



مجموعه مقالات اولین همایش بین المللی اقیانوس شناسی غرب آسیا

برگزار کنندگان:

پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی و
مرکز منطقه ای آموزشی پژوهشی اقیانوس شناسی غرب آسیا
(تحت پوشش یونسکو)

زمان: ۸ و ۹ آبان ماه ۱۳۹۶، ایران - تهران



صلى الله عليه وسلم

مجموعه مقالات اولین همایش بین المللی اقیانوس شناسی غرب آسیا

ویرایش:

دکتر فاطمه حاجی ولیئی

دکتر بابک مرادی

دکتر مژگان قاضی میر سعید

مهندس مریم پارسی

صفحه آرایی:

محمد مهدی پوروحید

فاطمه صالحی



پیام دیر همایش

به نام خدا

با سلام

دریاها و اقیانوس ها از جهات مختلف نقش اساسی در حیات کره زمین ایفا می کنند و هم اکنون این بدنه های بزرگ آبی منبع تامین غذای بیش از نیمی از مردم جهان هستند. جمهوری اسلامی ایران نیز با قرار گرفتن در کنار سه توده آبی ارزشمند خلیج فارس، دریای عمان و دریای خزر و دارا بودن هزاران کیلومتر خط ساحلی یک کشور دریایی محسوب می شود. استفاده از دریاها و حفاظت از آن یکی از وظایف ما انسان ها است. تلاش ارگان های دریای کشور برای ایجاد یک حرکت ملی در جهت توجه به دریاها و اقیانوس ها یک ضرورت ملی است که می تواند زمینه همدلی همه ایرانیان برای مدیریت پایدار دریاها و اقیانوس ها را فراهم آورد. بنابراین بهره گیری مناسب از ظرفیت های ملی و جهانی با همکاری تمامی سازمان ها و ارگان های دریایی می تواند در ارتقای فرهنگ دریایی و اقیانوسی مردم ایران موثر باشد. در این راستا، پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، مرکز منطقه ای آموزشی-پژوهشی اقیانوس شناسی غرب آسیا تحت پوشش یونسکو و انجمن علوم و فنون دریایی ایران مفتخر است که میزبانی «اولین همایش بین المللی اقیانوس شناسی غرب آسیا» در سال ۱۳۹۶ را بر دارد. موضوع اصلی این همایش بنا بر پیشنهاد کمیته های علمی و اجرایی همایش، «ارتقای دانش اقیانوس شناسی» خواهد بود. بنابراین در برنامه ریزی سخنرانی ها و کارگاه ها نگاهی ویژه به اهمیت اقیانوس شناسی در ایران خواهد شد. بر این اساس از همه ی صاحب نظران و علاقمندان دعوت می شود تا مشارکتی فعال در برگزاری اولین همایش بین المللی اقیانوس شناسی غرب آسیا در مورخ ۸ و ۹ آبان ۹۶ در سالن همایش های بین المللی هتل المپیک داشته باشند.

امید است با استعانت از پروردگار متعال و مشارکت صاحب نظران، این همایش تأثیر قابل قبولی بر اهمیت و توجه بحث محوریت دریا در کشور و تعریف و تثبیت جایگاه مناسب منطقه ای و بین المللی جمهوری اسلامی ایران داشته باشد.

با آرزوی سلامتی و توفیق الهی

ناصر حاجی زاده ذاکر

رئیس پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی و

دبیر اولین همایش بین المللی اقیانوس شناسی غرب آسیا

محورهای همایش

۵- بیوژئوشیمی دریا

- چرخه های بیوژئوشیمیایی
- اقیانوس شناسی شیمیایی
- تغییرات جهانی و تغییرات اقلیمی
- بیوژئوشیمی ساحلی
- محصولات طبیعی دریا

۶- شیلات و آبزیان

- زیست شناسی و بوم شناسی شیلاتی
- سلامت و بیماری های ماهیان
- فناوری های نوین در عرصه شیلات
- آینده صنعت شیلات در اثر تغییرات اقلیم

۷- زمین شناسی دریایی

- رسوبگذاری و فرایندهای رسوبی در دریا
- منابع هیدروکربنی در دریاها و اقیانوس ها
- زمین ریخت شناسی سواحل و بستر دریا
- منابع معدنی در دریاها و اقیانوس ها
- شناسایی ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی در مناطق فراساحلی

۸- آلودگی دریا

- اسیدی شدن اقیانوس ها
- آلودگی مواد مغذی و یوتروفیکاسیون
- آلودگی های ناشی از فاضلاب، زباله ها و آوارهای دریایی
- آلودگی های صوتی و گرمایی
- آلودگی های نفتی
- جزایر مصنوعی

نخستین همایش بین المللی اقیانوس شناسی غرب آسیا که با هدف تبادل نظر و انتقال تجربیات در حوزه های مختلف علمی، پژوهشی و صنعت دریا در سطح بین المللی طرح ریزی شده در قالب محورهای ذیل برگزار شد:

۱- هواشناسی دریایی

- مدلسازی جو و اقیانوس
- برهم کنش هوا دریا
- دینامیک و ترمودینامیک جو و اقیانوس
- تاثیر هواویزها بر ابر و بارش حاره ای

۲- تغییر اقلیم

- مدلسازی اقلیمی
- دور پیوندهای جو و اقیانوس
- اقیانوس و گرمایش جهانی
- پایش و پیش بینی تغییر اقلیم

۳- اقیانوس شناسی فیزیکی

- مشاهدات و مدلسازی فرایندهای فیزیکی اقیانوسی
- دینامیک و گردش کلی آب اقیانوسها و دریاها
- امواج داخلی
- هیدرودینامیک خورها و خلیج ها

۴- اقیانوس شناسی زیستی

- تنوع زیستی، عملکرد، پایداری و ترمیم در بوم سازگان های دریایی
- تاثیرات انسانی بر بوم سازگان های دریایی
- منابع زیستی دریا
- زیست فناوری دریایی

۹- حقوق و سیاست دریا

- زمامداری قانون در دریاها
- نقش حقوق و سیاست در تحقیقات علمی دریایی
- سیاست اقیانوسی و زمامداری دریا
- حل و فصل اختلافات در حقوق دریا
- حقوق و سیاست مربوط به حفاظت از محیط زیست دریایی
- اندرکنش حقوق دریا و حقوق بشر و بشردوستانه
- مدیریت مناطق ساحلی
- تحولات اخیر حقوق دریا و سیاست دریایی و اقیانوسی
- حقوق و سیاست در اقیانوس جنوبی و جنوبگان
- اقتصاد دریا

۱۰- مخاطرات دریایی

- مخاطرات زیستی دریا
- سونامی و طوفان های حاره ای
- تغییر اقلیم و مخاطرات اقیانوسی
- مخاطرات ساحلی
- فرسایش سواحل

۱۱- فناوری و مهندسی دریا

- مهندسی سواحل
- فرایندهای ساحلی
- انتقال رسوب در سواحل
- سازه های ساحلی و فراساحل
- فناوری های نوین دریا
- انرژی های تجدید پذیر دریایی
- اقیانوس شناسی ماهواره ای و سنجش از دور

حامیان همایش



هیات رئیسه همایش



دکتر ناصر حاجی زاده ذاکر

دبیر همایش و رییس پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی



دکتر عباس نوبختی

معاون دبیر همایش و مدیر پروژه شناور تحقیقاتی اقیانوس پیمای
کشور (کاوشگر خلیج فارس)



دکتر فاطمه حاجی ولیئی

دبیر علمی همایش و مدیر امور پژوهشی و همکاری های علمی
پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی



مهندس احسان عابدی

دبیر اجرایی همایش و معاون توسعه و پشتیبانی پژوهشگاه ملی اقیانوس
شناسی و علوم جوی



دکتر بابک مرادی

معاون دبیر اجرایی همایش و سرپرست روابط عمومی پژوهشگاه ملی
اقیانوس شناسی و علوم جوی

کمیته دآوری همایش

ردیف	نام و نام خانوادگی	دانشگاه / سازمان
۱	دکتر همیرا آگاه	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۲	دکتر حمید ارشادی فر	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۳	دکتر نرگس امراللهی بیوکی	دانشگاه هرمزگان
۴	دکتر نفیسه پگاه فر	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۵	دکتر سحر تاج بخش	پژوهشگاه هواشناسی
۶	دکتر سیامک جمشیدی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۷	دکتر اکبر چشمی	دانشگاه تهران
۸	دکتر امید عزیزاده چوبری	موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران
۹	دکتر محمدعلی حمزه	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۱۰	دکتر هدی خالدي	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۱۱	دکتر علی خوش خلق	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۱۲	دکتر مریم رضازاده	دانشگاه هرمزگان
۱۳	دکتر حمید رضائی مارنانی	
۱۴	دکتر محمد علی زاهد	دانشگاه خوارزمی
۱۵	دکتر مهری سیدهشترودی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۱۶	دکتر شراره سواری	
۱۷	دکتر مریم سیوف جهرمی	دانشگاه هرمزگان
۱۸	دکتر اکبر شهریاف دوازه نوی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۱۹	مهندس احمد عسکری	سازمان هواشناسی کشور - پژوهشگاه هواشناسی
۲۰	دکتر جعفر عزیزپور	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۲۱	دکتر کمال غانمی	دانشگاه علوم فنون دریایی خرمشهر
۲۲	دکتر حسن علی غیور	دانشگاه اصفهان
۲۳	دکتر مجید فراهانی	موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران
۲۴	دکتر حسین فرجامی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۲۵	دکتر مریم قرایلو	موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران
۲۶	دکتر رسول قربانی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲۷	دکتر مریم قائمی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۲۸	دکتر کیوان کبیری	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۲۹	دکتر موسی کشاورز	دانشگاه هرمزگان
۳۰	دکتر ناصر کشاورز	پژوهشگاه صنعت نفت
۳۱	دکتر هادی گریوانی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۳۲	دکتر سعید گرگین	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳۳	دکتر مسعود محموداف	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۳۴	دکتر عبدالوهاب مقصودلو	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی

ردیف	نام و نام خانوادگی	دانشگاه / سازمان
۳۵	دکتر احمد منبوهی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۳۶	دکتر محمد مهدی زاده	دانشگاه هرمزگان
۳۷	دکتر سیدضیاءالدین مدنی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۳۸	دکتر الهام مبارک حسن	دانشگاه آزاد اسلامی اهواز
۳۹	دکتر عبدالمجید نادری	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۴۰	دکتر یدالله نیک پور	دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۴۱	دکتر سید علی اکبر هدایتی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

کمیته علمی همایش

ردیف	نام و نام خانوادگی	دانشگاه / سازمان
۱	دکتر عباس اسماعیلی ساری	دانشگاه تربیت مدرس
۲	مهندس حسین اردکانی	سازمان هواشناسی
۳	دکتر امیر اعتماد شهیدی	University Griffith
۴	مهندس محمدرضا اللهیار	سازمان بنادر و دریانوردی
۵	دکتر محمودرضا اکبرپور جنت	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۶	دکتر فرهاد امینی	دانشگاه تهران
۷	دکتر پرویز باورصاد	دانشگاه خلیج فارس
۸	دکتر پیمان بدیعی	دانشگاه تهران
۹	دکتر محمدرضا بنازاده	انجمن علوم و فنون دریایی ایران
۱۰	دکتر بابک بنی جمالی	مهندسين مشاور دریا بندر
۱۱	دکتر محمدرضا بهاری	دانشگاه تهران
۱۲	دکتر عباسعلی بیدختی	موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران
۱۳	دکتر شهلا جمیلی	موسسه تحقیقاتی علوم شیلاتی کشور
۱۴	دکتر امیرحسین جاوید	دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
۱۵	دکتر وحید چگینی	سازمان شیلات ایران
۱۶	دکتر ناصر حاجی زاده ذاکر	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۱۷	دکتر فاطمه حاجی ولیی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۱۸	دکتر محمدعلی حسن زاده محمدی	سازمان بنادر و دریانوردی
۱۹	دکتر اسماعیل حسن زاده	دانشگاه اصفهان
۲۰	دکتر هادی حق شناس	سازمان بنادر و دریانوردی
۲۱	دکتر لطف الله خواجه پور	دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۲۲	دکتر مجتبی ذوالجودی	پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی
۲۳	دکتر علیرضا ریاحی بختیاری	دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس
۲۴	دکتر حسن زارع مایوان	دانشگاه تربیت مدرس
۲۵	دکتر مصطفی زین الدینی	دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
۲۶	دکتر محمدتقی زمانیان	پژوهشکده هواشناسی
۲۷	دکتر علیرضا ساری	دانشگاه تهران
۲۸	دکتر محسن سعیدی	دانشگاه علم و صنعت ایران
۲۹	دکتر محسن سلطان پور	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳۰	دکتر احمد سواری	دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
۳۱	دکتر سید مصطفی سیادت موسوی	دانشگاه علم و صنعت ایران
۳۲	دکتر محمدسعید سیف	دانشگاه صنعتی شریف
۳۳	دکتر مهدی شفيعی فر	دانشگاه تربیت مدرس
۳۴	دکتر محمدرضا شکری	دانشگاه شهید بهشتی

ردیف	نام و نام خانوادگی	دانشگاه / سازمان
۳۵	دکتر ابوالفضل صالح	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۳۶	دکتر مسعود صدری‌نسب	دانشگاه تهران
۳۷	دکتر محمد صدیق مرتضوی	رئیس پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس
۳۸	دکتر شهریانو عریان	دانشگاه خوارزمی
۳۹	دکتر حمید علیزاده کتک لاهیجانی	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۴۰	دکتر محمود غیائی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۴۱	دکتر پروین غفاریان	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۴۲	دکتر پروین فرشچی	سازمان حفاظت محیط زیست
۴۳	دکتر محمدرضا کلباسی مسجد شاهی	دانشگاه تربیت مدرس
۴۴	دکتر محمد جواد کتابداری	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۴۵	دکتر محمدحسین کاظمی‌نژاد	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۴۶	دکتر رضا کمالیان	دانشگاه صنعتی قم
۴۷	دکتر مهین گزانی	کمیسیون ملی یونسکو و دبیر کمیته ملی اقیانوس‌شناسی
۴۸	دکتر علی اصغر گلشنی	دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز
۴۹	دکتر میراحمد لشت نشائی	دانشگاه گیلان
۵۰	دکتر محمد علی لطف اللهی	دانشگاه تبریز
۵۱	دکتر راضیه لک	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
۵۲	دکتر محمدرضا مباشری	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۵۳	دکتر محمد مختاری	پژوهشگاه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
۵۴	دکتر مسعود مرادی	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۵۵	دکتر سعید مظاهری	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۵۶	دکتر بهرام ملک محمدی	دانشگاه تهران
۵۷	دکتر مسعود منتظری‌نمین	دانشگاه تهران
۵۸	دکتر علی مهدی نیا	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۵۹	دکتر سید باقر میر عباسی	دانشگاه تهران
۶۰	دکتر سعدالله نصیری قیداری	کمیسیون ملی یونسکو
۶۱	دکتر رضا ندرلو	دانشگاه تهران
۶۲	دکتر محمود نصیری	دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار
۶۳	دکتر عباس نویختی	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۶۴	دکتر حسن نصرالله‌زاده‌ساروی	مرکز تحقیقات اکولوژی خزر
۶۵	دکتر حسین نگارستان	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
۶۶	دکتر تورج ولی نسب	موسسه تحقیقاتی علوم شیلاتی کشور
۶۷	دکتر عباس یگانه بختیاری	دانشگاه علم و صنعت ایران
۶۸	دکتر مرتضی یوسف زادی	دانشگاه هرمزگان

کمیته اجرایی همایش

نام عضو	نوع عضویت	نام عضو	نوع عضویت
خانم دکتر همیرا آگاه	مسوول روابط عمومی و اطلاع رسانی	آقای فرامرز عبادی	رییس دبیرخانه
آقای مهدی تاجیک	مسوول کمیته حراست	خانم فهیمه فروغی	مسوول کمیته بین الملل
آقای مجید سلمانی	مسوول کمیته پشتیبانی و تدارکات	آقای فرهاد حیدری	مسوول کمیته فناوری اطلاعات
خانم مرضیه مزینانی	مسوول کمیته انتشارات	آقای محمد مهدی پوروحید	مسوول کمیته طراحی و تبلیغات
آقای منوچهر محمدی	اطلاع رسانی رسانه ای و غیر رسانه ای	خانم مریم پارسى	مسئول پیگیری حامیان

آقای حمیدرضا خادم بیغم	خانم دکتر مژگان قاضی میرسعید
خانم مریم حکیم الهی	آقای محمد خالصی نژاد
خانم معصومه وفایی	خانم طبیه سوری
آقای فرخ علویان قوانینی	خانم پریچهر مظاهری
خانم معصومه دالوند	خانم دکتر شراره سواری

آقای محمدرضا شادی	خانم نسرين خان احمدی
خانم زهره احمدیان مهرگو	خانم لیلا نصرالهی
خانم سارا داودی	آقای عباس گلپایی
آقای مصطفی شاداب	آقای عباسعلی سپهری کیا
خانم سعیده فشکی	خانم زهرا نژاد فلاح

فهرست مقالات همایش

- آلودگی دریایی..... ۵
- میکرواستخراج و اندازه‌گیری داروی سیپروفلوکساسین در نمونه های آبی..... ۷
 - بررسی و تحلیل وضعیت عوامل موثر بر اجرای کنوانسیون های آلودگی دریا در بندر امام خمینی..... ۱۱
 - بررسی پتانسیل تجزیه زیستی بیس فنل آ توسط باکتری بومی *Ochrobacterum* sp. جداسازی شده از رسوبات خورموسی..... ۱۷
 - اثرات نویز صوتی با شدت و فرکانس های مختلف بر ارگانسیم موجودات زنده دریایی با بررسی سطح نویز ارسالی سه فروند شناور تجاری در خلیج فارس..... ۲۳
 - بررسی برخی از مشتقات فتالات استر در مصب رودخانه های دریای خزر، مازندران ۲۹
 - منابع صوتی در محیط های زیست دریایی: پتانسیل اثرگذاری بر جوامع حیوانات آبی..... ۳۳
 - بررسی آلودگی میکروپلاستیک در رسوبات ساحل بندر ترکمن ۳۷
 - بررسی اثر pH و قدرت یونی در استخراج استرانسیم از آب دریا با استفاده از نانوکامپوزیت فولویک اسید-اکسید آهن ۴۱
 - بررسی انتقال فلزهای سنگین از رسوبات رود گرگان به سواحل شرقی دریای خزر، ایران ۴۷
 - ارزیابی اولیه از غلظت ترکیبات PAH در نمونه های رسوب و مرجان *Acropora downingi* جمع آوری شده از جزیره هنگام ۵۳
 - مدلسازی تخلیه آب همراه نفت به دریا در میدان نفتی سلمان- خلیج فارس ۵۷
 - بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین سرب، کادمیم، مس و آلومینیم در رسوبات جنگل های مانگرو جزیره قشم ۶۵
 - بررسی میزان فلزات سنگین ضروری مس، روی و آهن در بافت عضله ماهیان شیر و قباد در بندربوشهر..... ۷۳
 - بررسی اثر فلزات سنگین بر ناهنجاری ماهی..... ۷۷
 - ارزیابی وضعیت سلامت اکولوژیک بنادر جنوب شرقی دریای خزر بر اساس شاخص AMBI M-A ۸۳
 - بررسی اثرات آلودگی رودخانه چمخاله بر ماکروبتوزهای دریای خزر ۸۹
 - بررسی کیفیت آب رودخانه باغان در استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفی آب WQI..... ۹۵
 - ارزیابی ریسک فلزات سنگین در بوم سازگان های آبی با تکیه بر شاخص های کنترل کیفیت آب..... ۱۰۱
 - بحران حضور فلزات سنگین در بوم سازگان های آبی و روش های حذف آن..... ۱۰۷
 - مروری بر مطالعه آلودگی ناشی از فلزات سنگین در محیط آبی خلیج فارس..... ۱۱۳
 - کاهش آلودگی هوا از طریق بهینه سازی مصرف سوخت کشتی ها..... ۱۱۹
 - پیش تغلیظ و تعیین فلز منگنز در نمونه جلبک *antennia autenni* در خلیج چابهار با استفاده از لیگاند استیل استون و روش میکرو استخراج مایع پخشی مبتنی بر تشکیل امولسیون..... ۱۲۵
 - بررسی تجمع زیستی عناصر سنگین در بافت های آبشش، کبد و ماهیچه پنج گونه از ماهیان بندرلنگه و بندرخمیر ۱۲۹
 - شناسایی و بررسی تراکم و تنوع ماکروبتوزهای و ارزیابی تاثیر پارامترهای محیطی در خور زنگی (بازه سایت سر حدی) ۱۳۷
 - مطالعه آلودگی نفتی در رسوبات سواحل جنوب جزیره قشم (منطقه مسن)..... ۱۴۳
 - تاثیر آلودگی نفتی بر متابولوم قندی ریشه دانه رست حرا (*Avicennia marina*) ۱۴۷
- اقیانوس شناسی زیستی..... ۱۵۲
- فیلوژنی مولکولی گونه *Scylla serrata* خلیج فارس (بوشهر) با استفاده از روش DNA بارکدینگ..... ۱۵۳
 - ارتباط خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب با مجموعه های فیتوپلانکتونی در سواحل مکران (پسابندر-بریس)..... ۱۵۷
 - تاثیر عوامل محیطی بر توزیع و پراکنش ماهیان مرجانی در شمال خلیج فارس..... ۱۶۱
 - رابطه طول- وزن و فراوانی طولی اویستر صخره ای *Saccostrea cucullata* در سواحل خلیج فارس..... ۱۶۵
 - تفاوت در نوع جلبک همزیست با ۳ گونه مرجان سخت در جزیره قشم: شاهدهی بر پایداری همزیستی در برخی

- کمپلکس‌های مرجان-زوگزانتلا.....۱۷۱
- بررسی ترکیب و فراوانی جوامع فیتوپلانکتونی در آبهای ساحلی دریای عمان.....۱۷۷
 - بررسی میزان بیوماس و رنگدانه‌های ریز جلبک همزیست *Symbiodinium goreau* جداسازی شده از مرجانیان خلیج فارس.....۱۸۳
 - مطالعه تغییرات پروتئین‌های دخیل در متابولیسم در گنبد تاس ماهی استرلیاد در مراحل پیش زرده سازی و زرده سازی ۱۸۹
 - ذخایر ماکروژئوپلانکتونی در منطقه چراگاه‌های مصنوعی خوزستان ۱۹۳
 - بررسی زوگزانتله همزیست با مرجان‌های هرماطیک و زوانتارین‌های جزیره هنگام طی پدیده سفید شدگی ۱۹۹
 - پیش‌بینی غلظت کلروفیل آ در دریای خزر با استفاده از روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان (SVR) و شاخص‌های تغییرات اقلیمی ۲۰۷
 - بررسی پراکنش و تنوع گونه‌ای ماکروبن‌توزهای آبهای بحرکان با استفاده از شاخص‌های شانون و سیمپسون ۲۱۳
 - ارزیابی اکولوژیکی سواحل بوشهر (بازه اولی تا کنگان) بر اساس زیر معیارهای اکولوژیکی IUCN.....۲۱۷
- اقیانوس‌شناسی فیزیکی.....۲۲۱
- بررسی جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی در تنگه‌ی هرمز.....۲۲۲
 - توزیع اثرات باد و دمای سطح دریا بر جریان‌های سطحی دریای عمان ۲۲۵
 - بررسی کانال صوتی عمیق در شمال دریای عربی با اعمال تابع گیبس و روابط ترمودینامیک آب دریا بر داده-های آرگو ۲۳۱
 - مطالعه ساختار فیزیکی و دینامیکی آبهای ساحلی در فلات قاره جنوبی دریای خزر ۲۳۷
 - پیش‌بینی بهنگام نوسانات تراز آب با استفاده از سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی (ANFIS) در دریای خزر ۲۳۹
 - تغییرات فصلی پروفیل بستر در محدوده سواحل مکران (مطالعه موردی بندر صیادی رودیک) ۲۴۵
 - مدل‌سازی یک ربات هوشمند زیرآبی جهت کاوش در اعماق اقیانوس با الگوبرداری از رفتار دولفین به روش نوین دینامیک سیالات محاسباتی ۲۵۱
 - داده‌های ماهواره لندستنسجنده (TM5) جهت پایش آب، مطالعه موردی دریای خزر.....۲۵۷
 - تأثیر شکل‌گیری ترموکلاین بر انتشار امواج آکوستیکی زیرآبی در خلیج فارس.....۲۶۱
 - مطالعه تأثیر چگالی بر انرژی آزاد گیبس آب‌های دریای خزر.....۲۶۷
 - بررسی سرعت جریان آب در خلیج گرگان تحت تأثیر الگوی باد متغیر با استفاده از مایک (۲۱) ۲۷۳
 - مطالعه اثر جریان خروجی یک پلوم در محیط چینه‌بندی شده بر روی پراکندگی صوت در آزمایشگاه.....۲۷۹
 - اقلیم امواج ناشی از باد در سواحل مکران (گام اول: ارزیابی نتایج مدل جهانی ERA-Interim) ۲۸۵
 - تعیین ضریب اصطکاک بستر در مصب مند با استفاده از مدل ۳D-TELEMAC ۲۹۱
 - مقایسه مؤلفه‌های اصلی کشتندی با استفاده از شبیه‌سازی هیدرو دینامیکی و مدل‌های جهانی کشتندی در خلیج فارس.....۲۹۷
 - مطالعه امواج کلون ساحلی در خزر جنوبی به کمک داده‌های ماهواره ای و میدانی ۳۰۳
 - بررسی حساسیت انرژی کشتندی به تغییرات اصطکاک بستری در خلیج چابهار ۳۰۹
 - شناسایی امواج درونی در خلیج فارس ۳۱۵
- بیوزئوشیمی.....۳۲۰
- مطالعات هیدروشیمی در آب‌های عمیق خزر جنوبی ۳۲۱
 - بررسی فرمهای مختلف و قابلیت دسترسی زیستی فسفر در رسوبات بخش جنوبی دریای خزر.....۳۲۵
 - بهینه سازی ترکیبات فنولی کل در دو جلبک دریایی سارگاسوم (*Sargassum* sp.) (و کاهو دریایی (*Ulva* sp.) خلیج چابهار(دریای عمان) به روش استخراج با اولتراسونیک ۳۳۱
- تغییر اقلیم.....۳۳۶
- پیش بینی تغییرات اقلیمی استان کرمانشاه و تأثیرات آن بر محیط زیست ۳۳۷

- استفاده از داده های اقیانوسی به منظور مدلسازی توزیع گونه ای جنگل های مانگرو در ایران ۳۴۱
- بررسی ارتباط شاخص های مختلف انسو با دما ایستگاه سینوپتیک چابهار ۳۴۷
- بررسی اثرات تغییر اقلیم بر میدان باد و امواج محدوده بندر انزلی ۳۵۱
- ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر مولفه های هیدروکلیماتیک تحت سناریوهای RCP (مطالعه موردی: حوضه آبریز زاینده رود) ۳۵۷
- ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش در شهرکرد در دهه های آینده تحت سناریوی RCP۲,۶ ۳۶۳

حقوق و مطالعات راهبردی دریا ۳۶۷

- ملاحظات حقوقی و امنیتی عبور کشتیهای جنگی از دریای سرزمینی با تاکید بر رویه جمهوری اسلامی ایران ۳۶۹
- مدیریت جرم شناختی مناطق ساحلی شمال ایران: مطالعه موردی سواحل استان گیلان ۳۷۵

زمین شناسی دریا ۳۸۴

- بررسی تغییرات سطح آب دریا با استفاده از حساسیت مغناطیسی در نهشته های جنوب شرقی دریای خزر ۳۸۵
- منطقه بندی پتانسیل فرسایش و رسوبگذاری در سواحل جنوبی دریای مازندران بر پایه تجزیه و تحلیل مطالعات پیشین ۳۹۱
- تدوین نقشه راه ساخت و توسعه تجهیزات مورد نیاز در حفاری، نمونه گیری و آزمونهای برجای ژئوتکنیکی در محیط های آبی ۳۹۵
- (مطالعه الگوی تحرک پذیری کانال های جریان برگشتی ناشی از هجوم امواج عمود بر ساحل) ۳۹۹
- بررسی اثر تغییرات فصلی مونسون بر ویژگی های رسوب شناسی خلیج چابهار ۴۰۵

شیلات و آبزیان ۴۰۹

- مروری بر زیستگاه و گونه های آرتمیا در ایران ۴۱۰
- بررسی اثر منیزیم جیره غذایی بر رشد و ترکیب شیمیایی عضله (*Barbus grypus*) ۴۱۵
- اثرات استفاده از جیره های حاوی بتاگلوکان استخراج شده از مخمر *Saccharomyces cerevisiae* بر میزان کورتیزول و گلوکز بچه ماهیان سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) تحت تنش حمل و نقل ۴۱۹
- بررسی عنصر فلزی قلع در ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در سه استان ساحلی دریای خزر ۴۲۳
- افزایش ایمنی در قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تغذیه شده با پلی ساکاریدهای حاصل از میکرو جلبک دریایی اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) ۴۲۹
- مطالعه تأثیر پارامترهای محیطی حاصل از سنجش از دور در تخمین پراکنش شانه دار مهاجم با استفاده از کاربرد روش ماهالانوبیس در حوضه جنوبی دریای خزر ۴۳۵
- مقایسه شناسایی مورفولوژی و فیلوژنی مولکولی گونه (*Favites pentagona*, Esper, ۱۷۹۵) جزایر ابوموسی و سیری، خلیج فارس ۴۴۱
- اثر سمیت قارچ آسپرژیلوس بر روی ترکیب بدن و پارامترهای خون شناسی ۴۴۵
- بررسی تغییرات زمانی و اثر سطح بستر بر نشست دوکفه ای در سواحل ایرانی *Mytilaster lineatus* دریای خزر ۴۵۱
- تأثیر ریزپوشانی باکتری *Lactobacillus rhamnosus* بر شاخص های رشد، هماتولوژی و فلور باکتریایی دستگاه گوارش قزل آلائی رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss* ۴۵۷
- تغییرات بیان star و cyp1 طی مراحل رسیدگی جنسی در تاس ماهی استرلیاد ۴۶۳
- اثرات تغییر ناگهانی شوری محیطی بر برخی شاخص های خون شناسی شانک زردباله (*Acanthopagrus*) ۴۶۷
- بررسی وجود ترکیبات جاذب اشعه فرابنفش در ماکرو جلبک های دریایی ۴۷۱
- مطالعه ی مقایسه ای ساختار بافتی کلیه در خانواده های غالب ماهیان شمال غرب خلیج فارس ۴۷۵
- شناسایی و بررسی تاثیرات بایوفولینگ های بر اسکله های بنتی بندر خرمشهر ۴۸۱
- تأثیر پلی ساکارید سولفات ه از *Ulva intestinalis* بر پاسخ ایمنی ماهی قزل آلائی رنگین کمان ۴۸۹
- *Oncorhynchus mykiss* ۴۸۹

- بررسی تاثیر پروبیوتیک *acidilactici Pediococcus* بر فراسنجه های همولنف و آنزیم های گوارشی بچه شاه میگوی آب شیرین (*Astacus leptodactylus*) ۴۹۵
- مروری بر صد سال مطالعات انجام شده روی سخت پوستان خلیج فارس و دریای عمان ۵۰۱
- کاربردهای مخمر پروسل در آبی پروری ۵۰۵

فنی و مهندسی دریا..... ۵۱۰

- امکان سنجی ساخت موج شکن مرکب با توجه به شرایط ژئوتکنیکی محل (مطالعه موردی: بندر سیریک در خلیج فارس)..... ۵۱۱
- نقش گلایدرهای زیرسطحی در تحقیقات اقیانوس شناسی (مطالعه موردی: دریاهای ایران)..... ۵۱۷
- مطالعه عددی ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه ها در سکوی اسپار..... ۵۲۵
- بررسی عوامل موثر بر رسوب گذاری کانال دسترسی و حوضچه آرامش بنادر (مطالعه موردی: بندر نوشهر) ۵۳۱
- بررسی کیفی عملکرد مدل عددی SWASH در شبیه سازی شکست امواج در سواحل جنوبی خزر..... ۵۳۷
- مطالعه ای اندرکنش های غیرخطی موج-موج مؤلفه های اصلی جزر و مدی در نزدیکی شرق سواحل ایرانی مکران ۵۴۳
- مطالعه عددی تغییر شکل موج با استفاده از یک مدل کاملاً دینامیکی در حوزه زمان: مطالعه موردی بندر نوشهر ۵۴۹
- توزیع دمای سطح آب ساحلی دریای خزر با استفاده از داده های ماهواره لندست ۸ (مطالعه موردی محدوده کانال برگشت آب گرم نیروگاه نکا و دریای خزر) ۵۵۳
- بررسی به آب اندازی سکوی ستونی خریایی از طریق بارج به آب اندازی ۵۵۹
- بررسی پارامترهای موثر روی ارتعاشات رشته حفاری به روش تحلیلی و شبیه سازی عددی اجزای محدود .. ۵۶۵
- پایش سرعت جریان در ساحل دریای خزر با استفاده از فناوری برش نگاری صوتی ۵۷۱
- ارزیابی صحت زمانی مکانی منابع سنجش سرعت باد دریای خزر در محیط GIS ۵۷۷
- تخمین عمق در اطراف آبگیر پره سر با استفاده از تکنیک سنجش از دور ۵۸۳

مخاطرات دریایی..... ۵۸۸

- بررسی چرخه زندگی گونه (*Akashiwo sanguinea Dinophyceae*) جدا شده از رسوبات سواحل خلیج چابهار با پتانسیل تشکیل بلوم جلبکی مضر ۵۸۹
- مقایسه روش های همگون سازی داده ها برای اصلاح نوسانات تراز سطح آب ناشی از تغییرات باد و فشار هوا ۵۹۳

هواشناسی دریا..... ۵۹۹

- مدل سازی سطح مقطع راداری برای تفسیر باد ارتفاع سنجی ماهواره ای در مناطق ساحلی ۶۰۱
- اندرکنش جو و اقیانوس در طوفان های حاره ای (مطالعه موردی طوفان های FENGSHEN و KAMMURI در اقیانوس آرام) ۶۰۵
- تابع چگالی احتمال مشترک سرعت و مسیر باد بر فراز نیمه جنوبی دریای خزر..... ۶۱۱
- تحلیل موردی توفان گرد و خاک بر روی خلیج فارس با استفاده از تصاویر ماهواره و مدل های پیش بینی عددی وضع هوا ۶۱۷
- مطالعه و بررسی داده های سرعت باد ECMWF در سواحل شرقی دریای خزر با استفاده از نرم افزار جوی سپهر..... ۶۲۱
- راستی آزمایی منطقه ای بادهای شدید و طوفان در استان اصفهان با طرحواره های فیزیکی و گام های مکانی مختلف ۶۲۵

آلودگی دریایی



میکرواستخراج و اندازه‌گیری داروی سیپروفلوکساسین در نمونه های آبی

منبوهی، احمد*^۱، احمدی، سید حمید^۲

۱. گروه علوم زیستی دریا، پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

۲. گروه شیمی تجزیه، پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران، تهران، ایران

* Manbohi@inio.ac.ir

چکیده

مردم زیادی در شهرهای ساحلی زندگی می‌کنند. ورود آلودگی‌ها به دریا می‌تواند مشکلات زیادی ایجاد کنند. یکی از آلودگی‌هایی که اخیراً مطرح شده، آلودگی ناشی از ورود پسماند دارویی به دریاها می‌باشد. برای مدیریت این مشکل نیاز به تعیین غلظت داروها در آب‌ها می‌باشد. در اینکار به کمک نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن و سورفاکتانت که به عنوان جاذب بکار برده شدند، داروی سیپروفلوکساسین در آب دریا بررسی شد. از روش کوپل کردن SPME و HPLC برای استخراج و تعیین این دارو استفاده شد. پارامترهای زیادی که بر میزان جذب تاثیر دارند بهینه شده و ارقام شایستگی روش بدست آورده شدند. سپس آنالیت سیپروفلوکساسین به صورت spike شده در نمونه های آبی اندازه‌گیری شد. از مزایای روش پیشنهادی می‌توان به آنالیز سریع و افزایش حساسیت اشاره کرد

کلیدواژه‌ها: داروها، آلودگی آب، میکرواستخراج، نانو ذرات

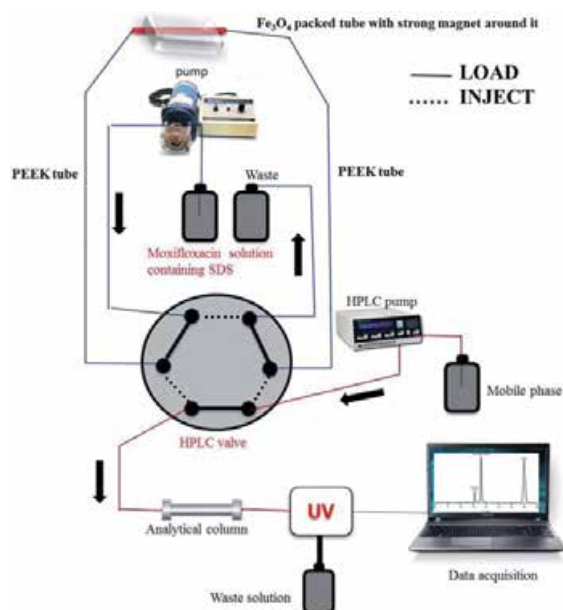
۱. مقدمه

بیش از دو میلیارد نفر از مردم جهان در شهرهای ساحلی زندگی می‌کنند و احتمال ورود مواد دارویی از طریق سیستم فاضلاب شهری به دریاها وجود دارد. بیست و یک شهر از ۳۳ مگا شهر جهان ساحلی بوده و با مشکلات مدیریت زیست محیطی گسترده‌ای مواجه هستند [۱]. علاوه بر این، مواد دارویی بکار رفته در آبی‌پروزی نیز می‌توانند خطر آفرین باشند. گرایش به زندگی در شهرهای ساحلی باعث افزایش آلاینده‌هایی از جمله مواد دارویی در آب‌ها شده و باید برای رصد کردن و مدیریت آنها برنامه ریزی اساسی انجام داد [۲ و ۳]. در این کار به کمک نانو ذرات اکسید آهن (Fe_3O_4) و سورفاکتانت، داروی سیپروفلوکساسین به صورت آنالین استخراج شده و به کمک HPLC از مزاحمت‌ها جداسازی و شناسایی شد. استخراج آنالین خطاها را کاهش داده و آنالیز در مدت زمان کمتری نسبت به روش‌های روتین انجام می‌شود.

۲. مواد، تجهیزات و روش‌ها

تمام مواد شیمیایی از شرکت‌های مرک و سیگما-آلد ریچ تهیه شدند و به همان صورت تحویلی استفاده شدند. از آب Milli-Q شرکت میلی پور آمریکا استفاده شد. برای تهیه محلول استوک یک میلی گرم بر میلی لیتر از آنالیت، مقدار مشخصی از نمونه جامد سیپروفلوکساسین در آب حل شد. محلول‌های دیگر سیپروفلوکساسین از طریق رقیق سازی مقادیر مشخصی از این

محلول استوک تهیه شدند. pH نیز با محلول های سود و هیدروکلریک اسید تنظیم شد. برای جداسازی و شناسایی از دستگاه HPLC شرکت Knauer استفاده شد. از ستون C18 با طول ۲۵ سانتی متر و اندازه ذرات ۴ میکرومتر استفاده شد. فاز متحرک شامل مخلوط بافر فسفات (دارای تری متیل آمین در pH برابر ۳) و متانول ۶۰:۴۰ حجمی/حجمی بوده و سرعت آن برابر با یک میلی لیتر بر دقیقه تنظیم شد. برای شناسایی آنالیت از طول موج ۲۹۰ نانومتر استفاده شد. نانوذرات به کمک روش های SEM، TEM و XRD شناسایی شدند. برای سنتز این نانوذرات از روش ذکر شده در مرجع [۴] استفاده شد. پس از سنتز، این نانو ذرات در لوله قرار داده شده و به عنوان فاز جامد برای میکرو استخراج آنالیت بکار برده شدند. پس از تهیه سیستمی مشابه شکل ۱، آهنربایی قوی در اطراف لوله دارای نانو ذرات قرار داده شد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می کنید، در مرحله Load دستگاه HPLC محلول دارای دارو به همراه سورفاکتانت سدیم دو دسیل سولفات به کمک پمپ وارد لوله دارای نانو ذرات شده و سپس از لوله خارج می شود. در طی اینکار، سورفاکتانت به عنوان رابطی بین آنالیت و نانو ذرات قرار گرفته و آنالیت (دارو) جذب نانو ذرات می شود. در مرحله Inject دستگاه HPLC، به کمک حلال شوینده مناسب (فاز متحرک HPLC) این دارو از نانو ذرات جدا شده و وارد دستگاه HPLC شده که در آنجا کار جدا سازی و شناسایی انجام می شود. پارامترهای زیادی همچون مقدار سورفاکتانت، زمان جذب، pH مرحله جذب که احتمال تاثیر گذاشتن بر روی جذب و واجذب را داشتند بررسی و بهینه شدند. پس از بهینه سازی پارامترها و نیز رسم منحنی کالیبراسیون، نمونه حقیقی آب دریا (نمونه برداری از آب های سواحل محمودآباد، دریای خزر) آنالیز شدند.



شکل ۱: شماتیک از سیستم SPME-HPLC.

۳. نتایج و بحث

از آنجا که Fe_3O_4 دارای گروه عاملی بسیار کمی می باشد، بنابراین برهمکنش داروی سیپروفلوکساسین با آن بسیار ضعیف بوده که برای حل این مشکل و افزایش میزان جذب آنالیت بر روی نانوذرات، از سورفاکتانت SDS استفاده شد. در این حالت سیگنال مربوط به دارو با افزایش تا میزان ۵ میلی گرم، افزایش قابل توجهی خواهد داشت. سرعت سیال اثر مهمی بر روی فرایند جذب دارد. ما سرعت های ۳/۰-۱/۵ میلی لیتر بر دقیقه را بررسی کرده و مشاهده کردیم که سرعت ۱/۲ میلی لیتر بر دقیقه برای جذب دارو بهینه می باشد. برای بهینه سازی زمان جذب نیز زمان های مختلفی بررسی شدند که نتایج نشان داد زمان جذب ۱۰ دقیقه بهینه می باشد. در زیر نقطه بار صفر برای نانوذرات آهن (در $pH=6/5$) این نانوذرات دارای بار سطحی مثبت بوده و به SDS دارای بار منفی برهمکنش ایجاد میکنند. سر دیگر سورفاکتانت با دارو برهمکنش کرده و دارو بر سطح جاذب جذب می

شود. متوجه شدیم که pH برابر با ۴ بهترین سیگنال را ایجاد می‌کند. پس از بهینه کردن پارامترها، ارقام شایستگی روش محاسبه شدند. RSD بدست آمده کمتر از ۵ درصد بود. حد تشخیص و گستره غلظتی به ترتیب برابر با ۰/۳ و ۱-۵۰۰ میکروگرم بر لیتر محاسبه شدند. جهت آنالیز نمونه آب دریا، مقادیر متفاوتی از دارو را spike کرده و درصد بازیابی محاسبه شد که بین ۹۳-۹۵ درصد بود. همچنین با تزریق نمونه شاهد مشاهده شد که مزاحمتی در اندازه‌گیری دارو وجود ندارد.

۴. نتیجه‌گیری

در این کار روشی سریع برای اندازه‌گیری دارو در نمونه‌های آبی پیشنهاد شد. این روش جهت کاهش خطای آزمایش و آنالیز کردن روش میکرواستخراج بکار می‌رود. از نانوذرات اکسید آهن و سورفاکتانت SDS به عنوان جاذب استفاده شد. برخی از مزایای این روش عبارتند از آنالیز سریع، راحتی اتوماسیون، حساسیت بالا، قابلیت استفاده مجدد از جاذب و گستره خطی مناسب. از این روش برای بررسی داروهای دیگر و نیز مواد دیگر موجود در نمونه‌های دریایی می‌توان استفاده کرد.

منابع

- [1] Li, H. (2003), Management of coastal mega-cities—a new challenge in the 21st century, *Mar. Policy*, 27, 333–337.
- [2] Martínez, M., Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Sutton, P., Landgrave, R. (2007), The coasts of our world: ecological, economic and social importance, *Ecol. Econ.* 63, 254–272.
- [3] Sekovski, I., Newton, A., Dennison, WC. (2012) Megacities in the coastal zone: using a driver-pressure-state-impact-response framework to address complex environmental problems, *Estuarine Coastal Shelf Sci.* 96, 48–59.
- [4] Wang, Z., Guo, H., Yu, Y., He, N. (2006) Synthesis and characterization of a novel magnetic carrier with its composition of Fe₃O₄/carbon using hydrothermal reaction, *J. Magn. Mater.* 302, 397–404.



بررسی و تحلیل وضعیت عوامل موثر بر اجرای کنوانسیون‌های آلودگی دریا در بندر امام خمینی

موسوی‌نژاد، سیدفاطمه^{۱*}، زارع، حیدر^۲

۱. اپراتور امور بندری اداره کل بنادر و دریانوردی استان خوزستان، بندر امام خمینی، ایران

۲. کارشناس امور بندری شرکت اهتمام گستر ماهشهر، بندر امام خمینی، ایران

* m.shiea@gmail.com

چکیده

این تحقیق دارای ماهیت کاربردی است و از نظر یافت، توصیفی-پیمایشی است. هدف از نگارش این مقاله بررسی و تحلیل وضعیت عوامل موثر بر اجرای کنوانسیون‌های آلودگی دریا در بندر امام خمینی می باشد. این مقاله در دو مرحله انجام شده است. در مرحله اول، با استفاده از پیشینه تحقیق، عوامل تاثیرگذار شناسایی شدند. سپس در مرحله دوم با استفاده از نظرات ۳۳ نفر از کارشناسان بخش آلودگی دریا و کارشناسان امور دریایی اداره کل بنادر و دریانوردی استان خوزستان وضعیت این عوامل در بندر مورد کاوی بررسی شدند. روایی پرسشنامه‌ها توسط کارشناسان آلودگی دریا و اساتید دانشگاهی مورد تایید قرار گرفته و پایایی پرسشنامه‌ها ۰/۸۳۱ بوده که نشان‌دهنده سازگاری پرسشنامه‌ها است. یافته‌های تحقیق نشان می دهد که بندر امام خمینی در اکثریت موارد دارای وضعیت مناسب می باشد.

کلید واژه: آلودگی دریا، کنوانسیون‌های بین‌المللی، بندر امام خمینی

۱. مقدمه

آلودگی آب‌ها همواره موجبات نگرانی دولت‌ها و مردم را فراهم آورده و برای مبارزه با آن لازم است دولت‌ها در سطح ملی و بین‌المللی اقدام و مشارکت نمایند. تخریب سیستم‌های دریایی و آب‌های سطحی موجب بروز صدمات غیرقابل جبرانی به محیط زیست گردیده است. امروزه به دلیل استفاده زیاد از دریا و تنوع و سرعت تخلیه مواد آلاینده به دریا، توان خود پالایی اکوسیستم‌های دریایی کاسته شده و به زحمت می‌توانند اثرات ناشی از ورود چنین موادی را خنثی نمایند [۱]. آب‌های جاری و صناعی که در کنار ساحل ایجاد شده‌اند بخش عظیمی از آلودگی دریا را موجب می‌گردند. بخش دیگر از آلودگی اکوسیستم دریایی مربوط به حفاری بستر، حمل و نقل دریایی (کشتیرانی)، نشت طبیعی نفت، ریزش‌های آسمانی، تماس مستقیم سطح آب با هوای اطراف و ریزش عمدی مواد به دریا می‌باشد [۲]. حمل و نقل دریایی شامل بخش بندر (بنادر تجاری، پایانه‌های نفتی، تعمیرگاه کشتی‌ها، اسکله‌های صیادی و کشتی‌ها منجر به تولید زائداتی می‌شوند که به‌طور بالقوه می‌توانند منبعی برای آلودگی دریا محسوب گردند. جمع‌آوری، بازیافت، پاک‌سازی، پردازش و دفع صحیح این مواد اثر قابل‌توجهی بر کاهش آلودگی دریا ناشی از حمل و نقل دریایی برجای خواهد گذاشت [۳].

در راستای حفاظت از محیط زیست دریاها، کنوانسیون‌های بین‌المللی تصویب شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۴]:

- کنوانسیون بین‌المللی مارپل
- کنوانسیون مدیریت آب توازن کشتیها
- کنوانسیون سیستم‌های مضر ضدخزه
- کنوانسیون منطقه‌ای کویت

ISC در سال ۲۰۱۴ به بررسی اثرات کنوانسیون‌های دریایی در کاهش آلودگی‌های بزرگ دریایی پرداخت (جدول ۱).

جدول ۱: متوسط تعداد سوانح کشتی‌های نفتی بالاتر از ۷۰۰ تن بین ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۳ [۵]

دهه ۱۹۷۰	دهه ۱۹۸۰	دهه ۱۹۹۰	دهه ۲۰۰۰	۲۰۱۰ الی ۲۰۱۳
۲۴	۹	۷	۳	۲
تعداد				

با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که اجرای موثر کنوانسیون‌ها در کاهش منابع آلاینده دریایی مخصوصاً مواد نفتی تاثیر بسزایی داشته است. منطقه دریایی خلیج فارس و دریای عمان دارای زیستگاه‌های حساس دریایی از جمله جنگل‌های حرا و آبسنگ‌های مرجانی، خورها و خلیج‌های متعدد گونه‌های با ارزش از ماهیان سطحی زی، میگوها، لاک پشت‌ها، پستانداران دریایی مانند دولفین‌ها و پرندگان با ارزش مهاجر و بومی مانند حواصیل، باکلان، فلامینگو، عقاب ماهیگیر می‌باشد. به دلیل تردد سالانه حدود ۴۰۰۰۰ فروند کشتی اقیانوس‌پیما (که حدود ۱۷۰۰۰ فروند از آن‌ها نفت خام منطقه را به سراسر جهان منتقل می‌نمایند) و فعالیت‌های گسترده استخراج منابع نفتی از بستر دریا، سازمان بین‌المللی دریانوردی بنا به تقاضای دولت‌های ساحلی، توافق نمود که از این پس مقررات ویژه‌ای به منظور پیشگیری از آلودگی در منطقه دریایی خلیج فارس و دریای عمان به مورد اجرا گذاشته شود (شکل ۱) [۶].



شکل ۱: منطقه ویژه دریایی در خلیج فارس و دریای عمان

۲. پیشینه تحقیق

خلاصه مهمترین تحقیقات بین‌المللی و داخلی استفاده شده این تحقیق در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲: خلاصه پیشینه تحقیق

نویسنده (گان)	نتیجه تحقیق
دانشگاه صنعتی امیرکبیر (۱۳۹۰)	حضور نیروهای آموزش دیده و هماهنگ در دریا و ساحل و دسترسی به تجهیزات مناسب و آماده عملیات مقابله با آلودگی و پشتیبانی کافی از عملیات می‌تواند به سرعت از گسترش حادثه جلوگیری نموده و انتشار زیاد آلودگی در دریا را کاهش دهد.
باورصاد و همکاران (۱۳۹۲)	یک عامل مهم موردنیاز برای موفقیت عملیات مقابله با آلودگی وجود طرحی مناسب به منظور هدایت هماهنگ و سریع نیروها و تجهیزات شرکت کننده در عملیات تا رسیدن به کنترل نهایی منبع آلودگی و پاک‌سازی مواد آلاینده از محیط می‌باشد.
رسولی و زارع‌دوست (۱۳۹۲)	عدم وجود مکانیسم یکپارچه، فقدان قوانین حقوقی، نبود مکانیسم‌های مالی و ناکافی بودن تحقیقات میدانی از جمله دلایل موانع در موفقیت اجرای کنوانسیون‌های بین‌المللی است.
سیاره و همکاران (۱۳۹۱)	در تحقیق خود به زمینه آلودگی‌های نفتی خلیج فارس و دریای عمان مخصوصاً ساحل چابهار پرداختند. ارتقاء آموزش افراد مرتبط با آلودگی دریا در زمینه آلودگی می‌تواند بر کاهش اثرات زیست‌محیطی دریاها تاثیر مثبت بگذارد.
Charlebois (۲۰۱۴)	یکی از الزامات موفقیت آمیز در اجرای کنوانسیون آمادگی، مقابله و همکاری در برابر آلودگی نفتی، همکاری سازمان‌های مرتبط با این کنوانسیون می‌باشد.
ISC (2014)	افسران کنترل و بازرسی کشتی به عنوان مهمترین شخص که کشتی را بطور کامل مورد بررسی قرار می‌دهد، می‌تواند مسئولین بندر را از اجرای درست قوانین محیط زیستی آگاه کنند.
ILO (2015)	در کتابی که جهت اجرای کنوانسیون کار دریایی ۲۰۰۶ معرفی کرد، کشور صاحب پرچم را در اجرای کنوانسیون‌های بین‌المللی توسط بنادر به عنوان یکی از عوامل مهم معرفی کرده است.

۳. روش تحقیق

تحقیق حاضر از حیث هدف، کاربردی و از منظر روش تحقیق، تحقیقی توصیفی-پیمایشی است. در بخش توصیفی از تحقیقات معتبر داخلی و بین‌المللی جهت شناسایی عوامل موثر بر اجرای کنوانسیون‌های بین‌المللی استفاده شده است. پس از شناسایی این عوامل، جهت سنجش اجرای این عوامل در بندر امام خمینی از روش پیمایشی و ابزار پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه تحقیق بین ۴۰ نفر از کارشناسان بخش آلودگی دریا و کارشناسان امور دریایی اداره کل بنادر و دریانوردی استان خوزستان پخش شد که ۳۳ مورد از آنان پاسخ و به محققین برگشت داده شد. روایی استفاده شده از نوع محتوایی (کسب نظر ۵ نفر از کارشناسان آلودگی دریا) و صوری (کسب نظر ۳ نفر از اساتید دانشگاهی) بوده است. پایایی پرسشنامه‌ها با توجه به میزان $0.831/\alpha$ آلفای کرونباخ مورد تایید قرار گرفت.

۴. یافته‌های تحقیق

فرضیات مورد استفاده این بخش بصورت زیر بوده است:

فرض H_0 : وضعیت عامل شناسایی شده در اجرای کنوانسیون‌های آلودگی دریا در بندر امام خمینی مناسب نیست.

فرض H_1 : وضعیت عامل شناسایی شده در اجرای کنوانسیون‌های آلودگی دریا در بندر امام خمینی مناسب است.

خلاصه تجزیه و تحلیل‌های تحقیق در جدول ۳ بیان شده است.

جدول ۳: خلاصه نتایج آزمون T

ردیف	عامل	مقدار T	تایید فرضیه
۱	امکانات آموزشی دوره‌ها با قوانین و مقررات بین‌المللی	-۸/۸۱	H_0
۲	کشور صاحب پرچم کشتی	-۱۱/۹۲	H_0
۳	برگزاری دوره‌های متناسب با نیازهای آموزشی	۱۳/۷۳	H_1
۴	برگزاری مانورهای آموزشی همراه با دوره‌های آموزش	-۲۴/۳۲	H_0
۵	تدارک دیدن امکانات و تجهیزات کافی	۷/۰۵	H_1
۶	سطح کیفیت تجهیزات	۱۸/۱۱	H_1
۷	مطابق بودن تجهیزات موجود با استانداردهای سازمان جهانی دریانوردی	۱۲/۶۹	H_1
۸	میزان حوادث دریایی با توجه به ترافیک دریایی موجود بندر	۱۶/۱۴	H_1
۹	وضعیت واگذاری مسئولیت حفظ و نگهداری تجهیزات به بخش خصوصی	-۲۵/۲۶	H_0
۱۰	وضعیت همکاری همه سازمان‌ها در امر مقابله با آلودگی دریایی	-۵/۵۵	H_0
۱۱	افسران کنترل و بازرسی کشتی	۲۰/۵۲	H_1
۱۲	آشنایی کامل افراد با تجهیزات جهت کار کردن با آن‌ها	۴/۹۱	H_1
۱۳	قابلیت استفاده از تجهیزات در دریای موج و شرایط بد آب و هوایی	۱۹/۶۸	H_1
۱۴	مطابقت طرح آمادگی در برابر آلودگی بندر با الزامات کنوانسیون‌های بین‌المللی	۱۲/۲۱	H_1

۵. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیتی که دریاها برای زندگی انسان‌ها شامل تغذیه جانوران و گیاهان دریایی و حمل و نقل کالاهای مورد نیاز دارد، این تحقیق به جنبه محیط زیستی دریاها پرداخته است. با توجه به گستردگی و تنوع کشتی‌های متردد به بندر امام خمینی چه از لحاظ کالا و چه از نظر اندازه، بحث زیست محیطی این بندر و مبارزه با آلاینده‌های دریایی از طریق اجرای کنوانسیون‌های بین‌المللی بسیار مهم است. این تحقیق در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول، ۱۴ عامل موثر در اجرای کنوانسیون‌ها شناسایی شد. سپس با استفاده از نظر ۳۳ نفر از کارشناسان بخش آلودگی دریا و کارشناسان امور دریایی اداره کل بنادر و دریانوردی استان خوزستان، وضعیت بندر امام خمینی نسبت به این عوامل مشخص شد که بصورت خلاصه در جدول ۴ بیان شده است.

جدول ۴: خلاصه یافته‌های تحقیق

عامل	نتیجه	عامل	نتیجه
امکانات آموزشی دوره‌ها با قوانین و مقررات بین‌المللی	نامناسب	میزان حوادث دریایی با توجه به ترافیک دریایی موجود بندر	مناسب
کشور صاحب پرچم کشتی	نامناسب	وضعیت واگذاری مسئولیت حفظ و نگهداری تجهیزات به بخش خصوصی	نامناسب
برگزاری دوره‌های متناسب با نیازهای آموزشی	مناسب	وضعیت همکاری همه سازمان‌ها در امر مقابله با آلودگی دریایی	نامناسب
برگزاری مانورهای آموزشی همراه با دوره‌های آموزش	نامناسب	افسران کنترل و بازرسی کشتی	مناسب
تدارک دیدن امکانات و تجهیزات کافی	مناسب	آشنایی کامل افراد با تجهیزات جهت کار کردن آن‌ها	مناسب
سطح کیفیت تجهیزات	مناسب	قابلیت استفاده از تجهیزات در دریای موج و شرایط بد آب و هوایی	مناسب
مطابق بودن تجهیزات موجود با استانداردهای سازمان جهانی دریانوردی	مناسب	مطابقت طرح آمادگی در برابر آلودگی بندر با الزامات کنوانسیون‌های بین‌المللی	مناسب

با توجه به نتایج جدول ۴ مشاهده می‌شود که عمده عوامل اثرگذار به دو بخش نیروی انسانی و تجهیزات مرتبط است. بنابراین برای افزایش اثربخشی اجرای کنوانسیون‌های بین‌المللی در بندر امام خمینی می‌توان راهکارهای زیر را پیشنهاد داد:

۵-۱. در بحث آموزش

لازم است تا هر دوره امکانات آموزشی آن با قوانینی که قراره تدریس داده شوند مطابقت داشته باشد تا شرکت کنندگان در جلسه آموزشی بهتر قوانین را درک کنند.

دوره‌های آموزشی در بازه‌های زمانی سه ماهه یا چهار ماهه برگزار شوند (به استثنای مواقعی که الحاقیه‌ای که به قانون اضافه می‌شود و نیازمند آموزش سریع می‌باشد)

لازم است تا سیلابس هر دوره آموزشی بازنگری شده و متناسب با نیازهای آموزشی تهیه شوند
با توجه به اینکه بحث مقابله با آلودگی و اجرای کنوانسیون یک بحث علمی-عملی است لازم است تا به هنگام آموزش‌های علمی، دوره‌های عملی نیز برگزار شوند.

۵-۲. در بحث امکانات و تجهیزات

خرید تجهیزات جدید مطابق با شرایط دریایی بندر امام از لحاظ حجم ترافیک و ظرفیت حمل

خرید تجهیزات با قابلیت استفاده از تجهیزات در دریای موج و شرایط بد آب و هوایی

برای بهبود کارایی در نگهداری و امکان خرید تجهیزات بیشتر بهتر است مناقصه‌ای برگزار و مسئولیت حفظ و نگهداری تجهیزات به بخش خصوصی واگذار شود.

- در بحث آشنایی با قوانین آلودگی دریا توصیه می‌شود برای هر قانون مهم و کاربردی یک جلسه مجزا برگزار و تمام تبصره‌های آن ماده تشریح گردد.

سپاسگزاری

در اجرای نقشه جامع علمی کشور و در راستای ایفای نقش مرجعیت علمی سازمان بنادر و دریانوردی در امور بندری، دریایی، کشتیرانی و بازرگانی، این مقاله با حمایت علمی و مادی سازمان بنادر و دریانوردی به انجام رسیده است.

منابع

[۱] رسولی، م، زارع دوست، م، (۱۳۹۴) مقابله با آلودگی‌های نفتی در دریا با استفاده از روش سوزاندن در محل و اثرات زیست‌محیطی آن، ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.

[۲] دانشگاه صنعتی امیرکبیر (۱۳۹۰) آلودگی‌های ناشی از سوانح دریایی و نحوه مقابله با آن، به سفارش سازمان بنادر و دریانوردی.

[۳] باورصاد، پ، زارع، ح، جهانگیریان، س، (۱۳۹۲) بررسی الزامات ایمنی و زیست محیطی بانکرینگ در خلیج فارس، دومین همایش بین المللی اقیانوس شناسی خلیج فارس و دهمین همایش علوم و فنون دریایی ایران، تهران، ۲۹-۳۰ بهمن ماه.

[4] Charlebois, P. (2014) Implementation of the OPRC Convention and the OPRC-HNS Protocol through Regional Agreements. Presentation in IMO.

[5] ISC. (2014) IMO Conventions: Effective Implementation. IMO World Maritime Day 2014.

[۶] سیاره، ج، یاراحمدی، آ، تهمک، ح، (۱۳۹۱) بررسی امکانات مقابله با آلودگی نفتی و مواد خطرناک و سمی در بندر چابهار، نخستین همایش ساحلی مکران و اقتدار نیروی دریایی، دانشگاه چابهار.

[7] ILO. (2015) Handbook Guidance on Implementing the Maritime Labour Convention.



بررسی پتانسیل تجزیه زیستی بیس فنل آ توسط باکتری بومی *Ochrobacterum* sp. جداسازی شده از رسوبات خور موسی

نصراله زاده، راضیه^{۱*}، صفاهیه، علیرضا^۱، ذوالقرنین، حسین^۱، زمانی، اسحاق^۱، غانمی، کمال^۲
۱. بیولوژی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی، خرمشهر، ایران
۲. شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی، خرمشهر، ایران
* r_nasrolahzadeh@yahoo.com

چکیده

بیس فنل آ یک ماده شیمیایی واجد اثرات ژنوتوکسیکی و استروژنیکی برای انسان و سایر موجودات زنده است که در صنعت پتروشیمی به طور گسترده برای تولید پلاستیک های پلی کربناته و اپوکسی رزین ها به کار میرود. این ماده به فراوانی در محیط زیست آبی یافت می شود و تجزیه زیستی یکی از اصلی ترین راههای حذف این ماده از رسوبات آلوده می باشد. طی این تحقیق که بر روی رسوبات خور موسی بندر امام خمینی صورت گرفت باکتری *Ochrobacterum* sp. بعد از مراحل نمونه برداری، غنی سازی و جداسازی با روش S rRNA ۱۶ با ۹۹ درصد شباهت شناسایی گردید. میزان رشد و تجزیه باکتری جداسازی شده در غلظت های مختلف بیس فنل آ و در مدت زمان ۶ روز در فواصل ۲۴ ساعته بررسی گردید. میزان رشد باکتری با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۶۰۰ نانومتر سنجش گردید. راندمان تجزیه بیس-فنل آ توسط این باکتری با استفاده از روش استخراج مایع-مایع و توسط دستگاه HPLC محاسبه گردید. این باکتری نه تنها قادر به تحمل غلظت های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر بیس فنل آ بود بلکه با راندمان تجزیه ای به ترتیب ۶۱/۵، ۶۵ و ۵۱ درصد عملکرد مناسبی در تجزیه بیس فنل آ از خود نشان داد و به عنوان گونه ای ارزشمند برای تجزیه زیستی بیس فنل آ معرفی میگردد. از این باکتری می توان برای بهبود بخشیدن جمعیت میکروبی مناطق آلوده به بیس فنل آ و تجزیه باکتریایی این آلاینده در محیط استفاده نمود

کلید واژه: تجزیه زیستی، بیس فنل آ، رسوبات خور موسی، *Ochrobacterum* sp.

۱. مقدمه

خلیج فارس و دریای عمان، از متنوع ترین اکوسیستم های جهان هستند و شرایط خاص این مناطق، از نظر تنوع ویژه رویشگاه های گرمسیری، گونه های مختلف جانداران آبی و غیره، حساسیت ویژه ای را برای این محیط های آبی به وجود آورده است. این مناطق به واسطه شرایط خاص آب وهوایی، واجد نادرترین و حساس ترین اکوسیستم های دریایی و جوامع گیاهی و جانوری ایران و منطقه هستند. واحدهای پتروشیمی از بزرگترین صنایع هستند که نقش اساسی آنها در اقتصاد کشور غیر قابل انکار است و در عین حال به عنوان دسته ای از واحدهای صنعتی تبدیلی که از ماده اولیه نفت و گاز استفاده می کند تأثیرات بسزایی بر زیست بوم و وضعیت محیطی اطراف خود دارند. با توجه به اینکه عمده صنایع پتروشیمی موجود در این منطقه در مجاورت خورها

احداث شده اند، آلودگی های ناشی از این صنایع، خورهای موجود در منطقه را بعنوان مهمترین اکوسیستم های دارای تنوع زیستی بالا تحت تأثیر قرار می دهند. بیسفنل آ^۱ (BPA) یکی از مواد اولیه مورد مصرف در صنایع پتروشیمی می باشد [۱]. BPA یک ماده شیمیایی صنعتی است که بطور گسترده به عنوان ماده خام اصلی در تولید پلاستیک های پلی کربناته و رزین های اپوکسی به کار می رود [۲]. BPA باعث ایجاد اثرات ژنوتوکسیک و استروژنیک بر روی انسان و دیگر جانوران می شود [۳]. با توجه به مضرات BPA، حذف آن از محیط زیست بسیار ضروری است. تجزیه زیستی فرآیندی است که طی آن ارگانیسم هایی مانند باکتری ها، قارچ ها، جلبک ها و مخمرها از طریق فعالیت آنزیمی یا تجزیه ای، ساختار شیمیایی مواد وارد شده به محیط زیست را تغییر می دهند [۴]. از بین تمامی روش های حذف آلودگی، زیست پالایی به کمک فرآیندهای میکروبی با صرف کمترین مقدار انرژی و همچنین امکان تولید محصولات جانبی کم خطر قادر به تبدیل آلاینده ها به مواد غیر سمی می باشند. گونه های باکتریایی تجزیه کننده BPA نقش عمده ای در رفع این آلاینده از محیط زیست ایفا می کنند و ثابت شده است که تجزیه زیستی روشی مؤثر در حذف BPA از آب، رسوب و خاک است [۵]. هدف از انجام این تحقیق جداسازی و شناسایی باکتری مقاوم به BPA و بررسی عملکرد آن در تجزیه زیستی BPA از رسوبات مجاور پتروشیمی در خور موسی می باشد.

۲. مواد و روش ها

۲-۱. نمونه برداری:

برداشت رسوبات سطحی از منطقه خور موسی با توجه به نزدیکی به تأسیسات پتروشیمی توسط گرب و با سه تکرار انجام شد. نمونه ها در ظروف استریل برروی یخ نگهداری و در اسرع وقت به آزمایشگاه میکروبیولوژی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل شدند.

۲-۲. جداسازی باکتری از رسوبات:

در آزمایشگاه تحت شرایط استریل ۱ گرم از رسوبات جمع آوری شده به محیط کشت مایع MSM^۲ حاوی ۱۰۰ میلی گرم BPA منتقل و به مدت یک هفته در انکوباتور شیکردار تحت شرایط دمای ۳۰°C و دور ۱۵۰ rpm نگهداری شد. پس از یک هفته ۱ میلی لیتر از محیط کشت غنی شده به محیط کشت MSM جدید منتقل و سه هفته متوالی فرآیند غنی سازی تکرار شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از آخرین مرحله غنی سازی، بر روی محیط کشت MSM جامد به روش spread plate کشت داده و در دمای ۳۰°C به مدت ۴۸ ساعت انکوبه شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت کلنی های باکتریایی متفاوت از نظر ظاهری بر سطح محیط کشت ظاهر شدند. به منظور خالص سازی، هر یک از کلنی ها به دفعات بر روی پلیت های MSM جامد جداگانه به صورت خطی کشت داده شد [۶].

۲-۳. شناسایی باکتری تجزیه کننده BPA:

برای شناسایی باکتری از آنالیز توالی 16S rRNA استفاده شد. برای انجام آنالیز مولکولی، ابتدا DNA باکتری با استفاده از روش جوشاندن استخراج شد [۷]. سپس نواحی 16S rRNA در نمونه باکتری مورد بررسی، توسط واکنش زنجیره ای پلیمرز^۳

^۲- Marine Salt Medium

^۳-PCR

^۴-tetrabromobisphenol A

تکثیر شد. پس از تعیین توالی محصول PCR و انجام اصلاحات، توالی بدست آمده با استفاده از ابزار جستجوی (Biological BLAST (local alignment search tool در بانک ژن NCBI مقایسه شد.

۴-۲. سنجش میزان رشد باکتری در حضور BPA:

به منظور بررسی میزان رشد باکتری در حضور BPA، باکتری در ارلن‌های حاوی محیط کشت MSM و غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA کشت داده شد. همچنین به منظور تهیه نمونه شاهد برای هر باکتری یک ارلن حاوی محیط کشت MSM و فاقد BPA در نظر گرفته شد. رشد باکتری، هر ۲۴ ساعت یکبار به مدت ۶ روز با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۶۰۰nm سنجش گردید [۸].

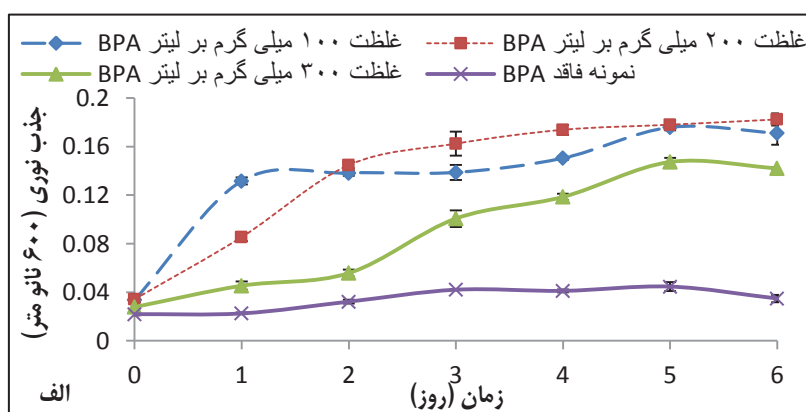
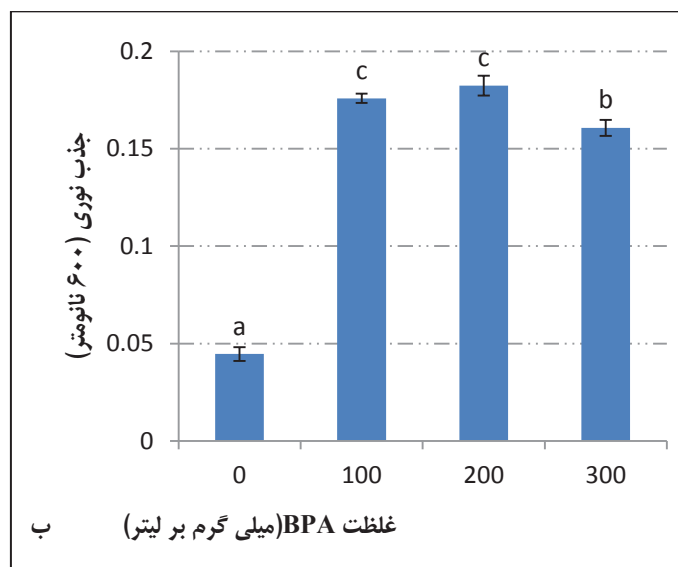
۵-۲. سنجش میزان تجزیه BPA توسط باکتری:

به منظور بررسی میزان توانایی باکتری در تجزیه BPA، باکتری در ارلن‌های حاوی محیط کشت MSM و غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA به مدت ۶ روز و در دمای ۳۰°C با دور ۱۵۰rpm انکوبه شد. ارلن حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA و فاقد باکتری به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. استخراج BPA از محیط کشت به روش استخراج مایع-مایع انجام گرفت. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی با استفاده از دستگاه HPLC آنالیز شدند [۹]. به منظور بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین میزان رشد باکتری در غلظت‌های مختلف BPA از آنالیز One-Way ANOVA و پس از آزمون Tukey استفاده گردید.

۳. نتایج

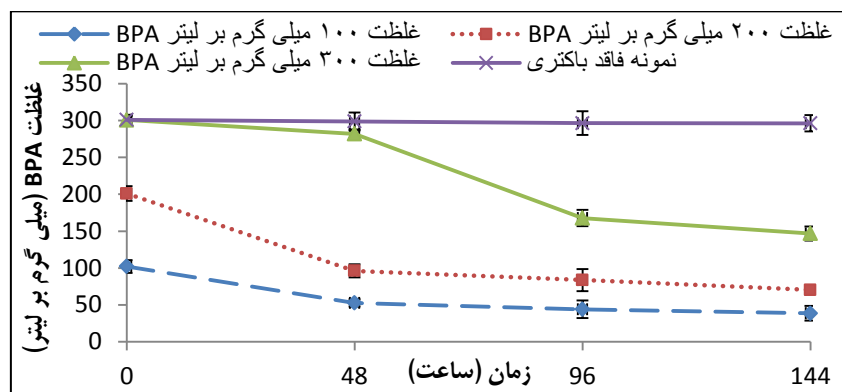
باکتری جداسازی شده در این تحقیق با توجه به نتایج آنالیز توالی 16S rRNA با ۹۹ درصد شباهت در پایگاه داده NCBI، *Ochrobacterum* شناسایی شد.

طبق شکل ۱-الف این باکتری در حضور غلظت‌های مختلف BPA رشد قابل توجهی از خود نشان داد. بطوریکه در غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA در روزهای ابتدای سنجش به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۱۸ نانومتر رشد نمودند اما در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رشد کمتری داشت بطوریکه در روزهای پایانی سنجش حدود ۰/۱۵ نانومتر رشد داشت. رشد این باکتری در محیط فاقد BPA بسیار ناچیز ۰/۰۲ نانومتر بود. در شکل ۱-ب بررسی میانگین حداکثر رشد این باکتری در غلظت‌های مختلف BPA نشان می‌دهد بین حداکثر رشد این باکتری در نمونه فاقد BPA با غلظت‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.05$). همچنین در حداکثر رشد این باکتری در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر با دیگر غلظت‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در صورتیکه بین حداکثر رشد این باکتری در غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA تفاوت محسوسی مشاهده نگردید.



شکل ۱(الف و ب): بررسی روند رشد باکتری *Ochrobacterum sp.* در غلظت‌های مختلف BPA

نتایج میزان تجزیه‌زیستی BPA توسط این باکتری طبق شکل ۱ نشان داد این باکتری طی ۴۸ ساعت اولیه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA سرعت تجزیه نسبتاً خوبی از خود نشان داد و این ماده را به $2/55 \pm 52/79$ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داد. سرعت تجزیه در محدوده زمانی ۴۸ تا ۱۴۴ ساعت به کندی ادامه یافت و در نهایت غلظت این ماده به $3/13 \pm 38/58$ میلی‌گرم بر لیتر رسید. این باکتری در ۴۸ ساعت ابتدایی ورود به محیط کشت حاوی ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA حداکثر میزان تجزیه را از خود نشان داد و غلظت این ماده را به $4/57 \pm 96/15$ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داد. پس از آن سرعت تجزیه تا پایان سنجش به آرامی ادامه داشت و نهایتاً غلظت BPA به $1/65 \pm 70/22$ کاهش یافت. سرعت تجزیه در ساعات ابتدایی ورود این باکتری به محیط کشت حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA به کندی صورت گرفت و پس از ۴۸ ساعت غلظت BPA به $2/43 \pm 281/98$ کاهش یافت. حداکثر سرعت تجزیه در ۴۸ ساعت بعدی انجام گرفت و در پایان ۹۶ ساعت غلظت این ماده $6/74 \pm 167/78$ میلی‌گرم بر لیتر بود و در پایان سنجش غلظت BPA به $8/02 \pm 146/79$ میلی‌گرم بر لیتر رسید.



شکل ۳: میزان تجزیه‌زیستی باکتری *Ochrobacterum sp.* در غلظت‌های مختلف BPA

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف جداسازی و شناسایی باکتری بومی رسوبات خورموسی و بررسی پتانسیل تجزیه‌زیستی آن در حذف زیستی BPA صورت گرفت. باکتری جداسازی شده *Ochrobacterum sp.* بود که به روش آنالیز توالی ۱۶S rRNA شناسایی شد. باکتری جنس *Ochrobacterum* متعلق به خانواده *Brucellaceae* می‌باشد. گونه‌های این جنس هوازی و گرم منفی هستند [۱۰]. این باکتری توانایی خوبی در رشد و تجزیه غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA از خود نشان داد. بطوریکه راندمان تجزیه‌زیستی این باکتری در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA پس از ۶ روز انکوباسیون، به ترتیب ۵/۶۱٪، ۶۵٪، ۵۱٪ درصد بود. Li و همکاران در سال ۲۰۱۶، طی تحقیقی بر روی تجزیه‌زیستی تترابروموبیس فنل آ (TBBPA) از پساب‌های آلوده ۵ گونه باکتری شناسایی کردند که عمدتاً به جنس *Ochrobacterum* تعلق داشت [۱۱]. همچنین Yamada و همکاران در سال ۲۰۰۸ از خاک‌های آلوده به تترابروموفنل (TBP) ۵ گونه باکتری *Ochrobacterum sp.* را شناسایی کردند که قادر به رشد و تجزیه ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر BPA بود [۱۲]. این باکتری جزو باکتری‌های برجسته در تجزیه‌زیستی TBBPA محسوب می‌شود و مقالاتی در این زمینه منتشر شده است [۱۱ و ۱۲] اما تاکنون گزارشی از پتانسیل تجزیه‌زیستی این باکتری بر روی ماده BPA در مقالات علمی نیامده است. جداسازی باکتری‌های مؤثر در تجزیه BPA این امکان را فراهم می‌سازد که روش‌های نوین با کارایی بیشتر برای حذف این آلاینده‌ها از محیط‌زیست پدید آید و همچنین از باکتری جداشده در این تحقیق می‌توان برای بهبود بخشیدن جمعیت میکروبی مناطق آلوده به BPA برای مقابله بهتر با این آلاینده استفاده کرد.

منابع

- [1]- Lee, Y.J., Ryu, H.y., Kim, H.K., Min, C.s., Lee, J.H., Kim, E., Nam, B.Y., Park, J.H., Jung, J.Y., Jung, D.D., Park, E.Y., Lee, K.H., Ma, J.Y., Won, H.S., Im, M.W., Lee, J.H., Hong, Y.C. Yoon, H.S. (2008), Maternal and fetal exposure to bisphenol A in Korea, *Reproductive Toxicology*. 25: 413-41.
- [2]- Zhang, J., Cooke, J.M., Curran, I.H.A., Goodyer, C.G. and Cao, X.L. (2011), GC-MS analysis of bisphenol A in human placental and fetal liver samples, *Journal of Chromatography*. 879: 209-214.
- [3]- Zhang, W.W., Yin, K., Chen, L. X, (2013), Bacteria-mediated bisphenol A degradation. *Applied Microbial Biotechnology*. 97: 5681-5689.

⁵ - tetrabromophenol

⁵ Potential ecological risk

- [4]- U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2009), Glossary of technical terms: U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., USA.
- [5]- Staples, C., A., Dorn, P. B., Klecka, G. M., O'Block, S. T., Harris, L. R. (1998), A review of the environmental fate, effects and exposures of bisphenol A, *Chemosphere*, 36: 2149-2173.
- [6]- Mohandass, R., Rout, P., Jiwal, S., Sasikala, C. (2012), Biodegradation of benzo [a] pyrene by the mixed culture of *Bacillus cereus* and *Bacillus vireti* isolated from the petrochemical industry, *Journal of Environmental Biology*, 33(6):985.
- [7]- Saiyood, S., Vangnai, A.S., Thiravetyan, P., Inthorn, D. (2010), Bisphenol A removal by the *Dracaena* plant and the role of plant-associating bacteria, *Journal of Hazardous Materials*, 178: 777-785.
- [8]- Nnamchi, C., Obeta, J., Ezeogu, L. (2006), Isolation and characterization of some polycyclic aromatic hydrocarbon degrading bacteria from Nsukka soils in Nigeria, *International Journal of Environmental Science & Technology*, 3(2):181-90.
- [9]- Gonzalez-Casado, A., Navas, N., Del Olmo, M., Vilchez, J. (1998), Determination of bisphenol A in water by micro liquid—liquid extraction followed by silylation and gas chromatography—mass spectrometry analysis, *Journal of chromatographic science*, 36(11):565-70.
- [10]- Holmes, B., Popoff, M., Kiredjian, M., Kersters, K. (1988), *Ochrobactrum anthropi* gen. nov., sp. nov. from human clinical specimens and previously known as group Vd, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 38(4): 406-416.
- [11]- Li, G., Xiong, J., Wong, P.K. An, T. (2016), Enhancing tetrabromobisphenol A biodegradation in river sediment microcosms and understanding the corresponding microbial community, *Environmental Pollution*, 208: 796-802.
- [12]- Yamada, T., Takahama, Y., Yamada, Y. (2008), Biodegradation of 2,4,6-Tribromophenol by *Ochrobactrum* sp. Strain TB01, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 72(5): 1264-1271.



اثرات نویز صوتی با شدت و فرکانس‌های مختلف بر ارگانسیم موجودات زنده دریایی با بررسی سطح نویز ارسالی سه فروند شناور تجاری در خلیج فارس

آب نیکی، علی اصغر^۱، خوشحالی رودپشتی، مهدی^۲*

^۱ دانشجوی دکتری مهندسی دریا، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

^۲ دانش آموخته ارشد فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

* m.khoshhali@gmail.com

چکیده

در عصر حاضر نویزهای صوتی همچون: دستگاه‌های لرزه‌نگاری، کشتی‌ها و شناورها، سونارها، نویزهای نوفه سفید، نویز ناشی از اکتشافات حفاری نفت و گاز، نویز تولید شده به وسیله ابزارهای آزمایشگاهی، ستون کوبی سازه‌های فراساحلی و سایر فعالیت‌ها در گستره وسیعی از شدت نویز و بازه فرکانسی، بسیار افزایش یافته است که این خود نوعی آلودگی است که آلودگی صوتی نامیده می‌شود. اثرات نویز می‌تواند تابع فرکانس و شدت صوت باشد. در این تحقیق نویز سه فروند شناور تجاری با استفاده از اصول استاندارد اندازه‌گیری می‌شود و اثر امواج صوتی ناشی از شناورها و دیگر منابع تولیدکننده نویز صوتی در دریاها و اقیانوس‌ها بر جانوان دریایی برای ارگانسیم گونه‌های مختلف از جمله ماهی‌های کوچک و پستانداران بررسی می‌شود. نویز برخاسته از شناورهای مختلف معمولاً در بازه‌ای از ۰٫۰۲۵ تا ۱۶۰ کیلوهرتز و در فاصله بین ۶۰ تا ۱۰۰۰ متر گزارش می‌شود. در این تحقیق، سطح نویز اصوات ارسالی از سه شناور تجاری نفتکش در خلیج فارس اندازه‌گیری شد. مقادیر حاصل شده برای نویز صوتی این شناور در بازه ۲۱۵ تا ۲۱۹ دسیبل نسبت به فشار مرجع یک میکرو پاسکال در فاصله یک متری و در بازه فرکانس ۱ تا ۲۵۰۰ هرتز گزارش گردید. این نتایج نشان می‌دهد نویز این شناورها می‌تواند ایجاد آلودگی صوتی قابل ملاحظه نماید و در صورت افزایش ترافیک این شناورها و افزایش تراز مواجهه صوت می‌تواند آثار مخرب قابل ملاحظه‌ای بر محیط زیست دریا وارد آورد این نویزها می‌توانند سبب اختلال در سیستم شنوایی و گوش میانی، اختلال در رفتارهای فردی و اجتماعی، متابولیسم متغیر برخی گونه‌های دریایی شود علاوه بر اثرات مخرب شنیداری و بافتی در سیستم شنوایی، تغییرات خلقی، تغییرات توزیع جمعیت و فراوانی، آلودگی صوتی می‌تواند باعث القای یک سری اختلالات فیزیولوژیک از قبیل تحریک فعالیت ذهنی، و کاهش ایمنی بدن گردد به عنوان مثال مواجهه صوت می‌تواند باعث کاهش سیستم ایمنی وال سفید گردد

کلیدواژه: نویز صوتی، فرکانس، شدت صوت، آلودگی، شناور، اندازه‌گیری

۱. مقدمه

بی شک تولید صدا در قرن اخیر که از منابعی همچون سونار ها، کشتی های باری نفتی، دستگاه های لرزه نگاری ، اکتشافات حفاری نفت و گاز، شمع کوبی سازه های فراساحلی و غیره بسیار افزایش یافته است که این خود نوعی آلودگی است که آلودگی صوتی نامیده میشود [۱-۳]. این نویز باعث استرس در حیوانات، افزایش ریسک در شکار شدن آنان، و اختلال در سیستم زاد و ولد برخی گونه ها می‌شود [۵-۱۳]. این اثرات می‌تواند تابع فرکانس و شدت صوت و مدت زمان مواجهه صوت باشد. در این تحقیق علاوه بر اندازه گیری میدانی نویز سه فروند شناور تجاری با استفاده از اصول استاندارد اندازه گیری اثر امواج صوتی ناشی از شناورها و دیگر منابع تولیدکننده نویز صوتی در دریاها و اقیانوس ها بر جانوان دریایی برای گونه های مختلف بررسی شده است و این اثرات از زوایای مختلفی تحلیل گردیده و جمع آوری شده اند. در این پژوهش ابتدا منابع مختلف تولید نویز گردآوری می شود و تاثیر منابع مختلف صوتی بر زیست دریا و جانوران دریایی بیان می گردد و در قسمت نهایی به اندازه گیری سطح نویز سه فروندشناورهای نفت از شناورهای تجاری ایران محسوب می شوند می‌پردازیم.

۲. منابع تولید نویز

مقادیر صوت های ایجاد شده توسط انسان چه در اقیانوس ها و چه در سواحل مرجانی ، بسیار افزایش یافته است. در این میان سهم عمده ای از منابع تولید نویز به سبب شناورهاست که این صوت های منتشر شده از نظر فرکانس و شدت بسیار متفاوت هستند. (جدول ۱)

جدول ۱: برخی از منابع ایجاد کننده نویز در دریا و اقیانوس در شدت ها و فرکانس های مختلف

نوع صوت منتشر شده از انسان	فرکانس (Hz)	سطح شدت (dB re 1 μ Pa)	مرجع	سال
کشتی حفاری	۲۰-۱۰۰۰	۱۷۴-۱۸۵	ریچاردسون و همکاران [۱]	۱۹۹۵
نفت کش ها و تانکر های فوق بزرگ	۷-۷۰	۱۸۰-۲۰۵	ریچاردسون و همکاران [۱]	۱۹۹۵
کشتی های سائز متوسط	۵۰ تقریباً	۱۵۰-۱۷۰	گیسینر و همکاران [۲]	۱۹۹۸
قایق ها کوچک	۲۰-۱۰۰۰	۱۷۰-۱۸۰	ریچاردسون و همکاران [۱]	۱۹۹۵
دما شناسی صوتی از اقیانوس ها	۷۵ تقریباً	۱۹۵	باخ [۳]	۱۹۹۵
راکتور های اتمی	۳۰-۴۰	۱۳۱-۱۳۵	ریچاردسون و همکاران [۱]	۱۹۹۵
چاه ها و معادن موجود در بستر دریا	۴-۳۸	۱۱۹-۱۲۷	ریچاردسون و همکاران [۱]	۱۹۹۵

۳. تاثیر منابع مختلف نویز صوتی بر زیست دریا

۳-۱ اصوات پوشاننده محیط و آسیب های روانی وارد بر سیستم شنوایی

بسیاری از موجودات دریایی بسته به نوع امواج صوتی واطلاعات صوتی در اطرافشان دریافت می‌کنند تلاش برای بقای خودشان را تنظیم می‌کنند. بنابراین آلودگی صوتی می‌تواند به نحوه ارتباطات این موجودات با ایجاد یک ماسک و پوشش از صوت، صدمه بزند. به طوری که شنیدن یک صوت با تداخل صوت دیگر به هم ریخته و در نتیجه فهم درستی از صوت برای موجود زنده ایجاد نمی‌گردد [۴-۷]. در جدول ۲ این موارد تشریح گردیده است. طبق تحقیقات افزایش نویز ها ی محیطی باعث اختلال در ارتباط شیرهای دریایی میگردد. همچنین دولفین با شلیک های لرزه نگاری آستانه ی شنوایشان به هم میریزد. در جدول ۲ تاثیرات روانی منابع مختلف صوت ذکر گردیده است.

جدول ۲: اثرات روانی که به دلیل نویز های مختلف در برخی از جانداران دریایی ایجاد می‌شود

گونه	نوع صوت انسانی ایجاد شده	تأثیر	منبع	سال
شیر دریایی	افزایش نویز محیطی	ارتباط صوتی این موجودات را به هم میریزد	سوتال و همکاران [۴]	۲۰۰۴
ماهی "کرومیس" chromis ماهی "امرا" S. umbra	نویز کشتی ها و قایق ها	حساسیت شنوایی این موجود را به هم میریزد و آستانه ی شنوایی را تغییر میدهد	کودینیا و همکاران [۵]	۲۰۰۹
دولفین	شلیک های تفنگ های لرزه نگاری	آستانه ی شنوایی را تغییر میدهد	لوک و همکاران [۶]	۲۰۰۹
دولفین	صوت های آزمایشگاهی نشت کرده	آستانه ی شنوایی را تغییر میدهد	ناچتیکال و همکاران [۷]	۲۰۰۴

۳-۲ تغییر رفتار

به علاوه، آلودگی صوتی میتواند رفتار فردی این موجودات را به هم بریزد و باعث تغییر رفتارهایی از قبیل تشویش ناگهانی و حواس پرتی شود [۸-۱۳]. در جدول ۳ این موضوع بررسی شده است.

جدول ۳: اختلالات رفتاری که به دلیل نویز های مختلف در برخی از جانداران دریایی ایجاد می‌شود

گونه	نوع صوت انسانی ایجاد شده	تأثیر	منبع	سال
"C. pallasi" پالاسی	نویز کشتی ها و قایق ها	پاسخ اجتنابی را باعث میشود	شوارتز و گرییر [۸]	۱۹۸۴
"N. pulcher" پالچر	نویز کشتی ها و قایق ها	حضم غذا، قدرت دفاع، را کاهش و خشونت را افزایش میدهد	برونجست و رادفورد [۹]	۲۰۱۳
"M. novaeangliae" نوانگلیا	دما شناسی صوتی از اقیانوس ها در پروژه ی آب و هوایی	بازه های زمانی و مکانی بین آمدن به سطح آب را بیشتر میکند	فرانکل و کلارک [۱۰]	۲۰۰۰
"T. truncatus" ترانکیتس	سونار	تغییر در رفتار تولید صدا	میلر [۱۱]	۲۰۰۰
"G. cruentatus" کرینتاتوس	نویز کشتی ها و قایق ها	تغیر در رفتار صدا زدن	پارکس و همکاران [۱۲]	۲۰۰۷
"M. densirostris" دنسیروستریس	سونار های فرکانس متوسط	اختلال در خوراک و پاسخ اجتنابی را باعث میشود	تایک و همکاران [۱۳]	۲۰۱۱

۴. اندازه گیری نویز کشتی تجاری

۴-۱ روش اندازه گیری سطح نویز شناور

در این قسمت از تحقیق روش اندازه گیری نویز ارسالی سه فروند از شناورهای تجاری دارای طول بدنه، آبخورو سرعت متفاوت بیان می‌گردد. جهت اندازه گیری از هیدروفون استاندارد ۸۱۰۴ استفاده می‌شود. کالیبراسیون هیدروفون مطابق با اصول استاندارد انجام می‌گیرد [۱۴]. در این اندازه گیری با استفاده کابل و طناب، سیستم هیدروفون به وسیله بویه چسبیده به کف بسته می‌شود و هیدروفون استاندارد ۸۱۰۴ شرکت B&K ($-205 \text{ V}/\mu\text{pa}$) با پاسخ فرکانسی تخت (کمتر از ۲ دسی بل) در بازه ۱۰ تا ۱۰۰ کیلو هرتز مورد استفاده قرار می‌گیرد و نتایج در فرکانس نمونه برداری 240kHz انجام می‌گردد. همه داده های آکوستیکی توسط هیدروفون کالیبره شده تحت استاندارد و توسط سیستم پردازشگر داده ثبت می‌شوند.

۴-۲ محاسبه سطح نویز شناور

برای محاسبه سطح نویز شناور ابتدا با استفاده از حساسیت هیدروفون استاندارد ۸۱۰۴ شرکت B&K ($-205 \text{ V}/\mu\text{pa}$) با پاسخ فرکانسی تخت (کمتر از ۲ دسی بل) در بازه ۱۰ تا ۱۰۰ کیلو هرتز. با استفاده از رابطه ۱ فشار میانگین مجذور مربعات رامحاسبه می‌نماییم

$$M = \frac{V_{rms}}{P_{rms}} \quad (1)$$

M، حساسیت سنسور برحسب $\text{V}/\mu\text{pa}$ ، V_{rms} ، ولتاژ خروجی هیدروفون و P_{rms} ، فشار ورودی به هیدروفون می‌باشد

در طول مدت اندازه گیری فاصله شناور با هیدروفون با استفاده از رابطه ۲ تغییر می‌نماید.

$$d_i = \sqrt{r_i^2 + d_{CPA}^2} \quad (2)$$

d_{CPA} ، در نقطه ای که شناور در نزدیک ترین فاصله نسبت به نقطه اندازه گیری قرار دارد. r_i ، فاصله در نقطه اندازه گیری $\dot{A}$ م است. معیار اندازه گیری فاصله نقطه مرکز آکوستیکی شناور در مکانی مابین موتور و پروانه و نزدیک به پروانه شناور می باشد.

زمان داده برداری ۵ دقیقه می باشد که برای محاسبه سطح نویز ارسالی این زمان را به ۱۰ قسمت با طول ۳۰ ثانیه تقسیم می نماییم. و برای هر قسمت سطح نویز دریافتی را محاسبه می نماییم و فاصله شناور تا نقطه اندازه گیری را با استفاده از دستگاه فاصله یاب لیزری ثبت می نماییم. با میانگین گیری از اندازه گیری و بر طبق رابطه ۳ به نتایج جدول ۶ می رسیم

$$SL_i = RL_i + 20 \log(d_i) \quad (3)$$

RL_i ، سطح فشارنویز صوتی دریافتی توسط هیدروفون است. SL_i ، سطح نویز صوتی ارسالی در یک متری

جدول ۶: مقادیر حاصل از اندازه گیری شناورهای تجاری

شناور	نوع	طول (متر)	سرعت (متر بر ثانیه)	عمق سنسور (متر)	سطح نویز ارسالی (۱-۲۵۰۰) Hz dB re 1 μ Pa at 1m	فرکانس غالب Hz	فاصله (متر)	آب‌خوار (متر)
A	نفت کش	۱۵۰	۸	۱۲۰	۲۱۴٫۹	> ۱۰۰	۳۰۰	۱۷
B	نفت کش	۱۱۰	۵	۴۰	۲۱۸٫۷	> ۱۰۰	۲۵۰	۱۵
C	نفت کش	۵۲	۴	۴۰	۲۱۹٫۲	> ۱۰۰	۱۰۰	۱۰

برای سه فروند شناور تجاری، سطح نویز ارسالی پهن باند در بازه فرکانسی ۱-۲۵۰۰ هرتز به صورت جدول ۶ نمایش داده شده است. این نتایج با نتایج تجربی بدست آمده از آقای آلن و همکارانش تطابق قابل ملاحظه ای دارد [۱۵]. نتایج حاصل از اندازه گیری نشان می دهد که نویز ارسالی شناورهای تجاری از لحاظ دامنه و محدوده فرکانسی به قدری است که می تواند با توجه به آنچه در قسمت قبل به تفصیل بیان شد، تاثیرات قابل ملاحظه ای بر زندگی موجودات دریایی بگذارد [۱۵ و ۱۶].

۵. نتیجه گیری

نقش نویز های صوتی موجود در دریا بر روی سیستم های شنوایی و عصبی جانوران دریایی از قبیل ماهی ها و پستانداران دریایی، بسیار حایز اهمیت است. یکی از عوامل ایجاد نویز ثابت در بندرگاهها و معابر دریایی، شناورهای بزرگ می باشند که در این تحقیق با استفاده از اصول استاندارد اندازه گیری سطح نویز اصوات ارسالی از سه شناور تجاری نفتکش اندازه گیری شد. مقادیر حاصل شده برای نویز صوتی این شناور در بازه ۲۱۵ تا ۲۱۹ دسیبل نسبت به فشار مرجع یک میکرو پاسکال در فاصله یک متری و در بازه فرکانس ۱ تا ۲۵۰۰ هرتز گزارش گردید که نشان می دهد، نویز اصوات این شناورها می تواند ایجاد آلودگی صوتی قابل ملاحظه نماید و در صورت افزایش ترافیک این شناوره و افزایش تراز مواجهه صوت می تواند آثار مخربی که در بخش های اول مقاله به آن اشاره گردید بر محیط زیست دریا وارد آورد. و لازم است با توجه به روزافزون شدن ترافیک شناورهای بزرگ لازم است سیاست های معقولی در این باره اتخاذ گردد، سیاست هایی مانند ساخت نقشه نویز معابر دریایی، کاری که در کشورهای پیشرفته در موضوع دریا در حال تحقیق و تحقق است و لازمه این هدف دانستن منابع ایجاد نویز و اندازه گیری آن به صورت استاندارد و دقیق می باشد. استفاده از شناورها با موتورهای جدید و کم صدا تر و طراحی راه ها و معابر دریایی به گونه ای که به محیط زیست آسیب نزنند از جمله این اقدامات می باشد که می تواند در حفظ سلامتی محیط زیست دریا و موجودات دریایی از قبیل دولفین ها و وال ها و سایر موجودات نقش مهمی ایفا کند علاوه بر این سیاستگزاری مقامات دولتی برای عدم صدور مجوز تردد به شناورهای با سطح نویز بیشتر از حد مجاز و یا ایجاد محدودیت عدم تردد شناورهای دارای

آلودگی صوتی در محدوده قلمرو موجودات دریایی اثرپذیر در آب‌های ساحلی می‌تواند راه حل پیشنهادی جهت کاهش آلودگی صوتی باشد.

منابع

- [1]-Richardson, W.J.; Finley, K.J.; Miller, G.W.; Davis, R.A.; Koski, W.R. Feeding(1995), social and migration behavior of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, in Baffin Bay vs. the Beaufort Sea—Regions with different amount of human activity. *Mar. Mammal Sci*, 11, 1–45.
- [2]-Gisiner, R.; Cudahy, E.; Frisk, G.; Gentry, R.; Hofman, R.; Popper, A.; Richardson, W.J. , (1998) Proceedings: Workshop on the Effects of Anthropogenic Noise in the Marine Environment; Office of Naval Research: Arlington, VA, USA.
- [3]-Buck, E.H. (1995), Acoustic Thermometry of Ocean Climate: Marine Mammal Issues; Congressional Research Service: Washington, DC, USA.
- [4]-Southall, B.L.; Schusterman, R.J.; Kastak, D.(2003) , Acoustic communication ranges for northern elephant seals (*Mirounga angustirostris*). *Aquat. Mammal*29, 202–213.
- [5]-Codarin, A.; Wysocki, L.E.; Ladich, F.; Picciulin, M.(2009), Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy).*Mar. Pollut. Bull*, 58, 1880–1887.
- [6]-Lucke, K.; Siebert, U.; Lepper, P.A.; Blanchet, M.A. (2009), Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli. *J. Acoust. Soc. Am*. 125, 4060–4070.
- [7]- Nachtigall, P.E.; Supin, A.Y.; Pawloski, J.; Au, W.W. (2004), Temporary threshold shifts after noise exposure in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) measured using evoked auditory potentials.*Mar. Mammal Sci*, 20, 673–687.
- [8]-Schwarz, A.L.; Greer, G.L. (1984), Responses of Pacific herring, *Clupea harengus pallasii*, to some underwater sounds. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 41, 1183–1192.
- [9]-Bruintjes, R.; Radford, A.N. (2013), Context-dependent impacts of anthropogenic noise on individual and social behaviour in a cooperatively breeding fish. *Anim. Behav*, 85, 1343–1349.
- [10]-Frankel, A.; Clark, C. (2000), Behavioral responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to full-scale ATOC signals. *J. Acoust. Soc. Am*, 108, 1930–1937.
- [11]-Miller, P.J.; Biassoni, N.; Samuels, A.; Tyack, P.L. (2000), Whale songs lengthen in response to sonar. *Nature*, 405, 903–903.

- [12]-Parks, S.E.; Clark, C.W.; Tyack, P.L. (2007), Short- and long-term changes in right whale calling behavior: The potential effects of noise on acoustic communication. J. Acoust. Soc. Am., 122, 3725–3731.
- [13]-Tyack, P.L.; Zimmer, W.M.; Moretti, D.; Southall, B.L.; Claridge, D.E.; Durban, J.W.; Clark, C.W.; D’Amico, A.; DiMarzio, N.; Jarvis, S.; et al. (2011), Beaked whales respond to simulated and actual navy sonar. PLoS ONE, 6, doi:10.1371/journal.pone.0017009.
- [14]- ISO 17208-1:(2016): Underwater acoustics -- Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships -- Part 1: Requirements for precision measurements in deep water used for comparison purposes
- [15]-Allen, J. K., M. L. Peterson, G. V. Sharrard, D. L. Wright and S. K. Todd. (2012). Radiated noise from commercial ships in the Gulf of Maine: Implications for whale/vessel collisions. J. Acoust. Soc. Am. 132:EL229-EL235.
- [16]- Wang, L. S, S. P. Robinson, P. Theobald, P. A. Lepper, G. Hayman and V. F. (2013), Humphrey Measurement of radiated ship noise, POMA 17 , 070091 ; <http://dx.doi.org/10.1121/1.4792663>



بررسی برخی از مشتقات فتالات استر در مصب رودخانه‌های دریای خزر، مازندران

الیاس رنجیری^۱، علی حمزه پور^{۲*}، کاظم درویش بسطامی^۲، حسین باقری^۲ و رضا رهنما^۲

۱. گروه شیمی، دانشگاه مازندران، بابلسر، استان مازندران.

۲. مرکز اقیانوس‌شناسی دریای خزر، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، مازندران، نوشهر،

* hamzehpoor.ali@inio.ac.ir

چکیده

در تحقیق حاضر به منظور بررسی آلودگی محیط زیست آبی رودخانه شهرهای ساحلی دریای خزر به فتالات استر (Phthalate Ester) تعداد شش ایستگاه در مصب رودخانه شهرهای ساحلی (رویان، نور، محمود آباد، سرخورد، فریدونکنار و بابلسر) انتخاب گردیده و از آب این رودخانه نمونه برداری بعمل آمد. آنالیز نمونه آب نسبت به چهار نوع از مشتق فتالات استر دی متیل فتالات (DMP)، دی اتیل فتالات (DEP)، دی بوتیل فتالات (DBP) و بنزیل بوتیل فتالات (BBP) با استفاده از تکنیک استخراج مایع - مایع همگن (HLLE) و بدنبال آن کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) انجام گردید. در این مطالعه دی اتیل فتالات در نمونه بابل رود و فریدونکنار به ترتیب با مقادیر 0.4 ± 0.02 و 0.57 ± 0.07 میکرو گرم بر لیتر مشاهده گردید. دی متیل فتالات در آنالیز نمونه مورد مطالعه در ایستگاه بابلسر و فریدونکنار به ترتیب با مقادیر 0.36 ± 0.05 و 0.35 ± 0.03 میکرو گرم بر لیتر مشاهده شد. مقدار دی متیل فتالات در ایستگاه‌های دیگر کمتر از مقدار آشکار سازی با دستگاه می باشد. ماکزیمم مقدار دی متیل فتالات در ایستگاه بابلسر و ماکزیمم مقدار دی اتیل فتالات و بنزیل بوتیل فتالات در ایستگاه فریدونکنار مشاهده گردید.

کلمات واژه: مشتقات فتالات استر، مصب، آب، دریای خزر

۱. مقدمه

آلاینده‌های آلی (Organic Pollutants) یکی از گروه‌های بزرگ آلاینده‌ها بوده که با تخلیه به آبهای سطحی و روان و بوم سازندگان آبی تأثیرات نابهنجار بسیاری را بر روی زیست بوم‌های آبی، (آب، رسوبات، آبزیان) بجا می‌گذارد. این ترکیبات در طیف وسیعی از تولیدات صنعتی نظیر پلی وینیل کلرایدها، چسب‌ها، رزین‌ها، سلولزها، لباس‌ها، تجهیزات پزشکی، رنگ‌ها، آفت‌کش‌ها، بسته‌بندی مواد غذایی و ... به کار می‌روند [1, 2, 3]. مشتقات فتالات استر براهتی می‌تواند از سطح این مواد جدا شده و در محیط زیست انتشار یابد. بنابراین فتالات استرها در بافت‌های مختلف محیط زیستی (هوا، آب، خاک و رسوب) قابل آشکارسازی می‌باشد [4, 5]. فتالات استرها ترکیباتی چربی‌دوست بوده که از طریق تنفس، آب و غذای آلوده به آن وارد بدن موجودات شده و در بافت چربی موجودات ذخیره و برای مدت دراز خواص سرطان‌زایی از خود نشان می‌دهند. این امر آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا را بر آن داشته تا مقررات سختی را در استفاده از فتالات استرها اعمال کند

[6]. فتالات استرها دارای مشتقات گوناگونی بوده که از جمله آنها می‌توان به دی‌متیل فتالات (DMP)، دی‌اتیل فتالات (DEP)، دی‌بوتیل فتالات (DBP) دی‌اتیل هگزیل فتالات (DEHP) و بنزیل بوتیل فتالات (BBP) اشاره نمود که در بین آنها دی‌اتیل فتالات (DEP) در مقایسه با دیگر مشتقات کاربرد بیشتری دارد [7]. آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین، آلاینده‌های نفتی، حشرکش‌ها، فتالات‌استرها و مواد مغذی از طریق رودخانه‌ها و یا بطور مستقیم وارد دریای خزر شده که تبعات منفی را در پی خواهند داشت [8].

۲. مواد و روش کار

در این تحقیق تعداد شش ایستگاه در مصب رودخانه‌های مهم و پرآب در حد فاصله بین شهرستان رویان تا بابلسر انتخاب شد. نمونه برداری‌ها در شهریور ماه سال ۱۳۹۰ مطابق با روش استاندارد نمونه برداری از آب انجام شد. بدین ترتیب که در مصب هر رودخانه سه تکرار نمونه در یک نقطه انجام و بعد از نمونه برداری آب و انتقال آن به ظروف شیشه‌ای که با کاغذ آلومینیومی اطراف آن محصور شده بود نمونه آب درون یخ در دمای ۳ تا ۵ درجه سلسیوس نگه داری شده و به آزمایشگاه جهت آنالیز منتقل شد. آنالیز نمونه‌های مورد مطالعه با تکنیک HPLC-UV با استخراج آنالیت به روش استخراج مایع-مایع همگن (HLLE) انجام شد [9]. تکنیک استخراج مورد استفاده در این تحقیق استخراج مایع-مایع همگن (HLLE) می‌باشد که در آن از حلال کلروفرم با حجم ۱۰۰ میکرولیتر به عنوان حلال استخراج کننده، متانول با حجم ۲ میلی لیتر بعنوان حلال همگن کننده و نمک سدیم کلراید ۱۵% (w/v) برای تغییر در قدرت یونی و ایجاد اثر salting-out استفاده شد [9].

۳. نتایج

مقادیر فتالات استر مورد آنالیز در این تحقیق DMP، DEP، BBP و DBP در شش ایستگاه مورد مطالعه در آمده است. در آنالیز نمونه آب مربوط به مصب رودخانه بابلرود در شهر بابلسر مطابق با مقدار DMP برابر با 0.36 ± 0.05 میکرو گرم بر لیتر و DEP برابر با 0.4 ± 0.02 میکرو گرم بر لیتر اندازه گیری شد. مقادیر BBP و DBP کمتر از حد تشخیص دستگاه می‌باشد. در نمونه مربوط به شهر فریدونکنار مقادیر DMP، 0.35 ± 0.03 برای DEP و 0.57 ± 0.07 و 0.69 ± 0.03 میکرو گرم بر لیتر برای BBP ثبت گردید.

۴. نتیجه‌گیری

علیرغم کاربرد وسیع فتالات استرها به عنوان نرم‌کننده در وسایل پلاستیکی، دفع‌کننده حشرات و به عنوان آفت‌کش تنها اطلاعات محدودی پیرامون متابولیسم آن‌ها در سیستم‌های بیولوژیکی و محیط آبی به خصوص در ایران وجود دارد. سرنوشت محیط زیستی فتالات استرها عمدتاً ناشی از خاصیت آب‌گریزی آن‌ها و به پتانسیل این ترکیبات به توزیع و جذب درون محیط‌های آلی بستگی دارد. تمایل به جذب درون خاک نقش مهمی را در کاهش این ترکیبات و تاخیر در ورود آن‌ها به منابع آب‌های زمینی و محیط‌های آبی بازی می‌کند. مهمترین فرایند در کاهش محیط زیستی فتالات استرها عمدتاً ناشی از تجزیه زیستی آن‌ها می‌باشد. فرایندهای غیر زیستی نظیر تبخیر، هیدرولیز و فوتولیز نقش کمی را در کاهش غلظت محیط زیستی فتالات استرها ایفا می‌کند [10].

منابع

[1] Fishbein, L., Albrow, P.W. (1972), Chromatographic and Biological aspects of phthalate ester. Journal of Chromatography, 70, 365- 412.

- [2] Chih, Yu. Chen. (2004), Biosynthesis of di (2- ethylhexyl) phthalate and di-n- buthyl phthalate from red alga. *Water Research*, 38, 1014-1018.
- [3] Heudorf, U., Mersch-Sundermann, V., Angerer, J. (2007), Phthalates: toxicology and exposure. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210, 623- 634.
- [4] Turner, A., Rawling, M.C. (2000), The behaviour of di-(2- ethylhexyl) phthalate in estuaries. *Marine Chemistry*, 68, 203-217.
- [5] Di Gennaro, P., Collina, E., Franzetti, A., Lasagni, M., Luridiana, A., Pitea, D., Bestetti, G. (2005), Bioremediation of diethylhexyl phthalate contaminated soil: a feasibility study in slurry- and solid-phase reactors. *Environmental Science and Technology*, 39, 325-330.
- [6] Steven, D. Newburg-Rinn. (1982), Activities of the environmental protection agency concerning phthalate ester. *Environmental Health Perspectives*, 45, 137-139.
- [7] ATSDR. (1995), Toxicological profile for diethyl phthalate. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, Atlanta, GA.
- [8] Korshenko, A. N., Gul, A. G, (2005), Pollution of the Caspian Sea. In Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. ed. *The Caspian Sea Environment* (Handbook of Environmental Chemistry). Springer, 109-142.
- [9] Hadjmohammadi, M.R., Ranjbari, E. (2012), Utilization of homogeneous liquid- liquid extraction followed by HPLC_UV as a sensitive method for the exctraction and determination of phthlate esters in environmental water samples. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1312-1324.
- [10] CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). (1993), Appendix XIII—Canadian water quality guidelines: Updates (October 1993), aniline and 3,5-dimethylaniline, tetrachloroethylene, and three phthalate esters. In: *Canadian water quality guidelines, Canadian Council of Resource and Environment Ministers*. 1987. Prepared by the Task Force on Water Quality Guidelines.



(منابع صوتی در محیط‌های زیست دریایی: پتانسیل اثرگذاری بر جوامع حیوانات آبی)

شفیعی ثابت، سعید

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، صندوق پستی ۱۱۴۴، ایران
saeedfisheries@gmail.com

چکیده

محیط‌های زیست آبی همانند محیط‌های زیست خشکی مملو از انواع اصوات با منشاء غیر زیستی و زیستی می‌باشند. علاوه بر آن، در دهه‌های گذشته، اصوات حاصل از فعالیت‌های انسانی در دامنه زمانی و مکانی وسیع، بعنوان عاملی کلیدی و با اهمیت در بروز تغییرات محیط‌های زیست آبی شناخته شده‌اند. عمدتاً اصوات بعنوان آلاینده محیط زیست پتانسیل اثرگذاری زیستی بویژه بر بقا و تولیدمثل آبزیان را دارد. مطالعات قبلی نشان داده است که اثرات آلاینده‌های صوتی بر حیوانات زیست‌مند محیط‌های دریایی و آب شیرین با توجه به میزان تفاوت در شدت، فرکانس و فاصله از منبع صوت در دامنه‌ای بین عدم تأثیرگذاری تا مرگ و میر فوری قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت اصوات در این مطالعه انواع منابع صوتی متداول و خصوصیات اصوات در محیط‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت.

کلیدواژه: محیط زیست آبی، اقیانوس، دریا، منابع صوت، حیوانات آبی.

۱. روند افزایشی آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی

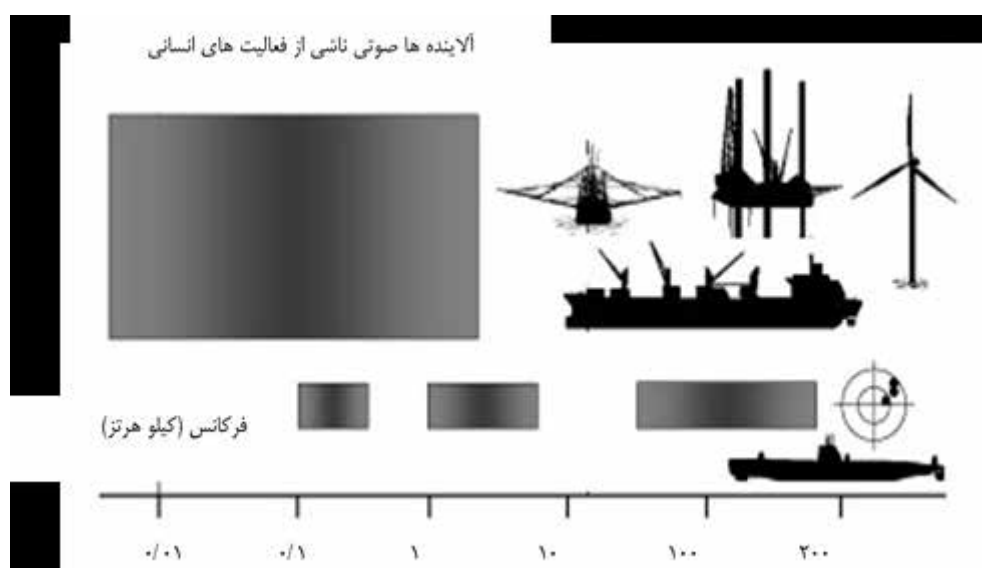
آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی در محیط‌های خشکی و آبی بصورت تصاعدی در حال گسترش می‌باشد [1]. این آلاینده‌ها شامل انواع آلاینده‌های شیمیایی، نوری، حرارتی و صوتی است. یکی از این دسته از آلاینده‌های زیستی، اصوات با منابع صوتی مختلف و متنوع می‌باشد که می‌تواند بصورت بالقوه دارای قدرت اثرگذاری بر انسانها و جانوران داشته باشد. این در حالی است که نسبت به سایر منابع آلاینده زیستی ناشی از فعالیت‌های انسانی (شیمیایی، نوری، دمایی و ...)، شواهد محدودی در خصوص اثرات احتمالی اصوات بر پروسه‌های زیستی جانوران در مقیاس‌ها و زمینه‌های مختلف موجود می‌باشد [2]. محیط زیست و زیستگاه‌های جانوری در نتیجه فعالیت‌های انسانی با سرعت بالا و دامنه گسترده‌ای دستخوش تحولات قابل تامل شده‌اند [3]–[5]. توسعه و تحول شهرسازی، روند تصاعدی جنگل‌زدایی و جدایی‌های زیستگاهی مثال‌های عمده در خصوص اثرات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشند که اجتماعات جانوری را در معرض تغییرات و تحولات قرار داده‌اند [6] و در بسیاری از موارد در مدت زمان کوتاه باید جانوران توانایی خوگیری و اداپته شده با شرایط جدید به وجود آمده زیستی را داشته باشند و در غیر اینصورت امکان و خطر انقراض نسل در آنها جدی می‌باشد [7].

۱-۱. اهمیت سنسورهای محیطی برای حیوانات آبی

۱ در محیط‌های آبی به سرعت مسافت زیادی را طی زمان کمی می‌پیمایند و بیانگر یک عامل سنسوری در دسترس و قابل دریافت مهم برای گونه‌های آبریان می‌باشند. بنابراین جانوران زیستمند در محیط‌های آبی برای آنکه بتوانند با تغییرات محیطی اطراف خود تطابق پیدا کنند نیازمند شناسایی و دریافت پیام‌ها و سیگنال‌های موجود در اطراف خود باشند [1]. البته استفاده از سایر حواس مثل بینایی، بویایی و لامسه نیز می‌تواند برای این هدف کاربرد داشته باشند. اصوات در محیط‌های آبی به سرعت مسافت زیادی را طی زمان کمی می‌پیمایند و بنابراین بیانگر یک عامل سنسوری در دسترس و قابل دریافت مهم برای گونه‌های آبریان می‌باشند.

بسیاری از جانوران آبی از اصوات بطور عمومی جهت موقعیت‌یابی و مسیر یابی، تغذیه و برقراری ارتباط با سایرین استفاده می‌کنند [8] و این درحالی است که زیستگاه‌های آبی غالباً دارای ویژگی‌های صوتی خاص خود می‌باشند. سیگنال‌ها و علایم صوتی بی‌تردید وسیله‌ای برای تبادل اطلاعات بین اعضای گروه به حساب می‌آیند و بنابراین اصوات موجود در محیط زیست بصورت یکپارچه حاوی سطوح قابل توجهی از اطلاعات مربوط به بوم‌شناسی جمعیت‌ها و جوامع و مناظر طبیعی مرتبط می‌باشد [9]. همچنین اصوات می‌تواند باعث بروز استرس در جانوران گردند [10]. افزایش ریسک و احتمال خطر مرگ و میر متوسط را با عدم تعادل برهم‌کنش‌های شکار و شکارگری افزایش دهند [11]، تعامل و تداخل در جهت‌گیری صدا و ارتباطات بویژه در زمینه‌های تولیدمثل اثرگذار می‌باشد [12].

با توجه به وجود انواع اصوات با منشا غیر زیستی، زیستی و بویژه اصوات حاصل از فعالیت‌های انسانی لزوم آشنایی بیشتر محققین در مجامع علمی دانشگاهی و موسسات تحقیقاتی مطالعه در خصوص این موضوع لازم به نظر می‌رسد. همچنین نظر به اهمیت و همپوشانی مناطق دریایی و آب‌شیرین و زیست‌مندان مشترک و یا اختصاصی موجود در هر یک از این زیستگاه‌ها و همچنین افزایش روزافزون فعالیت‌های انسانی و صنعتی شدن در مناطق مختلف بویژه در مناطق حفاظت‌شده دریایی، ناحیه ساحلی و تالاب‌ها و دریاچه‌ها همپوشانی آنها، بنابراین دسته‌بندی اصوات موجود در محیط‌های آبی و پتانسیل اثرگذاری بر جانوران امری ضروری می‌باشد.



شکل ۱. نمونه‌های از منابع آلاینده‌های صوتی با منشا انسانی. درستون‌های میله‌ای خاکستری بیانگر دامنه آلاینده‌های صوتی ناشی از فعالیت‌های انسانی (کشتی رانی، ناوبری، صیادی و صنعتی) می‌باشد. شکل ۱ اقتباس شده و با اجازه از [1].

۲. نتیجه‌گیری

بطور کلی موجودات زیستمند در محیط‌های اقیانوسی- دریایی و بطور کلی آبی توانایی دریافت و استفاده از اطلاعات از طریق منابع صوتی با منشا زیستی و غیر زیستی را از طریق سیستم‌های ادراک حس شنوایی دارا می‌باشند که در نتیجه آن قابلیت پاسخگویی متقابل به این محرک‌های موجود در محیط زیست خود را دارند. پهنای باند فرکانس‌های صوتی اختصاصی وابسته به گونه توسط بسیاری از ارگانیسم‌ها و جانوران دریایی با اهداف مختلف شامل انتخاب جنس و همسریابی، جلب توجه جنس مخالف، تجمع و بروز رفتارهای قلمروطلبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیشنهادات نهایی این مقاله در دو گام اصلی و عمده خلاصه می‌گردد. گام اول انجام مطالعات میدانی جهت اندازه‌گیری و بررسی اصوات و طیف غالب فرکانس‌های صوت در محیط‌های آبی دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان پیشنهاد می‌گردد تا با استفاده از این داده‌ها و نتایج اندازه‌گیری‌ها بتوان به پتانسیل‌های تأثیر گذار ی انواع آلاینده‌های صوتی بر جوامع آبزیان و سایر جانوران موجود در این زیستگاه‌ها پرداخته شود. گام دوم مطالعات آزمایشگاهی و همچنین محیط‌های آبهای آزاد بر پتانسیل اثرگذاری اثوات ناشی از فعالیت‌های انسانی بر جانوران و آبزیان در مراحل مختلف زیستی آنها انجام شود و راهی جهت درک بهتر مفاهیم بنیادی زیست‌شناسی آبزیان شامل اثرات فیزیولوژیکی، عصبی و رفتاری که می‌تواند طبقات گسترده‌ای بر تغذیه، تولید مثل و سایر فعالیت‌های زیستی جانوران گردد برای محققین علوم زیستی فراهم شود.

منابع

- [1] H. Slabbekoorn, N. Bouton, I. van Opzeeland, A. Coers, C. ten Cate, and A. N. Popper, "A noisy spring: The impact of globally rising underwater sound levels on fish," *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 25, no. 7. pp. 419–427, 2010.
- [2] A. Farina, *Soundscape ecology: Principles, patterns, methods and applications*, vol. 9789400773. 2014.
- [3] S. Shafiei Sabet, Y. Y. Neo, and H. Slabbekoorn, "The effect of temporal variation in sound exposure on swimming and foraging behaviour of captive zebrafish," *Anim. Behav.*, 2015.
- [4] S. Shafiei Sabet, K. Wesdorp, J. Campbell, P. Snelderwaard, and H. Slabbekoorn, "Behavioural responses to sound exposure in captivity by two fish species with different hearing ability," *Anim. Behav.*, vol. 116, pp. 1–11, 2016.
- [5] S. S. Sabet, Y. Y. Neo, and H. Slabbekoorn, "The effect of temporal variation in experimental noise exposure on swimming and foraging behaviour of captive zebrafish," *3rd Int. Conf. Eff. Noise Aquat. Life*, vol. Budapest, p. 11th–16th August, 2013.
- [6] C. D. Francis and J. R. Barber, "A framework for understanding noise impacts on wildlife: An urgent conservation priority," *Front. Ecol. Environ.*, vol. 11, pp. 305–313, 2013.
- [7] U. Tuomainen and U. Candolin, "Behavioural responses to human-induced environmental change," pp. 640–657, 2011.
- [8] A. N. Radford, E. Kerridge, and S. D. Simpson, "Acoustic communication in a noisy world: Can fish compete with anthropogenic noise?," *Behavioral Ecology*, vol. 25, no. 5. pp. 1022–1030, 2014.
- [9] S. Mus, H. Naturelle, A. F. Universit, C. Bo, and E. View, "Ecoacoustics: the Ecological Investigation and Interpretation of Environmental Sound," no. September, 2015.
- [10] A. N. Popper, J. Fewtrell, M. E. Smith, and R. D. McCauley, "Anthropogenic Sound: Effects on the Behavior and Physiology of Fishes," *Marine Technology Society Journal*, vol. 37, no. 4. pp. 35–40, 2003.



- [11] H. P. Kunc, K. E. McLaughlin, and R. Schmidt, "Aquatic noise pollution: implications for individuals, populations, and ecosystems," *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 283, no. 1836, 2016.
- [12] P. S. Lobel, W. Hole, and W. Hole, "Sounds produced by spawning . fishes," pp. 351–358, 1992.



بررسی آلودگی میکروپلاستیک در رسوبات ساحل بندر ترکمن

زهره واعظی شاهزاده علی اکبری^{۱*}، فاطمه کاردل^۲، محمدجواد چائیچی^۳، شیلا امیدظهير^۱

^۱زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

^۲علوم محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

^۳شیمی تجزیه، دانشکده شیمی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

* zvaeezi@yahoo.com

چکیده

زباله‌های دریایی (ماکرو، میکرو و نانو) در محیط‌های دریایی به طور بالقوه در حال افزایش است. تولید پلاستیک‌ها به دلیل فعالیت‌های صنعتی، گردشگری و تجاری صورت می‌گیرد. میکروپلاستیک به ذراتی کوچکتر از ۵ میلی‌متر اطلاق می‌شود که بدلیل داشتن زنجیره طولانی شیمیایی، می‌توانند در آب‌های اقیانوس‌ها، دریاها و سواحل برای مدت زمان طولانی باقی بمانند. باتوجه به اندازه کوچک میکروپلاستیک‌ها ممکن است توسط موجودات آبی مورد تغذیه قرار گیرند که باعث به خطر افتادن سلامت آن‌ها و همچنین سلامت انسان‌ها می‌شود. وجود میکروپلاستیک‌ها در سواحل باعث افزایش درجه حرارت سواحل شده که این امر باعث به خطر افتادن جانورانی که در ساحل زیست می‌کنند می‌شود. با توجه به دانش ما مطالعه‌ای در زمینه حضور میکروپلاستیک‌ها در سواحل جنوبی دریای خزر گزارش نشده است. هدف از این مطالعه بررسی فراوانی و حضور میکروپلاستیک در ساحل بندر ترکمن است. میکروپلاستیک‌ها با اشکال مختلف (رشته‌ای، ورقه‌ای، گلوله‌ای)، رنگ‌های مختلف (شفاف، آبی و سفید) و در اندازه‌های مختلف در ساحل بندر ترکمن مشاهده شدند. تحقیق حاضر نشان داد که ۴۵٪ از میکروپلاستیک‌های مشاهده شده در اندازه ۱،۸ میلی‌متر، ۵٪ در اندازه ۶۰۰ میکرون، ۳۵٪ در اندازه ۳۰۰ میکرون و ۱۵٪ در اندازه کوچکتر از ۳۰۰ میکرون بودند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که حضور زباله‌های پلاستیک‌ها در سواحل بندر ترکمن نگران‌کننده است.

کلید واژه: زباله دریایی، میکروپلاستیک، آلودگی، ساحل بندر ترکمن، سواحل جنوبی دریای خزر

۱. مقدمه

کاربرد وسیع پلاستیک‌ها در صنایع مختلف (غذایی، داروسازی، آرایشی، بسته‌بندی، دریایی) و رهاسازی آنها بعنوان مواد زائد جامد و از طریق فاضلاب‌های شهری و صنعتی سبب شده است که مواد پلاستیکی به طور وسیع در محیط‌های آبی شامل سواحل، آب‌های سطحی اقیانوس، رسوبات دریای عمیق، دریاچه‌های آب شیرین و آبریزها یافت می‌شوند [1]. پلاستیک‌ها جزء فراوانترین نوع زباله‌ها در بستر دریایی محسوب می‌شوند و به دلیل ویژگی آن‌ها (سبک و بادوام بودن) می‌تواند در طول مدت زمان طولانی در محیط باقی بمانند و اثرات منفی بر ماهیگیری، گردشگری و حیات وحش داشته باشند [2]. به ذرات کوچکتر از

۵ میلیمتر میکروپلاستیک گفته می‌شود [3]. منبع اصلی میکروپلاستیک‌ها در دریاها به دو گروه تقسیم می‌شود: ۱- آن‌هایی که در معرض مستقیم رواناب‌ها هستند ۲- ماکرو و مزو پلاستیک‌ها که در معرض تجزیه و هوازگی قرار می‌گیرند [4]. آن‌هایی که از طریق رواناب‌های فاضلاب شهری و صنعتی وارد محیط می‌شوند شامل اسکراب‌هایی که در محصولات دارویی، بهداشتی و لوازم آرایشی (خمیر دندان، شامپو بدن و...) می‌باشند. میکروپلاستیک‌هایی که از تجزیه اقلام پلاستیکی بزرگتر سرچشمه می‌گیرند شامل الیاف‌های تور ماهیگیری، مواد خام صنعتی، اقلام خانگی، گلوله‌های پلیمر و یا تکه‌های مواد پلاستیکی می‌باشند [5]. اصلی‌ترین منشأ میکروپلاستیک‌ها در محیط‌های دریایی از منابع نوع ۲ می‌باشد. اثرات منفی میکروپلاستیک‌ها بر سیستم‌های هورمونی بی‌مهرگان، ماهی و دوزیستان نشان داده شده است که باعث اختلال در کیفیت زندگی این موجودات می‌شود [1]. مصرف بقایای پلاستیکی توسط لاک‌پشت‌ها، پرندگان دریایی، پستانداران دریایی و ماهی‌ها به خوبی مستند شده است. [6] در نیم قرن گذشته تغییرات شدیدی در اکوسیستم‌های خشکی و نیز آبی به وجود آمده است، که می‌توان ورود آنها به اکوسیستم‌های آبی را به عنوان یکی از مهم‌ترین علل تغییرات منفی نام برد [7]. زباله‌های پلاستیکی تیره رنگ که در سطح سواحل وجود دارند به علت جذب اشعه مادون قرمز، دمای سطح بستر را افزایش داده که این فرآیند به موجودات حفر و بستری مانند خرچنگ‌ها که به روش پوده‌خواری تغذیه می‌کنند آسیب می‌رساند [4]. لذا هدف از انجام این مطالعه بررسی فراوانی میکروپلاستیک‌ها در رسوبات سطحی در طول ساحل بندر ترکمن می‌باشد.

۲. مواد و روش

۲-۱ ناحیه مورد مطالعه

شهرستان بندر ترکمن در مختصات ۵۴ درجه ۴ دقیقه ۰ ثانیه شرقی و ۳۶ درجه ۵۴ دقیقه ۰ ثانیه شمالی قرار دارد. این شهرستان در کرانه‌ی جنوبی دریای خزر واقع شده است. این شهرستان به عنوان ایستگاه و بندر مهم صیادی و گردشگری درحاشیه‌ی جنوبی دریای خزر به شمار می‌آید، به عنوان ناحیه مورد مطالعه در این تحقیق انتخاب شده است.

۲-۲ نمونه‌برداری رسوب

نمونه‌های رسوب با استفاده از کوادرات ۳۰×۳۰ به عمق ۵ سانتی متر به طور تصادفی از منطقه ساحلی نمونه برداری انجام شدند و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵-۶ روز در آون خشک شدند. سپس نمونه رسوب همراه با پلاستیک با الک شیکر با اندازه مش ۶۰۰ میکرون، ۳۰۰ میکرون و کوچکتر از ۳۰۰ میکرون طبقه بندی و جداسازی شده و تمامی نمونه رسوبات با ترازوی با دقت ۰/۰۱ توزین شدند. نمونه‌های توزین شده با محلول کلرید سدیم (۱۴۰ گرم بر لیتر) مخلوط شدند. سپس آب سطحی روی نمونه محلول‌ها از کاغذ صافی عبور داده شدند. نمونه میکروپلاستیک‌های باقی‌مانده روی کاغذ صافی زیر لوپ شناسایی و جداسازی شدند. نمونه‌های میکروپلاستیک‌ها براساس اندازه و رنگ طبقه بندی شدند. همچنین ساختار شیمیایی پلاستیک‌ها با استفاده از دستگاه FT-ir (مدل ۲۷ TENSOR ساخت کشور آلمان) شناسایی گردید.

۳. نتایج

به منظور شناسایی میکروپلاستیک‌ها در رسوب، نمونه‌برداری انجام شد و در مجموع میکروپلاستیک‌های کوچکتر از ۵ میلی‌متر در حدود ۴۵٪ در رسوب ۱،۸ میلی‌متر، ۵٪ در ۶۰۰ میکرون، ۳۵٪ در ۳۰۰ میکرون و ۱۵٪ در ذرات کوچکتر از ۳۰۰ میکرون وجود داشته‌اند که این مقدار در حل شدن رسوب در کلرید سدیم بدست آمده است. اشکال میکروپلاستیک‌های یافت شده از رسوب عمدتاً به صورت رشته‌ای، ورقه‌های نازک و گلوله‌ای بودند. همچنین رنگ‌های میکروپلاستیک‌ها به طور گسترده‌ای از

رنگ‌های شفاف تا رنگ‌های سفید و آبی متفاوت بودند و اندازه‌ی ذرات در نمونه‌های رسوب از ۳,۱ تا ۵ میلیمتر است. همچنین اغلب پلاستیک‌های شناسایی شده از جنس پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی استر و پلی، پلی استیرن بودند. با توجه فراوانی میکروپلاستیک‌ها در اندازه‌های مختلف در سواحل بندرترکمن و اثر آن‌ها بر موجودات پیشنهاد می‌شود که از ورود هرگونه محصولات پلاستیکی یا ذرات میکروپلاستیکی هستند جلوگیری شود و یا از مواد طبیعی که تجدیدپذیر هستند جایگزین آن‌ها استفاده شود.

منابع

- [1]- Ballent, A., Corcoran, P. L., Madden, O., Helm, P. A., & Longstaffe, F. J. (2016). Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments. *Marine pollution bulletin*, 110(1), 383-395.
- [2]- Frias, J. P. G. L., Gago, J., Otero, V., & Sobral, P. (2016). Microplastics in coastal sediments from Southern Portuguese shelf waters. *Marine environmental research*, 114, 24-30.
- [3] Van Cauwenberghe, L., Devriese, L., Galgani, F., Robbens, J., & Janssen, C.R. (2015). Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects, *Marine Environmental Research*, 111, 5-17.
- [4] Andrady, A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62 (8), 1596-1605.
- [5] Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., & Aldridge, D.C. (2015). Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water research* 75 ,63-82.
- [6] Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., & Moore, C. J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine pollution bulletin*, 60(12), 2275-2278.
- [7] Barnes, D.K., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M. (2008). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *The Royal Society*, 364, 1985-1998.



بررسی اثر pH و قدرت یونی در استخراج استرانسیم از آب دریا با استفاده از نانوکامپوزیت فولویک اسید-اکسید آهن

قائنی، نیره^{۱*}، شکراله زاده طالشی، مجتبی^۲، علمی، فاطمه^۲

دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۱-عضو هیئت علمی، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۲-عضو هیئت علمی، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

* mansorehghaeni@gmail.com

چکیده

در این تحقیق جهت جذب استرانسیم از آب دریا، از نانو ذرات مغناطیسی $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$ به عنوان یک جاذب مغناطیسی مناسب استفاده شد. انجام آزمایشات FT-IR برای مشخصه یابی محصول تولید شده مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از طیف FT-IR نشان داد که گروههای عاملی جدید بر سطح جاذب سنتز شده قرار گرفته است. میزان جذب یونهای جذب شده با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. در این تحقیق بابررسی اثر pH بر میزان جذب استرانسیم بهینه بدست آمد. در $\text{pH} = 8$ حداکثر میزان جذب انجام شد و جاذب باعث جذب بیش از ۹۸ درصد استرانسیم شد. همچنین با بررسی میزان جذب جاذب در محلول یونی، جاذب تقریباً حدود ۸۰ درصد از استرانسیم را جذب کرد. باتوجه به اینکه آب دریا سرشار از یونهای مختلف می باشد و pH آب دریا تقریباً برابر ۸ است، جاذب سنتز شده شرایط بسیار خوبی برای جذب استرانسیم از آب دریا را دارد. نتایج اولیه این تحقیق نشان داد نانوکامپوزیت سنتز شده به عنوان یک ترکیب طبیعی با کارایی جذب بالا به عنوان نانوجاذب مناسب، می تواند برای استخراج استرانسیم از آب دریا مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه: آب دریا، استرانسیم، اکسید آهن، فولویک اسید، نانو کامپوزیت

۱. مقدمه

در سالهای اخیر، استخراج فلزات و یونهای فلزی از آب دریا اهمیت فراوانی یافته است. ایران نیز به دلیل ارتباط با دریای خزر، عمان و خلیج فارس دارای منابع و ذخایر معدنی فراوان می‌باشد. آب موجود در این دریاها یکی از با ارزش‌ترین منابع معدنی کشورمان می‌باشد که نیازمند پژوهش‌های فراوان است به طوریکه در بعضی موارد استخراج منابع معدنی از آب دریا بسیار کم هزینه تر و راحت تر است. استرانسیم یکی از این عناصر می‌باشد که به دلیل استفاده فراوان از این عنصر در صنعت، استخراج آن از آب دریا به صرفه می‌باشد. استرانسیم فلزی نرم با رنگ زرد نقره ای است که خواص فیزیکی و شیمیایی آن شباهت زیادی به کلسیم و باریم دارد. غلظت متوسط استرانسیم در آبهای سطحی، آبهای زیر زمینی و آب دریا ۱/۱، ۰/۸ و ۸ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. [۱] استرانسیم از نظر ژئوشیمیایی به شدت لیتوفیل (رنگ دوست) بوده و به دلیل اربیتالهای اتمی نیمه پر، از خواص

شیمیایی ویژه ای برخوردار است. این خواص شیمیایی ویژه باعث شده که استرانسیم و دیگر ترکیبهای شیمیایی آن به‌گونه ای گسترده در فن آوریهای نظامی و غیر نظامی بکار برده شوند. مهمترین کاربرد استرانسیم برای تولید شیشه‌های رنگی تلویزیون است. همچنین از استرانسیم برای تولید آهنربا و تصفیه فلز روی استفاده می‌شود. تیتانیت استرانسیم ماده نوری جالبی است که دارای شاخص انکسار بسیار بالایی است. حداکثر استخراج استرانسیم از معادن می‌باشد ولی در سال‌های اخیر استخراج آن از آب دریا نیز صورت می‌گیرد. [۲] استرانسیم در آب دریا به صورت استرانسیم کلراید وجود دارد. از تولید کنندگان عمده استرانسیم به صورت سلتین در سال ۲۰۱۴ اسپانیا (۱۶۵۰۰۰ تن)، چین (۱۰۰۰۰۰ تن)، مکزیک (۴۵۰۰۰ تن)، آرژانتین (۵۰۰۰ تن) و مراکش (۲۵۰۰ تن) هستند. با توجه به غلظت قابل توجه استرانسیم در آب دریا و سودمند بودن آن در صنعت و تجارت استخراج آن از آب دریا از نظر اقتصادی به صرفه است. [۳]. به عنوان مثال یکی از روشهای استخراج استرانسیم از نمونه های آبی، آمین‌دار کردن نانولوله های چند دیواره به روش شیمیایی می‌باشد. [۵ و ۴] هانگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ حذف استرانسیم از آب دریا را با استفاده از کامپوزیت آلژینات/ Fe_3O_4 مورد مطالعه قرار دادند. [۶] یوسان و همکاران در سال ۲۰۱۱ جذب استرانسیم از محلول‌های آبی را با استفاده از کامپوزیت زئولیت/PAN مورد مطالعه قرار دادند در این مطالعه فرآیندهای ترمودینامیکی مانند تغییرات آنتالپی، آنتروپی و انرژی آزاد گیبس مشخص شد و نشان داد که فرآیند جذب یک فرآیند خود به خودی و گرمازا است. دلیل استفاده از این جاذب، کم هزینه بودن و طبیعی بودن آن بود. [۷] در این تحقیق هدف، بررسی اثر نانوکامپوزیت سنتز شده Fe_3O_4/FA جهت جذب استرانسیم از آب دریا و بهبود میزان جذب آنها با تغییر پارامترهایی مانند زمان، pH، دما، اندازه نانو ذرات و میزان پوشش سطح فولویک اسید برای جذب استرانسیم از آب دریا می‌باشد.

۲. آزمایش‌ها

۲-۱. تهیه نانو جاذب

۲-۱-۱. مواد و دستگاه مورد استفاده

کلرید آهن شش آبه، سولفات آهن هفت آبه، آمونیوم هیدروکسید، فولویک اسید، نمک کلرید استرانسیم شش آبه، پتاسیم کلرید، اسید کلریدریک، سدیم هیدروکسید. این مواد با بالاترین درجه خلوص تجزیه‌ای تهیه شده اند. از دستگاه نشر اتمی برای بررسی درصد جذب استرانسیم توسط جاذب سنتز شده استفاده شد.

۲-۱-۲. روش سنتز نانوجاذب فولویک اسید/اکسید آهن

۵ گرم کلرید آهن شش آبه و ۴ گرم سولفات آهن هفت آبه در ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد و تا دمای ۹۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. سپس هیدروکسید آمونیوم به آن اضافه شد و بلافاصله مقدار معینی از فولویک اسید به آن اضافه شد. مخلوط به وسیله همزن در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه همزده شد. سپس محلول تا دمای اتاق سرد شد و با کاغذ صافی صاف گردید، پس از آن رسوب با آب مقطر شسته شد تا زمانی که pH زیر صافی به حدود ۷ برسد. رسوب بدست آمده همان نانو ذرات فولویک اسید/اکسید آهن می‌باشد. اکسید آهن با همین روش بدست آمد با این تفاوت که فولویک اسید اضافه نشد.

۲-۱-۳. آزمایشات مربوط به بررسی اثر pH و قدرت یونی محلول

برای بررسی اثر pH، ۶ عدد نمونه آماده سازی شد به این صورت که در همه نمونه ها ۰/۰۵ گرم از جاذب به ۵۰ میلی لیتر محلول حاوی ۲۰ ppm استرانسیم اضافه شد و به مدت ۱۵ ساعت در دمای محیط همزده شد سپس با کاغذ صافی صاف شده و محلول زیر کاغذ صافی نگه داشته شد و با نشر اتمی اندازه گیری شد. برای بررسی اثر قدرت یونی، ۰/۰۵ گرم از جاذب به ۵۰

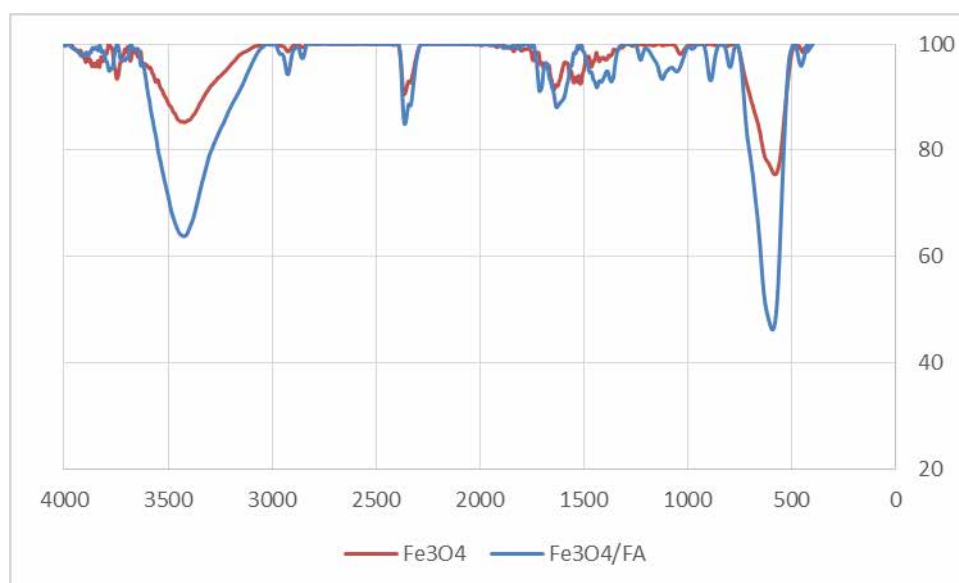
میلی لیتر محلول حاوی ۲۰ ppm استرانسیم و ۵۰۰ ppm یون منیزیم اضافه شد. سپس مخلوط به مدت ۱۵ ساعت همزده شد و با کاغذ صافی صاف گردید و با نشر اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج اولیه این آزمایشات در بخش بحث و نتایج بیان شده است.

۳. بحث و نتایج

۳-۱. بررسی مشخصات نانو کامپوزیت سنتز شده

۴-۱-۱. بررسی طیف FT-IR

استفاده از طیف مادون قرمز یکی از متداول‌ترین روش‌های بررسی نانو جاذب‌ها می‌باشد. در این تحقیق طیف مادون قرمز $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$ و Fe_3O_4 مورد بررسی قرار گرفت.

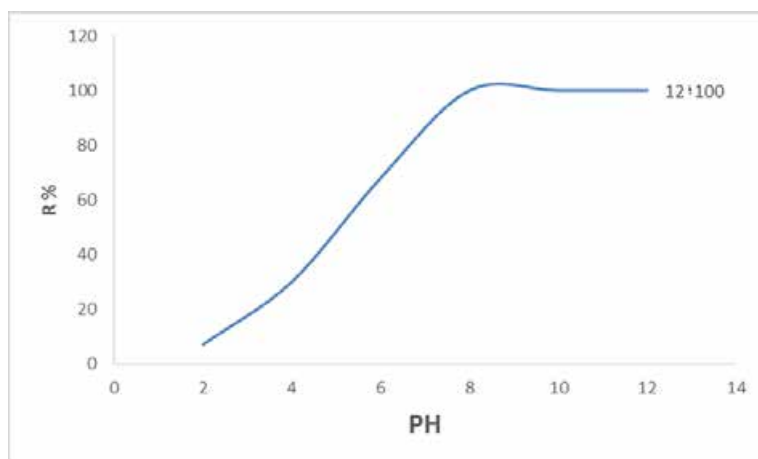


شکل ۱: طیف مادون قرمز Fe_3O_4 (قرمز) و $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$ (آبی)

طیف‌های مادون قرمز Fe_3O_4 و $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$ در شکل ۱ مشاهده می‌شوند از مقایسه دو طیف حاصل شده، ایجاد گروه‌های عاملی جدید که باعث تشکیل پیک جذبی جدید شده‌اند به وضوح مشخص است. در این طیف در محدوده عدد موجی cm^{-1} ۱۷۰۰ یک پیک پهن کوچک مشاهده می‌شود که می‌تواند مربوط به گروه عاملی C-O باشد. پیک در ناحیه cm^{-1} ۱۳۸۹ مربوط به گروه عاملی CH_2 می‌باشد. پیک در ناحیه cm^{-1} ۱۵۷۲ مربوط به گروه عاملی C=O در ساختار فولویک اسید باشد. که نتایج مربوط به این طیف به خوبی نشان می‌دهد که فولویک اسید بر روی سطح اکسید آهن پوشش داده شده است.

۴-۲. بررسی اثر pH بر مقدار جذب توسط جاذب

نتایج اولیه این بررسی در نمودار ۱ آمده است با توجه به این نمودار با افزایش pH جذب افزایش پیدا میکند. در $\text{pH} = 8$ حداکثر جذب مشاهده می‌شود و حدود صد درصد استرانسیم توسط جاذب جذب شده است. با توجه به اینکه pH آب دریا برابر تقریباً ۸ میباشد و در این تحقیق جاذب سنتز شده ۱۰۰ درصد استرانسیم را جذب کرده بنابراین بدون تغییر pH آب دریا، استفاده از این جاذب میتواند بسیار به صرفه باشد.



نمودار ۱: بررسی اثر pH بر مقدار جذب

۳-۴. بررسی میزان جذب یونهای استرانسیم در محلول حاوی یونهای نیترات منیزیم

مطابق با جدول ۱ درصد جذب توسط Fe_3O_4 و $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$ در محلول حاوی یون منیزیم مقایسه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده درصد جذب توسط $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$ حدود ۳۰ درصد بیشتر از Fe_3O_4 میباشد که به دلیل وجود فولویک اسید در جذب سنتز شده است و این یکی دیگر از مزایای جذب سنتز شده میباشد که در حضور یونهای دیگر نیز جذب بالایی از خود نشان میدهد و با توجه به اینکه آب دریا حاوی املاح و یونهای مختلف میباشد این جذب میتواند جذب بسیار خوبی برای استخراج استرانسیم باشد.

جدول ۱: مقایسه میزان جذب استرانسیم توسط جاذب Fe_3O_4 و $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$

درصد جذب	مقدار جاذب	دما	زمان	نام جاذب
۸۰ درصد	۰/۰۵ گرم	۲۵ درجه سانتی گراد	۱۵ ساعت	$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$
۵۰ درصد	۰/۰۵ گرم	۲۵ درجه سانتی گراد	۱۵ ساعت	Fe_3O_4

۵. نتیجه گیری

با توجه به اهمیت یون استرانسیم در صنعت و کاربردهای فراوان آن، تحقیقاتی که بتواند روشهای جدیدی را برای استخراج و جداسازی این یون پیشنهاد کند ارزشمند و قابل توجه خواهد بود. در این تحقیق با ساخت جاذبی در ابعاد نانو و استفاده از مواد کم هزینه و طبیعی مانند فولویک اسید که به راحتی در محیط در دسترس است و هیچ گونه آلودگی را در محیط ایجاد نمیکند جذب مورد نظر سنتز شد و رفتار آن نسبت به یون استرانسیم مورد بررسی قرار گرفت که طبق نتایج اولیه این تحقیق جاذب، جذب نسبتاً قابل توجهی را نسبت به یون مورد نظر نشان داده است و میتوان گفت جاذب سنتز شده به عنوان یک جاذب جدید برای استخراج استرانسیم از آب دریا به خوبی قابل استفاده می‌باشد. و همچنین با توجه به اینکه آب دریا سرشار از یونهای مختلف میباشد و pH آب دریا تقریباً حدود ۸ میباشد طبق آزمایشات انجام شده در این تحقیق جاذب $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FA}$ با توجه به این دو ویژگی آب دریا برای استخراج استرانسیم از آب دریا بسیار مناسب می‌باشد زیرا این جاذب بدون نیاز به تغییر pH آب دریا و حذف یونهای موجود در آب دریا جذب بسیار خوبی را نشان می‌دهد. بررسی های بیشتر برای تعیین مشخصات نانوجاذب سنتز شده و تعیین شرایط بهینه جذب در حال انجام است.

منابع

- [1]- Bardi, U. (2010). Extracting minerals from seawater: an energy analysis. *Sustainability*, 2(4), 980-992.
- [2]- Chegrouche, S., Mellah, A., & Barkat, M. (2009). Removal of strontium from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon: kinetic and thermodynamic studies. *Desalination*, 235(1), 306-318.
- [3]-Dabrowski, A., Hubicki, Z., Podkościelny, P., & Robens, E. (2004). Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method. *Chemosphere*, 56(2), 91-106.
- [4]- Fu, Q., Zhou, X., Xu, L., & Hu, B. (2015). Fulvic acid decorated Fe₃O₄ magnetic nanocomposites for the highly efficient sequestration of Ni (II) from an aqueous solution. *Journal of Molecular Liquids*, 208, 92-98.
- [5]-Guibal, E. (2004). Interactions of metal ions with chitosan-based sorbents: a review. *Separation and Purification Technology*, 38(1), 43-74.
- [6]-Hong, H. J., Jeong, H. S., Kim, B. G., Hong, J., Park, I. S., Ryu, T., ... & Ryu, J. (2016). Highly stable and magnetically separable alginate/Fe₃O₄ composite for the removal of strontium (Sr) from seawater. *Chemosphere*, 165, 231-238.
- [7]-Khare, R., & Bose, S. (2005). Carbon nanotube based composites-a review. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, 4(1), 31-46.



بررسی انتقال فلزهای سنگین از رسوبات رود گرگان به سواحل شرقی دریای خزر، ایران

آبادی محمد^{۱*}، زمانی عباسعلی^۲، پری‌زنگنه عبدالحسین^۳، خسروی یونس^۲، بدیعی حمید^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم محیط‌زیست، گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲. استادیار، گروه علوم محیط‌زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳. استاد، گروه علوم محیط‌زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۴. دانشجوی دکتری، گروه شیمی، پردیس دانشکده علوم، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

* m.abadi@znu.ac.ir

چکیده:

در بسیاری از اکوسیستم‌های رودخانه‌ای جهان، آلودگی فلزهای سنگین به دلیل رشد سریع جمعیت، صنعتی شدن و توسعه اقتصادی یک مشکل محیط‌زیستی مشترک است. به‌طور ویژه مخزن نهایی رسوبات رودخانه‌ای، مناطق پایین دست آن‌ها می‌باشد که به دریاها منتهی می‌شود. بنابراین درک وضعیت آلودگی فلزهای سنگین در اکوسیستم‌های آبی به منظور آشکارسازی سطح آلودگی یک موضوع حیاتی می‌باشد. در پژوهش حاضر به‌منظور سنجش آلودگی فلزهای سنگین (مس، نیکل و سرب) در رسوبات سطحی (۰-۵ سانتی‌متر) ۶ نمونه رسوب از سه ناحیه رود گرگان در تابستان ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. نتایج نشان می‌دهند روند تغییر میانگین غلظت (میلی گرم بر کیلوگرم) فلزهای سنگین در رسوبات سطحی به‌صورت نیکل (۳۸/۳۵) < سرب (۲۸/۶۶) < مس (۲۱/۵۵) می‌باشد. استفاده از شاخص‌های درجه آلودگی (C_r^I) و پتانسل خطر محیط‌زیستی (E_r^I) نشان می‌دهد که بیشینه ارزش شاخص‌های مطالعه شده متعلق به عنصر سرب است. هم‌چنین نتایج شاخص‌های پتانسیل خطر محیط‌زیستی کل (RI)، درجه آلودگی کل (C_d) و بار آلودگی (PLI) حاکی از آن است که خطر محیط زیستی قابل توجه‌ای در ناحیه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. هم‌چنین این پژوهش نشان می‌دهد که غلظت عنصرهای مس، سرب و نیکل در ایستگاه‌های قبل و بعد از رود گرگان افزایش یافته است که نشان از انتقال رسوبات حاوی فلزهای سنگین به ساحل دریای خزر می‌باشد.

کلید واژه: دریای خزر، رود گرگان، فلزهای سنگین، رسوب، شاخص‌های محیط‌زیست.

۱. مقدمه

افزایش جمعیت انسانی ساحل‌نشین، بهره‌برداری از منابع فسیلی و افزایش نرخ توسعه اقتصادی در حاشیه سواحل دریای خزر، بزرگ‌ترین بستر آبی محصور در کره‌ی هستی، دریای خزر، را به‌طور فزاینده‌ای تحت فشار تهدیدهای محیط‌زیستی قرار داده است [۱]. از آن‌جا که این دریاچه بدون راه خروجی، محیط زیست بسته‌ای را تشکیل داده است، زمان ماند آلاینده‌ها در آن بسیار بالا می‌باشد و ورود آلاینده‌ها، تهدید جدی برای این دریاچه و آبزیان آن محسوب می‌شود [۲]. در این بین، آلاینده‌های فلزی از جمله آلاینده‌های بسیار مهم محیط زیست این دریا محسوب می‌شوند. چراکه حضور منابع‌های نشر دهنده متعدد، پایداری،

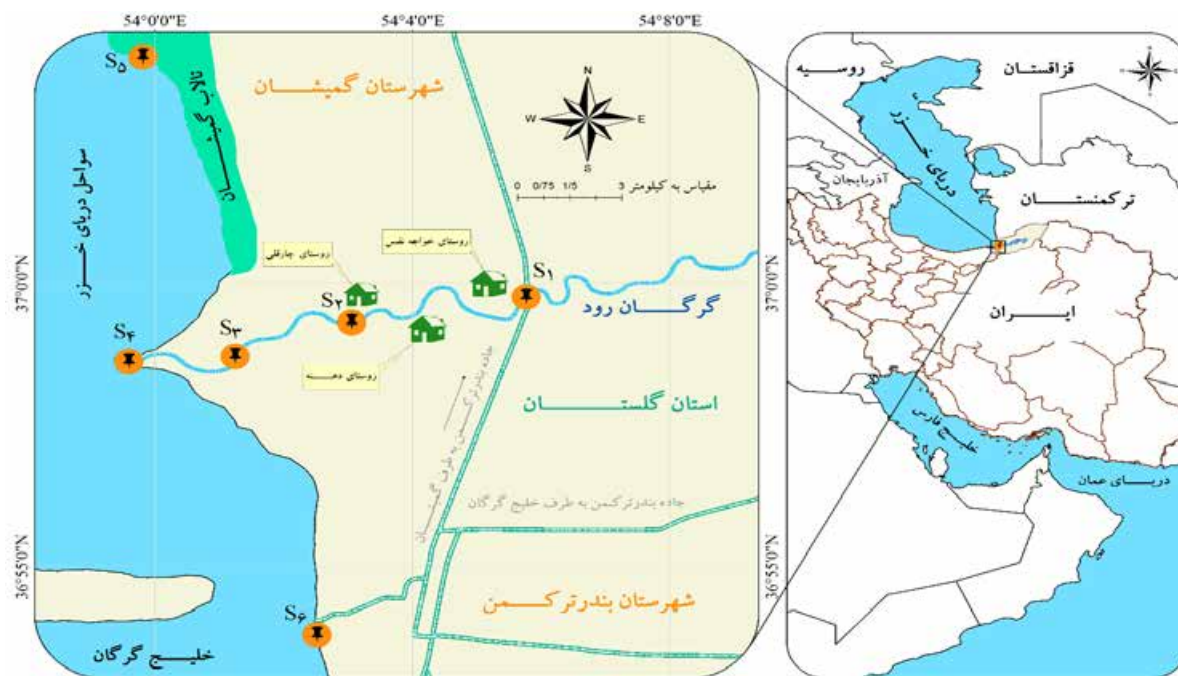
سمیت بالا، عدم تجزیه پذیری و تجمع زیستی در بخش زنده یک اکوسیستم زنجیره غذایی و در نهایت سلامت و بهداشت جامعه انسانی را تهدید می‌کند [۳]. ورود فلزهای سمی به یک اکوسیستم آبی توسط دو منبع انسانی و طبیعی صورت می‌گیرد که در نهایت آب، رسوب و بخش زیست‌شناسی این اکوسیستم‌ها مقصد نهایی فلزهای سنگین منتقل شده است [۴]. از طرفی از دیرباز تاکنون رشد جمعیت، فعالیت‌های صنعتی و توسعه اقتصادی در حاشیه رودخانه‌ها، آن‌ها را به یک مخزن دریافت‌کننده رسوبات معدنی که خود منبع فلزهای سنگین هستند تبدیل کرده است [۴]. نتایج تحقیقات مختلف محیط‌زیستی در راستای سرنوشت رسوبات رودخانه‌ای نشان می‌دهد در رودخانه‌های منتهی به اکوسیستم‌های آبی، سواحل از جمله مکان‌های مورد توجه می‌باشند که تحت اثرپذیری آلاینده‌های رودخانه‌ای قرار می‌گیرند. رسوبات رودخانه‌ای یکی از مسیرهای مناسب به منظور سنجش و نظارت بر آلودگی اکوسیستم‌های آبی می‌باشند [۵]. چراکه رسوبات رودخانه‌ای نه تنها نقش بسزایی در انتقال آلاینده‌ها دارند، از جمله منابع بالقوه ثانویه آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی به حساب می‌آیند. در این راستا بررسی کیفیت رسوبات رودخانه‌ای به عنوان یک رویکرد مناسب در سنجش غلظت فلزهای سمی توجه محققین را به خود معطوف کرده است. پژوهش‌هایی که در زمینه بررسی غلظت فلزهای سنگین در رسوبات رودخانه‌های مختلف حوضه‌ی جنوبی دریای خزر از جمله رود زرین‌گل، رود تجن، و رود گرگان توسط محققین در گذشته نه‌چندان دور صورت گرفته است بر اهمیت پژوهش‌های با این محور، اعتبار می‌بخشد و استمرار بررسی‌های فوق در دوره‌های زمانی و مکانی مختلف را می‌طلبد [۳، ۷۶].

رودخانه‌های حوضه‌ی جنوبی دریای خزر در مرزهای سیاسی کشور ایران سهم ۵ درصدی از منابع تغذیه‌کننده آبی را از این ناحیه به خود اختصاص داده‌اند. از آنجایی که کوه‌های البرز در فاصله اندکی از سواحل جنوبی دریای خزر استقرار یافته‌اند، رودخانه‌های این حوضه نقش چشم‌گیری در حمل رسوبات دارند. چراکه فاصله اندک و اختلاف ارتفاع زیاد بین سرچشمه با مصب رودخانه‌ها در این حوضه، می‌تواند در تخلیه رسوبات آلوده سهم بسزایی داشته باشد [۸]. رود گرگان یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های حوضه‌ی جنوب شرقی دریای خزر است که با ۱۰۲۵۰ کیلومتر مربع حوضه‌ی آبریز و با عبور از مناطق جنگلی، مراتع، تراس‌های فوقانی و اراضی زراعی به دریای خزر منتهی می‌شود. حوضه‌ی آبریز رودخانه مذکور پذیرای آلودگی‌های ناشی از فاضلاب‌های شهری و روستایی، فعالیت‌های کشاورزی و دامداری می‌باشد. از این رو تجزیه و تحلیل نمونه‌های رسوب رودخانه مذکور روشی مناسب در سنجش آلودگی فلزهای سنگین می‌باشد و دستیابی به اطلاعات جامع‌تر در زمینه مدیریت و کنترل مشکل‌های محیط‌زیستی این اکوسیستم را می‌تواند فراهم کند [۹].

۲. مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر به‌منظور بررسی و ارزیابی غلظت فلزهای سنگین در رسوبات رود گرگان و انتقال آن به سواحل جنوب شرقی دریای خزر از سه ایستگاه در امتداد رود گرگان، یک ایستگاه در مصب رودخانه مذکور و دو ایستگاه قبل و بعد از مصب در سواحل دریای خزر نمونه‌های رسوب سطحی در اواسط تابستان ۱۳۹۵ برداشت شد. در شکل ۱ موقعیت هر یک از ایستگاه‌ها آورده شده است. نمونه‌های رسوب با استفاده از گراب فولادی ضد زنگ جمع‌آوری و در ظرف‌های پلی‌اتیلنی که پیش‌تر با محلول اسید نیتریک ۵ درصد شستشو داده شده‌اند نگهداری و به آزمایشگاه علوم محیط‌زیست دانشگاه زنجان منتقل شدند. در آزمایشگاه به‌منظور حذف رطوبت، نمونه‌های رسوب به مدت ۲۴ الی ۴۸ ساعت در هوای آزاد قرار گرفتند و در ادامه از الک ۰/۲ میلی‌متری عبور داده شدند و تا زمانی که آزمایش‌های مورد نظر بر روی آن‌ها انجام شود در جای خشک و سربسته نگهداری شدند. در هضم نمونه‌های رسوب، ۳ گرم از نمونه‌ها توزین، و به ظرف شیشه‌ای درب‌دار ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل گردید. سپس به نمونه‌ها کمی آب و در ادامه ۲۱ میلی‌لیتر، مخلوطی از ۷ میلی‌لیتر نیتریک اسید غلیظ و ۱۴ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید غلیظ اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در زیر هود قرار داده شدند. پس از گذشت زمان، محتوی ظرف به بالن تقطیر ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل و به مدت ۲ ساعت نمونه‌ها بر روی اجاقک با دمای ۱۰۰ سانتی‌گراد رفلکس شدند. پس از کاهش دما، نمونه‌ها با استفاده از کاغذ

صافی واتمن ۰/۴۲ میکرون صاف و با نیتریک اسید ۲ مولار به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شدند و جهت اندازه‌گیری فلزهای سنگین از دستگاه جذب اتمی (AAS Varian 220) با روش منحنی درجه‌بندی استفاده شد. در تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از نرم افزار اس. پی. اس. اس نسخه ۲۰ و اکسل ۲۰۱۳ استفاده شد. سطح اطمینان به کار برده شده ۹۵ درصد می‌باشد و با توجه به توزیع نرمال داده‌ها از آزمون‌های پارامتریک جهت تحلیل‌های آماری استفاده شد [۱۰].



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری رسوب در مطالعه حاضر

۱-۲. شاخص‌های آلودگی

در این مطالعه تلاش شده است، دستیابی به یک ارزیابی واقعی از آلودگی فلزهای سنگین در رسوبات رودخانه گرگان و نمایش بهتر وضعیت بوم‌شناختی نمونه‌های رسوب در اکوسیستم فوق با استفاده از شاخص‌های کیفیت رسوب فراهم شود. بدین منظور از برخی شاخص‌های کاربرد به منظور ارزیابی و تخمین شدت آلودگی نمونه‌های رسوب استفاده شد. در تعیین شاخص پتانسیل خطر کل محیط‌زیستی RI^۶، پتانسیل خطر محیط‌زیستی فلزهای سنگین در رسوب با استفاده از شاخص پتانسیل خطر که توسط هاکنسن ارایه شده است با توجه به معادله‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ محاسبه گردید

$$RI = \sum_{i=1}^m E_r^i \quad (4) \quad E_r^i = T_r^i \times C_f^i \quad (3) \quad C_d = \sum_{i=1}^m C_f^i \quad (2) \quad C_f^i = C_s^i / C_n^i \quad (1)$$

شاخص درجه آلودگی C_f^i از تقسیم کردن غلظت یک فلز در نمونه رسوب جمع‌آوری شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه به دست می‌آید. در معادله‌های ۱ تا ۴، C_f^i شاخص درجه آلودگی یک فلز، C_s^i غلظت میانگین فلز در نمونه رسوب، C_n^i غلظت میانگین فلز در زمینه می‌باشد. از آنجایی که مقدارهای پس‌زمینه برای رودخانه مورد مطالعه موجود نیست از مقدارهای میانگین فلزها در شیل استفاده شد که به ترتیب برای عنصرهای مس، سرب و نیکل برابر با ۴۵، ۲۰ و ۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. C_d درجه آلودگی کل برابر است با مجموع درجه آلودگی عنصرها در یک ایستگاه می‌باشد. شاخص‌های فوق دارای چهار طبقه می‌باشد که در جدول ۱ مشخصه‌های هر طبقه آورده شده است. ضریب پتانسیل خطر محیط‌زیستی E_r^i دارای پنج رده می‌باشد که از حاصل ضرب ضریب سمیت هر فلز T_r^i (ضریب واکنش سمیت برای عنصرهای مس، سرب و نیکل به ترتیب برابر با ۵، ۵

⁶ Pollution Load Index

و ۶ می‌باشد) در درجه آلودگی هر عنصر به‌دست می‌آید در جدول ۱ مشخصه هر رده شاخص فوق آورده شده است. RI پتانسیل کل خطر آلودگی محیط‌زیستی، برابر با مجموع پتانسیل خطر محیط‌زیستی عنصرهای مورد مطالعه در یک ایستگاه می‌باشد که در جدول ۱ جزئیات خطرهای هر طبقه آورده شده است [۳].

جدول ۱: طبقه‌بندی هر یک از شاخص‌های (E_r^i ، C_d ، RI) مورد بررسی در مطالعه حاضر [۳]

مقدار C_d^i	مقدار C_d	درجه آلودگی	مقدار RI	رده خطر	مقدار E_r^i	رده خطر
$C_d^i < 1$	$C_d < 8$	آلودگی کم	$RI < 150$	خطر کم	$E_r^i < 40$	خطر کم
$1 \leq C_d^i < 3$	$8 \leq C_d < 16$	آلودگی متوسط	$150 \leq RI < 300$	خطر متوسط	$40 \leq E_r^i < 160$	خطر متوسط
$3 \leq C_d^i < 6$	$16 \leq C_d < 32$	آلودگی زیاد	$300 \leq RI < 600$	خطر شدید	$160 \leq E_r^i < 320$	خطر شدید
$C_d^i \geq 6$	$C_d \geq 32$	آلودگی خیلی زیاد	$RI \geq 600$	خطر فوق‌شدید	$E_r^i \geq 320$	خطر فوق‌شدید

ضریب بار آلودگی PLI از شاخص‌های دیگر مورد بررسی در مطالعه حاضر می‌باشد که با توجه به معادله ۵ محاسبه گردید.

$$PLI = (C_{f1} \times C_{f2} \times C_{f3} \times \dots \times C_{fn})^{\frac{1}{n}} \quad (5)$$

از شاخص بار آلودگی PLI برای تعیین آلودگی یکپارچه گروه‌های سمی (تمامی فلزهای مورد بررسی) در یک ایستگاه، با محاسبه ریشه n ام درجه آلودگی عنصرهای مورد مطالعه استفاده می‌شود. اگر شاخص بار آلودگی بیش‌تر از یک باشد نشان از آلودگی و مقدارهای کم‌تر از ۱ حاکی از عدم آلودگی در نمونه‌های رسوب می‌باشد [۳].

۳. نتایج

غلظت فلزهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری از رسوبات سطحی در جدول ۲ گزارش شده است. داده‌های حاصل شده از اندازه‌گیری غلظت فلزهای سنگین در مطالعه حاضر نشان می‌دهد که روند تغییر میانگین غلظت فلزهای سنگین با واحد میلی‌گرم بر کیلوگرم در نمونه‌های رسوب به‌صورت نیکل ($35/38$) < سرب ($28/66$) < مس ($21/55$) می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های آلودگی نشان می‌دهد غلظت تمامی عنصرهای مس و نیکل در مطالعه حاضر، دارای درجه آلودگی (C_d^i) خطر کم و عنصر سرب در برخی از ایستگاه‌ها دارای ارزش آلودگی متوسط می‌باشد و نتایج شاخص درجه آلودگی کل (C_d) عدم آلودگی را در هریک از ایستگاه‌ها بازگو می‌کند. همچنین مقدار پتانسیل خطر محیط‌زیستی (E_r^i) و مقدار کل شاخص مذکور (RI) حاکی از عدم نگرانی (رده خطر کم) در ارتباط با آلودگی رسوبات ایستگاه‌های فوق به فلزهای سنگین را نشان می‌دهد. با توجه به شاخص بار آلودگی (PLI) محاسبه شده در مطالعه حاضر می‌توان گفت در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه مقدار این شاخص ($PLI < 1$) عدم آلودگی را نشان می‌دهد. در جدول ۲ ارزش شاخص‌های مورد مطالعه آورده شده است.

جدول ۲: غلظت فلزهای سنگین در رسوبات رود گرگان و ارزش شاخص‌های مورد استفاده در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	مقدار فلزهای سنگین (ppm)			مقدار درجه آلودگی C_d^i			مقدار پتانسیل خطر E_r^i			C_d	RI	PLI
	مس	سرب	نیکل	مس	سرب	نیکل	مس	سرب	نیکل			
۱	۲۴/۱۶	۳۸/۱۶	۳۷/۶۶	۰/۵۳	۱/۹۰	۰/۵۵	۲/۶۸	۹/۵۴	۳/۳۲	۲/۹۹	۱۵/۵۵	۰/۸۲
۲	۲۳/۱۶	۲۰/۱۶	۳۷/۰۰	۰/۵۱	۱/۰۰	۰/۵۴	۲/۵۷	۵/۰۴	۳/۲۶	۲/۰۶	۱۰/۸۸	۰/۶۵
۳	۲۰/۸۳	۱۹/۱۶	۳۶/۰۰	۰/۴۶	۰/۹۵	۰/۵۲	۲/۲۱	۴/۷۹	۳/۱۷	۱/۹۵	۱۰/۲۸	۰/۶۱
۴	۱۵/۵۰	۳۰/۱۶	۲۸/۳۳	۰/۳۴	۱/۵۰	۰/۴۱	۱/۷۲	۷/۵۴	۲/۴۹	۲/۲۶	۱۱/۷۶	۰/۶۰
۵	۱۸/۸۳	۳۲/۸۳	۲۹/۰۰	۰/۴۱	۱/۶۴	۰/۴۲	۲/۰۹	۸/۲۰	۲/۵۵	۲/۴۸	۱۲/۸۵	۰/۶۶
۶	۲۶/۸۳	۳۱/۵۰	۴۴/۳۳	۰/۵۹	۱/۵۷	۰/۶۵	۲/۹۸	۷/۸۷	۳/۹۱	۲/۸۲	۱۴/۷۶	۰/۸۴
کمینه	۱۵/۵۰	۱۹/۱۶	۲۸/۳۳	۰/۳۴	۰/۹۵	۰/۴۱	۱/۷۲	۴/۷۹	۲/۴۹	۱/۹۵	۱۰/۲۸	۰/۶۰
بیشینه	۲۶/۸۳	۳۸/۱۶	۴۴/۳۳	۰/۵۹	۱/۹۰	۰/۶۵	۲/۹۸	۹/۵۴	۳/۹۱	۲/۹۹	۱۵/۵۵	۰/۸۴

۰/۷۰	۱۲/۶۸	۲/۴۳	۳/۱۲	۷/۱۶	۲/۳۹	۰/۵۲	۱/۴۳	۰/۴۷	۳۵/۳۸	۲۸/۶۶	۲۱/۵۵	میانگین
۰/۱۰	۲/۱۱	۰/۴۱	۰/۵۲	۱/۸۷	۰/۴۴	۰/۰۸	۰/۳۷	۰/۰۸	۵/۷۰	۷/۱۰	۳/۸۴	ان. استاندارد

* میانگین سه اندازه گیری

بررسی توزیع آماری داده‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد با توجه به آزمون تی تست (t-Test) غلظت عنصرهای نیکل و مس دارای غلظت‌های متفاوت از ایستگاه مصبی می‌باشد به عبارتی غلظت دو عنصر مذکور از امتداد رودخانه به مصب کاهش می‌یابد ($p < 0.01$). همچنین غلظت دو عنصر مس و نیکل از مصب به ایستگاه ۶ واقع در خلیج گرگان افزایش غلظت معنی‌دار داشته است ($p < 0.01$). مقدار عنصر سرب در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری ندارد.

۴. نتیجه گیری

با توجه به آن چه که از داده‌های مطالعه حاضر حاصل شد، بیشینه غلظت عنصرهای مس و نیکل در ایستگاه قبل از مصب رود گرگان (ایستگاه ۶) واقع در خلیج گرگان مشاهده شده است. می‌توان گفت از جمله عامل‌های افزایش غلظت در این ایستگاه به انتقال رسوبات رودخانه‌ای حوضه‌ی آبریز، نیمه بسته بودن و همچنین محدود شدن اتصال آبی خلیج گرگان با دریای خزر در ارتباط است. این عامل‌ها سبب شده است تا این خلیج کم‌تر تحت تاثیر شرایط هیدرودینامیکی امواج دریا قرار بگیرد و تلاطم و شرایط آرام با نرخ جریان کم‌تری در آن به وجود آید از طرفی تمرکز بالای جمعیت و رشد شهرنشینی در حاشیه این خلیج سبب شده است بار زیادی از آلودگی از طریق رودخانه‌های متصل، به خلیج گرگان وارد شود. همچنین در میان ایستگاه‌های رودخانه-ای، بیشینه غلظت عنصرهای مورد مطالعه در ایستگاه نخست مشاهده شده است دلیل آن را می‌توان به تمرکز بیش‌تر جمعیت روستایی در حاشیه این ایستگاه و ارتباط مستقیم آن با جاده‌های ارتباطی بین دو شهرستان بندرترکمن و گمیشان مرتبط دانست. نتایج شاخص‌های آلودگی کل نشان می‌دهد در ایستگاه‌های مورد مطالعه آلاینده‌ی فلزهای سنگین عدم نگرانی را نمایش می‌دهند. اما غلظت عنصر سرب زمینه بروز نگرانی محیط‌زیستی را نشان می‌دهد. بدین دلیل پژوهش‌های بعدی باید در مقیاس وسیع‌تر و در بخش زنده اکوسیستم فوق به صورت دوره‌ای تداوم داشته باشد تا مدیریت و کنترل آلودگی در منطقه مورد مطالعه با انسجام بیش‌تر و چالش کم‌تری انجام پذیرد.

منابع

[۱]- باقری، ح، شارمد، ت، خیرآبادی، و، درویش بسطامی، ک، باقری، ز، (۱۳۹۰)، سنجش و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه گرگان-رود، مجله اقیانوس شناسی، دوره ۲، شماره ۵، ۳۵-۳۹.

[۲]- مصطفوی، ح، (۱۳۸۵)، تنوع زیستی ماهیان رودخانه تالار استان مازندران، مجله محیط‌شناسی، دوره ۳۲، شماره ۴۰، ۱۲۷-۱۳۵.

[۳]- شاپوری، م، ذوالریاستین، ن، آذرباد، ح، (۱۳۸۹)، ارزیابی سریع کیفیت آب رودخانه گرگان‌رود بر پایه شاخص‌های زیستی، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، دوره ۵، شماره ۳، ۱۱۶-۱۲۹.

[4]- Humbatov, F. Y., Ahmadov, M. M., Balayev, V. S., Suleymanov, B. A. (2015), Trace Metals in Water Samples Taken from Azerbaijan Sector of Caspian Sea, *Chemical Engineering Journal*, Vol. 9, 288-295.

[5]- Mashroofeh, A., Bakhtiari, A. R., Pourkazemi, M., Rasouli, S. (2013), Bioaccumulation of Cd, Pb and Zn in the edible and inedible tissues of three sturgeon species in the Iranian coastline of the Caspian Sea, *Chemosphere*, Vol. 90, No. 2, 573-580.

[6]- Malvandi, H. (2017), Preliminary evaluation of heavy metal contamination in the Zarrin-Gol River sediments, Iran, *Marine pollution bulletin*, Vol. 117, No. 1, 547-553.

- [7]- Nguyen, T. T. H., Zhang, W., Li, Z., Li, J., Ge, C., Liu, J., Yu, L. (2016), Assessment of heavy metal pollution in Red River surface sediments, Vietnam, *Marine pollution bulletin*, Vol. 113, No. 1, 513-519.
- [8]- Duodu, G. O., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A. (2017), Potential bioavailability assessment, source apportionment and ecological risk of heavy metals in the sediment of Brisbane River estuary, Australia, *Marine pollution bulletin*, Vol. 117, No. 1, 523-531.
- [9]- Ghanbarpour, M. R., Goorzadi, M., Vahabzade, G. (2013), Spatial variability of heavy metals in surficial sediments: Tajan River Watershed, Iran, *Sustainability of Water Quality and Ecology*, Vol. 1, 48-58.
- [10]- Sastre, J., Sahuquillo, A., Vidal, M., Rauret, G. (2002), Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: microwave-assisted total digestion versus aqua regia and nitric acid extraction, *Analytica Chimica Acta*, Vol. 462, No. 1, 59-72.



ارزیابی اولیه از غلظت ترکیبات PAH در نمونه های رسوب و مرجان *Acropora downingi*

جمع آوری شده از جزیره هنگام

مهری سید هشترودی^۱، ابولفضل صالح^۲، ندا شیجونی فومنی^۳

۱. عضو هیأت علمی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی hashtroudi@inio.ac.ir

۲. عضو هیأت علمی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی saleh@inio.ac.ir

۳. کارشناس پژوهشی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی n.sheijooni@inio.ac.ir

چکیده

آب‌سنگ‌های مرجانی یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های دریایی هستند که عملکرد آنان برای بشر و نیز گونه‌های دریایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این اکوسیستم‌ها بسیار حساس هستند و برای ادامه حیات خود به آب شفاف و تمیز نیاز دارند. آلودگی‌های ناشی از منابع خشکی، آلودگی‌های ناشی از عملیات حمل و نقل دریایی و همچنین اختلالات طبیعی، تهدیدات جدی برای آب‌سنگ‌های مرجانی و جوامع وابسته به آن به شمار می‌روند. بنابراین، این امر بسیار حیاتی است که سیاست‌گذاران محیط زیست برنامه‌های پایشی دقیقی را برای مشخص نمودن تغییرات بوجود آمده در آب‌سنگ‌ها آغاز نمایند تا خطر آسیب‌های جدی به این اکوسیستم‌های حساس کاهش یابد. ورود مواد شیمیایی به محیط‌های دریایی حیات مرجان‌ها را بصورت مستقیم و غیر مستقیم بخطر می‌اندازد. هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک (PAHs) ترکیبات شیمیایی هستند که می‌توانند ناشی از فعالیت‌های طبیعی و انسانی باشند و آثار مخرب شناخته شده‌ای بر روی محیط‌های دریایی دارند. تحقیق حاضر، ارزیابی اولیه‌ای را بر روی مقادیر این ترکیبات در مرجان *Acropora downingi* که گونه غالب مرجان در جزیره هنگام (واقع شده در شرق خلیج فارس) است و رسوبات اطراف آن در اختیار قرار می‌دهد. نمونه‌های مرجان و رسوب به روش غواصی جمع‌آوری شده و توسط دستگاه HPLC مجهز به دکتور فرابنفش و فلورسانس صورت گرفت. ۱۵ ترکیب PAH قابل شناسایی بودند که غلظت آنان در نمونه مرجان (۱۲۳-۳۳ ng/g) بیش از رسوبات منطقه نمونه برداری (۹۴-۲۳ ng/g) بود. با توجه به نسبت‌های تشخیصی ترکیبات PAH مشخص شد که منشاء این ترکیبات در منطقه پیروژنیک می‌باشد. نتایج همچنین حاکی از آن بود که آلودگی مرجان‌های منطقه مورد مطالعه به PAH از مناطقی نظیر پارک ملی کنتینگ در تایوان (۱۷۱۵-۱۴۳ ng/g) و خلیج مکزیک (۲۱۲۱-۲۴۳ ng/g) بمراتب کمتر است.

کلید واژه: ترکیبات چند حلقه‌ای آروماتیک (PAHs)، مرجان *Acropora downingi*، رسوب، جزیره هنگام

۱. مقدمه

آب‌سنگ‌های مرجانی برای ادامه حیات نیاز به آب تمیز و شفاف دارند. زمانی که رسوب و سایر آلاینده‌ها وارد آب می‌شوند، باعث خفگی آب‌سنگ‌ها، تسریع رشد جلبک‌های مهاجم و پایین آوردن کیفیت آب می‌شوند. ورود آلودگی همچنین باعث

مستعد شدن مرجان‌ها به انواع بیماری‌ها، جلوگیری از رشد و تولید مثل آنها و تغییر در ساختار غذایی آب‌سنگ‌ها می‌شوند. باور بر این است که آلودگی‌های ناشی از مناطق شهری، فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی (منابع زمینی آلودگی) به همراه منابع دریایی آلودگی (نظیر قایقرانی و کشتیرانی) فاکتورهای مهمی در تخریب آب‌سنگ‌های مرجانی در سراسر دنیا محسوب می‌گردند. اگرچه از آلودگی کمتر به عنوان عامل کاهش سلامت آب‌سنگ‌های مرجانی نام برده می‌شود، ولی از میزان آلودگی‌های موجود در آب‌سنگ‌های مرجانی و خصوصاً تأثیر آلاینده‌ها بر سلامت مرجان‌ها اطلاعات زیادی در دست نیست. از این رو، مدیران مربوط به حوزه آب‌سنگ‌های مرجانی ممکن است اطلاعات مهم و گاه بسیار جدی را برای حفظ و احیای اکوسیستم‌های آب‌سنگ‌های مرجانی از دست دهند. بسیاری از مطالعات گزارش شده تأثیر آلاینده‌های شیمیایی را در سفیدشدگی مرجان‌ها، کاهش تعداد موجودات در اکوسیستم‌های آب‌سنگی و تخریب جوامع مرجانی را در سطح جهان نشان می‌دهند [۱-۲]. ترکیبات آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) آلاینده‌های محیطی پایداری هستند که به شکل مخلوط‌های پیچیده وارد طبیعت می‌شوند و می‌توانند حاصل فعالیت‌های انسانی و نیز فرآیندهای طبیعی باشند. به دلیل ماهیت سمی، موتاسیون‌زا و سرطان‌زای آنان، این ترکیبات به عنوان آلاینده‌های دارای اولویت شناخته شده‌اند. بیش از ۱۰۰ نوع PAH وجود دارد. ولی مؤسسه حفاظت از محیط زیست آمریکا EPA، تعداد ۱۶ ترکیب از این خانواده ترکیبات را به عنوان PAH‌های اولویت‌دار شناخته‌اند. در این تحقیق وضعیت آلودگی PAHs در مرجان و رسوبات اطراف آن در منطقه هنگام واقع در شرق خلیج فارس بررسی می‌شود.

۲. روش تحقیق

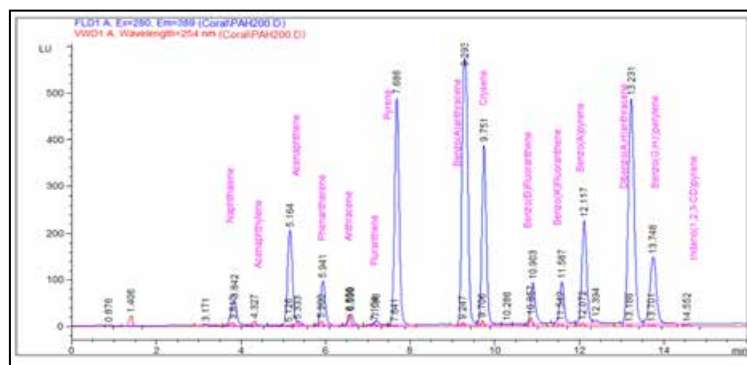
در تحقیق حاضر، مطالعه بر روی آب‌سنگ‌های مرجانی جزیره هنگام (۲۰۱۴ و اوایل ۲۰۱۵) انجام شد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. جزیره هنگام از تراکم مرجانی قابل توجهی بویژه در بخش شرقی برخوردار است. گونه غالب مرجان در جزیره هنگام *Acropora downingi* (مرجان شاخ‌گوزنی) می‌باشد. نمونه برداری رسوب و مرجان توسط غواصی صورت گرفت و رسوب‌های سطحی تا ۵ cm و مرجان در ظروف آلومینیوم جمع‌آوری شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. استخراج ترکیبات PAH از رسوب توسط روش ارائه شده در MOOPAM [۳] صورت گرفت. نمونه فریز درای شده با استفاده از مخلوط حلال دی‌کلرومتان-استن در حمام اولتراسونیک مورد استخراج قرار گرفت. نهایتاً پس از سانتریفیوژ نمودن نمونه، حلال نمونه توسط دستگاه تبخیر در خلاء و پس از آن تحت جریان ملایمی از نیتروژن تغلیظ شد. سپس برای انجام مرحله Clean-up، حلال مرحله استخراج توسط سیکلو هگزان جایگزین شد. مزاحمت ترکیبات سولفور با استفاده از پودر مس فعال شده برطرف شد و تمیز نمودن نمونه بر روی ستون سیلیکا-آلومینا صورت گرفت. اندازه‌گیری ترکیبات PAH توسط دستگاه HPLC مدل Agilent 1100 مجهز به دتکتورهای UV و فلورسانس صورت گرفت.



شکل ۱: موقعیت اجتماع مرجانی مورد بررسی در شرق جزیره هنگام واقع در غرب تنگه هرمز، خلیج فارس. دایره سبز منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد (اقتباس از Google Earth).

۳. نتایج

شکل ۲ کروماتوگرام HPLC مربوط به جداسازی ۱۶ ترکیب PAH را در محلول استاندارد نمایش می دهد و غلظت های بدست آمده برای نمونه های رسوب و مرجان مورد مطالعه در جدول ۱ خلاصه شده اند.



شکل ۲: کروماتوگرام HPLC مربوط به مخلوط ۲۰۰ ng/L استاندارد ۱۶ تایی PAH ها

جدول ۱: مقادیر متوسط اندازه گیری PAH در رسوب و نمونه مرجان (ng/g)

PAH	Sediment	Coral
Naphthalene	–	61.5
Acenaphthylene	37.15	68.01
Acenaphthene	25.72	87.97
Fluorene	74.33	94.76
Phenanthrene	99.5	33.17
Anthracene	62.9	74.12
Fluoranthene	–	–
Pyrene	48.80	36.43
Benzo (A) anthracene	80.7	90.74
Crysene	82.27	90.04
Benzo(B) fluoranthene	84.80	96.35
Benzo(K) fluoranthene	84.22	86.98
Benzo(A) pyrene	69.00	122.97
Dibenzo(A,H) anthracene	87.38	102.38
Benzo(G,H,I) perylene	94.06	111.7
Indeno(1,2,3-CD)pyrene	89.33	92.43
ΣPAH	1020.16	1249.55

۴. بحث و نتیجه گیری

همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شده است، ۱۴ ترکیب در رسوب و ۱۵ ترکیب در مرجان قابل اندازه گیری بودند که کمترین مقدار مربوط به ترکیب Aacenaphtene با مقدار ۲۵,۷ ng/g در رسوب و Phenanthrene در مرجان با مقدار ۳۳,۱ ng/g و بیشترین مقدار مربوط به ترکیب Dibenzo(A,H) anthracene در رسوب با مقدار ۹۴,۰ ng/g و ترکیب Benzo(A) pyrene در مرجان با مقدار ۱۲۲,۹ ng/g می باشد. نسبت های تشخیصی مختلفی برای تعیین منشأ پتروژنیک (ورود مسقیم نفت خام) و پیروژنیک (ورود محصولات سوختن نفت) وجود دارد [۴]. نسبت های آنتراسن به مجموعه فنانترن و آنتراسن ANT/(ANT + PHE) و BaA/(BaA + CHR) از این نسبت های تشخیصی هستند. فنانترن و آنتراسن دو ایزومر ساختمانی هستند که به دلیل خصوصیات فیزیکی شیمیایی متفاوت، رفتار متفاوتی در محیط نشان می دهند. مقادیر مختلف Phen/Ant اطلاعات مفیدی از منشأ PAH در اختیار قرار می دهد. نسبت ANT/(ANT + PHE) بزرگتر از ۰,۱ و نسبت BaA/(BaA + CHR) بیش از ۰,۳۵ نشان دهنده این است که آلودگی موجود در رسوب پیروژنیک و ناشی از ورود محصولات ناشی از محصولات حاصل از سوختن نفت می باشد. تمامی این ۱۵ ترکیب در نمونه مرجان نیز دیده می شود که در تعداد

زیادی از این ترکیبات، این مقدار بیش از غلظت آنان در داخل رسوب است و بنظر می‌رسد که تجمع زیستی در نمونه مرجان اتفاق افتاده است. مقایسه این نتایج با نتایج کار مشابهی که در رسوب و مرجان‌های پارک ملی Kenting در کشور تایوان ($2-59 \text{ ng/g}$) نشان می‌دهد که رسوبات ایستگاه مورد مطالعه ما از آلودگی بیشتری برخوردار هستند ولی تجمع زیستی ترکیبات PAH در تایوان بیشتر و حدود $1715-143 \text{ ng/g}$ می‌باشد [۵] و این مقادیر بسیار کمتر از مقادیر گزارش شده برای رسوب و مرجان گزارش شده در سواحل تگزاس جنوبی در خلیج مکزیکو می‌باشد که به ترتیب مقادیر $1-328 \text{ } \mu\text{g/g}$ و $2121-243 \text{ } \mu\text{g/g}$ می‌باشند [۶]. با توجه اهمیت این اکوسیستم‌های حساس دریایی، بنظر می‌رسد که پایش مداوم آنان از نظر تنش‌های مختلف از جمله آلودگی ترکیبات نفتی می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار متخصصین محیط زیست و برنامه ریزی جهت کاهش آسیب‌های احتمالی به آنان قرار دهد.

منابع

- [1] Brown, B.E., Dunne, R.P., Goodson, M.S. and Douglas, A.E. (2000), Marine ecology: bleaching patterns in reef corals. *Nature*, Vol. 404, 6774, 142-143.
- [2] Chen, T.H., Cheng, Y.M., Cheng, J.O. and Ko, F.C. (2012). Assessing the effects of polychlorinated biphenyls (Aroclor 1254) on a scleractinian coral (*Stylophora pistillata*) at organism, physiological, and molecular levels. *Ecotoxicology and environmental safety*, Vol. 75, 207-212.
- [3] MOOPAM (2012) Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods, ROPME, Safat, Kuwait.
- [4] Tobiszewski, M. (2014), Application of Diagnostic Ratios of PAHs to Characterize the Pollution Emission Sources. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering (IPCBE)*, 69, pp.41-44.
- [5] Ko, F.C., Chang, C.W. and Cheng, J.O., 2014. Comparative study of polycyclic aromatic hydrocarbons in coral tissues and the ambient sediments from Kenting National Park, Taiwan. *Environmental Pollution*, 185, pp.35-43.
- [6] T Sabourin, D Silliman, J. E, B Strychar, K., (2013), Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Contents of Coral and Surface Sediments off the South Texas Coast of the Gulf of Mexico, *International Journal of Biology*, Vol. 5, No. 1, 1-12.



مدلسازی تخلیه آب همراه نفت به دریا در میدان نفتی سلمان - خلیج فارس

کاسب نژاد، لیلا^۱، زاهد، محمد علی^{۲*}، نیک سخن، محمد حسین^۱

۱. گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲. گروه محیط زیست، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

*zahed.moe@gmail.com

چکیده:

استخراج نفت و تخلیه ی آب همراه به دریا، آلودگی های گسترده محیط زیستی ایجاد می کند. خلیج فارس هم به جهت موقعیت خاص و هم به جهت دارا بودن بیشترین سهم استخراج نفت و گاز جهان، از نظر محیط زیستی بسیار مهم است. میدان نفتی سلمان به جهت مسائلی از جمله تولید بالای نفت و حجم بالای آب همراه، عمر بالای بهره برداری و تاسیسات میدان و مشترک بودن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این مقاله به مدلسازی تخلیه ی آب تولیدی همراه مجتمع نفتی سلمان با استفاده از مدل MEMW/DREAM پرداخته شده است. نتایج ارزیابی ضریب تاثیر زیست محیطی نشان داد که تا محدوده ی ۱۵ کیلومتری محل تخلیه، غلظت مواد تاثیر گذار بالاتر از حد تعریف شده برای تخلیه ی امن میباشد.

کلید واژه: آب همراه، مدلسازی، DREAM، آلودگی دریا، خلیج فارس .

۱. مقدمه

آب تولیدی همراه، معمولا حاوی آلاینده های نفتی بسیاری می باشد و سیال تولید شده در بزرگترین حجم در تولید و استخراج نفت و گاز از چاههای نفت و گاز است که از دو بخش آب فسیلی یا آب سازندی (بیشترین حجم) و آب سطحی تشکیل شده است [1]. آب تولیدی همراه استخراج نفت می تواند شامل آب سازندی، آب تزریق شده به مخزن در حین عملیات حفاری، مقدار کمی آب میعان یافته و مقادیر کمی از ترکیبات شیمیایی استفاده شده در عملیات تولید باشد [2].

آب تولیدی به همراه سیالات هیدروکربنی علاوه بر هیدروکربن ها و ذرات جامد، دارای شوری، فلزات سنگین، مواد NORM (مواد رادیواکتیو طبیعی موجود در طبیعت) و مواد آلی محلول بوده که هر کدام از این مواد دارای اثرات زیست محیطی مخرب زیادی می باشد که در صورت ورود به دریا باعث آلودگی محیط آبی می شود. [1] [3]

عوامل اصلی که باعث آلودگی آب همراه نفت و گاز تولیدی از مخازن هیدروکربنی شده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن را تغییر می دهند، عبارتند از موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، سازند ها و ساختار زمین شناسی، ماهیت و ویژگی های سنگ مخزن و نوع هیدروکربنها، پسماندهای حفاری و عناصر موجود در آن ها، مشخصات محیط دریافت کننده و حالت های

پراکنش [1]. میزان اثرات از طریق ارزیابی زیست‌محیطی مشخص می‌شود. تخلیه پسماندها به آبهای محصور و همچنین منابع آبی با حجم کم نیازمند توجه و مراقبت‌های خاص می‌باشد. [4]

حجم آب تولید شده از چاه به نوع استخراج (نفت یا گاز) و طول عمر عملیات بستگی دارد. با افزایش میزان برداشت هیدروکربن از مخازن نفت و گاز، مقدار آب همراه نیز افزایش می‌یابد، به طوری که حجم آب تولیدی همراه از مخازن، در حوضه‌های نفتی با قدمت بیشتر، به مراتب بالاتر از سایر حوضه‌های نفتی با عمر پایین‌تر خواهد بود و حجمی معادل ۸۰ تا ۹۵ درصد از پساب تولیدی در فرآیند تولید نفت را به خود اختصاص می‌دهد. حجم آب تولید شده از مخازن گازی به مقدار قابل توجهی کمتر از مخازن نفتی است، ولی آلودگی آلی آن در مقایسه با چاههای نفتی بیشتر می‌باشد [5][6].

تولید روزانه ی جهانی آب تولیدی همراه نفت در جهان حدود ۲۵۰ میلیون بشکه (به ازای ۸۰ میلیون بشکه تولید نفت در روز) تخمین زده می‌شود. این رقم نشان می‌دهد که سرعت آب تولیدی به نفت تولیدی ۳ به ۱ است. پیش‌بینی می‌شود میزان تولید این آب در طی قرن آینده به ۲ برابر مقدار فعلی افزایش یابد [3] [7]. بستر خلیج فارس و سازندهای زمین‌شناسی موجود در آن و دریای عمان، از بزرگترین منابع سوخته‌های فسیلی (نفت و گاز) می‌باشند و آلودگی‌های مربوط به صنایع نفت و گاز در این مناطق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [8].

هدف از این پژوهش شبیه‌سازی تخلیه ی آب همراه تولیدی میدان نفتی سلمان، با استفاده از نرم افزار DREAM بوده و پهنه بندی غلظت و ارزیابی اثرات محیط زیستی، براساس شاخص‌های پیش‌بینی غلظت محیط زیستی و پیش‌بینی غلظت بی اثر انجام شده است.

۲. مواد و روشها:

۲-۱. منطقه ی مورد مطالعه:

جزیره لاوان در فاصله ی ۱۱ کیلومتری از سواحل جمهوری اسلامی ایران در موقعیت جغرافیایی $26^{\circ}48'09''N$, $53^{\circ}20'01''E$ در جنوب شرقی خلیج فارس قرار دارد و یکی از مناطق چهارگانه عملیات نفتی در خلیج فارس به شمار می‌رود.

میدان نفتی مشترک سلمان، در ۱۴۴ کیلومتری جنوب جزیره لاوان واقع شده است، میدان سلمان دارای یکی از بزرگترین تأسیسات نفتی در خلیج فارس بوده و با میدان ابوالخوش (ابوظبی) مشترک می‌باشد و به همین دلیل بهره برداری و تولید از این میدان همواره مورد توجه خاص قرار داشته است. میدان سلمان دارای ۴۴ حلقه چاه نفتی و ۱۰ حلقه چاه تزریق آب می‌باشد. ظرفیت تأسیسات آن حدود ۲۲۰ هزار بشکه نفت و مواد همراه است. نفت تولیدی بوسیله خط لوله ۲۲ اینچ دریایی به تأسیسات خشکی جزیره لاوان جهت فرآورش و ذخیره سازی ارسال می‌گردد [8].

۲-۲. جمع‌آوری داده‌ها:

داده‌های بر اساس اطلاعات بدست آمده از شرکتهای بهره برداری و استخراج نفت مورد استفاده در مدلسازی قرار گرفته است. ظرفیت تولید این میدان، ۲۲۰۰۰۰ بشکه در روز است که شامل آب همراه، نفت و... میباشد. تولید روزانه نفت این سکو حدود ۴۱۰۰۰ بشکه در روز است. با توجه به نامشخص بودن حجم دقیق تخلیه به دریا و با توجه به قدیمی بودن تأسیسات و عمر این میدان، مقدار تقریبی آب همراه تولیدی در روز به حدود ۱۲۰۰۰۰ هزار بشکه در روز میرسد که بعد از فرآورش اولیه ی نفت به دریا تخلیه میشود. براساس اندازه گیری‌های صورت گرفته در خلیج فارس، شوری آب دریا ۳۹ ~ ۴۰، اکسیژن محلول حدود ۶.۵ mg/L، دمای هوا ۲۱ ~ ۲۵ و دمای آب ۲۰ ~ ۲۳ در اواخر پاییز و زمستان میباشد. داده‌های مورد نیاز مدل شامل دما و شوری آب، میزان مواد و عناصر موجود در آب تولیدی همراه، اطلاعات باد و جریانات دریایی، حجم تخلیه ی آب تولیدی می‌باشد.

مدلسازی برای تاریخ ۲۰۱۰/۱۱/۱ تا ۲۰۱۰/۱۱/۳۰ صورت گرفته است.

اطلاعات باد مورد استفاده در این پژوهش مربوط به سال ۲۰۱۰، بر اساس سرعت باد در تراز ۱۰ متر با استفاده از مقادیر متوسط ماهانه ی مربوط به مدل هواشناسی ECMWF بدست آمده است. داده های مربوط به جریانات با استفاده از مدل MIKE در بازه ی زمانی ذکر شده بدست آمد و سپس به ورودی مورد نیاز برای مدل تبدیل شده است.

۳-۲. شاخص های مورد مطالعه:

سه شاخص اصلی در این پژوهش تحلیل شده است:

۳-۲-۱. پیشبینی غلظت محیط زیستی (PEC) Predicted Environmental Concentration

مهمترین مولفه هایی که در ریسک بالقوه ی زیست محیطی سهیم هستند، عبارتند از: مواد شیمیایی افزودنی، نفت پراکنده، هیدروکربن های چند حلقه ای اروماتیک (PAH)، فنول ها و فلزات سنگین. کمیت PEC، میتواند از طریق اندازه گیری و مدلسازی، سرنوشت مواد شیمیایی را محاسبه کند. غلظتهای دریافت کننده با مدل محاسبه می شوند. غلظت بعنوان تابعی از x, y, z و زمان، محاسبه می شود

۳-۲-۲. پیشبینی غلظت بی اثر (PNEC) Predicted No Effect Concentration

بیشترین غلظت یک ترکیب و یا یک ماده ی شیمیایی که انتظار می رود اثر زیست محیطی قابل اندازه گیری نداشته باشد. مقدار PNEC برای مواد شیمیایی دور از ساحل، بوسیله ی مقادیر نتایج آزمایش سمیت حاد تقسیم بر فاکتور ارزیابی، تعیین می شود.

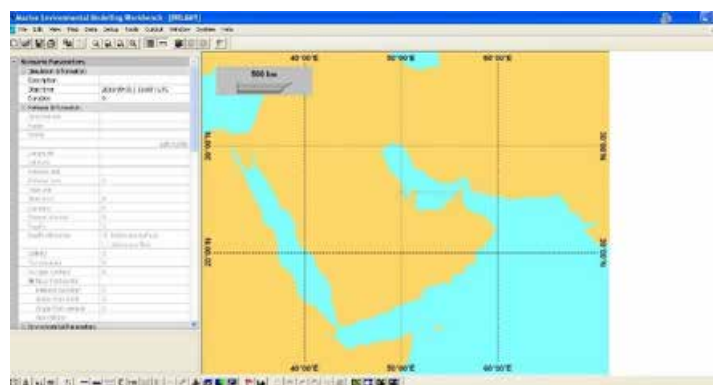
۳-۲-۳. ضریب اثرات محیط زیستی (EIF) Environmental Impact Factor

ضریب اثرات محیط زیستی اثر ناشی از تخلیه و انتشار آلاینده است. اثرات متناسب با حجم آب است و بر اساس دو عامل پیشبینی غلظت محیط زیستی و پیشبینی غلظت بی اثر ($PEC/PNEC > 1$) تعریف شده است [9][11][12].

۴-۲. مدلسازی:

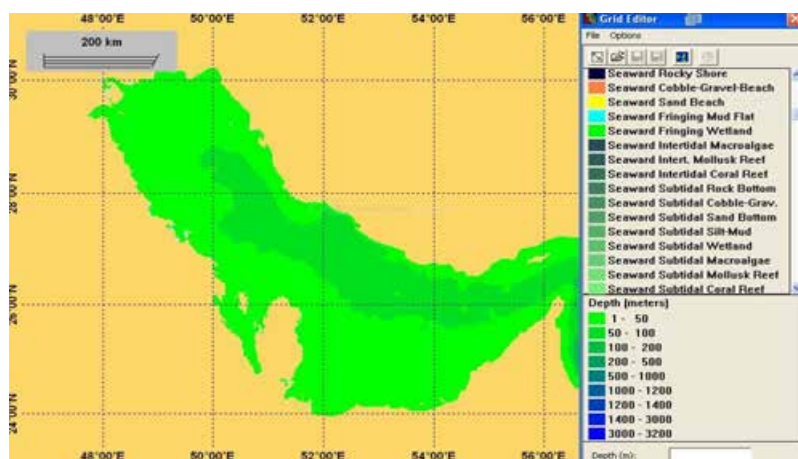
در این مطالعه از مدل MEMW /DREAM نسخه ۶٫۵ ارائه شده در سال ۲۰۱۳، برای شبیه سازی اثرات تخلیه آب همراه تولیدی ناشی از استخراج نفت در میدان نفتی سلمان استفاده شده است شکل (۱). این مدل یک سیستم مدلسازی عددی برای شبیه سازی تخلیه ی مخلوطی پیچیده از مواد شیمیایی موجود در آب همراه تولیدی و گل حفاری در تاسیسات دریایی دور از ساحل است. مدل مذکور توسط شرکت SINTEF نروژ، توسعه داده شده و یک مدل معتبر در سطح جهانی است که تاکنون در مقالات علمی و پروژه های تحقیقاتی و توسط بسیاری از شرکتهای معتبر فعال در صنعت تولید و استخراج نفت و گاز استفاده شده و کارایی آن در مدلسازی های متعدد مورد تایید قرار گرفته است [9]. مدل ارزیابی خطرات مربوط به دوز (مقدار) و اثرات آن ابزاری برای ارزیابی پیامدهای تخلیه ی برنامه ریزی شده و منظم به محیط زیست دریایی است.

عملکردهای مناسب برای این مدل شامل تحلیل و آنالیز اثرات ناشی از تخلیه ی آب تولیدی همراه بر روی محیط زیست، رونمایی های متغیر با زمان برای تک تک ارگانیسم های نماینده (امکان تطبیق با هر شرایط و هر آلاینده)، محاسبه ی تاثیرات شدید و بحرانی، تحلیل و ارزیابی خطر و تصمیم گیری در ساخت و تایید تخلیه ی برنامه ریزی شده می باشد [9].



شکل ۱: فرم کلی مدل دریم

این پژوهش براساس میزان و پهنه بندی غلظت آلودگی در مدت ۳۰ روز توسط مدل دریم صورت گرفته است. انتخاب بازه ی زمانی یک ماهه برای انجام مدلسازی، براساس توصیه ی دستورالعمل استفاده ی مدل جهت شبیه سازی آب همراه صورت گرفته است. اغلب مدلسازی های انجام شده با دریم، از بازه ی زمانی یک ماه برای شبیه سازی و تحلیل نتایج استفاده نموده اند [9][10]. (شکل ۲) شبکه بندی عمق آب بکار گرفته شده در مدل را نشان میدهد. در این پژوهش از شبکه ی عمق تعریف شده توسط مدل برای کل خلیج فارس استفاده شده است و شامل سه مولفه ی X, Y, Z که همان طول و عرض جغرافیایی و عمق است، می باشد.



شکل ۲: شبکه بندی عمق مدل

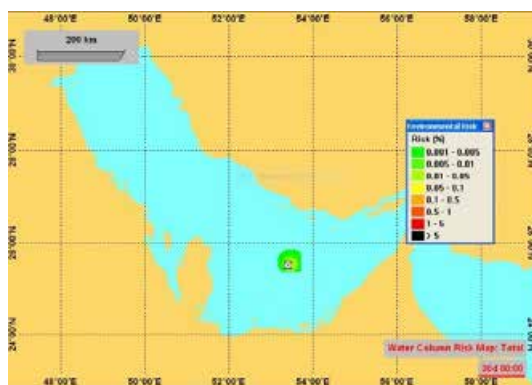
۲-۵. کنترل مدل:

برای اطمینان از درستی فرضیات، هشت بار مدلسازی با استفاده از بازه های مختلف پارامترهای فیزیکی بالا انجام شد و تغییرات معنی دار مشاهده نشد. با توجه به عدم حساسیت محسوس مدل به پارامترهای مذکور، مدلسازی براساس مقادیر ۴۰ برای شوری، ۲۳ برای دمای هوا، ۶.۵ mg/L برای اکسیژن و ۲۲ و ۲۰ درجه برای دمای سطحی و بستر آب انجام شده است [8], [13], [14], [15]. سه تکرار از هر مرحله مدلسازی برای یافتن خطاهای احتمالی انجام شد.

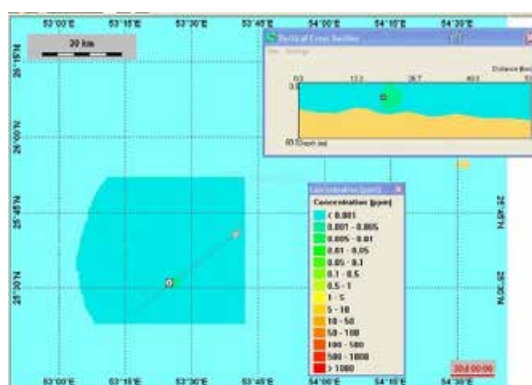
۳. نتایج و جمع بندی:

۳-۱. مدلسازی تخلیه ی آب همراه میدان نفتی سلمان

بعد از ورود اطلاعات مدل اجرا شده و شبیه سازی پخش مواد براساس میزان غلظت و وابسته به زمان برای بازه ی ۳۰ روزه (بازه ی تعریفی دریم برای بررسی آب همراه) محاسبه شد. شکل (۴ و ۳) برای محاسبه EIF مجدداً مدل برای ایجاد نقشه ی خطر، براساس ریسک در ستون آب اجرا شد و ریسک احتمالی محاسبه گردید [9][10]. شکل (۵ و ۶).

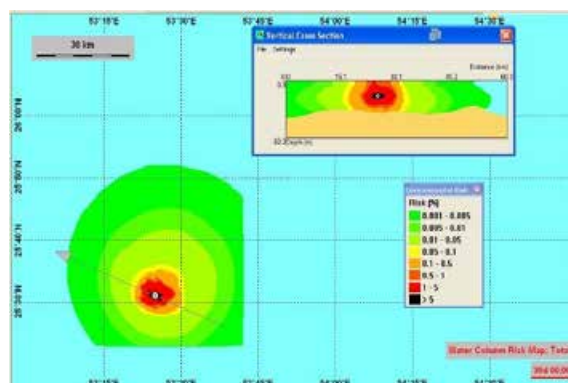


شکل ۳: نمودار گرافیکی پهنه بندی کلی غلظت سکوی سلمان

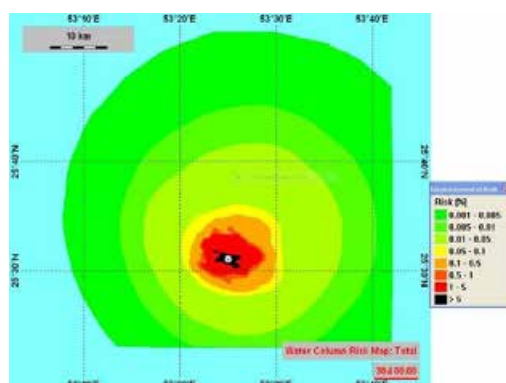


شکل ۴: نمودار گرافیکی سطح و ستون آب ناشی از حداکثر غلظت سلمان

براساس پهنه بندی گرافیکی بدست آمده در سطح و ستون آب، ناشی از غلظت مواد تخلیه شده به محیط آبی، در بازه ی زمانی یکماهه، تا محدوده ی ۴ کیلومتری تخلیه غلظتی در حدود ۰٫۵ تا ۰٫۱ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد.(شکل ۴)



شکل ۵: نمودار گرافیکی حداکثر ریسک زیست محیطی، contour concentrations، سکوی سلمان



شکل ۶: نمودار گرافیکی حداکثر ریسک زیست محیطی، contour concentrations، سکوی سلمان

ارزیابی ضریب تاثیر زیست محیطی نیز که برای تخلیه ی امن باید دارای درصد ریسک کمتر از ۱ باشد، نشان داد که تا محدوده ی ۱۵ کیلومتری محل تخلیه، غلظت مواد تاثیر گذار بالاتر از حد تعریف شده برای تخلیه ی امن بوده و خطر آفرین می باشد. (شکل ۵و۶)

۳-۲. جمع بندی

به جهت حجم بالای تخلیه ی روزانه ی آب همراه در میدان نفتی سلمان، غلظتی در محدوده ی ۰٫۱ تا کمتر از ۰٫۰۰۱ مشاهده گردید که در محدوده ی اطراف محل تخلیه غلظت بالا، و بتدریج با دور شدن از محل تخلیه مقدار غلظت کاهش می یابد و محدوده ای در حدود شعاع ۳۰ کیلومتر را پوشش میدهد. همچنین در بررسی ضریب تاثیر زیست محیطی EIF، که برای ارزیابی تاثیر غلظت بی اثر، دارای ریسک زیر یک است؛ براساس نتایج مدلسازی، سطح ریسک بالای یک در بخشی از پهنای تحت تاثیر غلظت با شعاع بالا مشاهده گردید که نشان دهنده ی تاثیرگذار بودن غلظت و ریسک پذیری محیط است.

۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده و آسیب پذیری بالای خلیج فارس و زیستگاههای آن به جهت اینکه دریایی نیمه بسته و دارای عمق آب کم، شوری و دمای بالای آب است و با توجه به طول عمر بالای عناصر و فلزات سنگین موجود در آب همراه و حجم بالای تخلیه و همچنین وجود تعداد بالای میادین نفتی و گازی با حجم تخلیه ی بالا، مدیریت حجم تخلیه و همچنین نیاز به تصفیه آب همراه ضروری است.

هدف اصلی جهانی در زمینه ی آب همراه، رساندن خطر پذیری و ضریب تاثیر به صفر می باشد و در واقع هدف EIF تخلیه با تاثیرات مضر صفر می باشد. تخلیه ی آب همراه بدون برنامه ریزی در اکثر میادین نفتی ایران نیازمند مدیریت بهتر و تصمیم گیری جدی تر می باشد.

منابع

- [۱] عباسی مزار، زه (۱۳۸۳)، بررسی کمی و کیفی آبهای تولیدشده ی همراه نفت و آزمایشهای مربوط به تصفیه پذیری آن برای کاربریهای مختلف، پایا ن نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.
- [۲] عاشوری زاده، ر.، (۱۳۸۹) دفع پسماند آب همراه تولیدی از مخازن هیدروکربوری و بررسی تاثیرات آن بر اکوسیستم طبیعی، نخستین همایش مدیریت پسماند و پسماند در صنایع نفت و انرژی.
- [۳] مهاجری، ل، رعایایی، ع، زاهد، م، (۱۳۹۳)، استفاده از آب همراه در صنایع نفت و گاز به منظور حمایت از محیط زیست و حفظ منابع آب. اکتشاف و تولید نفت و گاز (۱۱۴) ۱۷-۱۳.
- [۴] کلبه زنجناب، ج، رضوان طلب، س، (۱۳۹۰) فناوری های تصفیه آب تولید شده در صنایع نفت و گاز، اولین همایش ملی برنامه ریزی و حفاظت محیط زیست.
- [۵] حسینی، ط، چگینی، و.، (۱۳۹۳) مطالعه ی تغییرات فصلی پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب دریا در محدوده ی آب های ساحلی شبه جزیره ی بوشهر. اقیانوس شناسی، سال پنجم، شماره ۱۷

[6]- Neff, J., Lee, K., Deblois, E.M., (2011) Produced water: overview of composition, fates and effects. In : Lee. K., Neff, J. (Eds), Produced water, Springer New York.

- [7]- Silva, T. L., Morales-Torres, S., Castro-Silva, S., Figueiredo, J. L., & Silva, A. M. (2017). An overview on exploration and environmental impact of unconventional gas sources and treatment options for produced water. *Journal of Environmental Management*, 200, 511-529.
- [8]- Okogbue, C. O., Oyesanya, O. U., Anyiam, O. A., & Omonona, V. O. (2017). Assessment of pollution from produced water discharges in seawater and sediments in offshore, Niger Delta. *Environmental Earth Sciences*, 76(10), 359.
- [9]- Ghazban, F., Motiei. H., (2009) petroleum geology of the Persian Gulf. University of Tehran press.
- [10]- SINTEF, (2012). MEMW, User manual version 6.6.1, Norway.
- [11]- Atma Nagara, G. (2009). DREAM (Dose-related Risk and Exposure Assessment Model) as a tool to predict biomarker responses in offshore produced water discharge situations. Master's thesis.
- [12]- EIF computational guidelines. (2003) Norwegian oil and gas recommended guidelines. No.084
- [13]- SINTEF (2002). Reed, M., B. Hetland, M.K. Ditlevsen, and N. Ekrol. DREAM Version 2.0. Dose related Risk Effect Assessment Model. Users Manual. SINTEF Applied Chemistry, Environmental Engineering, Trondheim, Norway.
- [14]-Reynolds, R.,(1993). Physical Oceanography of the Persian Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman — Results from the Mt. Mitchell Expedition
- [15]- Kampf, j. Sadrinassab, m. (2006). The circulation of the Persian Gulf: a numerical study. *Ocean Sci.*, 2, 27–41.



بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین سرب، کادمیم، مس و آلومینیم در

رسوبات جنگل‌های مانگرو جزیره قشم

اسماعیل سزاوار^۱، همیرا آگاه^۲، لیدا سلیمی^۳

۱. کارشناس ارشد شیمی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال، گروه علوم و فنون دریایی، شیمی دریا s.sezavar@yahoo.com

۲. استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی aaagah_hom@yahoo.com

۳. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال، گروه علوم و فنون دریایی، شیمی دریا salililida@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه غلظت فلزات سنگین در رسوبات جنگل‌های مانگرو (حرا) در جزیره قشم و بندر خمیر مورد بررسی قرار گرفت. میزان غلظت فلزات آلومینیم (Al)، مس (Cu)، سرب (Pb) و کادمیم (Cd) در نمونه رسوبات پس از هضم اسیدی، توسط دستگاه ICP-AES مورد آنالیز قرار گرفتند. روند کاهشی غلظت فلزات مورد بررسی عبارت بود از: $Al > Cu > Pb > Cd$. مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین با مقادیر عنوان شده در استانداردهای امریکایی و چینی نشان داد که غلظت فلزات فوق بجز کادمیم در سایر موارد کمتر از حد استانداردهای اعلام بوده و در گستره تولید خطر قرار ندارند. غلظت بالای کادمیم در رسوبات جنگل‌های مانگرو در جزیره قشم می‌تواند خطری جدی برای اکوسیستم فوق و آبزیان آن بشمار آید. اگرچه غلظت سایر عناصر در گستره خطر جدی قرار ندارد، اما برای ممانعت از بروز خطر احتمالی در آینده لازم است تا با اعمال مدیریت اکوسیستم جنگل‌های فوق محافظت شود.

کلیدواژه‌ها: آلودگی، فلزات سنگین، جنگی حرا، قشم، خلیج فارس

۱. مقدمه

رشد سریع جمعیت و توسعه مراکز مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی سبب شده تا پسماندها و فاضلابهای شهری، صنعتی و کشاورزی سال به سال افزایش یافته و موجب آلودگی محیط زیست انسان و موجودات آبی گردد. آلودگی اکوسیستم‌های آبی به عنوان یک مشکل زیست محیطی مهم در سراسر دنیا تبدیل شده است. تحقیقات گسترده برای کاهش اثرات آلودگی بر محیط‌های آبی دنیا انجام شده است. به خاطر حساسیت زیاد آب‌های ساحلی به آلاینده‌ها، زیستگاههای ساحلی نسبت به دیگر زیستگاههای دریایی استعداد بیشتری برای اثرات آلودگی دارد [۱]. آلاینده‌های وارده به محیط زیست‌های آبی شامل گستره وسیعی از انواع مواد با ویژگی‌های متفاوت می‌باشند که از جمله می‌توان به فلزات سنگین اشاره نمود. یکی از آلاینده‌های مهم و خطرناک زیست محیطی در اکوسیستم‌های آبی، عناصر سنگین هستند [۲] که از طریق مناطق ساحلی و رودخانه‌ها وارد مصب‌ها و دریاها می‌شوند [۲۸] و سبب ایجاد مشکلات جدی برای محیط زیست بخصوص محیط‌های حساس، مانند جنگل‌های حرا، می‌گردند [۳].

جنگلهای مانگرو در ایران عمدتاً از گونه *Avicennia marina* تشکیل شده که در این مطالعه این گونه به عنوان پایشگر زیستی فلزات سنگین مورد مطالعه قرار می‌گیرد. جانوران جنگل‌های حرا از نظر منشأ به دو دسته تقسیم می‌شوند: الف) جانوران با منشأ خشکی مانند پرندگان حشرات و عنکبوت‌ها و ب) جانوران با منشأ دریایی اعم از درون رسوب زی (پرتاران و سخت پوستان) و بیرون رسوب زی ثابت (اویسترها، کرم‌های لانه‌گزین و بارناکل‌ها) و بیرون رسوب زی متحرک (حلزون‌ها و خرچنگ‌های گرد، ماهیانی مثل گل‌خورک‌ها، لارو میگوهای خانواده پنائیده و مارهای دریایی).

بعضی از فلزات سنگین از جمله مس، سرب و روی به طور طبیعی در آب‌های مصبی و دریایی وجود دارند. در مناطق ساحلی، فلزات سنگین به طور طبیعی به وسیله رودخانه و یا فرسایش بادی و خاکی به دریا انتقال پیدا می‌کنند. به هر حال میزان بالایی از فلزات سنگین در محیط زیست ساحلی و مصب‌ها عموماً در اثر فعالیت‌های انسانی می‌باشد [۴]. بسیاری از فلزات سنگین به طور طبیعی از اجزای متشکله اکوسیستم‌های آبی به حساب می‌آیند [۲۹] و حتی تعدادی از آنها به عنوان میکرونوترینتها (آهن، مس، روی، کبالت، منگنز و مولیبدنیم) در فرایندهای بیولوژیک و در بقای موجودات زنده، نقش مهمی ایفا می‌کنند. با این وجود چنانچه میزان برخی از این عناصر (مس، کرم، روی و نیکل) به دلایل گوناگون از حدود معینی فراتر رود، به عنوان یک عامل سمی عمل کرده و سبب اختلال حیات آبریان می‌گردند زیرا سریعاً سبب بهم خوردن تعادل بوم‌شناختی شده و موجبات زوال زیستی را فراهم می‌سازند [۲۹]. رسوبات و گل‌های مانگرو گنجایش قابل ملاحظه‌ای را در تجمع مواد تخلیه شده در محیط ساحلی به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ذاتی خود دارند [۵].

مرادی و همکاران در سال ۱۳۹۳ [۳۰] تجمع فلزات نیکل و وانادیوم را در رسوبات جنگل‌های مانگرو قشم، طاهری و همکاران در سال ۱۳۹۳ به تعیین غلظت و پراکنش تغییرات مکانی فلزات جیوه، سرب و کادمیوم در رسوبات سطحی را مورد بررسی قرار دادند.

در این مطالعه میزان آلودگی فلزات سنگین در رسوبات جنگل مانگرو منطقه قشم و بندر خمیر مورد بررسی قرار گرفت تا ضمن ارزیابی آلودگی منطقه مقادیر فلزات سنگین با استانداردهای بین‌المللی و سایر منابع آبی دور و نزدیک مقایسه گردد.

۲. روش تحقیق

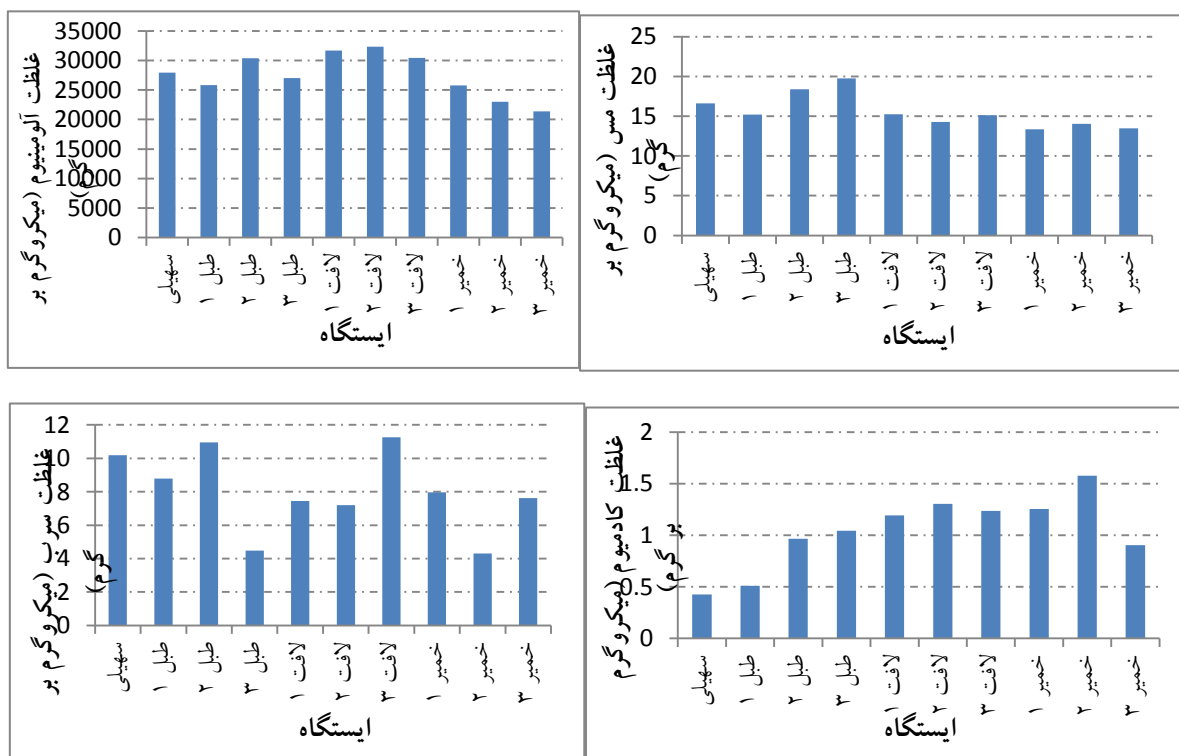
پس از یک بررسی مقدماتی از منطقه مورد مطالعه، عملیات نمونه‌برداری در اردیبهشت ماه ۱۳۹۵ از تعداد ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه از حد فاصل قشم تا بندر خمیر صورت گرفت.

نمونه‌های رسوب از بستر مکان‌هایی جمع‌آوری گردید که نمونه‌های حرا برداشته شدند. نمونه‌های رسوب با سه تکرار، از لایه سطحی ۰-۱۰ سانتی‌متری (اطراف ریشه گیاه) با استفاده از نمونه‌بردار کف برداشت و در ظروف پلی‌اتیلن برچسب‌گذاری شده قرار داده شده و درون یخدان محتوی یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند و تا زمان انجام آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۶].

۱ گرم از نمونه خشک هموزن توسط اسید نیتریک (HNO_3) غلیظ مرک و اسید پرکلریدریک (HClO_4) در طی ۱۲ ساعت در دمای اتاق هضم مقدماتی شده و سپس برای هضم کامل روی دستگاه هضم در دمای ۱۴۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت قرار گرفتند. نمونه‌ها پس از عبور از فیلتر واتمن شماره ۴۲ در بالن ۲۵ میلی لیتر به حجم رسیدند [۷؛ ۸؛ ۹؛ ۱۰]. سنجش غلظت فلزات آلومینیوم، مس، سرب و کادمیم موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه ICP-AES سری ICAP6000 ساخت شرکت Thermo کشور انگلستان صورت گرفت.

۳. نتایج

میانگین فلز آلومینیوم، مس، سرب و کادمیم در رسوبات منطقه به ترتیب 4150 ± 27578 ، $3/33 \pm 15/54$ ، $1/56 \pm 8/02$ و $1/17 \pm 0/04$ میکروگرم بر گرم وزن خشک بودند. مقایسه آماری مقادیر فلزات سنگین بین ایستگاه‌های مختلف نشان داد که بجز آلومینیوم ($ANOVA, P>0.05$) اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها از نظر محتوی این فلز در رسوبات وجود دارد ($ANOVA, P<0.05$) (شکل ۱).



شکل ۱: مقایسه بین غلظت فلزات سنگین در رسوبات

بیشترین میزان کادمیم در رسوبات ایستگاه خمیر ۲ و کمترین میزان آن در رسوبات ایستگاه سهیلی و بیشترین میزان سرب در رسوبات ایستگاه لافت ۳ و کمترین میزان آن در رسوبات ایستگاه خمیر ۲ مشاهده شد (شکل ۱).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

منابع مختلف آلاینده در محدوده جزیره قشم و تنگه هرمز سبب ورود آلودگی‌های گوناگون به اکوسیستم جنگلهای حرا شده است. فعالیت پالایشگاه‌ها و صنایع مختلف در بندر عباس، آلودگی‌های ناشی از تردد فراوان نفت کشتی‌های عظیم در تنگه هرمز، فعالیت‌های مربوط به کشتیرانی، ورود فاضلابها و پسابهای صنعتی و شهری، رشد جمعیت در مناطق ساحلی و ... می‌تواند بار آلودگی فلزی اکوسیستم‌های ارزشمند جنگلهای حرای منطقه را زیاد کرده و مخاطراتی را برای این اکوسیستم و زیست موجودات آن و در نهایت انسان به وجود آورد. لذا داشتن اطلاعات مربوط به آلودگی‌های فلزی برای مدیریت بهینه منطقه و در نتیجه حفظ سلامت این محیط با ارزش دریایی، حائز اهمیت می‌باشد.

رسوبات بستر جنگل‌های حرا در مناطق بین جزر و مدی از جنس سیلتی-رسی بوده و اندازه بسیار ریزی دارند [۱۱]. در رسوبات دانه ریز نسبت سطح به حجم بالا می‌باشد. با افزایش نسبت سطح به حجم در رسوبات و در نتیجه احتمال جذب سطحی بیشتر آلاینده‌ها، پتانسیل رسوبات برای به دام انداختن آلاینده‌ها اعم از آلی و غیر آلی بیشتر خواهد شد. لذا رسوبات بسترهای نرم و گلی، آلاینده‌های بیشتری را نسبت به بسترهای شنی-ماسه‌ای در خود نگه می‌دارند [۱۲].

توالی غلظت فلزات سنگین در رسوبات جنگلهای حرای قشم به صورت $Al > Cu > Pb > Cd$ به دست آمد. این روند نشان می‌دهد که فلز آلومینیوم در رسوبات نسبت به سایر فلزات دارای غلظت بیشتری می‌باشد و فلز کادمیم کمترین تجمع را در رسوبات منطقه داشته است. توالی بدست آمده در این بررسی با مطالعات انجام شده در جنگلهای حرای ایران توسط محققین دیگر [۱۳، ۳۱] و همچنین با مطالعات انجام شده در سایر نقاط دنیا [۱۷، ۱۶، ۱۵، ۱۴] مطابقت داشت.

میانگین آلومینیوم در رسوبات منطقه ۲۷۵۷۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. آلومینیوم زیاد موجود در رسوبات جنگلهای حرای قشم، حاکی از میزان نسبتاً زیاد رس در این رسوبات است. بر طبق مطالعات صورت گرفته اصولاً مقدار میانگین آلومینیوم در پوسته زمین بالا بوده و به دلیل این که این عنصر سومین عنصر فراوان (۸،۱٪) و جزء اصلی پوسته زمین می‌باشد، لذا مقادیر بالای آلومینیوم در رسوب نمی‌تواند دلیلی بر وجود آلودگی آلومینیومی باشد.

خراسانی و همکاران در سال ۱۳۸۴، میانگین غلظت مس در رسوبات سواحل استان هرمزگان را حدود ۴۸/۴۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش نمودند. De More و همکاران [۱۹] در سال ۲۰۰۴، غلظت فلز مس را در رسوبات سواحل امارات، قطر و عمان در محدوده ۲/۵۰ تا ۴/۵۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک بیان کردند. آن‌ها غلظت مس را در رسوبات سواحل بحرین حدود ۱۵/۴۵ میکروگرم بر گرم وزن خشک، برآورد نمودند. عظیمی و همکاران در سال ۱۳۹۰، میانگین فلز مس در رسوبات ماهشهر را ۱۷/۲۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک گزارش نمودند. آلودگی مس در محیط‌های دریایی عموماً بر اثر فعالیت‌های صنعتی و ورود فاضلاب رخ می‌دهد [۱۸].

Zhou و همکاران [۲۰] در سال ۲۰۰۷ غلظت فلزات سنگین سرب و مس را در رسوبات سواحل هنگ کنگ مورد بررسی قرار دادند. آنها عامل اصلی افزایش غلظت فلزات در این سواحل را فاضلاب‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و تعمیر کشتی‌ها، کارخانه‌های آبکاری الکترونیکی و منسوجات، تخلیه سوخت‌های کشتی‌ها، صنایع شیمیایی و فرسایش ناشی از هوازدهی سنگ‌ها دانستند. De Astudillo و همکاران در سال ۲۰۰۵ غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم و مس را در رسوبات سواحل خلیج Paria که به‌وسیله دو کشور ترینیداد و ونزوئلا احاطه شده است را اندازه‌گیری کردند و دریافتند که رسوبات، دارای غلظت-های بالایی از این فلزات سنگین هستند که علت آن را ورود این آلاینده‌ها از طریق فاضلاب‌های شهری و صنعتی به منطقه عنوان کردند.

مقادیر فلز کادمیم در رسوبات منطقه، بسیار کم‌تر از مقادیر سایر فلزات مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. دلیل احتمالی غلظت کم کادمیم در رسوبات، حلالیت بالای این فلز در آب می‌باشد [۲۱].

ROPME, 2003 [۲۲] میزان کادمیم را در محدوده دریایی راپمی (خلیج فارس و دریای عمان) در دامنه ۰/۱ تا ۰/۷ میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین نموده است.

در جدول ۱ غلظت برخی فلزات سنگین مهم در رسوبات بستر جنگل‌های حرای قشم با رسوبات دریایی سایر نقاط دنیا مقایسه شده است.

جدول ۱: مقایسه غلظت برخی فلزات سنگین در رسوبات جنگل‌های حرای قشم با مقادیر استاندارد و سایر نقاط دنیا

منطقه	Al	Cd	Cu	Pb	منبع
سنگاپور	-	۰/۲۷	۳۲	۳۱	[۲۳]
چین	-	۰/۳	۴۴	۵۰	[۲۴]
مصر	۹۸۷۳-۵۹۲۰۴	۰/۶-۲/۴	-	۳۸-۱۰۷۰	[۲۵]
ایالات متحده	۴۷۳۰۰-۸۲۰۰۰	-	-	۱۸-۲۶۳	[۲۵]
ایران (خلیج ناپیند)	-	۱/۴	۴۸	۴۹	[20]
استاندارد چین	-	۱/۵	۱۰۰	۱۳۰	[۲۶]
استاندارد آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا	-	۴/۲	۱۰۸	۱۱۲	[۲۷]
مطالعه حاضر	۲۷۵۷۸	۱	۱۵,۵	۸	جنگلهای حرای قشم

نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات آلومینیوم، کادمیم، مس و سرب در رسوبات بستر جنگل‌های حرای قشم با برخی از استانداردهای کیفیت رسوب ۸ در جهان از جمله با استانداردهای کیفیت رسوب آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا و استاندارد کیفیت رسوب چین، مقایسه شد.

مقایسه مقادیر فلزات در رسوبات بستر جنگل‌های حرای قشم با استانداردهای آمریکا و چین نشان داد که غلظت این فلزات به جز فلز کادمیم کمتر از حدود این استانداردها بود. بنابراین غلظت این فلز در رسوبات جنگل‌های حرای قشم به حد بحرانی نرسیده است. غلظت‌های بالای کادمیم در رسوبات منطقه، می‌تواند تبدیل به خطری جدی برای سلامتی اکوسیستم و موجودات آبی آن شوند. گرچه میزان این عنصر در منطقه در حد بسیار خطرناک و فوق بحرانی نیست اما بایستی جهت پیشگیری از تبعات آلودگی فلزات سمی و پایدار محیط زیست، با مدیریت کارآمدتر و نظارت‌های قوی تر، از اکوسیستم ارزشمند جنگل‌های حرای قشم حفاظت نماییم.

منابع

- [۱] دبیری، م، ۱۳۸۵. آلودگی محیط زیست (آب- خاک- هوا- صوت). نشر اتحاد، چاپ چهارم. ۳۹۹ ص.
- [۲۹] اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۴. آلاینده ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. انتشارات نقش مهر، تهران، ایران. ۷۶۷ ص.
- [۲] مرادی، م، رضوی، ز، حیدری خسرو، ع، محبوبی صوفیانی، ن، ۱۳۹۱. اثر ویژگیهای رسوب بر تجمع و نرخ انتقال فلزات سنگین در درختان مانگرو (مطالعه موردی: خلیج ناپیند و جزیره قشم). بوم شناسی کاربردی (۸): ۷۹ - ۹۰.
- [۳] حمزه، م ع، بومری، م، رضایی، ح، بسکله، غ. ر، ۱۳۹۰. ژئوشیمی زیست محیطی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج گواتر، منتهی الیه جنوب شرقی ایران. اقیانوس شناسی (۱۰): ۱۱-۲۰.
- [4]- Morrissey, D. J., Turner, S. J., Mills, G. N., Williamson, R. B. and Wise, B. E., 2003. Factor affecting the distribution of benthic macrofauna in estuaries contaminated by urban runoff. *Marine Environmental Research* 55(2), 113-136.
- [5]- Fisher, N.S., Teyssie, J.-L., Fowler, S.W. and Wang, W.-X., 1996. Accumulation and retention of metals in mussels from food and water: a comparison under field and laboratory conditions. *Environmental Science and Technology* 30 (11), 3232-3242.
- [6]- Birch GF, Taylor SE., 2002. Assessment of possible toxicity of contaminated sediments in Port Jackson, Sydney, Australia. *Hydrobiologia*;472: 19-27.
- [7]- Lionetto, M.G., R. Caricato, M.E. Giordano, M.F. Pascariello, L. Mar-inosci and T. Schettino. 2003. Integrated use of biomarkers (acetylcholinesterase and antioxidant enzymes activities) in

Mytilus galloprovincialis and *Mullus barbatus* in an Italian coastal marine area, *Marine Pollution Bulletin* 46 (3): 324–330.

[8]- Subandar, A. S. Alhazeem, H. and Alsaffer, A. H., 2001. Mangrove replanting Scheme in Kuwait: An Evaluation and advantages. In: *Mangrove Ecosystems: Natural Distribution. Biology and Management.* (eds. R. B. Narayana, K. T. Faisal and Al-Nasser A.). Kuwait Institute for Scientific Research. pp. 219-234.

[9]- MacFarlane, G. R., Pulkownik, A. and Burchett, M. D., 2003. Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. *Environmental Pollution*, 123: 139–151.

[10]- Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G., Omar, H., 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. *Environment International* 28:117–128.

[11]- Al Abdali M., Massoud M.S. and Al-Ghadban A.N., 1996. Bottom sediments of the Persian Gulf III. Trace metal contents as indicators of pollution and implications for the effect and fate of the Kuwait oil slick. *Environmental Pollution*, 93(3): 285-301.

[12]- Rajendran K., Sampathkumar P., Govindasamy C., Ganesan M., Kannan R. and Kannan L., 1993. Levels of trace metals (Mn, Fe, Cu & Zn) in some Indian seaweeds. *Marine Pollution Bulletin*, 26:283-285.

[13]- Ganesan M., Kannan R., Rajendran K., Govindasamy C., Sampathkumar P. and Kannan L., 1991. Trace metals distribution in seaweeds of the Gulf of Mannar, Bay of Bengal. *Marine Pollution Bulletin*, 2:205-205.

[14]- Zahed, M. A., Rouhani, F., Mohajeri, S., Bateni, F. and Mohajeri L., 2010. An overview of Iranian mangrove ecosystems, northern part of the Persian Gulf and Oman Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 30: 240–244.

[15]- De Mora, S., and Sheikleslami, M. R., 2002. Contaminant screening program. Final report. *Interpretation Of Caspian Sea Sediment Data*. 27p.

[16]- Pakzadtoochaei, S., 2013. Comparing the concentration of heavy metals (Cd, Cu, Ni and Zn) in the sediment and different tissues of *Avicenna marina* in Iranian coasts of the Oman sea. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4 (3): 561-569.

[17]- Mc Cready, S., Birch, G. F., Long, E. R., 2006. Metallic and organic contaminants in sediments of Sydney Harbour, Australia and vicinity — A chemical dataset for evaluating sediment quality guidelines. *Environment International* 32:455 – 465.

[18]- Perdomo, L.; Ensminger, I.; Espinos L.F.; Elsters, C.; Wallner-Kersanach, M.; Schnettters, M.L., 1998. The mangrove ecosystem of the Cie'naga Grande de Santa Marta (Colombia): Observations on regeneration and trace metals in sediment. *Marine Pollution Bulletin*. 37: 393–403.

[19]- Zheng, S., Zheng, D., Liao, B. and Li, Y., 1997. Tideland pollution in Gungdong province of china and mangrove afforestation. *Forest Research*, 10(6): 639-649.

[20]- Nejatkhah Manavi, P., 2013. Heavy Metals in Water, Sediment and Macrobenthos in the Interdidal Zone of Hormozgan Province, Iran. *Marine Science*, 3(2): 39-47.

[21]- Hickey, B.A., 1992. *Perna canaliculus* as biomonitor of water quality: metal accumulation and health indicator. Aucklan, University of Auckland.

- [22]- De Mora, S., Fowler, S. W., Wyse, E. and Azemard, S., 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the (Persian) Gulf and Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin* 49,410–424.
- [23] Zhou, F.; Gou, H.; Hao, Z., 2007. Spatial distribution of heavy metals in Hong Kong's marine sediments and their human impacts: A GIS-based chemo metric approach. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1372–1384.
- [24] Warren, L.A., 1998. Modeling cadmium accumulation by benthic invertebrates in situ: the relative contributions of sediment and overlying water reservoirs to organism cadmium concentrations. *Limnology and Oceanography*, 43: 1442–1454.
- [25] ROPME, 2003. State of the marine environment report. Regional Organization for Protection of Marine Environment, Kuwait. 217p.
- [26] Cuong, D.T., S. Bayen, O.Wurl, K. Subramanian, K.K.S. Wong, N. Sivasothi and G.PH. Obbard. 2005. Heavy metal contamination in mangrove habitats of Singapore. *Marine Pollution Bulletin* 50: 1713–1744.
- [27] Zhang, L. P., Y. Xin, F. Huan, Y.H. Jing, T. Ouyang and X.T. Yu. 2007. Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. *Marin Pollution Bulletin* 54: 974–982.
- [28] Mostafa, A.R.; Barakat, A.O.; Wade, T.L.; Qian, Y.; Yuan, D.X., 2004. An overview of metal pollution in the western Harbor of Alexandria Egypt, *Soil and sediment contamination*, 13: 229-311.
- [29] CSBTS (China State Bureau of Quality and Technical Supervision). 2002. The People's Republic of China National Standards GB 18668-2002. *Marine Sediment Quality*. p10.
- [30] USEPA-Region II, USACE-New York District, USDOE-BNL. 1999. Fast Track Dredged Material Decontamination Demonstration for the Port of New York and New Jersey. In: Report to Congress on the Water Resources and Development Acts of 1990 (Section 412), 1992 (Section 405C) and 1996 (Section 226). EPA 000-0-99000.



بررسی میزان فلزات سنگین ضروری مس، روی و آهن در بافت عضله ماهیان شیر و قباد در بندربوشهر

عبیدی، رزاق^{۱*}، دولاح، عبدالحسن^۲

۱. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

۲. گروه پرستاری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، اهواز، ایران

* rasagh.obeidi@gmail.com

چکیده

به منظور اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات سنگین مس، روی و آهن در بافت عضله ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) و قباد (*Scomberomorus guttatus*) در بندربوشهر در سال ۱۳۹۵ این پژوهش انجام گرفت. برای نمونه‌برداری تعداد ۲۰ عدد ماهی شیر و ۲۰ عدد ماهی قباد به صورت کاملاً تصادفی از بندر بوشهر صید شد. بعد از بیومتری، بافت عضله نمونه‌ها جداسازی و هضم شیمیایی آنها به روش MOOPAM انجام گرفت و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی مدل (AA 100) میزان غلظت فلزات مس، روی و آهن در بافت‌ها اندازه‌گیری شد. مقایسه نتایج حاصل شده با استانداردهای بین‌المللی نشان داد که غلظت فلزات سنگین مس و روی در بافت عضله ماهی شیر و قباد در منطقه مورد مطالعه پایین‌تر از حد مجاز استانداردهای WHO، FAO، NHMRC و UK(MAFF) بود ولی میزان غلظت فلز آهن بیشتر از میزان مجاز استاندارد (FDA) بود.

کلیدواژه: فلزات سنگین، بندربوشهر، ماهی شیر، ماهی قباد

۱. مقدمه

امروزه آلودگی اکوسیستم‌های آبی به خصوص آلودگی دریاها از مسائل تهدیدکننده‌ای است که بشر با آن مواجه است (Barbieri and Elisangela, 2009). بندر بوشهر در جنوب غربی ایران و حاشیه خلیج فارس واقع گردیده است (عبیدی و همکاران، ۱۳۹۶). این بندر به علت موقعیت جغرافیایی و اقلیمی خاص خود و داشتن مرز مشترک با خلیج فارس دارای توان اکولوژیک منحصر به فردی بوده و با توجه به منابع متعدد از جمله نفت، گاز و پتروشیمی از لحاظ ایجاد آلودگی خصوصاً فلزات-سنگین حائز اهمیت بسیار بالایی می‌باشد (Rao, 1988). فلزات سنگین در شکل‌های گوناگون و غلظت‌های متفاوت به محیط راه می‌یابند و نه تنها موجودات آبی و ماهیان را تهدید می‌کنند، بلکه موجب بروز تغییرات در اکوسیستمی که انسان با محیط اطرافش تشکیل داده و خود در راس آن قرار دارد، می‌شوند (آقازاده مشگی، ۱۳۸۰). اندام‌های ماهی در برابر مسمومیت با فلزات-سنگین حساس‌اند و در این میان عضله به دلیل اینکه نقش مهمی در تغذیه انسان دارد صدمات اصلی را متحمل شود (Stoskopf, 1993). فلزات سنگین ضروری از اهمیت خاصی برای انسان برخوردارند با این حال مصرف مقادیر بیش از حد مجاز

آن برای بدن خطرناک است (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱) و به میزان اندک برای ماهی‌ها ضروری هستند (Leatherland and Woo, 1998). مس و روی از عناصری هستند که باعث کاهش جذب آهن می‌شوند (Van-Dujin, 2000).

ماهیان شیر (*Scomberomorus commerson*) و قباد (*Scomberomorus guttatus*) از با ارزش‌ترین ماهیان خوراکی آب‌های مناطق حاره محسوب می‌شوند و نقش مهمی در برنامه غذایی انسانی دارند (صادقی، ۱۳۸۰). ماهی‌ها موجودات مناسبی برای برنامه‌های کنترل فلزات سنگین در محیط‌های دریایی هستند، زیرا نمونه‌برداری، آماده‌سازی نمونه‌ها و آنالیز شیمیایی آن‌ها ساده، سریع و کم هزینه می‌باشد (Jaffar et al., 1998). در ایران پژوهش‌های بسیاری در خصوص اندازه‌گیری فلزات سنگین در آبزیان خصوصاً ماهیان انجام شده است که از دیدگاه سلامت انسان و بهداشت عمومی بسیار مهم هستند. بنابراین این تحقیق به جهت اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات سنگین مس، روی و آهن در بافت عضله ماهیان شیر و قباد در بندر بوشهر و مقایسه آن با استانداردهای جهانی صورت پذیرفت.

۲. مواد و روش‌ها

تحقیق صورت گرفته در صیدگاه بندر بوشهر انجام پذیرفته است. برای نمونه‌برداری، در سال ۱۳۹۵ تعداد ۲۰ قطعه ماهی شیر و ۲۰ قطعه ماهی قباد به صورت تصادفی از بندر بوشهر صید شد. بعد از بیومتری، بافت عضله نمونه‌ها جداسازی و هضم شیمیایی آنها به روش موپام انجام گرفت (MOOPAM, 1999) و با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی VARIAN مدل (AA 100) میزان غلظت فلزات مس، روی و آهن در بافت عضله اندازه‌گیری شد.

۳. نتایج

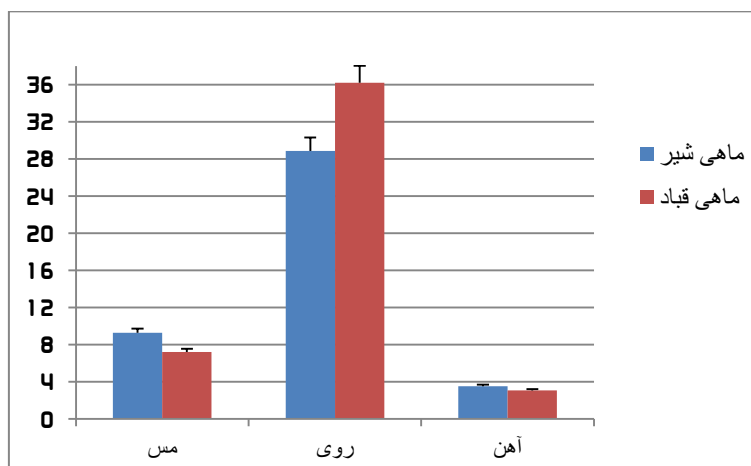
در این تحقیق بافت عضله ۲۰ قطعه ماهی شیر با میانگین وزنی ۱۳۴۷/۲ گرم و میانگین طولی ۶۲/۸ سانتی‌متر و همچنین ۲۰ قطعه ماهی قباد که دارای زیست‌سنجی با میانگین وزنی ۶۴۷/۷۶ گرم و میانگین طولی ۴۵/۹۵ سانتی‌متر بود جهت اندازه‌گیری مقدار فلزات مس، روی و آهن مورد نمونه‌برداری قرار گرفتند (جداول ۱ و ۲). میانگین نتایج آنالیز فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان شیر و قباد بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بدست آمد (شکل ۱). طی این پژوهش بر اساس آزمون T-test میزان تجمع فلزات مس و روی در بین بافت عضله ماهیان شیر و قباد دارای اختلاف معنی‌داری هستند ($P < 0.05$) ولی میزان فلز آهن بین بافت عضله هر دو گونه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($P > 0.05$).

جدول ۱: خلاصه نتایج زیست‌سنجی ماهی شیر (*Scomberomorus commerson*) در بندر بوشهر (N=۲۰)

متغیرها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
وزن کل (گرم)	۱۳۴۷/۲	۳۴۳/۴۹۹	۹۲۰	۲۱۰۸
طول کل (سانتی‌متر)	۶۲/۸	۵/۵۷۳	۵۵	۷۵

جدول ۲: خلاصه نتایج زیست‌سنجی ماهی قباد (*Scomberomorus guttatus*) در بندر بوشهر (N=۲۰)

متغیرها	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
وزن کل (گرم)	۶۴۷/۷۶	۲۰۳/۱۰۱	۳۸۰	۱۰۱۰
طول کل (سانتی‌متر)	۴۳/۹۵	۵/۰۵۷	۳۶	۵۲/۵



شکل ۱: میزان فلزات مس، روی و آهن در بافت عضله ماهیان شیر و قباد در بندر بوشهر (بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)

۴. جمع بندی و نتیجه گیری

به طور کلی عادات تغذیه‌ای، سن، طول، وزن، نیازهای اکولوژیکی، غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب، مدت زمان ماندگاری ماهی در محیط آبی، خواص فیزیکی و شیمیایی آب، فصل صید و گونه ماهی از عوامل موثر در میزان تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی هستند (Canli and Atli, 2003). ماهیان شکارچی و گوشت‌خوار در انتهای زنجیره غذایی اکولوژیکی قرار دارند و بنابراین غذای آن‌ها حاوی مقادیری از فلزات سنگین در نتیجه تجمع زیستی (Bioaccumulation) و بزرگنمایی زیستی (Biomagnification) می‌باشد (عسکری ساری و ولایت زاده، ۱۳۹۲). مقایسه نتایج به دست آمده با استانداردهای بین‌المللی نشان داد که میزان فلزات مس و روی کمتر از حد مجاز اعلام شده توسط سازمان‌های WHO، FAO، NHMRC و UK(MAFF) است ولی میزان فلز آهن از حد مجاز سازمان FDA بیشتر است (جدول ۳). پیشنهاد می‌گردد با پایش‌های مداوم تمامی آلاینده‌های محیطی در آب، رسوب و آبزیان خلیج فارس در جهت لزوم اطمینان از سلامت مصرف سایر آبزیان صورت پذیرد تا با شناسایی دقیق منابع آلاینده اقدام به کنترل این منابع شود.

جدول ۳: میانگین غلظت فلزات سنگین مس، روی و آهن در بافت عضله ماهیان شیر و قباد و مقایسه با استانداردهای بین‌المللی (mg/kg dry weight)

استانداردها	مس	روی	آهن
WHO (Biney and Ameyibor, 1992; Madany <i>et al.</i> , 1996)	۱۰	۱۰۰	-
FAO (Burger and Gochfeld., 2005)	۳۰	۵۰	-
NHMRC (Maher, 1986; Darmono and Denton, 1990)	۱۰	۱۵۰	-
UK(MAFF) (Colling <i>et al.</i> , 1996; Mormede and Davies, 2001)	۲۰	۵۰	-
FDA (Colling <i>et al.</i> , 1996)	-	-	۰/۵
ماهی شیر (مطالعه حاضر)	۹/۲۸	۲۸/۸۶	۳/۵۱
ماهی قباد (مطالعه حاضر)	۷/۲۱	۳۶/۲	۳/۰۷

منابع

- [۱] عبیدی، ر.، پذیرا، ع. ا.، قنبری، ف. و مغدانی، س.، ۱۳۹۶. تعیین میزان غلظت فلزات سنگین نیکل و کادمیوم در بافت‌های عضله و کبد ماهی سنگرمعمولی (*Pomadasys kaakan*) در بندر بوشهر. مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۱): ۵۵-۶۶.
- [3] Rao, M.S., 1988. Animals Dictionary of Geography. Animal publication, New Delhi.
- [۲] آقازاده‌مشگی، م.، ۱۳۸۰. عوامل میکروبی مولد فساد در ماهی و فرآورده‌های آن. سمینار دوره دکترای تخصصی بهداشت مواد غذایی. دانشکده علوم تخصصی دامپزشکی. واحد علوم و تحقیقات. ۲۳ صفحه.
- [۳] اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱. آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد محیط زیست. انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، ۷۶۷ ص.

[۴] صادقی، س.ن.، ۱۳۸۰. ویژگی‌های زیستی و ریخت‌شناسی ماهیان جنوب ایران (خلیج فارس و دریای عمان). انتشارات نقش مهر، چاپ اول، تهران، ۴۳۲ صفحه.

[۵] عسکری‌ساری، ا. و ولایت‌زاده، م.، ۱۳۹۲. تجمع زیستی فلزات سرب و روی در کبد و عضله کپور (*Cyprinus carpio*)، ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کفال طلایی (*Liza auratus*) بازار تهران. مجله بهداشت مواد غذایی، ۸۹-۹۹: ۳(۱).

[6] Barbieri, E.; Elisangela, D.A.P., 2009. Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (*Larus dominicanus*) sampled in the Brazilian coast. *Environmental Monitoring and Assessment*, 169: 631-638.

[7] Stoskopf, M.K., 1993. Fish medicine. WB: Saunders Co, London, England. 882 pp.

[8] Leatherland, J.F. and Woo, P.T.K., 1998. Fish diseases and disorders. Vol 2: Non- infectious Disorders CABI publishing: New York, USA., 386 pp.

[9] Van-Duijn, J.R.C., 2000. Diseases of fishes in Delhi, India, Narendra Publishing House., 174 pp.

[10] Jaffar, M.; Ashraf, M.; Rasool, A., 1998. Heavy metal contents in some selected local fresh water fish and relevant waters. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 31(3): 189-193.

[11] MOOPAM, 1999. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods, Regional Organization for the Protection of Marine Environment: Kuwait, ROPME, 220 pp.

[12] Canli, M.; Atli, G., 2003. The relationships between heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121(1): 129-136.

[14] Biney, C. A. and Ameyibor, E., 1992. Trace metal concentrations in the pink shrimp, *Penaeus nobilis* from the coast of Ghana. *Water Air Soil Pollution*. 63: 273-279.

[15] Madany, I.M. Wahab, A.A.A. and Al-Alawi, Z., 1996. Trace metals concentration in marine organisms from the costal areas of Bahrain, Persian Gulf. *Water, Air, and Soil pollution*, 91(3-4): 233-248.

[16] Burger, J. and Gochfeld, M., 2005. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environmental Research*, 99(3): 403-412.

[17] Maher, W. A., 1986. Trace metal concentrations in marine organisms from St. Vincent Gulf, South Australia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 29(1): 77-84.

[18] Darmono, D. and Denton, G. R. W., 1990. Heavy metal concentrations in the banana prawn, *Penaeus merguensis*, and leader prawn, *P. monodon*, in the Townsville region of Australia. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 44(3): 479-486.

[19] Collings, S.E. Johnson, M.S. and Leach, R.T., 1996. Metal contamination of angler - caught fish from the Mersey Estuary. *Marine Environmental Research*, 41(3): 281- 297.

[20] Mormede, S. and Davies, I.M., 2001. Heavy metal concentrations in commercial deep-sea fish from Rock all trough. *Continental Shelf Research*, 21(8-10): 899-916.



بررسی اثر فلزات سنگین بر ناهنجاری ماهی

صادقی، پروین*، افسا الهه

گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران
* parvin.sadeghi@gmail.com

چکیده:

آلودگی آب توسط فلزات سنگین، فرآیندهای بیولوژیکی مختلفی در ماهی از جمله رشد و تکامل را تحت تاثیر قرار می‌دهد. فلزات سنگین با بسیاری از ناهنجاریهای ماهی در جمعیت‌های طبیعی و همچنین در نمونه‌های آزمایشگاهی مرتبط می‌باشد. ناهنجاری دارای اثرات مخربی بر جمعیت‌های ماهی می‌باشد، به طوریکه بر روی بقا، نرخ رشد و شکل ظاهری تاثیر می‌گذارد. اگرچه در رابطه با مرحله جنینی در معرض قرار گرفتن فلزات سنگین به طور گسترده مطالعاتی صورت گرفته است، اما اطلاعات زیادی در مورد لارو ماهیان و ماهیان بالغ وجود ندارد. در مقاله حاضر، اطلاعات موجود در رابطه با اثرات فلزات سنگین بر تغییر شکل لارو ماهیان (ناهنجاری) در نقاط مختلف دنیا بررسی شده است. به‌منظور ارزیابی پیامدهای بلند مدت مسمومیت با فلزات سنگین بر اندامهای ماهی و ارتباط این عوامل با آلاینده‌های محیطی، استفاده از ناهنجاری ماهی بعنوان نشانگرهای زیستی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلید واژه: فلزات سنگین، ناهنجاری، ماهی

۱. مقدمه

آلاینده‌های موجود در آب پس از جذب و تجمع در اندامهای ماهی باعث اختلالاتی در ساختار و عملکرد بافت‌ها و اندامهای مختلف می‌شوند [1]. فلزات سنگین سبب ناهنجاریهای بسیاری در جمعیت‌های طبیعی و همچنین در نمونه‌های آزمایشگاهی می‌شود [2]. اختلال در رشد و نمو جنین ممکن است در نتیجه نفوذ فلزات سنگین در سلولهای جنسی والدین باشد [1]. همچنین قرارگیری در معرض فلزات سنگین اغلب باعث افزایش سطوح غلظت این فلزات در گنادها می‌شود که این خود باعث تاثیر سو بر تخم و لارو می‌گردد [1]. کمبود فلزات ضروری می‌تواند باعث تاثیرات سوء بر سلامت شود در حالیکه غلظت بالای آن نیز می‌تواند اثرات منفی معادل یا بیشتر از فلزات غیر ضروری داشته باشد [3]. در میان آنها بیشترین مطالعه که منجر به تغییر شکل ماهی شده است بر روی فلزات مس، سرب، روی، جیوه و کروم صورت گرفته است. اعتقاد بر این است بیشترین دسترسی زیستی فلزات سنگین که باعث سمیت می‌شود بخاطر فرم‌های یونی حل نشده است [4]. میزان سمیت فلزات به نوع فلز، نوع گونه و مراحل مختلف زندگی موجود زنده وابسته است. جذب فلزات سنگین به طور عمده از آبشش‌ها و دستگاه گوارش و به میزان کمتر از طریق پوست صورت می‌گیرد [3]. فلزات سنگین در بافت جانوران آبی تجمع می‌یابد و زمانیکه غلظت آنها به آستانه مشخصی برسد سمیت ایجاد می‌کنند. از سوی دیگر، تغییر شکل ماهی اثرات مخربی بر جمعیت ماهی دارد زیرا بقا،

نرخ رشد، مورفولوژی خارجی ماهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد [5]. برخی از ناهنجاریهای شایع در ستون مهره‌ها [6]، کیسه شنا [7]، ناحیه سفالی [8] و باله‌ها [9] گزارش شده است. تغییر شکل ماهی (بخصوص ماهیان استخوانی) بسیار مهم است چرا که در توانایی تعامل موجودات با طبیعت نقش دارد. یک مثال واضح توانایی شنا کردن است که یک ویژگی مهم در طول زندگی ماهی است که میتواند در اقدامات دیگر مانند شکار طعمه، گریز از شکارچی، مهاجرت و موارد دیگر تاثیر گذار باشد. علاوه بر این، فلزات سنگین باعث فعال شدن فرآیندهای سم‌زدایی در ماهی می‌شود که این امر نیز باعث مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انرژی لازم برای رشد می‌شود [10]. طی دهه‌های گذشته، محققین پیشنهاد داده‌اند که از تغییر شکل ماهیان می‌توان به‌عنوان نشانگرهای زیستی استفاده کرد [11]. اعتقاد بر این است که ارزیابی ناهنجاری‌های مورفولوژیکی، به دلیل سهولت تشخیص و انجام آزمایش، یکی از بهترین روشها به منظور مطالعه اثرات آلودگی در ماهی در مقابل سایر نشانگرها است [12]. در بسیاری از موارد، تغییر شکل ماهی بسیار آسان قابل تشخیص است (حتی به صورت چشمی) و در نتیجه یک مزیت فوق العاده دیگر در مقایسه با روشهای دیگر، به ویژه برای محققینی که در این زمینه و به دور از تجهیزات آزمایشگاهی فعالیت می‌کنند، ایجاد می‌نماید.

۲. روش تحقیق:

جهت بررسی تغییرات ناهنجاری در ماهی غلظت‌های مختلف از فلزات سرب، جیوه، روی مورد نیاز است که بسته به گونه و سن ماهی و اهمیت فلز انتخاب می‌گردند. برای مثال جهت پایش اثرات سرب بر ماهی *Acipenser sinensis*، ماهی مورد نظر در معرض سه غلظت ($0.2 \mu\text{g/l}$ ، $0.8 \mu\text{g/l}$ و $1.6 \mu\text{g/l}$) برای دوره ۱۱۲ روزه (از تخم تا نوزادی) قرار گرفته است [13]. انتخاب غلظتهای مربوطه پس از انجام تست LC_{50} انجام می‌شود. پس از طی مدت زمان مذکور تغییر شکل و ناهنجاری ماهی با استفاده از مطالعات میکروسکوپی و میکروسکوپی ثبت گردید.

۳. نتایج و بحث:

همانطور که مشاهده می‌شود مجموعه‌ای از تاثیرات القایی سرب، روی، کروم و جیوه بر روی تغییر شکل ماهی در جدول ۱ آمده است. سرب یک فلز سنگین پایدار بوده که بعنوان ماده اولیه مخاطره آمیز شناخته می‌شود. با این حال سرب یک ماده طبیعی می‌باشد، افزایش تجمع محیطی این ماده به طور محسوس بوسیله منابع انسانی صورت گرفته که این منابع شامل معادن پایه فلز، باتری سازی، رنگ های پایه سرب و بنزین دارای سرب، می باشد [14]. تجمع و دسترسی زیستی سرب به طور عمده به جذب توسط رسوبات و مواد ارگانیک طبیعی حاوی آب و همچنین pH، سختی و قلیابیت بستگی دارد [14]. سمی ترین شکل سرب در آب یون آزاد دو ظرفیتی سرب (Pb^{2+}) است [14]. تاثیرات سمی سرب روی ماهیان شامل اختلال در تنظیم یونهای سدیم، کلر و کلسیم است، از سوی دیگر اثر عمده سمی مزمن سرب، ماهی ها را در معرض اختلالات عصبی و خونی قرار می دهد [15]. در مطالعه Osman و همکاران در سال ۲۰۰۷ جنین گربه ماهی آفریقایی در معرض سرب را (غلظت های ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ $\mu\text{g/l}$ از نیترات سرب) قرار داده شد. لاروها در زمان های ۴۸، ۹۶، ۱۴۴ و ۱۶۸ ساعت پس از لقاح مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج این مطالعه نشان داد که قرارگرفتن در معرض نیترات سرب موجب تاخیر تدریجی در تفریخ و کاهش درصد شکل گیری جنین می شود. در حالیکه ۷۵٪ از تخم درآمدن در گروه کنترل و ۴۰٪ در گروه در معرض ۵۰۰ $\mu\text{g/l}$ سرب، با موفقیت کامل بوده است. چهار تغییر شکل عمده (شکل نامنظم سر، ورم پریکاردیال، ورم کیسه زرده و نقص نخاعی) و دو تغییر فرعی (نقصان خمیدگی باله دمی و کاهش تجمع رنگدانه ها) مشاهده شد که نوسان افزایش آنها به طور محسوسی همراه با افزایش غلظت سرب در تمام مراحل بوده است. تمام تغییر شکل ها در زمان مواجه شدن جنین با غلظتهای ۵۰۰ $\mu\text{g/l}$ و ۳۰۰ گزارش شده است [16]. فلز روی یک ریز مغذی ضروری است که اکثراً در بیشتر سلول ها یافت شده و پس از آهن فراوانترین عنصر

ضروری می باشد. روی یک کاتالیزت تنظیمی برای تعدادی از متالوآنزیم‌ها بوده و همچنین برای متابولیسم مولکول‌های بیولوژیک شامل پروتئین‌ها اسیدهای نوکلئیک مورد نیاز است. بعلاوه، روی در بسیاری از عملکردهای پیچیده مثل سیستم ایمنی، انتقال عصبی و سیگنال‌دهی سلولی مشارکت دارد [17]. مطالعه‌ای در مورد مواجهه روی با مراحل اولیه زندگی ماهی رنگین کمان خال قرمز استرالیایی انجام دادند. غلظت‌های مورد استفاده روی ۰/۳۳، ۱، ۳/۳، ۱۰ و ۳۳/۳۳ میلی گرم بر لیتر بود. سن جنین‌ها ۳، ۴۶ و ۹۲ ساعت (پس از لقاح) بود، مشاهده شد که روی بر تفریح تخم، زنده ماندن لارو و تغییر شکل ستون فقرات تاثیرگذار بوده است. با افزایش غلظت و کاهش سن جنین، نتایج مضر آزمایش بیشتر آشکار گردید. نمونه‌های تغییر شکل یافته (تنها شامل تغییر شکل‌های ستون فقرات) به ۲۷٪ در جمعیت رسیده بود [18].

کروم یک عنصر فراوان در محیط زیست است که بسته به مشخصات فیزیکی و شیمیایی به دو شکل اصلی در محیط یافت می شود: فرم شایع سه ظرفیتی و فرم سمی تر شش ظرفیتی که از منابع انسانی مثل زباله‌های صنعتی تولید می‌شود. ورود پسابها می تواند باعث حضور کروم شش ظرفیتی در آبهای اطراف ماهیان شود که بطور بالقوه توانایی آسیب رساندن به ماهی را دارد [19]. کروم به غیر از اینکه به عنوان یک ماده سرطان زا در گروه یک طبقه بندی شده گزارش شده که تعدادی عوارض جانبی نیز بر روی اندام‌های ماهی به جا می گذارد. ماهی کروم را از طریق گوارش یا آبشش‌ها جذب و در بافت‌های خود، بخصوص کبد، ذخیره می کند که این شرایط باعث می شود غلظت‌های بالاتری نسبت به میزان موجود در محیط حاصل شود [19]. تاثیرات سمی کروم بر ماهی‌ها شامل تغییرات خونی، بافت شناسی، کاهش رشد، تولید مثل و عملکرد ناقص سیستم ایمنی میباشد [20]. در تحقیقی تاثیر کروم بر روی گربه ماهی افریقایی مورد مطالعه قرار گرفت مطالعه دقیقا پس از لقاح و برای مدت ۵ روز به طول انجامید. غلظت‌های مورد استفاده بین ۱۱ تا ۸۴ میلی گرم بر لیتر بود. تغییر شکل عمده گزارش شده غیرطبیعی بودن محور بدن بود که به ۱۰۰٪ رسیده بود و در غلظت‌های بیش از ۳۶ میلی گرم بر لیتر به صورت محسوسی بیشتر از گروه کنترل بود [21].

جدول ۳: مقایسه اثر مخرب در معرض قرار گیری فلزات سرب و روی بر تغییر شکل ماهی

منبع	درصد تغییر شکل در جمعیت	نوع تغییر شکل	مدت در معرض قرار گیری	مرحله در معرض قرار گیری	غلظت فلز (mg/L)	گونه
[16]	۰ - ۳۴/۳	غیرعادی شدن سر	۴۸-۱۶۸ ساعت	جنین ۶ ساعته	۰/۱ - ۰/۵ (سرب)	<i>Clarias gariepinus</i>
[16]	۴/۳ - ۶۹/۷	نقص نوتوکورد	۴۸-۱۶۸ ساعت	جنین ۶ ساعته	۰/۱ - ۰/۵ (سرب)	<i>Clarias gariepinus</i>
[16]	۰ - ۳/۳	ورم کیسه زرده	۴۸-۱۶۸ ساعت	جنین ۶ ساعته	۰/۱ - ۰/۵ (سرب)	<i>Clarias gariepinus</i>
[16]	۰ - ۳۵	نقص باله	۴۸-۱۶۸ ساعت	جنین ۶ ساعته	۰/۱ - ۰/۵ (سرب)	<i>Clarias gariepinus</i>
[13]	۰ - ۱۰۰	انحنای ستون فقرات	۱۱۲ روز	جنین ۹۶ ساعته	۰/۲ - ۱/۶ (سرب)	<i>Acipenser sinensis</i>
[18]	۳ - ۲۷	ناهنجاری ستون فقرات	دو ساعت	۳، ۴۶ و ۹۲ ساعت پس از لقاح	۰/۳۳ - ۳۳/۳ (روی)	<i>Melanotaenia fluviatilis</i>
[21]	۲۵ - ۱۰۰	محور بدن	۵ روز	جینی	۱۱ - ۱۱۴ (کروم) mg/L	<i>Clarias gariepinus</i>

۴. نتیجه گیری:

تأثیرات کشنده آلاینده‌های محیطی می‌تواند پنهان باشد در نتیجه پی بردن به آن بسیار سخت است و همچنین می‌تواند پیامدهای مضر برای رشد در طولانی مدت، تولید مثل و زنده ماندن داشته باشد. علاوه بر این وجود تغییرشکل در جمعیت‌های ماهی می‌تواند بعنوان یک شاخص خوب برای آلودگی محیط‌های آبی مدنظر قرار گیرد. تأثیرات غلظت‌های کشنده فلزات روی ماهی‌ها می‌تواند اطلاعاتی در مورد سطح آلودگی محیط ارایه دهد، پس استفاده از تغییرشکل ماهی‌ها بعنوان نشانگر زیستی می‌تواند مناسب باشد. در نتیجه، برای رسیدن به این بهره‌مندی، گونه‌های ماهی با تحمل بالا باید مورد استفاده قرار گیرد و همچنین اثر روابط بین نشانگرهای زیستی و آلاینده‌های مختلف بخوبی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

- [1] Jezierska, B., Ługowska, K., Witeska, M. (2009), The effects of heavy metals on embryonic development of fish (a review). *Fish Physiol. Biochem.* 35, 625–640.
- [2] Cheng, S.H., Wai, A.W.K., So, C.H., Wu, R.S.S. (2000), Cellular and molecular basis of cadmium-induced deformities in zebrafish embryos. *Environ. Toxicol. Chem.* 19, 3024–3031.
- [3] Kennedy, C.J. (2011), The toxicology of metals in fishes, in *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*. In: Farrell, A.P. (Ed.), 3. Academic Press, San Diego, Calif, USA, pp. 2061–2068.
- [4] Sfakianakis, D.G., Renieri, E., Kentouri, M., Tsatsakis, A.M., 2015. Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environmental research.* 137:246-255.
- [5] Boglione, C., Gisbert, E., Gavaia, P., Witten, E., Moren, P., Fontagné, M., Koumoundouros, G., S. (2013), Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 2: main typologies, occurrences and causative factors. *Rev. Aquac.* 5, S121–S167.
- [6] Koumoundouros, G., Maingot, E., Divanach, P., Kentouri, M. (2002), Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): ontogeny and effects on mortality. *Aquaculture* 209, 49–58.
- [7] Divanach, P., Boglione, C., Menu, B., Koumoundouros, G., Kentouri, M., Cataudella, S. (1996), Abnormalities in finfish mariculture: an overview of the problem, causes and solutions. In: Chatain, B., Sweetman, J., Lavens, P., S.M. (Eds.), *Seabass and Seabream Culture: Problems and Prospects*. European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, pp. 45–66.
- [8] Georgakopoulou, E., Angelopoulou, A., Kaspiris, P., Divanach, P., Koumoundouros, G. (2007), Temperature effects on cranial deformities in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *J. Appl. Ichthyol.* 23, 99–103.
- [9] Favaloro, E., Mazzola, A. (2003), Meristic variation and skeletal anomalies of wild and reared sharpsnout seabream juveniles (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) off coastal Sicily, Mediterranean Sea. *Aquac. Res.* 34, 575–579.
- [10] Sfakianakis, D.G., Leris, I., Kentouri, M. (2011), Effect of developmental temperature on swimming performance of zebrafish (*Danio rerio*) juveniles. *Environ. Biol. Fish.* 90, 421–427.

- [11] Au, D.W.T. (2004). The application of histo-cytopathological biomarkers in marine pollution monitoring: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 48, 817–834.
- [12] Sun, P., Hawkins, W., Overstreet, R., Brown-Peterson, N. (2009), Morphological Deformities as biomarkers in fish from contaminated rivers in Taiwan. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 6, 2307–2331.
- [13] Hou, J.L., Zhuang, P., Zhang, L.Z., Feng, L., Zhang, T., Liu, J.Y., Feng, G.P. (2011), Morphological deformities and recovery, accumulation and elimination of lead in body tissues of Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, early life stages: a laboratory study. *J. Appl. Ichthyol.* 27, 514–519. [14] Mager, E.M. (2011), Homeostasis and Toxicology of Non-Essential Metals. In: Wood, C.M., Farrell, A.P., Brauner, C.J. (Eds.), *Lead of the Fish Physiology*, 31B. Academic Press, New York, USA, pp. 185–236, Elsevier Inc.
- [15] Sepe, A., Ciaralli, L., Ciprotti, M., Giordano, R., Funari, E., Costantini, S. (2003), Determination of cadmium, chromium, lead and vanadium in six fish species from the Adriatic Sea. *Food Addit. Contam.* 20, 543–552.
- [16] Osman, A.G.M., Wuertz, S., Mekawy, I.A., Exner, H.-J., Kirschbaum, F. (2007), Lead induced malformations in embryos of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Environ. Toxicol.* 22, 375–389.
- [17] Hogstrand, C. (2011), Zinc. In: Wood, C.M., Farrell, A.P., Brauner, C.J. (Eds.), *Fish Physiology: Homeostasis and Toxicology of Essential Metals*. Academic Press, New York, USA, pp. 135–200, Volume 31A. Elsevier Inc.
- [18] Williams, N.D., Holdway, D.A. (2000), The effects of pulse-exposed cadmium and zinc on embryo hatchability, larval development, and survival of Australian crimson spotted rainbow fish (*Melanotaenia fluviatilis*). *Environ. Toxicol.* 15, 165–173.
- [19] Pacheco, M., Santos, M.A., Pereira, P., Martínez, J.I., Alonso, P.J., Soares, M.J., Lopes, J.C. (2013), EPR detection of paramagnetic chromium in liver of fish (*Anguilla anguilla*) treated with dichromate(VI) and associated oxidative stress responses-contribution to elucidation of toxicity mechanisms. *Comp. Biochem. Physiol. C: Toxicol. Pharmacol.* 157, 132–140.
- [20] Reid, S.D. (2011), Homeostasis and Toxicology of Essential Metals. In: Wood, C.M., Farrell, A.P., Brauner, C.J. (Eds.), *Molybdenum and chromium of the Fish Physiology*, 31A. Academic Press, New York, USA, pp. 375–415.
- [21] Nguyen, L.T.H., Janssen, C.R. (2002), Embryo-larval toxicity tests with the African Catfish (*Clarias gariepinus*): comparative sensitivity of endpoints. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 42, 256–262.



ارزیابی وضعیت سلامت اکولوژیک بنادر جنوب شرقی دریای خزر بر اساس شاخص M-AMBI

مهرناز بنی‌اعمام^{۱*}، کاظم درویش بسطامی^۲

۱. دکترای بیولوژی دریا

۲. کارشناس ارشد آلودگی دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، مرکز اقیانوس‌شناسی دریای خزر، نوشهر، ایران

* bani.amam@yahoo.com

چکیده

مطالعات بیولوژیک و اکولوژیک اکوسیستم‌های دریایی و سلامت محیط زیست از مسائلی است که در چند دهه اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. این مسئله که سلامت محیط زیست چگونه و با چه شاخصی وارد مطالعات برنامه ریزی اکوسیستم‌های دریایی شود از مسائل چالش برانگیزی است که زمینه تحقیقات گسترده‌ای را فراهم آورده است. مطالعه حاضر به مقایسه سلامت اکولوژیک بنادر جنوب شرقی دریای خزر با بررسی تاثیر آلاینده‌ها (ترکیبات PAH) بر اساس شاخص‌های زیستی است. تعداد ۱۲ نمونه رسوب سطحی از چهار نیم خط عمود بر ساحل بنادر ترکمن، امیرآباد، فریدونکنار، نوشهر از اعماق ۵، ۱۰، ۱۵ متر جمع‌آوری گردید نمونه‌ها توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی - طیف سنجی جرمی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین ترکیبات PAH در ۴ فصل (۳۵۹/۸ ± ۶۷/۸۱) تا (۳/۳ ± ۰/۲۷) نانو گرم بر گرم وزن خشک بود. شاخص‌های M-AMBI، AMBI در ۴ فصل (متوسط تا به شدت آشفته) ارزیابی شد و میانگین در فصل بهار ۵۵/۶، ۱۰/۱۷ و تابستان ۵۵/۱، ۸/۴۷ و پاییز ۵۵/۶، ۱۰/۱۷ و زمستان ۴۹/۸، ۹/۲۱ محاسبه شد. نتایج نشان داد که شاخص M-AMBI معتبر تر است و سلامت اکولوژیک مناطق مورد نظر متوسط ارزیابی شد.

کلید واژه: ترکیبات PAH، شاخص زیستی AMBI، M-AMBI، دریای خزر

۱. مقدمه

محیط دریایی خزر از نظر اجتماعی، اقتصادی، عمران و توسعه و موقعیت استراتژیک اهمیت زیادی پیدا کرده است. منابع تجدید شونده و یک محیط دریایی آلاینده نقش مهم و محوری را در بهره‌برداری بهینه و توسعه پایدار منطقه ایفا می‌کنند. بهره‌برداری‌های مختلف و فعالیت‌های انسانی در نواحی ساحلی بدون شک محیط دریا را تخریب می‌نماید که وسعت و شدت آن بسته به موقعیت جغرافیایی متفاوت است [۱]، [۲] آلودگی‌های نفتی، پساب‌های خانگی، شهری و صنعتی مشکلات زیادی را در نواحی مختلف دریای خزر به وجود آورده است. اگرچه اثرات آن‌ها بر ساختار اکوسیستم به خوبی شناخته نشده است. از مهم‌ترین مشکلات اکولوژیک از بین رفتن و تخریب زیستگاه‌های ساحلی با پتانسیل و تولید بالاست [۶]. افزایش فعالیت‌های اخیر صنعتی و نفتی کشورهای حاشیه می‌تواند آسیب‌های جدی اکولوژیکی و زیست‌محیطی را به این دریا وارد نماید. با توجه به غنی‌بودن مواد نفتی در حوزه‌های نفتی دریای خزر و امکان بروز حوادثی از جمله نشت نفت، ریخت و پاش مواد نفتی، حوادث کشتیرانی خصوصاً نفت‌کش‌ها، بروز زلزله، آتش‌سوزی چاه‌های نفت، آلودگی دریا در اثر تخلیه فاضلاب و پساب‌های

صنعتی که در حاشیه دریا و رودهای مهم قرار دارند دور از انتظار نیست. علاوه بر این ترکیبات نفتی به شدت اکوسیستم‌های اطراف مناطق شهری را به خطر می‌اندازد برای همین پایش این آلاینده‌ها به دلیل ارتباط آنها با مخاطرات زیست محیطی و سلامتی اهمیت دارد [7]. نشانگر⁹ AMBI توسط Borja [4] به منظور بررسی و تعیین اثرات وضعیت کیفیت اکولوژیک بر جوامع کفزی رسوبات نرم و گلی دریاها معرفی شد. بر اساس این شاخص موجودات کفزی بر اساس درجه حساسیت به افزایش استرس گروه‌بندی می‌شوند. شاخص زیستی دریایی AZTI (AMBI) به طور موفقیت‌آمیز برای نواحی مختلف جغرافیایی تحت منابع اثر مختلف معرفی شد [5]. این شاخص در برابر یک سری از آلاینده‌های شیمیایی هم در مناطق مصبی و هم در مناطق ساحلی، براساس حساسیت موجودات بنتیک به آلودگی در محیط و ایجاد استرس در آنها گروه‌بندی شده است.

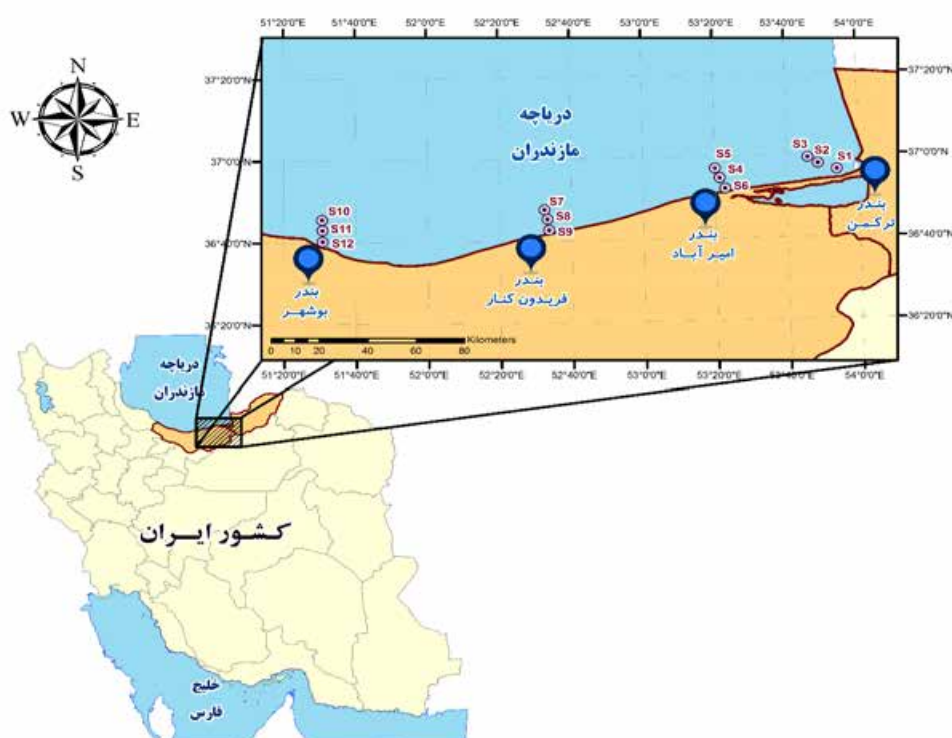
۲- روش تحقیق

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

عملیات نمونه‌برداری به مدت یک سال (۱۳۹۴) و طی چهار فصل بهار (اوایل اردیبهشت)، تابستان (اواخر مرداد)، پاییز (اواخر آبان) و زمستان (اواخر بهمن) از رسوبات سطحی بنادر جنوب شرقی دریای خزر (ترکمن، امیرآباد، فریدونکنار، نوشهر) انجام شد. انتخاب محل‌های نمونه‌برداری بر اساس حضور منابع آلاینده، توزیع آنها، پیوستن رودخانه‌ها به دریا، مناطق با اهمیت بندرگاهی، حمل‌ونقل، تردد کشتی‌ها و نفت‌کش‌ها در منطقه، امکانات و تجهیزات موجود و سهولت دسترسی به محل برای انجام نمونه‌برداری صورت گرفت. علاوه بر این فعالیت‌های مختلف انسانی مانند حضور گردشگران و به دنبال آن تردد وسایل نقلیه، وجود کارخانه‌ها در اطراف ساحل از نکات قابل توجه هستند. به منظور تعیین ترکیبات PAH نمونه برداری بخش ساحلی حوزه جنوب شرقی دریای خزر در چهار نیم خط عمود بر ساحل انجام شد. نیم خط‌های انتخاب شده از شرق به غرب شامل: ترکمن، امیرآباد، فریدونکنار و نوشهر بودند. نمونه‌ها را در آلومینیوم فویل قرار داده شد و سپس در کلمن حاوی یخ خشک قرار داده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید در هر نیم خط، نمونه‌های رسوب از لایه سطحی از ۳ عمق متفاوت ۱۵، ۱۰ و ۵ متری و با سه تکرار در هر عمق با دستگاه نمونه‌بردار گراب ون وین^{۱۰} جمع‌آوری شدند.

⁹ Van Veen Grab

¹⁰ Gas Chromatography Mass Spectroscopy



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در سواحل جنوب شرقی دریای خزر (۱۳۹۴)

۲-۲ روش اندازه گیری هیدروکربن های نفتی

اندازه‌گیری هیدروکربن‌های نفتی با استفاده از دستورالعمل MOOPAM, 2010 و توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی اسپکترومتری جرمی GC-MS^{۱۱} مدل (AGILLENT 6890N) جفت شده با طیف سنج جرمی (AGILLENT 5973N) صورت گرفته است.

۳. نتایج

AMBI می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیز نسبت به منابع اثر متفاوت زیست‌محیطی شامل: فرایندهای پرغذایی، ورودی‌های انتشار آلاینده‌ها، فرایندهای لایروبی، اثر سکوها‌های نفتی و تخلیه مواد نفتی، واکنش نشان دهد.

جدیدترین ترکیب AMBI به صورت یک فرمول (۱) بیان شده که بر اساس خصوصیات پنج گروه اکولوژیکی (EG³) که به گونه‌های کفزی اختصاص داده شده، می‌باشد. فرمول (۱)

$$AMBI = \left| \frac{(0 \times ./.EG I) + (1/5 \times ./.EG II) + (3 \times ./.EG III) + (4/5 \times ./.EG IV) + (6 \times ./.EG V)}{100} \right|$$

EG I گونه‌های بسیار حساس به آشفته‌گی می‌باشند که تنها در شرایط غیرآلوده حضور دارند مانند پرتاران گوشتخوار و رسوب‌خواران^{۱۲}.

EG II گونه‌های بی‌تفاوت نسبت به آشفته‌گی که همیشه در تراکم پایین و بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به زمان حضور دارند و عمداً معلق‌خوارند^{۱۳}.

^{۱۱}. Ecological Quality

^{۱۲}. Suspension feeders

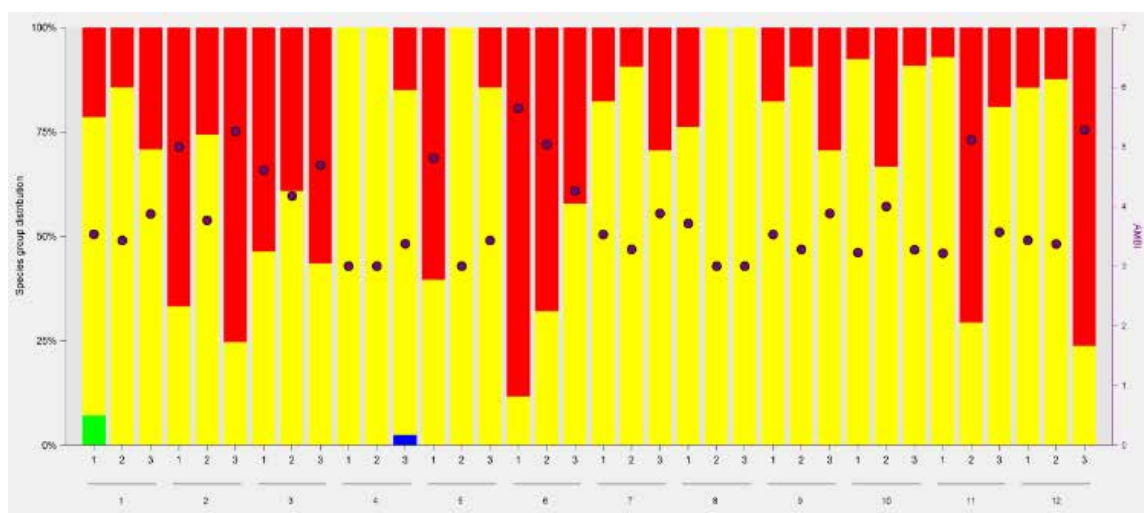
EG III) گونه‌های بردبار (مقاوم به آلودگی)، این گونه‌ها ممکن است در شرایط طبیعی حضور داشته باشند اما جمعیت شان با افزایش بار آلاینده تحریک می‌شود و عمدتاً رسوب‌خواران معلق‌خوارند^{۱۴}.

EG IV) گونه‌های فرصت طلب ثانویه مانند پلی‌کیت‌های کوچک که از لایه‌های زیر سطحی رسوبات تغذیه می‌کنند^{۱۵}

EG V) گونه‌های فرصت‌طلب اولیه مانند رسوب‌خواران می‌باشند.

جدول ۱: خلاصه ارزیابی‌های AMBI و دیگر معادل‌های آن [5].

وضعیت اکولوژیکی	طبقه‌بندی آشفته‌گی محل	سلامت جوامع کفزی	گروه اکولوژیکی غالب	ضریب همبستگی زیستی
وضعیت عالی	غیر آشفته	طبیعی بهبود یافته	۱	$0.0 < AMBI \leq 0.2$ $0.2 < AMBI \leq 1.2$
وضعیت خوب	به مقدار کم آشفته	غیر طبیعی	۳	$1.2 < AMBI \leq 3.3$
وضعیت متوسط	به طور متوسط آشفته	انتقالی تا آلوده آلوده	۴، ۵	$3.3 < AMBI \leq 4.3$ $4.3 < AMBI \leq 5.0$
وضعیت ضعیف	به طور شدید آشفته	انتقالی تا آلوده شدید شدیداً آلوده	۵	$5.0 < AMBI \leq 5.5$ $5.5 < AMBI \leq 6.0$
وضعیت بد	تا نهایت آشفته‌گی	فاقد حیات	فاقد حیات	$6.0 < AMBI \leq 7.0$



نمودار ۱: روند تغییرات AMBI در ایستگاه‌های سواحل جنوب شرقی دریای خزر فصل پاییز

¹³. Suspension deposit feeders

¹⁴. Subsurface deposit feeders

¹⁵ Heavy metal Pollution Index



نمودار ۲: روند تغییرات AMBI در ایستگاه‌های سواحل جنوب شرقی دریای خزر فصل زمستان

۴. نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر شاخص AMBI دامنه ای بین ۲/۱ تا ۵/۶ است، میانگین شاخص در فصل بهار بین (۲/۱ - ۵/۶) ، در فصل تابستان بین (۲/۵ - ۵/۲)، در فصل پاییز بین (۳ - ۴/۹) ، و در فصل زمستان بین (۲/۵ - ۴/۲) محاسبه گردید. به طور کلی با توجه به میانگین کل شاخص های محاسبه شده شاخص AMBI ضعیف و شاخص M-AMBI متوسط ارزیابی نمود. با توجه به اینکه تخمین شاخص های مختلف در یک منطقه می تواند متغیر باشد ، لذا بر اساس تجربیات بلانچت که در سال ۲۰۰۸ انجام شد ، می توان میزان سازگاری و عدم سازگاری بین شاخص های زیستی را بررسی نمود و نهایتا به قضاوت واحد و واقعی تری در خصوص طبقه بندی کیفی منطقه مورد مطالعه رسید [3].

منابع

- [۱] اسماعیلی ساری، ع. (۱۳۸۱). آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط زیست. دانشگاه تربیت مدرس.
- [۲] بذرافشان، ع. (۱۳۷۴) بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و آلودگی های نفتی در بخش شرقی دریای خزر قبل از حفاری چاههای نفت کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.
- [3] Blanchet H, Lavesque N, Ruellet T, Dauvin JC and others ., 2008. Use of biotic indices in semi-enclosed coastal ecosystems and transitional waters habitats: implications for the implementation of the European Water Framework Directive. Ecol Indic 8:360–372
- [4] Borja, A., Franco, J., and Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. Marine Pollution Bulletin. 40: 1100-1114.
- [5] Borja, A., Muxika, I., and Franko, J ., 2003a. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft bottom benthic communities along European coasts. Marine Pollution Bulletin. 46: 835-845
- [6] Efendieva, L. M., Dzhaferov, F.M ., 1993. Ecological problems of the Caspian Sea. Hydro technology Construction, 1(27):22-23.

[7]Guo, W.D., Yang, L.Y., Hong, H.S., Stedmon, C.A., Wang, F.L., Xu, J., Xie, Y.Y., 2011. Assessing the dynamics of chromophoric dissolved organic matter in a subtropical estuary using parallel factor analysis. Mar. Chem. 124, 125–133.



بررسی اثرات آلودگی رودخانه چمخاله بر ماکروبنتوزهای دریای خزر

فرشچی مرتضی^{۱*} - نصرالهی علی^۱

گروه زیست‌شناسی و زیست‌فناوری دریا و آبزیان، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
* morteza_farshchi@yahoo.com

چکیده:

یکی از راه‌های بررسی اثر آلودگی رودخانه‌ها بر روی اکوسیستم دریایی ارزیابی جوامع ماکروبنتوزی می‌باشد که متداول‌ترین روش برای تشخیص اثر آشفتگی بر جوامع زیستی می‌باشد. در این مطالعه اثر آلودگی رودخانه چمخاله بر فراوانی و تنوع گونه‌ای ماکروبنتوزها بررسی شد. مطالعه حاضر در فصل زمستان در مصب رودخانه در ۶ ایستگاه انجام گرفت. نمونه برداری موجودات کفزی با استفاده از گرب با سطح مقطع ۰/۰۲۵ متر مربع انجام شد. در این مطالعه در مجموع تعداد ۲۴۸ فرد شامل ۱۰ گونه متعلق به ۵ رده شمارش و شناسایی شد. بیشترین فراوانی مربوط به گونه *Tubificoides fraseri* (۴۱ درصد) و کمترین فراوانی مربوط به استراکودا (۲/۴ درصد) بود. به طور میانگین میزان فراوانی، غنای گونه‌ای و زیتوده در ایستگاه تحت تاثیر آلودگی نسبت به ایستگاه‌های شاهد کاهش یافته است. با استفاده از این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که آلودگی رودخانه‌ها می‌تواند تنوع و فراوانی ماکروبنتوزها را در دریای خزر تغییر دهد. بنابراین اقدامات پیشگیرانه نظیر تصفیه قاضلاب‌ها قبل از ورود به رودخانه‌ها و دریا باید صورت گیرد.

کلمات کلیدی: ماکروبنتوزها، تنوع و تراکم، رودخانه چمخاله، دریای خزر

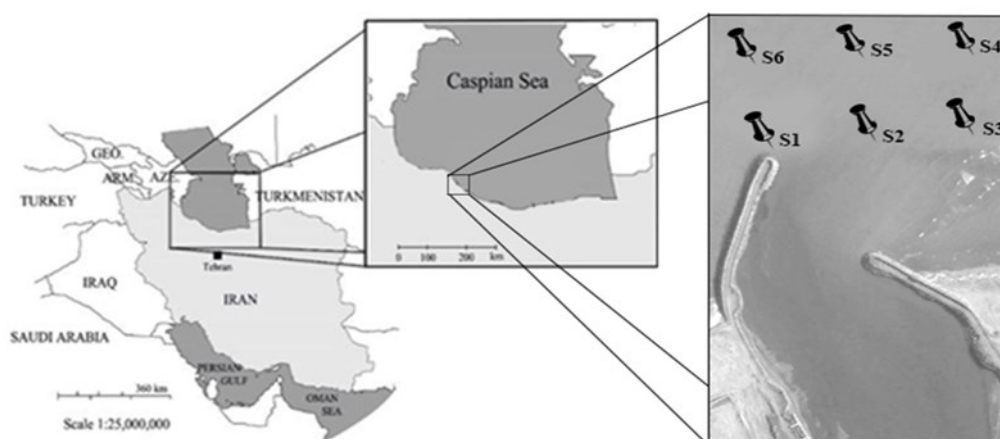
۱. مقدمه

رودخانه‌ها با وجود وسعت نسبتاً کمشان، نقش بزرگی را در سیستم‌های دریایی دارند از جمله می‌توان به حفظ کربن موجود در اقیانوس‌ها و ایجاد منطقه پرتولید ساحلی اشاره کرد [1,2]. مقادیر زیادی از کربن آلی [6] و تولیدات اولیه دریاها از رودخانه تولید می‌شوند [8]. کیفیت و کمیت موادی که از رودخانه‌ها به داخل دریا می‌ریزد به فصل، بستر دریا، پارامترهای زیست محیطی و بیولوژیکی بستگی دارد [3,9]. آلودگی رودخانه‌ها، به عنوان شاخصی از آلودگی زیست محیطی به حساب می‌آیند [5]. در حال حاضر رودخانه‌ها به عنوان یکی از کانون‌های بحرانی، از نقطه نظر آلودگی زیست محیطی مطرح می‌باشند. در این راستا، زه‌آبهای تولید شده در بخش کشاورزی، از مهمترین منابع آلاینده بشمار می‌روند و سهم بزرگی از لحاظ آلودگی، در رودخانه را شامل می‌شوند [10]. یکی از رودخانه‌های مهم منتهی به دریای خزر در سواحل جنوبی آن رودخانه چمخاله می‌باشد. ورود فاضلابهای شهری و هرز آبهای کشاورزی منتهی به رودخانه چمخاله می‌تواند سلامت این اکوسیستم مهم را در معرض خطر قرار دهد و همچنین باعث آلودگی دریا از جمله کفزیان منطقه شود.

ماکروبتوزها از نظر مقاومت در برابر شدت آلودگی و کاهش اکسیژن با یکدیگر متفاوت بوده و در مورد برخی از گونه‌ها این تفاوت فاحش است به طوریکه بعضی از گونه‌ها در آبهای کاملاً تمیز و عاری از هر نوع آلودگی و بعضی هم در آبهای کاملاً آلوده قادر به ادامه زندگی هستند [1]. میزان مقاومت متفاوت ماکروبتوزها به آلودگیها، به ویژه وجود آلایندههای آلی و نیز حضور و عدم حضور این موجودات در بستر محیط آبی، به عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت محیط آبی به شمار می‌رود. در این تحقیق اثیر آلودگی رودخانه ی چمخاله بر روی ماکروبتوزهای دریایی بررسی شده است. این آلودگی ها می تواند در اثر پساب های خانگی، فاضلاب شهری و پساب های کشاورزی ایجاد شده باشد. بنابراین برای تشخیص تاثیر آلودگی رودخانه بر روی موجودات دریای خزر از ماکروبتوزها به عنوان شاخص زیستی در این منطقه استفاده شد.

۲. روش و تحقیق

رودخانه لنگرود یکی از مهمترین رودخانه های شرق گیلان می باشد که با پیوستن رودخانه شلمانرود به این رودخانه در مصب چمخاله به دریای خزر می ریزد. (شکل ۱).



شکل ۱: نمایی از منطقه مورد مطالعه

نمونه برداری در فصل زمستان با استفاده از گرب ون وین با وسعت $0.25/0$ مترمربع انجام گرفت. از هر ایستگاه ۳ نمونه رسوب جهت جداسازی و شناسایی ماکروبتوزها و ۳ نمونه هم برای آنالیز دانه بندی رسوبات همچنین برای سنجش میزان موادآلی درون رسوبات (TOM) برداشت گردید [4]. ماکروبتوزها با استفاده از کلید های شناسایی موجود و مقالات، شناسایی و شمارش صورت گرفت. همچنین برای تعیین زی توده، وزن تر موجود با ترازوی دیجیتالی با دقت $0.001/0$ گرم اندازه گیری شد. در این تحقیق سعی شد تا نمونه ها در حد گونه مورد شناسایی قرار گیرند. همچنین فاکتورهای محیطی شامل دما، pH، شوری، هدایت الکتریکی و اکسیژن محلول آب با استفاده از دستگاه مولتی پارامتر HACH مدل (HQ40d) اندازه گیری شد. داده های حاصل با استفاده از نرم افزار های Excel نسخه ۲۰۱۳ و SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

۳. نتایج

پس از شناسایی و شمارش نمونه های مختلف ماکروبتوزی در مجموع ۱۰ گونه مربوط به ۵ رده بنتوزی شناسایی شد که در جدول ۱ ارائه شده است. از این میان ۳ جنس مربوط به رده سخت پوستان، ۱ جنس مربوط به رده شکم پایان، ۲ جنس مربوط به پرتاران، ۳ جنس مربوط به کم تاران و ۱ جنس مربوط به رده استراکودا بوده است. بیشترین تنوع گونه ای و فراوانی با ۷ گونه و ۵۵ عدد در ایستگاه ۶ مشاهده گردید. بیشترین فراوانی گونه مربوط به گونه *T. fraseri* با مجموع ۱۰۲ عدد و کمترین آن مربوط به استراکودا با مجموع ۶ عدد مشاهده گردید (جدول ۱). بیشترین درصد فراوانی به ترتیب در *T. fraseri* (۴۱٪)،

H.invalida (۸/۹٪)، *C.glaucum* (۹/۳٪)، *S.gynobranchiata* (۹/۷٪)، *P.maeoticus* (۱۲/۵٪)، *P.pectinata* (۶/۹٪)، *L.michaelseni* (۴/۴٪)، *N.elinquis* (۲/۸٪)، استراکودا (۲/۴٪) و *P.leavis* (۲٪) در مجموع ایستگاه ها را برخوردار بودند (جدول ۲). بیشترین مقدار شوری در ایستگاه ۴ به میزان ۱۰/۶۱ ppt و کمترین مقدار آن در ایستگاه ۱ به میزان ۲/۴۱ بود. بیشترین مقدار اکسیژن محلول در ایستگاه ۶ به میزان ۱۰/۵۶ میلیگرم درلیتر و کمترین مقدار آن در ایستگاه ۱ به میزان ۸/۱۱ میلیگرم درلیتر بوده است.

جدول ۲: فراوانی و تنوع گونه ای نمونه های مشاهده شده در مصب چمخاله

درصد تعداد افراد از کل	تعداد افراد از کل	گونه	جنس	خانواده	راسته	رده
				Pontogammaridae	Amphipoda	Crustacea
۷/۹٪	۲۴	<i>maeoticus</i>	Pontogammarus			
				Pseudocumidae	Cumacea	
۵/۱۲٪	۳۱	<i>pectinata</i>	Pterocuma			
۰/۲٪	۵	<i>laevis</i>	Pseudocuma			
				Cardiidae	Bivalvia	Gastrotroiteia
۹/۸٪	۲۲	<i>glucaum</i>	Cerastoderma			
				Ampharetidae		Polychaeta
۹/۶٪	۱۷	<i>invalida</i>	Hypania			
۳/۹٪	۲۳	<i>gynobranchiate</i>	Streblospio	Spionidae		
				Tubificidae	Oligochaeta	Oligochaeta
۱/۴۱٪	۱۰۲	<i>fraseri</i>	Tubificides			
۴/۴٪	۱۱	<i>michaelseni</i>	Limnodrillus			
				Naididae		
۸/۲٪	۷	<i>elinquis</i>	Nais			
				Podocopida		Ostracoda
۴/۲٪	۶					
۲۴۸						فراوانی کل گونه ها
۱۰						تنوع کل گونه ها

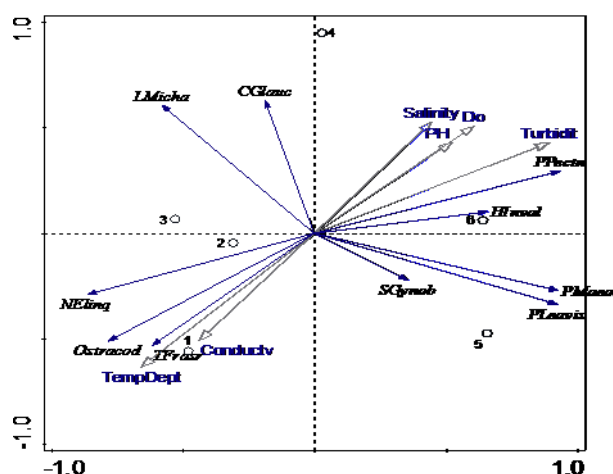
نتایج حاصله از تحقیق حاضر نشان می دهد که بیشترین مقدار pH در ایستگاه ۶ به میزان ۷/۹۸ و کمترین میزان آن در ایستگاه ۲، ۷/۲۷ بود. بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در ایستگاه ۱ و کمترین آن در ایستگاه ۲ به میزان ۱۲/۹۷ بود.

بیشترین میزان مواد آلی درون رسوبات در ایستگاه ۳ با میانگین ۲/۹۰ درصد و کمترین آن در ایستگاه ۵ با میانگین ۰/۸۵ درصد مشاهده شد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس و مقدار (df۵، f۶/۳۵۱، p۰/۰۰۴) که از سطح معنی داری آزمون (۰/۰۵) کمتر است، بین مواد آلی و ایستگاه ها اختلاف معنی داری وجود دارد. از نظر دانه بندی رسوبات نتایج نشان داد که ترکیب عمده رسوبات از نوع ماسه بوده است. بیشترین مقدار فراوانی کل در ایستگاه ۶ با ۴۴ فرد در متر مربع و همچنین بیشترین میزان غنای گونه ای در ایستگاه ۵ (گونه ۴) مشاهده شد. بیشترین زیتوده در ایستگاه ۶ (۰/۶۴۸) و کمترین مقدار آن در ایستگاه ۱ (۰/۲۶۹) در متر مربع بوده است.

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که اثر ایستگاه ها بر فراوانی کل ماکروبتوزها معنی دار است (df۱ f۱/۸۸ p۰/۲۴۲). جهت بررسی میزان ارتباط بین متغیر های وابسته (تنوع و فراوانی گونه ای) با متغیر های مستقل (فاکتور های فیزیک

وشیمیایی) آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. این آزمون ارتباط مثبت معنی داری را بین تنوع گونه ای با متغیرهای مستقل شوری و شفافیت همچنین ارتباط معکوس معنی داری با هدایت الکتریکی و دما نشان داد.

نتایج تجزیه مولفه های اصلی (PCA) نشان داد که فاکتورهای شوری، pH، شفافیت و اکسیژن محلول با فراوانی گونه های *P.pectinata* *H.invalida* *P.maeoticus* *P.leavis* و *S.gynobranchiata* رابطه مستقیم دارد، همچنین هدایت الکتریکی و دمای آب با فراوانی گونه *T.fraseri* رابطه مستقیم دارد (شکل ۲).



شکل ۲: آنالیز آماری PCA، نشان دهنده ارتباط بین گونه ها و متغیرهای محیطی

۴. بحث و نتیجه گیری

پایش زیستی ماکروبن‌توزها از دیرباز تا کنون مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته است. این تحقیقات نشان می دهد که ماکروبن‌توزها از غالبترین موجودات بسترهای دریایی هستند که نقش مهمی را در اکوسیستم های دریایی به عنوان تولیدکنندگان ثانویه بازی می کنند [7]. از آنجایی که هر گونه دارای نقش بوم شناختی تقریباً مشخصی است، آگاهی از تنوع و طبقه بندی گونه ها پیش نیاز شناخت عملکرد یک جمعیت می باشد. نتایج این تحقیق حاکی از کاهش احتکالی جوامع ماکروبن‌تیک دریای خزر در اثر آلودگی رودخانه لنگرود دارد. به طور کلی در اثر افزایش آلودگی های فراوانی، تنوع گونه ای و زیتوده ماکروبن‌توزها کاهش پیدا کرده است. همچنین میزان غنای گونه ای در ایستگاه های شاهد بیشتر از ایستگاه تحت تاثیر بوده است. البته میزان و نوع اثر این آلودگی بر ماکروبن‌توزها به عوامل متعددی از جمله عوامل زنده، غیر زنده و برهمکنش این عوامل و همچنین برهمکنش عوامل زنده با دیکدیگر، میزان و نوع آلودگی رودخانه و میزان انعطاف پذیری و سازگاری این موجودات با تغییرات جدید بستگی دارد.

منابع

- [۱] احمدی، م. ر. و نفیسی، م (۱۳۸۰). شناسایی موجودات شاخص بی مهره آبهای جاری، چاپ اول، انتشارات خبیر. صفحه ۳۴۴.
- [2] Bianchi, T. S., & Allison, M. A. (2009). Large-river delta-front estuaries as natural "recorders" of global environmental change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(20), 8085-8092 .
- [3] Bonifácio, P., Bourgeois, S., Labruné, C., Amouroux, J. M., Escoubeyrou, K., Buscail, R., . . . Bichon, S. (2014). Spatiotemporal changes in surface sediment characteristics and benthic macrofauna composition off the Rhône River in relation to its hydrological regime. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 151, 196-209 .

- [4] Celik, K. (2002). Community structure of macrobenthos of a southeast Texas sand-pit lake related to water temperature, pH and dissolved oxygen concentration. *Turkish Journal of Zoology*, 26(4), 333-339 .
- [5] Del Saz-Salazar, S., Hernández-Sancho, F., & Sala-Garrido, R. (2009). The social benefits of restoring water quality in the context of the Water Framework Directive: A comparison of willingness to pay and willingness to accept. *Science of the Total Environment*, 407(16), 4574-4583 .
- [6] Doi, H., Matsumasa, M., Toya, T., Satoh, N., Mizota, C., Maki, Y., & Kikuchi, E. (2005). Spatial shifts in food sources for macrozoobenthos in an estuarine ecosystem: carbon and nitrogen stable isotope analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64(2), 316-322 .
- [7] Eleftheriou, A., & Holme, N. (1984). Macrofauna techniques. *Methods for the study of marine benthos*, 140-216 .
- [8] Elliott, M., & McLusky, D. S. (2002). The need for definitions in understanding estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55(6), 815-827 .
- [9] Rhoads, D. C., Boesch, D. F., Zhican, T., Fengshan, X., Liqiang, H., & Nilsen, K. J. (1985). Macrobenthos and sedimentary facies on the Changjiang delta platform and adjacent continental shelf, East China Sea. *Continental Shelf Research*, 4(1), 189-213
- [10] Valuation of Pollution from Agricultural Activities in The Karun River, Case Study: Range Branch Farmers to Zargan. *Dissertation Masters: Agriculture, Science and Willingness to Accept Agriculture, Science and Research University, Shoushtar*; 2012. P. 40.



(بررسی کیفیت آب رودخانه باغان در استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفی آب WQI)

عمادی، امیرعلی^{۱*}؛ سلیمی، لیدا^۲؛ ساداتی پور، سید محمدتقی^۳

۱. دانشجوی دکترای محیط زیست آب و فاضلاب دانشگاه آزاد واحد تهران غرب

۲. گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال

۳. گروه مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال

* a_a_emadi@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: رودخانه باغان یکی از رودخانه‌های استان بوشهر می‌باشد که از نظر تامین آب کشاورزی و صنعت حائز اهمیت می‌باشد. در این مطالعات شناخت کیفیت آب ورودی به سد باغان و تغییرات کیفی آب در ورودی به سد بررسی شد و منابع آلاینده اصلی و تاثیر گذار بر کیفیت آب رودخانه باغان مورد بررسی قرار گرفت. روش بررسی: برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از شاخص کیفیت آب WQI استفاده شد بدین منظور در طول مسیر رودخانه ایستگاه‌های سنجش انتخاب شد. نمونه برداری در خرداد ماه و تیر ماه سال ۹۶ به انجام رسید. پارامترهای اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی، PH، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، کدورت، اختلاف دما، فسفات، نیتрат و کل جامدات محلول اندازه‌گیری شد و سپس از منحنی شاخص کیفیت هر پارامتر، ارزش کیفی آن محاسبه شد. یافته‌ها و نتایج: بررسی نشان داد شاخص کیفیت آب رودخانه WQI در این بازه در گستره ۴۵ - ۵۵ متغیر بوده و در گروه متوسط قرار می‌گیرد شاخص کیفیت آب رودخانه از ایستگاه اول اطراف جنگل (بالادست سد) تا ایستگاه آخر وضعیت متوسط دارد که پارامترهای تاثیر گذار شامل کلیفرم و سختی کل و اکسیژن محلول و EC می‌باشد. کلیفرم با منشأ انسانی و فضولات برخی از موجودات زنده و همچنین شستشوی زمینهای کشاورزی در اثر بارندگی و زه آبهای کشاورزی، اجتماعات انسانی بالا دست، بویژه روستاها و مناطق مسکونی مجاور رودخانه و مشرف به آن میتواند یکی از منابع آلاینده محسوب می‌شوند. جنس بستر رودخانه و وجود سازندهای آهکی و دولومیتی می‌توان عامل بالا بودن سختی کل در نمونه‌های آب منطقه عنوان نمود که میتواند باعث افزایش سختی کل در طول مسیر رودخانه شود.

کلیدواژه: آلاینده‌ها، پارامترهای کیفی، کدورت، شاخص کیفی، رودخانه باغان، WQI.

۱. مقدمه

آب برای زندگی و همه فعالیت‌های انسان حیاتی است و دسترسی به آب سالم، کافی و با کیفیت مناسب از بارزترین شرایط دستیابی به توسعه پایدار می‌باشد [۱]. در میان منابع آبی، رودخانه‌ها به عنوان یکی از منابع اساسی تأمین آب برای مصارف گوناگون از جمله کشاورزی، شرب و صنعت مطرح می‌باشند [۲].

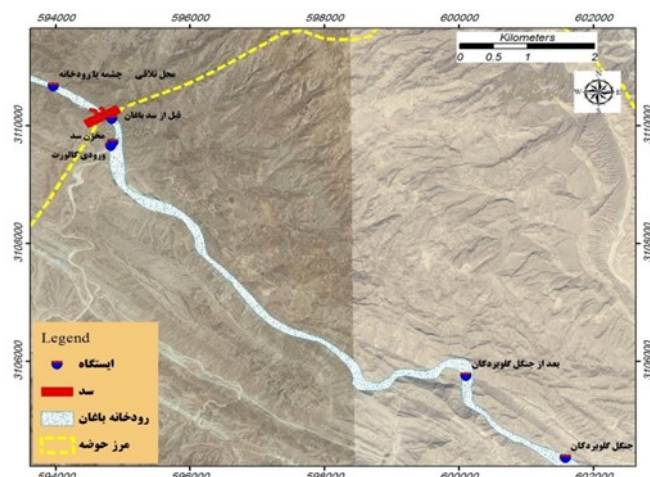
آلودگی رودخانه‌ها یکی از مهمترین مشکلات دنیای امروز و بویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد [۳ و ۴]. رشد جمعیت و آلودگی ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محلهای دفع زباله و روانابهای سطحی باعث گسترش آلودگی و محدود شدن منابع آب شده‌اند [۵ و ۶]. در واقع فعالیتهای انسانی همپای فرایندهای طبیعی اثرات نامطلوبی را بر پیکره آبی رودخانه‌ها وارد آورده و موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها می‌شوند [۷] از اینرو با توجه به این که عوامل انسانی موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها در آب رودخانه می‌گردند و با فرض این که سازوکارهای طبیعی نظیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خودپالایی رودخانه‌ها سهم عمده در کنترل و یا تشدید غلظت این آلاینده‌ها خواهند داشت، اولین قدم در تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها، کسب آگاهی از تغییرات کیفی آب رودخانه‌ها در ابعاد زمان و مکان و همچنین مشخص نمودن منابع اصلی و انواع آلوده کننده‌های آب می‌باشد [۸] و پایش کیفیت آب در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب بسیار حائز اهمیت است

۲. روش تحقیق

رودخانه باغان در شهر خورموج در ۹۰ کیلومتری جنوب شرق بندر بوشهر و در میانه استان بوشهر قرار دارد و مرکز شهرستان دشتی است. رودخانه باغان از سرشاخه‌های اصلی رودخانه مند می‌باشد. رودخانه مند رودخانه ایست با شاخه‌های متعدد که شاخه اصلی آن از استان فارس سرچشمه می‌گیرد و پس از ورود به استان بوشهر به خلیج فارس می‌ریزد تحقیق بر روی رودخانه باغان استان بوشهر انجام گرفت. در طی این تحقیق کیفیت آب این رودخانه در شش ایستگاه سنجش، پارامترهای کیفی فیزیکی، شیمیایی و میکروبی در طول رودخانه باغان انتخاب شد. نمونه برداری در خرداد ماه و تیر ماه سال ۹۶ با سه بار تکرار به انجام رسید. محلهای نمونه برداری شامل ۱- جنگل گلوبردکان، ۲- محل بعد از جنگل گلوبردکان، ۳- ورودی کالورت، ۴- ابتدای مخزن سد و ۵- محل پشت سد باغان و ۶- محل تلاقی چشمه با رودخانه میباشد که مشخصات جغرافیایی ایستگاهها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری

ایستگاه	X	Y
جنگل گلوبردکان	601589	3104345
بعد از جنگل گلوبردکان تجمع آب	600112	3105739
ورودی کالورت	594824	3109646
مخزن سد	594861	3109705
قبل از سد باغان	594841	3110109
محل تلاقی چشمه با رودخانه	593974	3110659



نمونه برداری طبق شرایط استاندارد انجام شد و پارامتر های نیتريت ، نترات ، فسفر ، اكسيژن مورد نیاز بيوشيميايي BOD ، اكسيژن مورد نیاز شيميايي COD ، سختی كل و كليرم مدفوعی طبق روش استاندارد متد اندازه گیری شد [۹] . پارامتر های PH ، دما ، هدایت الكتريكي ، كدورت و اكسيژن محلول به وسیله دستگاه های پروتابل كالبره شده و در محل نمونه برداری اندازه گیری شد . با توجه به پارامتر های اندازه گیری شده شاخص کیفیت آب WQI محاسبه شد . جهت محاسبه شاخص کیفیت آب WQI از نرم افزار online این شاخص استفاده شد . نتایج پارامتر های اندازه گیری شده در هر ایستگاه وارد نرم افزار شده و شاخص کیفیت آب در هر ایستگاه مطابق با جدول شماره ۲ محاسبه شده و بر اساس مقدار عددی بدست آمده کیفیت آب مطابق با جدول شماره ۳ طبقه بندی میشود .

جدول ۲: میزان شاخص WQI برای پارامتر های مختلف در ایستگاههای مورد مطالعه

ایستگاه شماره	پارامتر	BOD	COD	DO	EC	كليرم	NH4	NO3	PO4	سختی	كدورت	PH	WQI
۱	مقدار	8.1	15.5	9.2	2010	2400	0.58	16.73	0.1	900	5	8.25	نسبتا بد
	شاخص	44	72	30	33	25	45	3	65	26	77	79	32
۲	مقدار	3.5	6	7.3	2200	2100	0.08	1.35	0.05	807.5	1.6	7.5	متوسطا
	شاخص	71	86	30	31	25	83	70	78	29	91	62	51.8
۳	مقدار	7	13	9.1	2083	2400	0.23	1.76	0.09	850	7	8.55	متوسطا
	شاخص	48	75	30	32	25	68	64	68	27	74	56	46.1
۴	مقدار	3.1	4.96	7.59	2100	2400	0.07	1.25	0.07	800	1.5	7.65	متوسطا
	شاخص	76	87	30	32	25	84	72	72	29	91	69	52.6
۵	مقدار	3.2	5.1	7.1	2125	2400	0.08	1.3	0.06	802.5	1.7	7.7	متوسطا
	شاخص	76	87	30	32	25	83	71	74	29	90	72	52.6
۶	مقدار	7.2	13.5	8.33	2530	7	0.83	1.35	0.08	1000	5.5	8.58	متوسطا
	شاخص	48	74	30	27	93	37	70	69	24	76	56	51.8

جدول شماره ۳: مقیاس نسبی کیفیت آب

بیشتر از ۸۵	۸۵ - ۷۰/۱	۷۰ - ۵۵/۱	۴۵ - ۵۵	۳۰ - ۴۴/۹	۱۵ - ۲۹/۹	کمتر از ۱۵	مقدار شاخص
بسیار خوب	خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا بد	بد	خیلی بد	معادل توصیفی

۳. نتایج و بحث

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه شاخص کیفیت آب شاخصی مناسب جهت طبقه بندی کیفی آب رودخانه باغان می باشد که براساس آن میتوان به منظور مشخص نمودن کیفیت آب رودخانه در ایستگاههای تعیین شده جهت مصارف گوناگون استفاده نمود. مطابق با جدول ۲ نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان می دهد که ایستگاه جنگل با توجه به مقدار عددی شاخص معادل 32 بدست آمده است که مقدار توصیفی آن در جدول شماره ۳ در رده نسبتا بد قرار دارد نسبت به سایر ایستگاهها در

طول رودخانه باغان از آلودگی نسبتاً بد برخوردار است. پارامترهای تأثیر گذار در این ایستگاه شامل کلیفرم و سختی کل و اکسیژن محلول و EC میباشد اجتماعات انسانی بالا دست، بویژه روستاها و مناطق مسکونی مجاور رودخانه و مشرف به آن یکی از منابع اصلی آلاینده حوضه آبریز، رودخانه و مخزن سد محسوب می‌شوند. نرگس ظهراپی و همکاران (سال ۱۳۹۳) به بررسی پهنه بندی کیفی رودخانه جراحی با استفاده از شاخص کیفیت WQI پرداختند نتایج آنها نشان داد که از نظر شاخص وضعیت کیفی رودخانه جراحی در وضعیت نسبتاً بدی میباشد که مهمترین علت آلودگی فعالیتهای وسیع کشاورزی و زهاب های ناشی از آن و خروج بی توجه انواع فاضلابهای شهری و خانگی ناشی از آنها باشد و همچنین شستشوی فضولات کشاورزی و سایر مواد آلوده از ارتفاعات حوضه رودخانه در اثر بارندگی و ورود آن به سرشاخه یا شاخه اصلی رودخانه میتواند از عوامل اصلی کاهش کیفیت نیز باشد که تا حدودی با این تحقیق همخوانی دارد [10].

در پایین دست ایستگاه ۱ در طول مسیر رودخانه ایستگاههای بعد از جنگل، ورودی کالورت، ابتدای مخزن سد، ایستگاه پشت سد و ایستگاه محل تلاقی چشمه با توجه به مقدار عددی شاخص در ایستگاههای فوق معادل 51.8 و 46.1 و 52.6 و 52.6 و 51.8 بدست آمده است که مقدار توصیفی آن در جدول شماره ۳ در رده متوسط قرار دارد پارامترهای تأثیر گذار که باعث کاهش این شاخص شده شامل کلیفرم، سختی کل، اکسیژن محلول، EC و تا حدودی BOD است. کلیفرم با منشا انسانی و فضولات برخی از موجودات زنده و همچنین شستشوی زمینهای کشاورزی در اثر بارندگی و زه آبهای کشاورزی (ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی و حیوانی) وارد رودخانه میگردد و با افزایش درجه حرارت (با توجه به گرمسیر بودن منطقه) محیط مناسبی جهت رشد کلیفرمها ایجاد میشود همچنین با افزایش دمای آب حلالیت اکسیژن نیز کم میگردد [11]. BOD5 در این ایستگاهها در شرایط متوسط می باشد که نشان دهنده تداوم وجود آلودگیهای فوق می باشد و میتواند بر روی کیفیت آب تأثیر گذار باشد همچنین در مجاورت رودخانه تعدادی کمی کارگاههای سنگ شکن وجود دارد با برداشت سنگهای بستر رودخانه میتواند بر روی روند خود پالایی رودخانه تأثیر منفی بگذارد و باعث کم شدن اکسیژن محلول در آب رودخانه میشود. همچنین عملیات برش کاری این کارگاهها و جنس بستر رودخانه و وجود سازندهای آهکی و دولومیتی در محدوده اطراف رودخانه و سرشاخه های ورودی، این سازند و قطعات حاصل از فرسایش آن را می توان مهمترین عامل بالا بودن سختی کل در نمونه های آب منطقه عنوان نمود. که این امر عوامل باعث افزایش سختی کل در طول مسیر رودخانه می شود. روح اله نوری و همکاران (سال ۱۳۸۹) به ارایه چهار چوبی مناسب جهت بررسی وضعیت کیفی رودخانه مرزی اترک با استفاده از شاخص کیفیت WQI پرداختند نتایج آنها نشان داد که از نظر شاخص، وضعیت کیفی رودخانه مرزی اترک از وضعیت متوسط برخوردار است که علت آن پارامترهای EC و TDS که ناشی از فعالیتهای انسان ساخت و ناشی از منابع طبیعی مانند ساختار زمین شناسی حوزه در بالا بودن مقادیر EC و TDS رودخانه بیشتر است [12].

مریم مروت دوست و همکاران (سال ۱۳۹۴) به بررسی کیفیت آب رودخانه سفید رود در محدوده شهرستان رودبار با استفاده از شاخص کیفیت WQI پرداختند نتایج آنها نشان داد که از نظر شاخص، وضعیت کیفی رودخانه سفید رود در وضعیت متوسط برخوردار است که علت آن تخلیه فاضلاب شهر رودبار و روستاهای اطراف و فاضلابهای صنعتی و پسابهای کشاورزی و برداشت شن و ماسه از رودخانه میباشد [13]. که تا حدودی با این تحقیق همخوانی دارد.

در ایستگاه تلاقی چشمه و رودخانه کیفیت آب در حد متوسط است پارامترهای تأثیر گذار که باعث کاهش این شاخص شده شامل کلیفرم، سختی کل، اکسیژن محلول، EC، BOD و NH4 است. علت وجود NH4 ناشی از چشمه آهکی است که در ارتفاعات نسبت به رودخانه واقع شده است و آب آن در این محل وارد رودخانه میشود.

پیشنهادها و راهکارها جهت جلوگیری از کاهش کیفیت آب رودخانه

با توجه به نتایج آزمایشات و تحلیل‌های انجام شده ضرورت انجام اقدامات کنترلی در راستای محدود ساختن ورود آلاینده‌ها به آب رودخانه مورد بررسی غیر قابل انکار خواهد بود. اگرچه ظرفیت خودپالایی رودخانه توانسته است تا حدود زیادی از شدت آلاینده‌های آلی ورودی بکاهد، اما کیفیت آب رودخانه از نقطه نظر مواد محلول و درجه شوری کاهش چشمگیری پیدا کرده است. باتوجه به گرم بودن منطقه و تبخیر شدید آب نمی‌توان از تاثیر عوامل طبیعی بر سطح مواد محلول موجود در آب این رودخانه چشم‌پوشی کرد. از آنجا که کنترل عوامل طبیعی تاثیرگذار بعضاً مشکل و گاهی ناممکن است، لذا تنها راهکار کنترلی قابل اجرا در خصوص رودخانه موضوع تحقیق، کنترل عوامل انسانی بالاخص ساماندهی فاضلاب‌ها و اصلاح رویه مصرف کودها و سموم کشاورزی و همچنین کنترل تبخیر آب در پشت سد استفاده از محدود ساختن حرکت لایه هوای اشباع از آب با کاشت درخت در اطراف سد و محدود ساختن وزش باد می‌باشد. با توجه به عدم وجود امکان ایجاد تغییرات محسوس در سطح مواد در خلال فرایند‌های متداول تصفیه آب، ضرورت دارد تا به منظور کاهش سطح املاح آب و پیشگیری از فراگیر شدن بیماری‌های عروقی و کلیوی در میان اهالی آبادی‌های مصرف‌کننده آب رودخانه، نسبت به نصب دستگاه‌های آب شیرین کن اقدام گردد.

محدود کردن مصرف سموم و آفت‌کشها

جلوگیری از استقرار صنایع و مراکز توریستی در سطح حوضه آبریز

کنترل فرسایش و جلوگیری از تغییر کاربری اراضی

انحراف فاضلاب‌ها و کنترل زهابهای کشاورزی

جمع‌آوری و مدیریت زباله‌های روستائی و فضولات حیوانی

اصلاح پوشش گیاهی

جلوگیری از استقرار اجتماعات انسانی در سطح حوضه آبریز

مدیریت فاضلابهای شهری و روستائی

منابع

- [۱]. محسنی بند پی، ا، (۱۳۹۲) بررسی کیفیت آب رودخانه گل‌گل ایلام بر اساس شاخص کیفیت آب WQI / فصلنامه بهداشت در عرصه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت، شماره ۴، صفحه ۴۶.
- [۲]. محسنی بند پی، ا، (۱۳۹۲) بررسی کیفیت آب رودخانه گل‌گل ایلام بر اساس شاخص کیفیت آب WQI / فصلنامه بهداشت در عرصه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت، شماره ۴، صفحه ۴۶.
- [۳]. محسنی بند پی، ا، (۱۳۹۲) بررسی کیفیت آب رودخانه گل‌گل ایلام بر اساس شاخص کیفیت آب WQI / فصلنامه بهداشت در عرصه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت، شماره ۴، صفحه ۴۶.
- [۴]. محسنی بند پی، ا، (۱۳۹۲) بررسی کیفیت آب رودخانه گل‌گل ایلام بر اساس شاخص کیفیت آب WQI / فصلنامه بهداشت در عرصه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت، شماره ۴، صفحه ۴۶.
- [۵]. پرستار، س، (۱۳۹۲) ارزیابی کیفی آب رودخانه هیروچایی خلخال بر اساس شاخص کیفیت آب WQI / مجله سلامت و بهداشت، شماره ۳، صفحه ۱.

- [۶]. پرستار، س، (۱۳۹۲) ارزیابی کیفی آب رودخانه هیروچایی خلخال بر اساس شاخص کیفیت آب WQI / مجله سلامت و بهداشت، شماره ۳، صفحه ۲.
- [۷]. محسنی بند پی، ا، (۱۳۹۲) بررسی کیفیت آب رودخانه گل‌گل ایلام بر اساس شاخص کیفیت آب WQI / فصلنامه بهداشت در عرصه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت، شماره ۴، صفحه ۴۶.
- [۸]. سالاری، م، (۱۳۹۱) ارزیابی کمی و کیفی منابع آب رودخانه کارون با استفاده شاخص WQI / فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۳، صفحه ۱۴.
- [۹]. صادقی، م، (۱۳۹۴) تعیین وضعیت کیفیت آب رودخانه زرین‌گل استان گلستان با کاربرد شاخص کیفیت آب WQI / فصلنامه بهداشت در عرصه دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی دانشکده بهداشت، شماره ۳، صفحه ۲۹.
- [۱۰]. ظهراپی، ن، (۱۳۹۳) پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه جراحی بر اساس شاخص WQI و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شماره ۲۲، صفحه ۲۷.
- [۱۱]. یعقوب زاده، ز، (۱۳۹۴) بررسی میزان آلودگی میکروبی آبهای سطحی رودخانه هراز، مجله پژوهشهای سلولی و ملکولی، شماره ۱، صفحه ۱۴۲.
- [۱۲]. نوری، ر، (۱۳۹۰) ارائه چهارچوبی مناسب جهت بررسی وضعیت کیفی رودخانه مرزی اترک، فصلنامه علمی و پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، شماره ۲، صفحه ۱۶۵.
- [۱۳]. مروت دوست انارکوبی، م، (۱۳۹۴) بررسی کیفیت آب رودخانه سفید رود در محدوده شهرستان رودبار، فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شماره ۲۵، صفحه ۴۲.



ارزیابی ریسک فلزات سنگین در بوم‌سازگان‌های آبی با تکیه بر شاخص‌های کنترل کیفیت آب

نوروزی فرد، پریسا^{۱*}؛ مرتضوی، ثمر^۲؛ اسد، صدیقه^۳؛ حسن زاده، نسرين^۲

۱. دانشجوی دکتری محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر،

۲. استادیار آلودگی محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر،

۳. استادیار بیوتکنولوژی، گروه زیست فناوری، پردیس علوم، دانشگاه تهران،

* parisanourozifard@yahoo.com

چکیده

کشور ایران به دلیل واقع شدن در منطقه خشک و نیمه خشک در زمره کشورهای در شرایط بحرانی در زمینه سرانه تأمین آب قرار دارد. افزایش جمعیت، گسترش صنایع و نیاز به آب از یک سو و تخلیه آلاینده‌ها به منابع آبی از سوی دیگر، کیفیت و کمبود آب را بعنوان یک موضوع حیاتی مورد توجه پژوهشگران قرار داده است. در این راستا آلودگی ناشی از فلزات سنگین در محیط‌های آبی با توجه به پایداری، تجمع در زنجیره غذایی، اثرات اکولوژیکی و تاثیر منفی بر سلامتی انسان و موجودات اهمیت بالایی دارد. این درحالی است که عناصر فلزی ناشی از فعالیت‌های انسانی، بسیار متحرک و با قابلیت دستیابی زیستی بالا هستند که احتمال ایجاد اثرات ناسازگار بواسطه آنها بیشتر نیز می‌باشد. در این راستا شاخص‌هایی جهت بررسی کیفیت آب و خطر احتمالی ناشی از این آلاینده‌های فلزی با بررسی اثرات هم‌پیشی آنها ارائه شده است. در پژوهش حاضر مهمترین نشانگرهای تعیین کیفیت آب شامل شاخص‌های ارزیابی ریسک و همچنین کنترل کیفیت آب شامل شاخص آلودگی (C_d)، درجه آلودگی اصلاح شده (mC_d)، شاخص آلودگی (Nemerow PN) و شاخص ریسک اکولوژیکی بالقوه (RI)، شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI) و شاخص ارزیابی فلزات سنگین (HEI) ارائه می‌گردد.

کلیدواژه: محیط‌های آبی، ارزیابی خطر، آلاینده‌های فلزی، بحران.

۱. مقدمه

تأمین آب آشامیدنی سالم برای زندگی انسان حیاتی و بسیار قابل توجه می‌باشد. این درحالی است که منابع آب آشامیدنی (مانند آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، و آب دریا) در معرض آلاینده‌های آلی و معدنی بسیاری قرار دارند [۱]. افزایش تولید صنایع و شهرنشینی باعث افزایش غلظت فلزات سنگین درون محیط‌های آبی گردیده است. فاضلاب‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی با تصفیه ناکافی دارای مقادیر زیادی از عناصر فلزی هستند که اغلب در بسیاری از کشورهای در حال توسعه به محیط تخلیه می‌شوند [۲]. اگرچه برخی فلزات سنگین برای سلامتی انسان ضروری هستند، مقدار بیش از حد این فلزات می‌تواند اثرات منفی بسیاری به همراه داشته باشد [۳].

فلزات سنگین در محیط‌های آبی به‌علت پایداری، تجمع در زنجیره غذایی و اثرات منفی بر سلامتی انسان و بوم سازگان، توجه زیادی به خود جلب کرده‌اند [۴]. فلزات انسان‌منشا، متحرک و قابل دستیابی زیستی بوده، بنابراین احتمال ایجاد اثرات ناسازگار روی گونه‌های آبی بیشتر است [۵]. با این وجود، این استانداردها توجه کمی به فرم شیمیایی آلاینده در ستون آب کرده‌اند. فرم شیمیایی و وضعیت اکسیداسیون فلزات اثرات مهمی بر قابلیت دستیابی زیستی داشته و منعکس‌کننده سمیتشان می‌باشد [۶].

۲. مروری بر شاخص‌های کنترل کیفیت آب و ارزیابی ریسک فلزات سنگین

در حالی که ارزیابی ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین در رسوبات بسیار مورد توجه می‌باشد، اما این موضوع برای آب چندان مورد توجه نیست. با این وجود اخیراً، شریفی و همکاران در سال ۲۰۱۶ [۷] فاکتور آلودگی و فاکتور ریسک اکولوژیکی بالقوه برای فلزات سنگین در آب را محاسبه نموده‌اند. در حالت کلی غلظت کل فلزات بطور معمول برای ارزیابی وضعیت آلودگی و نیز ریسک اکولوژیکی بالقوه استفاده می‌گردد [۸].

۲-۱. شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI^{16})

HPI نشان دهنده مناسب بودن کیفیت آب برای نوشیدن در رابطه با نگرانی مربوط به فلزات است [۹]؛ که براساس روش میانگین کیفی وزن‌دار عددی مطابق رابطه (۱) بدست می‌آید [۱۰]:

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

W_i (واحد وزنی) بصورت $1/S_i$ می‌باشد که S_i استاندارد پیشنهاد شده فلز مربوطه محاسبه می‌شود، n تعداد فلزات تخمین زده شده و نرخ کیفیت منفرد فلز i ام و مطابق رابطه (۲) بیان می‌شود:

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100 \quad (2)$$

C_i مقدار غلظت اندازه‌گیری شده فلز i ام بر حسب میکروگرم بر لیتر است. مقادیر مجاز استاندارد برای هر پارامتر (S_i) از دو معیار بدست می‌آید [۱۱ و ۱۲]. بطور کلی نمره شاخص آلودگی بحرانی برای آب آشامیدنی ۱۰۰ است [۹]. براین اساس می‌توان گفت چنانچه مقادیر این شاخص بیشتر از ۱۰۰ باشد نمایانگر آلودگی بالای فلزات سنگین، برابر ۱۰۰ نمایانگر آستانه خطر فلزات سنگین و کمتر از ۱۰۰ نمایانگر آلودگی کم فلزات سنگین می‌باشد.

۲-۲. شاخص ارزیابی فلزات سنگین ^{17} (HEI)

شاخص ارزیابی فلزات سنگین با تمرکز بر نمونه‌های آب مطابق رابطه (۳) به تخمین کیفیت آب می‌پردازد:

$$HEI = \sum_{i=1}^n H_c / H_{mac} \quad (3)$$

که در آن H_c مقادیر بدست آمده پارامتر i ام و H_{mac} حداکثر غلظت مجاز پارامتر i ام می‌باشد [۱۳ و ۱۴]. چنانچه مقادیر این شاخص کمتر از ۴۰۰ باشد فلزات سنگین کم، بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ فلزات سنگین متوسط و چنانچه بیش از ۸۰۰ باشد فلزات سنگین زیادی وجود دارد.

¹⁶ Heavy metal Evaluation Index

¹⁷ The contamination index

۳-۲. شاخص آلودگی^{۱۸} (C_d)

این شاخص، آلودگی نسبی فلزات مختلف را بصورت جداگانه اندازه می‌گیرد و اثرات ترکیبی همه فلزات را نشان می‌دهد. این شاخص مطابق رابطه (۴) و (۵) محاسبه می‌گردد [۱۵]:

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_{fi} \quad (4)$$

$$C_{fi} = \frac{C_{Ai}}{C_{Ni}} - 1 \quad (5)$$

C_{fi} فاکتور آلودگی برای فلز i ام، C_{Ai} مقدار غلظت اندازه‌گیری شده برای فلز i ام و C_{Ni} هست حد فوقانی مقدار قابل پذیرش فلز i ام (به مقدار نرمال کننده برمی‌گردد)؛ نتایج مقادیر C_d به سه طبقه گروه‌بندی می‌شود: بالا ($C_d > 3$)، متوسط ($1 < C_d < 3$) و کم ($C_d < 1$). C_{Ni} بعنوان مقدار مجاز استاندارد (S_i) است که قبلاً در محاسبه HPI معرفی شده است.

۴-۲. درجه آلودگی اصلاح شده^{۱۹} (mC_d)

این شاخص برای ارزیابی سریع و موثر شدت آلودگی در یک مکان مورد استفاده قرار می‌گیرند. درجه آلودگی اصلاح شده (mC_d) مطابق رابطه (۶) محاسبه می‌گردد:

$$C_f^i = C^i / C_{ref}^i \quad mC_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_f^i \quad (6)$$

که C^i غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب و آب، C_{ref}^i مقادیر مرجع عنصر [۱۶ و ۱۷] و C_f^i فاکتور آلودگی هر عنصر می‌باشد. مزیت شاخص درجه آلودگی اصلاح شده (mC_d) نسبت به شاخص‌های تک عنصر در نظر گرفتن اثرات هم‌بیشی آلاینده‌ها در منطقه مورد مطالعه می‌باشد [۱۸].

۵-۲. شاخص آلودگی Nemerow^{۲۰} (P_N)

شاخص آلودگی Nemerow نیز اثرات جامع فلزات سنگین را منعکس می‌کند [۱۹] و می‌تواند برای تفسیر آلودگی فلزات سنگین در یک مکان خاص مطابق رابطه (۷) بکار گرفته شود [۸]:

$$P_N = \sqrt{\frac{C_f^2 + C_{fmax}^2}{2}} \quad (7)$$

که P_N شاخص آلودگی Nemerow، C_f محاسبه میانگین فاکتور آلودگی همه فلزات سنگین، و C_{fmax} فاکتور آلودگی بیشینه در میان فلزات سنگین می‌باشد.

۵-۳. شاخص ریسک اکولوژیکی بالقوه^{۲۱} (RI)

شاخص ریسک اکولوژیکی بالقوه (RI)، به منظور ارزیابی ریسک بالقوه یک یا چند عنصر توسط Hakanson در سال ۱۹۸۰ پیشنهاد داده شد. حساسیت جوامع بیولوژیکی هنگامی که فاکتور ریسک اکولوژیکی بالقوه و ضریب پاسخ سمیت در نظر گرفته شوند، می‌تواند توسط RI منعکس گردد. شاخص ریسک اکولوژیکی بالقوه (RI) مطابق رابطه (۸) محاسبه می‌گردد:

^{۱۸} Modified degree of contamination

^{۱۹} Nemerow Pollution Index

^{۲۰} Potential Ecological Risk Index

^{۲۱} Coagulation/ flocculation

$$RI = \sum_{i=1}^n E_f^i, \quad \text{where } E_f^i = C_f^i \times T_f^i \quad (8)$$

که C_f^i فاکتور آلودگی، T_f^i ضریب پاسخ سمیت هر عنصر ($Hg=40$ ، $Zn=1$ ، $Ni=Pb=Cu=5$ ، $Cr=2$ ، $Cd=30$ ، $As=10$) و E_f^i فاکتور ریسک اکولوژیکی بالقوه هر عنصر می‌باشد [۲۲]. جدول (۱) طبقه‌بندی پیشنهادی برای شاخص‌های RI و P_N ، mCd را ارائه می‌نماید.

جدول (۱) طبقه‌بندی درجه آلودگی اصلاح شده (mCd)، شاخص آلودگی Nemerow (P_N) و شاخص ریسک اکولوژیکی بالقوه (RI)

طبقه	mCd	درجه آلودگی	P_N	درجه آلودگی	RI	ریسک اکولوژیکی
۰	$C_d < 1/5$	آلوده نشده	$P_N < 1$	آلوده نشده	$RI < 110$	ریسک کم
۱	$1/5 \leq C_d < 2$	اندکی آلوده شده	$1 \leq P_N < 2/5$	اندکی آلوده شده	$110 \leq RI < 200$	ریسک متوسط
۲	$2 \leq C_d < 4$	بطور متوسط آلوده شده	$2/5 \leq P_N < 7$	بطور متوسط آلوده شده	$200 \leq RI < 400$	ریسک قابل توجه
۳	$4 \leq C_d < 8$	آلودگی متوسط رو به بالا	$7 \leq P_N$	آلوده شده	$400 \leq RI$	ریسک شدید
۴	$8 \leq C_d < 16$	آلوده شده				
۵	$16 \leq C_d < 32$	به شدت آلوده شده				
۶	$32 \leq C_d$	بینهایت آلوده شده				

۳. نتیجه گیری

آنچه در حال حاضر بیش از هر مقوله‌ای فکر بشر را به خود درگیر نموده، مسئله آلودگی محیط زیست بویژه بوم سازگان‌های آبی می‌باشد. بکارگیری رویکردهای مدیریتی، استفاده بهینه از منابع آب در دسترس (به ویژه در کشورهایی که با محدودیت منابع آب مواجه‌اند) و کنترل کمیت و کیفیت منابع آب، می‌تواند جوامع را در رویارویی با بحران آب که در آینده‌ای نه چندان دور گریبان گیر همه خواهد شد، یاری نماید. امروزه با توجه به تأثیر فعالیت‌های انسانی بر کیفیت آب، قوانین محیط زیستی و مسائلی که در ارتباط با آلودگی آب به وجود آمده است، توجه به کیفیت منابع آب اهمیت زیادی پیدا کرده است. در این راستا مدیریت پایدار و صحیح منابع آب که محور اصلی آن تأمین آب مطمئن و با کیفیت بوده و نیز آگاهی از وضعیت این منابع حیاتی یکی از اهداف سازمان‌ها و متولیان این امر می‌باشد. به منظور تحقق این امر شاخص‌هایی جهت تعیین وضعیت کیفی آب و نیز ارزیابی ریسک فلزات در اکوسیستم‌های آبی گسترش یافته‌اند. حضور هم‌زمان برخی فلزات منجر به ایجاد اثرات تداخلی می‌گردد. این اثرات تداخلی که بیش از اثرات تجمعی تک تک فلزات است توسط شاخص‌هایی مانند C_d ، mCd و IR مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین ترتیب براساس طبقه‌بندی‌هایی که برای این شاخص‌ها ارائه شده می‌توان وضعیت آلودگی منطقه را به طبقاتی با وضعیت آلودگی مشخص تقسیم و برای هر منطقه با توجه به درجه و شدت آلودگی رویکردهای مناسب مدیریتی اتخاذ نمود.

منابع

- [1]- Bryan, G.W., Langston, W.J., (1992). Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environment Pollution* 76 (2), 89–131.
- [2]- Gupta, D.A., (2008). Implication of environmental flows in river basin management. *Search Results Physics and Chemistry of the Earth* 33 (5), 298–303.
- [3]- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), (2015). Regulated drinking water contaminants. Online database. Available at: <http://www.epa.gov/dwstandardsregulations#Disinfectants> (Accessed on Dec 02, 2015).
- [4]- Zhang, Z.Y., Li, J.Y., Mamat, Z., Ye, Q.F. (2016). Sources identification and pollution evaluation of heavy metals in the surface sediments of Bortala River, Northwest China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 126, 94–101.

- [5]- Tessier, A., Campbell, P.G.C. (1987). Partitioning of trace metals in sediments: relationships with bioavailability. *Hydrobiologia* 149 (1), 43–52.
- [6]- O'Donnel, J.R., B.M. Kaplan and H.E. Allen, (1985). Bioavailability of Trace Metals in Natural Waters In: Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: Seventh Symposium, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- [7]- Sharifi, Z., Hossaini, S.M.T., Renella, G. (2016). Risk assessment for sediment and stream water polluted by heavy metals released by a municipal solid waste composting plant. *Journal of Geochemical Exploration* 169, 202–210.
- [8]- Duodu, G.O., Goonetilleke, A., Ayoko, G.A., (2016). Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metal in Brisbane River sediment. *Environment Pollution* 219, 1077–1091.
- [9]- Prasad, B., Bose, J.M. (2001). Evaluation of heavy metal pollution index for surface and spring water near a limestone mining area of the lower Himalayas. *Environmental Geology* 41, 183–188.
- [10]- Mohan, S.V., Nithila, P., Reddy, S.J., (1996). Estimation of heavy metal in drinking water and development of heavy metal pollution index. *Journal of Environmental Science and Health* 31, 283–289.
- [11]- EWQS (Egyptian drinking water quality standards), (2007). Ministry of Health, Population Decision number 458.
- [12]- WHO (World Health Organization), (2011). Guidelines for drinking water quality, fourth ed. Geneva: WHO, 564p. ISBN: 978 92 4 154815 1.
- [13]- Edet AE, Merkel BJ, Offiong OE. (2003). Trace element hydrochemical assessment of the Calabar Coastal Plain Aquifer, southeastern Nigeria using statistical methods. *Environmental Geology* 44:137- 49.
- [14]- Edet AE, Offiong OE. (2002). Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring. A study case from Akpabuyo-Odukpani area, Lower Cross River Basin (southeastern Nigeria). *Geosciences Journal* 57:295- 304.
- [15]- Backman, B., Bodis, D., Lahermo, P., Rapant, S., (1997). Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. *Environmental Geology* 36 (1–2): 55–64.
- [16]- Turekian, K., Wedepohl, K., (1961). Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of America Bulletin Journal* 72 (2), 175–192.
- [17]- Hakanson, L., (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. *a sedimentological approach*. *Water Resources* 14 (8), 975–1001.
- [18]- Brady, J.P., Ayoko, G.A., Martens, W.N., Goonetilleke, A., (2015). Development of a hybrid pollution index for heavy metals in marine and estuarine sediments. *Environmental Monitoring and Assessment* 187 (5): 306.

- [19]- Yan, N., Liu, W.B., Xie, H.T., Gao, L.R., Han, Y., Wang, M.J., Li, H.F. (2016). Distribution and assessment of heavy metals in the surface sediment of Yellow River, China. *Journal of Environmental Sciences -China* 39, 45–51.
- [20]- Lu, S., Wang, Y., Teng, Y., Yu, X., (2015). Heavy metal pollution and ecological risk assessment of the paddy soils near a zinc-lead mining area in Hunan. *Environmental Monitoring and Assessment* 187 (10), 1–12.
- [21]- Islam, M.S., Ahmed, M.K., Habibullah-Al-Mamun, M., Hoque, M.F., (2015). Preliminary assessment of heavy metal contamination in surface sediments from a river in Bangladesh. *Environmental Earth Sciences* 73 (4), 1837–1848.
- [22]- Yi, Y.J., Yang, Z.F., Zhang, S.H., (2011). Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *Environmental Pollution* 159 (10), 2575–2585.



بحران حضور فلزات سنگین در بوم سازگان‌های آبی و روش‌های حذف آن

نوروزی فرد، پریسا^۱*؛ مرتضوی، ثمر^۲؛ اسد، صدیقه^۳؛ حسن زاده، نسرین^۲

۱. دانشجوی دکتری محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر،

۲. استادیار آلودگی محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر،

۳. استادیار بیوتکنولوژی، گروه زیست فناوری، پردیس علوم، دانشگاه تهران،

* parisanourozifard@yahoo.com

چکیده

آلودگی محیط زیست بویژه بحران آلودگی آب به علت ورود رواناب‌های کشاورزی، تخلیه فاضلاب صنایع و مناطق مسکونی در بوم سازگان‌های آبی به سرعت در حال افزایش می‌باشد. در این میان تنها راه حل برای یافتن منابع آبی جدید، استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده و استفاده از روش‌های متعدد حذف آلاینده‌های مربوطه است. فلزات سنگین از جمله مهمترین آلاینده‌های تجزیه ناپذیر و سمی موجود در آب‌های آلوده مانند Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Hg و غیره براساس میزان سمیت‌شان منجر به ایجاد انواع مختلف آلودگی می‌شوند. امروزه این فلزات سمی، انسان و جامعه را در معرض آسیب‌های جدی و مخاطرات محیط زیستی قرار داده‌اند. در همین راستا برای رفع نگرانی حادث شده، اهمیت توسعه و بکارگیری روش‌های حذف فلزات سنگین افزایش یافته است. در پژوهش مروری حاضر کلیاتی در رابطه با روش‌های تصفیه و ظرفیت جذب فلزات سنگین از پساب‌های صنعتی معرفی و در نهایت ضمن تاکید بر مباحث تفکیک فلزات سنگین از پساب صنعتی، روش‌های کارآمد تصفیه فاضلاب ارائه می‌گردد.

کلید واژه: تفکیک، روش‌های تصفیه، فلزات سنگین، فاضلاب، محیط زیست.

۱. مقدمه

امروزه اهمیت محیط‌های آبی به عنوان یک نیاز اساسی در هرجای جهان مطرح می‌گردد. با توجه به رشد سریع شهرنشینی، تغییرات آب و هوایی، استفاده از ذخایر طبیعی و نیاز به غذا، حدود ۴۰ درصد از مردم با کمبود آب مواجه هستند [۱]. این نگرانی می‌تواند با استفاده مجدد از فاضلاب که یک رویکرد جدید برای تامین آب می‌باشد، حل و فصل گردد. اگرچه، آب اصلاح شده نقش مهمی در کاهش مسائل فوق ایفا می‌کند، اما برخی اثرات سوء بر سلامتی به علت حضور ارگانیک‌های بیماریزا، مواد شیمیایی مخرب غدد درون ریز (EDC)، محصولات دارویی، محصولات مراقبت شخصی (PCP)، و ترکیبات آلی موجود در آن اتفاق می‌افتد [۲]. فلزات سنگین به دلیل ویژگی‌هایی مانند انحلال‌پذیری، پایداری، سمیت و تشکیل کمپلکس نگرانی‌های مهمی را ایجاد نموده‌اند [۳]. مشخصه سمیت آلاینده‌های فلزی تا حد زیادی به غلظت و بزرگنمایی، زیست‌پذیری آنها بستگی دارد. وضعیت ترکیب حاصل و اکسیداسیون آن نقش حیاتی در دستیابی زیستی فلزات سنگین ایفا می‌نم

parisanourozifard@yahoo.com

فراتر از حدود مجاز باشد، متابولیسم ناشی از آن سلول را تخریب نموده و فلز بعنوان یک عامل بیرونی سمی تلقی می‌گردد [۴]. مرگ سلولی نیز بعلت شکل‌گیری رادیکال‌های آزاد اتفاق می‌افتد و این رادیکال‌ها مسئول فرایند استرس اکسیداتیو سلولی هستند [۵]. در زیر موضوعات حیاتی و اثرات سلامتی ناشی از فلزات سنگین و همچنین روش‌های تصفیه مربوطه، مزایا و معایب آنها آمده است.

۲. روش‌های تصفیه

دفع آلاینده‌ها از فاضلاب توسط روش‌ها و پروتکل‌های ویژه‌ای کنترل می‌شود. به‌علت وجود مشخصه‌های کنترل کننده، روش اجرائی با کارایی بالا مورد نیاز است. این روش‌ها در سه بخش اصلی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی طبقه‌بندی می‌شوند.

۲-۱. انعقاد/لخته‌سازی^{۲۲}

این روش درمان متداول و پیشنهادی مناسب و در دسترس برای ته‌نشینی فلزات سنگین به فرمی با انحلال‌پذیری کم مثل کربنات‌ها، سولفیدها، و هیدروکسیدها می‌باشد [۶]. به منظور افزایش چگالی یا برای حذف این ذرات کلوئیدی، استراتژی تصفیه انعقاد صورت می‌پذیرد. اثر بخشی انعقاد بستگی به انعقادگر مورد استفاده، دوز انعقادگر، pH، دما، قلیائیت و دیگر شرایط محیطی دارد. در این فرآیند، معرف‌های شیمیایی یا لخته‌کننده‌های غیر آلی مانند $Fe_2(SO_4)_3$ ، $Al_2(SO_4)_3$ ، $FeCl_3$ و مشتقات این مواد مانند پلی آمونیوم کلراید و پلی فریک کلراید بعنوان منعقد کننده استفاده می‌شوند. این ترکیبات ذرات بی‌ثبات را برای تشکیل ذرات بزرگتر از طریق ترکیب کردن و یا متصل کردن متراکم و در نهایت انعقاد و فیلتراسیون برای حذف ذرات بزرگتر به کار گرفته می‌شوند.

۲-۲. تبادل یونی^{۲۳}

این روش یک فرآیند تفکیکی است که برای تصفیه فاضلاب و با کارایی بالای حذف فلزات سنگین ورد استفاده قرار گرفته بطوریکه یون‌ها را با یکدیگر جایگزین می‌کند. در مقایسه با فرآیندهای انعقاد، در این روش تولید لجن کم است. رزین از جمله موادی است که در تبادل یونی برای بازیابی یا حذف فلزات استفاده می‌گردد که رزین‌های مصنوعی نسبت به رزین‌های طبیعی به‌طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفتند [۷]. در این راستا ژئولیت‌های طبیعی بهترین ظرفیت تبادل کاتیونی را برای حذف فلزات سنگین در فاضلاب نشان دادند [۸]. از آنجاکه دو نوع سیستم تبادل یونی آنیونی و کاتیونی وجود دارد، رزین‌های تبادل آنیونی برای فاضلاب‌های با آلودگی کم مناسب‌ترین هستند. به مرور زمان احیای رزین‌های تبادل یونی با استفاده از معرف‌های شیمیایی یکی از معایب رزین‌های تبادل یونی است که آلودگی ثانویه ایجاد می‌کند که هزینه‌های عملیاتی را افزایش داده و نیز برای تصفیه فاضلاب در مقیاس‌های بزرگ غیر قابل استفاده می‌باشد [۷].

۲-۳. شناورسازی^{۲۴}

شناورسازی یک تکنولوژی تفکیک جامد-مایع است که در آن قطره کوچک به درون فاضلاب جریان می‌یابد و فلزات سنگین موجود در آب با چسبیدن به حباب‌ها فرار می‌کنند. این حباب‌ها در بالا به حالت معلق درآمده و ذرات هیدروفوبیک متمرکز شده از محیط خارج نوعی حذف می‌شوند. این روش به دلیل تولید لجن کم و کارایی تفکیک بالا، پتانسیل بالایی برای تصفیه فاضلاب دارد. اندازه حباب، سرعت سیر حباب، فرکانس تشکیل حباب، اغلب پارامترهای معنی‌دار برای تنظیم فرایندهای شناورسازی می‌باشد [۹]. هزینه بالای تعمیرات و نگهداری از معایب شناورسازی بشمار می‌آید. این روش خود به سه نوع شناورسازی هوای

²² Ion exchange

²³ Flotation

²⁴ Membrane filtration

حل شده (Dissolved air flotation)، شناورسازی یونی (Ion Flotation)، و شناورسازی رسوبی (Precipitate Flotation) تقسیم می‌شود.

۲-۴. فیلتراسیون غشایی^{۲۵}

فیلتراسیون غشایی روش تفکیک تحت فشاری را ارائه می‌کند که غیر از حذف فلزات سنگین، فرایند ضدعفونی نیز در آن انجام می‌شود [۱۰]. فیلتراسیون غشایی ذرات را براساس اندازه، غلظت محلول، pH و فشار اعمال شده تفکیک می‌کند. این روش در مقایسه با سایر روش‌های تصفیه به دلیل بهره‌وری، عملیات آسان و فضای موردنیاز کمتر، یک روش امیدوارکننده برای حذف فلزات سنگین به شمار می‌رود؛ اما برای حذف جامدات معلق و ترکیبات آلی مفید است. با این وجود، فیلتراسیون غشایی به دلیل فرآیندهای پیچیده، رسوب غشایی، جایگزینی دوره‌ای غشا و هزینه بالا به حذف فلزات سنگین محدود می‌گردد [۱۱]. آلودگی اصلی موجود در غشا در نهایت بخشی از ماده آلی حل شده (DOM) و مواد آلی (OM) می‌باشد. برای اجتناب از حضور این مواد، پیش تصفیه فاضلاب نیاز است که عملکرد غشا را افزایش می‌دهد. در این راستا به‌منظور بهبود یافتن روش تفکیک غیر آلوده، فرایند فیلتراسیون غشایی تحت فشار مانند میکروفیلتریشن، اولترافیلتریشن، نانوفیلتریشن و اسمز معکوس بسته به اندازه فلزات استفاده می‌گردد.

۲-۵. رسوب‌دهی شیمیایی^{۲۶}

این روش به نسبت ارزان و موثر، در صنایع مختلف بکار گرفته می‌شود. به منظور شکل‌گیری رسوب فلزی، مواد شیمیایی به محلول اضافه می‌شوند که pH را تغییر داده و به رسوب اجازه نمی‌دهند تا در محلول حل گردد [۱۲]. با فرآیندهای رسوب‌گذاری، مواد ترسیب حاصل جداسازی شده برای دیگر اهداف استفاده می‌شود [۱۱]. رسوب‌دهی شیمیایی اغلب برای حذف Cu (II) , Cd (II) , Mn (II) , Zn (II) موثر است [۷]. بطور معمول این روش برای فاضلاب حاوی غلظت یونی فلزی کم، مناسب نمی‌باشد. بعلاوه رسوبات فلزات نامحلول، این روش می‌تواند مقدار زیادی لجن با محتوای آب بالا تولید کند که بعنوان یک پساب خطرناک مطرح می‌گردد [۱۳]. غالباً در فرایند رسوب شیمیایی فعلی، رسوب هیدروکسید و سولفید موجود می‌باشد.

۲-۶. تصفیه الکتروشیمیایی^{۲۷}

تصفیه الکتروشیمیایی به دلیل تطبیق‌پذیری‌اش، توانایی بالقوه‌ای برای تصفیه فاضلاب دارد. کارائی راکتور الکتروشیمیایی به مواد الکترود و پارامترهایی مانند انتقال جرم، تراکم جریان، ترکیب آب و غیره بستگی دارد [۱۴]. این روش برای انواعی از آلاینده‌ها که محصولات جانبی آزاد نمی‌نمایند، مناسب است؛ اما نیاز به تعمیر و نگهداری و انرژی الکتریکی بالایی دارد و به دلیل طول عمر کوتاه مواد الکترود، نرخ انتقال جرم کم، افزایش دما به کاربردهای خاصی محدود می‌گردد [۱۵]. انواع روش‌های تصفیه الکتروشیمیایی شامل انعقاد الکتریکی (Electrocoagulation)، رسوب‌دهی الکتریکی (Electrodeposition)، انعقاد الکتریکی / انعقاد الکترولیتیکی (Electroflotation/Electrolytic flotation)، الکترودیالیز (Electrodialysis)، الکترودیونیز (Electrodeionization) می‌باشد.

²⁵ Chemical precipitation

²⁶ Electrochemical treatment

²⁷ Adsorption

۲-۷. جذب سطحی^{۲۸}

امروزه فرآیند جذب سطحی بعنوان یک روش موثر، پیشرو و قابل تحسین در میان دیگر روش‌های تصفیه فاضلاب و حذف فلزات سنگین به‌شمار می‌رود که جریانی تصفیه شده با کیفیت بالا فراهم می‌نماید. این فرآیند یک روش تبدیل جرمی است که پساب توسط نفوذ فیزیکی- شیمیایی به جاذب فعال مورد استفاده، انتقال می‌یابد [۱۶]. در فرایند جذب سطحی، به دلیل برگشت‌پذیری، جاذب‌ها می‌توانند از طریق فرآیند خارج سازی ماده جذب شده (desorption) دوباره احیاء شوند و برای اهداف متعددی بطور مجدد استفاده گردد. روش جذب سطحی کاربردی آسان، انعطاف‌پذیر، همچنین طراحی ساده داشته و آلاینده‌های سمی تولید نمی‌نماید [۱۷]. جنبه اصلی در انتخاب جاذب‌ها مقرون به صرفه‌بودن و انتخاب مناسب‌ترین جاذب برای تکنولوژی است. مساحت بالا، توزیع اندازه ذرات، گروه‌های عملکردی، و قطبش جاذب، کارائی فرآیند جذب را تعیین می‌کند [۱۸]. این روش به زیربخش‌هایی تقسیم می‌شود که شامل کربن فعال (Activated carbon)، نانولوله کربنی (Carbon nanotubes)، جاذب‌های زیستی (Biosorbents) می‌باشد که جاذب‌های زیستی خود شامل زیست توده جلبکی (Algal biomass)، زیست-توده قارچی (Fungal biomass)، جاذب سطحی باکتری (Bacterial adsorbent)، جاذب‌های کم هزینه (Low cost adsorbents)، ضایعات کشاورزی/ مواد گیاهی (Agricultural waste/ plant material)، پساب‌های صنعتی (Industrial waste) می‌باشد.

۳. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

امروزه به دلیل بحران آب و تهدیدات ناشی از کمبود و یا استفاده مجدد پساب با توجه به تأثیرات سوء آن بر سلامتی انسان و محیط زیست، جذب فلزات سنگین از فاضلاب ضرورت بالایی دارد. در همین راستا به‌منظور حفظ هر چه بیشتر منابع آبی با رعایت قوانین محیط زیستی، روش‌های مختلفی برای حذف فلزات سنگین گسترش یافته‌اند. مهم‌ترین معیارها برای انتخاب روش مناسب؛ غلظت فلزات سنگین، هزینه عملیاتی و ویژگی‌های فاضلاب می‌باشد. بر اساس موارد ذکر شده مزایا، معایب و محدودیت‌های روش‌های تصفیه مطابق جدول (۱) ارائه شده است. که در نهایت به‌منظور تصفیه موثر و کار آمد ضمن در نظر داشتن هزینه، توالی روش‌های متعدد در حذف فلزات سنگین بسته به ویژگی‌های فاضلاب مورد نظر پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۱: مقایسه مزایا و معایب روش‌های مختلف تصفیه در دسترس برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب

روش‌ها	مزایا	معایب
انعقاد	مقرون به صرفه، کیفیت آب‌گیری	تولید لجن، استفاده زیاد از مواد شیمیایی
فیلتراسیون غشایی	حذف بالای فلزات سنگین، فضای مورد نیاز کمتر	بسیار گران، شناور شدن غشاء، پیچیدگی فرآیند
جذب سطحی	عملیات آسان، تولید لجن کم، استفاده از جاذب‌ها کم هزینه	تخریب
تصفیه الکتروشیمیایی	موثر در حذف یون‌های فلزی مهم، مصرف مواد شیمیایی کم	سرمایه‌گذاری اولیه بالا، نیاز به تامین برق زیاد
الکترودیالیز	تفکیک بالای فلزات	مسدود شدن و از دست رفتن انرژی
تبادل یونی	دگرگونی بالای ترکیبات	حذف فقط یون‌های فلزی محدود، هزینه عملیاتی بالا
فوتوکاتالیز	همزمان یون‌های فلزی و آلاینده‌های آلی	زمان طولانی برای حذف فلزات
تصفیه بیولوژیکی	مفید در حذف فلزات سنگین	نیازمند به توسعه
اکسیداسیون	بدون نیاز به برق	زنگ زدگی در سیستم به دلیل استفاده از اکسیداسیون

منابع

[1]- Calzadilla, A., Rehdanz, K., Tol, R.S.J. (2011). Water scarcity and the impact of improved irrigation management: A computable general equilibrium analysis. *Agricultural Economics* 42: 305–323.

- [2]- Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., Guo, W., Thomaidis, N. S., Xuc, J. (2017). Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: A critical review. *Journal of Hazardous Materials* 323: 274–298
- [3]- Lee, J., Dhar, B. (2012). Bio-processing of solid wastes and secondary resources for metal extraction – A review. *Waste Management* 32: 3–18.
- [4]- Madu, P.C., Akpaiyo, G.D., Ikoku, I. (2011). Biosorption of Cr^{3+} , Pb^{2+} , and Cd^{2+} ions from aqueous solution using modified and unmodified millet chaff. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 3: 467–477.
- [5]- Krystofova, O., Shestivska, V., Galiova, M., Novotny, K., Kaiser, J., Zehnalek, J., Babula, P., Opatrilova, R., Adam, V., Kizek, R. (2009). Sunflower plants as bioindicators of environmental pollution with lead (II) ions. *Sensors* 9: 5040–5058.
- [6]- Visa, M. (2016). Synthesis and characterization of new zeolite materials obtained from fly ash for heavy metals removal in advanced wastewater treatment, *Elsevier B.V.*, 2016.
- [7]- Bilal, M., Shah, J.A., Ashfaq, T., Gardazi, S.M.H., Tahir, A.A., Pervez, A., Haroon, H., Mahmood, Q. (2013). Waste biomass adsorbents for copper removal from industrial wastewater-A review. *Journal of Hazardous Materials* 263: 322–333.
- [8]- Motsi, T., Rowson, N.A., Simmons, M.J.H. (2009). Adsorption of heavy metals from acid mine drainage by natural zeolite. *International Journal of Mineral Processing* 92: 42–48.
- [9]- Patil, D.S., Chavan, S.M., Oubagaranadin, J.U.K. (2016). A review of technologies for manganese removal from wastewaters. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 4: 468–487.
- [10]- Lyu, S., Chen, W., Zhang, W., Fan, Y., Jiao, W. (2015). Wastewater reclamation and reuse in China: Opportunities and challenges. *Journal of Environmental Sciences (China)*. doi:10.1016/j.jes.2015.11.012 (Article in press)
- [11]- Fu, F., Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management* 92: 407–418.
- [12]- Hashim, M.A., Mukhopadhyay, S., Sahu, J.N., Sengupta, B. (2011). Remediation technologies for heavy metal contaminated groundwater. *Journal of Environmental Management* 92: 2355–2388.
- [13]- Kuan, Y.C., Lee, I.H., Chern, J.M. (2010). Heavy metal extraction from PCB wastewater treatment sludge by sulfuric acid. *Journal of Hazardous Materials* 177: 881–886.
- [14]- de Almeida, C.C., da Costa, P.R.F., de M.J., Melo, M., dos Santos, E.V., Martínez- Huitle, C.A. (2014). Application of electrochemical technology for water treatment of Brazilian industry effluents. *Journal of the Mexican Chemical Society* 58: 276–286.
- [15]- Zhang, C., Jiang, Y., Li, Y., Hu, Z., Zhou, L., Zhou, M. (2013). Three-dimensional electrochemical process for wastewater treatment: A general review. *Chemical Engineering Journal* 228: 455–467.

- [16]- Ojedokun, A.T., Bello, O.S. (2016). Sequestering heavy metals from wastewater using cow dung. *Water Resources and Industry* 13: 7–13
- [17]- Demirbas, A. (2008). Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *Journal of Hazardous Materials* 157: 220–229.
- [18]- Ewecharoen, A., Thiravetyan, P., Wendel, E., Bertagnolli, H. (2009). Nickel adsorption by sodium polyacrylate-grafted activated carbon. *Journal of Hazardous Materials* 171: 335–339.



مروری بر مطالعه آلودگی ناشی از فلزات سنگین در محیط آبی خلیج فارس

نوروزی فرد، پریسا^۱*؛ مرتضوی، ثمر^۲؛ اسد، صدیقه^۳؛ حسن زاده، نسرين^۲

۱. دانشجوی دکتری محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر،

۲. استادیار آلودگی محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر،

۳. استادیار بیوتکنولوژی، گروه زیست فناوری، پردیس علوم، دانشگاه تهران،

* parisanourozifard@yahoo.com

چکیده

فلزات سنگین با توانایی تجمع زیستی بالا، سمیت، بزرگنمایی زیستی، تجزیه ناپذیری زیستی و دمای، آلاینده‌های فراوان و مقاومی هستند که بصورت طبیعی و بطور عمده در اثر فعالیت‌های انسانی در محیط و موجودات زنده وجود دارند. این فلزات از منابع و فعالیت‌های مختلف شامل فاضلاب‌ها و پسماندهای صنعتی، کشاورزی و شهری، حمل و نقل دریایی، فرسایش زمین و نزولات جوی به محیط زیست و بطور ویژه پیکره‌های آبی راه می‌یابند. در این میان زیست‌بوم آبی خلیج فارس به دلیل عمق کم، نیمه بسته بودن، قرارگیری در ناحیه نیمه گرمسیری، نوسانات درجه حرارت، شوری و تبخیر بالا، زمان چرخش طولانی جریان آب یکی از مناطق در معرض آلاینده‌های گوناگون می‌باشد. در پژوهش حاضر تلاش شد با مروری بر مطالعات انجام شده از سنجش آلاینده‌های فلزی بر آب خلیج فارس، وضعیت آلودگی ناشی از فلزات در منطقه بررسی شود. نتایج حاصل نشان داد در اکثر موارد غلظت فلزات از استانداردهای مربوطه پایین‌تر بوده اما نسبت به مناطقی که کمتر تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی واقع شده، دارای مقادیر غلظت بالاتری می‌باشند که این امر می‌تواند گواهی بر نقش انسان و فعالیت‌های انسانی در افزایش مقادیر این فلزات در منطقه باشد. در نهایت می‌توان پایش جامع زمانی و مکانی این آلاینده‌ها به عنوان اقدامی فوری، ارزیابی اثرات محیط زیستی و استفاده از آخرین تکنولوژی‌ها به عنوان اقدامات بلندمدت در پیشگیری و پاکسازی آلودگی ناشی از این فلزات را ضرورتی انکار ناپذیر دانست.

کلیدواژه: آلودگی، خلیج فارس، فلزات سنگین، محیط‌های آبی.

۱. مقدمه

روند جهانی افزایش آلودگی ناشی از عوامل تنش‌زای طبیعی و انسانی، ضرورت به‌کارگیری راهبردهای کنترل و پایش آلاینده‌ها در محیط‌های آبی را اجتناب ناپذیر می‌سازد [۱]. بوم‌سازگان‌های آبی به‌ویژه مناطق جزرومدی، آلاینده‌های شیمیایی را از منابع گوناگون مانند تخلیه فاضلاب صنایع، زه‌آب‌های کشاورزی و رواناب‌های شهری دریافت می‌کنند [۲]. این مسئله به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که بیش از ۸۰٪ فاضلاب‌های تصفیه نشده به‌طور مستقیم به دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و اقیانوس‌ها می‌-

ریزد، مهم‌تر می‌باشد [۳]. بیشترین نگرانی در محیط‌های خلیجی و خورها، با منابع آلودگی نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای وجود دارد. بخش مهمی از بار آلودگی آلاینده‌های آزاد شده به محیط‌های نیمه بسته، به علت توانایی کمترشان برای تخلیه و انتشار آلاینده‌ها به دریاهای آزاد نسبت به مناطق ساحلی با مرزهای باز به دریا، در همان نزدیکی منبع ایجادکننده آلودگی باقی می‌ماند [۴]. در بین آلاینده‌های متعدد، فلزات سنگین به دلیل سمیت، بزرگنمایی زیستی در زنجیره غذایی [۵]، تجزیه ناپذیری زیستی و پایداری، توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده‌اند [۶]. به همین دلیل بسیاری از یون‌های فلزات سنگین برای موجودات سمی و یا سرطان‌زا شناخته شده‌اند. از سوی دیگر هنگامی که دو ماده شیمیایی بطور همزمان در آب حضور دارند امکان رخداد سمیت مشترک وجود دارد؛ که اثر هم‌بیشی یا کاهنده مربوط به اثرات تداخلی دو ترکیب محسوب شده و منجر به افزایش یا کاهش سمیت آنها می‌گردد [۷]. فلزات سنگین در سواحل جزرومدی از طریق رودخانه‌ها، رسوبات خشک و تر اتمسفری و تخلیه فاضلاب‌های محلی وارد و به مرور زمان تجمع می‌یابند [۸]. آلاینده‌های فلزی منجر به تخریب بوم‌سازگان‌های دریایی از طریق کاهش تنوع و فراوانی گونه‌ای و تجمع فلزات در موجودات زنده و زنجیره‌های غذایی می‌شوند. از سوی دیگر آلودگی اکوسیستم ناشی از فلزات سمی بالقوه (مانند کادمیوم، مس و سرب) ممکن است به ارگانسیم‌های دریایی در سطح سلولی آسیب رسانده و تعادل حساس اکولوژیکی سیستم‌های طبیعی را برهم زند.

در میان محیط‌های آبی، خلیج فارس در زمره با ارزش‌ترین بوم‌سازگان آبی جهان محسوب می‌گردد. محصور بودن این پهنه آبی، تردد کشتی‌های متعدد و منابع نفت و گاز منطقه، سبب شده است که آلودگی‌های محیطی به‌ویژه فلزات سنگین در این بوم-سازگان رو به فزونی باشد. اکتشاف، استخراج و انتقال مواد نفتی در خلیج فارس علاوه بر ایجاد آلودگی مستقیم، به علت دارا بودن مقادیر بسیار زیاد فلزات سنگین، زمینه آلودگی شیمیایی این خلیج و تهدید حیات آبزیان را فراهم نموده است [۹]. همچنین فعالیت و تخلیه پساب صناعی که در سواحل این خلیج استقرار یافته‌اند سبب آلودگی بیش از پیش می‌گردد. بدین ترتیب ضرورت بررسی و سنجش غلظت این فلزات در این پهنه آبی نمایان می‌گردد.

۲. روش تحقیق

روش تحقیق در مطالعه حاضر، توصیفی-تحلیلی و نحوه تجزیه و تحلیل اطلاعات، کیفی است. اطلاعات مورد نظر از نشریه‌ها، پایان‌نامه‌ها، مطالعات پژوهشی و پایگاه‌های علمی معتبر (Scimedirect- Elsevier- Scimago-Magiran-Springer) SID و... گردآوری گردید، سپس به مرور مطالعات انجام شده بر آب خلیج فارس شامل منطقه مطالعاتی و فلزات مورد بررسی، روش نمونه‌برداری، روش آماده سازی نمونه، دستگاه مورد استفاده در سنجش غلظت فلزات، استانداردهای مربوطه و نتایج کلی پرداخته شد.

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

خلیج فارس حوضه آبی کم عمقی است که منطقه‌ای با مساحت ۲۴۰ هزار کیلومتر مربع و عمق متوسط ۳۵-۴۰ متر را می‌پوشاند [۱۰]. این خلیج بین ۲۴ تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ تا ۵۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. خلیج فارس به شکل بیضی در جنوب ایران گسترده شده که از شمال غرب به عراق و کویت، از جنوب غرب و غرب به بیابان عربستان و از جنوب به امارات متحده عربی، قطر، بحرین و عمان محدود می‌شود. خلیج فارس از اقیانوس هند منشا گرفته و از طریق تنگه هرمز و دریای عمان به این اقیانوس راه دارد [۱۱]. از آنجا که فقط یک راه ارتباطی باریک (تنگه هرمز) بین خلیج فارس و دریای عمان وجود دارد، زمان کافی برای انتقال کل آب خلیج فارس به آب‌های آزاد، حدود ۳ تا ۵/۵ سال تخمین زده می‌شود [۱۲]. بخش شمالی این خلیج با بیشترین عمق متعلق به ایران است که عمق آن در این قسمت به ۹۰ متر هم می‌رسد. هرچه از شمال به سمت جنوب آن برویم، بر میزان شوری آب افزوده می‌گردد که علت آن می‌تواند ناشی از کمتر شدن عمق آب

و وجود گنبد‌های نمکی باشد. [۱۱]. آلاینده‌ها بعلا فاکتورهایی مثل طولانی بودن زمان چرخش، عمق کم، و نیز بالا بودن میزان شوری، درجه حرارت و تبخیر در خلیج فارس بیشتر باقی می‌مانند که در نهایت اثرات آلاینده‌ها بر محیط دریایی قابل توجه می‌باشد [۱۰].

فلزات سمی از راه‌های متعددی نظیر تولید و صادرات نفت، نیروگاه‌های تولید برق، کشاورزی، ماهی‌گیری، بهره‌برداری از معادن، تجارت و صنایع، تعمیر و ساخت کشتی، تخلیه و بارگیری انواع مواد معدنی و شیمیایی و غیره، موجب افزایش بار آلودگی و تخریب این بوم‌سازگان حساس گردیده است. لذا شناسایی، اندازه‌گیری و ردیابی آلودگی‌های خلیج فارس از جنبه‌های مختلف نظیر منابع بزرگ نفت و گاز، منابع غذایی، تنوع زیستی، اندوخته‌های کانی و مجاورت با صنایع پالایشگاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۳].

۲-۲. مروری بر مطالعات انجام شده در خلیج فارس

آلودگی بوم‌سازگان آبی جهان همواره مورد توجه بوده اما خلیج فارس به‌دلیل ویژگی‌های خاص و منحصر به‌فرد خود از دیرباز توجه پژوهشگران را به خود جلب نموده و مطالعات متعددی بر غلظت فلزات سنگین در آب آن صورت گرفته است. جدول (۱) به برخی از این مطالعات اشاره دارد.

جدول ۱: مطالعات انجام در زمینه سنجش غلظت فلزات سنگین در آب خلیج فارس

نام	سال	تعداد نمونه / فلزات سنگین / ایستگاه	عمق	روش هضم	دستگاه / سنجش فلزات	استاندارد کیفی	مکان	نتایج کلی	منبع
نوان مقصودی و همکاران	۱۳۸۶	Pb, Ni, Hg, Cr, Cd, V, As ۱۰ ایستگاه	بوسیله بطری نائسن از عمق ۲ تا ۱/۵ متری	-	FAAS	-	بندر شهید رجایی، بندرعباس (۹) ایستگاه در داخل حوضچه بندر و یک ایستگاه شاهد	مقایسه عناصر سنگین در آب حتی از حداقل مقادیر فلزات در نمونه شاهد بیشتر است. کروم در آب بالاترین درصد و آرسنیک کمترین درصد را داراست.	[۱۴]
امیدی	۱۳۷۹	Zn, Cu, Ni, Cd, Fe, Pb	-	-	-	-	آبهای ساحلی استان بوشهر	-	[۱۵]
ناهد و همکاران	۱۳۸۳	Ni, Cd, Cr	-	-	Analytic Jena GmbH 6000. 126 Zeiss AAS	-	شغاب-دیلیم-گناوه-امام حسن - دیر-کنگان-اسکله بهمن-عسلویه	حداکثر غلظت فلزات در آبهای منطقه امام حسن، حداقل نیکل در عسلویه و کروم و کادمیوم در بندر گناوه	[۱۶]
Saeedi et al.	۲۰۱۲	Fe- Mg- Al- Zn- Co- Pb- Cu- Mn- As-Ni-Cr -Cd- Ag	-	-	-	-	Bandar Abbas, Persian Gulf: 'Park-e-Qadir' and 'Nakhl-e-Nakhoda'.	-	[۱۷]
نوروزی کرباسدهی و همکاران	۱۳۹۴	Fe, Zn, Pb, Cd, Cr, Cu	روش استاندارد نمونه برداری از عمق ۲۱ الی ۳۱ سانتی متری	-	Varian AA FAA	استانداردهای سازمان جهانی بهداشت و خدمات بهداشت عمومی آمریکا WHO, PHS	سواحل بندر بوشهر: پارک سیادت - پارک دانشجو-اسکله جفره	میانگین فلزات سنگین از استانداردهای موجود پایین تر بود/ بیشترین میزان آهن، کروم و کادمیوم مربوط به اسکله جفره، روی و سرب پارک دانشجو، و مس در تمام ایستگاه ها صفر بود	[۱۸]
Taheri et al.	۲۰۱۵	Hg, Pb, Zn, Cu, and Cd	-	-	-	-	the Musa Creek (northwest of the Persian Gulf): petrochemical, Gaffari, Majidieh, Ghazaleh, and Zangi stations	-	[۱۹]

نام	سال	تعداد نمونه / ایستگاه	فلزات سنگین	عمق	روش هضم	دستگاه سنجش فلزات	استاندارد کیفی	مکان	نتایج کلی	منبع
ربانی و همکاران	۱۳۸۶	۵ ایستگاه در دو نوبت بهار و تابستان	Hg, Ni, Pb	-	۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به ۵۰ میلی لیتر نمونه آب+ پتاسیم پرمگنات+ کلرورقع+الکل اتیلیک+هیدروکسیل آمین	CVAASS (Hg), GFAASS (Ni, Pb)	استاندارد جهت تخلیه فاضلاب‌ها به آبهای سطحی	منطقه عملیاتی عسلویه در خلیج فارس	غلظت پایین فلزات نسبت به استانداردها می‌تواند ناشی از منشأ طبیعی و یا عملیات ساخت اسکله در دریا باشد [۲۰]	
خراسانی و همکاران، ۱۳۸۴		۹ مقطع عمود بر خط ساحل	Zn, Cu, Fe, Cr, Pb	-	-	AAS	-	سواحل بندرعباس (شمال و شمال غربی جزیره هرمز، نخل ناخدا، اسکله باهنر، اسکله فولاد، اسکله نفت، اسکله رجایی، مجتمع کشتی سازی خلیج فارس و غرب آن)	کشتی‌ها، آهن (قشر زمین و زمین منشا)، مس (رنگ‌آمیزی کشتی‌ها و شناورها، تردد قایق - [۲۱] ها و شناورها، پساب‌های شهری و کشاورزی و نزدیکی به ورودی رودخانه شور)، کروم (رنگ، تخلیه و بارگیری)	
پاشایی راد و همکاران	۱۳۸۹	۲ ایستگاه / ۱۲ نمونه در تابستان و زمستان	Cu و As ، Ag, Cd ، Pb ,Zn ، Mg, Fe	عمق کمتر از یک فیلتر متر هنگام جزر کاغذ صافی ۰/۴ میلی متر	۱۰۰ میلی لیتر نمونه با	GFAAS (Varian B55)	MPL, ANZECC	ساحل گلشهر بندر عباس (پارک غدیر و نخل ناخدا)	بیشترین تجمع مربوط به منیزیم و کمترین مربوط به نقره می‌باشد [۲۲]	
پورخجاز و ناظری،	۱۳۹۵	۳ ایستگاه	Al, Cd, Ni, Pb	توسط دستگاه نرسکین از عمق نیم متری	-	AAS Analytik Jena AG) ContrAA 700	-	جزیره هنگام (روستا قیل، هنگام نو، هنگام کهنه)	غلظت این فلزات در آب به ترتیب آلومینیم، سرب، نیکل و [۲۳] کادمیوم	

۳. نتیجه گیری

مروری بر مطالعات انجام شده در محیط آبی خلیج فارس حاکی از بالاتر بودن غلظت فلزات در ایستگاه‌های مورد مطالعه نسبت به ایستگاه‌های شاهد می‌باشد. این امر می‌تواند بیانگر تأثیر انسان و فعالیت‌های انسانی باشد که منجر به تخلیه آلاینده‌ها از منابع مختلف به این بوم‌سازگان آبی گردیده است. همچنین در اغلب مطالعات مقایسه غلظت این فلزات با استانداردهای مربوطه بیانگر پایین‌تر بودن غلظت فلزات از حدود استاندارد می‌باشد. از سوی دیگر گونه‌های موجود در سطوح بالایی زنجیره غذایی می‌توانند این آلاینده‌های محیطی را در غلظت‌های بالایی تجمع دهند. بنابراین حضور فلزات در محیط آبی حتی در مقادیر غلظت کم می‌تواند علائم هشدار جدی برای آبریان و وضعیت سلامت اکوسیستم باشد.

توجه به حساسیت‌ها و شرایط اکولوژیکی از یک سو و منابع متعدد آلاینده در سواحل این خلیج از سوی دیگر، مدیریت آلودگی فلزات سنگین در خلیج فارس را به ضرورتی اجتناب ناپذیر مبدل نموده است. استراتژی‌های مدیریت فلزات سنگین در خلیج فارس می‌تواند در مقیاس‌های زمانی فوری و بلند مدت طبقه‌بندی گردد. اقدامات فوری شامل تدوین دستورالعمل‌های کیفی و استانداردها، اجرای قوانین و مقررات محیط زیستی ملی و منطقه‌ای و اجرای برنامه‌های جامع نظارت بر محیط زیست و اقدامات بلندمدت شامل ارزیابی اثرات محیط زیستی (EIA) بر پروژه‌های موجود یا فعالیت‌هایی که ممکن است منجر به آلودگی فلزات سنگین شود، ظرفیت‌سازی برای پیشبرد تحقیقات علمی، و استفاده از آخرین تکنولوژی‌ها و روش‌ها در پیشگیری و اصلاح آلودگی فلزات سنگین می‌گردد.

قوانین محیط زیستی مربوط به پیشگیری از آلودگی در خلیج فارس براساس طیفی از قوانین و مقررات ملی و نیز موافقتنامه‌ها در سطح منطقه‌ای و بین‌المللی می‌باشد. در سطح ملی، چارچوب‌های قانونی متعددی در رابطه با حفاظت محیط زیست و مبارزه با آلودگی‌های محیط زیستی در هر کشور وجود دارد که به تسهیل اجرای مقررات و موافقتنامه‌های منطقه‌ای و بین‌المللی کمک می‌کنند. از سوی دیگر برای یک تصویر گسترده از الگوهای تجمع زیستی و آلودگی فلزات سنگین در خلیج فارس، یک پایش

محیط زیستی جامع در ابعاد زمانی و مکانی مورد نیاز است. چنین رویکرد جامعی ممکن است شامل اندازه‌گیری سطوح فلزات سنگین در آب دریا، رسوبات و ارگانسیم‌های دریایی باشد. در این راستا ممکن است محدودیت‌های تکنیکی و فنی متعددی مانع از پایش موثر فلزات سنگین در خلیج فارس گردد که در این راستا همکاری بیشتر بین موسسه‌های محلی و منطقه‌ای مرتبط با تحقیقات علمی و پایش فلزات سنگین در خلیج فارس پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- [1]- Gamain, P., Gonzalez, P., Cachot, J., Pardon, P., Tapie, N., Gourves, P.Y., Budzinski, H. & Morin, B., (2016). Combined effects of pollutants and salinity on embryo-larval development of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Marine Environmental Research*, 113: 31-38.
- [2]- Attig, H., Kamel, N., Sforzini, S., Dagnino, A., Jamel, J., Boussetta, H., Viarengo, A. & Banni, M., (2014). Effects of thermal stress and nickel exposure on biomarkers responses in *Mytilus galloprovincialis* (Lam). *Marine environmental research*, 94: 65-71.
- [3]- Patetsini, E., Dimitriadis, V.K. & Kaloyianni, M., (2013). Biomarkers in marine mussels, *Mytilus galloprovincialis*, exposed to environmentally relevant levels of the pesticides, chlorpyrifos and penoxsulam. *Aquatic toxicology*, 126: 338-345.
- [4]- Aly, W., Williams, I.D., Hudson, M.D., Aly, W., Williams, I.D., Hudson, M.D., (2014). Limitations of metallothioneins in common cockles (*Cerastoderma edule*) and sponges (*Haliclona oculata*) as biomarkers of metal contamination in a semi-enclosed coastal area, *Science of the Total Environment* 473-474: 391-397.
- [5]- Zhao, G., Lu, Q., Ye, S., Yuan, H., Ding, X. & Wang, J., (2016). Assessment of heavy metal contamination in surface sediments of the west Guangdong coastal region, China. *Marine pollution bulletin* 108: 268-274.
- [6]- Espín, S., Martínez-López, E., León-Ortega, M., Martínez, J.E. & García-Fernández, A.J., (2014). Oxidative stress biomarkers in Eurasian eagle owls (*Bubo bubo*) in three different scenarios of heavy metal exposure. *Environmental research*, 131: 134-144.
- [7]- Huang, B., Feng, M., Li, D. & Yang, Y., (2015). Antagonistic joint toxicity assessment of two current-use phthalates with waterborne copper in liver of *Carassius auratus* using biochemical biomarkers. *Ecotoxicology and environmental safety*, 116: 107-112.
- [8]- Zheng, R., Jiale, Z.H.A.O., Xiu, Z.H.O.U., Chao, M.A., Li, W.A.N.G. & Xiaojiang, G.A.O., (2016). Land use effects on the distribution and speciation of heavy metals and arsenic in coastal soils on Chongming Island in the Yangtze River Estuary, China. *Pedosphere*, 26(1): 74-84.
- [9]- Karadede, H. & Ünlü, E., (2000). Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41(9): 1371-1376.
- [10]- Fard, N.J.H., Ravanbakhsh, M., Ramezani, Z., Ahmadi, M., Angali, K.A. & Javid, A.Z., (2015). Determination of mercury and vanadium concentration in *Johnius belangerii* (C) fish in Musa estuary in Persian Gulf. *Marine pollution bulletin*, 97(1):499-505.

- [۱۱]. طاهری، م، ریاحی بختیاری، ع. ر، نعیمی، ب، و غلامعلی فرد، م، (۱۳۹۳). تعیین غلظت و پراکنش تغییرات مکانی فلزات جیوه، سرب و کادمیوم در رسوبات سطحی جنگل‌های مانگرو با استفاده از زمین آمار در محیط GIS. مجله محیط‌شناسی، ۴۰(۲): ۳۹۷-۳۱۰.
- [۱۲]. اشقلی فراهانی، م، و مکی آل‌آقا، م، (۱۳۸۶). بررسی ژئوشیمیایی عناصر سنگین در مغزه‌های رسوبات دریایی سواحل خلیج فارس و تاثیرات بیولوژیک آنها. مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست‌بوم، ۱۲، ۳۹-۲۹.
- [۱۳]. الصاق، ا، و برمکی، م، (۱۳۹۲). سنجش و اندازه‌گیری آلودگی‌های فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج فارس. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۵(۳): ۱-۱۱.
- [۱۴]. نوان مقصودی، م، اسماعیلی ساری، ع، و مهدی زاده، غ. ر، (۱۳۸۵). بررسی مقادیر آلودگی ناشی از هفت فلز سنگین (As, V, Cd, Cr, Hg, Pb, Ni) و هیدروکربن کل در بندر شهید رجایی بندر عباس. مجله علمی شیلات، ۲، ۱۶۶-۱۶۱.
- [۱۵]. امید، س، (۱۳۷۹). بررسی میزان فلزات سنگین در آب‌های ساحلی استان بوشهر. مجله علمی شیلات، ۹(۳): ۴۸-۳۵.
- [۱۶]. ناهید، پ، وثوقی، م، عالم‌زاده، ا، برقی، م، و صنعتی، ع. م، (۱۳۸۳). تعیین برخی آلودگی‌های آب خلیج فارس و امکان‌سنجی تصفیه بیولوژیکی آنها توسط بیوراکتور فیلم چسبیده (RBCP). مجله آب و فاضلاب، ۵۱، ۹-۲.
- [17]- Saeedi, H., (2012). Availability of Venerid Clam, *Amiantis umbonella* as potential metal bioindicator in Bandar Abbas coast, the Persian Gulf. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(2): 93-103.
- [۱۸]. نوروزی کرباسدهی، و، دوبرادران، س، میراحمدی، س. ر، مختاری، ح، دارابی، ح، و فرجی، ف، (۱۳۹۴). بررسی کیفیت میکروبی و شیمیایی آب شناگاه‌های دریایی خلیج فارس در سواحل بندر بوشهر. دو ماهنامه طب جنوب، پژوهشکده زیست-پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر، ۱۸(۲): ۴۰۸-۳۹۳.
- [19]- Taheri, R., Salamat, N. & Movahedinia, A., (2015). Using immune responses in *Euryglossa orientalis* and *Acanthopagrus latus* from Persian Gulf as indicators of environmental health. *Marine pollution bulletin*, 98(1):47-57.
- [۲۰]. ربانی، م، جعفرآبادی آشتیانی، ا، و مهرداد شریف، ا. ع، (۱۳۸۶). اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب، نیکل و جیوه در آب و رسوب در خلیج فارس منطقه عملیاتی عسلویه. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۹(۳): ۳۱-۲۳.
- [۲۱]. خراسانی، ن. ا، شایگان، ج. ا، و کریمی شهری، ن، (۱۳۸۴). بررسی غلظت فلزات سنگین (روی، مس، آهن، کروم و سرب) در رسوبات سطحی سواحل بندر عباس. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸(۴): ۸۶۹-۸۶۱.
- [۲۲]. پاشایی‌راد، ش، سعیدی، ه، ابطحی، ب، و کیابی، ب، (۱۳۸۹). بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در بافت نرم و پوسته دوکفه‌ای خوراکی *Amiantis umbonella* (Lamarck, 1818) در ساحل بندرعباس، خلیج فارس. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۲(۲): ۲۲-۹.
- [۲۳]. پورخباز، ع. ر، ناظری، م، (۱۳۹۵). بررسی غلظت برخی فلزات سنگین در بوم سامانه‌های مرجانی جزیره هنگام، خلیج فارس. اقیانوس‌شناسی، ۲۶: ۳۳-۲۳.



کاهش آلودگی هوا از طریق بهینه‌سازی مصرف سوخت کشتی‌ها

مصباح سایبانی^۱، یاسر شریفی^۲، حمید زنگانه^۳

۱. عضو هیئت علمی و استادیار دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد حمل و نقل دریایی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 ۳. کارشناسی ارشد حمل و نقل دریایی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، بندرعباس، ایران
- * yaser.sharifi@aut.ac.ir

چکیده

صنعت حمل و نقل دریایی به عنوان شریان اصلی اقتصاد جهانی یکی از مهمترین عوامل انتشار گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌رود و با توجه به رشد تقاضا برای تجارت دریامحور، فعالان این حوزه اقداماتی در راستای کاهش هزینه‌ها و انتشارات ناشی از این صنعت انجام داده‌اند. شرکت‌های کشتیرانی به چند روش از جمله سرمایه‌گذاری در بهبودهای تکنولوژیکی کشتی‌ها، استفاده از کشتی‌های بزرگ‌تر، ایجاد خطوط مسیرهای منظم و کاهش سرعت کشتی و بهینه‌سازی مسیر دریانوردی اقدام به کاهش مصرف سوخت می‌نمایند. این مقاله پس از بررسی اجمالی وضعیت انتشار گازهای آلاینده به تأثیر کاهش مصرف سوخت ناشی از بهینه‌سازی مسیر دریانوردی و کاهش سرعت کشتی بر کاهش انتشار گازهای آلاینده ناشی از کشتیرانی پرداخته است

کلید واژه: مصرف سوخت، کاهش سرعت، آلودگی هوا، بهینه‌سازی مسیر دریانوردی، حمل و نقل دریایی

۱. مقدمه

حمل و نقل دریایی اساس تجارت بین‌المللی و اقتصاد جهانی است. حدود ۸۰ درصد تجارت جهان از نظر حجم و ۷۰ درصد آن از نظر ارزش کالاها از طریق دریاها حمل و در بنادر جهان تخلیه و بارگیری می‌شوند. این سهم حتی در مورد کشورهای پیشرفته بیشتر است. حجم تجارت دریایی جهان در سال ۲۰۱۴ در حدود ۹/۸۴ میلیارد تن برآورد شده است [۱]. در سال‌های اخیر افزایش رقابت در کشتیرانی، وضع قوانین امنیتی، افزایش قیمت سوخت کشتی‌ها و قوانین سخت‌گیرانه زیست محیطی باعث افزایش هزینه‌های عملیاتی کشتی‌ها شده است. هزینه سوخت بخش بزرگی از هزینه‌های عملیاتی شرکت‌های کشتیرانی را شامل می‌شود. به عنوان مثال «رونن» [۲] عنوان می‌کند که در شرایطی که قیمت سوخت به ازای هر تن ۵۰۰ دلار باشد، هزینه سوخت در حدود سه چهارم هزینه‌های عملیاتی یک کشتی بزرگ کانتینری را در بر می‌گیرد.

از طرفی دیگر «پسارافیس» و «کتوواس» [۳] بیان کردند که میزان سوخت مصرفی کشتی تعیین کننده میزان گازهای تولید شده توسط کشتی‌ها شامل CO₂، CH₃، SOX و NOX و سایر آلاینده‌ها از جمله مواد آلی فرار، دوده و ذرات معلق است. از

آن‌جا که گازهای مذکور دارای تأثیرات منفی بر آب و هوای جهان و سلامت انسان هستند، سازمان جهانی دریانوردی اخیراً شاخص‌های زیادی از جمله ضمیمه ۶ کنوانسیون «مارپل» را برای کاهش انتشار این گازها مدنظر قرار داده است. ضمیمه ششم کنوانسیون بین‌المللی مارپل به ممنوعیت و محدودیت‌های لازم در خصوص آلودگی هوا به وسیله گازهای اکسید ازت برای کشتی‌های با سوخت دیزل و ممنوعیت سوخت‌هایی با سولفور ۴/۵ درصد توسط کشتی‌ها اشاره می‌کند [۴]. از آن‌جا که مصرف سوخت کشتی‌ها تقریباً متناسب با مجذور سرعت آن‌ها است، سرعت کم روش بسیار موثری برای کاهش هزینه‌های سوخت و کاهش گازهای منتشر شده خواهد بود. به علاوه هر چه قیمت مجوزهای انتشار بیشتر باشد و ناحیه کاربرد آن دورتر باشد، کاهش اسب بخار سودمندتر خواهد بود و چون کاهش اسب بخار منجر به کاهش انتشارها در حمل و نقل دریایی می‌گردد باعث کاهش آلودگی هوا نیز خواهد شد [۵]. بنابراین شرکت‌های کشتیرانی برای اجرای قوانین وضع شده در خصوص انتشار گازهای گلخانه‌ای و تجارت انتشار بایستی مصرف سوخت خود را کاهش داده و یا از سوخت‌های پاک اما گران‌تر استفاده نمایند. از این رو کاهش مصرف سوخت برای شرکت‌های کشتیرانی امری حیاتی است و این مسأله از دو دیدگاه قابل بررسی است: نخستین دیدگاه کاهش مصرف سوخت از طریق بهینه‌سازی ساختار کشتی شامل بدنه، پروانه و سکان کشتی و دیگری کاهش مصرف سوخت از طریق کنترل سرعت و انتخاب مسیر مناسب برای کشتی می‌باشد. در این مقاله روش دوم یعنی کاهش مصرف سوخت از طریق انتخاب مسیر مناسب و بهینه‌سازی سرعت کشتی و چالش‌های پیش رو در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- روش تحقیق

۲-۱. حمل و نقل دریایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای

با توجه به پیامدهای زیست محیطی و اجتماعی بالقوه گرم شدن کره زمین و تغییرات شرایط آب و هوایی ناشی از آن، جامعه بین‌المللی بر نیاز به صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار مشتقات کربن تأکید کرده است. طبق پروتکل «کیوتو» (کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات اقلیمی) کاهش تغییرات آب و هوا مستلزم انتشار مقدار معینی از تشعشعات گازهای گلخانه‌ای است.

حمل و نقل مهم‌ترین منبع انسانی انتشار NOX به میزان ۳۷ درصد و همچنین مشارکت کننده مهم در انتشار VOC به میزان ۱۹ درصد، BC (دوده) به میزان ۱۴ درصد، CO به میزان ۱۸ درصد و CO₂ به میزان ۲۱ درصد می‌باشد. برای دیگر مواد سهم حمل و نقل در انتشار ناشی از فعالیت‌های انسانی ۱۰ درصد و یا کمتر است. با در نظر گرفتن زیربخش‌ها، حمل و نقل دریایی مسئول انتشار ۵۶ درصد از SO₂ منتشر شده در جهان است. بر اساس تحقیقات دوره ماندگاری گاز متان مربوط به حوزه دریانوردی است به طوری که میزان‌های NOX/CO و NOX/VOC در حوزه دریانوردی به ترتیب ۷۰ و ۴۰ بار بیشتر از حوزه حمل و نقل جاده‌ای است که در نتیجه منجر به افزایش OH و کاهش متان می‌شود [۶].

طبق اعلام سازمان جهانی دریانوردی این صنعت مسئول انتشار تقریباً ۳ درصد CO₂ ناشی از اقدامات بشری است و بیشتر سناریوها تا سال ۲۰۵۰ رشد چشمگیری در تقاضا برای تجارت دریامحور و رشد متناظری در ناوگان جهانی پیش‌بینی می‌نماید که احتمالاً به تولید بیشتر CO₂ خواهد انجامید.

سابقه انتشار CO₂ برای صنعت کشتیرانی از سال ۱۸۷۰ محاسبه شده است. انتشار آلاینده‌های اقلیمی از طریق دریانوردی در میانه قرن گذشته در نتیجه تبدیل زغال‌سنگ به دیزل ابتدا کاهش و پس از یک دوره افزایش، در دهه ۱۹۸۰ مجدداً کاهش یافت. انتشار گاز CO₂ از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ به میزان ۱۳ درصد افزایش یافت. مصرف سوخت در حوزه دریانوردی از دامنه

۱۶۰ تا ۲۸۰ میلیون متریک تن در سال‌های قبل در سال ۲۰۰۵ به ۵۷۰ میلیون متریک تن رسیده و در سال ۲۰۰۸ به میزان ۹۰۰ میلیون متریک تن انتشار CO₂ ناشی از فعالیت بشر در این صنعت رخ داده‌است [۵].

هرچند افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح جهانی همچنان ادامه خواهد یافت، اما به دلیل بهره‌مندی از تکنولوژی توسعه‌یافته و سیستم‌های احتراق اصلاح شده وسایل نقلیه و کاهش میزان سولفور سوخت، سرعت انتشار این گازها رشدی کاهشی یافته‌است.

۲-۲. کاهش مصرف سوخت کشتی‌ها

هزینه‌های عملیاتی کشتی‌ها عمدتاً با هزینه‌های سوخت مرتبط است. سرعت دریانوردی کشتی یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده نرخ مصرف سوخت کشتی است، چرا که رابطه مصرف سوخت تقریباً با مجذور سرعت متناسب است؛ بنابراین رابطه کمی بین نرخ مصرف سوخت کشتی و سرعت دریانوردی اساس بهینه‌سازی سرعت است. این مسأله توسط «مگ» و «وانگ» [۷]، «سارافیتس» و «کتوواس» [۳] مورد مطالعه قرار گرفته‌است. «کاریو» و «ناتبوم» [۸]، «کاتالانی» [۹] و «رونن» [۲] اثر سرعت بر مصرف سوخت را در کشتیرانی لاینر و تأثیر آن بر برنامه و تعداد سفرها، تعداد کشتی‌ها و زمان حمل در چنین مسیرهایی بررسی کرده‌اند. «پوپره» [۱۰] نیز چالش‌های بهینه‌سازی سرعت را در سفرهای دریایی مورد مطالعه قرار داده‌است.

از طرفی شرایط جوی شامل باد، موج و جریان نیز بر مصرف سوخت کشتی موثرند و بنابراین انتخاب مسیر دریانوردی نیز از دیگر عواملی است که ضمن تأثیر در میزان مصرف سوخت بر انتشار گازهای آلاینده نیز موثر است. در این زمینه نیز مطالعاتی توسط «چن» [۱۱]، «روه» [۱۲] و «صفایی» [۱۳] با تکیه بر مسایلی از قبیل ایمنی مسیر، مصرف سوخت، انتشار گازهای آلاینده و برنامه سفر کشتی‌ها انجام شده‌است.

۲-۳. بهینه‌سازی مصرف سوخت از طریق بهینه‌سازی مسیر دریانوردی

در فرایند بهینه‌سازی مصرف سوخت در یک سفر متغیرهای زیادی از قبیل ایمنی و امنیت کشتی، شرایط آب و هوایی شامل وضعیت باد، موج و جریان، طراحی سازه کشتی، اندازه و نوع کشتی و سرعت کشتی دارای نقش اساسی هستند که هر کدام دارای ارزش و اهمیت متفاوتی است. بهینه‌سازی مسیر کشتی یک تکنولوژی است که بر اساس پیش‌بینی عملکرد کشتی در شرایط مختلف دریایی به فرمانده کمک می‌کند تا مسیری مناسب برای سفر خود انتخاب نماید. به واسطه بهینه‌سازی مسیر دریانوردی می‌توان به اهدافی از جمله افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنعت کشتیرانی دست یافت. تهیه مدل عملکرد عملیاتی قبل از سفر پیش شرط لازم برای رسیدن به این اهداف است. مدل عملکرد عملیاتی از پیش تعیین شده برای هر کشتی امکان دست یافتن به رابطه بین مصرف سوخت و شرایط مختلف دریا برای مواجهه با شرایطی را که در طول سفر با آن مواجه می‌شوند، فراهم می‌سازد. نتایج بالقوه مدل عملکرد عملیاتی در پایگاه داده عملکردی کشتی جمع‌آوری می‌شود. بر اساس این پایگاه داده و اطلاعات آب و هوایی زمان سفر، مسیرهای مختلف ممکن برای انجام سفر بر اساس اهداف پیش رو از قبیل کاهش زمان سفر، افزایش ایمنی و کاهش مصرف سوخت با استفاده از یک یا چند روش مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و بر آن اساس بهترین تصمیم در مورد بهینه‌ترین مسیر بر اساس عملکرد کشتی انتخاب می‌شود.

این که کوتاه‌ترین مسیر بهترین مسیر نیست امری کاملاً روشن است. بنابراین مزیت رقابتی اجاره‌کننده یا مالک کشتی انتخاب بهترین مسیر بر اساس کاهش مصرف سوخت و افزایش ایمنی و امنیت مسیر است. برای انجام این مهم مد نظر قرار دادن شرایط آب و هوایی با انجام محاسبات مربوط به قدرت مانور کشتی در یک دامنه زمانی خاص برای هر کشتی که بخواهد از

نقطه الف به نقطه ب برود امری ضروری است. بر اساس محاسبه انجام شده [۱۳] یک شبیه‌ساز کامپیوتری، کاهش قابل ملاحظه ۳/۷ درصدی مصرف سوخت یک کشتی که قصد دریانوردی از جزیره خارک به بندرعباس را دارد حاصل خواهد شد.

۲-۴. بهینه‌سازی سرعت

افزایش قیمت سوخت و قوانین سخت‌گیرانه زیست محیطی برنامه‌ریزی سفرهای دریایی را با محدودیت‌هایی مواجه ساخته و این صنعت را برای مقابله با این محدودیت‌ها بر به بکارگیری تکنولوژی برای پاسخگویی به محدودیت‌ها و برآورد الزاماتی شامل سرعت و زمان سفر ملزم کرده‌است.

با برآورد سرعت بهینه و بررسی مسیر سفر بر اساس داده‌های تجربی و مدل‌های آماری می‌توان به صرفه‌جویی ۱۰ درصدی در مصرف سوخت دست یافت. برخی از شرکت‌ها برای نیل به این هدف اقدام به سرمایه‌گذاری بر روی نرم‌افزارهایی نموده‌اند که کاربران را قادر به محاسبه، ارزیابی و استخراج داده‌های واقعی در زمان سفر و در نتیجه تنظیم عملکرد دینامیکی کشتی بر اساس آن داده‌ها می‌نماید.

مدل‌های بهینه‌سازی سرعت در کشتی‌ها با توجه به برنامه‌های فشرده سفر و محدودیت در دقت پیش‌بینی‌های شرایط آب و هوایی و دریایی چالش‌های جدی مواجه است. از آن‌جا که برنامه بهینه‌سازی مصرف سوخت در طول سفر با مشکلاتی از قبیل به موقع رسیدن به مقصد روبروست، لذا یک افزایش سرعت برای تنظیم زمان رسیدن به مقصد می‌تواند تمام صرفه‌جویی انجام شده در مصرف سوخت در کل مسیر را از بین ببرد. بنابراین در اجرای درست بهینه‌سازی سرعت بایستی عواقب منفی افزایش سرعت و شتاب کشتی و نتایج مثبت حفظ سرعت ثابت در کل مسیر را در نظر گرفت. بررسی‌ها نشان می‌دهند که حفظ سرعت ثابت در کل مسیر می‌تواند منجر به کاهش 3 ± 1 درصدی مصرف سوخت گردد.

۲-۵. چالش‌های موجود در بهینه‌سازی سرعت

ایران با برخورداری از منابع عظیم نفت و گاز دارای ۹ پالایشگاه است که سالانه میلیون‌ها تن نفت کوره تولید می‌کنند. این در حالی است که مهمترین مورد مصرف نفت کوره در داخل کشور استفاده برای نیروگاه‌های تولید برق است و مازاد آن به صورت عمده فروشی به خارج از کشور و عمدتاً به کشور امارات متحده عربی صادر می‌گردد و در لنگرگاه فجیره و خورفکان به صورت خرده‌فروشی و با قیمتی بالاتر نسبت به قیمت خرید از ایران به ناوگان بین‌المللی که در منطقه تردد می‌کنند فروخته می‌شود. علاوه بر نفت کوره تولیدی در داخل کشور، نفت کوره تولیدی در کشورهای آسیای میانه و حوزه خزر نیز از شمال و شمال شرقی کشور و از طریق راه‌آهن به سمت بندرعباس ترانزیت شده و از آنجا به مقصد امارات و سنگاپور بارگیری می‌شوند. با این اوصاف مشاهده می‌شود که دسترسی ایران به سوخت برای فروش به شناورها نسبت به امارات از وضعیت مناسب‌تری برخوردار است [۱۱]. بهینه‌سازی سرعت کشتی با چالش‌هایی روبروست که مهم‌ترین آن‌ها شامل موارد زیر می‌باشند:

- کیفیت داده‌ها: کیفیت داده‌ها شامل صحت (اعتبار)، ثبات، دقت و کامل بودن (کفایت) آن‌ها می‌شود.
- مشکل محاسبه زمان دقیق رسیدن به مقصد: زمان دقیق رسیدن به مقصد اغلب دستخوش تغییر است و به شرایط غالب محیطی بستگی دارد. شرایط آب و هوا، باد و امواج بر سرعتی که کشتی قادر به انجام آن است تأثیر گذارند.

- محدودیت‌های موجود در پیش‌بینی وضعیت جوی و شرایط آب و هوایی: از آن‌جا که پیش‌بینی وضعیت آب و هوا بیشتر بر پایه احتمال است، اعتماد به پیش‌بینی‌ها مستلزم ارزیابی نتایج بهینه‌سازی سرعت در شرایط مختلف است.
- پیش‌بینی جریان و امواج دریا: بهینه‌سازی موفق سرعت تا حدود زیادی به پیش‌بینی‌های دقیق از شرایط دریا مبتنی است. به طور کلی پیش‌بینی‌ها توسط مراکز بین‌المللی و بر اساس مقیاس‌های جهانی انجام می‌شود و بنابراین نمی‌تواند تمام ویژگی‌های خاص یک منطقه را در بر داشته‌باشد. این مسأله در مورد مدل‌های جریان نیز صادق است و شرایط مناطق ساحلی را شامل نمی‌شود.
- طراحی شناور: از جمله عوامل موثر در بهینه‌سازی سرعت و مصرف سوخت کشتی طراحی کشتی شامل طراحی بدنه، پروانه و سکان آن است.
- سرعت خدماتی کشتی: سرعت خدماتی کشتی سرعتی است که کشتی برای دریانوردی در آن سرعت طراحی شده است. بهینه‌سازی سرعت با توجه به سرعت خدماتی آن در مسیرهای دریایی در صورت طوفانی بودن دریا امری دشوار است.
- تنظیمات و مداخلات به موقع: غالباً کاربران و اپراتورها بر اساس تجارب شخصی خویش نظرات متفاوتی در مورد تنظیمات بهینه و نحوه عملکرد کشتی دارند. این بدان معناست که محاسبه و انجام تنظیمات درست برای تغییرات جزئی شرایط، امری دشوار است. در کشتی‌های بزرگ‌تر تنظیمات پارامترهای متغیر اغلب به صورت ساعتی و نه در فواصل کوتاه‌تر انجام می‌شود. چالش اصلی در این خصوص کمک به کاربران برای انجام تنظیمات مناسب در نتیجه تغییر شرایط کشتی در دریا در فواصل زمانی مناسب است به نحوی که مصرف انرژی را به حداقل برساند [۱۴].
- بهینه‌سازی سرعت کشتی به ما کمک می‌کند که توزیع عددی سرعت در طول سفر را به گونه‌ای انجام دهیم که مصرف سوخت بهینه گردد. علاوه بر خودداری از سرعت زیاد، کاهش مصرف سوخت می‌تواند از طریق زیز نظر گرفتن هرگونه تغییر در عملکرد موتور و شرایط جوی و انجام تنظیمات مناسب به محض رویت تغییرات در شرایط کشتی در دریا حاصل گردد. به همین دلیل است که داشتن اطلاعات دقیق در مورد وضعیت شناور و محیط در عملکرد بهینه شناور تأثیرگذار است. سایر عوامل مانند کیفیت سوخت، دور موتور و ترک نیز در این زمینه تأثیرگذار می‌باشند.

۳. نتیجه‌گیری

با توجه به پیامدهای زیست محیطی و اجتماعی انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر آلاینده‌ها و تغییرات شرایط آب و هوایی ناشی از آن، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش انتشار مشتقات کربن در سال‌های اخیر مورد تأکید مجامع بین‌المللی قرار گرفته است. اعمال قانون محدودیت انتشار و محدودیت‌های سازمان جهانی دریانوردی در خصوص کیفیت سوخت، شرکت‌های کشتیرانی را بر آن داشته تا به طرق مختلف در مسیر کاهش مصرف سوخت و به تبع آن کاهش انتشار گازهای آلاینده گام بردارند. از جمله اقدامات موثر در این زمینه بهینه‌سازی مسر دریانوردی با صرفه‌جویی $1 \pm 3\%$ درصدی و کاهش سرعت کشتی‌ها با صرفه‌جویی ۱۰ درصدی در مصرف سوخت می‌باشد که می‌تواند به همین نسبت در زمینه کاهش انتشار آلاینده‌ها تأثیرگذار باشد.

منابع

- [۱] [رسولی، م، (۱۳۹۴) بررسی راهکارهای کاهش آلودگی هوا ناشی از کشتی‌ها بر اساس ضمیمه ششم کنوانسیون بین‌المللی مارپل، پنجمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران.
- [۲] حاجی حسن زنجانی، ف، رنجبر، س، (۱۳۹۴) سیستم‌های سقف و مبادله گازهای گلخانه‌ای در صنعت حمل و نقل دریایی: چشم‌انداز سال ۲۰۳۰، هفدهمین همایش صنایع دریایی، جزیره کیش.
- [۳] گل‌مروی، د، (۱۳۸۷) بررسی تأثیر حمل و نقل دریایی و هوایی بر اقلیم و گرمایش جهانی، دهمین همایش صنایع دریایی، آبادان-خرمشهر.
- [4] www.uctad.org
- [5] Ronen, d. (2011), the effect of oil price on containership speed and fleet size, Journal of the Operational Research Society, Vol. 62(1), pp. 211-216.
- [6] Kontovas, C., Psaraftis, H.N. (2011), Reduction of emissions along the maritime intermodal container chain :operational models and policies, Maritime Policy & Management, Vol. 38(4), pp. 451–469.
- [7] Wang, S., Meng, Q., Liu, Z. (2013), Bunker consumption optimization methods in shipping: A critical review and extensions, Transportation Research Part, Vol. E53, pp. 49–62.
- [8] Notteboom, T., Carriou, P. (2009), Fuel surcharge practices of container shipping lines :is it about cost recovery or revenue making? In: The 2009 International Association of Maritime Economists (IAME) Conference, Copenhagen, Denmark.
- [9] Catalani, Mauro. (2009), Ship scheduling and routing optimization, An application to Western Mediterranean area, European Transport \ Trasporti Europei, Vol. 42, pp. 67-82.
- [10] Pyörre, Jussi. (2012), Overcoming the challenges in vessel speed optimization, HANSA International Maritime Journal – 149. No. 9, Jahrgang.
- [11] Chen, H. (2013), Voyage Optimization Supersedes weather routing, Jeppesen Commercial Marine Journal.
- [12] Roh, M.I. (2013), Determination of an economical shipping rout considering the effects of sea state for lower fuel consumption, Int. J. Naval Archit. Ocean Eng. 5. 2. pp. 246-262.
- [13] Safaei, A., Ghasemi, H., Ghiasi, M. (2015), Voyage optimization for a very large crude carrier oil tanker, a regional voyage case study, Scientific Journals of The Maritime University of Szczecin, 44(116) pp., 83-89.
- [14] Sharifi. Y., Ghassemi, H., Zanganeh, H. (2017), Various Innovative Technologic Devices in Shipping Energy Saving and Diminish Fuel Consumption, International Journal of Physics, vol. 5, no. 1 : 21-29. doi: 10.12691/ijp-5-1-4.



پیش‌تغلیظ و تعیین فلز منگنز در نمونه جلبک *antennia autennia* در خلیج چابهار با استفاده از لیگاند استیل استون و روش میکرو استخراج مایع پخشی مبتنی بر تشکیل امولسیون

نصیری محمود^۱، ارشادیفیر حمید^۲، گمشادزهی الهام^{۳*}

۱. استادیار، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

۲. همت علمی، مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار، چابهار، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم چابهار، چابهار، ایران

* elham.gamshadzei@gmail.com

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی غلظت کروم روی جلبک قرمز خلیج چابهار انجام شد. آلودگی فلزات سنگین به دلیل ویژگی بزرگنمایی زیستی خود می‌تواند به آسانی در اکوسیستم‌های مختلف به پله‌های بالاتر زنجیره غذایی و در نهایت به بافت موجودات زنده از جمله انسان انتقال یابد. به همین دلیل وجود این ترکیبات شیمیایی خطرناک در محیط زیست همواره تهدید جدی برای سلامتی موجودات زنده و انسان بشمار می‌رود. در این پژوهش روش میکرو استخراج مایع پخشی مبتنی بر تشکیل امولسیون جهت اندازه‌گیری فلز سنگین کروم با لیگاند استیل استون به عنوان یک مرحله پیش‌تغلیظ و همچنین کمپلکس در محدوده ۲۷۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. تحت شرایط بهینه شده، نمودار کالیبراسیون در محدوده ۰/۱-۰/۰۱ میکروگرم بر لیتر رسم شد و حد تشخیص روش ۰/۰۰۳۶ میکروگرم بر لیتر با ضریب همبستگی ۰/۹۹۶۰ محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: استیل استون، خلیج چابهار، جلبک *antennia autennia*

۱. مقدمه

اطلاعات دقیق در مورد غلظت، توزیع و مواد حل شده به منظور طرح اثر فلزات در آبهای اقیانوس به منظور درک ژئوشیمیایی لازم است. فرایندهای کنترل و ارزیابی سرنوشت منگنز ورودی توسط انسان بدلیل نقش مرکزی در بسیاری از فرایندهای ژئوشیمیایی دریایی و دخالت در سیستم زیست‌شناسی مورد توجه خاصی قرار گرفته است [۱]. ترکیبات $Mn(II)$ در همه اقیانوس‌های جهان وجود دارد، در فرایندهای انتقال الکترونی به ویژه برای فرایندهای فتوسنتز و رادیونوکلئیدها مشارکت دارند. حالت اکسیداسیون مطلوب $Mn(IV)$ است. فلزات سنگین توسط رودخانه‌ها و دریاچه‌ها به دریاها تخلیه می‌شوند. این محیط‌ها به علت وجود فلزات سنگین اثرات مخرب طولانی مدت برای موجودات زنده و محیط زیست دارند. استفاده از آب آلوده و ماهی نیز ممکن است خطرات جدی برای سلامت انسان به همراه داشته باشد [۲]. مقدار زیادی فلز سنگین همیشه در آب دریا و

رسوب وجود دارد که در زنجیره غذایی متمرکز می‌شوند. و این فلزات از طریق جذب مستقیم یا از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل و باعث بیماری‌های حاد و مزمن می‌شوند [۳]. یکی از محیط‌هایی که ارزش غذایی و صنعتی زیادی دارد ماکرو جلبک‌ها هستند و به دلیل کاربردهای روزافزون در صنایع پزشکی، غذایی و رنگ‌های خوراکی در طی سالهای اخیر اهمیت زیادی یافته‌اند.

۲. روش تحقیق

مواد و معرف‌های بکار رفته در این تحقیق همگی با درجه خلوص بالا از شرکت‌های مرک و سیگما خریداری شدند. در شرایط بهینه‌شده از روش میکرو استخراج مایع پخشی مبتنی بر تشکیل امولسیون ۱۰ میلی‌لیتر از آب یون‌زدایی شده که حاوی یون $Mn(II)$ و عامل کی‌لیت کننده (acac) است را به داخل لوله‌آزمایش که انتهای آن مخروطی شکل است ریخته pH آن را در ۸ با استفاده از سدیم هیدروکسید تنظیم و کمپلکس به محض تزریق عامل کی‌لیت کننده تشکیل شد. بعد برای انجام استخراج با استفاده از یک سرنگ ۵ میلی‌لیتری مخلوط دوفازی تشکیل شده از ۹۰۰ میکرو لیتر محلول آبی Triton x-100 با غلظت ۰/۰۵ (% w/v) به‌عنوان عامل امولسیون کننده و ۲۰۰ میکرو لیتر حلال استخراج کننده را به‌شدت تکان داده تا دو فاز آبی و آلی باهم مخلوط شوند. سپس مخلوط داخل سرنگ را به‌سرعت داخل لوله‌آزمایش حاوی کمپلکس $Mn(acac)$ تزریق می‌کنیم که امولسیون تشکیل شده و آنالیت موردنظر که کمپلکس acac با منگنز در حلال آلی اتانول است، استخراج می‌شود. برای این کار لوله‌های آزمایش موردنظر را در سانتریفیوژ ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه قرار می‌دهیم تا فاز آلی به‌طور کامل از فاز آبی جدا شده. فاز ته‌نشین شده آنالیت را با میکرو سرنگ ۱۰۰ میکرو لیتری هاملتون برداشته و درون ویال می‌ریزیم. و به آن ۹۰ میکرو لیتر اتانول اضافه کرده و توسط میکرو سرنگ به داخل میکرو سل انتقال داده و در نهایت توسط دستگاه جذب آن را می‌خوانیم.

۳. نتایج و بحث

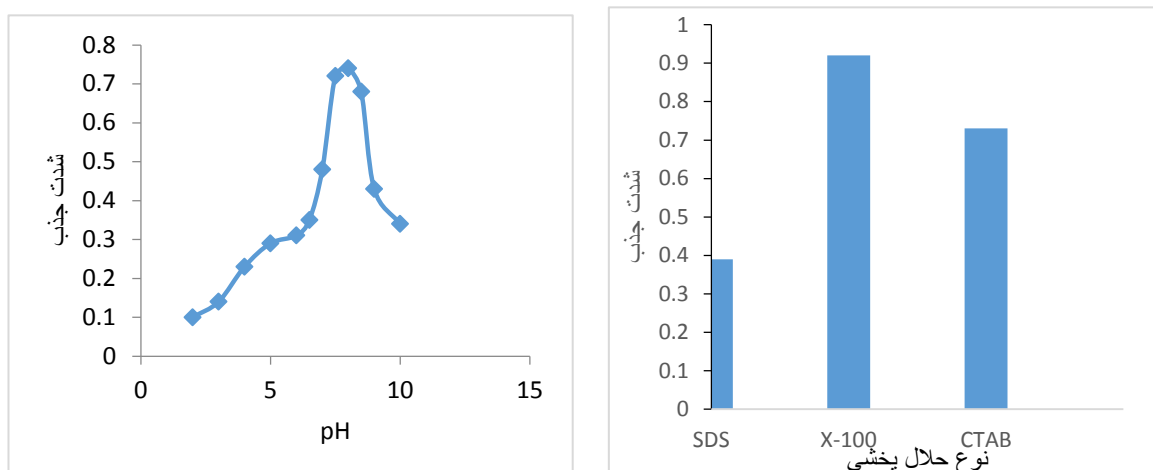
۳-۱. بهینه‌سازی پارامترهای آزمایشگاهی

جداسازی یون‌های فلز به روش میکرو استخراج مایع پخشی مبتنی بر تشکیل امولسیون بر اساس تشکیل کمپلکس‌های آب‌گریز مناسب برای استخراج حجم کوچکی از فاز ته‌نشین شده است. pH عامل مهمی برای جذب یون‌های فلزی است. مقدار جذب یون بر سطح جاذب توسط بار سطح جاذب تعیین شده است که توسط pH کنترل می‌شود. تاثیر pH در محدوده ۲ تا ۱۰ در استخراج Mn مورد بررسی قرار گرفت. ظرفیت جذب pH از ۲ تا ۸ افزایش می‌یابد، در pH بالاتر از ۸ به دلیل رسوب هیدروکسید فلزی در محلول آبی، ظرفیت جذب کمی کاهش یافته. بر اساس نتایج pH ۸ به عنوان بهینه انتخاب شده است.

0.46

حلال پخشی در DLLME نقش کلیدی ایفا می‌کند، حلال پخشی باید در حلال استخراجی محلول باشد و در آب حل شود. بنابراین حلال پخشی، حلال استخراجی را قادر می‌سازد ذرات ریز را در فاز آبی به شکل ابری درآورد. بازده استخراج به‌طور مستقیم تحت تاثیر حجم حلال قرار می‌گیرد حجم مناسب از محلول‌ها برای محلول ابری بستگی به حجم هر دو فاز آبی و حلال استخراجی دارد [۶] در این آزمایش از سورفکتانت غیر یونی Triton x-100، کاتیونی CTAB و آنیونی SDS استفاده شد. غلظت سورفکتانت پارامتر کلیدی دیگری است که بر بازده استخراج اثر می‌گذارد.

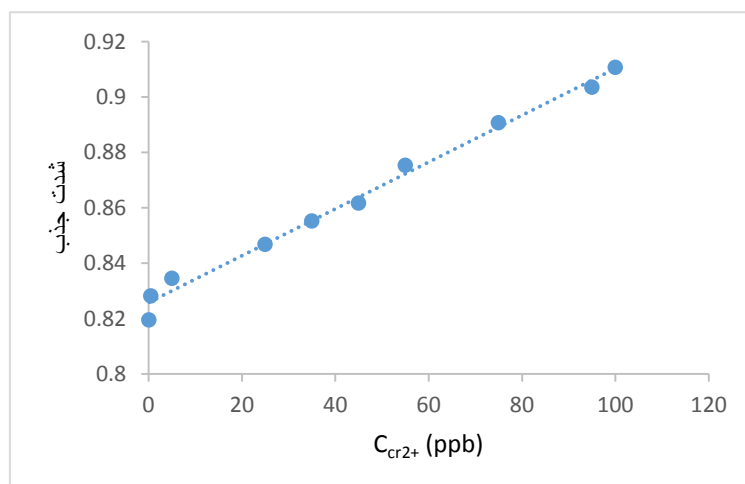
۱۰۰ - Triton x به‌عنوان سورفکتانت بهتری عمل می‌کند. غلظت ۵ ppm Mn به‌عنوان غلظت بهینه انتخاب شد. حجم ۹۰۰ میکرو لیتر برای ۹۰۰ Mn میکرو لیتر به‌عنوان حجم بهینه سورفکتانت انتخاب شد.



شکل ۱: نتایج بهینه سازی شرایط استخراج. اثر pH (سمت چپ) و اثر نوع حلال پخشی (سمت راست)

۳-۲. منحنی کالیبراسیون

با هدف تعیین ارقام شایستگی روش، منحنی کالیبراسیون رسم شد. تحت شرایط بهینه $pH=8$ ، حجم حلال استخراجی ۲۰۰ میکرولیتر، حجم حلال پخشی ۹۰۰ میکرو لیتر انجام شد. و غلظت استیل استون ۰٫۲ ppm در طول موج ۲۷۵ نانومتر بررسی شد. حد تشخیص در این پژوهش به صورت ۳ برابر انحراف استاندارد سیگنال تجزیه ای ۰٫۱۰ میکرو گرم بر لیتر به دست آوردیم.



شکل ۲: منحنی کالیبراسیون تعیین منگنز تحت شرایط بهینه آزمایشگاهی.

۳-۳. نتایج آنالیز نمونه های جلبک

آلودگی آب محیط با فلزات سنگین یک موضوع مهم و جدی برای سلامت انسان و نتایج زیست محیطی است. مواد مختلف با منشا زیستی، مانند قارچها، باکتریها، مخمرها، خزه ها، گیاهان آبی، جلبک ها و غیره می توانند برای حذف فلزات سنگین از محلول آبی مورد استفاده قرار گیرند. جلبک سبز دریایی می توانند بسیار مفید باشند زیرا آنها نسبتا مناسب هستند و در بسیاری از نقاط جهان به طور فراوان یافت می شوند و برای حذف فلز در سطح وسیع استفاده می شوند. جهت اندازه گیری منگنز در نمونه جلبک، نمونه جلبک *antennia autennia* از نواحی جزر و مدی خلیج چابهار در فصل بهار جمع آوری شده و در دمای آزمایشگاه خشک و سپس با آب مقطر تمیز شده و به مدت ۷۲ ساعت در دمای $70^{\circ}C$ داخل آون قرار داده بعد با خرد کن

خانگی خرد کرده سپس در دمای ۱۰۰-۸۰ درجه رفلاکس کرده مجددا خشک کرده سپس ۵ میلی لیتر نیتریک اسید اضافه کرده و در دمای ۱۰۰-۸۰ C داخل شوت بالن گذاشته و در نهایت با نیتریک اسید ۵٪ داخل بالن ۲۵ میلی لیتر به حجم می رسانیم. مقدار بدست آمده در این تحقیق ۰.۸۶ ppm می باشد.

منابع

- [1] Statham, P. j. (1988), The determination of dissolved manganese and cadmium In sea water at low nmol l⁻¹ concentrations by chelation and extraction followed by electrothermal atomic absorption spectrometry, *Analytica Chimica Acta*, Vol. 169, No. 2, 149-159.
- [2]- Mcmillan, M. N., . Gillanders, M (2017), Elements and elasmobranchs: hypotheses, assumptions and limitations of elemental analysis, *Journal of Fish Biology*, Vol. 90, No. 2, 559-594.
- [3]- Baltas, H., Kiris, E., Sirinm, M. (2017), Determination of radioactivity levels and heavy metal concentrations in seawater, sediment and anchovy (*engraulis encrasicolus*) from the black sea in Rize, Turkey, *Mar Pollut Bull.* Vol. 116, No. 1, 528-533.
- [4]- Alipanahpour Dil, E., Ghaedi, M., Asfaram, A., Zare, F., Mehrabi, F., Sadeghfard, F. (2017), Comparison between dispersive solid-phase and dispersive liquid-liquid Microextraction combined with spectrophotometric determination of malachite green in water samples based on ultrasound-assisted and preconcentration under multi-variable experimental design optimization, *Ultrason Sonochem.* Vol. 39, 374-383.



بررسی تجمع زیستی عناصر سنگین در بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه پنج گونه از ماهیان بندرلنگه و بندرخمیر

علوی ابوذر^۱، سالاری علی آبادی محمدعلی^{۲*}، صفاهیه علیرضا^۳

۱. کارشناسی ارشد زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲. دانشیار، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۳. استادیار، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

* salari1346@yahoo.com

چکیده:

در طی چند دهه اخیر توسعه صنایع و افزایش فعالیت‌های صنعتی در مناطق ساحلی و رها سازی پساب و آلاینده‌های ناشی از این صنایع به دریا باعث آلودگی محیط زیست دریایی شده‌است. اکوسیستم‌های آبی نقش بسزایی در تأمین غذای انسان دارند و در صورت بروز آلودگی ممکن است سلامت افراد به واسطه تغذیه آبران آلوده به خطر بیفتد. این مطالعه به منظور مقایسه غلظت فلزات سنگین در بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه ماهیان بندرلنگه و بندرخمیر و همچنین مقایسه غلظت این فلزات در بافت‌ها با حد معیار و شاخص‌های استاندارد سلامت آبران صورت گرفته است. نمونه برداری در تابستان ۱۳۹۴ و از میان پنج گونه از ماهیان (سرخو معمولی، کفال پشت سبز، زمین‌کن دم نواری، کولی و همامور سیاده) بندرلنگه و بندرخمیر صورت پذیرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از خشک شدن و هضم اسیدی با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای ساخت کشور استرالیا مدل $\sum_{aas}$ سانتا صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که تجمع غلظت فلزات سنگین در بافت ماهیان بندرلنگه و بندرخمیر دارای الگوهای متفاوتی می‌باشد ولی اکثراً این روند بصورت [ماهیچه > آبشش > کبد] می‌باشد. همچنین توالی تجمع فلزات در بافت‌ها اکثراً بصورت [کادمیوم > سرب > نیکل > مس > روی] می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین تجمع غلظت فلز نیکل در بافت آبشش می‌باشد که این امر با توجه به فعالیت سلول‌های کلراید و جذب در محل پمپ‌های یونی اتفاق می‌افتد. براساس این مطالعه نشان داده شد که ماهی زمین‌کن در بندرلنگه و بندرخمیر دارای بیشترین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های خود است که علت این امر می‌تواند ارتباط بیشتر با بستر و تغذیه از موجودات کفزی باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که غلظت فلزات سنگین بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه ماهیان بندرلنگه با بندرخمیر تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. نتایج نشان داد که غلظت فلز نیکل در ماهیان سرخو و کفال در بندرلنگه و همچنین ماهی زمین‌کن در بندرلنگه و خمیر نسبتاً بالاتر از استانداردهای FDA و US EPA می‌باشد و این ماهیان آلوده به فلز نیکل می‌باشند. هرچند فلز نیکل از عناصر ضروری برای متابولیسم انسان نیز محسوب می‌گردد ولی با توجه به استانداردها می‌توان اظهار داشت که مصرف ماهیان فوق در مناطق ذکر شده می‌تواند تهدیدی برای سلامت انسان محسوب گردد.

کلید واژه‌ها: تجمع زیستی، فلزات سنگین، بندرلنگه، بندرخمیر

۱. مقدمه

در طی چند دهه اخیر توسعه صنایع و افزایش فعالیت‌های صنعتی در مناطق ساحلی و رها سازی پساب و آلاینده‌های ناشی از این صنایع به دریا باعث آلودگی محیط زیست دریایی شده‌است. آلودگی‌های ناشی از یوتریفیکاسیون، فلزات سنگین، مواد آلی، آلودگی‌های میکروبی و آلودگی‌های نفتی پیامدهای افزایش فعالیت‌های انسان در مناطق ساحلی می‌باشند [۱]. فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های اکوسیستم دریا هستند که به دلیل پایداری زیاد و تجزیه ناپذیر بودن می‌توانند برای سلامت انسان و آبزیان خطرناک باشند [۲]. آلودگی فلزات سنگین در محیط آبی معمولاً ناشی از افزایش بیش از حد غلظت این فلزات در آب دریا می‌باشد [۳]. زمانیکه غلظت فلزات سنگین در بدن موجودات از حد معینی فراتر رود ممکن است باعث تغییر در روند طبیعی اکوسیستم‌های آبی و عملکرد درست بدن آبزیان شوند [۴]. از جمله این تغییرات می‌توان به اختلال در مبادله مواد، توقف رشد، بروز تغییرات رفتاری و ژنتیکی در لاروها و کاهش ذخایر آبزیان اشاره نمود [۵]. از آنجایی که اکوسیستم‌های آبی نقش بسزایی در تأمین غذای انسان دارند، لذا بررسی وضعیت آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد که بدین منظور شاخص‌های زیستی مناسبی جهت سنجش میزان آلودگی‌ها خصوصاً آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین در منابع آبی می‌باشند [۶]. ماهیان به وسیله تغذیه از دیگر جانوران آبزی خصوصاً نرم‌تنان که توانایی بالایی در تجمع آلاینده‌ها دارند می‌توانند آلودگی را دریافت نمایند در نتیجه چنین تجمعی شکارچیان رأس هرم، شامل انسان، در معرض غلظت‌های بسیار بالا از یک ماده پایدار در غذای خود قرار می‌گیرند که این مواد یک پتانسیل خطرناک برای سلامت انسان و تهدیدی برای منابع طبیعی هستند [۷]. آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های دریایی را می‌توان از طریق اندازه‌گیری این آلاینده‌ها در نمونه‌های آب، رسوب و موجودات دریایی تشخیص داد [۸]. میزان آلاینده‌های فلزی که در ماهیان گزارش می‌شود، نتیجه آلودگی آب‌ها به این آلاینده‌ها می‌باشد. تجمع فلزات در بافت‌های ماهی و قابلیت انباشت شدن این آلاینده‌ها در ماهیچه‌های آن‌ها باعث می‌شود بر اثر مصرف ماهیان آلوده، انسان در معرض یک منبع بزرگ از فلزات سنگین قرار گیرد و بدین ترتیب ممکن است سلامت انسان به خطر بیفتد [۹].

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه نمونه برداری

بندرلنگه و بندرخمیر از شهرستان‌های استان هرمزگان می‌باشند. موقعیت جغرافیایی بندرخمیر در رو به روی جزیره قشم است و در کوتاه‌ترین فاصله از آن قرار دارد. به همین جهت بندرخمیر به پر رفت و آمدترین مکان برای سفر دریایی به جزیره قشم تبدیل شده‌است. بندرلنگه نیز از یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین بنادر استان هرمزگان است که با جمعیتی حدود ۱۴۰ هزار نفر از شهرهای پرجمعیت ساحلی خلیج فارس محسوب می‌شود (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۵). موقعیت جغرافیایی بنادر لنگه و خمیر در (شکل ۲-۱) آمده است.



شکل ۲-۱: موقعیت مکان‌های نمونه‌برداری

۲-۲. نمونه برداری

عملیات نمونه برداری از پنج گونه از ماهیان بندرلنگه و خمیر در فصل تابستان سال ۱۳۹۴ انجام پذیرفت. از هر کدام از ایستگاه‌های بندرلنگه و بندرخمیر پنج گونه ماهی و از هر ماهی ۳ نمونه توسط صیادان از منطقه گرفته شد. مشخصات بیومتری آن‌ها شامل طول و وزن اندازه گیری شده سپس در کلمن های حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شد و تا انجام آزمایشات بعدی در سردخانه و در دمای زیر ۲۰ درجه ی سانتی گراد نگهداری شد. در فصل نمونه برداری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب که شامل شوری، دما، اکسیژن و pH هستند توسط مولتی پارامتر Lovibond مدل 150 SensoDirect ساخت کشور آلمان اندازه گیری شد.

۲-۳. جداسازی و خشک کردن بافت‌های مورد مطالعه

در آزمایشگاه نمونه ها از سردخانه خارج گردید و در دمای محیط قرار گرفت تا یخشان آب شود. سپس بافت‌های مورد مطالعه (ماهیچه، آبشش و کبد) جدا گردید به طوری که بافت‌های دیگری با قسمت های مورد نظر مخلوط نگردد. سپس بافت‌های جداسازی شده را درون پتری دیش قرار داده و در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار دادیم تا خشک شوند. سپس بافت‌های خشک شده را برچسب گذاری کرده و برای انجام مراحل دیگر مطالعه به یخچال و دمای ۴ درجه سانتی گراد منتقل کردیم [10].

۲-۴. هضم شیمیایی و آماده سازی بافت‌های ماهی ها جهت سنجش فلزات سنگین

بافت‌های خشک شده را از یخچال خارج کرده با استفاده از هاون چینی پودر کردیم. برای انجام مرحله هضم حدود ۱ گرم از بافت پودری را توسط ترازوی دیجیتال توزین کردیم و سپس همراه با ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ (HNO₃) درون لوله‌ی هضم بر روی دستگاه Hot plate و زیر هود قرار دادیم. بافت‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۰ درجه و سپس به مدت ۳ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بر روی Hot plate هضم می‌شوند. سپس محلول را با آب دوبار تقطیر به حجم ۴۰ میلی لیتر رساندیم و بعد، از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور دادیم و در ظروف پلی اتیلنی ریختیم. ظروف پلی اتیلنی را به یخچال و دمای ۴ درجه سانتی گراد، جهت انجام سنجش فلزات سنگین، منتقل کردیم [10].

۲-۵. سنجش غلظت فلزات سنگین

سنجش فلزات سنگین در بافت ماهیان از طریق طیف سنجی و با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله ای ساخت کشور استرالیا santaa $\sum$ aas صورت پذیرفت. در این روش اندازه گیری ها در بهترین شرایط ارائه شده توسط راهنمای دستگاه از لحاظ سرعت جریان گازها، شدت جریان لامپ و طول موج اندازه گیری انجام پذیرفت. سپس محلول های استاندارد مورد نیاز جهت کالیبره کردن دستگاه تهیه گردید. محلول استاندارد از حل نمودن نمک های فلزی در حلال آب تهیه گردید. با استفاده از محلول های استاندارد یک معادله خطی برای دستگاه مشخص می‌گردد که غلظت فلز موجود در محلول استخراجی حاصل از نمونه ها با استفاده از آن معادله سنجیده می‌گردد. برای اینکه غلظت فلزات در محدوده محلول های استاندارد قرار بگیرند محلول هایی با غلظت های متفاوت آماده گردید. برای عنصر مس این مقدار در غلظت های ۰/۵، ۱، ۲، ۴ و ۸ میلی گرم در لیتر و برای عناصر روی، جیوه، سرب و کادمیوم در غلظت های ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲ و ۴ میلی گرم در لیتر ساخته شد. مقدار فلز سنجیده شده در محلول استخراجی بر حسب میلی گرم در لیتر توسط دستگاه جذب اتمی قرائت گردید.

مقدار نهایی غلظت فلز در نمونه مورد نظر بر حسب میکروگرم بر گرم از طریق قرار گیری در معادله زیر محاسبه شد:

$$M = C.V/W \quad \text{فرمول:}$$

$M =$ غلظت فلز در نمونه بر حسب میکرو گرم بر گرم $C =$ مقدار فلز قرائت شده توسط دستگاه بر حسب میلی گرم در لیتر $V =$ حجم نهایی نمونه بر حسب سانتی متر مکعب $W =$ وزن نمونه خشک شده بر حسب گرم

۲-۶. پردازش داده‌ها

در پردازش اطلاعات ابتدا با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk از نرمال بودن اعداد بدست آمده اطمینان حاصل شد. سپس از آنالیز واریانس یک طرفه (One Way of ANOVA) به منظور مقایسه غلظت فلزات در بافت‌های مختلف ماهیان بندرلنگه و بندرخمیر استفاده گردید. در صورتی که بین میانگین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی داری وجود داشت از پس آزمون Tukey برای جدا کردن گروه‌های مختلف استفاده گردید. از آزمون t-test نیز به منظور مقایسه فلزات در نمونه‌های مختلف بین دو ایستگاه استفاده گردید. از نرم افزار Excel برای رسم نمودارها و جداول و از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ نیز جهت تجزیه و تحلیل داده استفاده گردید. (جدول ۱-۲) خلاصه‌ای از نحوه پردازش داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲: نحوه‌ی پردازش داده‌ها

نام نرم افزار	آزمون و روش آنالیز	هدف
نسخه ۲۰ SPSS	Shapiro-Wilk	اطمینان از نرمال بودن اعداد بدست آمده
نسخه ۲۰ SPSS	One Way of ANOVA	مقایسه غلظت فلزات در بافت مختلف ماهیان ایستگاه‌های لنگه و خمیر
نسخه ۲۰ SPSS	Tukey پس آزمون	جدا کردن گروه‌های مختلف
Excel	Insert Table	رسم نمودارها و جداول

۳. بحث و نتیجه‌گیری

در (جدول ۱-۳) میزان فلزات سنگین مس، روی، نیکل، سرب و کادمیوم در بافت عضله ماهیان سرخو، کفال، زمین‌کن، کولی و هامور بندرلنگه و بندرخمیر با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، استاندارد غذا و داروی آمریکا (FDA)، استاندارد سازمان ملی تحقیقات بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC)، استاندارد وزارت کشاورزی، شیلات و مواد غذایی انگلستان (UK MAFF) و مقایسه شده‌است.

جدول ۳-۱: غلظت فلزات سنگین در بافت عضله ماهیان بندرلنگه و خمیر با استانداردهای جهانی (میکروگرم بر گرم وزن تر)

منبع	فلزات سنگین					استانداردها
	کادمیوم	سرب	نیکل	روی	مس	
Pourang et al., 2005	۰/۲	۱/۵	۰/۰۵	۱۰۰۰	۱۰	WHO
Chen and Chen, 2001	۱	۵	۱	**	۲۰	FDA
Chen and Chen, 2001	۰/۰۵	۱/۵	**	۱۵۰	۱۰	NHMRC
MAFF, 1995	۰/۲	۲	**	۵۰	۱۰	UK MAFF
Mishra et al., 2007	۰/۲	۴	۱	**	۱۲۰	USEPA
مطالعه حاضر (لنگه)	۰/۰۵۷	N.D	۱/۳۴	۱۰	N.D	سرخو
مطالعه حاضر (خمیر)	۰/۰۵۳	N.D	۰/۸۱	۹/۱	N.D	سرخو
مطالعه حاضر (لنگه)	۰/۰۵۴	۰/۰۶۱	۱/۰۳	۱۲/۲	۳/۱۵	کفال
مطالعه حاضر (خمیر)	۰/۰۵۹	۰/۰۴۴	۰/۶۱	۱۵	۰/۷۳	کفال
مطالعه حاضر (لنگه)	۰/۰۷۶	N.D	۲/۵۲	۲۰/۲	۱۳/۹	زمین کن
مطالعه حاضر (خمیر)	۰/۰۷۹	N.D	۲	۱۸/۷	۹/۲	زمین کن
مطالعه حاضر (لنگه)	۰/۰۵۳	۰/۰۴۴	۰/۹۹	۱۰/۲	N.D	کولی
مطالعه حاضر (خمیر)	۰/۰۵۸	۰/۰۴۶	۰/۹	۱۷/۲	N.D	کولی
مطالعه حاضر (لنگه)	۰/۰۴۸	N.D	۰/۳۷	۲۰/۴	۳/۹۳	هامور
مطالعه حاضر (خمیر)	۰/۰۵۴	N.D	۰/۳۴	۲۳/۴	۴/۷۲	هامور

WHO = World Health Organization

FDA = Food and Drug Administration (United States)

National Health and Medical Research Council (Australia) NHMRC =

Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (United Kingdom) UK MAFF =

USEPA = United States Environmental Protection Agency

N.D = Not Detect

غلظت فلزات سنگین در بافت ماهیچه ماهیان بندرلنگه و بندرخمیر برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر برای هر کدام از ماهیان با قرار دادن هر کدام در فرمول خاص خود محاسبه گردید.

فرمول (۱) - ماهی سرخو :

غلظت فلز بر حسب وزن تر = غلظت فلز بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک $\times (۰/۳۳۱)$

فرمول (۲) - ماهی کفال :

غلظت فلز بر حسب وزن تر = غلظت فلز بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک $\times (۰/۲۴۶)$

فرمول (۳) - ماهی زمین کن :

غلظت فلز بر حسب وزن تر = غلظت فلز بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک $\times (۰/۳۰۷)$

فرمول (۴) - ماهی کولی:

غلظت فلز بر حسب وزن تر = غلظت فلز بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک $\times (0/234)$

فرمول (۵) - ماهی هامور:

غلظت فلز بر حسب وزن تر = غلظت فلز بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک $\times (0/271)$

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تجمع غلظت فلزات سنگین در بافت ماهیان بندرلنگه و بندرخمیر دارای الگوهای متفاوتی می‌باشد ولی اکثراً این روند بصورت [ماهیچه > آبشش > کبد] می‌باشد که بر همین اساس بیشترین غلظت فلزات سنگین در بافت کبد و کمترین میزان غلظت فلزات در بافت آبشش تجمع می‌باید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که توالی تجمع فلزات در بافت‌ها اکثراً بصورت [کادمیوم > سرب > نیکل > مس > روی] که بر همین اساس فلز روی دارای بیشترین غلظت و فلز کادمیوم دارای کمترین غلظت فلزات در بافت‌ها می‌باشند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین تجمع غلظت فلز نیکل در بافت آبشش می‌باشد که این امر با توجه به فعالیت سلول‌های کلراید و جذب در محل پمپ‌های یونی اتفاق می‌افتد. براساس این مطالعه نشان داده شد که ماهی زمین‌کن در بندرلنگه و بندرخمیر دارای بیشترین غلظت فلزات سنگین در بافت‌های خود است که علت این امر می‌تواند ارتباط بیشتر با بستر و تغذیه از موجودات کفزی باشد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که غلظت فلزات سنگین بافت‌های آبشش، کبد و ماهیچه ماهیان بندرلنگه با بندرخمیر تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند. براساس همین نتایج غلظت فلزات سنگین در ماهیان دو ایستگاه اختلاف معنی داری نداشت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در مقایسه با استانداردهای جهانی غلظت فلز نیکل در بافت عضله ماهیان سرخو و کفال در بندرلنگه و همچنین ماهی زمین‌کن در بندرلنگه و بندرخمیر استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، از استاندارد غذا و داروی آمریکا (FDA) و استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) بیشتر بود که علت آن را می‌توان مربوط به فعالیت‌های مربوط به کشتیرانی، صیادی و فعالیت‌های صنعتی منطقه دانست. هرچند غلظت فلز کادمیوم در اکثر ماهیان از استاندارد سازمان ملی تحقیقات بهداشت و پزشکی استرالیا (NHMRC) بیشتر بود ولی با توجه به سایر استانداردها و فاصله زیاد غلظت فلزات سنگین در بافت ماهیان بندرلنگه و بندرخمیر با حد خطرناک می‌توان عنوان کرد که فعلاً این میزان برای مصرف انسان مانعی ندارد در حالی که غلظت فلز نیکل در ماهیان سرخو و کفال در بندرلنگه و همچنین ماهی زمین‌کن در بندرلنگه و بندرخمیر نسبتاً بالا و این ماهی آلوده به فلز نیکل می‌باشد. هرچند فلز نیکل از عناصر ضروری برای متابولیسم انسان نیز محسوب می‌گردد ولی با توجه به استانداردها می‌توان اظهار داشت که مصرف ماهیان فوق در مناطق ذکر شده می‌تواند تهدیدی برای سلامت انسان محسوب گردد.

منابع

- [1]- Kesavan, K.; Murugan, A.; Venkatesan, V. and Kumar, V. 2013. Heavy Metal Accumulation in Molluscs and sediment from Uppanar Estuary, Southeast Coast of India. Thalassas, 29: 15-21.
- [2]- Delman, O., Demirak, A. and Balci, A., 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeastern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chemistry 26: 157-162
- [3]- Zhou de Mora, S.; Fowler, S. W.; Wyse, E. and Azemard, S. 2004. Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the (Persian) Gulf and Gulf of Oman. Marine pollution bulletin, 49: 410-424.

- [4]- Kenish, M. J., 1997. Practical handbook of estuarine and marine pollution. Marine Ecology Progress Series, 524: 8493-8424.
- [5]- Mance, G., 1990. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments: Elsevier Applied Science, New York 1987, 372.
- [6]- Rashed, M.N., 2001. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser lake. Environmental International, 27: 27-33.
- [7]- Dixon, H., A. Gill, C. Gubala, B. Lasorsa, E.C. recelius and L.R. Cartis (1996). Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in U.S. Arctic Lakes. Environ. Toxicological and Environmental Chemistry, 16(4): 733.
- [8]- Cervantes, A.M., F.J. Jiménez-Cárceles And J. Álvarez-Rogel, 2009. As, Cd, Cu, Mn, Pb And Zn Contents In Sediments And Mollusks (*Hexaplex Trunculus* And *Tapes Decussatus*) From Coastal Zones Of A Mediterranean Lagoon (Mar Menor, Se Spain) Affected By Mining Wastes. Water Air Soil Pollution. 200: 289 - 304.
- [9]- Dural, M., Göksu, M. L., Özak, A. A., & Derici, B. (2006). Bioaccumulation of some heavy metals in different tissues of *Dicentrarchus labrax* L, 1758, *Sparus aurata* L, 1758 and *Mugil cephalus* L, 1758 from the Camlik lagoon of the eastern coast of mediterranean (turkey). Environmental monitoring and assessment, 118(1-3), 65-74.
- [10]- Norouzi, M., Mansouri, B., Hamidian, A. H., Zarei, I., & Mansouri, A. (2012). Metal concentrations in tissues of two fish species from Qeshm Island, Iran. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 89(5), 1004-1008.



شناسایی و بررسی تراکم و تنوع ماکروبتوزهای و ارزیابی تاثیر پارامترهای محیطی در خور زنگی (بازه سایت سرحدی)

جمالی نیا، سحر^۱، نبوی، سید محمد باقر^۲، سالاری علی آبادی، محمد علی^{۲*}، سواری، احمد^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲. گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

* salari1346@yahoo.com

چکیده

با توجه به اهمیت خورها به عنوان یکی از مولدترین اکوسیستم‌های زیست کره بررسی و شناخت بافت آبی آنها از اهمیت به سزای برخوردار می باشد. نمونه برداری در دی ماه ۱۳۹۴ و اردیبهشت ماه ۱۳۹۵ با کمک گرب ون وین و سنجش پارامتر محیطی شامل، دما، شوری، اسیدیته و اکسیژن و آنالیز رسوبات شل‌ل‌مواد آلی و دانه بندی در این تحقیق صورت گرفت. به طور کلی ۱۵ گونه از ۱۲ خانواده که میزان درصد فراوانی نسبی گروه‌های شناسایی شده در کل دوره مطالعه به ترتیب شکم پایان با ۸ گونه میزان ۴۵ درصد، پرتاران با ۳ گونه ۲۱ درصد، سخت پوست عالی با ۱ گونه ۱۸ درصد، دوکفه ای با ۱ گونه ۱۰ درصد و روزنه دار با ۱ گونه ۶ درصد محاسبه شد. گونه‌های غالب منطقه از گروه شکم پایان در هر دو فصل گونه *Barleeia sp* و *Hydrobia sp* می باشد. بیشترین فاکتور مؤثر بر تراکم ماکروبتوزها دما، شوری و مواد آلی می باشد.

کلیدواژه: شناسایی، ماکروبتوز، تنوع، پارامترهای محیطی، خور زنگی، سایت سرحدی

۱. مقدمه

خورها، به دلیل نقش اکولوژیکی و اقتصادی‌شان از مهم‌ترین اکوسیستم‌های دریایی بشمار می‌روند و جزء مناطق حساس بین دریا و خشکی محسوب می‌گردند (Castro and Huber, 2003). مسئله آلودگی محیط‌زیست در سال‌های اخیر بحران بزرگی به وجود آورده و کلیه فعالیت‌های انسان در رابطه با طبیعت را تهدید می‌کند. آلودگی‌های دریایی بخش قابل توجهی از بحران آلودگی محیط‌زیست را تشکیل می‌دهد. فعالیت‌های انسانی موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در رسوبات ساحلی گردیده است (Bryan, 2000). همواره در مناطقی با سطوح بالای فعالیت‌های صنعتی و شهری، غلظت‌های بسیار زیاد این آلاینده‌ها در رسوبات این مناطق مشاهده می‌شود (Dias et al., 2009)، به طوری که مکان‌هایی با داشتن رسوبات ناپاک همیشه یک خطر حقیقی را برای موجودات زنده در سایر زیستگاه‌ها فراهم می‌کنند (Dias et al., 2009) جانوران دریایی می‌توانند آلودگی‌ها را به واسطه آب دریا، ذرات معلق، رسوبات و از طریق زنجیره غذایی تجمع دهند (Povlesen et al., 2003). اجتماعات کفزی در زنجیره غذایی اکوسیستم های آبی به ویژه خورها، نقش مهمی دارند. به نحوی که هرگونه تغییر در محیط می‌تواند صدمات زیان‌باری را به این اجتماعات وارد کند. موجودات کفزی در رسوب‌گذاری، شکستن، ترکیب و برگشت مواد آلی در بستر و نیز

چرخش مجدد مواد مغذی و انتشار انرژی به لایه‌های بالایی آب‌ها نقش اساسی دارند؛ بنابراین به عنوان یک حلقه اتصال بسیار مهم در شبکه‌های غذایی دریایی حائز اهمیت می‌باشند. از سوی دیگر، ماکروبتوزها را می‌توان جهت پایش اثرات آلودگی‌ها مورد استفاده قرار داد. از این رو، شناسایی و بررسی اکولوژیکی بتتوزها در زمینه‌های مختلف در اکوسیستم‌های آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Martin et al., 2010). خور زنگی در شمال غرب خلیج فارس واقع شده و یکی از انشعابات خور موسی می‌باشد. و در ضلع غربی بندر امام خمینی واقع شده است و منطقه‌ای برای صیادی می‌باشد، علاوه بر اهمیت شیلاتی از جنبه‌های زیست‌محیطی نیز دارای ارزش زیادی بوده و از نقطه نظر تولید، غنا و تنوع زیستی دارای آبزیان مختلف شامل انواع ماهیان و انواع کفزیان است که غذای آن‌ها را شامل می‌شود. خور زنگی در قلب منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر قرار گرفته و با مساحت حدود ۱۵۰ هکتار می‌باشد (تویو، ۱۳۷۸). دهقان مدیسه و همکاران در سال ۱۳۸۸ به بررسی شاخص کیفیت آب خوریات ماهشهر پرداخت. مهدوی سلطانی و نبوی در سال ۱۳۸۷، به مقایسه ساختار اجتماعات ماکروبتوز در خوریات غزاله و غنام به عنوان نشانگرهای زیستی آلودگی پرداختند. شکوری و همکاران در سال ۱۳۸۷، شاخص‌های تنوع و ارتباط آن‌ها را با فاکتورهای محیطی در پرتاران برخی از خوریات منطقه ماهشهر را بررسی نمود.

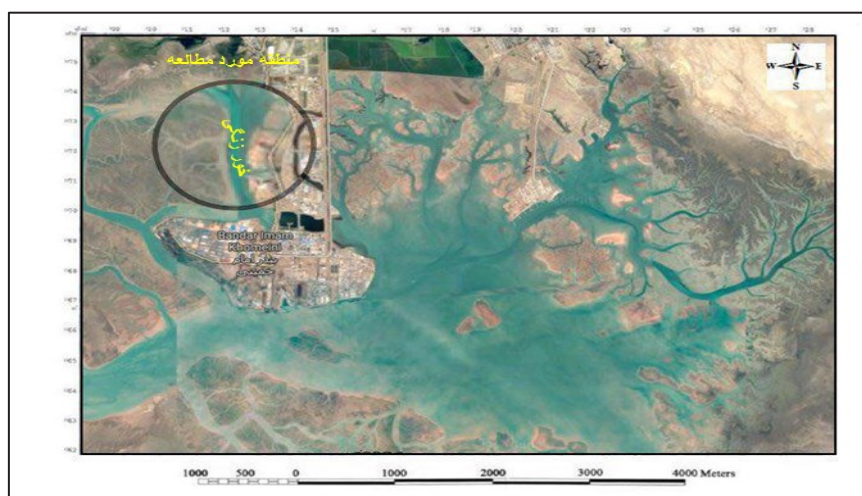
۲. روش تحقیق

۲-۱ نمونه برداری

نمونه برداری از این خور در سه ایستگاه جهت بررسی تاثیر پساب بر تراکم ماکروبتوزها در سه ایستگاه صورت گرفت. نمونه برداری با کمک گرب ون وین با سطح مقطع ۰/۲۵ cm از رسوبات بستر ایستگاه مورد نظر برداشته و با الکل ۹۶ درصد درون ظرب در بسته فیکس شد سنجش پارامترهای محیطی با کمک دستگاه مولتی متر صورت گرفت. نمونه‌های رسوب برای بررسی میزان مواد آلی و دانه بندی در یخ دان و دمای صفر درجه نگه داری شد.

جدول ۱: مختصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در خور زنگی

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	A	30°49'01" N	49°06'94" E
۲	B	30°49'09" N	49°06'71" E
۳	C	30°49'13" N	49°06'57" E



شکل ۱: موقعیت خور زنگی نسبت به سایر خورهای منشأ گرفته از خور موسی

۲-۲. عملیات آزمایشگاهی

برای جداسازی نمونه‌های ماکروبتوز از الک شماره ۳۵ یا الک با چشمه ۰/۵ استفاده شد. نمونه را در الک ریخته و شروع به شستشوی می‌کنیم آن قدر به این کار ادامه می‌دهیم تا تمام ذرات رسوب خارج شده و آب شفاف از الک خارج شود. محلول رزبنگال ۱ گرم در لیتر افزوده و بعد از گذشته ۴۰ دقیقه نمونه‌ها را درون الک ریخته و دوباره شستشو داده می‌شود (Simboursa et al, 2002). برای شناسایی و شمارش از لوپ، میکروسکوپ و از کلیدها و اطلس‌های معتبر جهت شناسایی استفاده گردید. برای عکاسی از نمونه‌ها از دوربین و همچنین لنز Dino استفاده گردید.

شاخص شانون از متداول‌ترین شاخص‌های تنوع می‌باشد که در مطالعات اکولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. محدوده این شاخص بین ۰-۵ می‌باشد که در اکثر مطالعات اکولوژی مقدار آن بین ۲/۵-۳/۵ می‌باشد. اگر در نمونه‌ها تنها یک گونه ۳ حضور داشته باشد میزان این شاخص ۰ خواهد بود و حداکثر آن زمانی است که هر فرد متعلق به یک گونه باشد (Jorgensen et al., 2005). $H = -\sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) L_n \left(\frac{n_i}{n} \right) \right]$ شاخص شانون، n_i تعداد افراد گونه i ام، n تعداد کل افراد در نمونه، S - تعداد کل افراد- H

۳. نتایج و نتیجه گیری

۳-۱. فاکتورهای محیطی

در دی ماه میانگین دما با دامنه تغییرات ۱۴/۲۳ تا ۱۶/۷۲ سانتی‌گراد و در اردیبهشت ماه با دامنه تغییرات ۲۳/۳۹ تا ۲۷/۲۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. میانگین اکسیژن محلول در دی ماه و اردیبهشت ماه به ترتیب ۵/۰۴ تا ۷/۳۲ و ۵/۱۵ تا ۷/۷۷ میلی‌گرم بر لیتر، بین دو فصل اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید ($P>0/05$). میانگین اسیدیته در دی ماه و اردیبهشت ماه به ترتیب ۷/۰۵ تا ۸/۰۲ و ۷/۵۳ تا ۸/۲۴ سنج شد بین دو فصل اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید ($P<0/05$), میانگین کدورت در دی ماه و اردیبهشت ماه به ترتیب ۱۷/۲۹ تا ۶۶/۴ و ۶۹ تا ۳/۳۴ (NTU) بین دو فصل اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید ($P>0/05$) و همچنین، میانگین شوری در دی ماه و اردیبهشت ماه به ترتیب ۳/۶۸ تا ۳۴/۸۴ و ۴/۲۳ تا ۳۹/۵۸ قسمت در هزار سنج گردید، بین دو فصل اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید ($P>0/05$).

مواد آلی

تغییرات میزان درصد مواد آلی در دی ماه با دامنه تغییرات ۶/۷۶ تا ۱۵/۰۹ درصد و در اردیبهشت ماه با دامنه تغییرات ۴/۷۸ تا ۱۸/۰۲ طبق آنالیز واریانس یکطرفه بین دو فصل اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید ($P>0/05$) در صورتی که بین ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P<0/05$). همچنین میانگین ذرات سیلت و رس ۶۸/۲ تا ۶۸/۴۳ سنجش شد.

۳-۲. ماکروبتوزها

در طی دوره مطالعاتی که در کانال انتقال پساب سایت سرحدی و خور زنگی صورت گرفت، به طور کلی ۱۵ گونه از ۵ گروه شناسایی شد که ۸ گونه شکم‌پا ۲۹ از ۷ خانواده، ۱ گونه دوکفه‌ای ۳۰ از ۱ خانواده، ۱ گونه سخت‌پوست عالی ۳۱ از ۱ خانواده، ۳ گونه پرتار از ۲ خانواده و ۱ گونه روزنه‌دار ۳۲ از متعلق به ۱ خانواده که در جدول ۴-۵ شناسایی و اسم آن‌ها مشخص گردیده است.

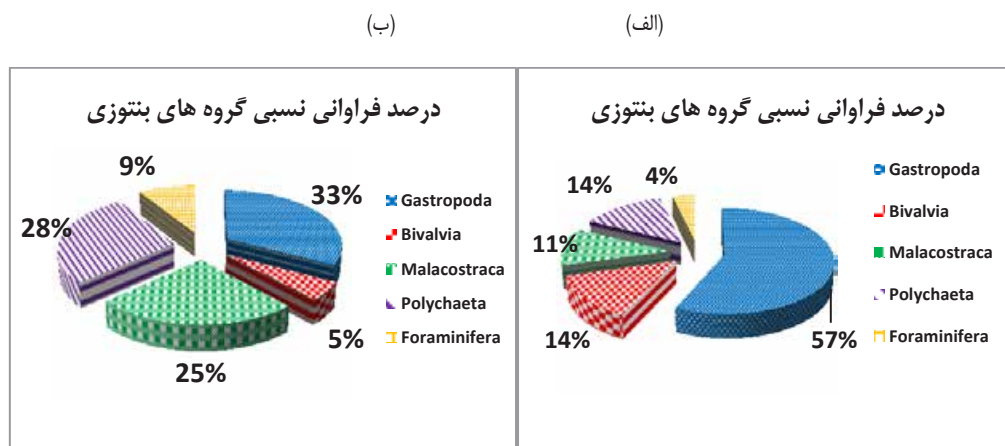
²⁹ Bivalvia

³⁰ Malacostraca

³¹ Forminifera

³² - silty-clay

میانگین تراکم ماکروبن‌توزها در اردیبهشت ماه و دی ماه به ترتیب $235/83 \pm 49/18$ و $328/63 \pm 68/91$ فرد در مترمربع بود میانگین ماکروبن‌توزها در اردیبهشت بین ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی داری نشان نداد ($P > 0/05$) در صورتی در دی ماه اختلاف معنی دار مشاهده شد ($P < 0/05$).



شکل ۲: درصد فراوانی نسبی گروه‌های شناسایی شده در کل دوره تحقیق، خور زنگی، (الف) دی ماه ۱۳۹۴؛ (ب) اردیبهشت ماه ۱۳۹۵

۳-۳. همبستگی

جدول ۲: همبستگی میان فاکتورهای محیطی و تراکم ماکروبن‌توز، خور زنگی، ۱۳۹۴-۱۳۹۵

گروه‌های ماکروبن‌توز		دما (درجه سانتی‌گراد)	شوری (قسمت در هزار)	درصد مواد آلی	ذرات سیلت-گل
شکم پایان	R	-۰/۷۲۳	۰/۱۳۱	۰/۲۹۵	۰/۲۸۲
	P	۰/۰۰۱	۰/۶۰۵	۰/۱۰۴	۰/۲۵۸
دوکفه ای	R	-۰/۴۰۸	۰/۵۷۶	۰/۳۶۳	۰/۴۴۹
	P	۰/۰۸۹	۰/۰۱۲	۰/۱۷۴	۰/۰۶
سخت‌پوست	R	۰/۱۹۸	۰/۶۴۵	۰/۵۸۲	۰/۵۳۷
	P	۰/۶۱۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۱	۰/۰۲
پرتاران	R	۰/۳۴۷	۰/۷۵۴	۰/۶۴	۰/۵۷۴
	P	۰/۱۲۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷
روزنه دار	R	۰/۱۶۶	۰/۵۲۶	۰/۶۲۴	۰/۴۸
	P	۰/۵۱۱	۰/۰۲۵	۰/۰۰۶	۰/۰۴۴
فراوانی کل (تعداد در متر مربع)	R	-۰/۵۹۷	۰/۴۹۶	۰/۵۲۹	۰/۵۴۲
	P	۰/۰۰۹	۰/۰۳	۰/۰۴۶	۰/۰۲۸

۴. بحث و نتیجه گیری

بررسی تراکم ماکروبن‌توزها در ۳ ایستگاه مورد نظر نشان می‌دهد که میزان تراکم به طور کلی در دی ماه بیشتر از اردیبهشت ماه و در ایستگاه A (ابتدای کانال سایت) در اردیبهشت ماه تراکم بالا رفته است، در صورتی که در دو ایستگاه دیگر تراکم در دی ماه بیشتر می‌باشد (شکل ۴-۱۸). وجود اختلاف معنی دار بین ایستگاه در دی ماه مشاهده می‌شود که می‌توان به دلیل ثبات و عدم وجود استرس باشد و در اردیبهشت ماه اختلاف معنی داری مشاهده نشد. تغییرات تراکم در گروه‌های مختلف در دی ماه در ایستگاه A (ابتدای کانال سایت) در دی ماه، فقط گروه شکم پایان و فراوانی کمی از پرتاران مشاهده می‌شود. اردیبهشت ماه حضور پلی کیت‌ها افزایش و همچنین شکم پایان در این ایستگاه مشاهده شد و در این ماه حضور گونه سخت پوست در ایستگاه ثبت شد. از طرفی به دلیل همزمانی فصل تخم‌ریزی و همچنین انجام تخم‌ریزی در نواحی ساحلی و جزر و مدی می‌توان نسبت داد (Castillo et al., 2015). شاخه‌ی بندپایان و شکم پایان، فراوان‌ترین و متنوع‌ترین گروه‌های موجود در ناحیه آلوده به فعالیت‌های انسانی شامل صیادی و ساخت و ساز می‌باشند. میزان مواد آلی کل بر روی فراوانی سخت‌پوستان تأثیر منفی دارد که ممکن است به دلیل تجزیه‌های باکتریایی و کاهش میزان اکسیژن باشد. در ایستگاه B (انتهای کانال سایت)،

در دی ماه تمامی گروه‌ها مشاهده و بیشترین گروه گاستروپود و سخت پوست می باشد و در اردیبهشت کاهش حضور شکم پایان و افزایش پرتاران مشاهده شد و در دی ماه در ایستگاه C شاهد حضور شکم پایان و دوکفه ای‌ها با تراکم بالا و در اردیبهشت ماه، کاهش شکم پایان، دوکفه ای‌ها و افزایش پرتاران، گونه سخت پوست و روزنه داران مشاهده شد. به صورت کلی بیشترین گروه شمارش شده در دی ماه شکم پایان و در اردیبهشت ماه نیز شکم پایان و گروه پرتاران و سخت پوست در این ماه فراوانی بالای نشان داد.

مطالعه‌های بر روی ساختار جوامع ماکروبتیک شاخه غربی خور زنگی (منطقه پارک ساحلی) توسط گوهرکانی (۱۳۷۸) انجام شده است. در سال ۱۳۸۷ منوچهری با انجام یک مطالعه تحقیقاتی به مدت یک سال بر روی شاخه شرقی خور زنگی، بخشی که تحت تاثیر فعالیت‌های صنعتی منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر قرار دارند، نه گروه از جانوران کفزی را شناسایی نمود و عنوان کرد که پرتاران ۴۸ درصد ترکیب کلی فون ماکروبتوزی را به خود اختصاص می دهند. دشتی و همکاران در سال ۱۳۹۱ در بررسی خود بیشترین تراکم ماکروبتوزها را در بهار و کمترین میزان آن در زمستان گزارش کردند و همچنین فراوانی به دست آمده به ترتیب در گروه پرتاران (۳۵/۷۷ درصد)، گروه دوکفه ای (۳۳/۱۵ درصد) و گروه شکم پایان (۱۹/۷۶ درصد) مشاهده شد. همچنین هر سه جنس پرتاران جوامع کفزی نسبتاً آهسته به تغییرات فاکتورهای محیطی در اکوسیستم پاسخ می‌دهند. بنابراین راهنمای خوبی برای ردیابی تغییرات در یک اکوسیستم در طی دوره‌های طولانی مدت می‌باشند (Morrisey et al., 2003; Currier and Small, 2005; Macfarlane and Booth, 2001).

گروه شکم پایان با میزان دما رابطه معکوس داشته زیرا در فصل زمستان فراوانی آنها افزایش یافته است. نقش تعیین کننده و کنترل کننده‌ای بر دیگر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب داشته و هرگونه تغییر در مقدار آن باعث تغییر در سایر فاکتورها می‌گردد. میزان شوری بر میزان فراوانی دوکفه ای‌ها تاثیر مثبت دارد که به دلیل عدم حضور دوکفه ای‌ها در ایستگاه اول که پساب با شوری کم به آن ناحیه میریزد و گونه ای دو کفه ای دریایی بوده و در آب لب شور یا شیرین توانایی زندگی کردن ندارد (Huber, 2012). حضور حضور سخت پوست و گونه های پرتار با فاکتورهای محیطی شامل شوری، درصد مواد آلی و ذرات رس و سیلت همبستگی مثبت داشته است. همچنین روزنه داران با میزان شوری و مواد آلی رابطه مثبتی نشان می دهد. در فراوانی کل فاکتور دما، مواد آلی و ذرات سیلت و رس تاثیر گذار بوده است. فاکتور شوری در مطالعات حاضر به دلیل نوسانات بالای بین سه ایستگاه و تفاوت بالا در مقدار آن فاکتور موثری در بیان رابطه با گونه ها نمی باشد زیرا آب پساب شیرین و لب شور بوده و گونه های حاضر اکثرا در مطالعه دریایی می باشند.

ساختار یا بافت بستر و مواد آلی موجود در آن از مهم‌ترین پارامترهای محیطی در دریا بشمار می‌روند که مهم‌ترین نقش را در پراکنش و تنوع گونه‌ای روزن‌داران ایفا می‌کنند. این امر توسط بسیاری از محققین بنتونیست و فرامینیفریست مورد تأکید قرار گرفته است (Frontalini and Coccioni, 2011; Eichler et al., 2012). اساساً بسترهای با میزان زیاد ذرات سیلت و رس ۳۳ موجب جذب ذرات مواد آلی و آلاینده می‌شود لذا این گونه بسترها با غالبیت شمار کمی از روزن‌داران همراه هستند (Gambi and Danovaro, 2016).

منابع

- [1] Castro, P., and Huber. M.E., 2003. Marine Biology. McGraw Hill, New York, 461p.
- [2] Bryan, G.W., 2000. Pollution due to heavy metals and their compounds, in: O.Kinne, ed., Marine Ecology, Vol. 5, Part 3, Wiley, London and New York, 1289–1431 pp.
- [3] Dias, J.F.; Fernandez, W.S.; Bouffleur, L.A.; dos Santos, C.E.I.; Amaral, L.; Yoneama, M.L.; Dias J.F., 2009. Biomonitoring study of seasonal anthropogenic influence at the Itamambuca beach (SP, Brazil), Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 267: 1960–1964.
- [4] Povlsen, E.; Alshabrawy, M.M.; Shindy, M.A.; Abu El-Seoud, A., 2003. Heavy metals and hazardous organic pollutants in sediments and mussels in the Gulf of Suez, 1999 and 2001, 4th International Conference and Exhibition for Environmental Technologies: Environment 2003, Cairo International Conference Center.
- [5] Martins, M.J.F., Vandekerckhove, J., Adolfsson, S., Rossetti, G., Namiotko, T. and Jokela, J., 2010. Effect of environmental stress on clonal structure of *Eucyprid virens* (Crustacea Ostracoda). Evolution Ecology, 1_12
- [6] تویو، ۱۳۸۷، گزارش مطالعات ارزیابی منطقه ویژه اقتصادی ماهشهر، جلد ۱، محیط طبیعی
- [7] Simboura, N. and Zenetos, A., 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. Mediterranean Marine Science, 3(2), 77-111.
- [8] Jorgensen, S. F., Costanza, R. and Fuliu, X.u., 2005. Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. CRC press, 439p.
- [9] نبوی، س.م.ب، ۱۳۸۷. بررسی ماکروبتنوزهای خوریات ماهشهر با تأکید بر نقش آنها در تغذیه آبزیان شیلاتی. رساله دکترای بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات. ۱۸۷ صفحه.
- [۱۰] دهقان مدیسه، س.، ۱۳۸۶. شناسایی مناطق حساس و تحت اثر در خوریات خوزستان با استفاده از شاخص‌های اکولوژیک و بیولوژیک، رساله دکتری بیولوژی دریا (ph.D)، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، ۱۴۲ صفحه.
- [۱۱] مورکی، ن.، ۱۳۸۸. مطالعه برخی فاکتورهای اکولوژیک (جانوران ماکروبتیک، آب و رسوب) خور جعفری در منطقه پتروشیمی ماهشهر خلیج فارس. پایان نامه دکتری منابع طبیعی گرایش شیلات (ph.D)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۱۴۵ صفحه.
- [۱۲] منوچهری، ح.، نیکویان، ع.، ولی نسب، ت.، نژاد بهادری، ف.، ماجدی، س.م.، چنگیزی، ر. و جعفریان مقدم، م.، ۱۳۸۷. بررسی اثرات سرب و کادمیم بر آب، رسوب و جوامع ماکروبتیک خور زنگی (از انشعابات خور موسی در خلیج فارس). مجله شیلات، سال دوم، (۲): ۱۳–۱۳.



مطالعه آلودگی نفتی در رسوبات سواحل جنوب جزیره قشم (منطقه مسن)

ناصر حاجی زاده ذاکر

دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

nhzaker@gmail.com

چکیده

مناطق ساحلی از راه های مختلف از جمله حوادث کشتی های نفتکش، حوادث مربوطه به تجهیزات استخراج نفت و سکو های دریایی، تخلیه آب توازن آلوده به مواد نفتی، تخلیه فاضلاب های شهری و صنعتی دچار آلودگی نفتی می شوند. آلودگی نفتی دریایی می تواند منجر به آسیب های شدید به محیط زیست دریایی و بهره برداری انسان از دریا شوند. سواحل جنوب جزیره قشم با توجه به قرار گیری در دهانه خلیج فارس و مسیر رفت و آمد شناورهای نفتکش همواره در معرض فعالیت ها و حوادث های منجر به آلودگی نفتی بوده اند. از طرف دیگر این مناطق مورد توجه ویژه بهره برداری های مختلف و به خصوص فعالیت های شیلاتی و پرورش ماهی در قفس در دریا می باشند. بنابراین بررسی وضعیت این مناطق به لحاظ آلودگی های نفتی از اهمیت زیاد برخوردار می باشد. با وجود این مطالعات انجام شده در زمینه آلودگی نفتی در این سواحل کم و محدود می باشد. در مقاله حاضر وضعیت آلودگی نفتی در سواحل جنوب جزیره قشم در منطقه مسن از طریق اندازه گیری غلظت کل هیدروکربن های نفتی در رسوبات سطحی بستر دریا در محدوده عمق آب ۳ متر تا ۲۰ متر در ۸ ایستگاه بررسی و ارائه گردیده است. نتایج بررسی ها نشان داد که غلظت کل هیدروکربن های نفتی (TPH) در رسوبات منطقه مورد مطالعه بین ۳ تا ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم تغییر نموده است که نشان دهنده عدم آلودگی نفتی می باشد. نتایج این تحقیق میتواند در سواحل با شرایط مشابه در سواحل جنوب جزیره قشم نیز مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه: غلظت هیدروکربن نفتی، محیط زیست دریایی، رسوب، آلودگی نفتی، جزیره قشم، خلیج فارس

۱. مقدمه

وقوع هر لکه نفتی همراه با آسیب به محیط زیست دریایی است. با توجه به زمان و مکان، سمیت و غلظت لکه نفتی، قرار گیری در معرض لکه نفتی می تواند منجر به مرگ ارگانیزم های مختلف و موجب آثار مضر از جمله کاهش تولید مثل، رشد غیرمناسب، مشکل در مکانیزم تغذیه و کاهش قدرت دفاعی در مقابل بیماری ها شود [1]. نفت خام حاوی صدها نوع ترکیب مختلف هیدروکربنی است و تاکنون بیش از ۱۷۵ هیدروکربن از نفت جداسازی شده است که از این تعداد ۱۰۸ مورد ترکیبات آلیفاتیک اشباع شده و بقیه آروماتیک هستند. ترکیبات آروماتیک از مهمترین آلاینده های موجود در نفت خام محسوب می شوند و آثار مخرب آنها بر سلامت انسان و محیط زیست چشمگیر است و چنانچه وارد زنجیره غذایی انسان شوند ممکن است موجب بروز انواع بیماری ها، سرطان و مشکلات ژنتیکی در انسان شوند [2]. هیدروکربن های موجود در محیط آب و رسوب یا دارای منشأ

طبیعی بوده و یا ناشی از فعالیت های انسانی هستند. هیدروکربن های نفتی با منشأ فعالیت های انسانی بر اثر نشت و ورود نفت خام و ترکیبات فراوری شده آن و یا ورود باقیمانده های ناشی از احتراق ناقص نفت وارد محیط می شوند [1].

مناطق ساحلی از راه های مختلف از جمله حوادث کشتی های نفتکش، حوادث مربوطه به تجهیزات استخراج نفت و سکو های دریایی، تخلیه آب توازن آلوده به مواد نفتی، تخلیه فاضلاب های شهری و همچنین تخلیه فاضلاب صنعتی از جمله فاضلاب پالایشگاه های نفت به مواد نفتی آغشته گردند. آلودگی های نفتی محیط زیست دریایی می تواند منجر به آسیب های شدید به محیط زیست دریایی شوند. همچنین می تواند منجر به ایجاد مشکلات برای بهره برداری انسان از منابع زنده دریا از جمله فعالیت های پرورش آبزیان در دریا گردد. سواحل جنوبی جزیره قشم با توجه به قرار گیری در خلیج فارس و مسیرهای رفت و آمد شناورهای نفتکش و حمل کالا همواره در معرض فعالیت ها و حوادث های منجر به آلودگی نفتی بوده اند. از طرف دیگر این مناطق مورد توجه ویژه فعالیت های بهره برداری مختلف و به خصوص فعالیت های شیلاتی و پرورش ماهی در قفس در دریا می باشند. به این لحاظ بررسی وضعیت این مناطق به لحاظ انواع آلودگی ها و از جمله آلودگی های نفتی از اهمیت بسیار زیاد برخوردار می باشد. با وجود این بررسی ها و مطالعات انجام شده در زمینه تعیین میزان آلودگی نفتی در سواحل جنوبی جزیره قشم بسیار کم و محدود می باشد.

هدف از اندازه گیری در این بخش از جزیره قشم مطالعه اثر آلودگی نفتی ناشی از تردد نفتکش ها و سایر شناورها در مسیر کشتیرانی مجاور این جزیره، بر روی مناطق ساحلی ایران می باشد. بنابراین ایستگاه های ساحلی در نظر گرفته شده در این تحقیق در منطقه مسن در بخش شرقی جنوب قشم و دور از سایر منابع آلودگی نفتی متمرکز می باشند. سایت های منطقه مسن در اولویت طرح های پرورش ماهی در قفس در دریا قرار گرفته اند و نتایج بررسی های حاضر در طراحی و بهره برداری های طرح های فوق الذکر نیز مورد استفاده خواهد بود.

۲. روش تحقیق

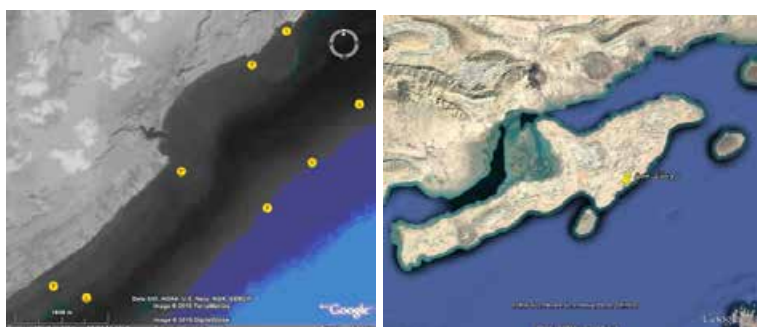
نمونه برداری در ساحل جنوبی جزیره قشم در مجاورت بندر کوچک ماهیگیری مسن انجام گردید (شکل ۱). در ۴ مقطع عمود بر ساحل و با دو ایستگاه در هر ترانسکت، در ۸ ایستگاه نمونه رسوب برداشت گردید (شکل ۱). در جدول ۱ مشخصات ایستگاه های نمونه برداری، موقعیت ایستگاه ها و عمق آب در ایستگاه های نمونه برداری و در شکل ۱ موقعیت ایستگاه های اندازه گیری در جزیره قشم نشان داده شده اند. برای نمونه برداری از دستورالعمل نمونه برداری منطقه دریایی خلیج فارس (MOOPAM، رایمی) که مشابه با دستورالعمل اندازه گیری آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) می باشد استفاده گردید. در فرایند نمونه برداری حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم نمونه رسوب مرطوب از رسوبات سطحی با عمق حداکثر ۵ سانتیمتر بوسیله نمونه بردار گرب استاندارد (Veen Grab Sampler) با سطح مقطع 250 cm^3 برداشت شد. آزمایشات بر روی نمونه ها با روش استاندارد UNEP/IOC/IAEA با شماره ۲۰ و با دستگاه کروماتوگرافی (GC / MS) انجام پذیرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج آنالیز های غلظت های هیدروکربن های نفتی در نمونه های رسوب در جدول شماره ۱ ارایه شده اند. یکی از نمونه ها در هر مقطع در عمق ۳ متر در نزدیک ساحل و نمونه دیگر در عمق ۱۷ تا ۲۰ متر قرار گرفته است. میزان TPH در نمونه های رسوب پایین می باشند. بیشترین مقدار TPH در رسوب ایستگاه ۱، که در داخل و وسط حوضچه بندر مسن قرار دارد، به میزان ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده گردید که غلظت بیشتر در این نقطه ناشی از تخلیه مواد زائد نفتی شناورها و تعمیر شناورهای کوچک و ورود نفت در داخل حوضچه آرام و نیمه بسته مسن می باشد. در ایستگاه های خارج از بندر در منطقه ساحلی مسن

میزان TPH بین ۳ تا ۶ میلی گرم در کیلوگرم تغییر نموده است. (جدول ۱) در منطقه مورد مطالعه در جزیره قشم فعالیت صادرات و یا واردات نفت وجود نداشته ولی این منطقه در مجاورت مسیر نفتکش ها و سایر شناورهای ورودی به خلیج فارس می باشد و میزان غلظت کم هیدروکربن های نفتی در رسوبات و آب منطقه نشان دهنده تاثیر کم اثرات آلودگی نفتی ناشی از تردد نفتکش ها و شناورها در میزان غلظت هیدروکربن های نفتی در منطقه مورد مطالعه می باشد.

Esteves و Commendatore در سال ۲۰۰۷ [3] با استفاده از مطالعات خود، مناطق ساحلی را به لحاظ غلظت کل هیدروکربن های TPH به سه دسته با غلظت کم (کمتر از ۱۰ mg/kg) ، کم تا متوسط (۱۰۰-۱۰۰۰ mg/kg) و متوسط تا زیاد (۱۰۰۰-۱۰۰۰۰ mg/kg) تقسیم بندی نمودند. Readman و همکاران در سال ۱۹۹۶ [4] در مطالعات خود شاخص آلودگی رسوبات به هیدروکربن ها را TPH بیشتر از ۱۰۰ mg/kg عنوان کرده اند. Tolosa و همکاران در سال ۲۰۰۴ [5] براساس مطالعات Volkman و همکاران (۱۹۹۲) [6] غلظت های TPH بیشتر از ۵۰۰ mg/kg را به عنوان آلودگی شدید رسوبات و غلظت های TPH کمتر از mg/kg را شاخص رسوبات غیر آلوده عنوان نموده اند. با توجه به شاخص های فوق و میزان غلظت کل هیدروکربن های نفتی در منطقه بندر مسن (TPH ۳ تا ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم) وضعیت کیفی رسوبات محدوده بندر مسن را می توان با آلودگی کم ارزیابی نمود.



شکل ۱) موقعیت ایستگاه های نمونه برداری در ساحل جنوبی جزیره قشم

جدول ۱: مشخصات ایستگاه های نمونه برداری و غلظت کل هیدروکربن های نفتی در نمونه ها

میزان غلظت ($\mu\text{g} / \text{g}$)	عمق (متر)	مختصات جغرافیایی		شماره ایستگاه
		طول شرقی	عرض شمالی	
۱۰/۰	۳	۵۶ ۰۰ ۱۶۶	۲۶ ۴۴ ۱۹	۱
۵/۲	۳	۵۵ ۵۹ ۴۴۱	۲۶ ۴۳ ۵۱۱	۲
۳/۶	۳	۵۵ ۵۸ ۴۲۲	۲۶ ۴۲ ۲۹۲	۳
۴/۹	۳	۵۵ ۵۷ ۰۸۷	۲۶ ۴۱ ۳۳۸	۴
۳/۹	۱۸	۵۵ ۵۷ ۲۰۵	۲۶ ۴۱ ۰۶۹	۵
۳/۵	۱۹	۵۶ ۰۱ ۴۲۸	۲۶ ۴۲ ۲۱۱	۶
۳/۰	۲۰	۵۶ ۰۰ ۲۳۲	۲۶ ۴۲ ۵۴۸	۷
۶/۳	۱۷	۵۶ ۰۱ ۰۴۶	۲۶ ۴۳ ۲۴۷	۸

۴. نتیجه گیری

آلودگی به هیدروکربن های نفتی در منطقه مسن واقع در بخش شرقی ساحل جنوبی جزیره قشم در آبهای با عمق ۳ تا ۲۰ متر با استفاده از نمونه گیری از رسوبات سطحی بستر دریا و اندازه گیری غلظت کل هیدروکربن های نفتی TPH در این رسوبات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی ها نشان دادند که با توجه به میزان غلظت TPH که در محدوده ۳ تا ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم تغییر نمودند و معیار های تعیین شده برای میزان آلودگی نفتی در رسوبات، وضعیت آلودگی نفتی در رسوبات ساحلی منطقه مورد مطالعه کم ارزیابی می شود. نتایج بررسی های نشان داد که با وجود اینکه منطقه مورد مطالعه در مسیر حرکت شناورهای نفتکش و غیره قرار دارد حوادث و آلودگی های نفتی رخ داده در محیط های دریایی مجاور اثر مخرب بر روی محیط زیست دریایی ساحلی نداشته اند. نتایج مطالعات در طرح های مورد استفاده در بهره برداری های شیلاتی قابل استفاده می باشند.

۵. تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری انجام شده است که بدین وسیله از آن پژوهشکده و اساتید و کارشناسان گروه حمل و نقل دریایی قدردانی به عمل می آید.

منابع

- [1]. Clark, R.B. 2005. Marine Pollution, book, Fifth edition, Oxford University Press.
- [2]. Clark, R.C., J.S., Finley. 1973. Techniques for analysis of paraffin hydrocarbons and for interpretation of data to assess oil spill effects in aquatic organisms. In Proceedings of Joint Conference on Prevention and Control of Oil Spills, pp. 161-172. American Petroleum Institute, Washington, DC.
- [3]. Commendatore, M.G., J.L., Esteves. 2007. An Assessment of Oil Pollution in the Coastal Zone of Patagonia, Argentina. Environmental Management 40, 814-821.
- [4]. Readman, J.W., et al. 1996. Recovery of the coastal marine environment in the (Persian) Gulf following the 1991 war-related oil spills. Marine Pollution Bulletin 32, 493-498.
- [5]. Tolosa, I., et al. 2004. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. Marine Pollution Bulletin 48, 44-60.
- [6]. Volkman, J.K., et al. 1992. Identification of natural, anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments. The Science of Total Environment 112, 203-219.



تأثیر آلودگی نفتی بر متابولوم قندی ریشه دانه رست حرا (*Avicennia marina*)

مرادی، بابک^{۱*}، زارع میوان، حسن^۱، سیده‌شترودی، مهری^۲، صراحی نوبر، منا^۳، Jens. Rohloff^۴، Atle.Bones^۴

۱. گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

۳. قطب تبارزایی موجودات زنده ایران، دانشکده زیست‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

* moradi1360@gmail.com

چکیده

اکوسیستم‌های مانگرو ایران در نوار ساحلی خلیج فارس در کنار یکی از شلوغ‌ترین آبراهه‌های انتقال نفت قرار دارند و بنابراین در معرض آلودگی‌های نفتی هستند. به منظور ارزیابی اثرات آلودگی نفتی بر متابولیسم مانگروها، دانه رست‌های مانگرو حرا بر روی خاک آلوده به سطوح مختلف نفت رویانده شد (غلظت‌های ۰، ۲، ۵، ۷، ۵ درصد وزنی نفت در خاک). آنالیز متابولومی ریشه‌های دانه رست‌های حرا نشان داد که با افزایش غلظت نفت در خاک محتوای گلوکز و سلوبیوز افزایش و محتوای ریبوز، سوکروز و میواینوزیتول کاهش می‌یابد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که آلودگی نفتی سبب تغییرات گسترده در متابولیسم ریشه‌های حرا گردید.

کلیدواژه: آلودگی نفتی، حرا، قندها، گلوکز، سوکروز، ریشه

۱. مقدمه

امروزه آلودگی ناشی از ترکیبات نفتی گستره‌ای جهانی یافته است (Collins, 2007). در مناطق دریایی نیز به واسطه رشد روزافزون بهره‌برداری از میادین نفتی دور از ساحل و نیز مسیرهای حمل و نقل دریایی نفت خام انواع نشت‌های نفتی در اثر حوادث طبیعی و یا غرق شدن شناورها و تانکرهای نفت‌کش اتفاق می‌افتد که ورود این نوع آلاینده‌ها را به دریا در پی دارد.

رشد روزافزون صنعت نفت و صنایع جانبی در ایران، هیدروکربن‌های نفتی را در ردیف اولین آلاینده‌های محیطی در مناطق نفت‌خیز ایران، به ویژه در مناطق جنوبی کشور قرار داده است (Abedi-Koupai et al., 2007). بررسی اثر آلاینده‌های نفتی از جنس هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک (PAH) بر موجودات زنده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سواحل جنوبی کشور ما بیش از ۱۲۰۰۰ هکتار جنگل مانگرو وجود دارد که بخش عمده آن از نوع حرا (*Avicennia marina*) می‌باشد. زمان بازچرخش طولانی آب در جنگل‌های مانگرو، عمق نسبتاً کم، نرخ بالای تبخیر و شوری بالا، به انضمام محیط نیمه بسته آن شرایط آرمانی را برای ترسیب مواد ذره‌ای و سایر آلاینده‌ها بویژه آلاینده‌های نفتی را فراهم کرده است (Khan and AL, 1998). ازسویی، جنگل‌های مانگرو به دلیل شرایط بوم‌شناختی ویژه نظیر تولید اولیه چشم‌گیر، درصد بالای کربن آلی در رسوبات، مواد آلی فرسایشی فراوان و شرایط کم‌اکسیژنی و احیایی رسوبات بستر، محیط مناسبی برای دریافت، ذخیره و تجمع هیدروکربن‌های نفتی محسوب می‌شوند.

با توجه به رخداد آلودگی‌های نفتی در مناطق دریایی و ورود این نوع آلودگی‌ها به سواحل و اکوسیستم‌های ساحلی، بررسی اثر این ترکیبات بر فیزیولوژی و نمو گیاهان این بوم سازگان‌ها، مورد علاقه و توجه بوده است. توجه به اثرات این نوع آلودگی‌ها بر گیاهان حرا به عنوان اصلی‌ترین گونه مانگرو ایران و نیز پتانسیل فیزیولوژیک این گیاهان در پاسخ به آلودگی‌های نفتی ضرورتی است که می‌تواند چشم‌انداز مدیریت آلودگی‌ها و روش‌های ارتقای مقاومت گیاهان این بوم سامانه‌ها را بهبود بخشد. گیاهان از طریق سازوکارهای فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی با انواع تنش‌ها برخورد نموده و تلاش می‌کنند به یک تعادل ترمودینامیکی با تنش‌ها برسند. توان ژنتیکی گیاهان در این میان نقش تعیین‌کننده‌ای در سرنوشت آنان در برخورد با تنش‌های محیطی دارد. بر این اساس در این تحقیق پاسخ‌های بیوشیمیایی دانه‌رست‌های گیاه حرا به غلظت‌های مختلف نفت در خاک مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. کشت گیاه و بررسی اثر تیمار نفتی

این پژوهش در شرایط گلخانه واقع در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه تربیت مدرس در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. برای این منظور بذره‌های گیاه حرا با هماهنگی اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان از منطقه خور تاسبر در حومه شهر بندرعباس جمع‌آوری شده و جهت کاشت به گلدان‌های نیم لیتری منتقل شدند. خاک مورد نیاز از نهالستان باغو شهر بندر عباس تهیه شد. این نهالستان برای تولید نهال‌های انواع گونه‌های گیاهی از جمله حرا و چنل استفاده می‌شد. به منظور حذف سایر عوامل زیستی، خاک پیش از استفاده در دمای ۱۲۱ درجه سلیسیوس ۲ بار اتوکلاو شد. گیاهان تحت شرایط رژیم دمایی ۲۱ درجه و ۱۸ درجه به ترتیب در طول روز و شب قرار گرفتند. بذره‌های مورد مطالعه با سدیم هیپوکلریت ۰/۵ درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی سطحی شد و سپس توسط آب مقطر استریل سه بار شستشو داده شدند. برای استفاده از بذر پوسته خارجی آن جدا شد. هر تیمار شامل حداقل ۲۰ تکرار بود و در هر گلدان ۲ عدد بذر (پروپاگول) کاشته شد (شکل ۱-۲). کل آزمایش به صورت متوالی با سه بار تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد (Sodré et al. 2010) برای بررسی اثر تیمار نفتی بر گیاه، آلودگی خاک با نفت خام تهیه شده از پالایشگاه نفت تهران با درصدهای وزنی ۲،۵، ۵، ۷،۵ و ۱۰ صورت پذیرفت. نمونه شاهد فاقد نفت خام بود. به این منظور نفت خام با ۵۰۰ گرم خاک مخلوط و به مدت یک هفته قبل از کاشت گیاه جهت تبادل کاتیونی در محیط آزمایشگاه نگهداری گردید.

۲-۲. آماده‌سازی نمونه‌ها برای انجام متابولومیکس

دانه رست‌ها پس از ۲ ماه رشد در شرایط گلخانه‌ای از خاک برداشت و پس از شستشو با آب مقطر در نیتروژن مایع فریز شدند. برای انجام مطالعات متابولومیکی ۷۵ میلی گرم از بافت گیاهی خشک ریشه که حاصل از تهیه مخلوط پودر خشک از حداقل ۱۰ گیاه بود به تیوب‌های ۱،۵ میلی لیتری با انتهای مدور منتقل شدند (Alipanah et al., 2015). آنالیز گاز کروماتوگرافی-اسپکترومتری جرمی (GC-MS) با استفاده از سیستم GC مدل 6890N (Agilent, USA) مجهز به دتکتور جرمی 5973 (Agilent, USA) و نرم افزار MSD Chemstation دارای ستون کاپیلاری (5 fused capillary column) انجام پذیرفت.

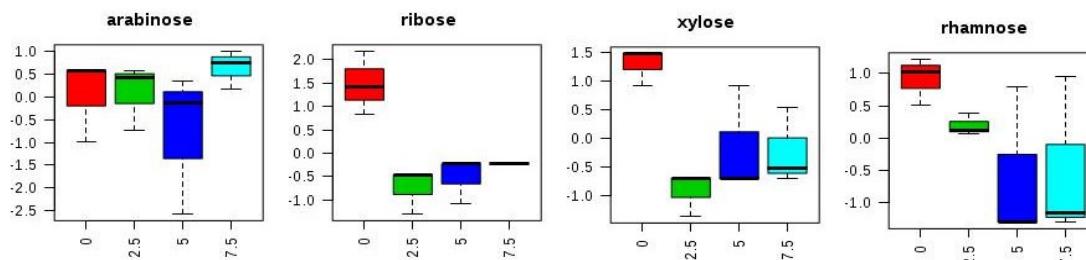
۲-۳. آنالیز آماری

برای آنالیزهای آماری این بخش از نرم افزارهای Biostatflow (<http://biostatflow.org>) و متابوآنالیست (<http://www.metaboanalyst.ca/faces/ModuleView.xhtml>) استفاده شد.

۳. نتایج

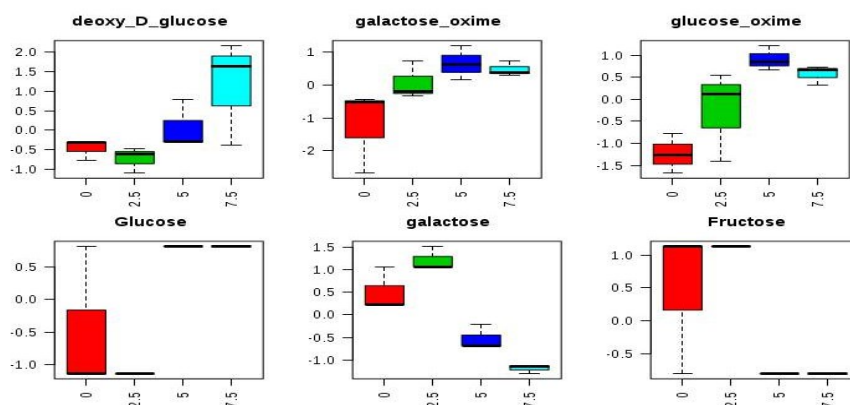
۳-۱ تغییر محتوای قندها

با افزایش غلظت نفت در خاک از صفر به ۷٫۵ درصد وزنی مقدار قندهای پنج کربنی ریبوز، زایلوز و رامنوز کاهش نشان داد؛ اما تغییرات غلظت آرابینوز معنی دار نبود و تنها در غلظت ۷٫۵ درصد نفت در خاک افزایش معنی داری نشان داد (شکل ۱).



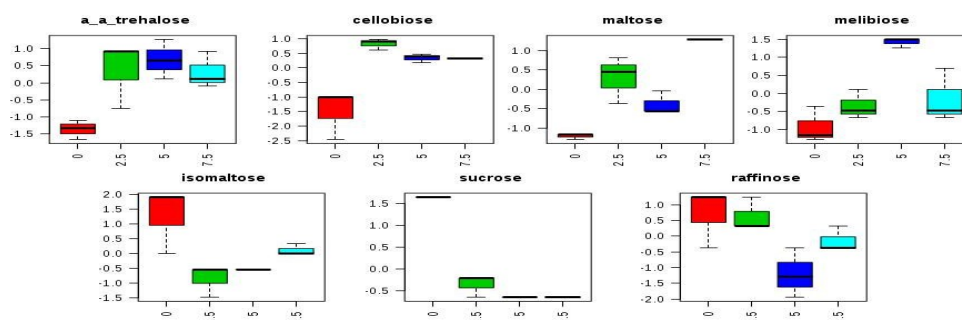
شکل ۱: محتوای پنتوزها در ریشه دانه‌رست ۲ ماهه حرا تحت اثر غلظت‌های مختلف نفت در خاک. توجه شود که داده‌های غلظت برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده که نرمال شده‌اند.

مقدار قندهای شش کربنه داکسی گلوکز، گالاکتوز اکسیم، گلوکز اکسیم و گلوکز در تیمارهای مختلف نفت افزایش نشان داد. غلظت گالاکتوز و فروکتوز به جز در غلظت ۲٫۵ درصد نفت در خاک کاهش نشان داد (شکل ۲).



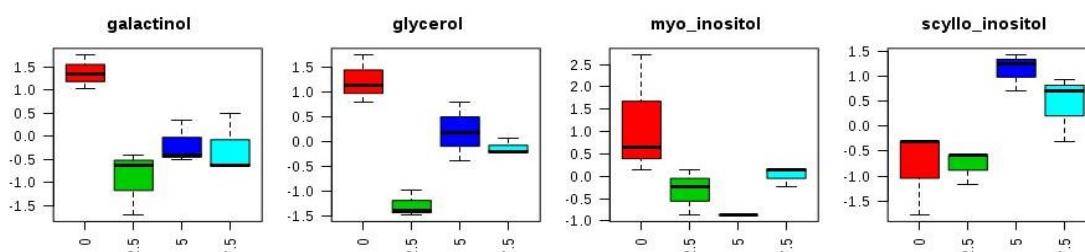
شکل ۲: محتوای قندهای شش کربنی در ریشه دانه‌رست‌های ۲ ماهه حرا که تحت اثر غلظت‌های صفر، ۲٫۵، ۵ و ۷٫۵ درصد وزنی نفت در خاک رویانده شده‌اند. توجه شود که داده‌های غلظت برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده که نرمال شده‌اند.

از بین دی ساکاریدها مقادیر ترهالوز، سلوبیوز، مالتوز و ملوبیوز تحت اثر نفت در خاک افزایش یافت اما ایزومالتوز و بخصوص سوکروز کاهش معنی داری تحت اثر حضور نفت در خاک نشان داد. علاوه بر اینها مقدار قند تری ساکارید رافینوز نیز تا غلظت ۷٫۵ درصد کاهش نشان داد (شکل ۳).



شکل ۳: محتوای دی ساکاریدها و یک تری ساکارید در ریشه دانه‌رست‌های ۲ ماهه حرا که تحت اثر غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد وزنی نفت در خاک رویانده شده‌اند. توجه شود که داده‌های غلظت برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده که نرمال شده‌اند.

مقدار الکل‌های گالاکتینول، گلیسرول و میوانوزیتول ریشه تحت اثر نفت در خاک کاهش نشان دادند اما محتوای سیلوانوزیتول در ریشه افزایش یافت (شکل ۲۶-۳). محتوای گالاکتو گلیسرول نیز در حد غیرمعنی داری افزایش نشان داد.



شکل ۳: محتوای برخی از الکل‌ها در ریشه دانه‌رست‌های ۲ ماهه حرا که تحت اثر غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد وزنی نفت در خاک رویانده شده‌اند. توجه شود که داده‌های غلظت برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک بوده که نرمال شده‌اند.

۴. بحث

از بین قندهای پنج و شش کربنه تنها غلظت گلوکز، فرم‌های ایمینی (گلوکز اکسیم)، داکسی گلوکز و گالاکتوز اکسیم افزایش نشان داد. افزایش محتوای گلوکز همزمان با کاهش غلظت سوکروز (به عنوان اصلی‌ترین قند انتقالی برگ) و فروکتوز (حاصل شکسته شدن سوکروز) و افزایش محتوای سلوبیوز و مالتوز رخ داده است. این تغییرات می‌تواند شواهدی از مسیر شکستن نشاسته بذر و استفاده آن در بخش‌های زیرزمینی گیاه باشد. توجه به متابولوم ریشه در گیاه دو ماهه در مجموع کاهش قند الکل‌ها، پنتوزها، برخی از هگزوزها و دی ساکاریدها را نشان داد. برخی از منابع مالتوز را به عنوان اسموپروتکتانت معرفی کرده‌اند (Kempa et al., 2008) که در تنش‌هایی مانند تنش شوری و خشکی افزایش می‌یابد این موضوع در ارتباط با افزایش غلظت سایر دی‌ساکاریدها به ویژه ترهالوز در تنش نفتی نیز می‌تواند مصداق داشته باشد. کاهش غلظت سوکروز در ریشه احتمالا به دلیل اثر گذاری آلودگی نفتی بر زیتوده برگ بوده است که در نتیجه آن فتوسنتز تحت تاثیر قرار گرفته و در نتیجه قند انتقالی یعنی سوکروز در ریشه کاش یافته است.

قند الکل‌های اینوزیتولی (میوانوزیتول و سیلوانوزیتول) تغییرات متفاوتی نشان دادند. کاهش محتوای میوانوزیتول و افزایش سیلوانوزیتول در دانه‌رست دوماهه حرا مشاهده گردید. اینوزیتول‌ها علاوه بر نقشی که می‌توانند در ساختمان غشایی سلول به عهده بگیرند به عنوان اسمولیت‌های سازگار در مواجهه با تنش‌ها شناخته شده هستند (et al., 2007 Schneider). میوانوزیتول پیش‌ساز بیوسنتزی برخی از قندها مانند زایلوز، آپیوز، آرابینوز و ... نیز هستند که البته کاهش محتوای برخی از آنها از جمله زایلوز مشاهده گردید. میوانوزیتول همچنین برای تشکیل گالاکتینول - شکلی از گالاکتوز فعال شده‌ی متصل به میوانوزیتول که برای زیست‌آمایی رافینوز و مشتقات آن به کار می‌رود- نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد که کاهش محتوای رافینوز نیز ممکن است در ارتباط با همین کاهش میوانوزیتول باشد. بنابراین کاهش غلظت آن در ریشه احتمالا بر کاهش سایر مواد از جمله رافینوز و گالاکتینول موثر بوده است.

۵. نتیجه گیری

وجود نفت در خاک سبب تغییرات متابولومی گسترده‌ای در ریشه دانه رست حرا گردید. بخشی از این تغییرات می‌تواند به دلیل اثر سمی نفت در ممانعت از رشد و توسعه برگها باشد که در نتیجه آن فراورده‌های فتوسنتزی من جمله سوکروز به شدت افت نموده است و به تبع آن محتوای بسیاری از قندهای ریشه تحت تاثیر قرار گرفت. شواهد پیشنهاد می‌کند دانه رست حرا به

منظور جبران این کمبود و فائق آمدن بر تنش ناشی از حضور نفت در خاک، منابع کربنی موجود در ذخیره بذری را به ریشه گیاه تخصیص داده است. همچنین افزایش غلظت برخی از دی ساکاریدها مانند ترهالوز و مالتوز می‌تواند به عنوان اسموپروتکتانت به گیاه در مقابله با تنش نفتی کمک نماید

منابع

- [1] Abedi-Koupai, J., Ezzatian, R., Vossoughi-Shavari, M., Yaghmaei, S. and Borghei, M., 2007. The effects of microbial population on phytoremediation of petroleum contaminated soils using tall fescue. *International Journal of Agric. Biol.* 9: 242-246.
- [2] Alipanah, L., Rohloff, J., Winge, P., Bones, A.M., and Brembu, T. **2015** Whole cell response to nitrogen depletion in the diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *J. Exp. Bot.* 66:6281-6296.
- [3] Collins, C. D., 2007. Implementing phytoremediation of petroleum hydrocarbons. In *Phytoremediation* (pp. 99-108). Humana Press.
- [4] Kempa S., Krasensky J., Dal Santo S., Kopka, J., Jonak C., A central role of abscisic acid in stress-regulated carbohydrate metabolism. *PLoS One*, 2008, vol.3 pg.e3935
- [5] Khan, N., D., Al-Ajmi., 1998. Post-war imperatives for the sustainable management of the (Persian) gulf ecosystem. *Environment International* 24(1-2), 239-248.
- [6] Naidoo N., G., Naidoo, Y., Achar, P., 2010, Responses of the mangroves *Avicennia marina* and *Bruguiera gymnorhiza* to oil contamination, *Flora*, 205, 357–362
- [7] Schneider, S., Schneidereit, A., Udvardi, P., Hammes, U., Gramann, M., Dietrich, P., and Sauer, N. (2007). *Arabidopsis thaliana* INOSITOL TRANSPORTER2 mediates high affinity H⁺-symport of different inositols across the plasma membrane. *Plant Physiol.* 145 1395–1407.

اڤانوس شناسی زیستی



فیلوژنی مولکولی گونه *Scylla serrata* خلیج فارس (بوشهر) با استفاده از روش DNA بارکدینگ

چناری فریده^{۱*}، نبوی محمدباقر^۲، سالاری محمدعلی^۳، سواری احمد^۴، ذوالقرنین حسین^۵، حویزای شفا^۶

۱. دکترای زیست‌شناسی دریا، دانشگاه علوم دریایی خرمشهر، chenari_bio@yahoo.com

۲. دکترای زیست‌شناسی دریا، دانشگاه علوم دریایی خرمشهر، nabavishiba@yahoo.com

۳. دکترای زیست‌شناسی دریا، دانشگاه علوم دریایی خرمشهر، salari@kmsu.ac.ir

۴. دکترای زیست‌شناسی دریا، دانشگاه علوم دریایی خرمشهر، savari53@yahoo.com

۵. دکترای زیست‌شناسی دریا، دانشگاه علوم دریایی خرمشهر، zolgharnein@kmsu.ac.ir

۶. دکترای زیست‌شناسی دریا، دانشگاه علوم دریایی خرمشهر، shafa2004@gmail.com

* chenari_bio@yahoo.com

چکیده

طی سالهای اخیر، بارکدگذاری DNA به عنوان روشی برای شناسایی تاکسونها به شکل چشمگیری در میان تاکسونومیستها، اکولوژیستها و زیست‌شناسان تنوع زیستی، مورد توجه قرار گرفته است. این روش ابزار قدرتمندی برای شناسایی گونه‌های جانوری است و می‌تواند به عنوان مکمل تاکسونومی سنتی مورد استفاده قرار گیرد. گونه *Scylla serrata* فقط در منطقه هند-غرب آرام یافت می‌شود و دارای فنوتیپ‌های رنگی مختلفی (سفید، سبز، قرمز، سیاه) است که در نتیجه تاکسونومی آن را در میان محققان به شدت مورد انتقاد قرار داده است. به این منظور جهت مطالعات مولکولی DNA نمونه با استفاده از روش فنل-کلروفرم استخراج و قطعه ژنی زیر واحد یک سیتوکروم اکسیداز میتوکندری (COI) تکثیر و توالی‌یابی شد. در این پژوهش مقایسه توالی نوکلئوتیدی *Scylla serrata* از ساحل بوشهر با سایر توالی‌های ثبت شده از همین گونه در پایگاه داده‌ای NCBI و BOLD System انجام شد. نتیجه محاسبات فیلوژنی و روابط تکاملی (Maximum Likelihood) و (Maximum Parsimony) برای ۲۸ توالی ژن COI الگوی توپولوژی یکسانی را برای درختان تکاملی نشان داد. نمونه خلیج فارس با توالی‌های گونه *Scylla serrata* از کشور هند و سریلانکا تطابق زیادی نشان دادند. با اینحال نمونه‌هایی از این گونه از آفریقای جنوبی و تانزانیا در یک کلاد مجزا قرار گرفتند. این نتیجه به وضوح نشان دهنده منشأ حضور این گونه در خلیج فارس، از جمعیت سواحل شرقی اقیانوس هند و سواحل غربی شبه قاره هند می‌باشد.

کلیدواژه: *Scylla serrata*، فیلوژنی مولکولی، DNA بارکدینگ، خلیج فارس

۱. مقدمه

گرایش بیشتر پژوهشگران به مباحث تنوع زیستی و تکامل موجب شده است که شناسایی گونه‌ها اهمیت بیشتری پیدا کند. بررسی‌های اولیه در شناسایی گونه‌ها معمولاً با توجه به ویژگی‌های ریخت‌شناختی صورت می‌گیرد و سپس ارتباطات فیلوژنتیکی با استفاده از داده‌های مولکولی، تخمین زده می‌شود (۲۰۱۹). طی سالهای اخیر، بارکدگذاری DNA به عنوان روشی برای شناسایی تاکسونها به شکل چشمگیری در میان تاکسونومیستها، اکولوژیستها و زیست‌شناسان تنوع زیستی، مورد توجه قرار گرفته است. این روش ابزار قدرتمندی برای شناسایی گونه‌های

جانوری است و می‌تواند به عنوان مکمل تاکسونومی سنتی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین بررسی‌های فیلوژنتیکی و شناسایی مولکولی گونه‌های هر منطقه می‌تواند پایه مطالعات بعدی را بنیانگذاری کند (۳).

گونه *Scylla serrate* فقط در منطقه هند-غرب آرام یافت می‌شود و دارای فنوتیپ‌های رنگی مختلفی (سفید، سبز، قرمز، سیاه) است که در نتیجه تاکسونومی آن را در میان محققان به شدت مورد انتقاد قرار داده است (۴). در مطالعه‌ای که بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیک توسط Stephenson و Campbell (۵) در ارتباط با گونه *Scylla serrate* انجام شد، بیان کردند تمامی مورفوتایپ‌ها متعلق به یک گونه بوده و اختلافات اندک در آن‌ها در اثر تغییرات محیطی بوده است؛ با این حال، مطالعات تکمیلی Fuseya و Watanabe (۶) بر اساس آنالیزهای ژنتیکی در مورد این گونه این مطلب را رد کرد و بیان داشت این مورفوتایپ‌ها متعلق به یک گونه نیستند و ۳ گونه مجزا می‌باشند. شناسایی گونه‌های جنس *Scylla* به دلیل اختلافات بسیار ظریفی که در بررسی‌های مورفولوژی آن‌ها وجود دارد مشکل است (۷). در حال حاضر روشی استاندارد مبتنی بر توالی ژن COI میتوکندری که در حدود ۶۵۰bp می‌باشد، به عنوان ابزاری سودمند برای شناسایی موجودات و تعیین مرز گونه‌ها به کار می‌رود (۸). در این پژوهش مقایسه توالی نوکلئوتیدی *Scylla serrate* از ساحل بوشهر با سایر توالی‌های ثبت شده از همین گونه در پایگاه داده‌ای NCBI و BOLD System انجام شد.

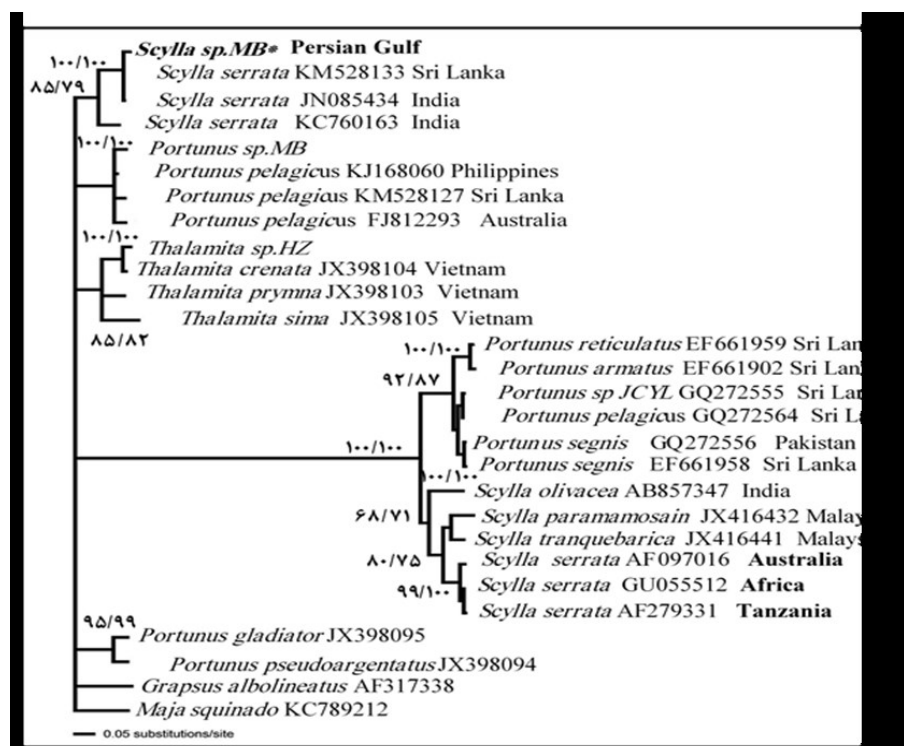
۲. روش تحقیق

نمونه‌برداری از سواحل صخره‌ای بوشهر انجام گرفت. سپس جهت استخراج DNA نمونه در اتانول مطلق فیکس شد. برای شناسایی مولکولی، استخراج DNA از ۶۰۰ میکرولیتر بافر لیزکننده CTAB ۲٪ استفاده شد و سپس استخراج به روش فنل-کلروفرم ادامه یافت. سپس با استفاده از آغازگر جهانی (۹) واکنش زنجیره‌ای پلیمرز جهت تکثیر قطعه ژنی سیتوکروم اکسیداز I (COI) انجام شد. محصولات PCR مناسب، جهت تعیین توالی به شرکت Bioneer کروی جنوبی ارسال گردیدند. درخت فیلوژنی تجزیه و تحلیل ماتریس داده‌ها بر اساس روش‌های ماکزیمم پارسیمونی (Maximum Parsimony) و ماکزیمم احتمال (Maximum Likelihood) با استفاده از نرم افزار Mega6 (۱۰) انجام گردید. درخت فیلوژنی با استفاده از توالی‌های به دست آمده و چندین توالی از گونه‌های دیگر خانواده Portunidea بر پایه دو برون گروه *Grapsus albolineatus* و *Maja squinado* ترسیم شد. در این بررسی ۹ توالی ثبت شده برای این گونه در پایگاه داده‌ها، توالی مطالعه حاضر و ۱۷ توالی از سایر گونه‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتیجه محاسبات فیلوژنی و روابط تکاملی ML (Maximum Likelihood) و MP (Maximum Parsimony) برای ۲۸ توالی ژن COI الگوی توپولوژی یکسانی را برای درختان تکاملی نشان داد. نمونه خلیج فارس از نظر مورفولوژیک متعلق به گونه *Scylla serrate* تشخیص داده شدند و همانطور که انتظار می‌رفت با توالی‌های گونه *Scylla serrata* از کشور هند و سریلانکا تطابق زیادی نشان دادند. همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، نمونه (*Scylla sp.MB*) مورد بررسی از خلیج فارس با توالی گونه *Scylla serrate* از آب‌های شرق اقیانوس هند-آرام، در یک کلاذ مجزا از نمونه‌های متعلق به آفریقای جنوبی و تانزانیا قرار گرفتند. این نتیجه به وضوح نشان دهنده منشاء حضور این گونه در خلیج فارس، از جمعیت سواحل شرقی اقیانوس هند و سواحل غربی شبه قاره هند می‌باشد. Kimura (۱۱) بیان کردند چندین یخبندان در دوره‌های متعدد باعث جدایی موجودات دریایی در مناطق گرمسیری اقیانوس هند و آرام شده است و مکانیسم فعالی را برای جدایی جمعیت‌ها و گونه‌زایی اولیه فراهم کرد. مطالعه حاضر نشان داد تغییرات ژنتیکی در میان جمعیت‌های گونه *Scylla serrata* که از مناطق مختلف هستند بالاست. نتایج مشابهی نیز توسط Radulovici و همکاران (۱۲) بر روی گونه *Scylla serrata* نشان داد تغییرات ژنتیکی بالا در میان آن‌ها مشاهده می‌شود که می‌تواند در نتیجه هتروژنی محیط و ویژگی‌های تاریخ زندگی آن‌ها باشد. مطالعات ژنتیکی در تکمیل بررسی‌های مورفولوژیک و مورفومتريک گونه *Scylla serrate* از آب‌های هند-آرام نشان داد این گونه‌ها، احتمالاً کمپلکسی از ۴ گونه شبیه به هم می‌باشند، این مطالعات

بیان کرد تاریخ تکامل گونه‌زایی در منطقه هند-آرام بسیار پیچیده‌تر از آنچه است که قبلاً تصور می‌شد و دیگر گونه‌ها نیز با گستردگی جغرافیایی زیاد ممکن است، الگوهای مشابه داشته باشند (۱۳).



شکل ۱) درخت Maximum parsimony و Maximum likelihood خانواده Portunidae. درصد های بوت استرپ از ۱۰۰۰ درخت روی گره‌ها نشان داده شده است (ML/MP).

۴. نتیجه گیری

مطالعات ژنتیکی و مقایسات توالی‌های ژن COI برای گونه *Scylla serrata* از مناطق مختلف نشان داد با توجه به قرارگیری آنها در دو شاخه مجزا احتمال دارد این گونه‌ها ترکیبی از چند گونه ناشناخته باشند که نیازمند مطالعات وسیع تر با سایر نشانگرهای ژنتیکی می‌باشد.

منابع

- [1]- Franklin, J.B., Fernando, S.A., Chalke, B.A., Krishnan, K.S. (2007), Radular morphology of *Conus* (Gastropoda:Caenogastropoda: Conidae) from India. *Molluscan Research*, Vol. 27, NO. 3, 111–122.
- [2]- Puillandre, N., Duda, T.F., Meyer, C., Olivera, B.M., Bouchet, P. (2015), One, four or 100 genera? A new classification of the cone snails. *Molluscan Study*, Vol. 81, No.1, 1-23.
- [3]- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L., De Waard, J.R. (2003), Identification of birds through DNA barcodes. *PloS Biology*, Vol.10, No. 2, 1657–1663.
- [4]- Overton, J.L., Macintosh, D.J. Thorpe, R.S. (1997), Multivariate analysis of the mud crab *Scylla serrata* (Brachyura: Portunidae) from four locations in Southeast Asia. *Marine Biology*, Vol. 128, No. 2, 55-62.
- [5]- Stephenson, W., Campbell, B.(1960), The Australian portunids (Crustacea: Portunidae) IV. Remaining genera, *Australian Journal of Marine & Freshwater Research*, Vol. 11. No. 7, 73–122.

- [6]- Fuseya, R. and Watanabe, S. (1996). Genetic variability in the mudcrab genus *Scylla* (Brachyura: Portunidae). *Fisheries Science*, Vol. 62, No. 3, 705-709.
- [7]- Viswanathan, C., Elumalai, V., Pravinkumar, M., Raffi, S.M. (2012), DNA Barcoding and First report on the confirmation of mud crab *Scylla olivacea* (Brachyura: Portunidae) availability in East coast of India. *Environmental and Applied Bioresearch*, Vol. 1, No. 6, 1-4.
- [8]- Costa, FO., Carvalho, GR. (2007), The Barcode of Life Initiative: synopsis and prospective societal impacts of DNA barcoding of Fish. *Genomics, Society and Policy*, Vol. 3, No. 2, 52-56.
- [9]- Costa, FO., Carvalho, GR. (2007), The Barcode of Life Initiative: synopsis and prospective societal impacts of DNA barcoding of Fish. *Genomics, Society and Policy*, Vol. 3, No. 2, 52-56.
- [10]- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R. (1994), DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, Vol. 3, No. 4, 294-299.
- [11]- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., Kumar, S. (2013), MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.
- [12]- Kimura, M. (2000), Paleogeography of the Ryukyu Islands. *Tropics*, Vol. 10, No. 3, 5-24.
- [13]- Radulovici, A.E., Sainte-Marie, B., Dufresne, F. (2009), DNA barcoding of marine crustaceans from the Estuary and Gulf of St Lawrence: A regional-scale approach. *Molecular Ecology Resources*, Vol. 9, No. 2, 181-187.



ارتباط خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب با مجموعه‌های فیتوپلانکتونی در سواحل مکران (پسابندر-بریس)

کر، کمال‌الدین*، قاضی‌لو، امیر، ارشادی‌فر، حمید، کوچک‌نژاد، عماد، نگارستان، حسین

مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، چابهار، ایران

* kamal.kor@gmail.com

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی ارتباط خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب با مجموعه‌های فیتوپلانکتونی در سواحل مکران (پسابندر-بریس) است. نمونه‌برداری از آب‌های ساحلی دریای عمان از ۶ ایستگاه در ۲ ترانسکت عمود بر ساحل در پسابندر و بریس صورت گرفت. برای هر ایستگاه سه عمق ۵، ۵۰ و ۱۰ متر در نظر گرفته شد. نمونه‌های آب بوسیله نمونه‌بردار نیسکین جمع‌آوری و پارامترهای فیزیکوشیمیایی (pH، دما، شوری، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی) در محل ثبت شدند. همچنین نمونه‌برداری بیولوژیکی جهت شمارش فیتوپلانکتون‌ها با سه تکرار انجام شد و توسط محلول لوگول در محل نمونه‌برداری تثبیت شد. به‌طور کلی تعداد ۲۸ جنس فیتوپلانکتونی متعلق به ۶ شاخه (Ciliophora، Dinoflagellata، Bacillariophyceae، Ochrophyta، Myzozoa، Cyanobacteria) مشاهده شد. در این میان اغلب جنس‌های مشاهده شده در شاخه Bacillariophyceae قرار داشتند. بیشینه میانگین تعداد گونه‌ها در اردیبهشت‌ماه ۹۶ در ایستگاه ۱ و عمق ۱۰ متری و کمینه آن مربوط به ایستگاه ۵ عمق ۵ متر در ماه فروردین بود. میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها از ۱۰۰۰ سلول در لیتر (با انحراف معیار ۴۳) در عمق ۱۰ متری ایستگاه ۴ در فروردین ماه ۹۶ تا ۶۸۶۶۷ (با انحراف معیار ۳۷۰) در عمق ۵ متری ایستگاه سوم در اردیبهشت ۹۶ در تغییر بود. اثر زمان و مکان در مورد میانگین فراوانی کل فیتوپلانکتون‌ها معنی‌دار بود. ارزیابی ارتباط بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب و ترکیب/ساختار مجموعه‌های فیتوپلانکتونی با لحاظ نمودن هر ۵ فاکتور pH، DO، دما، شوری و هدایت الکتریکی انجام شد. بر اساس مدل‌های خطی بدست آمده ۳ فاکتور pH، DO و دما به عنوان پارامترهای اصلی موثر در ترکیب جنس‌های فیتوپلانکتونی مناطق مورد آزمون مطرح بودند و مجموعه‌های زمستانی از بیشترین میزان تاثیرپذیری برخوردار بودند. از طرف دیگر تنها دو عامل دما و DO به عنوان عوامل اصلی موثر در ساختار مجموعه‌های فیتوپلانکتونی مورد شناسایی قرار گرفتند. در این مورد نیز بیشترین تاثیرپذیری مربوط به مجموعه‌های زمستانی فیتوپلانکتون‌ها بود.

کلید واژه: مجموعه‌های فیتوپلانکتونی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، پسابندر، بریس، سواحل مکران

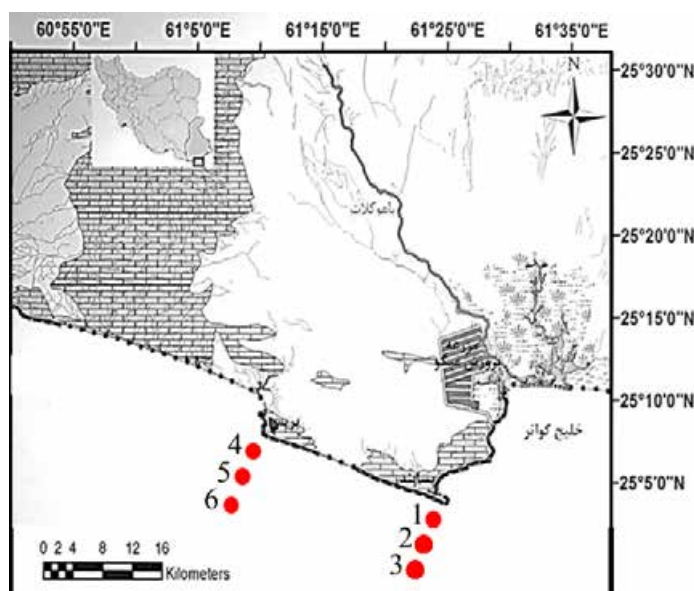
۱. مقدمه

فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان یکی از تولیدکننده‌های اولیه، در انتقال انرژی به موجودات سطوح بالایی زنجیره‌های غذایی اکوسیستم‌های آبی نقش دارند [۱ و ۲]. بررسی ساختار مجموعه‌های فیتوپلانکتونی عموماً جهت ارزیابی پویایی شبکه غذایی در بومسازگان دریایی و تعیین درجه آلودگی آب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد چرا که این موجودات چرخه زندگی کوتاهی داشته و به شدت تحت تاثیر تغییرات زیست محیطی قرار دارند [۳]. مطالعات محدودی در زمینه بررسی مجموعه‌های فیتوپلانکتونی در آب‌های مکران انجام شده است [۴] و تاکنون مطالعه‌ای روی فیتوپلانکتون‌های

پسابندر و بریس صورت نگرفته است. هدف از انجام این مطالعه شناسایی و تعیین فراوانی و پراکنش فیتوپلانکتون‌ها و ارتباط آن با پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در آب‌های ساحلی پسابندر و بریس در منطقه مکران طی دو فصل زمستان ۹۵ و بهار ۹۶ می‌باشد.

۲. روش تحقیق

نمونه‌برداری از آب‌های ساحلی دریای عمان از ۶ ایستگاه در ۲ ترانسکت عمود بر ساحل در پسابندر و بریس صورت گرفت (شکل ۱).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌ها در منطقه

برای هر ایستگاه سه عمق ۰/۵، ۵ و ۱۰ متر در نظر گرفته شد. نمونه‌های آب بوسیله نمونه‌بردار نیسکین جمع‌آوری و پارامترهای فیزیکوشیمیایی (pH، دما، شوری، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی) در محل ثبت شدند. همچنین نمونه‌برداری بیولوژیکی جهت شمارش فیتوپلانکتون‌ها با سه تکرار انجام شد و توسط محلول لوگول (۳ سی سی به ازای هر لیتر) در محل نمونه‌برداری تثبیت شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از یخدان به آزمایشگاه مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار منتقل شده و در مدت کوتاهی شمارش فیتوپلانکتون‌ها توسط میکروسکوپ نوری با روش ته‌نشینی انجام شد. شناسایی پلانکتون‌ها در حد جنس صورت گرفت. تحلیل‌های تک متغیره با استفاده از آزمون GLM صورت گرفت و برای تحلیل‌های چند متغیره از آزمون PERMANOVA و SIMPER استفاده شد. برای ارزیابی ارتباط بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب و ترکیب فیتوپلانکتون‌ها و یا ساختار مجموعه‌های آن‌ها نیز از آزمون DISTLM و نمودار RDA استفاده گردید. از دو نرم‌افزار Minitab 17 و Primer-e v6 برای تحلیل‌های آماری استفاده شد.

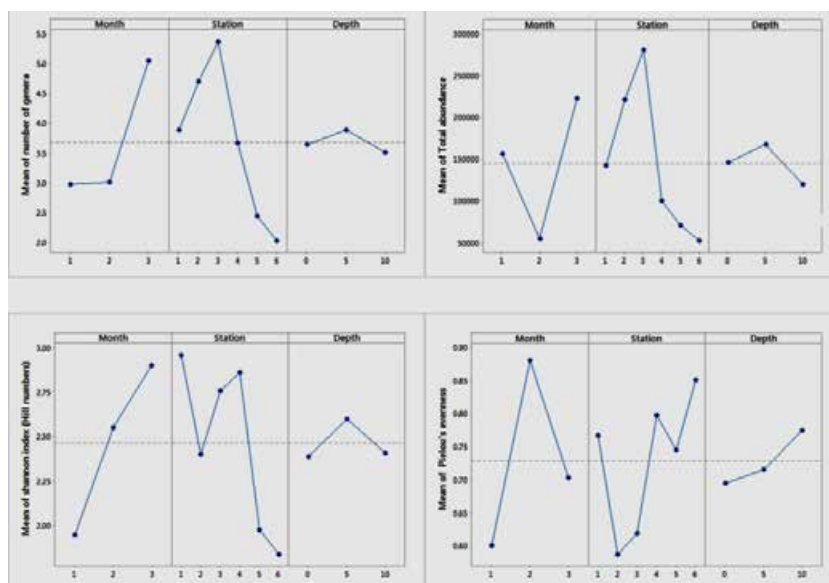
۳. نتایج

به‌طور کلی تعداد ۲۸ جنس فیتوپلانکتونی متعلق به ۶ شاخه (Ochrophyta, Bacillariophyceae, Dinoflagellata, Ciliophora, Cyanobacteria, Myxozoa) مشاهده شد. در این میان اغلب جنس‌های مشاهده شده در شاخه Bacillariophyceae قرار داشتند. بیشینه میانگین تعداد گونه‌ها در اردیبهشت‌ماه ۹۶ در ایستگاه ۱ و عمق ۱۰ متری و کمینه آن مربوط به ایستگاه ۵ عمق ۵ متر در ماه فروردین بود. نتایج آزمون GLM حاکی از تاثیر معنی‌دار ($p < 0.05$) مکان و زمان بر میانگین تعداد جنس‌های فیتوپلانکتونی بود. بدین ترتیب که بیشترین میانگین تعداد جنس‌ها در ماه میانه بهار ثبت شد و از منظر مکانی نیز دو الگوی متفاوت (روند افزایشی ساحل به دریا در منطقه پسابندر و الگوی کاهش ساحل به دریا در منطقه بریس) ثبت گردید (شکل ۲).

میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها از ۱۰۰۰ سلول در لیتر (با انحراف معیار ۴۳) در عمق ۱۰ متری ایستگاه ۴ در فروردین ماه ۹۶، تا ۶۸۶۶۶۷ (با انحراف معیار ۳۷۰) در عمق ۵ متری ایستگاه سوم در اردیبهشت ۹۶ در تغییر بود. اثر زمان و مکان در مورد میانگین فراوانی کل فیتوپلانکتون‌ها

نیز معنی‌دار بود. ولی تفاوت معنی‌داری بین عمق‌های مختلف آب در محل نمونه برداری مشاهده نشد. بیشترین میانگین فراوانی در اردیبهشت‌ماه روئیت شد. الگوی تغییرات منطقه‌ای میانگین فراوانی نیز شبیه به الگوی تغییرات میانگین تعداد جنس‌ها بود (شکل ۲).

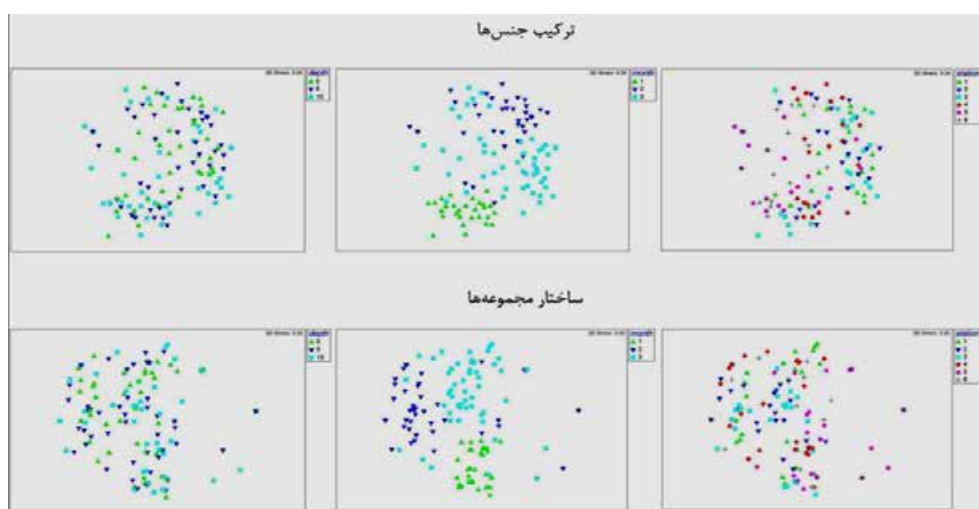
مقادیر محاسبه شده شاخص شانون در تمامی موارد کمتر از $1/75$ بود ولی میزان ترازوی زیستی در برخی از نمونه‌ها به عدد ۱ می‌رسید. نتایج تحلیل‌های آماری حاکی از تاثیر معنی‌دار زمان و مکان بر میانگین مقادیر شاخص شانون و ترازوی زیستی بود. ولی الگوهای مکانی و زمانی مشاهده شده این تغییرات نسبتاً پیچیده بودند (شکل ۲).



شکل ۲: نمودارهای اثر زمان-مکان-عمق بر میانگین غنای جنس‌ها، فراوانی کل، شاخص شانون و ترازوی زیستی مجموعه‌های فیتوپلانکتونی

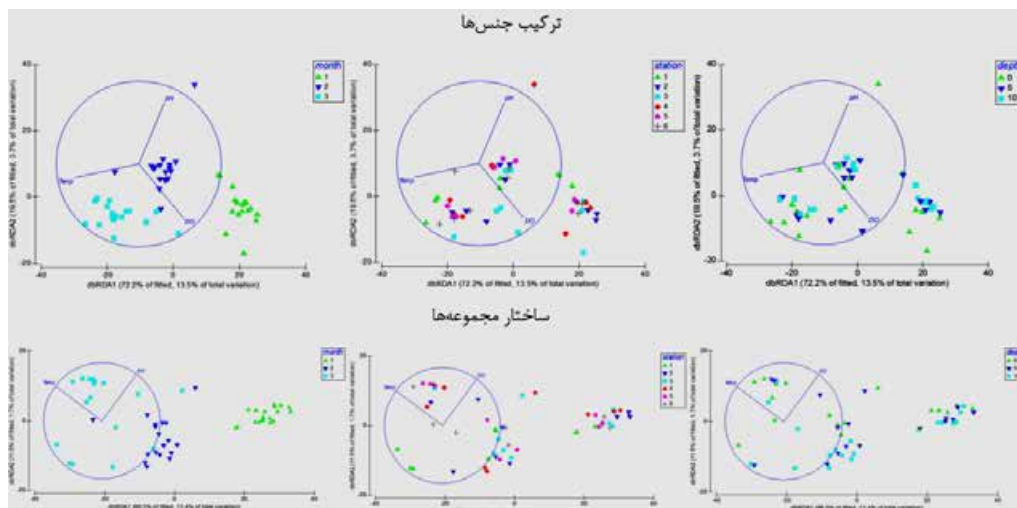
در میان جنس‌های فیتوپلانکتونی مشاهده شده در طول مطالعه، جنس *Pseudo-nitzschia* بیشترین دفعات حضور را به خود اختصاص داد، در صورتی که جنس‌های *Thalassiosira*، *Cochlodinium*، *Asterionellopsis* و *Thalassionema* صرفاً در اردیبهشت‌ماه و جنس *Diploneis* فقط در فروردین‌ماه روئیت گردید. نتایج حاصل از مقیاس‌بندی غیرپارامتریک چندبعدی (nMDS) حاکی از جدایی زمانی نسبی ترکیب مجموعه‌های فیتوپلانکتون‌ها بود (شکل ۳). نتایج آزمون SIMPER حاکی از این امر بود که جنس *Pseudo-nitzschia* مسئول اصلی تفاوت‌های ماهیانه مشاهده شده در مورد ترکیب جنس‌ها می‌باشد.

همچنین نتایج SIMPER نشان داد که تفاوت‌های ترکیب جنس‌ها در شیب ساحل به دریای منطقه پسابندر تحت تاثیر جنس *Chaetoceros* بود که احتمال حضور این جنس در آب‌های دور از ساحل تقویت می‌شود. در منطقه بريس نیز جنس *Pseudo-nitzschia* مسئول تفاوت‌های منطقه‌ای بوده است که احتمال حضور این جنس در آب‌های ساحلی بیشتر بود. الگویی مشابه با ترکیب جنس‌های فیتوپلانکتونی در مورد ساختار مجموعه‌ها نیز صادق بود.



شکل ۳: نمودارهای nMDS مربوط به تغییرات زمانی-عمقی-مکانی ترکیب جنس‌ها و ساختار مجموعه‌های فیتوپلانکتونی

ارزیابی ارتباط بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب و ترکیب/ساختار مجموعه‌های فیتوپلانکتونی با لحاظ نمودن هر ۵ فاکتور pH، DO، دما، شوری و هدایت الکتریکی انجام شد. بر اساس مدل‌های خطی بدست آمده ۳ فاکتور pH، DO و دما به‌عنوان پارامترهای اصلی موثر در ترکیب جنس‌های فیتوپلانکتونی مناطق مورد آزمون مطرح بودند و مجموعه‌های زمستانی از بیشترین میزان تاثیرپذیری برخوردار بودند (شکل ۴).



شکل ۴: اثر خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب بر تغییرات زمانی- عمقی- مکانی ترکیب جنس‌ها و ساختار مجموعه‌های فیتوپلانکتونی

از طرف دیگر تنها دو عامل دما و DO به عنوان عوامل اصلی موثر در ساختار مجموعه‌های فیتوپلانکتونی مورد شناسایی قرار گرفتند. در این مورد نیز بیشترین تاثیرپذیری مربوط به مجموعه‌های زمستانی فیتوپلانکتون‌ها بود (شکل ۴). در هر دو مورد مربوط به ترکیب جنس‌ها و ساختار مجموعه‌ها، سهم پارامترهای فیزیکوشیمیایی مطرح در تغییرات زمانی- مکانی و عمقی کمتر از ۲۰٪ بود.

۴. نتیجه‌گیری

آب‌های ساحلی دریای عمان از مجموعه‌های متنوعی از فیتوپلانکتون‌ها برخوردار می‌باشد و ساختار این مجموعه‌ها از منظر زمانی و مکانی قابل بررسی می‌باشد. بر اساس نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب توجیه‌کننده بخش ناچیزی از تغییرات زمانی- مکانی مجموعه‌های فیتوپلانکتونی منطقه باشد و احتمالاً مسائل دیگری از قبیل ارتباط زیستی بین گونه‌ها در این امر بیشتر دخیل باشد.

منابع

[۱] امیدوار، ف.، صداقت، ر.، پولادی، م.، شرفی، ر.، (۱۳۹۳) پراکنش و فراوانی فیتوپلانکتون در مصب رودخانه حله (خلیج فارس- ایران)، مجله بوم‌شناسی کاربردی، شماره ۹، صفحه ۲۷-۱۵.

[۲] عابدی، ا.، جلیلی، م.، (۱۳۹۵) بررسی ترکیب جوامع فیتوپلانکتون خور بردستان، خلیج فارس، مجله اقیانوس‌شناسی شماره ۲۷، صفحه ۱۸-۱۱.

[3]- Tiwari, A., Chauhan, S. V. S. (2006), Seasonal phytoplanktonic diversity of Kitham Lake, Agara. *Journal of Environmental Biology*, Vol. 27, No. 1, 35-38.

[4]- Maghsoudlou, A., Momtazi, F., Aghajanzpour, F. (2015). Spatial Pattern of Phytoplankton Communities from Iranian Waters of the Gulf of Oman in Pre-Monsoon Period. *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*, Vol. 6, NO. 21, 65-77.



تأثیر عوامل محیطی بر توزیع و پراکنش ماهیان مرجانی در شمال خلیج فارس

قاضی لو، امیر^{۱*}، شکری، محمدرضا^۲، گلدستون، ویلیام^۳

۱- مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، چابهار، ایران

۲- گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- دانشکده علوم، دانشگاه تکنولوژی سیدنی، سیدنی، استرالیا

* amir.ghazilou@inio.ac.ir

چکیده

مطالعات اولیه در زمینه‌ی بوم‌شناسی ماهیان مرجانی خلیج فارس حاکی از توزیع تصادفی این ماهیان در لکه‌های مرجانی این منطقه بود ولیکن مطالعات بعدی نشان داد که ماهیان مرجانی ساکن آبسنگ‌های طبیعی اجتماعات متمایزی را در مقایسه با ماهیان مرجانی جذب‌شده به سازه‌های مصنوعی تشکیل می‌دهند. علاوه بر این، ساختار مجموعه ماهیان مرجانی منطقه از نوعی تغییرات فصلی نیز برخوردار است و این نوع تغییرات عمدتاً با کاهش فراوانی و تعداد گونه‌های ماهیان مرجانی در فصل زمستان و افزایش آن‌ها در فصل تابستان مشخص می‌شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر عوامل محیطی بر توزیع و فراوانی ماهیان مرجانی در شمال خلیج فارس به انجام رسید. بدین منظور، سه منطقه (دو منطقه‌ی دماغه جنوبی خلیج نایبند و خلیج بُرکوه در محدوده پارک دریایی نایبند و یک منطقه در محدوده بندر عسلویه) به‌عنوان مناطق مورد آزمون انتخاب شدند و فراوانی ماهیان مرجانی و نیز خصوصیات محیطی هر منطقه در دو فصل سرد (زمستان) و گرم (تابستان) مورد پایش قرار گرفت و در نهایت ارتباط سنجی بین این خصوصیات و توزیع و فراوانی ماهیان مورد سنجش قرار گرفت. نتایج، حاکی از این امر بود که در فصل زمستان، دو عامل غلظت ارتو فسفات و میزان ناهمواری بستر به‌عنوان عوامل اصلی اثرگذار در تغییرات مکانی اجتماعات ماهیان مرجانی می‌باشند. در مقابل، تراکم ژئوپلانکتونها، درصد پوشش مرجان‌های زنده و کل مواد جامد محلول در آب به عنوان عوامل اصلی شکل دهنده به ترکیب خانواده‌ها و ساختار اجتماعات این ماهیان شناسایی شدند.

کلیدواژه: خلیج نایبند، خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب، درصد پوشش مرجان‌ها، تراکم تولیدات اولیه و ثانویه، ماهیان مرجانی

۱. مقدمه

نتایج مطالعات اولیه در زمینه‌ی بوم‌شناسی ماهیان مرجانی خلیج فارس حاکی از توزیع تصادفی این ماهیان در لکه‌های مرجانی این منطقه بود [۱]، ولیکن مطالعات بعدی نشان داد که ماهیان مرجانی ساکن آبسنگ‌های طبیعی اجتماعات متمایزی را در مقایسه با ماهیان مرجانی جذب‌شده به سازه‌های مصنوعی تشکیل می‌دهند [۲]. علاوه بر این، ساختار مجموعه ماهیان مرجانی منطقه از نوعی تغییرات فصلی نیز برخوردار است و این نوع تغییرات عمدتاً با کاهش فراوانی و تعداد گونه‌های ماهیان مرجانی در فصل زمستان و افزایش آن‌ها در فصل تابستان مشخص می‌شود [۲]. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر عوامل محیطی بر توزیع و فراوانی ماهیان مرجانی در شمال خلیج فارس به انجام رسید. بدین منظور، سه منطقه (دو منطقه‌ی دماغه جنوبی خلیج نایبند و خلیج بُرکوه در محدوده پارک دریایی نایبند و یک منطقه در محدوده بندر عسلویه) به‌عنوان

مناطق مورد آزمون انتخاب شدند و فراوانی ماهیان مرجانی و نیز خصوصیات محیطی هر منطقه در دو فصل سرد (زمستان) و گرم (تابستان) مورد پایش قرار گرفت و در نهایت ارتباط سنجی بین این خصوصیات و توزیع (و فراوانی) ماهیان مورد سنجش قرار گرفت.

۲. روش تحقیق

از روش تصویربرداری از راه دور مجهز به طعمه به‌منظور پایش فصلی ماهیان مرجانی استفاده شد. بدین منظور، یک دستگاه شاسی تصویربرداری مجهز به بازوی حمل کیسه طعمه ساخته شد. در هر نوبت پایش مقدار ۲۵۰ گرم طعمه مناسب (گوشت ماهی تن) در کیسه طعمه قرار گرفت و سپس شاسی تصویربرداری از قایق به موقعیت موردنظر هدایت شد و در سطح بستر قرار گرفت. هر نوبت پایش شامل بر ۶۰ دقیقه تصویربرداری از ماهیان حاضر در یک میدان دید ثابت بود و از دوربین GoPro Hero3 برای انجام تصویربرداری‌ها استفاده شد. تعداد ۴ نوبت پایش در هر فصل در هر منطقه به انجام رسید. در آزمایشگاه تصاویر ضبط‌شده مورد رؤیت قرار گرفتند و تلاش شد تا در حد توان فراوانی گونه‌های مختلف ماهیان در قالب MaxN (بیشترین تعداد از هرگونه ماهی که در یک‌لحظه در میدان دید حضور دارند [۳]) محاسبه شوند. در همان زمان، ۴ گروه از شرایط محیطی هر منطقه نیز از قرار زیر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

گروه اول (خصوصیات مربوط به وضعیت بستر): شامل بر درصد پوشش اجرای بستر (مرجان سخت زنده، مرجان سخت مرده، سنگ، ماسه، خورده مرجان، ...) و میزان ناهمواری بستر

گروه دوم (خصوصیات فیزیکی شیمیایی آب): شامل بر شوری، هدایت الکتریکی، اختلاف پتانسیل، دما، اکسیژن محلول، pH، شفافیت عمودی آب، مقادیر کل مواد معلق در آب (TSS)، کل مواد جامد محلول در آب (TDS)، سختی کل

گروه سوم (میزان تولیدات اولیه و ثانویه آب): شامل بر تراکم فیتو پلانکتونها و زئوپلانکتونها

گروه چهارم (مواد مغذی): غلظت کلسیم، منیزیم، سولفات، ارتو فسفات، نیتريت و نترات محلول در آب

تحلیل آماری داده‌ها در سطح خانواده‌های ماهیان مشاهده‌شده صورت گرفت. به‌منظور بررسی ارتباط بین عوامل محیطی و توزیع (و فراوانی) مجموعه ماهیان مرجانی، غربالگری اولیه پارامترهای محیطی با به‌کارگیری PCA صورت گرفت و از مدل خطی فاصله مبنا (Distance based Linear Model, DistLM) برای وضع مدل نهایی استفاده شد و در نهایت از نمودارهای dbRDA برای نمایش الگوها استفاده شد. کلیه تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار Primer-e v6 انجام شد.

۳. نتایج

به‌طورکلی تعداد ۲۳ خانواده از ماهیان در طول دو فصل مورد رؤیت قرار گرفتند. در فصل زمستان، درصد پوشش بسترهای صخره‌ای، درصد پوشش بسترهای ماسه‌ای و میزان ناهمواری بستر، درجه حرارت آب، غلظت ارتو فسفات محلول، تراکم کل فیتوپلانکتون‌ها و تراکم یک جنس خاص از فیتوپلانکتون‌ها (*Coscinodiscus*) به‌عنوان عوامل اصلی مؤثر در ترکیب خانواده‌های ماهیان (توزیع مکانی خانواده‌ها) انتخاب شدند. در مدل اولیه ارائه‌شده ارتباط بین ترکیب خانواده‌ها و چهار عامل زیست‌محیطی شامل غلظت ارتو فسفات، درصد پوشش بسترهای صخره‌ای، میزان ناهمواری بستر و تراکم فیتوپلانکتون‌ها معنی‌دار بود ولیکن در مدل نهایی، صرفاً دو عامل غلظت ارتو فسفات و میزان ناهمواری بستر به‌عنوان عوامل اصلی اثرگذار شناسایی شدند. در مجموع، این دو عامل قادر به توجیه ۶۱/۲ درصد از تغییرات مکانی ترکیب خانواده‌های ماهیان بودند نتایج مربوط به ارتباط ساختار مجموعه ماهیان مرجانی (تراکم ماهیان) با خصوصیات زیست‌محیطی نیز از همین قرار بود با این تفاوت که دو عامل ذکرشده صرفاً توانایی توجیه ۴۶/۲ درصد از تغییرات مکانی را داشتند.

در فصل تابستان، تعداد ۷ عامل (درصد پوشش بسترهای ماسه‌ای، درصد پوشش مرجان‌های زنده، میزان ناهمواری بستر، اختلاف پتانسیل آب، کل مواد جامد محلول در آب، تراکم فیتوپلانکتون‌ها و تراکم زئوپلانکتونها) به‌عنوان عوامل اولیه مؤثر بر ترکیب خانواده‌ها و ساختار مجموعه ماهیان

انتخاب شدند که از این میان تعداد سه عامل (درصد پوشش مرجان‌های زنده، تراکم زئوپلانکتونها و کل مواد جامد محلول در آب) دارای اثر معنی‌دار بودند. مدل نهایی ارائه‌شده مؤید اهمیت دو عامل تراکم زئوپلانکتونها و درصد پوشش مرجان‌های زنده در شکل‌دهی به ترکیب خانواده‌ها بود به‌طوری‌که این عوامل از قابلیت توجیه ۷۰/۱ درصد از تغییرات مکانی ترکیب گونه‌ها برخوردار بودند. از طرفی دیگر هر سه عامل درصد پوشش مرجان‌های زنده، تراکم زئوپلانکتونها و کل مواد جامد محلول در آب از عوامل اصلی مؤثر در تعیین ساختار مجموعه ماهیان مرجانی ایستگاه‌های مورد آزمون بودند و در مجموع تا ۶۶/۵ درصد از تغییرات مکانی ساختار اجتماعات ماهیان در ارتباط با تغییرات این سه عامل بود.

۴. جمع‌بندی

نتایج مطالعه حاضر مؤید این امر بود که برخی از عوامل زیست‌محیطی می‌توانند در شکل‌دهی به اجتماعات ماهیان مرجانی مؤثر باشند و این عوامل را می‌توان از چند بعد مدنظر قرار داد. در وهله اول، پاره‌ای از عوامل (همانند میزان ناهمواری بستر) نمایانگر تعداد پناهگاه‌های موجود در یک منطقه و قابل سکنی بودن آن منطقه برای ماهیان جوان است. در وهله بعدی، افزایش غلظت پاره‌ای از مواد مغذی در آب می‌تواند منجر به افزایش میزان رشد درشت جلبک‌ها در یک منطقه و به تبع آن افزایش جذب ماهیان مرجانی گیاهخوار به آن منطقه شود (هرچند که رشد بیش‌ازحد جلبک‌ها می‌تواند باعث کم شدن ناهمواری بستر نیز بشود). از طرفی دیگر، زئوپلانکتونهای خلیج فارس در فصل تابستان اقدام به مهاجرت عمودی از سطح به عمق می‌نمایند تا از گرمای طاقت‌فرسا در امان بمانند. بنابراین، افزایش فراوانی این موجودات در نزدیکی سطح بستر به‌عنوان یک منبع غنی غذایی برای ماهیان مرجانی (که اغلب بستر زی هستند) به شمار بیاید در نهایت می‌توان انتظار داشت که همواره نوعی وابستگی قوی بین ماهیان مرجانی و مرجان‌های سخت زنده در آبسنگ‌های مرجانی وجود داشته باشد. این وابستگی می‌تواند از نوع مستقیم (تغذیه از پولیپ‌های مرجان) و یا غیرمستقیم (قلمرو گزینی و انتخاب به‌عنوان محل تولیدمثل و پناهگاه) باشد.

منابع

- [1]- Krupp, F. Almarri, M.A. (2004), Changes In Reef Fish Assemblages In The Saudi Arabian Sector Of The (Persian) Gulf, Following The 1991 (Persian) Gulf War Oil Spill And The 1998 Coral-Bleaching Event. *10th international coral reef symposium*, Okinawa, Japan.
- [2]- Burt, J., Bartholomew A., Usseglio, Bauman, A., Sale, P.F. (2009), Are artificial reefs surrogates of natural habitats for corals and fish in Dubai, United Arab Emirates? *Coral Reefs*, Vol. 28, No. 3, 663-675.
- [3]- Farnsworth, K.D., Thygesen, U.H., Ditlevsen, S King, N.J. (2007), How to estimate scavenger fish abundance using baited camera data. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 350, 223-234.



رابطه طول - وزن و فراوانی طولی اویستر صخره‌ای *Saccostrea cucullata* در سواحل خلیج فارس

زارع روح الله^{۱*}، کامرانی احسان^۲، نصرالهی علی^۳

۱. گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه دریانوردی چابهار، چابهار، ایران

۲. گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی و جوی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۳. گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

* ru_zare@yahoo.com

چکیده

این پژوهش با هدف دستیابی به فراوانی طولی و رابطه طول-وزن اویستر *S. cucullata* در سواحل خلیج فارس انجام شد. نمونه برداری با استفاده از کودرات ($0.25m^2$) در منطقه بین جزر و مدی از زمستان ۱۳۹۴ تا پاییز ۱۳۹۵ صورت گرفت. پس از بررسی ۹۸۰ نمونه از جمعیت، رابطه طول-وزن برابر با $W = 0.0004L^{2.79}$ و ضریب تشخیص (R^2) برابر با ۰/۹۴ به دست آمد. همچنین ضریب b حاصل برابر ۲/۹۷ به دست آمد که نشان از رشد آلومتریک منفی در جمعیت بود. میانگین طول کل در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب $36/64 \pm 8/46$ ، $34/43 \pm 4/96$ ، $30/25 \pm 7/1$ و $33/31 \pm 4/36$ سانتی‌متر و مقادیر وزن خشک به ترتیب فصول به ترتیب $8/9 \pm 9/8$ ، $8/9 \pm 7/57$ ، $10/6 \pm 9/11$ و $7/8 \pm 4/19$ گرم بود. بیشترین طول محاسبه شده برابر با ۹۷ میلی‌متر در فصل بهار و کمترین طول برابر با ۲ میلی‌متر در فصل پاییز به دست آمد. بیشترین وزن خشک در فصل زمستان ۲/۲۱ گرم و کمترین آن در فصل پاییز و برابر با ۰/۰۰۹ گرم محاسبه شد. بازه‌ی طولی ۳۵ الی ۴۵ میلی‌متر، فراوان‌ترین بازه‌ی طولی در بین تمام فصول بود. این درحالی بود که فصل بهار از نظر تعداد افراد بیشترین میزان را در بازه‌ی طولی ۴۰ الی ۴۵ میلی‌متر داشت. همچنین نتایج آنالیز مقیاس بندی غیرمتریک چند بعدی بر حسب وزن و طول نشان داد که فصل پاییز به طور مشخصی از دیگر فصول مجزاست که می‌تواند نشان از بازگشت شیلاتی در این فصل باشد.

کلید واژه: خلیج فارس، رابطه طول-وزن، فراوانی، *Saccostrea cucullata*

۱. مقدمه

صدف‌های دو کفه‌ای جزو ماکروفون‌های غالب مناطق جزر و مدی در طول سواحل خلیج فارس می‌باشند [۱]. بهره‌برداری از صدف‌های مناطق جزر و مدی از دیرباز در تمامی نقاط جهان امری پیوسته و پایدار بوده است [۷]. اگرچه میزان بهره‌برداری از صدف‌های دو کفه‌ای در سواحل ایرانی خلیج فارس به مراتب کمتر از دیگر سواحل این پهنه‌ی آبی است، گونه‌ی *S. cucullata* از خانواده‌ی Ostreidae جزو دو کفه‌ای‌های غالب مناطق جزر و مدی محسوب شده که به عنوان نشانگر زیستی آلودگی در سواحل نیز به کار برده می‌شود [۹]. رابطه طول-وزن یک ابزار مناسب جهت ارزیابی ذخایر شیلاتی است که به پیش بینی وزن از طریق طول خاص در عملکردهای ارزیابی ذخایر کمک می‌کند [۶]. رابطه طول-وزن برای هر گونه مشخص، به راحتی این امکان را می‌دهد که وزن را به طول یا بالعکس تبدیل کنند. در آبیان، اندازه گونه بیشتر از سن گونه به موارد بیولوژیکی مربوط است. زیرا فاکتورهای محیطی و فیزیولوژیکی بیشتر بر روی اندازه گونه تأثیر می‌گذارد و تأثیر کمتری بر روی سن گونه دارد [۹].

یکی از ابزارهای مناسب جهت پویایی شناسی جمعیت گونه‌ها استفاده از داده‌های فراوانی طولی گونه می‌باشد تا با استفاده از مدل‌های مختلف ارزیابی ذخیره گونه به یک بهره‌برداری پایدار از آن گونه مشخص دست یابد. درواقع آنالیز داده‌های طولی مدت‌ها است که به عنوان روشی جهت تخمین نرخ رشد، ساختار سنی و یا مرگ و میر آبزیان استفاده می‌شود [۹].

صدف‌های دوکفه‌ای علاوه بر نقش در زنجیره‌ی غذایی، عملکرد مهمی در حل شدن کربنات کلسیم زیستی (بیوژنیک) در محیط آبی دریاها و خنثی شدن اسیدهای ضعیف تولید شده طی عمل تنفس موجودات دارند [۱۳]. اعتقاد بر آنست که آبسنگ‌های اویستری می‌توانند با حلالیت کربنات کلسیم و در نتیجه ایجاد قلیائیت در محیط‌های ساحلی نقش بافری برای اسیدی شدن آبها داشته باشند [۱۵].

خصوصیات متنوع فیزیکی شیمیایی و زیستی موجود در آبهای خلیج فارس، این پهنه‌ی آبی را تبدیل به منطقه‌ای منحصر به فرد از نظر تنوع و غنای زیستی نموده است و دستیابی به اطلاعات پایه‌ای و جمعیتی گونه‌های زیستگاه ساز مانند دوکفه‌ای‌ها در برنامه‌های مدیریتی اکوسیستم‌ها مفید بوده و همچنین به دلیل تولید کربنات کلسیم توسط آنها، می‌تواند در مدیریت وضعیت بافری محیط بسیار راه‌گشا باشد. به‌علاوه، اطلاعات اولیه‌ی طول-وزن و جمعیتی، اساس و پایه‌ی ارزیابی ذخایر را تشکیل می‌دهند که در پایش ذخیره‌ی این گونه بسیار ضروری و حیاتی می‌باشند.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در سه استان ساحلی هرمزگان، بوشهر و خوزستان و در ۹ ایستگاه جزیره هرمز، بندر عباس، بستانو، بندر کری، بندر عامری، بندر رستمی، بندر محمد عامری، بحرکان و بندر امام خمینی انجام شد.

نمونه‌ها با استفاده از روش پرتاب کودرات در منطقه بین جزر و مدی انتخاب شدند. در بین زیستگاه‌ها، اویسترهای جزیره هرمز از روی صخره‌های طبیعی و در بقیه مناطق از روی سطوح تخته سنگهای موجود در اسکله برداشت شدند. عملیات نمونه برداری به صورت فصلی از زمستان ۱۳۹۴ شروع و در پاییز ۱۳۹۵ خاتمه یافت. در آزمایشگاه اطلاعات زیست‌سنجی مربوط به صدف‌ها در فرم‌هایی که از قبل تهیه شده بود ثبت شد و سپس وزن و طول اویسترها اندازه‌گیری شد. جهت دستیابی به رابطه طول-وزن از فرمول (۱) استفاده شد [۴]:

$$W = a.L^b \quad (2)$$

که در آن W نمایانگر وزن بر حسب گرم، L برابر با طول کل بر حسب میلیمتر، a برابر با عدد ثابت و b عددی برای تشخیص همگون یا ناهمگون بودن رشد آبری (شیب خط رگرسیون در رابطه‌ی طول-وزن) می‌باشد. سپس رابطه میان طول و وزن به یک رابطه لگاریتمی تبدیل شد (فرمول ۲).

$$\log W = \log a + b \log L \quad (2)$$

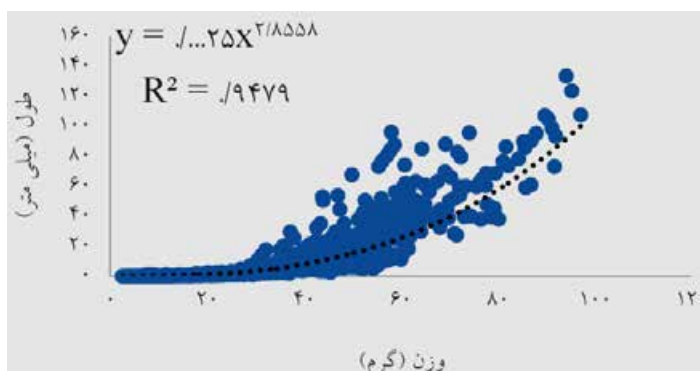
پارامترهای a و b به روش آنالیز رگرسیون خطی (روش حداقل مربعات) در رابطه لگاریتمی شده، و درجه پیوستگی میان داده‌ها (L و W) به وسیله ضریب تعیین (R^2) محاسبه شدند. مقدار b محاسبه شده توسط آنالیز t -test با عدد ۳ مورد مقایسه قرار گرفت.

از آنالیز مقیاس بندی غیرمتریک جهت مقایسه‌ی شباهت طولی و وزنی جمعیت در فصول مختلف استفاده شد. آنالیز nMDS تحت نرم افزار R و توسط پکیج vegan [۱۱] انجام پذیرفت.

۳. نتایج

در مجموع در هر ایستگاه ۳۰ نمونه توسط کوادرات در هر فصل جمع‌آوری شد که در پایان ۱۰۸۰ نمونه زیست‌سنجی شده و ۹۸۰ نمونه برای آنالیز رابطه‌ی طول-وزن استفاده شدند. نتایج حاصل از آنالیز رابطه طول-وزن در شکل (۱) نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، رابطه

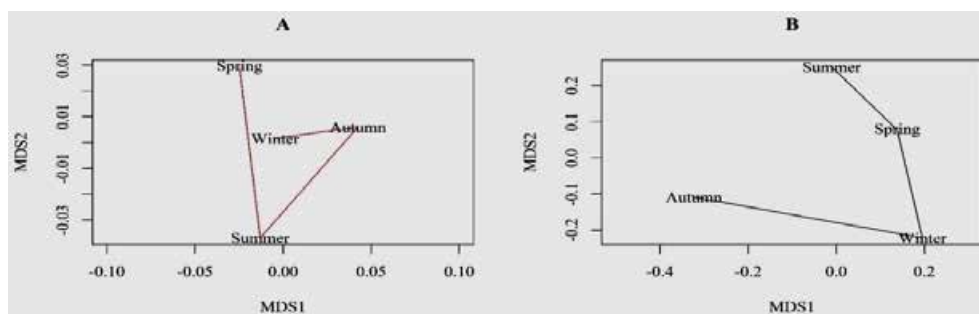
طول- وزن برابر با $W = 0.002L^{2.85}$ به دست آمد. همچنین ضریب تشخیص (R^2) برابر با ۰/۹۴ به دست آمد. نتایج همچنین ضریب b به دست آمده را ۲/۹۷ نشان داد که به طور معنی‌داری از ۳ متفاوت بود ($P < 0.05$).



شکل ۱: رابطه طول- وزن اویستر *S. cucullata* در ایستگاه‌های مختلف

بیشترین طول محاسبه شده برابر با ۹۷ میلی‌متر در فصل بهار و کمترین برابر با ۲ میلی‌متر در فصل پاییز به دست آمد. میانگین طول کل در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب به $34/43 \pm 4/96$ ، $36/64 \pm 8/46$ ، $30/25 \pm 7/1$ و $33/31 \pm 4/36$ سانتی‌متر بود. این مقادیر برای وزن خشک به ترتیب فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب به $8/9 \pm 7/57$ ، $10/4 \pm 9/8$ ، $10/6 \pm 9/11$ و $7/8 \pm 4/19$ گرم به دست آمد. همچنین بیشترین وزن خشک در فصل زمستان برابر با ۲/۲۱ گرم و کمترین آن در فصل پاییز و برابر با ۰/۰۰۹ گرم محاسبه شد. بازه‌ی طولی ۳۵ الی ۴۵ میلی‌متر، فراوان‌ترین بازه‌ی طولی در بین فصول زمستان، تابستان و بهار بود. این درحالی بود که در فصل پاییز، بیشترین افراد بین بازه‌ی طولی ۱۰ الی ۲۵ میلی‌متر قرار داشتند.

نتایج آنالیز nMDS بر حسب وزن و طول در شکل (۲) به نمایش درآمده است. با توجه به این نتایج، فصل پاییز به طور مشخصی از دیگر فصول مجزا است. این درحالی است که بقیه فصول در یک راستا در محور MDS1 که دارای تغییرات بیشتری است، مشاهده شدند.



شکل ۲: آنالیز nMDS بر حسب طول (شکل A) و وزن (شکل B) گونه‌ی *S. cucullata* در فصول مختلف

۴. بحث

همواره تخمین دقیق رابطه‌ی طول- وزن را نمی‌توان با دقت کامل محاسبه کرد، زیرا هیچ راه مستقیم یا مطمئنی برای این موضوع وجود ندارد و نمی‌توان تمامی افراد جمعیت را صید کرد و دو پارامتر طول و وزن را اندازه گرفت [۷]. در طول دوره رشد، یک جمعیت از دو کفه ای‌ها بارها تولید مثل می‌کنند و در نتیجه بایستی گروه‌های سنی مختلف از منحنی رشد جدا شوند [۱۲]. یافته‌های محققین دیگر در رابطه با میزان پارامتر b در رابطه‌ی طول- وزن در دیگر گونه‌های صدف نشان از متغیر بودن این پارامتر دارد. به عنوان مثال Gimin و همکاران [۹] پارامتر a و b را برای گونه‌ی دوکفه‌ای *Polymesoda erosa* به ترتیب برابر با ۰/۵۴ و ۱/۹ گزارش کردند. در مطالعه آنها میزان R^2 نیز از ۰/۶ الی ۰/۹ متغیر بود. این درحالی است که میزان R^2 در پژوهش حاضر برابر با ۰/۹۴ به دست آمد که نشان از ارتباط بالای طول با وزن تر دارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پارامترهای طول- وزن به دست آمده در این مطالعه همگی در بازه‌های ذکر شده توسط دیگر پژوهشگران در نقاط دیگر بود.

طور کلی توان (b) در رابطه طول - وزن به طور معمول در آبزیان بین عدد ۲ و ۴ است [۲]. هنگامی که برابر یا نزدیک به عدد ۳ باشد آبزی دارای رشد همگون است و رشد آبزی در همه ابعاد به طور یکسان صورت می‌گیرد. اگر b بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از ۳ باشد رشد ناهمگون است. اگر بزرگ‌تر از ۳ باشد آلومتریک مثبت و اگر کوچک‌تر از ۳ باشد آلومتریک منفی خواهد بود. طول بیشینه‌ی به دست آمده در پژوهش حاضر با دیگر پژوهش‌ها مطابقت داشت. بیشترین طول برای *S. cucullata* برابر با ۹۲ میلی‌متر در آبهای استان سیستان و بلوچستان ثبت شد [۱]. همچنین در سواحل آفریقای جنوبی طول حداکثر برابر با ۹۰ میلی‌متر ثبت گردیده است [۵]. عوامل متعددی در رشد صدف‌های صخره‌ای دخیل هستند. علاوه بر شرایط فیزیکی بستر به ویژه امواج جزر و مدی که باعث برهم‌زدن و آشفتگی بستر می‌شوند، عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر به دلیل محدودیت مواد غذایی و از سویی صرف انرژی جهت فعالیت‌های تولید مثلی در فصل گرم، باعث کاهش رشد در صدف‌های صخره‌ای می‌شوند [۳، ۶]. در این مطالعه، وجود فراوانی گروه طولی ۱۰ تا ۱۵ میلیمتر در هر فصل می‌تواند به دلیل وقوع تخم‌ریزی تقریباً در تمام سال باشد که باعث فراوانی بالای افراد کوچک‌تر در تمامی فصول می‌شود.

منابع

- [1]- Ashja Ardalan, A. (1999), Distribution and growth biology of rock oyster *Saccostrea cucullata* in the Oman Sea. PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, 175pp. (in Persian)
- [2]- Bagenal, T. B. (1987), Method for assessment of fish production in freshwater, Third edition, Blackwell Scientific Publication, XVT, 365 pp.
- [3]- Bartol, I. K., Mann, R., Luckenbach, M. (1999), Growth and mortality of oysters (*Crassostrea virginica*) on constructed intertidal reefs: effects of tidal height and substrate level. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, Vol. 237, No. 2, 157-184.
- [4]- Biswas, S. P. (1993), Manual of methods in fish biology, South Asian Publishers. 157 p.
- [5]- Dye, A. H. (1989), Studies on the ecology of *Saccostrea cucullata* (Born, 1778) (Mollusca: Bivalvia) on the east coast of southern Africa. African Zoology, Vol. 24, No 2, 110-115.
- [6]- Fournier, M. L. (1992), The reproductive biology of the tropical rocky oyster *Ostrea iridescens* (Bivalvia: Ostreidae) on the Pacific coast of Costa Rica. Aquaculture, Vol. 101, No. 3, 371-378.
- [7]- Froese, R. (2006), Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology, Vol. 22, 241-253.
- [8]- Gaspar, M.B., Santos, M.N., Vasconcelos, P., (2001), Weight-length relationships of 25 bivalve species (Mollusca: Bivalvia) from the Algarve coast (southern Portugal). Journal of the Marine Biological Association of the UK, Vol. 81, No. 85, 805-807.
- [9]- Gimin, R., Mohan, R., Thinh, L.V., Griffiths, A. D., (2004), The relationship of shell dimensions and shell volume to live weight and soft tissue weight in the mangrove clam, *Polymesoda erosa* (Solander, 1786) from northern Australia. NAGA, WorldFish Center Quarterly, Vol. 27, No. 3, 32-35.
- [10]- Martin-Smith, K. H. (1996), Length/weight relationships of fishes in a diverse tropical freshwater community, Sabah, Malaysia. Journal Fish Biology, Vol. 49, 731-734.

- [11]- Oksanen, J., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, B., Stevens, M.H.H., Oksanen, M. J. (2007), The vegan package. Community ecology package, Vol. 10, 631-637.
- [12]- Pérez Farfante, I., Kensley, B. (1997), Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the world: keys and diagnoses for the families and genera. Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Vol. 175, No. 1, 233-342.
- [13]- Rost, B., Riebesell, U. (2004), Coccolithophores and the biological pump: responses to environmental changes, In: Thierstein, H. R., Young, J. R. (ed.) Coccolithophores: from molecular processes to global impact, Springer, Berlin, Germany. 99–125
- [14]- Shirmeshan, G., Bakhtiari, A. R., Kazemi, A., Mohamadi, M., Kheirabadi, N. (2012), Oyster *Saccostrea cucullata* as a biomonitor for Hg contamination and the risk to humans on the coast of Qeshm Island, Persian Gulf, Iran. Bulletin of environmental contamination and toxicology, Vol. 88, No. 6, 962-966.
- [15]- Waldbusser, G. G., Powell, E. N., Mann, R. (2013), Ecosystem effects of shell aggregations and cycling in coastal waters: an example of Chesapeake Bay oyster reefs. Ecology, Vol. 94, No. 4, 895–903.



تفاوت در نوع جلبک همزیست با ۳ گونه مرجان سخت در جزیره قشم: شاهدهی بر پایداری همزیستی در برخی کمپلکس‌های مرجان-زوگزانتلا

اولادی کلاریجانی، مهشید^{۱*}، شکری، محمدرضا^۱، رجبی مهام، حسن^۲، زارعی پلگردنی، نسیم^۳ و روزبهانی، سودابه^۱

۱. گروه زیست‌شناسی و زیست فناوری دریا و آبزیان، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. گروه جانورشناسی، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳. گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

* oladi.m69@gmail.com

چکیده

جانورانی که به‌صورت کلونی زندگی می‌کنند از لحاظ متابولیک موجوداتی ضعیف محسوب می‌شوند، اما گروهی از این جانوران به وسیله تعامل با میکروارگانیسم‌هایی که متابولیسم فعال‌تری دارند، بر این محدودیت غلبه کرده‌اند [۱]. از مثال‌های بارز این مسئله، می‌توان به همزیستی جلبک‌های تک‌سلولی (زوگزانتلا) با مرجان‌های سخت اشاره نمود [۲]. تاکنون ۹ کلاسه فیلوژنی (A-I) از زوگزانتلا شناسایی شده‌است که برخی از آنها به چندین زیرکلاسه یا تیپ تقسیم می‌شوند. برخی از دانشمندان معتقدند که هریک از این تیپ‌ها محدود به رنج خاصی از گونه‌های میزبان، اعماق مختلف و نیچ اکولوژیک خاصی هستند [۳، ۴]. در سال‌های اخیر، ITS2 یکی از پرکاربردترین مارکرها برای شناسایی تیپ اعضای Symbiodinium به شمار می‌رود (ITS2 Type). اعضای هر یک از کلادها از جهات مختلفی از جمله فتوسنتز، فیزیولوژی [۵] و آستانه تحمل حرارتی [۶] با هم تفاوت دارند. پیشنهاد شده‌است که نوع همزیست می‌تواند روی نرخ رشد مرجان‌ها [۷] و توانایی آن‌ها در مقابله با استرس‌های نوری حاد [۸] اثر بگذارد. بنابراین یکی از مکانیسم‌های تطابق مرجان‌هایی که قابلیت همزیستی با رنج گسترده‌ای از انواع زوگزانتلا را دارند (Generalist)، تغییر در تراکم همزیست غالب‌شان در شرایط محیطی مختلف می‌باشد [۹]. مثلاً در یک مطالعه نشان داده شده که با نزدیک شدن به ساحل و افزایش اثرات فعالیت‌های انسانی، نوع زوگزانتلا در یک نوع مرجان از کلاسه C به D تغییر یافته است [۱۰]. این مسئله نشان می‌دهد که مرجان‌هایی که اغلب نوع خاصی از زوگزانتلا را برای همزیستی برمی‌گزینند (Specialist) در واقع محدوده پراکنش خود را محدود ساخته و نسبت به تغییرات محیطی حساس‌تر خواهند بود [۱۱]. آبسنگ‌های مرجانی خلیج فارس با وجود زندگی در آب‌هایی با شرایط نه‌چندان مساعد پایداری خود را حفظ کرده و با شرایط این دریای نیمه بسته تطابق یافته‌اند. اما با افزایش دمای کره زمین، در سال‌های اخیر شاهد سفیدشدگی وسیعی در مرجان‌های خلیج فارس هستیم که زنگ خطری برای تنوع زیستی این ناحیه محسوب می‌شود. شناسایی نوع همزیست و همچنین شناخت رابطه مرجان-زوگزانتلا به مکان‌یابی مرجان‌های حساس و قرار دادن آن‌ها در اولویت حفاظت، کمک خواهد نمود. به این منظور در مطالعه حاضر نوع (ITS2 Type) جلبک همزیست با ۳ گونه مرجان سخت *Acropora downingi*، *Porites harrisoni* و *Stylophora sp.* در آبهای جزیره قشم، بوسیله آنالیزهای مولکولی مورد بررسی قرار گرفت. جزیره قشم، واقع در تنگه استراتژیک هرمز، در معرض آب‌های اقیانوس هند با شوری متعادل‌تر و مغذی‌تر نسبت به سایر نقاط خلیج فارس، می‌باشند [۱۲]. لکه‌های آبسنگ‌های مرجانی عمدتاً در جنوب شرقی این جزیره یافت می‌شوند، بنابراین مجموعاً ۵۰ قطعه مرجان سخت از ۳ گونه *A. downingi*، *P. harrisoni* و *Stylophora sp.* طی عملیات غواصی در مهر ماه ۱۳۹۴ از این منطقه (۲۶°۵۵' N، ۵۶°۱۶' E) جمع‌آوری شده، در بافر نمکی دی‌متیل سولفوکساید (DMSO) نگهداری و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. استخراج

DNA بر اساس پروتکل CTAB/Chloroform صورت‌گرفت. حدود ۳۵۰ جفت باز از ناحیه ITS2 توسط پرایمرها و شرایط دمایی توصیف شده توسط Hume و همکاران [۱۳] بوسیله واکنش زنجیره‌ای پلیمر (PCR) تکثیر یافتند. توانایی با استفاده از دستگاه توالی‌یاب اتوماتیک توسط شرکت ماکروژن کره جنوبی صورت گرفت. توالی‌های بدست آمده بوسیله آنالیز BLASTN با توالی‌های بدست آمده از بانک ژن (NCBI) مقایسه و تعیین کلاذ شدند. سپس به منظور تعیین تیپ ITS2، درخت فیلوژنی Maximum Likelihood درون هر کلاذ توسط نرم‌افزار PhyML ترسیم شد. نتایج حاصل از آنالیزهای مولکولی انجام شده نشان دادند که جلبک‌های همزیست با مرجان A. downingi با احتمال بالایی متعلق به گونه Symbiodinium glynnii (تیپ D1)، جلبک‌های همزیست با P. harrisoni متعلق به تیپ C15 و جلبک‌های همزیست با Stylophora sp. متعلق به تیپ A1 می‌باشند. زوگراتلای تیپ C15 تا بحال چندینبار در گونه‌های جنس Porites از ناحیه Indo-Pacific گزارش شده‌است [۱۴]. [۱۵] و پیشنهاد شده که این همزیستی سبب مقاومت هولوبیونت نسبت به ناهنجاری‌های دمایی میگردد. پیشتر نیز تیپ C15 از P. harrisoni در آب‌های جزیره لارک گزارش شده‌است [۱۶]. مرجان‌های جنس Acropora در خلیج فارس غالباً در همزیستی با زوگراتلای کلاذ D گزارش شده‌اند [۱۷-۱۹] و در تنها مطالعاتی که تعیین تیپ شده‌اند، تیپ D1-4 گزارش شده‌است [۲۰]. در این مطالعه برای اولین بار تیپ D1 از مرجان‌های جنس Acropora در شمال خلیج فارس گزارش می‌شود. با توجه به گزارشات اخیر از سفیدشدگی در جزیره قشم و وضعیت بحرانی آب‌های این ناحیه، غالب‌شدن زوگراتلای تیپ D1 که در برابر استرس حرارتی مقاوم است [۲۱] دور از انتظار نیست، چراکه جایگزین‌شدن اعضای فرصت‌طلب کلاذ D به جای کلادهای حساس‌تر در مرجان‌های آسیب‌دیده، بارها در مطالعات به اثبات رسیده‌است [۱۱، ۲۲]. فیلوگرام بدست آمده برای جلبک همزیست با مرجان جنس Stylophora و همچنین نتایج آنالیز BLASTN نشان داد این جلبک دارای تیپ A1 است. این تیپ نیز به عنوان تیپ مقاوم به استرس حرارتی به شمار می‌رود [۲۳]. نمونه‌های حاصل از این مطالعه و تمامی زوگراتلایی که از مرجان‌های جنس Stylophora در ناحیه Indo-Pacific بدست آمده بودند (A1* در شکل ۱) در یک کلاذ کنار هم قرار گرفتند. این امر میتواند پایداری همزیستی این تیپ خاص از کلاذ A و مرجان‌های Stylophora را نشان دهد. پایداری همزیستی کمپلکس Porites-C15 و همچنین Stylophora-A1 آن‌ها را به مدلهای موفقی برای مطالعه نقش این نوع جلبک‌ها در مقاومت حرارتی میزبان‌شان در مناطق جغرافیایی مختلف، بدل خواهد کرد. با ادامه‌یافتن افزایش دمای کره‌زمین و به تبع آن، افزایش دمای آب‌های سطحی، پدیده سفیدشدگی با شدت بیش‌تر و در فواصل زمانی کوتاه‌تری در حال وقوع است. کمپلکس مرجان-زوگراتلایی که نسبت به استرس‌های دمایی مقاومت فیزیولوژیک بیش‌تری دارد، نسبت به استرس دمایی و سفیدشدگی حساسیت کم‌تری از خود نشان می‌دهند. با وجود اینکه انتظار می‌رود اختصاصی بودن رابطه همزیستی مرجان-زوگراتلا سبب محدودیت پراکنش و نوعی ضعف در مقابله با استرس محیطی برای مرجان تلقی شود، اما محدوده پراکنش وسیع این مرجان‌ها در خلیج فارس، بخصوص مرجان‌های جنس Porites، می‌تواند نشان‌دهنده مقاومت این کمپلکس خاص به شرایط حاد محیطی باشد. بنابراین شناسایی جلبک همزیست با مرجان‌های گونه‌های مختلف و شناخت ماهیت رابطه آن‌ها، به ما کمک می‌کند تا مرجان‌های حساس به استرس‌های دمایی را مکان‌یابی کرده و در اولویت حفاظت قرار دهیم.

کلید واژه: جلبک همزیست، Symbiodinium، زوگراتلا، مرجان، خلیج فارس، پایداری همزیستی.

مقدمه

جانورانی که به‌صورت کلونی زندگی می‌کنند از لحاظ متابولیک موجوداتی ضعیف محسوب می‌شوند، اما گروهی از این جانوران به‌وسیله تعامل با میکروارگانیسم‌هایی که متابولیسم فعال‌تری دارند، بر این محدودیت غلبه کرده‌اند [۱]. از مثال‌های بارز این مسئله، می‌توان به همزیستی جلبک‌های تک‌سلولی (زوگراتلا) با مرجان‌های سخت اشاره نمود [۲]. تاکنون ۹ کلاذ فیلوژنی (A-I) از زوگراتلا شناسایی شده‌است که برخی از آن‌ها به چندین زیرکلاذ یا تیپ تقسیم می‌شوند. برخی از دانشمندان معتقدند که هریک از این تیپ‌ها محدود به رنج خاصی از گونه‌های میزبان، اعماق مختلف و نیچ اکولوژیک خاصی هستند [۳، ۴]. در سال‌های اخیر، ITS2 یکی از پرکاربردترین مارکرها برای شناسایی تیپ اعضای Symbiodinium به شمار می‌رود (ITS2 Type). اعضای هر یک از کلادها از جهات مختلفی از جمله فتوسنتز، فیلوژنی [۵] و آستانه تحمل حرارتی [۶] با هم تفاوت دارند.

پیشنهاد شده‌است که نوع همزیست می‌تواند روی نرخ رشد مرجان‌ها [۷] و توانایی آن‌ها در مقابله با استرس‌های نوری حاد [۸] اثر بگذارد. بنابراین یکی از مکانیسم‌های تطابق مرجان‌هایی که قابلیت همزیستی با رنج گسترده‌ای از انواع زوگراتلا را دارند (Generalist)، تغییر در

تراکم همزیست غالب‌شان در شرایط محیطی مختلف می‌باشد [۹]. مثلاً در یک مطالعه نشان داده شده که با نزدیک شدن به ساحل و افزایش اثرات فعالیت‌های انسانی، نوع زوگزانتلا در یک نوع مرجان از کلاد C به D تغییر یافته است [۱۰]. این مسئله نشان می‌دهد که مرجان‌هایی که اغلب نوع خاصی از زوگزانتلا را برای همزیستی برمی‌گزینند (Specialist) در واقع محدوده پراکنش خود را محدود ساخته و نسبت به تغییرات محیطی حساس‌تر خواهند بود [۱۱].

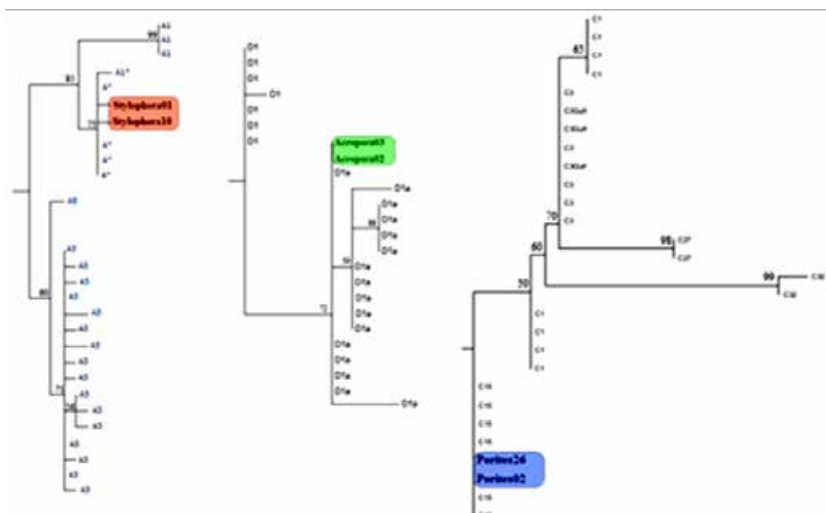
آب‌سنگ‌های مرجانی خلیج فارس با وجود زندگی در آب‌هایی با شرایط نه چندان مساعد پایداری خود را حفظ کرده و با شرایط این دریای نیمه بسته تطابق یافته‌اند. اما با افزایش دمای کره زمین، در سال‌های اخیر شاهد سفیدشدگی وسیعی در مرجان‌های خلیج فارس هستیم که زنگ خطری برای تنوع زیستی این ناحیه محسوب می‌شود. شناسایی نوع همزیست و همچنین شناخت رابطه مرجان-زوگزانتلا به مکان‌یابی مرجان‌های حساس و قرار دادن آن‌ها در اولویت حفاظت، کمک خواهد نمود. به این منظور در مطالعه حاضر نوع (ITS2 Type) جلبک همزیست با ۳ گونه مرجان سخت *Acropora downingi*، *Porites harrisoni* و *Stylophora* sp. در آب‌های جزیره قشم، بوسیله آنالیزهای مولکولی مورد بررسی قرار گرفت.

۲. روش تحقیق

جزیره قشم، واقع در تنگه استراتژیک هرمز، در معرض آب‌های اقیانوس هند با شوری متعادل‌تر و مغذی‌تر نسبت به سایر نقاط خلیج فارس، می‌باشند [۱۲]. لکه‌های آب‌سنگ‌های مرجانی عمدتاً در جنوب شرقی این جزیره یافت می‌شوند، بنابراین مجموعاً ۵۰ قطعه مرجان سخت از ۳ گونه *Stylophora* sp.، *P. harrisoni*، *A. downingi* طی عملیات غواصی در مهر ماه ۱۳۹۴ از این منطقه (26°55'N, 56°16'E) جمع‌آوری شده، در بافر نمکی دی متیل سولفوکساید (DMSO) نگهداری و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. استخراج DNA بر اساس پروتکل CTAB/Chloroform صورت گرفت. حدود ۳۵۰ جفت باز از ناحیه ITS2 توسط پرایمرها و شرایط دمایی توصیف شده توسط Hume و همکاران [۱۳] بوسیله واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) تکثیر یافتند. توالی‌یابی با استفاده از دستگاه توالی‌یاب اتوماتیک توسط شرکت ماکروژن کره جنوبی صورت گرفت. توالی‌های بدست آمده بوسیله آنالیز BLASTN با توالی‌های بدست آمده از بانک ژن (NCBI) مقایسه و تعیین کلاد شدند. سپس به منظور تعیین تیپ ITS2، درخت فیلوژنی Maximum Likelihood درون هر کلاد توسط نرم‌افزار PhyML ترسیم شد.

۳. نتایج

نتایج حاصل از آنالیزهای مولکولی انجام شده نشان دادند که جلبک‌های همزیست با مرجان *A. downingi* با احتمال بالایی متعلق به گونه *Symbiodinium glynnii* (تیپ D1)، جلبک‌های همزیست با *P. harrisoni* متعلق به تیپ C15 و جلبک‌های همزیست با *Stylophora* sp. متعلق به تیپ A1 می‌باشند (شکل ۱).



شکل ۱: فیلوگرام‌های Maximum Likelihood درون کلادی رسم‌شده بر اساس ژن ITS2. اعداد بالای هر شاخه بیان‌گر میزان Bootstrap هستند. این درخت‌ها بوسیله نمونه‌ای از کلاد B ریشه‌دار شد که در این‌جا نشان داده نشده‌است. نمونه‌های حاصل از این مطالعه توسط رنگ‌های آبی (*P. harrisoni*)، سبز (*A. downingi*) و قرمز (*Stylophora* sp.) نشان داده شده‌اند.

زوگزانتلای تیپ C15 تا بحال چندین بار در گونه‌های جنس *Porites* از ناحیه Indo-Pacific گزارش شده‌است [۱۴، ۱۵] و پیشنهاد شده که این همزیستی سبب مقاومت هولوبیونت نسبت به ناهنجاری‌های دمایی می‌گردد. پیش‌تر نیز تیپ C15 از *P. harrisoni* در آب‌های جزیره لارک گزارش شده است [۱۶]. مرجان‌های جنس *Acropora* در خلیج فارس غالباً در همزیستی با زوگزانتلای کلاد D گزارش شده‌اند [۱۷-۱۹] و در تنها مطالعه‌ای که تعیین تیپ شده‌اند، تیپ D1-4 گزارش شده‌است [۲۰]. در این مطالعه برای اولین بار تیپ D1 از مرجان‌های جنس *Acropora* در شمال خلیج فارس گزارش می‌شود. با توجه به گزارشات اخیر از سفیدشدگی در جزیره قشم و وضعیت بحرانی آب‌های این ناحیه، غالب‌شدن زوگزانتلای تیپ D1 که در برابر استرس حرارتی مقاوم است [۲۱] دور از انتظار نیست، چراکه جایگزین‌شدن اعضای فرصت‌طلب کلاد D به جای کلادهای حساس‌تر در مرجان‌های آسیب‌دیده، بارها در مطالعات به اثبات رسیده‌است [۱۱، ۲۲]. فیلوگرام بدست آمده برای جلبک همزیست با مرجان جنس *Stylophora* و همچنین نتایج آنالیز BLASTN نشان داد این جلبک دارای تیپ A1 است. این تیپ نیز به عنوان تیپ مقاوم به استرس حرارتی به شمار می‌رود [۲۳]. نمونه‌های حاصل از این مطالعه و تمامی زوگزانتلایی که از مرجان‌های جنس *Stylophora* در ناحیه Indo-Pacific بدست آمده بودند (*A1** در شکل ۱) در یک کلاد کنار هم قرار گرفتند. این امر می‌تواند پایداری همزیستی این تیپ خاص از کلاد A و مرجان‌های *Stylophora* را نشان دهد. پایداری همزیستی کمپلکس *Porites*-C15 و همچنین *Stylophora*-A1 آن‌ها را به مدل‌های موفق برای مطالعه نقش این نوع جلبک‌ها در مقاومت حرارتی میزبان‌شان در مناطق جغرافیایی مختلف، بدل خواهد کرد.

۴. نتیجه‌گیری

با ادامه‌یافتن افزایش دمای کره‌زمین و به تبع آن، افزایش دمای آب‌های سطحی، پدیده سفیدشدگی با شدت بیش‌تر و در فواصل زمانی کوتاه‌تری در حال وقوع است. کمپلکس مرجان-زوگزانتلایی که نسبت به استرس‌های دمایی مقاومت فیزیولوژیک بیش‌تری دارد، نسبت به استرس دمایی و سفیدشدگی حساسیت کم‌تری از خود نشان می‌دهند. با وجود اینکه انتظار می‌رود اختصاصی بودن رابطه همزیستی مرجان-زوگزانتلا سبب محدودیت پراکنش و نوعی ضعف در مقابله با استرس محیطی برای مرجان تلقی شود، اما محدوده پراکنش وسیع این مرجان‌ها در خلیج فارس، بخصوص مرجان‌های جنس *Porites*، می‌تواند نشان‌دهنده مقاومت این کمپلکس خاص به شرایط حاد محیطی باشد. بنابراین شناسایی جلبک همزیست با مرجان‌های گونه‌های مختلف و شناخت ماهیت رابطه آن‌ها، به ما کمک می‌کند تا مرجان‌های حساس به استرس‌های دمایی را مکان‌یابی کرده و در اولویت حفاظت قرار دهیم.

منابع

- [1]- Loram, J. E., Boonham, N., O'Toole, P., Trapido-Rosenthal, H. G., and Douglas, A. E. (2007), Molecular quantification of symbiotic dinoflagellate algae of the genus *Symbiodinium*, *The Biological Bulletin*, 212, 259-268.
- [2]- Fournier, A. (2013), The story of symbiosis with zooxanthellae, or how they enable their host to thrive in a nutrient poor environment, *BioSciences Master Reviews* Nov, 2013, 1-8.
- [3]- LaJeunesse, T. C., Loh, W. K., Van Woesik, R., Hoegh-Guldberg, O., Schmidt, G. W., and Fitt, W. K. (2003), Low symbiont diversity in southern Great Barrier Reef corals, relative to those of the Caribbean, *Limnology and oceanography*, 48, 2046-2054.
- [4]- Santos, S., Shearer, T., Hannes, A., and Coffroth, M. (2004), Fine-scale diversity and specificity in the most prevalent lineage of symbiotic dinoflagellates (*Symbiodinium*, *Dinophyceae*) of the Caribbean, *Molecular Ecology*, 13, 459-469.

- [5]- Chang, S., Prezelin, B., and Trench, R. (1983), Mechanisms of photoadaptation in three strains of the symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium microadriaticum*, *Marine Biology*, 76, 219-229.
- [6]- Tchernov, D., Gorbunov, M. Y., de Vargas, C., Yadav, S. N., Milligan, A. J., Häggblom, M., and Falkowski, P. G. (2004), Membrane lipids of symbiotic algae are diagnostic of sensitivity to thermal bleaching in corals, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 13531-13535.
- [7]- Little, A. F., Van Oppen, M. J., and Willis, B. L. (2004), Flexibility in algal endosymbioses shapes growth in reef corals, *Science*, 304, 1492-1494.
- [8]- Baker, A. C., Starger, C. J., McClanahan, T. R., and Glynn, P. W. (2004), Coral reefs: corals' adaptive response to climate change, *Nature*, 430, 741-741.
- [9]- Baker, A. C. (2003), Flexibility and specificity in coral-algal symbiosis: diversity, ecology, and biogeography of *Symbiodinium*, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 661-689.
- [10]- Ulstrup, K. E., and Van Oppen, M. (2003), Geographic and habitat partitioning of genetically distinct zooxanthellae (*Symbiodinium*) in *Acropora* corals on the Great Barrier Reef, *Molecular Ecology*, 12, 3477-3484.
- [11]- Berkelmans, R., and Van Oppen, M. J. (2006), The role of zooxanthellae in the thermal tolerance of corals: a 'nugget of hope' for coral reefs in an era of climate change, *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 273, 2305-2312.
- [12]- Fatemi, S. M. R., and Shokri, M. R. (2001), Iranian coral reefs status with particular reference to Kish Island, Persian Gulf, In *Proceedings of international coral reef initiative (ICRI) regional workshop for the Indian Ocean*, Maputo, Mozambique.
- [13]- Hume, B. C., D'Angelo, C., Smith, E. G., Stevens, J. R., Burt, J., and Wiedenmann, J. (2015), *Symbiodinium thermophilum* sp. nov., a thermotolerant symbiotic alga prevalent in corals of the world's hottest sea, the Persian Gulf, *Scientific reports*, 5.
- [14]- LaJeunesse, T. C. (2005), "Species" radiations of symbiotic dinoflagellates in the Atlantic and Indo-Pacific since the Miocene-Pliocene transition, *Molecular Biology and Evolution*, 22, 570-581.
- [15]- Stat, M., Pochon, X., Cowie, R. O., and Gates, R. D. (2009), Specificity in communities of *Symbiodinium* in corals from Johnston Atoll, *Marine Ecological Progress Series*, 386, 83-96.
- [16]- Varasteh, T., Shokri, M., Rajabi-Maham, H., Behzadi, S., and Hume, B. (2017), *Symbiodinium thermophilum* group symbionts in *Porites harrisoni* and *Cyphastrea microphthalma* in the northern Persian Gulf, Iran, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, (In Press).
- [17]- Mostafavi, P. G., Ashrafi, M. G., and Dehghani, H. (2013), Are symbiotic algae in corals in northern parts of the Persian Gulf resistant to thermal stress?, *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 16, 177-182.

- [18]- Mostafavi, P. G., Fatemi, S. M. R., Shahhosseiny, M. H., Hoegh-Guldberg, O., and Loh, W. K. W. (2007), Predominance of clade D Symbiodinium in shallow-water reef-building corals off Kish and Larak Islands (Persian Gulf, Iran), *Marine Biology*, 153, 25-34.
- [19]- Rahmani, S., Ghavam Mostafavi, P., Shahhosseiny, M., Vosoughi, G., and Faraji, A. (2011), Genetic Identification of Symbiodinium in Genus Acropora off Farur Island, Persian Gulf, *International Journal of Marine Science and Engineering*, 1, 43-50.
- [20]- Mashini, A. G., Fard Yazdani, M., Ghavam Mostafavi, P., and Shahhosseiny, M. H. (2017), Analysis of symbiotic Symbiodinium in scleractinian corals off Northwestern Kish Island, Persian Gulf, *Marine Ecology*, 38.
- [21]- Glynn, P. W., Maté, J. L., Baker, A. C., and Calderón, M. O. (2001), Coral bleaching and mortality in Panama and Ecuador during the 1997–1998 El Niño–Southern Oscillation event: spatial/temporal patterns and comparisons with the 1982–1983 event, *Bulletin of Marine Science*, 69, 79-109.
- [22]- Abrego, D., Ulstrup, K. E., Willis, B. L., and van Oppen, M. J. (2008), Species–specific interactions between algal endosymbionts and coral hosts define their bleaching response to heat and light stress, *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275, 2273-2282.
- [23]- Suggett, D. J., Warner, M. E., Smith, D. J., Davey, P., Hennige, S., and Baker, N. R. (2008), Photosynthesis and production of hydrogen peroxide by Symbiodinium (Pyrrhophyta) phylotypes with different thermal tolerances, *Journal of Phycology*, 44, 948-956.



بررسی ترکیب و فراوانی فیتوپلانکتونی در آبهای ساحلی دریای عمان

جلیلی، مهشید*، آگاه، همیرا، امینی یکتا، فاطمه

گروه زیست‌شناسی دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

* jalili_mahshid@yahoo.com

چکیده

جوامع فیتوپلانکتونی آبهای ساحلی دریای عمان با هدف بررسی و پایش وضعیت موجود، ترکیب گونه‌های فیتوپلانکتونی، تراکم و پراکنش انجام گرفته است. در این راستا نمونه‌برداری از ۶ ایستگاه (تیس، رمین، کنارک، خلیج چابهار، پزم و آب شیرین کن) با بطری نیسکین در زمان پیش و پس مانسون با سه تکرار صورت گرفت. در این مطالعه فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در سطح و عمق (۷ متر) به ترتیب $(Cell L-1) 5271 \pm 1944333$ و $(Cell L-1) 4475 \pm 994000$ بود. در مرحله اول این طرح (پیش مانسون، اردیبهشت) حدود ۳۰ جنس فیتوپلانکتون در منطقه شناسایی شده‌اند که برخی از این گونه‌ها هر ساله تحت شرایط خاص سبب بروز بلوم پلانکتونی می‌شوند. جنس‌های مذکور اغلب به رده‌های باسیلاریوفیسه، داینوفیسه، سیانوفیسه، آلفا پروتئوباکتريا، Zygnemophyceae، Chlorophyceae و Prymnesiophyceae تعلق داشتند. در نمونه‌های بررسی شده دینوفیسه‌ها و سیانوفیسه‌ها به ترتیب بیشترین فراوانی نسبی و تنوع را داشتند. بیشترین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در رمین و پس از آن در دریا بزرگ مشاهده شده است و کمترین فراوانی در تیس مشاهده شد. در بررسی دوم (پس مانسون) ۵۷ گونه شناسایی شد که بیشترین فراوانی نسبی به ترتیب مربوط به رده باسیلاریوفیسه‌ها (۴۹/۴٪) و داینوفیسه‌ها (۴۴/۵٪) بود. همبستگی که با استفاده از آزمون غیرپارامتریک Spearman بین میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و دما، pH و شوری گرفته شده است همبستگی معنی‌داری دیده نشد ($p > 0.05$). نتایج آنالیز Mann-Whitney نشان دهنده اختلاف معنی‌داری ($p < 0.05$) بین فراوانی فیتوپلانکتون‌های ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده بود. ایستگاه تیس نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارای تنوع و تراکم بالاتری بود بنابراین از پایداری اکولوژیک بیشتری برخوردار بوده است و به عبارتی چنین ایستگاه‌هایی کمتر در برابر استرس‌های محیطی حساس‌اند.

کلید واژه: نوع گونه‌ای، تراکم، ترکیب و فراوانی، فیتوپلانکتون، دریای عمان، خلیج چابهار

۱. مقدمه

پلانکتون‌ها اغلب به عنوان شاخص سلامت آبی و محیطی استفاده می‌شوند، چرا که دارای حساسیت بالایی نسبت به تغییرات محیط هستند. اجتماعات پلانکتونیک مخصوصاً فیتوپلانکتون‌ها طول عمر کمی داشته و برگشت‌پذیری آنها سریع است. لذا فیتوپلانکتون‌ها به عنوان اندیکاتورهای تغییرات محیطی استفاده می‌شوند.

برخلاف مطالعات متعددی که در بخش خلیج فارس و دریای عربی انجام شده، تنوع و فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در بخش‌هایی از خلیج عمان تا تقریباً ناشناخته است. هر چند از اواخر قرن بیستم مطالعاتی در زمینه تراکم فیتوپلانکتون‌ها در محدوده دریای عربی و خلیج عمان صورت گرفته [۷، ۸، ۱۲ و ۱۷]، ولی مطالعات موجود در زمینه تنوع گونه آبی و ساختار جامعه فیتوپلانکتونی خلیج عمان بخصوص در مناطق عمیق بسیار محدود است [۹ و ۱۰]. مطالعاتی که در سال‌های اخیر در سواحل عمان انجام شده [۱، ۲، ۳، ۴ و ۱۹] نشانگر نگرانی‌های محققین از کاهش

جمعیت فیتوپلانکتون‌ها ناشی از گرم شدن آب و هوای جهانی است. کاهش ۴۰٪ غلظت فیتوپلانکتون‌ها از سال ۱۹۵۰ در پاسخ به گرم شدن جهانی حدود موید این موضوع است. با ادامه این روند لزوم مطالعه و تحقیق در زمینه پلانکتون‌های گیاهی و بررسی و پایش مستمر این گونه‌ها احساس می‌شود. لذا این مطالعه با هدف بررسی وضعیت گونه‌های فیتوپلانکتونی به جهت پایش وضعیت موجود و به عنوان بخشی از طرح پایش دریای عمان انجام گرفته است.

۲. روش تحقیق

ترکیب و تنوع فیتوپلانکتون‌های آب‌های ساحلی خلیج چابهار در قالب پروژه جامع پایش دریای عمان بررسی شد. طی گشتی دو روزه از ۶ ایستگاه تعیین شده (شکل ۱)، نمونه آب از سطح دریا توسط بطری نیسکین برداشت و با حدود ۳ میلی‌لیتر محلول لوگل تثبیت شدند و جهت شناسایی و شمارش به آزمایشگاه انتقال یافتند [۴].

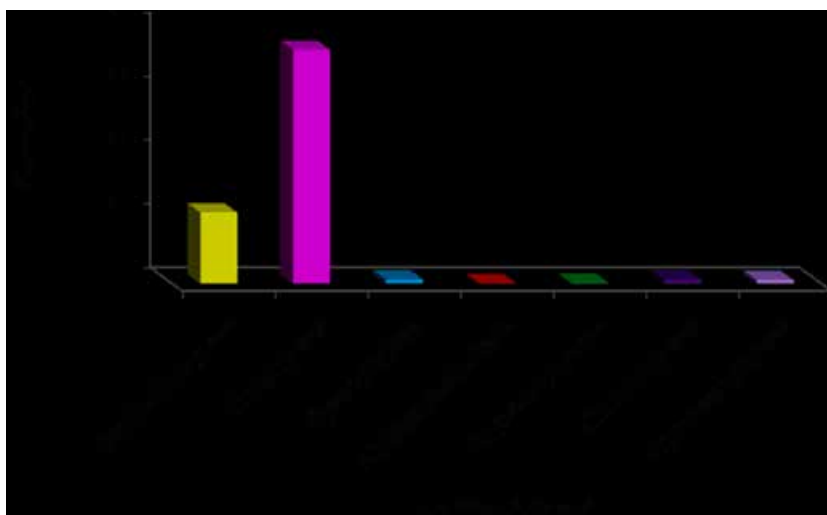


شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده

در آزمایشگاه جهت ته‌نشینی گونه‌های فیتوپلانکتون، رسوبگذاری در دو مرحله انجام و پس از همگن‌سازی نمونه‌ها ۴۰ سی‌سی از حجم نمونه برداشته و درون چمبر هیدروبیوس به مدت حدود ۲۰ تا ۲۴ ساعت [۱۳] در محیط تاریک قرار داده شد [۱۵]. نمونه‌ها در سه تکرار با میکروسکوپ Axivert S100 با کلیدهای شناسایی معتبر مورد بررسی قرار گرفتند [۳ و ۱۱]. جهت بررسی همسان بودن پراش‌ها و پیروی داده‌ها از توزیع نرمال از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. آزمون آماری آنالیز واریانس در نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

۳. نتایج

در پایش اول این بررسی ۳۰ گونه فیتوپلانکتون شناسایی شدند. گونه‌های غالب فیتوپلانکتون به ترتیب مربوط به خانواده‌های *Gymnodiniaceae*, *Naviculaceae* و *Coscinodiscaceae*, *Prorocentraceae*, *Protoperidiniaceae* و *Dinophysiaceae* تعلق داشت و در میان گروه‌های اصلی شمارش شده، بیشترین درصد فراوانی متعلق به گروه داینوفیسه‌ها بوده است (شکل ۲). بیشترین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در رمین و پس از آن در دریا بزرگ مشاهده شده است و کمترین فراوانی در تیس مشاهده شد.



شکل ۲: درصد فراوانی گروه های فیتوپلانکتونی

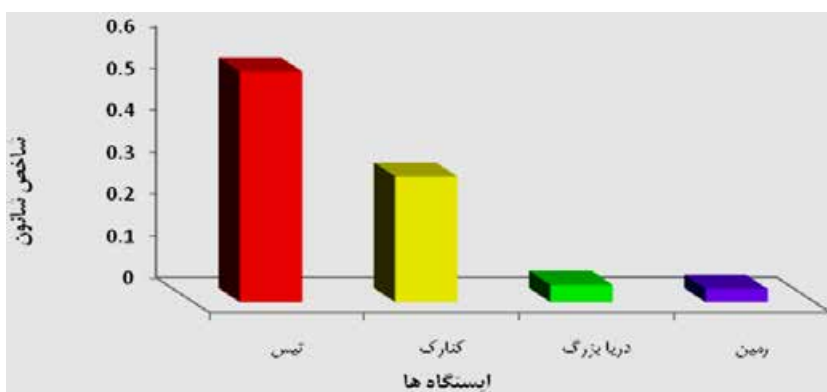
۱,۳. شاخص های تنوع فیتوپلانکتون

میزان شاخص تنوع شانون در ایستگاه ۴۸ و میزان شاخص غالبیت گونه ای (شاخص سیمپسون) در ایستگاه ۲۶ و ۴۴ و غنای گونه ای مارگالف در ایستگاه ۵۴ بیشتر بود. ایستگاه ۶۴ بالاترین میزان شاخص یکنواختی را به خود اختصاص داد. ایستگاه ۴۰ بیشترین و ایستگاه ۶۴ کمترین تعداد گونه را به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

جدول ۱: شاخص های تنوع برای میانگین فراوانی گونه های فیتوپلانکتون

	T	K	D	R
No. of species	۱۷	۳۷	۱۵	۶
Abundance	۶۷۰۰	۱۲۸۳۳۳	۵۹۴۰۰	۹۹۲۳۳
Dominance	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۹۳	۰/۹۴
Simpson	۰/۸۶	۰/۹۱	۰/۰۶	۰/۰۵
Evenness	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۰۸	۰/۱۹
Margalef	۱/۴۴	۲/۲۱	۱/۰۵	۰/۳۶

حداقل تنوع گونه ای فیتوپلانکتون ها با میزان ۰,۰۳ در ایستگاه رمین و حداکثر آن با میزان ۰,۵۵ در تیس مشاهده شده است (شکل ۳).



شکل ۳: شاخص تنوع گونه ای شانون فیتوپلانکتون

نتایج آنالیز Mann-Whitney نشان دهنده اختلاف معنی داری ($p < 0.05$) بین فراوانی فیتوپلانکتون های ایستگاه های تیس و کنارک و همچنین تیس و رمین و نیز دریا بزرگ بود.

همبستگی که با استفاده از آزمون غیرپارامتریک Spearman بین میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و دما و شوری گرفته شده است همبستگی معنی‌داری دیده نشد ($p > 0.05$) اما بین میانگین فراوانی فیتوپلانکتون و pH همبستگی معنی‌دار بود ($p < 0.05$). بر اساس ماتریکس شباهت Bray-Curtis، ایستگاه‌ها از نظر فراوانی فیتوپلانکتون‌های در شباهت ۳۰ درصد به سه دسته مجزا تقسیم می‌شوند.

۲.۳. پایش دوم

در بررسی دوم ۵۷ گونه شناسایی شد که بیشترین فراوانی نسبی به ترتیب مربوط به رده باسیلاریوفیسه‌ها (۴۹،۴ درصد) و داینوفیسه‌ها (۴۴،۵ درصد) بود. به طور کلی تراکم فیتوپلانکتون‌ها در آبهای سطحی نسبت به عمق بیشتر بود، در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده بیشترین تراکم مربوط به ایستگاه ۴ با میانگین فراوانی 748 ± 369333 و کمترین تراکم مربوط به ایستگاه ۵ با میانگین فراوانی 202 ± 48667 بود.

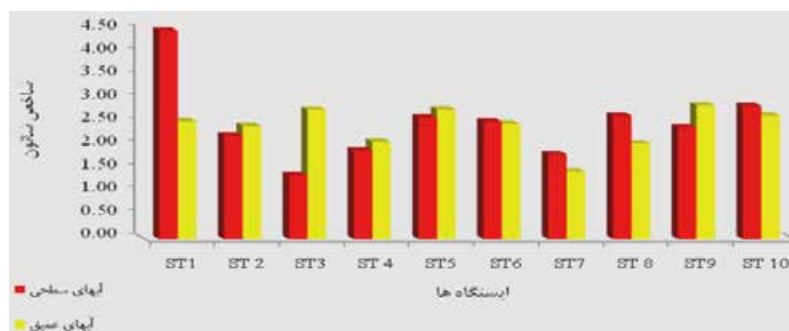
۳.۳. شاخص تنوع فیتوپلانکتون

میزان شاخص تنوع شانون در ایستگاه ۴۸ و میزان شاخص غالبیت گونه‌ای در ایستگاه ۲۶ و ۴۴ و غنای گونه‌ای مارگالف در ایستگاه ۵۴ بیشتر بود. ایستگاه ۶۴ بالاترین میزان شاخص یکنواختی را به خود اختصاص داد (جدول ۲).

جدول ۲: شاخص‌های تنوع برای میانگین فراوانی گونه‌های فیتوپلانکتون

	T1	T2	K1	K2	W1	D1	P1	P2	R1	R2
No. of species	۲۷	۲۸	۳۳	۳۵	۳۳	۲۵	۲۸	۳۶	۳۵	۳۵
Abundance	۱۲۰۵۰۰	۱۰۶۰۰۰	۱۴۰۶۶۶	۲۹۲۵۰۰	۹۷۸۳۳	۹۶۳۳	۱۵۲۱۶۶	۱۱۹۵۰۰	۲۲۹۰۰۰	۱۱۴۶۶۶
Dominance	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶
Simpson	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۶۷	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۳
Evenness	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۵۹	۰/۷۴	۰/۲۵	۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۶۰
Margalef	۲/۲۲	۲/۳۳	۲/۶۹	۲/۷۰	۲/۷۸	۲/۰۹	۲/۲۶	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۵

حداقل تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون‌ها با میزان ۱،۳۷ در ایستگاه ۳ و حداکثر آن با میزان ۴،۵ در ایستگاه ۱ مشاهده شده است (شکل ۴).



شکل ۴: شاخص تنوع گونه‌ای شانون فیتوپلانکتون

همبستگی که با استفاده از آزمون غیرپارامتریک Spearman بین میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و دما، pH و شوری گرفته شده است همبستگی معنی‌داری دیده نشد ($p > 0.05$). بر اساس ماتریکس شباهت Bray-Curtis، ایستگاه‌ها از نظر فراوانی فیتوپلانکتون‌های در شباهت ۳۰ درصد به سه دسته مجزا (۲۶-۴۰، ۲۸-۵۲، ۶۴-۸۴) تقسیم می‌شوند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق تراکم فیتوپلانکتونی در سطح و عمق در آذر ماه ۹۱ به ترتیب برابر 5271 ± 1944333 و 4475 ± 994000 سلول در متر مکعب گزارش شد. طبق مطالعات Dorgham و Muftah [۹] تراکم فیتوپلانکتونها در پاییز بین ۷۰۰۰ تا ۴۴۹۱۰۰۰۰ سلول در متر مکعب

متغیر است. نتایج این تحقیق نشان داد که تراکم فیتوپلانکتون‌ها در پایش قبل از مانسون کمتر بود. در دوره‌های پس از مانسون، افزایش مواد مغذی در لایه‌های سطحی به دلیل وزش بادهای پر قدرت سبب اختلاط لایه‌های زیرین با لایه‌های فوقانی آب شده و این امر منجر به بروز پیک فراوانی فیتوپلانکتونی شده است، در حالیکه بیشترین فراوانی‌ها در آبهای گرمسیری اقیانوس آرام در جریان‌ات فراچاهنده تابستانه مشاهده شد.

تغییر در ترکیب جنس‌ها و غالبیت فیتوپلانکتونها می‌تواند توسط مکانیزم‌های متفاوتی مانند محدودیت دمایی، میزان نور، مواد مغذی، ته‌نشینی آنها و مصرف زئو پلانکتونها و غیره رخ دهد [۱۶].

بر اساس تئوری Tilman افزایش تنوع سبب تثبیت بیشتر اجتماعات و تولیدات شده و این سیستم کمتر در برابر استرس مستعد خواهد بود [۱۸]. بنابراین ایستگاه‌هایی مانند سواحل تیس (شماره ایستگاه ۱) که دارای تنوع بالاتری است از پایداری اکولوژیک بیشتری برخوردار است به عبارتی چنین ایستگاه‌هایی کمتر در برابر استرس‌های محیطی حساس‌اند. برای پی بردن به تثبیت اکولوژیکی منطقه مورد بررسی لازم است که روند ترکیب گونه‌ها، فراوانی و تنوع پلانکتون‌ها در طی چند سال بررسی شود.

منابع

- [1]- Al-Azri A.R., Piontkovski S. A., Al-Hashmi K., Goes J.G., and Helga do R., (2010), Chlorophyll a as a measure of seasonal coupling between phytoplankton and the monsoon periods in the Gulf of Oman, *Aquatic Ecology*, Vol. 44, No. 2, 449-46.
- [2]- Al-Hashmi, Y., Sarma, V.B., Claereboudt, M., Al-Azri, A. R., Piontkovski, S. R., and Al-Habsi, H., (2012), Phytoplankton Community Structure in the Bay of Bandar Khyran, Sea of Oman with Special Reference to Harmful Algae. *International Journal of Marine Science*, Vol.2, No. 5, 31-42.
- [3]- Al-Yamani, F. Y.; Saburova, M. A., (2010), Illustrated Guide on the Flagellates of Kuwait's Intertidal Soft Sediments, Kuwait Institute for Scientific Research, 209 pp.
- [4]- APHA. (2005), Standard methods for examination of water and wastewater, 21th Ed., American Public Health Association, Washington, D.C.
- [5]- Attaran-Fariman, G. and Bolch, C. J. S. (2012), Morphology and phylogeny of *Scrippsiella trochoidea* (dinophyceae) a potentially harmful bloom forming species isolated from the sediments of Iran's south coast. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, Vol.11, No. 2, 252-270.
- [6]- Attaran-Fariman, G.; Khodami, S.; Bolch, C.J.S., (2011), The cyst-motile stage relationship of three *Protoperidinium* species from south-east coast of Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, Vol. 10, No. 1, 1-12.
- [7]- Barlow, R.G., Mantoura, R.F.C. & Cummings D.G., (1999), Monsoonal influence on the distribution of phytoplankton pigments in the Arabian Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, Vol, 46, No.(3-4), 677-699.
- [8]- Brock, J. C., McClain, C. R., Anderson, D. M., Prell, W. L., & Hay, W. W., (1992), Southwest monsoon circulation and environments of recent planktonic foraminifera in the northwestern Arabian Sea. *Paleoceanography*, Vol, 7, No. 6, 799-813.

- [9]- Dorgham, M. M., Muftah, A., (1989), Environmental conditions and phytoplankton distribution in the Persian Gulf and Gulf of Oman, *Marine Biological Association of India*. No. 31, 36-53.
- [10]- Dorgham, M. M; (2013), Plankton research in the ROPME Sea Area, Achievements and Gaps. *Int. J. Environ. Res.*, Vol, 7, No. 3, 767-778.
- [11]-Al-Kandari, M., Al-Yamani, F., Al-Rifaie, K., (2009), Marine phytoplankton atlas of Kuwait's water. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait. 350 pp.
- [12]- Hamzehei, S., Bidokhti, A. A., Mortazavi, M. S., & Gheiby, A. (2013), Red tide monitoring in the Persian Gulf and Gulf of Oman using MODIS sensor data. *Tech. J. Engin. App. Sci*, No.3, 1100-1107.
- [13]- HELCOM., (2001), Manual for marine monitoring in the COMBINE Program of HELCOM.
- [14]- Maria, A. F., and Lorda, J. F.,(2006), Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific , *Journal of Progress in Oceanography*.Vol. 69, pp.318-359
- [15]- Mazziotti, C., Rosaria Vadrucchi, M. (2007), Methodological aspects of phytoplankton analysis in transitional waters. *Transitional Waters Bulletin*.No. 3, 9-12.
- [16]- Ortega-Mayagoitia, E., Rojo, C., & Rodrigo, M. A. (2003), Controlling factors of phytoplankton assemblages in wetlands: an experimental approach. In *Phytoplankton and Equilibrium Concept: The Ecology of Steady-State Assemblages* (pp. 177-186).
- [17]- Piontkovski, S., Al-Azri, A., & Al-Hashmi, K. (2011), Seasonal and interannual variability of chlorophyll-a in the Gulf of Oman compared to the open Arabian Sea regions. *International journal of remote sensing*, Vol 32, No. 22, 7703-7715.
- [18]- Raghukumar, S., & Anil, A. C. (2003), Marine biodiversity and ecosystem functioning: A perspective. *Current Science*, Vol 84, No.7, 884-892.
- [19]- Sarma, V. V. S. S., Viswanadham, R., Rao, G. D., Prasad, V. R., Kumar, B. S. K., Naidu, S. A., & Reddy, N. P. C. (2012), Carbon dioxide emissions from Indian monsoonal estuaries. *Geophysical Research Letters*, Vol.39, No.3.



بررسی میزان بیوماس و رنگدانه‌های ریز جلبک همزیست *Symbiodinium goreau* جداسازی شده از مرجانیان خلیج فارس

یائری گوهری مینا^{۱*}، زارعی دارکی بهروز^۲، قناتی فائزه^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲. استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۳. استاد گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

* hh.yasari@gmail.com

چکیده

در بین داینوفلاژله‌ها گونه‌های جنس *Symbiodinium* دارای ترکیبات زیست فعال با ارزش نظیر رنگدانه‌ها، پروتئین و لیپید می‌باشند. رنگدانه پریدینین کارتنوئیدی است که فقط توسط داینوفلاژله‌ها سنتز می‌شود و در عرصه‌های مختلف پزشکی صنایع شیمیایی، مواد غذایی، رنگ‌رزی و آبی‌پروری کاربرد فراوان دارد. امروزه علم بیوتکنولوژی به دنبال محرک‌های موثر برای افزایش میزان بیوماس در جلبک‌هاست. در این پژوهش ریزجلبک *Symbiodinium goreau* تحت دمای $23 \pm 1^\circ\text{C}$ و شدت نوری $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ در دستگاه فتوبیوراکتور به مدت ۱۴ روز کشت شد و میزان بیوماس، نرخ رشد و همچنین مقدار رنگدانه‌های پریدینین، کلروفیل a و c مورد سنجش قرار گرفت. طبق نتایج بیشترین مقدار بیوماس طی ۱۴ روز به مقدار $28/66$ گرم بر مترمربع بدست آمد، همچنین مقدار نرخ رشد ویژه $d-1$ $148/0$ و مقدار رنگدانه‌های پریدینین، کلروفیل a و c به ترتیب، $0/315$ ، $0/051$ و $0/122$ گرم بر مترمربع بدست آمد. لیکن به نظر می‌رسد بهترین روش کشت برای گونه‌های همزیست داینوفلاژله‌ها، کشت بر روی بسترهای سخت می‌باشد.

کلید واژه: داینوفلاژله، زئوزانتلا، کارتنوئید، پریدینین، کلروفیل، فتوبیوراکتور

۱. مقدمه

رشد جلبک‌ها تحت تاثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی محیط مانند درجه حرارت، شدت نور و دوره‌های نور می‌باشد و نرخ رشد مهمترین راه برای بیان توانایی سازگاری یک گونه نسبت به شرایط طبیعی و آزمایشگاهی است [۱]. داینوفلاژله‌ی *Symbiodinium*، ریزجلبک ارزشمندی است که به دلیل داشتن متابولیت‌های زیست فعال از جمله پریدینین، کلروفیل، ترکیبات نیتروژنی و لیپید می‌باشد که کاربرد فراوانی در عرصه‌های مختلف غذا و دارو و همچنین در صنعت آب و فاضلاب، تغذیه انسان، مکمل‌های غذایی دام، طیور و آبزیان دارد [۲-۳]. طی مطالعات انجام شده ۷۵۰ نوع کارتنوئید و مشتقات آن گزارش شده است که ۲۵۰ نوع آنها منشأ دریایی دارند و در طبیعت به صورت هیدروکربن‌های بتاکاروتن و زانتوفیل‌ها مشاهده می‌گردند. رنگیزه پریدینین یکی از مشتقات کارتنوئیدی است که در گروه زانتوفیل‌ها قرار می‌گیرد [۴-۵]. پریدینین موجود در کمپلکس PCP (پریدینین - کلروفیل - پروتئین) به عنوان یک گیرنده نوری و از مهمترین رنگدانه‌های موجود در داینوفلاژله محسوب می‌شود که

راندمان انتقال الکتریکی به کلروفیل a را حدود ۸۸ درصد افزایش داده است [۶-۷]. مشاهدات نشان داده است که پریدینین در گونه‌های *Symbiodinium sp.* و *Gonyoulax polyedra* به ترتیب ۷۵ و ۵۵ درصد از کل کارتنوئید را تشکیل می‌دهند [۸-۹]. نسبت رنگدانه‌ای پریدینین به کلروفیل در کمپلکس PCP، ۱/۴ می‌باشد البته نسبت این رنگدانه‌ها در گونه‌های مختلف داینوفلاژله متفاوت است به نسبت‌های ۱/۴ تا ۱/۶ تغییر می‌کند [۱۰]. پنج نوع کلروفیل a, b, c, d, e در جلبک‌ها وجود دارد و کلروفیل a در همه جلبک‌ها یافت می‌شود و تنها شکل کلروفیل c که در داینوفلاژله‌ها یافت می‌شود، کلروفیل C2 می‌باشد [۱۱]. نسبت رنگدانه کلروفیل a/c در گونه‌های مختلف داینوفلاژله‌ها متفاوت می‌باشد [۱۲-۱۳]. رنگدانه کلروفیل موجود در گیاهان نور خورشید را جذب و تبدیل به انرژی می‌کند همچنین دارای فواید دارویی از جمله بهبود بخشیدن مشکلات قندخون، سمیت‌زدایی باقیمانده داروها در بدن و نقش آنتی‌باکتریال در بدن موجود زنده دارد [۱۴]. رنگدانه پریدینین دارای اثر ضدالتهابی قوی بر سلول‌های سرطانی روده انسان و عامل اصلی جهت سرکوب پاسخ‌های آلرژیک، مانند درماتیک اتوپیک می‌باشد. همچنین پریدینین خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارد و جهت جلوگیری از تشکیل تومور و یا القای آپوپتوز در سلول‌های سرطانی استفاده می‌گردد [۳-۱۵-۱۶]. با توجه به خواص و کاربرد فراوان *Symbiodinium goreau* و وجود رنگدانه‌ی پریدینین و به‌منظور بالا بردن کمیت و کیفیت ترکیبات زیست فعال جلبک‌ها، هدف این تحقیق بررسی تأثیر شدت نور $2 \times 10^{-5} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ بر ترکیبات زیست فعال در کشت فتوبیوراکتور بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

ریزجلبک *Symbiodinium goreau* از کلکسیون جلبک گروه زیست‌دریا دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. ابتدا کشت سوسپانسونی در محیط کشت ASP12 تهیه و مقدار سوسپانسیون به دو لیتر رسید. سوسپانسیون تهیه شده بوسیله سانتریفیوژ در دور ۲۰۰۰g به مدت ۵ دقیقه تغلیظ شد. سپس سوسپانسیون تغلیظ شده به منظور کشت روی دیسک‌های از قبل آماده شده قرار داده شد. در مرحله بعد کشت در فتوبیوراکتور در دمای $23 \pm 1^\circ \text{C}$ و شدت نوری $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ به مدت ۱۴ روز انجام شد. هر ۳ روز یک مرتبه میزان بیوماس و رنگدانه‌های کلروفیل a, c و پریدینین اندازه‌گیری گردید [۲]. نرخ رشد ویژه با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید [۱۷]. سلول‌های جلبکی از دیسک کشت توسط حلال‌های متانول خالص: آمونیوم استات ۰/۵ مولار استخراج شدند به این صورت که در ابتدا به سلول‌های جلبکی ۴/۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ اضافه شد و به مدت ۱۲۰ ثانیه ورتکس شد در مرحله بعدی به مدت ۲ ساعت در یخ خشک در تاریکی قرار داده شد. پس از ۲ ساعت، ۰/۵ میلی‌لیتر آمونیوم استات ۰/۵ مولار اضافه، و دوباره عمل ورتکس انجام شد. در طول شب در دمای -20°C درجه‌سانتی‌گراد نگهداری شد. در مرحله بعد ناخالصی‌های غیرقابل حل با دوبار سانتریفیوژ در دمای 4°C درجه، به مدت ۱۰ دقیقه از بین رفت [۲-۱۳]. عصاره متانولی در دستگاه اسپکتوفتومتری با استفاده از معادله $A = \epsilon \cdot l \cdot c$ در طول موج ۴۶۹، ۶۶۵ و ۶۳۵ قرائت و به ترتیب غلظت پریدینین، کلروفیل a و کلروفیل c اندازه‌گیری شد [۹-۱۲].

$$\ln(C_n - C_0) / (t_n - t_0) \mu = \quad (1)$$

μ : نرخ رشد ویژه (d-1)، C_n : مقدار بیوماس پایان دوره (g/m²)، C_0 : مقدار بیوماس اول دوره (g/m²)، t_n : زمان انتهایی دوره (day)،

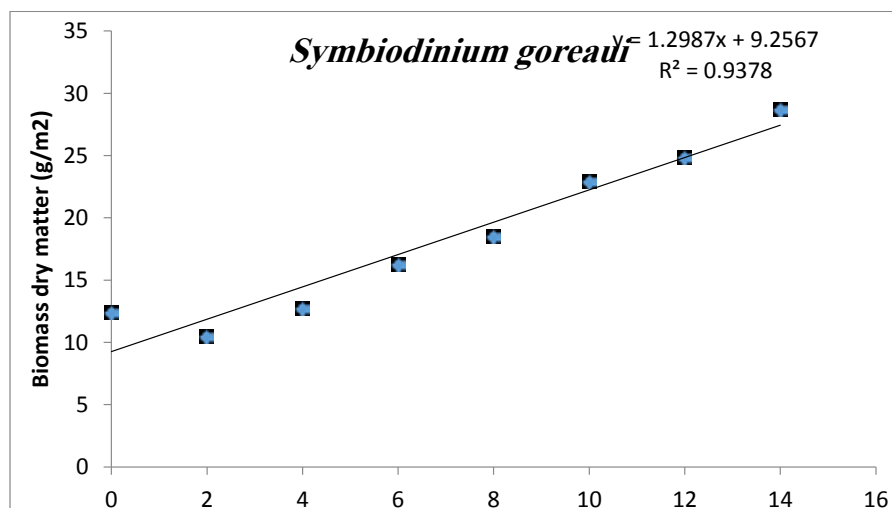
t_0 : زمان ابتدای دوره (day).

جهت رسم نمودار مقدار بیوماس از برنامه Excel 2013 استفاده شد.

۳. نتایج

مقدار بیوماس ریزجلبک *Symbiodinium goreau* بعد از خشک کردن دیسک‌های کشت در آون و پس از خنک شدن در دسیکاتور وزن خشک جلبک نشان داد که با گذشت زمان مقدار بیوماس افزایش یافته است به طوری که آنالیز آماری مدل خطی به خوبی این روند را برازش نموده است. همچنین براساس مدل خطی، همبستگی بین بیوماس و زمان بصورت خطی و مثبت است به طوری که میزان $R_2 = 0.94$ می‌باشد که خود نشان‌دهنده این میزان همبستگی است. و بیشترین مقدار بیوماس روز چهارده ۲۸/۶۶ گرم در مترمربع می‌باشد. مقدار بیوماس جلبکی برحسب گرم در مترمربع در شکل ۱ آمده است. میزان نرخ رشد ویژه بعد محاسبه با معادله ۱ حدود 0.148 d^{-1} بدست آمد. همچنین نتایج مقدار

رنگیزه پریدینین و کلروفیل a و c در روز ۱۴ ریز جلبک *Symbiodinium goreau* کشت داده شده در فتوبیوراکتور به ترتیب ۰/۳۱۵ و ۰/۰۵۱ و ۰/۱۲۲ گرم بر مترمربع مشاهده شد. در جدول (۱) مقدار بیوماس و رنگدانه‌های کلروفیل a و c و پریدینین در روز ۱۴ کشت فتوبیوراکتور تحت نور $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ آمده است.



شکل ۱: مقدار بیوماس ریز جلبک *Symbiodinium goreau* بر حسب گرم در مترمربع

جدول ۱: مقدار بیوماس و رنگدانه‌های کلروفیل a و c، پریدینین در *Symbiodinium goreau*

	پریدینین g.m ⁻²	کلروفیل c g.m ⁻²	کلروفیل a g.m ⁻²	روز	نور $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	بیوماس g.m ⁻²
<i>Symbiodinium goreau</i>	۰/۳۱۵	۰/۱۲۲	۰/۰۵۱	۱۴	۵۰	۲۸/۶۶

۴. بحث

طبق مطالعات، کشت ریز جلبک *Symbiodinium voratum* در دستگاه کشت فتوبیوراکتور تحت نورهای مختلف و دمای $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ، بیشترین میزان تولید پریدینین در شدت نور ۷۳ به مقدار 73 g. m^{-2} و ۰/۶ همچنین مقدار بیوماس 60 g. m^{-2} مشاهده شد [۳]. در پژوهش حاضر، بیشترین میزان بیوماس، در *Symbiodinium goreau* $28/66 \text{ g. m}^{-2}$ بدست آمد و این نشان می‌دهد انتخاب نور ۵۰ برای بدست آوردن حداکثر بیوماس مناسب نیست. همچنین در تحقیق حاضر، مقدار رنگدانه پریدینین در روز ۱۴ با استفاده از روش اسپکتروفتومتری و قرار دادن در فرمول مورد نظر به مقدار 31 g. m^{-2} بدست آمد. بیشترین مقدار پریدینین، دینوفلاژله *Alexandrium minutum* در کشت سوسپانسیونی فتوبیوراکتور حدود $3 \text{ g l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ بدست آوردند [۱۸] که با پژوهش حاضر مطابقت دارد. درحالی که Rogors و Marcovich در سال ۲۰۰۷ مقدار پریدینین تحت شدت نور $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ محیط کشت L_1 به مقدار $0/17 \mu\text{g. ml}^{-1}$ گزارش نمودند [۱۳]. در تحقیق حاضر میزان رنگدانه پریدینین، بیشتر از مقدار ذکر شده، بدست آمده که می‌تواند به دلیل استرس نوری در محیط پرورش باشد، زیرا در شرایط استرس میزان رنگدانه پریدینین افزایش می‌یابد. در حالی که Johansen و همکاران در سال ۱۹۷۴، بیشترین مقدار پریدینین در دینوفلاژله مختلف کشت داده شده در فتوبیوراکتور PBRs به مقدار ۰/۷-۰/۳٪ وزن خشک اندازه گرفتند [۱۹]. Rogers و Marcovich (۲۰۰۷)، میزان کلروفیل a و c در *Symbiodinium spp.* به ترتیب ۰/۹ و ۰/۳۲ میکرومول بر لیتر گزارش شده است [۱۳]. در حالی که رنگدانه کلروفیل a و c در تحقیق حاضر به ترتیب $0/05 \text{ g. m}^{-2}$ و $0/12 \text{ g. m}^{-2}$ بدست آمد. مطالعات نشان داده نسبت کلروفیل a/c دینوفلاژله *Amphidinium* و یک *Zooxanthellae* همزیست با مرجان به ترتیب $0/6 \mu\text{g. l}^{-1}$ و $0/2$ محاسبه نمودند [۱۲]. در تحقیق حاضر نسبت کلروفیل c به کلروفیل a تقریباً دو برابر است. بررسی ۳ فیتوپلانکتون تحت دمای 20°C و نورهای مختلف نشان داد، بیشترین نسبت کلروفیل a/c در گونه *Amphidinium carteri* می‌باشد [۲۰]. مطالعه‌ای که بر نرخ رشد دینوفلاژله *Azadinium spinosum* تحت شرایط نوری و شوری مختلف انجام شد میزان نرخ رشد در نور $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ به مقدار $0/31 \pm 0/01 \text{ d}^{-1}$ می‌باشد [۲۱]. در مطالعه صورت گرفته توسط Robison و همکاران (۲۰۰۶) نرخ رشد *Symbiodinium* کلادهای مختلف تحت دما و نور مختلف بررسی نمودند، مقدار نرخ رشد کلاد A و f در دمای 26°C و نور $26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

۱۰۰ به ترتیب d^{-1} 0.91 ± 0.12 و 1.99 ± 0.14 بدست آمد [۲۲]. پژوهشی که بر نرخ رشد ویژه دینوفلاژله *Alexandrium tamarense* تحت نورهای مختلف نشان داد، بیشترین میزان نرخ رشد در نور ۲۳۰ به مقدار d^{-1} 0.4 می‌باشد [۲۳]. درحالی که *Dinophysis acuminata* تحت شدت نوری مختلف بیشترین مقدار نرخ رشد در نور ۲۰۰ به مقدار d^{-1} 0.3 بدست آمد [۲۴]. میزان نرخ رشد ویژه در پژوهش حاضر تحت نور $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ به مقدار d^{-1} 0.14 بدست آمد.

۵. نتیجه‌گیری

کشت داینوفلاژله‌ها در مقیاس فنی به دلیل رشد ضعیف و دلایلی که هنوز ناشناخته مانده بسیار سخت بوده است. نتیجه حاصل از این پژوهش با فعالیت دیگر محققین نشان داد که کشت *Symbiodinium* در دستگاه فتوبیوراکتور در مقایسه با کشت سوسپانسیون، میزان رشد قابل توجه و حداکثر تولید بیوماس را فراهم می‌نماید، که این امر احتمالاً به دلیل کاهش استرس‌های هیدرودینامیکی در دستگاه فتوبیوراکتور بوده است. از طرفی به منظور بالا بردن کمیت و کیفیت ترکیبات زیست‌فعال در جلبک‌ها می‌توان با تغییر شرایط محیطی و استرس‌های فیزیکی و شیمیایی به این امر دست یافت. باتوجه به یافته‌های پژوهش حاضر از کشت داینوفلاژله در نور $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ، لازمست کشت ریز جلبک در شدت نورهای مختلف نیز جهت مقایسه انجام شود.

منابع

- [1]- Danesi, E.D.G., Rangel-Yagui, C.O., Carvalho, J.C.M. and Sato, S., 2004. Effect of reducing the light intensity on the growth and production of chlorophyll by *Spirulina platensis*. *Biomass and Bioenergy*, 26(4), pp.329-335.
- [2]- Awai K., Matsuoka R., Shioi Y., 2012. Lipid and fatty acid compositions of *Symbiodinium* strains. In *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*, 9-13.
- [3]- Benstein R. M., Cebi Z., Podola B., Melkonian M., 2014. Immobilized growth of the peridinin-producing marine dinoflagellate *Symbiodinium* in a simple biofilm photobioreactor. *Journal of Marine Biotechnology*, 16(6): 621-628.
- [4]- Maoka, T., 2011. Carotenoids in marine animals. *Marine drugs*, 9(2), pp.278-293.
- [5]- Roy, S., Llewellyn, C.A., Egeland, E.S. and Johnsen, G. eds., 2011. *Phytoplankton pigments: characterization, chemotaxonomy and applications in oceanography*. Cambridge University Press.
- [6]- Linden, P.A., Zimmermann, J., Brixner, T., Holt, N.E., Vaswani, H.M., Hiller, R.G. and Fleming, G.R., 2004. Transient Absorption Study of Peridinin and Peridinin–Chlorophyll a–Protein after Two-Photon Excitation. *The Journal of Physical Chemistry B*, 108(29), pp.10340-10345.
- [7]- Zimmermann, J., Linden, P.A., Vaswani, H.M., Hiller, R.G. and Fleming, G.R., 2002. Two-photon excitation study of peridinin in benzene and in the peridinin chlorophyll a-protein (PCP). *The Journal of Physical Chemistry B*, 106(36), pp.9418-9423.
- [8]- Pinto, E., Catalani, L.H., Lopes, N.P., Di Mascio, P. and Colepicolo, P., 2000. Peridinin as the major biological carotenoid quencher of singlet oxygen in marine algae *Gonyaulax polyedra*. *Biochemical and biophysical research communications*, 268(2), pp.496-500.

- [9]- Jiang, J., Zhang, H., Kang, Y., Bina, D., Lo, C.S. and Blankenship, R.E., 2012. Characterization of the peridinin–chlorophyll a-protein complex in the dinoflagellate *Symbiodinium*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1817(7), pp.983-989.
- [10]- Mezzetti, A. and Spezia, R., 2008. Time-resolved step scan FTIR spectroscopy and DFT investigation on triplet formation in peridinin–chlorophyll-a–protein from *Amphidinium carterae* at low temperature. *Journal of Spectroscopy*, 22(4), pp.235-250.
- [11]- Jeffrey, S.W., 1969. Properties of two spectrally different components in chlorophyll c preparations. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 177(3), pp.456-467.
- [12]- Jeffrey, S.W. and Haxo, F.T., 1968. Photosynthetic pigments of symbiotic dinoflagellates (zooxanthellae) from corals and clams. *The Biological Bulletin*, 135(1), pp.149-165.
- [13]- Rogers, J.E. and Marcovich, D., 2007. A simple method for the extraction and quantification of photopigments from *Symbiodinium* spp. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 353(2), pp.191-197.
- [14]- Higdon JD. Chlorophyll, its many wonders and benefits, 2008-2009, Available from: <http://www.lowchensaustralia.com/health/chlorophyll.htm>
- [15]- Sugawara, T., Yamashita, K., Asai, A., Nagao, A., Shiraishi, T., Imai, I. and Hirata, T., 2009. Esterification of xanthophylls by human intestinal Caco-2 cells. *Archives of biochemistry and biophysics*, 483(2), pp.205-212.
- [16]- Onodera, K.I., Konishi, Y., Taguchi, T., Kiyoto, S. and Tominaga, A., 2014. Peridinin from the marine symbiotic dinoflagellate, *Symbiodinium* sp., regulates eosinophilia in mice. *Marine drugs*, 12(4), pp.1773-1787.
- [17]- Guillard, R., 1973. Division rates. *Handbook of phycological methods*. Cambridge university Press. Cambridge. 1: 289-312.
- [18]- Fuentes-Grünwald, C., Garcés, E., Alacid, E., Rossi, S. and Camp, J., 2013. Biomass and lipid production of dinoflagellates and raphidophytes in indoor and outdoor photobioreactors. *Marine biotechnology*, 15(1), pp.37-47.
- [19]- Johansen, J.E., Svec, W.A., Liaaen-Jensen, S. and Haxo, F.T., 1974. Carotenoids of the Dinophyceae. *Phytochemistry*, 13(10), pp.2261-2271.
- [20]- Sosik, H.M., Chisholm, S.W. and Olson, R.J., 1989. Chlorophyll fluorescence from single cells: interpretation of flow cytometric signals. *Limnology and Oceanography*, 34(8), pp.1749-1761.
- [21]- Jauffrais T., Sechet V., Herrenknecht C., Truguet P., Veronique S., Tillmann U., Hess P., 2013. Effect of environmental and azaspiracid production of the dinoflagellate *Azadinium spinosum*. *Journal of Harmful Algae*, 27: 138-148.

- [22]- Robison, J.D. and Warner, M.E., 2006. Differential impacts of photoacclimation and thermal stress on the photobiology of four different phylotypes of Symbiodinium (Pyrrhophyta). *Journal of phycology*, 42(3), pp.568-579.
- [23]- Parkhill, J.P. and Cembella, A.D., 1999. Effects of salinity, light and inorganic nitrogen on growth and toxigenicity of the marine dinoflagellate *Alexandrium tamarense* from northeastern Canada. *Journal of plankton research*, 21(5).
- [24]- Kim, S., Kang, Y.G., Kim, H.S., Yih, W., Coats, D.W. and Park, M.G., 2008. Growth and grazing responses of the mixotrophic dinoflagellate *Dinophysis acuminata* as functions of light intensity and prey concentration. *Aquatic microbial ecology*, 51(3), pp.301-310.



مطالعه تغییرات پروتئین‌های دخیل در متابولیسم در گناد تاس ماهی

استرلیاد در مراحل پیش زرده سازی و زرده سازی

یونس زاده محمد، سلاطی امیر پرویز*، کیوان شکوه سعید

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

* salatia@gmail.com

چکیده

یکی از چالش‌های موجود در صنعت تاسماهی پروری، بلوغ دیررس ماهیان خاویاری می باشد رسیدگی جنسی در ماهیان ماده در مرحله پیش از زرده سازی متوقف می شود طول این دوره در ماهیان خاویاری نا شناخته باقی مانده است الگوی بیان پروتئین در ارتباط با بلوغ دیر رس ماهیان خاویاری می تواند به درک بهتر از تغییرات در رسیدگی جنسی کمک کند. هدف از این تحقیق بررسی پروتئوم تخمدان تاس ماهی استرلیاد در مرحله پیش زرده سازی و زرده سازی بود. در ارتباط با پروتئین‌های شناخته شده در مرحله زرده سازی گناد ماهی استرلیاد، ۵۰ درصد به عملکرد متابولیسم و تولید انرژی (ESI, TPI)، انولاز، کراتین کیناز و نوکلئوزید دی فسفات کیناز)، ۲۰ درصد به سیستم دفاعی و چاپرون (تیوردوکسین و پروتئین دی سولفید ایزومراز) و ۱۰ درصد در ارتباط در گروه نقل و انتقال (پروتئین باند شده به اسید چرب FABP) بر می‌گردد. در مرحله قبل از زرده سازی حفظ ساختار اولیه سلول تخمک از اهمیت بالایی برخوردار است اکثر پروتئین‌های شناسایی شده در این مرحله به گروه دفاع سلولی برمی‌گردند که نشان دهنده این موضوع است سلول برای حفظ ساختار غشایی نیاز به پروتئین‌های دارد که بتواند در مقابل اثرات جانبی مضر تخمک را محافظت کند در حالیکه در مرحله زرده سازی سلول‌های گنادی برای رشد و تکامل فولیکول‌ها به پروتئین‌های متابولیسمی نیاز دارند تا بتوانند فرایند زرده سازی در سلول ایجاد و ذخیره سازد.

کلید واژه: استرلیاد، تخمدان، متابولیسم، ویتلوزنر

۱. مقدمه

ماهیان خاویاری از آبزیان قدیمی محسوب شده که منحصرأ محدود به مناطقی در نیمکره شمالی هستند. در حال حاضر به دلایلی منجمله آلودگی‌های زیست محیطی، صید بی رویه و از بین رفتن مناطق مناسب تخم‌ریزی، نسل بسیاری از گونه‌ها در خطر بوده و بدین سبب توجه ویژه‌ای به تکثیر و پرورش مصنوعی آنها طی دو دهه اخیر شده است. هم چنین عواملی نظیر سن بالای بلوغ و فاصله زمانی طولانی بین دو تولید مثل آسیب‌پذیری این گونه‌ها را افزایش داده، تا جایی که تقریباً تمامی گونه‌های ماهیان خاویاری دنیا در معرض خطر انقراض قرار گرفته‌اند. در این ماهیان، اووسیت‌ها بر اساس گونه سالها در مرحله II رسیدگی جنسی متوقف می‌شوند. تاکنون راهکاری علمی که بتواند درک عمیقی از این فرایند ارائه دهد موجود نمی‌باشد، لذا درک رفتار و عملکرد ماهیان در شرایط اسارت و بررسی عواملی که در میزان کارایی تولید این ماهیان به هنگام پرورش دخیل هستند ضرورت دارد. تغییرات مولکولی در اووسیت‌ها در طول مراحل توسعه گنادی از مراحل اولیه اووژنز تا اووسیت‌های بالغ آماده تخم‌ریزی در گونه‌های مختلف ماهیان استخوانی به خوبی مشخص شده است (۱). برخلاف ماهیان استخوانی در مورد ماهیان خاویاری اطلاعات موجود اندک می‌باشد. دنبال نمودن این رویدادهای مولکولی و مقایسه آن‌ها در بین ارگانسیم‌های مختلف زمینه را

برای درک مسیرهای توسعه ای معمول از یک سو و جزئیات اختصاصی گونه های مختلف فراهم می نماید (۱). در این بین مطالعه بر روی پروتئوم تخمدان ماهی استرلیاد به عنوان یک گونه از ماهیان خاویاری در مراحل رسیدگی جنسی می‌تواند به سوالات بسیاری که در این زمینه وجود دارد پاسخ دهد.

۲. روش تحقیق

تفکیک مرحله رسیدگی جنسی در تاس ماهیان این مطالعه بر اساس خصوصیات ظاهری نمونه در زمان نمونه برداری، نمونه فیکس شده در محلول رینگر، مشاهدات بافت‌شناسی و با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام گرفته بر روی نمونه‌های تخمک و اسلایدهای بافت‌شناسی و هم چنین مقایسه خصوصیات ذکر شده در کلیدهای شناسایی نظیر تمایز یا عدم تمایز لایه‌های فولیکولی، حضور چربی و زرده برای ماهیان خاویاری تعیین گردید. به منظور حذف تاثیر تنوع ژنتیکی فردی بر الگوی پروتئینی یک بافت، سه خزانه از هر گروه تشکیل شد. پس از هموزن کردن، ۱۰۰۰ میکرولیتر از بافر لیزکننده به نمونه ها اضافه شد و سپس به مدت یک ساعت در دمای اتاق تکان داده شد تا پروتئین های موجود در بافت آزاد شود. تعیین غلظت پروتئین هر نمونه با روش بردفورد انجام و از سرم آلبومین گاوی به عنوان استاندارد استفاده شد.

برای الکتروفورز در بعد اول هر نمونه بوسیله سمپلر بطور یکنواخت در طول یکی از کانال های سینی ویژه آگیری پیت شد و یک نوار IPG در محدوده شیب غیر خطی pH ۳ تا ۱۰ بر روی آن قرار گرفت. پس از آگیری نوارهای IPG به مدت ۱۶ ساعت، برنامه ایزوالکتریک فوکوسینگ به صورت خطی (۲۵۰-۰ ولت)، ۵ ساعت با شیب خطی (۱۰۰۰-۲۵۰ ولت) و ۵۰۰۰ ولت ساعت با شیب سریع انجام شد. سپس متعادل سازی در دو مرحله انجام گرفت. به منظور الکتروفورز پروتئین ها در بعد دوم از ژل گرایانت ۸-۱۲ درصد استفاده گردید. برنامه الکتروفورز هر ژل به صورت ۱۶ میلی آمپر به مدت ۳۰ دقیقه و ۲۴ میلی آمپر به مدت ۵ ساعت تنظیم گردید. برای رنگ آمیزی ژل هایی که جهت تجزیه و تحلیل نرم افزاری نیاز بودند از رنگ آمیزی نیترا ت نقره و آنهایی که جهت شناسایی پروتئین نیاز بودند از کوماسی بلو استفاده شد. تصاویر ژل ها با اسکنر GS800 تهیه و با نرم افزار PG200 مورد بررسی قرار گرفتند. پس از برش نقاط پروتئین روی ژل، ویال های حاوی نقاط پروتئینی جهت شناسایی، از طریق شرکت سیناکلون به دانشگاه York در انگلیس ارسال گردید.

۳. نتایج و بحث

در بین ۲۰ نقطه پروتئینی که انتخاب شدند، ۱۰ نقطه در گندهای مرحله قبل از زرده سازی و ۱۰ نقطه در مرحله زرده سازی بودند. این نقاط تغییرات معنی داری را در بیان، بین دو گروه نشان دادند ($P < 0.05$). تفاوت نسبت بیان پروتئین ها در گروه قبل از زرده سازی نسبت به گروه زرده سازی از ۱۰/۳- تا ۱۳/۴ برابر متغیر بود. بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل آماری، نقاطی که به طور معنی داری بین دو گروه قبل از زرده سازی و گندهای در مرحله زرده سازی متفاوت بودند ۲۰ نقطه برای شناسایی فرستاده شد که ۱۹ نقطه شناسایی شد. میزان موفقیت شناسایی ۹۵ درصد و پروتئین های شناسایی شده در گروههای مختلف کارکرد پروتئین ها تقسیم بندی شدند. از پروتئینهای شناخته شده در گناد ماهی استرلیاد در مرحله قبل از زرده سازی ۲۰ درصد به عملکرد متابولیسم و تولید انرژی (پروتئین ریزوفسفات ایزومراز (TPI) تعلق داشتند. در بین پروتئین های شناسایی شده در مرحله زرده سازی در گناد ماهی استرلیاد ۵۰ درصد با متابولیسم و تولید انرژی (TPI، ES1، انولاز، کراتین کیناز و نوکلئوزید دی فسفات کیناز) مرتبط بودند.

در مرحله زرده سازی پروتئین‌هایی که در گروه متابولیسم و تولید انرژی قرار دارند در جایگاه مهمی قرار داشتند. TPI، انولاز، ES1، کراتین کیناز و نوکلئوزید دی فسفات کیناز از پروتئینهای شناسایی شده در مرحله زرده سازی بودند که در گروه عملکردی متابولیسم و تولید انرژی قرار می‌گیرند. از ۹ پروتئین شناسایی شده ۵ پروتئین در مرحله زرده سازی به این گروه تعلق داشتند. با توجه به نیاز به انرژی بالا در این مرحله نقش این پروتئین ها در چرخه انرژی حیاتی بنظر می‌رسد.

Ziv و همکاران در سال ۲۰۰۸ در طی مطالعه پروتئوم مراحل رسیدگی تخمدان در ماهی زبرا، کراتین کیناز را شناسایی کردند. کراتین کیناز (CK) آنزیمی است که آدنوزین دی فسفات را به آدنوزین تری فسفات تبدیل می‌کند در طی این واکنش کراتین فسفات مصرف و کراتین

تولید می‌شود و جهت این واکنش به pH محیط بستگی دارد (۳). کراتین یک تری پپتید است که توسط سلول‌های کبدی تولید شده و به کمک جریان خون به عضلات منتقل می‌شود و در آن جا در حضور ATP و آنزیم کراتین کیناز به کراتین فسفات که ترکیب پرانرژی و شکل ذخیره انرژی شیمیایی در عضلات است، تبدیل می‌شود. در pH خنثی قدرت فسفریله کردن کراتین فسفات بیشتر از ATP است و این امر موجب تولید ATP در سلولها می‌شود. کراتین کیناز نقش مهمی در انتقال انرژی در درون سلول دارد و بیان ایزوآنزیم مغزی در جریان اوژنز در جوندگان به اثبات رسیده است (۲). در مطالعه حاضر در ماهی استرلیاد، در مرحله زرده سازی در تخمک پروتئین کراتین کیناز شناسایی شد. با توجه به تفاسیر بالا که کراتین توسط کبد ساخته می‌شود و از طرفی مواد زرده از کبد وارد خون و در تخمک ذخیره می‌شود میتوان این تصور را داشت که کراتین کیناز در این مرحله از کبد وارد خون شده و در تخمک به صورت ATP ذخیره می‌شود تا در آینده برای جنین به عنوان منبع انرژی محسوب شود.

Masuda و همکاران (۲۰۱۶) نقش پروتئین ES1 در بزرگ شدن میتوکندری در سلولهای مخروطی بینایی ماهی زبرا مورد مطالعه قرار داد که نشان داده شد که ES1 نقش مهمی در تامین انرژی در سلولها دارد. پروتئین دیگری که در مرحله زرده سازی افزایش بیان داشت پروتئین نوکلئوزید دی فسفات کیناز (NDPK) بود NDPK با نام های دیگر مانند Nme یا Nm23 نیز شناخته می‌شود. خانواده Nme شامل گروهی از آنزیم ها با ۹ شکل مختلف هستند (Desvignes et al., 2010). این پروتئین در وزن مولکولی حدود ۲۰-۱۷ کیلو دالتون (kDa) قرار داشت و تفاوت بیان نسبت به مرحله قبل از زرده سازی در این پروتئین ۸/۱- بود. بطوریکه این پروتئین در مرحله قبل از زرده سازی وجود نداشت و امتیاز شناسایی این پروتئین ها ۳۴۳ تشخیص داده شد که از نظر شناسایی عدد بالایی می‌باشد. خانواده Nme در طی روند تکامل تا حد زیادی حفظ شده اند. این آنزیم ها نقش مهمی در فرایندهای تنظیمی مانند انتقال پیام‌های سلولی، تکثیر و تمایز سلولها دارند (۵). Nme جزء آنزیم های خانه دار ضروری است که در تعادل ذخایر nucleoside triphosphate ایفای نقش می‌کند. علاوه بر نقش این آنزیم در فرایندهای سوخت و ساز سلولی آنزیم فوق الذکر دارای عملکردهای دیگری در تقسیم، تکامل و تمایز سلولی نیز دارا می‌باشد. اهمیت NDPK در فرآیند تکامل جنین در ماهی آزاد اقیانوس در مطالعات پیشین نشان داده شده است. Nme در انسان ممکن است با گیرنده استروژن مرتبط باشد و توانایی تنظیم و رونویسی ژن در سلول را انجام می‌دهد (۶). تنظیم پاسخ‌های استروئیدی بوسیله پروتئینهایی که با گیرنده‌های استروژنی مرتبط هستند تنظیم می‌شود پروتئینهای ویژه در ارتباط با گیرنده‌های استروژنی فعالیت دارند Nm23 و گیرنده استروژنی (ER) به طور همزمان در بافتهای مختلف بدن وجود دارد مطالعات نشان داد که Nm23 با ER مرتبط است و در رونویسی ژن تحریک شده استروژن نقش دارد علاوه در مهاجرت سلولی Nm23 یک نقش مهم در تنظیم پاسخ به استروژنهای داخلی و خارجی دارد Nm23 به ژن تحریک شده استروژن کمک می‌کند به عنوان هم افزایی با استروژن در جهت کاهش مهاجرت سلولی عمل می‌کند (۶). در مطالعات مختلفی که روی محتوای پروتئینی و ترانسکریپتوم صورت گرفته است این پروتئین ها یا mRNA های متعلق به آنها در تخم ماهیان و در فرآیند تکامل جنین شناسایی شده است (۲).

انولاز پروتئینی با عملکرد چندگانه محسوب می‌شود. در تنظیم و کنترل رونویسی، آپوپتوز و تمایز سلولی نقش دارد. همچنین نقش کلیدی در گلیکولیز دارد (۷). در مطالعه حاضر، آنزیم انولاز در مرحله زرده سازی شناسایی شد. این پروتئین در مرحله قبل از زرده سازی وجود نداشت. گلیکولیز در فولیکولهای تخمدان برای رشد فولیکول و ترشح استرادیول مورد نیاز می‌باشد. در مطالعه ای که بر روی بیان انولاز در تخمدان موش انجام گرفت نتایج نشان داد که گلیکولیز فعال شده برای عملکرد تخمدان که شامل رشد فولیکول، رسیدگی و تولید هورمون ضروری می‌باشد.

آنزیم تریوز فسفات ایزومراز (TPI) آنزیمی است که در مرحله پنجم گلیکولیز نقش مهمی دارد و برای تولید انرژی بسیار مهم است. آنزیم تریوز فسفات ایزومراز تقریباً در تمام ارگانیسم‌هایی که تاکنون از نظر آنزیمی بررسی شده‌اند، از جمله جانوران شامل پستانداران و حشرات، گیاهان، قارچ‌ها و باکتری‌ها یافت شده است. در مسیر گلیکولیز ابتدا گلوکز و گلیکوژن به فروکتوز ۶،۱- دی فسفات تبدیل می‌شوند سپس فروکتوز ۶،۱- دی فسفات به واحدهای ۳ کربنی به نام های دی هیدروکسی استون فسفات (DHAP) و D-گلیسرآلدهید ۳- فسفات (GAP) تبدیل می‌شود. در مرحله بعد GAP به لاکتات و پیروات تبدیل می‌شود. لاکتات و پیروات مواد اصلی برای سوخت و ساز انرژی در این مسیر می‌باشد ایزومرهای تریوز فسفات (TPI) واکنش برگشت پذیری تبدیل متقابل دی هیدروکسی استون فسفات و D-گلیسرآلدهید ۳- فسفات را کاتالیز می‌کند که برای مسیر گلیکولیز ضروری است. فقدان یا کاهش TPI منجر به تداخل در واکنش گلیکولیز شده و DHAP در سلولها زیاد می‌شود. مقدار زیاد DHAP خاصیت سمی در سلولها ایجاد می‌کند که علائم کلینیکی در موجود بروز می‌کند .

۴. نتیجه‌گیری

بررسی پروتئین‌ها در مولدین ماده استرلیاد پرورشی نشان داد که اکثر پروتئین‌های شناسایی شده در مرحله قبل از زرده سازی متعلق به خانواده‌های پروکسی ردوکسین‌ها، چاپرون‌ها و پروتئین‌های تنظیم کننده ترجمه بودند، در حالی که پروتئین‌های شناسایی شده در مرحله زرده سازی در گروه‌های متابولیسم و تامین انرژی قرار داشتند که می‌توان علت را در نقش انرژی و متابولیسم در مرحله زرده سازی بدلیل ذخیره زرده در تخمک دانست.

منابع

- [1]- Bidwell, C. A., and Carlson, D. M., 1995. Characterization of Vitellogenin from White Sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *J. Mol Evol*, 41: 104–112.
- [2]- Ziv, T., Gattegno, T., Chapovetsky, V., Wolf, H., Barnea, E., Lubzens, E. and Admon, A., 2008. Comparative proteomics of the developing fish (zebrafish and gilthead seabream) oocytes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 3(1): 12-35.
- [3]- An, Y., Fan, N. and Zhang, S., 2009. Creatine kinase is a bacteriostatic factor with a lectin-like activity. *Molecular immunology*, 46(13):2666-2670.
- [4]- Masuda, T., Wada, Y and Kawamura, S. 2016. ES1 is a mitochondrial enlarging factor contributing to form mega-mitochondria in zebrafish cones. *Scientific Reports* 6:22360
- [5]- Rayner, K., Sun, J., Chen, Y.X., McNulty, M., Simard, T., Zhao, X., Wells, D. J., de Belleruche, J., and O'Brien, E.R. 2008. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 29, 1751–1756.
- [6]- Babbitt, P.C., Hasson, M.S., Wedekind, J.E., Palmer, D.R., Barret, W.C., Reed, G.H., Rayment, I., Ringe, D., Kenyon, G.L., Gerelt, J.A. 1996. The enolase superfamily: a general strategy for enzyme catalyzed abstraction of the alpha-protons of carboxylic acids. *Biochemistry* 35, 16489–16501.



ذخایر ماکروزئوپلانکتونی در منطقه چراگاه‌های مصنوعی خوزستان

دهقان مدیسه، سیمین^{۱*}، میاحی، یوسف^۲

۱. استادیار پژوهشی ۲. کارشناس بیولوژی، پژوهشکده آبرزی پروری جنوب کشور، موسسه تحقیقات

علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

* S_dehghan2002@yahoo.com

چکیده

با افزایش روند تخریب زیستگاه‌ها در محیط‌های آبی، تلاش‌های زیادی جهت استفاده بالقوه از زیستگاه‌های مصنوعی جهت حمایت و بازسازی سریع بوم‌سازگان‌های دریایی شده است (۱). احداث چراگاه‌های مصنوعی ابزاری برای محافظت تنوع زیستی، حذف اثرات و بازسازی و احیای چراگاه‌های تحت اثر خواهد بود (۲). زیستگاه‌های مصنوعی در مقیاس‌های محدود برای ترمیم زیستگاه‌های طبیعی تخریب شده و ماهی‌گیری و در وسعت زیادتر برای اهداف گسترش تنوع، حفاظت بیولوژیکی و همچنین توسعه اقتصادی و اجتماعی به کار می‌روند (۳). در آب‌های ساحلی ایران، از سال ۱۳۷۳ بسترهای مصنوعی در چهار منطقه (خوزستان، بوشهر، هرمزگان، سیستان و بلوچستان) خلیج فارس و دریای عمان با هدف بازسازی، ترمیم و احیای ذخایر و بهبود زیستگاه استقرار یافتند (۴). شیلات خوزستان نیز طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ منطقه‌ای را با عنوان زیستگاه مصنوعی در دریا ایجاد نمود. پیش از این پژوهش، جوامع زیستی چراگاه‌های مصنوعی سواحل خوزستان مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۵، ۶، ۷). در مناطق مختلف دنیا مطالعات متعددی در خصوص توالی زیستی چراگاه‌های مصنوعی انجام شده است که عمدتاً بر اساس جوامع بنتیک چسبیده و وابسته به بدنه سازه‌ها بوده است (۸، ۹). کمتر مطالعه‌ای در مورد مراحل لاروی و پلانکتونیک جوامع بنتیک و ذخیره با ارزش ماکروزئوپلانکتونی انجام شده است. بررسی تغییرات در جوامع زیستی ایجاد شده ناشی از استقرار این سازه می‌تواند مشخص‌کننده اثرات این زیستگاه در بازسازی مستقیم و غیرمستقیم ذخایر آبزیان سواحل استان باشد. هدف اصلی این مطالعه، بررسی ترکیب گونه‌های ماکروزئوپلانکتونی در منطقه و اطراف چراگاه‌های مصنوعی بوده است. مواد و روش‌ها عملیات نمونه‌برداری به مدت یکسال از اردیبهشت سال ۱۳۹۰ تا فروردین ۱۳۹۱ از چهار نقطه واقع در منطقه احداث چراگاه‌های مصنوعی در سواحل هنديجان در خوزستان انجام شد. نمونه‌برداری ماکروزئوپلانکتون‌ها با استفاده از تور ۳۰۰ μ و با انجام کشش مورب از نزدیک کف تا سطح انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده توسط فرمالین تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از شستشو در الک چشمه ریز، همه آن یا بخش معینی از نمونه با استفاده از جداکننده (splitter) توسط استریومیکروسکوپ مشاهده و شناسایی گردید. تعداد ماکروزئوپلانکتونها با استفاده از حجم آب فیلتر شده در واحد متر مکعب محاسبه شد (۱۰). تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم افزار Excel و آزمون‌های چند متغیره (Anosim) با استفاده از شاخص تشابه Bray-Curtis با کاربرد نرم‌افزارهای (Primer 5) و Biological tools صورت پذیرفت. نتایج گروه‌های مختلف رده سخت پوستان بالای ۸۲ درصد از مجموعه ماکروزئوپلانکتونها را شامل می‌شدند. بعد از آن به‌ترتیب گونه‌های شاخه تونیکاتا (۸،۳ درصد)، پیکانیان (۳،۵۸ درصد)، خارپوستان (۳ درصد) و سایر گروه‌ها کمتر از ۳ درصد را شامل می‌شدند. سخت پوستان به-ترتیب شامل ده‌پایان (Decapoda) و آبشش‌پایان (Branchiopoda) هرکدام با ۳۱ درصد و پس از آن پاروپایان (Copepoda) با ۲۰ درصد گروه‌های غالب این رده را شامل می‌شدند (شکل ۱). شکل ۱. درصد گروه‌های غالب ماکروزئوپلانکتونی در منطقه چراگاه‌های مصنوعی سواحل خوزستان (۱۳۹۱-۱۳۹۰) بین گروه‌های شناسایی شده، میانگین نمونه‌های ده‌پایان با ۳۰۲ فرد در متر مکعب، آبشش‌پایان (که عمدتاً شامل مراحل لاروی گروه کلاوسرا

می‌باشد) با ۲۹۶ فرد در متر مکعب، کل گونه‌های پاروپایان با ۱۹۱/۵ فرد در مترمکعب و غلاف داران (Tunicata) با ۸۰ فرد در متر مکعب، در طول سال مطالعه در منطقه حضور داشتند. از میان افراد راسته ده‌پایان گونه‌های *Metapenaeus affinis* با تعداد میانگین (184 ± 366) فرد، *Lucifer hansenii* با میانگین تعداد $(172/5 \pm 194)$ فرد، گونه‌های *Parapenaeopsis styliifera* با میانگین تعداد $(94/6 \pm 154/4)$ فرد و جنس *Alpheus* sp با میانگین تعداد ۱۶۵ $\pm 90/54$ فرد در متر مکعب در ماه‌های حضورشان در منطقه به عنوان گونه‌های غالب شناخته شدند (شکل ۲). زله‌ای‌ها که شامل مدوز چند گونه از مرجان‌ها و دو گونه شانه‌دار می‌باشد در ماه‌های تابستان و با بیشترین فراوانی در مرداد ماه حضور داشتند. از مراحل لاروی ماهیان فقط لارو خانواده شانک ماهیان (Sparidae) و ساردین ماهیان (Clupeidae) شناسایی شده‌اند. شکل ۲- درصد گروه‌های غالب راسته ده‌پایان (Decapoda) در منطقه چراگاه‌های مصنوعی سواحل خوزستان (۱۳۹۰-۱۳۹۱). نتایج آنالیز واریانس یک طرفه بین نقاط نمونه برداری، اختلاف معنی‌داری را در کل سال میان فراوانی کل ماکروژئوپلانکتون‌ها نشان نداد ($p > 0/05$). به منظور مقایسه ترکیب گونه‌ای گونه‌های شناسایی شده آزمون Anosim انجام شد و مقادیر $R = 0/04$; Significance level = $96/7\%$ محاسبه گردید که نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در ترکیب گونه‌ای ماکروژئوپلانکتون‌ها بین سازه‌های مورد مطالعه است. بحث و نتیجه‌گیری در پایش چراگاه‌های مصنوعی، مهم است که بدانیم سازه‌ها با چه سرعتی کلنی شده‌اند و چه فاکتورهایی روی سرعت کلنی شدن تأثیر دارند، سطوح کافی برای نشستن مراحل لاروی و اسپور انواع بی‌مهرگان چسبنده موجود باشد و از پتانسیل بخش پلاژیک ستون آب که نیاز به تکیه‌گاه برای نشستن دارند، آگاهی داشته باشیم. به دلیل ماهیت جریانها، تلاطم نسبتاً بالای آن و همچنین عمق کم منطقه ساحلی خوزستان، بخش پراکنده در ستون آب بسیار در نوسان بوده و تحت عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک متغیر است. بخش ماکروژئوپلانکتونها، که ذخیره مرتبطی با جوامع زیستی بدنه سازه‌ها می‌باشند، مراحل لاروی انواعی از گروه‌های بتتیک و یا وابسته به تکیه‌گاه را شامل می‌شوند. در اینجا، گروه عظیمی از مراحل لاروی انواع سخت پوستان خصوصاً ده‌پایان (Decapods) و کلاوسرا حضور داشته‌اند. ده‌پایان شامل مراحل مختلف لارو میگو، شکران، میگوهای پنائیده (Penaeidae) و لوسیفیر از سرجستیده‌ها (Sergestidae) می‌باشند. این مجموعه در تمامی مطالعات پیش از این در تنوعی بسیار اندک و انگشت شمار و فقط در حد مشاهده مراحل لاروی گزارش شده‌اند. حضور ماکروژئوپلانکتون‌ها عمدتاً از اواخر تابستان تا آخر پاییز بوده و کاهش شدید آنها در فصل زمستان احتمالاً در ارتباط با چرخه تولیدمثلی آنها خواهد بود به‌طوری‌که در اکثر مطالعات این منطقه این رکود زمستانی در سطوح مختلف زیستی دیده می‌شود. عمده این مجموعه، مراحل لاروی بی‌مهرگانی هستند که از بدنه سازه‌ها و توده‌های پیچیده کلنی‌های اسفنج‌ها و مرجان‌ها به عنوان پناهگاه و تغذیه استفاده می‌کنند. این احتمال را می‌توان مطرح کرد که تنوع بالاتر می‌تواند به دلیل حضور انواعی از گروه‌های بی‌مهر چسبنده و متحرک وابسته به تکیه‌گاه روی بدنه و اطراف زیستگاه مصنوعی باشد که به‌نوعی بخشی از چرخه حیاتشان پلاژیک بوده و همچنین کاهش تراکم جمعیت زئوپلانکتونی می‌تواند به دلیل حضور بیشتر جوامع مصرف کننده و افزایش شدت زئوپلانکتون‌خواری در این منطقه باشد (۷). به‌طوری‌که نوسانات تراکم زئوپلانکتونها و ماکروژئوپلانکتون‌ها در ماه‌های مختلف سال عکس هم است. می‌توان گفت آنچه ویژگی‌های تنوع گونه‌ای را تعیین می‌کند تفاوت در میزان دسترسی به پناهگاه و پیچیدگی زیستگاه می‌باشد، چراگاه‌های مصنوعی توانسته‌اند این فرصت را برای حضور و افزایش انواع جوامع زیستی چسبنده و متحرک، خصوصاً ذخیره با ارزش پلاژیک و سرگردان ماکروژئوپلانکتون‌های مناطق جزرومدی خوزستان فراهم نمایند. همه مطالعات بر اهمیت پیچیدگی ساختار در شکل‌گیری اجتماعات زیستی اتفاق نظر دارند (۱۱). برای تعیین موفقیت صخره‌های مصنوعی در بهبود وضعیت اکولوژیکی و بیولوژیکی و ارزیابی توالی اکولوژیکی آب‌های کم عمق نزدیک به ساحل، باید مطالعات بلند مدتی بر روی آنها صورت بگیرد (۱۲).

کلید واژه: چراگاه‌های مصنوعی، ماکروژئوپلانکتون، سواحل بحرکان، هندوچان.

۱. مقدمه

با افزایش روند تخریب زیستگاه‌ها در محیط‌های آبی، تلاش‌های زیادی جهت استفاده بالقوه از زیستگاه‌های مصنوعی جهت حمایت و بازسازی سریع بوم‌سازگان‌های دریایی شده است. احداث چراگاه‌های مصنوعی ابزاری برای محافظت تنوع زیستی، حذف اثرات و بازسازی و احیای چراگاه‌های تحت اثر خواهد بود (۲). زیستگاه‌های مصنوعی در مقیاس‌های محدود برای ترمیم زیستگاه‌های طبیعی تخریب شده و ماهی‌گیری و

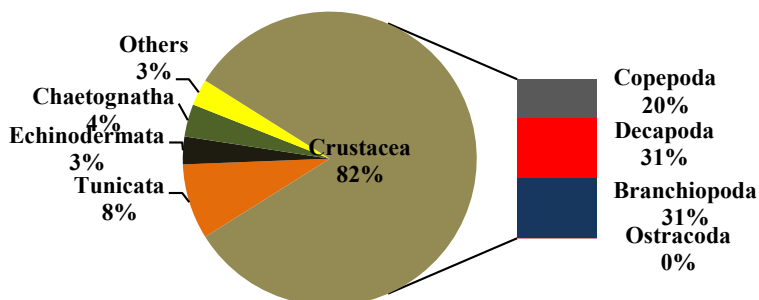
در وسعت زیاده‌تر برای اهداف گسترش تنوع، حفاظت بیولوژیکی و همچنین توسعه اقتصادی و اجتماعی به کار می‌روند (۳). در آب‌های ساحلی ایران، از سال ۱۳۷۳ بسترهای مصنوعی در چهار منطقه (خوزستان، بوشهر، هرمزگان، سیستان و بلوچستان) خلیج فارس و دریای عمان با هدف بازسازی، ترمیم و احیای ذخایر و بهبود زیستگاه استقرار یافتند (۴). شیلات خوزستان نیز طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ منطقه‌ای را با عنوان زیستگاه مصنوعی در دریا ایجاد نمود. پیش از این پژوهش، جوامع زیستی چراگاه‌های مصنوعی سواحل خوزستان مورد بررسی قرار گرفته‌اند (۵). در مناطق مختلف دنیا مطالعات متعددی در خصوص توالی زیستی چراگاه‌های مصنوعی انجام شده است که عمدتاً بر اساس جوامع بنتیک چسبیده و وابسته به بدنه سازه‌ها بوده است (۸،۹). کمتر مطالعه‌ای در مورد مراحل لاروی و پلانکتونیک جوامع بنتیک و ذخیره با ارزش ماکروژئوپلانکتونی انجام شده است. بررسی تغییرات در جوامع زیستی ایجاد شده ناشی از استقرار این سازه می‌تواند مشخص‌کننده اثرات این زیستگاه در بازسازی مستقیم و غیرمستقیم ذخایر آبزیان سواحل استان باشد. هدف اصلی این مطالعه، بررسی ترکیب گونه‌های ماکروژئوپلانکتونی در منطقه و اطراف چراگاه‌های مصنوعی بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

عملیات نمونه‌برداری به مدت یکسال از اردیبهشت سال ۱۳۹۰ تا فروردین ۱۳۹۱ از چهار نقطه واقع در منطقه احداث چراگاه‌های مصنوعی در سواحل هندیجان در خوزستان انجام شد. نمونه‌برداری ماکروژئوپلانکتون‌ها با استفاده از تور $\mu 300$ و با انجام کشش مورب از نزدیک کف تا سطح انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده توسط فرمالین تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از شستشو در الک چشمه ریز، همه آن یا بخش معینی از نمونه با استفاده از جداکننده (splitter) توسط استریومیکروسکوپ مشاهده و شناسایی گردید. تعداد ماکروژئوپلانکتون‌ها با استفاده از حجم آب فیلتر شده در واحد متر مکعب محاسبه شد (۱۰). تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم افزار Excel و آزمون‌های چند متغیره (Anosim) با استفاده از شاخص تشابه Bray-Curtis با کاربرد نرم‌افزارهای Primer (5) و Biological tools صورت پذیرفت.

۳. نتایج

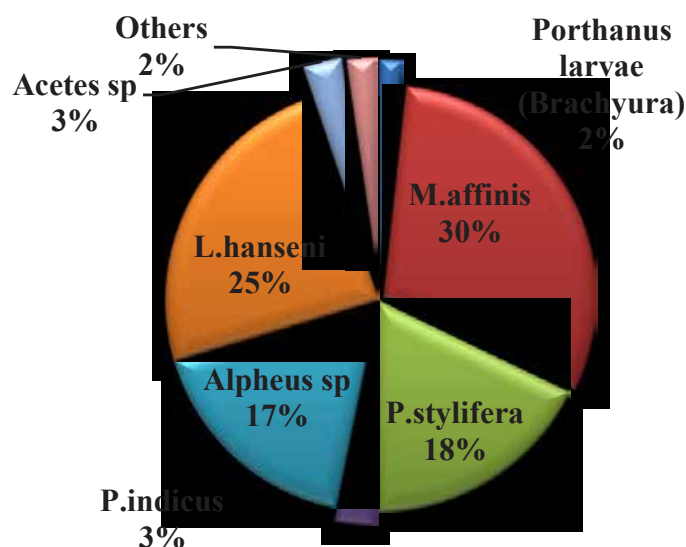
گروه‌های مختلف رده سخت پوستان بالای ۸۲ درصد از مجموعه ماکروژئوپلانکتون‌ها را شامل می‌شدند. بعد از آن به‌ترتیب گونه‌های شاخه تونیکاتا (۸،۳ درصد)، پیکانیان (۳،۵۸ درصد)، خارپوستان (۳ درصد) و سایر گروه‌ها کمتر از ۳ درصد را شامل می‌شدند. سخت پوستان به‌ترتیب شامل ده‌پایان (Decapoda) و آبشش‌پایان (Branchiopoda) هر کدام با ۳۱ درصد و پس از آن پاروپایان (Copepoda) با ۲۰ درصد گروه‌های غالب این رده را شامل می‌شدند (شکل ۱).



شکل ۱: درصد گروه‌های غالب ماکروژئوپلانکتونی در منطقه چراگاه‌های مصنوعی سواحل خوزستان (۱۳۹۰-۱۳۹۱)

بین گروه‌های شناسایی شده، میانگین نمونه‌های ده‌پایان با ۳۰۲ فرد در متر مکعب، آبشش‌پایان (که عمدتاً شامل مراحل لاروی گروه کلادوسرا می‌باشد) با ۲۹۶ فرد در متر مکعب، کل گونه‌های پاروپایان با ۱۹۱/۵ فرد در متر مکعب و غلاف داران (Tunicata) با ۸۰ فرد در متر مکعب، در طول سال مطالعه در منطقه حضور داشتند. از میان افراد راسته ده‌پایان گونه‌های *Metapenaeus affinis* با تعداد میانگین (184 ± 366) فرد، *Lucifer hansenii* با میانگین تعداد $(194 \pm 172/5)$ فرد، گونه *Parapenaeopsis stylifera* با میانگین تعداد $(154/4 \pm 94/6)$ فرد و جنس *Alpheus sp* با میانگین تعداد $165 \pm 90/54$ فرد در متر مکعب در ماه‌های حضورشان در منطقه به عنوان گونه‌های غالب شناخته شدند (شکل ۲).

ژله‌ای‌ها که شامل مدوز چند گونه از مرجان‌ها و دو گونه شانه‌دار می‌باشند در ماه‌های تابستان و با بیشترین فراوانی در مرداد ماه حضور داشتند. از مراحل لاروی ماهیان فقط لارو خانواده شانک‌ماهیان (Sparidae) و ساردین‌ماهیان (Clupeidae) شناسایی شده‌اند.



شکل ۲: درصد گروه‌های غالب راسته ده‌پایان (Decapoda) در منطقه چراگاه‌های مصنوعی سواحل خوزستان (۱۳۹۰-۱۳۹۱).

نتایج آنالیز واریانس یک طرفه بین نقاط نمونه‌برداری، اختلاف معنی‌داری را در کل سال میان فراوانی کل ماکروژئوپلانکتون‌ها نشان نداد ($p > 0.05$). به منظور مقایسه ترکیب گونه‌ای گونه‌های شناسایی شده آزمون Anosim انجام شد و مقادیر $\% 96/7$ ؛ Significance level = 0.04 ؛ R محاسبه گردید که نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در ترکیب گونه‌ای ماکروژئوپلانکتون‌ها بین سازه‌های مورد مطالعه است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در پایش چراگاه‌های مصنوعی، مهم است که بدانیم سازه‌ها با چه سرعتی کلنی شده‌اند و چه فاکتورهایی روی سرعت کلنی شدن تأثیر دارند، سطوح کافی برای نشستن مراحل لاروی و اسپور انواع بی‌مهرگان چسبنده موجود باشد و از پتانسیل بخش پلاژیک ستون آب که نیاز به تکیه‌گاه برای نشستن دارند، آگاهی داشته باشیم. به دلیل ماهیت جریانها، تلاطم نسبتاً بالای آن و همچنین عمق کم منطقه ساحلی خوزستان، بخش پراکنده در ستون آب بسیار در نوسان بوده و تحت عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک متغیر است. بخش ماکروژئوپلانکتونها، که ذخیره مرتبطتری با جوامع زیستی بدنه سازه‌ها می‌باشند، مراحل لاروی انواعی از گروههای بنتیک و یا وابسته به تکیه‌گاه را شامل می‌شوند. در اینجا، گروه عظیمی از مراحل لاروی انواع سخت پوستان خصوصاً ده‌پایان (Decapods) و کلاوسرا حضور داشته‌اند. ده‌پایان شامل مراحل مختلف لارو میگو، شکران، میگوهای پنائیده (Penaeidae) و لوسیفیر از سرجستیده‌ها (Sergestidae) می‌باشند. این مجموعه در تمامی مطالعات پیش از این در تنوعی بسیار اندک و انگشت شمار و فقط در حد مشاهده مراحل لاروی گزارش شده‌اند. حضور ماکروژئوپلانکتون‌ها عمدتاً از اواخر تابستان تا آخر پاییز بوده و کاهش شدید آنها در فصل زمستان احتمالاً در ارتباط با چرخه تولیدمثلی آنها خواهد بود به‌طوری‌که در اکثر مطالعات این منطقه این رکود زمستانی در سطوح مختلف زیستی دیده می‌شود. عمده این مجموعه، مراحل لاروی بی‌مهرگانی هستند که از بدنه سازه‌ها و توده‌های پیچیده کلنی‌های اسفنج‌ها و مرجان‌ها به عنوان پناهگاه و تغذیه استفاده می‌کنند. این احتمال را می‌توان مطرح کرد که تنوع بالاتر می‌تواند به دلیل حضور انواعی از گروه‌های بی‌مهرگان چسبنده و متحرک وابسته به تکیه‌گاه روی بدنه و اطراف زیستگاه مصنوعی باشد که به‌نوعی بخشی از چرخه حیاتشان پلاژیک بوده و همچنین کاهش تراکم جمعیت زئوپلانکتونی می‌تواند به دلیل حضور بیشتر جوامع مصرف کننده و افزایش شدت زئوپلانکتونخواری در این منطقه باشد (۷). به‌طوری‌که نوسانات تراکم زئوپلانکتونها و ماکروژئوپلانکتون‌ها در ماه‌های مختلف سال عکس هم است. می‌توان گفت آنچه ویژگی‌های تنوع گونه‌ای را تعیین می‌کند تفاوت در میزان دسترسی به پناهگاه و پیچیدگی زیستگاه می‌باشد، چراگاه‌های مصنوعی توانسته‌اند این فرصت را برای حضور و افزایش انواع جوامع زیستی چسبنده و متحرک، خصوصاً ذخیره با ارزش پلاژیک و سرگردان ماکروژئوپلانکتون‌های مناطق جزرومدی خوزستان فراهم نمایند. همه مطالعات بر اهمیت پیچیدگی ساختار در شکل‌گیری اجتماعات زیستی

اتفاق نظر دارند (۱۱). برای تعیین موفقیت صخره های مصنوعی در بهبود وضعیت اکولوژیکی و بیولوژیکی و ارزیابی توالی اکولوژیکی آبهای کم عمق نزدیک به ساحل، باید مطالعات بلند مدتی بر روی آنها صورت بگیرد (۱۲).

منابع

[۱]- اسکندری، غ.، دهقان مدیسه، س.، اسمائیلی، ف.، سبزعلی زاده، س.، خلفه نیلساز، م.، صفی‌خانی، ح.، کاشی، م.، میاحی، ی.، اژدری، ح. و حسینی، س.، ۱۳۸۷. بررسی ساختار جمعیتی زیستگاههای مصنوعی احداث شده در سواحل خوزستان. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. ۱۳۹ ص.

[۲]- اسماعیلی، ف.، دهقان مدیسه، س.، سبزعلی زاده، س.، اسکندری، غ.، کیان ارثی، ف.، میاحی، ی. و بنی‌طرفی، ج. ۱۳۹۱. پایش چراگاه های مصنوعی احداث شده در سواحل خوزستان. مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. ۹۴ ص.

[۳]- دهقان مدیسه، س.، اسکندری، غ.، اژدری، ح.، سبزعلی زاده، س.، اسمائیلی، ف.، جهانی، ن.، میاحی، ی.، ۱۳۹۳. پایش تغییرات ترکیب گونه ای در اطراف زیستگاه‌های مصنوعی احداث شده در سواحل استان خوزستان (۹۱-۱۳۹۰). مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. ۱۷۴ ص.

[4]- Wilkinson, C., 2006. Status of coral reefs of the world: summary of threats and remedial action. Coral reef conservation, 12: 3-39.

[5]- Perkol-Finkel, S., Shashar, N. and Benayahu, Y., 2006. Can artificial reefs mimic natural reef communities? The roles of structural features and age. Marine environmental research, 61: 121-135.

[6]- Seaman, W., and Jensen, A. C., 2000. Purposes and practices of artificial reef evaluation, Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 154 p.

[7]- Azhdari, H., M. Ibrahim, A. Arshad, S. Shohaimi, Z. Ajdari, and Z. Z. Ibrahim., 2012. The effect of artificial reefs on fish assemblage versus natural sites in the Bandar Lengeh-Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11: 1-12.

[8]- Kim, W. K., Y. S. Son, J. H. Lee, J. P. Hong, Y. S. Kim, J. W. Lee, and Q. Jo., 2008. Macrobenthic community at type and age-different artificial reefs located along the Korean coast of the East Sea. Journal of Environmental Biology, 29: 501-505.

[9]- Perkol-Finkel, S., and Benayahu, Y., 2007. Differential recruitment of benthic communities on neighboring artificial and natural reefs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 340: 25-39.

[10]- Omori, M., and Ikeda, T., 1984. Methods in marine zooplankton ecology. A Wiley-Interscience Publication, New York, 332 p.

[11]- Sherman, R. L., Gilliam, D. S., and Spieler, R. E., 2001. Site-dependent differences in artificial reef function: implications for coral reef restoration. Bulletin of marine science, 69: 1053.

[12]- Thanner, S. E., McIntosh, T. L., and Blair, S. M., 2006. Development of benthic and fish assemblages on artificial reef materials compared to adjacent natural reef assemblages in Miami-Dade County, Florida. Bulletin of marine Science, 78: 57-70.



بررسی زوگزانتله همزیست با مرجان‌های هرمتیپیک و زوانتارین‌های

جزیره هنگام طی پدیده سفید شدگی

نوری کوپائی آتوسا^۱، دهقانی حامد^۲، قوام مصطفوی پرگل^۳، فاطمی سید محمد رضا^۴

۱. دکتری زیست‌شناسی دریا گرایش جانوران دریائی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران -

۲. دکتری زیست‌شناسی دریا گرایش جانوران دریائی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران -

۳. دکتری بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۴. دکتری بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

atoosa.noori.koupaei@gmail.com

چکیده

مقدمه آبسنگ‌های مرجانی تنوع زیستی گسترده‌ای داشته و از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت‌اند. لیکن این اکوسیستم ارزشمند اکنون با تغییرات شدید آب و هوایی در معرض تهدید به نابودی قرار گرفته است [۱]. طی دهه‌های گذشته آبسنگ‌های مرجانی با معضل سفید شدگی مواجه شده‌اند. این پدیده که در نتیجه از دست رفتن زوگزانتله همزیست یا رنگدانه‌های فتوسنتزی آن‌ها رخ می‌دهد [۲] اغلب به دنبال بالارفتن دمای سطح آب به ۳۰ تا ۳۳ درجه‌ی سانتیگراد مشاهده می‌شود [۲، ۳، ۴، ۵، ۶]. علاوه بر آن تحقیقات متعددی [۷، ۸] تابش شدید نور خورشید و اشعه ماوراء بنفش را یکی دیگر از عوامل مهم و تأثیرگذار در این رویداد عنوان کردند. همچنین محققین بسیاری [۷، ۹، ۱۰] نیز بر تأثیر همزمان این دو عامل بر پدیده سفید شدگی اشاره کرده‌اند. داینوفلاژله جنس *Symbiodinium* (زوگزانتله) از نه کلاد تشکیل شده که هر یک خصوصیات فیزیولوژیک متفاوتی دارند. همزیستی گزنه سانان (Cnidarian) با کلادهای گوناگون این داینوفلاژله سبب شده که حساسیت این شاخه جانوری به پدیده سفید شدگی متفاوت باشد. خلیج فارس به عنوان یکی از گرم‌ترین پیکره‌های آبی جهان همواره در معرض نوسانات بالای دمای فصلی می‌باشد. در دو دهه اخیر حداقل چهار پدیده سفیدشدگی در خلیج فارس رخ داده است [۱۱]. پیش از این شناسایی زوگزانتله‌های همزیست با مرجان‌های هرمتیپیک (Scleractinian) در این منطقه انجام گرفته و در رابطه با غالب بودن کلاد D و مقاومت این کلاد به پدیده سفید شدگی بحث شده است [۱۱، ۱۲، ۱۳] لیکن لزوم مطالعه روی کلادهای زوگزانتله در شرایط محیطی مختلف همچنان وجود دارد. تاکنون مطالعه روی پدیده سفید شدگی تنها در مرجان‌های هرمتیپیک صورت گرفته است. در این میان زوانتارین‌ها (Zoantharians)، راسته‌ای بستر زی از آنتوزوان‌ها، با وجودیکه پراکنش گسترده‌ای در جوامع آبسنگ‌های مرجانی دارند از نظر ها دور مانده‌اند. پیش از این پدیده سفید شدگی در زوانتارین‌ها از ژاپن [۱۴] و فلوریدا [۱۵] گزارش شده است. به دلیل روند سریع تغییرات آب و هوایی، اکوسیستم‌های مرجانی نیز در حال تغییر و تحول می‌باشند. در دهه‌های اخیر شرایط نامساعد محیطی منجر به کاهش سلامت آبسنگ‌های مرجانی [۱۶] شده است و این امر لزوم توجه به مدیریت این اکوسیستم‌ها را مشخص می‌کند. مطالعه حاضر با هدف شناسایی کلادهای زوگزانتله همزیست با مرجان‌های هرمتیپیک و زوانتارین‌های ساحل شمالی خلیج فارس در طول سفید شدگی انجام گرفت. ۲- روش تحقیق هفت گونه مرجان هرمتیپیک (*Psammocora*, *Acropora downingi*, *Acanthastrea echinata*, *Leptastrea transversa*, *Favia pallida*, *Platygyra daedalea*, *contigua*

و *Stylophora pistillata*) و سه گونه زوانتارین (*Zoanthus sansibaricus*, *Palythoa aff. mutuki* و *Palythoa tuberculosa*) در تابستان ۱۳۹۱ از سه ایستگاه در جزیره هنگام (شکل ۱) برداشت شدند. همان طور که در جدول ۱ مشخص است در برخی از این نمونه‌ها سفید شدگی مشاهده و در برخی دیگر سفید شدگی رویت نشد. جهت نمونه‌برداری تکه‌هایی با اندازه مناسب جهت آنالیز مولکولی از کلنی‌های هدف برداشته شد. نمونه‌ها در داخل زیپ کیپ قرار گرفته و برای فیکس کردن نمونه‌ها از بافر DMSO استفاده شد. پس از نمونه‌برداری نمونه‌ها به آزمایشگاه بیولوژی دریا در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران منتقل شد. در آزمایشگاه، با استفاده از بافر و دستگاه شست و شو با هوا (Air Brush) زوگزانتله‌ها از درون بافت مرجان جدا شدند. بعد از جداسازی زوگزانتله DNA نمونه‌ها با روش CTAB و کلروفرم استخراج شد [۱۷]. واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) در مرجان‌های هرمتیپیک با استفاده از سه جفت آغازگر اختصاصی انجام شد. آغازگرهای اختصاصی کلاد A قطعه ژنی ITS1- 5.8 ITS2 S- [۱۸]، آغازگرهای اختصاصی کلاد C قطعه ژنی ITS1 را تکثیر [۱۹] و آغازگرهای اختصاصی کلاد D قطعه ژنی LSU2 (S) را تکثیر کرد [۱۸]. واکنش PCR در زوانتارین‌ها با استفاده از آغازگر اختصاصی زوگزانتله [۲۰] جهت تکثیر قطعه ژنی ITS2 انجام گرفت. محصولات PCR به روش الکتروفورز با ژل آگارز ۱٪ و رنگ ژل رد مورد ارزیابی قرار گرفته و قطعات تکثیر شده از نظر کیفیت باند حاصله بررسی شدند. نهایتاً محصولات PCR مناسب جهت توالی‌یابی به شرکت ماکروژن کره جنوبی ارسال گردید. توالی‌یابی به منظور اطمینان از صحت کلادهای شناسائی شده با استفاده از آغازگرهای اختصاصی انجام شد. بدین منظور توالی‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار [21] CLUSTAL W با توالی‌های ثبت شده در بانک ژن جهانی هم‌ردیف گردیدند. (شکل ۱) ایستگاه‌های نمونه برداری در جزیره هنگام ۳- نتیجه‌گیری اغلب کلنی‌های زوانتارین تنها میزبان یک کلاد زوگزانتله می‌باشند [۲۲] در حالی که مرجان‌های هرمتیپیک هم‌زمان می‌توانند میزبان چندین کلاد گوناگون باشند [۲۳] و همین امر شناسائی مولکولی آن‌ها را دشوار می‌سازد. به همین منظور جهت شناسائی زوگزانتله در زوانتارین‌ها تنها از یک جفت آغازگر برای انواع کلادها و جهت شناسائی زوگزانتله همزیست با مرجان‌های هرمتیپیک از سه جفت آغازگر اختصاصی برای سه کلاد A، C و D استفاده شد تا حضور هم‌زمان این کلادها تشخیص داده شود. نتایج حاصل از مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول ۱ نام گونه‌های مورد مطالعه همراه با مشاهده سفید شدگی (bleached) یا عدم سفید شدگی (unbleached) در آن‌ها و نتایج حاصل از شناسائی کلاد زوگزانتله همزیست در هر یک از گونه‌ها

Symbiodinium clade سفید شدگی (bleaching) نام گونه A unbleached *Acropora downingi* A unbleached *Psammocora contigua* D bleached *Platygyra daedalea* A unbleached *Favia pallida* A & D unbleached *Leptastrea transversa* C & D bleached *Acanthastrea echinata* A & D unbleached *Stylophora pistillata* A unbleached *Zoanthus sansibaricus* D bleached *Palythoa aff. mutuki* A unbleached *Palythoa tuberculosa*

مرجان‌های آبسنگ ساز در حوزه‌ی خلیج فارس و دریای عمان اولین بار توسط Baker و همکاران در سال ۲۰۰۴ انجام گرفت که کلادهای A، C و D را در سواحل عربستان شناسایی کردند [۲۳]. Mostafavi و همکاران در سال ۲۰۰۷ برای اولین بار به بررسی در سواحل ایرانی خلیج فارس پرداخته و کلاد D و C را در هشت گونه مرجان سخت در جزیره کیش و لارک شناسایی کردند [۱۲]. سپس Shahhosseiny و همکاران در سال ۲۰۱۱ کلاد D را در سه گونه مرجان و کلاد C را در دو گونه مرجان در جزیره هنگام شناسایی کردند [۱۳]. در تحقیقاتی که Rahmani و همکاران در سال ۲۰۱۱ بر روی جنس *Acropora* در جزیره فارور انجام دادند، کلاد D را در این جنس از مرجان آبسنگ‌ساز گزارش کردند [۲۵]. مطالعاتی توسط Mostafavi و همکاران از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۱ در سه جزیره شمال خلیج فارس (لارک، فارور و هندورابی) بر روی ۱۱ گونه مرجان که از شش ایستگاه جمع‌آوری شده بودند انجام گرفت. نتایج آن بدین صورت بود که: در جزیره لارک دو گونه از مرجان‌ها دارای *Symbiodinium* کلاد A و هفت گونه دارای کلاد D بودند. در جزیره فارور یک گونه مرجان دارای کلاد D و یک گونه دارای کلاد C بود. همچنین در هندورابی یک گونه مرجان کلاد D و یک گونه کلاد C را از خود نشان داد [۱۱]. بر خلاف آنکه تا کنون کلاد D به عنوان کلادی غالب در ناحیه ی شمالی خلیج فارس معرفی شده بود [11, 12, 13, 25] Hume و همکاران (۲۰۱۳) و (۲۰۱۵) با مطالعه روی ساحل جنوبی خلیج فارس، کلاد C را به‌عنوان زوگزانتله غالب و پس از آن کلاد A را به‌عنوان فراوان‌ترین کلاد در این منطقه معرفی کردند [۲۶، ۲۷]. گرچه پیش‌تر، کلاد A به ندرت از ساحل شمالی این منطقه گزارش شده است [۱۱] همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است گونه‌هایی از مرجان‌های هرمتیپیک یا زوانتارین‌ها که سفید شدگی در آن‌ها مشاهده نشده بود با کلاد A همزیستی داشتند لیکن گونه‌هایی که رنگ خود را از

دست داده بودند میزبان کلاد C، D یا هر دو این کلادها بودند. دما و تابش دو عامل مهم و تأثیرگذار در پدیده سفید شدگی مرجان‌ها هستند [۲۸]. زوگزانته کلاد A با تولید مقادیر قابل توجهی آمینواسید شبه مایکوسپیرین (mycosporine-like amino acids = MAAs) آبنسنگ‌ها را نسبت به شرایط محیطی استرس‌زا مقاوم می‌کند [۲۹، ۳۰]. این ترکیبات مقاومت را در برابر اشعه ماوراء بنفش خورشید بالا برده و از آسیب‌های جدی جلوگیری می‌کنند [۳۱]. به نظر می‌رسد که سنتز این آمینواسید یک استراتژی سازشی نسبت به تابش شدید نور خورشید است. بنابراین غالب شدن کلاد A در منطقه احتمالاً در پاسخ به افزایش شدت تابش نور خورشید رخ می‌دهد. به همین خاطر اغلب کلاد A در عمق‌های کمتر مشاهده شده است [۳۲] اغلب کلاد D به‌عنوان مقاوم‌ترین کلاد در برابر درجه حرارت و سفید شدگی شناخته می‌شد [۳۳]. لیکن نتایج تحقیقات اخیر صحت این امر را دچار تردید کرده است [۲۷]. کلاد D همواره کلادی غالب در حاشیه شمالی خلیج فارس بوده و به‌عنوان شاخص مقاومت در برابر درجه حرارت شناخته شده است [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۲۵]. در سال ۲۰۱۵ Hume و همکاران زیر کلادی از کلاد C را به عنوان کلادی مقاوم در برابر درجه حرارت در حاشیه جنوبی خلیج فارس معرفی کردند [۲۷]. با این وجود نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در مرجان‌های هرماتیپیک و زوانتارین‌هایی که میزبان کلاد A هستند سفید شدگی رویت نمی‌گردد. احتمالاً کلاد A راهکاری برای مقاومت در برابر سفید شدگی است. در نتیجه می‌توان این طور استدلال کرد که علت سفید شدگی در این منطقه در درجه‌ی اول تابش شدید نور خورشید می‌باشد. مجموع نتایج به‌دست آمده طی مطالعات اخیر و مطالعه حاضر حاکی از آن است که احتمالاً تغییراتی در الگوی همزیستی زوگزانته و آنتوزوان‌ها در خلیج فارس روی داده است. در نتیجه بحث و نتیجه‌گیری قطعی‌تر نیازمند مطالعات گسترده‌ای در این زمینه می‌باشد.

کلید واژه: مرجان هرماتیپیک، زوانتارین، خلیج فارس، سفید شدگی، تابش، *Clade A*.

۱. مقدمه

آبنسنگ‌های مرجانی تنوع زیستی گسترده‌ای داشته و از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت‌اند. لیکن این اکوسیستم ارزشمند اکنون با تغییرات شدید آب و هوایی در معرض تهدید به نابودی قرار گرفته است [۱]. طی دهه‌های گذشته آبنسنگ‌های مرجانی با معضل سفید شدگی مواجه شده‌اند. این پدیده که در نتیجه از دست رفتن زوگزانته همزیست یا رنگدانه‌های فتوسنتزی آن‌ها رخ می‌دهد [۲] اغلب به دنبال بالارفتن دمای سطح آب به ۳۰ تا ۳۳ درجه‌ی سانتیگراد مشاهده می‌شود [۲، ۳، ۴، ۵، ۶]. علاوه بر آن تحقیقات متعددی [۷، ۸] تابش شدید نور خورشید و اشعه ماوراء بنفش را یکی دیگر از عوامل مهم و تأثیرگذار در این رویداد عنوان کردند. همچنین محققین بسیاری [۷، ۹، ۱۰] نیز بر تأثیر همزمان این دو عامل بر پدیده سفید شدگی اشاره کرده‌اند.

داینوفلاژله جنس *Symbiodinium* (زوگزانته) از نه کلاد تشکیل شده که هر یک خصوصیات فیزیولوژیک متفاوتی دارند. همزیستی گزنه سانان (Cnidarian) با کلادهای گوناگون این داینوفلاژله سبب شده که حساسیت این شاخه جانوری به پدیده سفید شدگی متفاوت باشد.

خلیج فارس به‌عنوان یکی از گرم‌ترین پیکره‌های آبی جهان همواره در معرض نوسانات بالای دمای فصلی می‌باشد. در دو دهه اخیر حداقل چهار پدیده سفیدشدگی در خلیج فارس رخ داده است [۱۱]. پیش از این شناسایی زوگزانته‌های همزیست با مرجان‌های هرماتیپیک (Scleractinian) در این منطقه انجام گرفته و در رابطه با غالب بودن کلاد D و مقاومت این کلاد به پدیده سفید شدگی بحث شده است [۱۱، ۱۲، ۱۳] لیکن لزوم مطالعه روی کلادهای زوگزانته در شرایط محیطی مختلف همچنان وجود دارد.

تاکنون مطالعه روی پدیده سفید شدگی تنها در مرجان‌های هرماتیپیک صورت گرفته است. در این میان زوانتارین‌ها (Zoantharians)، راسته‌ای بستر زی از آنتوزوان‌ها، با وجودیکه پراکنش گسترده‌ای در جوامع آبنسنگ‌های مرجانی دارند از نظرها دور مانده‌اند. پیش از این پدیده سفید شدگی در زوانتارین‌ها از ژاپن [۱۴] و فلوریدا [۱۵] گزارش شده است.

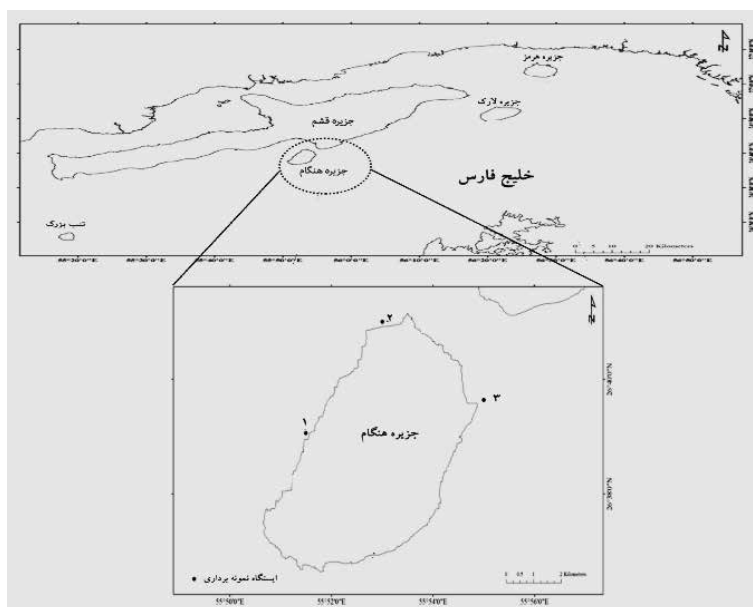
به دلیل روند سریع تغییرات آب و هوایی، اکوسیستم‌های مرجانی نیز در حال تغییر و تحول می‌باشند. در دهه‌های اخیر شرایط نامساعد محیطی منجر به کاهش سلامت آبنسنگ‌های مرجانی [۱۶] شده است و این امر لزوم توجه به مدیریت این اکوسیستم‌ها را مشخص می‌کند. مطالعه

حاضر با هدف شناسایی کلادهای زوگزانتله همزیست با مرجان‌های هرما تیپیک و زوانتارین‌های ساحل شمالی خلیج فارس در طول سفید شدگی انجام گرفت.

۲. روش تحقیق

هفت گونه مرجان هرما تیپیک (*Acropora downingi*, *Psammocora contigua*, *Platygyra daedalea*, *Favia*, *Leptastrea transversa*, *pallida*, *Acanthastrea echinata* و *Stylophora pistillata*) و سه گونه زوانتارین (*Zoanthus*)، *sansibaricus*، *Palythoa aff. mutuki* و *Palythoa tuberculosa*) در تابستان ۱۳۹۱ از سه ایستگاه در جزیره هنگام (شکل ۱) برداشت شدند. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است در برخی از این نمونه‌ها سفید شدگی مشاهده و در برخی دیگر سفید شدگی رویت نشد.

جهت نمونه‌برداری تکه‌هایی با اندازه مناسب جهت آنالیز مولکولی از کلنی‌های هدف برداشته شد. نمونه‌ها در داخل زیپ کیپ قرار گرفته و برای فیکس کردن نمونه‌ها از بافر DMSO استفاده شد. پس از نمونه‌برداری نمونه‌ها به آزمایشگاه بیولوژی دریا در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران منتقل شد. در آزمایشگاه، با استفاده از بافر و دستگاه شست و شو با هوا (Air Brush) زوگزانتله‌ها از درون بافت مرجان جدا شدند. بعد از جداسازی زوگزانتله DNA نمونه‌ها با روش CTAB و کلروفرم استخراج شد [۱۷]. واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) در مرجان‌های هرما تیپیک با استفاده از سه جفت آغازگر اختصاصی انجام شد. آغازگرهای اختصاصی کلاد A قطعه ژنی ITS1- 5.8 S- ITS2 را تکثیر [۱۸]، آغازگرهای اختصاصی کلاد C قطعه ژنی ITS1 را تکثیر [۱۹] و آغازگرهای اختصاصی کلاد D قطعه ژنی 28S (LSU) را تکثیر کرد [۱۸]. واکنش PCR در زوانتارین‌ها با استفاده از آغازگر اختصاصی زوگزانتله [۲۰]، جهت تکثیر قطعه ژنی ITS2 انجام گرفت. محصولات PCR به روش الکتروفورز با ژل آگارز ۱/۵٪ و رنگ ژل رد مورد ارزیابی قرار گرفته و قطعات تکثیر شده از نظر کیفیت باند حاصله بررسی شدند. نهایتاً محصولات PCR مناسب جهت توالی‌یابی به شرکت ماکروژن کره جنوبی ارسال گردید. توالی‌یابی به‌منظور اطمینان از صحت کلادهای شناسایی شده با استفاده از آغازگرهای اختصاصی انجام شد. بدین منظور توالی‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار CLUSTAL W [۲۱] با توالی‌های ثبت شده در بانک ژن جهانی هم‌ردیف گردیدند.



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جزیره هنگام

۳. نتایج و بحث

اغلب کلنی‌های زوانتارین تنها میزبان یک کلاد زوگزانتله می‌باشند [۲۲] در حالی که مرجان‌های هرماتیپیک همزمان می‌توانند میزبان چندین کلاد گوناگون باشند [۲۳] و همین امر شناسایی مولکولی آن‌ها را دشوار می‌سازد. به همین منظور جهت شناسایی زوگزانتله در زوانتارین‌ها تنها از یک جفت آغازگر برای انواع کلادها و جهت شناسایی زوگزانتله همزیست با مرجان‌های هرماتیپیک از سه جفت آغازگر اختصاصی برای سه کلاد A، C و D استفاده شد تا حضور همزمان این کلادها تشخیص داده شود. نتایج حاصل از مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: نام گونه‌های مورد مطالعه همراه با مشاهده سفید شدگی (bleached) یا عدم سفید شدگی (unbleached) در آن‌ها و نتایج حاصل از شناسایی کلاد زوگزانتله همزیست در هر یک از گونه‌ها

Symbiodinium clade	سفید شدگی (bleaching)	نام گونه
A	unbleached	<i>Acropora downingi</i>
A	unbleached	<i>Psammocora contigua</i>
D	bleached	<i>Platygyra daedalea</i>
A	unbleached	<i>Favia pallida</i>
A & D	unbleached	<i>Leptastrea transversa</i>
C & D	bleached	<i>Acanthastrea echinata</i>
A & D	unbleached	<i>Stylophora pistillata</i>
A	unbleached	<i>Zoanthus sansibaricus</i>
D	bleached	<i>Palythoa</i> aff. <i>mutuki</i>
A	unbleached	<i>Palythoa tuberculosa</i>

شناسایی تنوع زوگزانتله مرجان‌های آبسنگ‌ساز در حوزه‌ی خلیج فارس و دریای عمان اولین بار توسط Baker و همکاران در سال ۲۰۰۴ انجام گرفت که کلادهای A، C و D را در سواحل عربستان شناسایی کردند [۲۳]. Mostafavi و همکاران در سال ۲۰۰۷ برای اولین بار به بررسی در سواحل ایرانی خلیج فارس پرداخته و کلاد D و C را در هشت گونه مرجان سخت در جزیره کیش و لارک شناسایی کردند [۱۲]. سپس Shahhosseiny و همکاران در سال ۲۰۱۱ کلاد D را در سه گونه مرجان و کلاد C را در دو گونه مرجان در جزیره هنگام شناسایی کردند [۱۳]. در تحقیقاتی که Rahmani و همکاران در سال ۲۰۱۱ بر روی جنس *Acropora* در جزیره فارور انجام دادند، کلاد D را در این جنس از مرجان آبسنگ‌ساز گزارش کردند [۲۵]. مطالعاتی توسط Mostafavi و همکاران از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۱۱ در سه جزیره شمال خلیج فارس (لارک، فارور و هندورابی) بر روی ۱۱ گونه مرجان که از شش ایستگاه جمع‌آوری شده بودند انجام گرفت. نتایج آن بدین صورت بود که: در جزیره لارک دو گونه از مرجان‌ها دارای *Symbiodinium* کلاد A و هفت گونه دارای کلاد D بودند. در جزیره فارور یک گونه مرجان دارای کلاد D و یک گونه دارای کلاد C بود. همچنین در هندورابی یک گونه مرجان کلاد D و یک گونه کلاد C را از خود نشان داد [۱۱].

بر خلاف آنکه تاکنون کلاد D به عنوان کلادی غالب در ناحیه‌ی شمالی خلیج فارس معرفی شده بود [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۲۵] و همکاران (۲۰۱۳ و ۲۰۱۵) با مطالعه روی ساحل جنوبی خلیج فارس، کلاد C را به عنوان زوگزانتله غالب و پس از آن کلاد A را به عنوان فراوان‌ترین کلاد در این منطقه معرفی کردند [۲۶، ۲۷]. گرچه پیش‌تر، کلاد A به ندرت از ساحل شمالی این منطقه گزارش شده است [۱۱]

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است گونه‌هایی از مرجان‌های هرماتیپیک یا زوانتارین‌ها که سفید شدگی در آن‌ها مشاهده نشده بود با کلاد A همزیستی داشتند لیکن گونه‌هایی که رنگ خود را از دست داده بودند میزبان کلاد C، D یا هر دو این کلادها بودند.

دما و تابش دو عامل مهم و تأثیرگذار در پدیده سفید شدگی مرجان‌ها هستند [۲۸]. زوگزانتله کلاد A با تولید مقادیر قابل توجهی آمینواسید شبه مایکوسپرین (mycosporine-like amino acids = MAAs) آبسنگ‌ها را نسبت به شرایط محیطی استرس‌زا مقاوم می‌کنند [۲۹، ۳۰]. این ترکیبات مقاومت را در برابر اشعه ماوراء بنفش خورشید بالا برده و از آسیب‌های جدی جلوگیری می‌کنند [۳۱]. به نظر می‌رسد که سنتز این آمینواسید یک استراتژی‌سازی نسبت به تابش شدید نور خورشید است. بنابراین غالب شدن کلاد A در منطقه احتمالاً در پاسخ به افزایش شدت تابش نور خورشید رخ می‌دهد. به همین خاطر اغلب کلاد A در عمق‌های کمتر مشاهده شده است [۳۲]

اغلب کلاذ D به‌عنوان مقاوم‌ترین کلاذ در برابر درجه حرارت و سفید شدگی شناخته می‌شد [۳۳]. لیکن نتایج تحقیقات اخیر صحت این امر را دچار تردید کرده است [۲۷]. کلاذ D همواره کلاذی غالب در حاشیه شمالی خلیج فارس بوده و به‌عنوان شاخص مقاومت در برابر درجه حرارت شناخته شده است [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۲۵]. در سال ۲۰۱۵، Hume و همکاران زیر کلاذی از کلاذ C را به‌عنوان کلاذی مقاوم در برابر درجه حرارت در حاشیه جنوبی خلیج فارس معرفی کردند [۲۷]. با این وجود نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در مرجان‌های هرماتیپیک و زواتارین‌هایی که میزبان کلاذ A هستند سفید شدگی رویت نمی‌گردد. احتمالاً کلاذ A راهکاری برای مقاومت در برابر سفید شدگی است. در نتیجه می‌توان این طور استدلال کرد که علت سفید شدگی در این منطقه در درجه ی اول تابش شدید نور خورشید می‌باشد.

مجموع نتایج به‌دست آمده طی مطالعات اخیر و مطالعه حاضر حاکی از آن است که احتمالاً تغییراتی در الگوی همزیستی زوگزاتله و آنتوزوان‌ها در خلیج فارس روی داده است. در نتیجه بحث و نتیجه‌گیری قطعی‌تر نیازمند مطالعات گسترده‌ای در این زمینه می‌باشد.

منابع

- [1]- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S. (2007), Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification, Science, Vol. 318, 1737-1742.
- [2]- Glynn, P.W. (1991), Coral reef bleaching: ecological perspectives, Coral Reefs, Vol. 12, No. 1, 1-17.
- [3]- Jokiel, P. L., Coles, S. L. (1990), Responses of Hawaiian and other Indo- Pacific reef corals to elevated temperatures, Corals reefs, Vol. 8, 1069-1071.
- [4]- Glynn, P. W., D'Croz. L. (1990), Experimental evidences for high temperature stress as the cause of El Nino- coincident coral mortality, Coral Reefs, Vol. 8, 181-191
- [5]- Fitt, W. K., Spereco, H. J., Halas, J., White, M. W., Porter, J. W. (1993), Recovery of the coral *Montastrea annularis* in the Florida Keys after the 1987 Caribbean bleaching event, Coral Reefs, Vol.12, 57- 64.
- [6]- Ogden, J., Wicklund, R. (1998), Mass bleaching of corals in the Caribbean: A research strategy. Res Rep. 88-2. NOAA Undersea Research Program.
- [7]- Lesser, W., Stochaj, R. Tapley, D. W., Shick, J. M. (1990), Bleaching in coral reef anthozoans: effects of irradiance, ultraviolet radiation and temperature on the activities of protective enzymes against active oxygen, Coral Reefs, Vol. 8, 225- 232.
- [8]- Glyn, P. W., Imai, R. Sakai, K., Nakano, Y., Yamazato. KK. (1993), Experimental responses of Okinawan (Ryuku Islands, Japan) reef corals to high sea temperature and UV radiation, In Proc. 7th Coral Reef Symposium. Univ. Guam. P. 27-37.
- [9]- Jokiel, P. L. 1980. Solar ultraviolet radiation and coral reef epifauna, Vol. Science, 207, 1069- 1071.
- [10]- Gleason, D. F., Wellington, G. M. (1993), Ultraviolet radiation and coral bleaching, Nature, Vol. 365, 836- 838.
- [11]- Mostafavi, P.G., Ashrafi, M.G., Dehghani, H. (2013), Are symbiotic algae in corals in northern parts of the Persian Gulf resistant to thermal stress? Aquatic Ecosystem Health & Management, Vol. 16, 177-182.

- [12]- Mostafavi, P.G., Fatemi, S.M.R., Shahhosseiny, M.H., Hoegh-Guldberg, O., Loh, W.K.W. (2007), Predominance of clade D *Symbiodinium* in shallow-water reef-building corals off Kish and Larak Islands (Persian Gulf, Iran), *Marine Biology*, Vol. 153, 25-34.
- [13]- Shahhosseiny, M.H., Mostafavi, P.G., Fatemi, S.M.R., Karimi, E. (2011), Clade identification of symbiotic zooxanthellae of dominant sclerectinian coral species of intertidal pools in Hengam Island, *African Journal of Biotechnology Academic Journals*, Vol.10, No. 9, 1502-1506.
- [14]- Reimer, J. D., Ono, S., Tsukahara, J., Takishita, K., Maruyama, T. (2007), Non-seasonal clade-specificity and subclade microvariation in symbiotic dinoflagellates (*Symbiodinium* spp.) in *Zoanthus sansibaricus* (Anthozoa: Hexacorallia) at Kagoshima Bay, Japan, *Phycological Research*, Vol. 55, 58- 65.
- [15]- Kemp, D. W., Clayton, B. C., LaJeunesse, T. C., Brooks, W. R. (2006), A comparison of the thermal bleaching responses of the zoanthid *Palythoa caribaeorum* from three geographically different regions in south Florida, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 335, 266-276.
- [16]- Bruno, J. F., Sweatman, H., Precht, W.F., Selig, E. R., Schutte, V. G. W. (2009), Assessing evidence of phase shifts from coral to macroalgal dominance on coral reefs, *Ecology*, Vol. 90, 1478-1484.
- [17]- Baker, A. C. (1999), Symbiosis ecology of reef-building corals. PhD dissertation, University of Miami, 120.
- [18]- Correa, A.M.S., McDonald, M.D., Baker, A. C. (2009), Development of clade-specific *Symbiodinium* primers for quantitative PCR (qPCR) and their application to detecting heat tolerant symbionts in Caribbean corals, *Marine Biology*, Vol. 156, 2403-2411.
- [19]- Ulstrup, K. E., van Oppen, M. J. H. (2003), Geographic and habitat partitioning of genetically distinct zooxanthellae (*Symbiodinium*) in *Acropora* corals on the Great Barrier Reef, *Molecular Ecology*, Vol. 12, 3477-3484.
- [20]- Pochon, X., Gates, R.D. (2010), A new *Symbiodinium* clade (Dinophyceae) from soritid foraminifera in Hawai'i. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Vol. 56, 492-497.
- [21]- Thompson, J. D., Higgins, D. G., Gibson, T. J. (1994), CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice, *Nucleic Acids Research*, Vol. 22, 4673-4680.
- [22]- Reimer, J. D., Takishita, K., Ono, S., Maruyama, T. Tsukahara, J. (2006), Latitudinal and intracolony ITS-rDNA sequence variation in the symbiotic dinoflagellate genus *Symbiodinium* (Dinophyceae) in *Zoanthus sansibaricus* (Anthozoa: Hexacorallia), *Phycological Research*, Vol. 54, 521- 527.
- [23]- van Oppen, M.J.H., McDonald, B.J., Willis, B. & Miller, D.J. (2001), The evolutionary history of the coral genus *Acropora* (Scleractinia, Cnidaria) based on a mitochondrial and a nuclear marker:

Reticulation, incomplete lineage sorting, or morphological convergence?, *Molecular Biology and Evolution*, Vol. 18, 1315–1329.

[24]- Baker, A.C., Starger, C.J., McCalanahan, T.T., Glynn, P.W. (2004), Coral's adaptive response to climate change, *Nature*, Vol. 430, 741.

[25]- Rahmani, S., Ghavam Mostafavi, P., Shahhosseiny, M.H., Vosoughi, Gh., Faraji, A. (2011), Genetic Identification of *Symbiodinium* in Genus *Acropora* off Farur Island, Persian Gulf, *International Journal Marine Science and Engineering*, Vol. 1, No. 1, 43-50.

[26]- Hume, B., D'Angelo, C., Burt, J., Baker, A. C., Riegl, B., Wiedenmann, J. (2013), Corals from the Persian Gulf as models for thermotolerant reef-builders: prevalence of clade C3 *Symbiodinium*, host fluorescence and ex situ temperature tolerance, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 72, 313-22.

[27]- Hume, B., D'Angelo, C., Smith, E., Stevens, J., Burt, J., Wiedenmann, J. (2015), *Symbiodinium thermophilum* sp. nov., a thermotolerant symbiotic alga prevalent in corals of the world's hottest sea, the Persian Gulf, *Scientific reports*, Vol. 5.

[28]- Rowan, R., Knowlton, N., Baker, A.C., Jara, J. (1997), Landscape ecology of algal symbionts creates variation in episodes of coral bleaching, *Nature*, Vol. 388, 265-269.

[29]- Kinzif, R. A., Takayama, M., Santos, S. R., Coffroth, M. A. (2001), The adaptive bleaching hypothesis: experimental tests of critical assumptions, *The Biological Bulletin*, Vol. 200, 51-58.

[30]- Magalon, H., Flot, J.-F., Baudry, E. (2007), Molecular identification of symbiotic dinoflagellates in Pacific corals in the genus *Pocillopora*, *Coral Reefs*, Vol. 26, 551-558.

[31]- Neale, P.J., Banaszak, A.T., Jarriel, C.R. (1998), Ultraviolet sunscreens in *Gymnodinium sanguineum* (Dinophyceae): mycosporine-like amino acids protect against inhibition of photosynthesis, *Journal of Phycology*, Vol. 34, 928-938.

[32]- Rowan, R., Knowlton, N. (1995), Intraspecific diversity and ecological zonation in coral-algal symbiosis, *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States America*, Vol. 92, 2850-2853.

[33]- Stat, M., Gates, R.D. (2010), Clade D *Symbiodinium* in scleractinian corals: a “nugget” of hope, a selfish opportunist, an ominous sign, or all of the above?, *Journal of Marine Biology*, Vol. 2011, 1-9.



پیش‌بینی غلظت کلروفیل آ در دریای خزر با استفاده از روش رگرسیون

ماشین بردار پشتیبان (SVR) و شاخص‌های تغییرات اقلیمی

خسروی زاده، محمد^{۱*}، مهدی پور، هادی^۲، بیرقدار کشکولی، امید^۳

۱. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
 ۲. استادیار گروه مهندسی برق، دانشکده برق و کامپیوتر، مجتمع آموزش عالی فنی مهندسی اسفراین، اسفراین، ایران
 ۳. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
- * mohamad.27kh@gmail.com

چکیده

تغییرات محیطی می‌تواند سبب ایجاد تغییرات بسیار زیادی در جوامع فیتوپلانکتونی زنجیره‌های غذایی در دریاها شود. از اینرو درک و مدل‌سازی پویایی جوامع فیتوپلانکتونی با توجه به تغییرات اقلیمی می‌تواند نقش کلیدی در مدیریت اکوسیستم‌های دریایی در سطوح مختلف داشته باشد. در این بین کارایی مدل‌ها می‌تواند به شدت تحت تأثیر خصوصیات طبیعی اکوسیستم‌های دریایی شامل پروسه‌های بیوشیمیایی و فیزیکی و اثرات متقابل آنها باشد. به‌منظور حل این مشکل و فهم بهتر پویایی جوامع فیتوپلانکتونی در دریای خزر، در این مطالعه غلظت کلروفیل آ به‌عنوان شاخصی از جوامع فیتوپلانکتونی با استفاده از روش رگرسیون بردار پشتیبان (SVR) با بهره‌گیری از شاخص‌های آب و هوایی مدل شد و سپس نتایج بدست آمده با نتایج رگرسیون چند متغیره به‌عنوان مدل مرسوم مقایسه شد. برای این منظور شاخص‌های اقلیمی بزرگ مقیاس شامل (North Atlantic Oscillation (NAO، Southern Oscillation (SO، East Atlantic West Russian patterns (EAWR و (East Atlantic West Russian patterns (EAWR به همراه پارامتر محیطی دمای سطحی آب (SST)، به عنوان ورودی‌های مدل مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان داد که در مقیاس ماهیانه اثر EAWR، NAO و SST بر روی تغییرات کلروفیل آ دارای تأخیر زمانی ۱ ماهه و SO دارای تأخیر زمانی ۳ ماهه می‌باشند. همچنین در مقیاس سالیانه EAWR، NAO و SO این اثر دارای تأخیر زمانی ۱ سال و SST دارای تأخیر زمانی ۳ سال می‌باشند. نتایج نهایی شبیه‌سازی تغییرات کلروفیل آ نشان داد که مدل SVR دارای پارامترهای اتورگرسیو یک ماهه کلروفیل آ، EAWR، SO و SST (با لحاظ کردن تأخیرهای زمانی محاسبه شده فوق‌الذکر) بیشترین میزان توضیح دهنده (R²= ۵۶,۴۴٪) و کمترین میزان مربعات خطا (MSE=۰,۸۳) را در مرحله آزمون مدل نشان داد.

کلید واژه: دریای خزر، رگرسیون ماشین بردار پشتیبان، کلروفیل آ، تغییرات اقلیم

۱. مقدمه

فیتوپلانکتونها به‌عنوان عمده‌ترین گروه تولید کنندگان اولیه در شبکه غذایی زیست بومهای آبی محسوب می‌گردند [۱]. از آنجا که فیتوپلانکتونها به عنوان پایه زنجیره غذایی در دریاها هستند، هرگونه تغییر در میزان و ساختار جمعیتی آنها می‌تواند به تغییرات عمده در سطوح بالایی زنجیره غذایی منجر شود [۲]. حساسیت بالای فیتوپلانکتونها نسبت به تغییرات محیطی سبب شده است که تغییرات آنها به عنوان شاخص مهمی جهت ارزیابی شرایط اکولوژیک مد نظر قرار گیرند. در این بین تغییرات آب و هوایی در مقیاس محلی و نیز در سطح سیستم‌های جهانی همانند Southern Oscillation (SO) و North Atlantic Oscillation (NAO) به عنوان یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر روی

نوسانات جوامع فیتوپلانکتونی از طریق تاثیر بر روی لایه‌بندی آب و نیز تاثیر بر روی میزان تابش سطحی و ... می‌باشند که این مقوله می‌تواند منجر به تغییرات اساسی در کلیه سطوح اکوسیستم گردد. از این رو به منظور بهبود شناخت ما از پاسخ‌های بیولوژیکی به فاکتورهای محیطی همانند فشارهای آب و هوایی و تاثیرات انسانی، بررسی و شناسایی روند تغییرات و نوسانات جوامع فیتوپلانکتونی و ارتباط آن با تغییرات آب و هوایی در مقیاسهای محلی و جهانی بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

همانند سایر منابع آبی داخلی در جهان، دریای خزر در طول دهه‌های گذشته (که تاکنون نیز ادامه دارد) تغییرات اکولوژیک زیاد از جمله شکوفایی بالای جلبکی، هجوم شانه‌دار و نیز کاهش شدید جمعیت آبزیان را تجربه نموده است که این امر منجر به ایجاد شرایط نگران‌کننده‌ای در ابعاد ملی و بین‌المللی شده است [۳]. با این حال با توجه به کمبود اطلاعات جامع از شرایط محیطی در این دریا عوامل ایجاد این تغییرات همچنان طور کامل مشخص نشده است. در این بین با توجه به نقش قطعی تغییرات آب و هوایی در ایجاد تغییرات اکولوژیک در سراسر جهان [۴] بررسی نقش این عوامل در دریای خزر نیز قابل تأمل است. هدف این مطالعه شناخت چگونگی تغییرات جوامع فیتوپلانکتونی در دریای خزر و مدلسازی ارتباط آنها با شاخصهای محیطی و اقلیمی و همچنین بالا بردن قابلیت پیش‌بینی پذیری نوسانات جوامع فیتوپلانکتونی در دریای خزر (با استفاده از شاخص کلروفیل آ) با استفاده از روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان (SVR) می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

استفاده از داده‌های ماهواره‌ای غلظت کلروفیل آ معمولاً به‌عنوان یک واحد متریک از زی توده فیتوپلانکتون به منظور محاسبه تولیدات اولیه استفاده می‌شود [۵]. با توجه به در دسترس نبودن داده‌های میدانی طولانی مدت و پیوسته در دریای خزر، در این مطالعه میانگین ماهیانه غلظت سطحی کلروفیل آ از ژانویه ۱۹۹۸ تا دسامبر ۲۰۱۲ مربوط به خزر جنوبی (بین ۵۰ تا ۵۲ درجه شرقی، ۳۸ تا ۴۰ درجه شمالی) و از تصاویر ACRI-ST GlobColour service supported by EU FP7 MyOcean and SA GlobColour Projects استخراج گردید.

با توجه به موقعیت مکانی دریای خزر و قرارگیری آن در حداقل مرز دو منطقه آب و هوایی، آسیا و اروپا، می‌توان انتظار داشت که سیستم‌های اتمسفری متفاوتی این دریا را تحت تاثیر قرار دهند. از اینرو مجموعه‌ای از شاخص‌های مختلف آب و هوایی مستخرج از داده‌های ماهواره‌ای شامل NAO، EAWR^۱ و SO در این مطالعه به عنوان تقریبی از تغییرات آب و هوایی استفاده شدند. همچنین علاوه بر شاخص‌ها اتمسفری، دمای سطحی آب نیز به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای محیطی نیز مورد مطالعه قرار گرفت. میانگین ماهیانه دمای سطحی برای بازه مورد مطالعه نیز از تصاویر در دسترس در وبسایت NOAA^۲ استخراج گردید.

از جمله روش‌های محاسباتی مفید که در زمینه رگرسیون و پیش‌بینی سری‌های زمانی که برای پیش‌بینی کلروفیل آ نیز استفاده می‌شود، روش رگرسیون بر مبنای ماشین بردار پشتیبان می‌باشد که به اختصار از آن به SVR^۳ یاد می‌شود. با توجه به مزایای این الگوریتم که می‌تواند عمل رگرسیون را به صورت خطی و غیر خطی انجام دهد، در این مطالعه به منظور بهبود دقت پیش‌بینی میزان کلروفیل آ از این الگوریتم استفاده شد. اگر ورودی‌های p -بعدی به صورت $x_i = [x_{i1}, \dots, x_{ip}]^T$, $i = 1, \dots, m$ داده شده باشند و متناظر با هر کدام از ورودی، خروجی‌های y_i , $i = 1, \dots, m$ نیز متصور باشند، هدف این مدل در حالت خطی یافتن بردار وزن p -بعدی $w = [w_1, \dots, w_p]^T$ (که در آن p تعداد ویژگی‌های هر ورودی است) و مقدار خطا b است که در نتیجه آن رابطه زیر با حداکثر خطای قابل قبول ε ، بیانگر مقادیر خروجی y_i , $i = 1, \dots, m$ گردد:

$$f(x_i) = \langle w, x_i \rangle + b, \quad i = 1, \dots, m \quad (1)$$

^۱ East Atlantic West Russia

^۲ National Oceanic and Atmospheric Administration

^۳ Support Vector Machine Regression

که در آن $\langle \cdot, \cdot \rangle$ بیانگر ضرب داخلی بوده و داریم $\langle w, x_i \rangle = w^T x_i$. معمولاً از حدود ۷۰٪ داده‌ها (که با n نشان داده می‌شود) جهت آموزش مدل و تعیین w و b استفاده شده و از باقی جهت تست مدل استفاده می‌شود. صافی و مسطح بودن رابطه فوق به معنای رسیدن به w کوچکتر (حداقل نمودن $\|w\|^2 = \langle w, w \rangle$) است. لازم به ذکر است که در اغلب موارد رسیدن به حداکثر خطای ε عملی نبوده و معمولاً برای برخی از داده‌ها خطای بیشتر از آن (که معمولاً با ξ_i و ξ_i^* بیان می‌شود) نیز قابل قبول می‌باشد. بنابراین در این مدل تابع خطا جهت بهینه‌سازی (کمینه کردن) و شرایط مربوط به آن به صورت زیر بیان گردیدند.

$$\min_{w, b, \xi, \xi_i^*} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n (\xi_i, \xi_i^*)$$

$$\text{subject to } \begin{cases} y_i - \langle w, x_i \rangle - b \leq \varepsilon + \xi_i, & i = 1, \dots, n, \\ \langle w, x_i \rangle + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^*, & i = 1, \dots, n, \\ \xi_i, \xi_i^* \geq 0, & i = 1, \dots, n, \end{cases} \quad (2)$$

که در آن C پارامتر تنظیم میزان نرمی f در مقابل میزان قابل قبول بودن خطای بیشتر از ε است. معمولاً در مقالات مقادیر عددی ε و C به ترتیب ۰ و ۱ در نظر گرفته می‌شوند.

رابطه مذکور مربوط به حالت خطی مدل می‌باشد؛ برای حالت غیرخطی، روند کار بسیار شبیه به حالت خطی بوده، با این تفاوت که در روابط فوق به جای x_i ، $g(x_i)$ که یک نگاشت غیر خطی است را خواهیم داشت. یعنی ابتدا با استفاده از نگاشت $g(\cdot)$ فضای ورودی به یک ابر-فضا که معمولاً بی‌نهایت-بعد است نگاشت داده شده و سپس رگرسیون خطی SVR در آن فضا صورت می‌پذیرد. درنهایت با انجام عکس نگاشت، در واقع در فضای ورودی رگرسیون غیرخطی صورت می‌پذیرد.

در این مطالعه داده‌های ورودی شامل داده‌های میانگین ماهیانه، سالیانه و نیز فصلی آب و هوایی شامل SST، SO، NAO، EAWR و نیز اتورگرسیون کلروفیل آ (Chl at-1) بود. لازم به ذکر است با توجه به اینکه پاسخ اکوسیستم به تغییرات اقلیمی می‌تواند با تاخیر زمانی همراه باشد [۶] در برقراری مدل SVR علاوه بر مطالعه تأثیرات همزمان، تأثیرات بالقوه تاخیری (دارای تاخیر زمانی) پارامترهای اقلیمی نیز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور تاخیر زمانی پارامترهای ورودی (در مقیاس‌های ماهیانه و سالیانه) در صورت وجود تعیین گردید به نحوی که داده‌های ماهیانه با زمان تاخیر حداکثر تا ۱۲ ماه و نیز داده‌های سالیانه با زمان تاخیر معادل ۲۵ درصد طول سری زمانی برای کسب بهترین نتیجه در مدل SVR مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس قویترین سیگنال‌های تاخیر زمانی (مربوط به کلیه پارامترها) به عنوان ورودی در مدل نهایی SVR استفاده گردید همچنین به منظور مقایسه نتایج روش رگرسیون ماشین بردار پشتیبان، میزان کلروفیل آ با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره نیز پیش‌بینی شد. در این مطالعه کلیه محاسبات و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Matlab صورت گرفت.

۳. نتایج

به منظور ارزیابی عملکرد مدل رگرسیون پشتیبان ماشین بردار (SVR)، ابتدا مدل عمومی رگرسیون خطی ساده چند متغیره برای پیش‌بینی غلظت کلروفیل آ با استفاده از داده‌های اقلیمی به عنوان ورودی برقرار گردید که نتایج این مدل در جدول ۱ آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که علیرغم معنی دار بودن مدل ($p < 0.05$)، عملکرد مدل رگرسیون خطی چند متغیره در پیش‌بینی غلظت کلروفیل آ مناسب نبوده است به صورتی که این مدل تنها قادر به توضیح ۱۴ درصدی تغییرات میزان کلروفیل آ می‌باشد.

جدول ۱: شاخص‌های آماری مورد استفاده برای ارزیابی مدل رگرسیون خطی چند متغیره

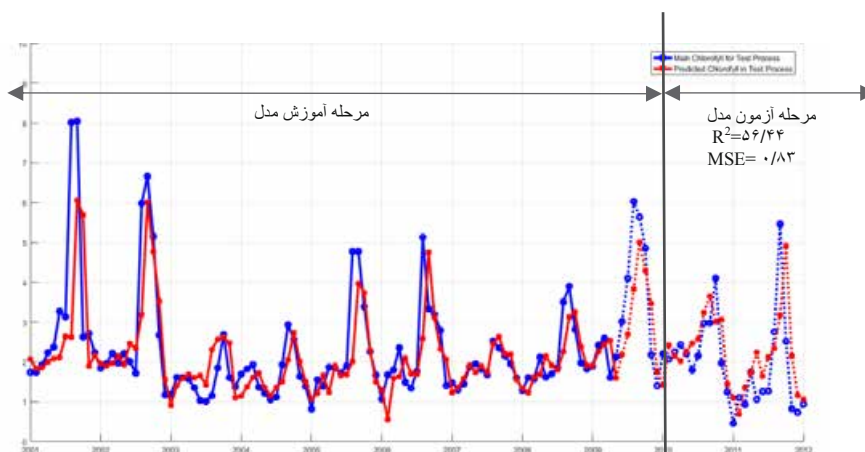
MSE	R ² %	پارامترها ورودی	پارامتر خروجی
۱/۴۲	۱۴	NAO, SO, EAWR, SST	Chl a

نتایج بررسی تأثیرات همزمان و تأثیرات بالقوه تاخیری (دارای تاخیر زمانی) پارامترهای ورودی در برقراری مدل SVR نشان داد که در مقیاس ماهیانه کلروفیل آ، EAWR، NAO و SST دارای تاخیر زمانی ۱ ماهه و SO دارای تاخیر زمانی ۳ ماه می‌باشد. همچنین در مقیاس سالیانه کلروفیل آ، EAWR، NAO و SO دارای تاخیر زمانی ۱ سال و SST دارای تاخیر زمانی ۳ سال می‌باشد. از این رو با در نظر گرفتن این نتایج مدل SVR برقرار و بهترین مدل با توجه به میزان توضیح دهنده‌گی مدل (R^2) و نیز کمترین مربعات خطا MSE بر اساس روش backward selection

انتخاب گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که از بین جایگشت‌های مختلف مدل SVR، مدل دارای پارامترهای اتورگرسیو یک ماهه کلرفیل آ، EAWR، SO و SST (با لحاظ کردن تاخیرهای زمانی محاسبه شده فوق‌الذکر) به عنوان ورودی به طور معنی داری ($p < 0.05$) بیشترین میزان توضیح دهنده ($R^2 = 56/44\%$) و کمترین میزان مربعات خطا ($MSE = 0/83$) را در مرحله آزمون مدل نشان داد (جدول ۲ و شکل ۱).

جدول ۲: شاخص‌های آماری مورد استفاده برای ارزیابی مدل نهایی رگرسیون بردار پشتیبان

پارامترهای خروجی	پارامترهای ورودی	$R^2\%$	MSE
Chl a	Chl a _{t-1} , EAWR, SO, SST	۵۶/۴۴	۰/۸۳



شکل ۱: نتایج شبیه‌سازی مدل نهایی رگرسیون بردار پشتیبان (SVR): مرحله آموزش مدل (۷۰ درصد داده‌ها) و مرحله آزمون مدل (۳۰ درصد داده‌ها)

از اینرو نتایج فوق‌النشان می‌دهد که عملکرد مدل SVR در پیش‌بینی غلظت کلروفیل آ نسبتاً قابل قبول بوده و در مقایسه با مدل رگرسیون خطی چند متغیره بهبود چشمگیری پیدا کرده است و به نظر می‌رسد که مدل SVR توانایی بالاتری در استفاده از داده‌های اقلیمی (به عنوان ورودی) و الگوها و روابط آماری موجود در آنها در جهت افزایش قابلیت پیش‌بینی غلظت کلروفیل آ را دارد.

تغییرات پارامترهای فیزیکی از جمله عوامل آب و هوایی نقش بسیار حیاتی در توسعه اکوسیستم‌های آبی و شرایط زیستی آبزیان وابسته به آنها دارد. از اینرو درک و فهم بیشتر این ارتباط می‌تواند نقش بسیار تأثیرگذاری در حفظ و بهره‌برداری اکوسیستم‌ها داشته باشد [۷]. بررسی غلظت کلروفیل آ به عنوان کاربردی‌ترین و مناسب‌ترین پارامتر می‌باشد که می‌تواند برای بررسی وضعیت اکوسیستم‌های دریایی استفاده شود. با توجه به همبستگی تولیدات اولیه و غلظت کلروفیل آ، این شاخص به‌طور گسترده‌ای به عنوان شاخصی از زی توده فیتوپلانکتونی محسوب می‌گردد [۸]. لذا این در این مطالعه به بررسی اثرات تغییرات آب و هوایی و پارامترهای محیطی بر روی کلرفیل آ به منظور ارائه راهکاری جهت پیش‌بینی تغییرات کلرفیل آ پرداخته شد. نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص‌های آب و هوایی جهانی EAWR، NAO و SO و نیز تغییرات دمای سطحی در مقیاس زمانی ماهیانه و سالیانه می‌تواند بر روی تغییرات میزان کلرفیل آ به طور معنی داری تأثیرگذار باشند. با این حال نتایج بدست آمده نشان داد که این تأثیرات با تاخیر زمانی همراه بوده است که می‌تواند نشان دهنده تأثیر غیر مستقیم این شاخص‌های اقلیمی بر روی زی توده فیتوپلانکتونی باشد.

به عقیده Post [۹] یکی از دلایل تاخیر زمانی در روند پاسخ اکوسیستم‌های آبی نسبت به تغییرات آب و هوایی را ناشی از این امر می‌داند که پارامترهای بزرگ مقیاس آب و هوایی به نوبه خود بر روی سایر پروسه‌های اتمسفری محلی همانند وزش باد، بارش، جریان‌های آبی و ... در زمانی پیش از اثر مشاهده شده بر روی آبی، تأثیر بگذارد. در نتیجه این تغییرات محیطی به نوبه خود به عنوان واسطه انتقال تأثیرات این شاخص‌های آب و هوایی بزرگ مقیاس بر روی اکوسیستم‌های آبی می‌باشند و چنین تاخیری می‌تواند به سبب اثر متقابل آب و هوایی-اقیانوسی باشد. با این حال مکانیسم فیزیکی این اثر متقابل آب و هوایی بزرگ مقیاس و پارامتر محیطی محلی بسیار پیچیده می‌باشد [۶]. نتایج بدست آمده در سایر مطالعات [۱۰، ۱۱] نشان دهنده تأثیرگذاری تغییرات آب و هوایی بزرگ مقیاس همانند SO، NAO بر روی میزان بارش، سطح آب

دریای خزر، الگوی وزش باد و ... می‌باشد که این پارامترها به نوبه خود می‌توانند واسطه تأثیرات پارامترهای آب و هوایی بر روی تغییرات کلروفیل آ باشد.

۴. نتیجه گیری

مدلسازی و پیش‌بینی دقیق تولیدات اولیه و شکوفایی جلبکی به‌علت پیچیدگی روابط پارامترهای محیطی و تأثیرات آنها مقوله نسبتاً مشکلی در حوزه مسائل مربوط به پایش کیفیت آب و به‌طور کلی مدیریت منابع دریایی می‌باشد. بهره‌گیری از تواناییهای روشهای جدید مدلسازی ریاضیاتی و آماری نوین می‌تواند امکان و فرصت مناسبی را برای کمک به حل نسبی این مشکل فراهم آورد.

با توجه به ارزیابی عملکرد مدل رگرسیون ساده چند متغیره و نتایج اولیه عملکرد رگرسیون SVR به منظور بهبود پیش‌بینی‌پذیری غلظت کلروفیل آ در حوضه جنوبی دریای خزر (و با استفاده از داده‌های اقلیمی به عنوان ورودی‌های مدل) به نظر می‌رسد که مدل ابتدایی و عمومی SVR می‌تواند به‌عنوان تکنیکی با پتانسیل نسبتاً مناسب در ارتباط با مدلسازی و پیش‌بینی غلظت کلروفیل آ در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شود. با این وجود به منظور افزایش قابلیت پیش‌بینی‌پذیری کلروفیل آ، در مطالعات آینده ارزیابی سایر مدل‌های ریاضیاتی و آماری و همچنین بهینه‌سازی مدل SVR (تلفیق با تکنیک‌های دیگر)، استفاده از ورودی‌های متفاوت (با مقیاس‌های زمانی مختلف)، تلفیق داده‌های محلی در مدل‌ها و در نهایت مقایسه و انتخاب کارآترین مدل در دریای خزر کاملاً ضروری به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی درون دانشگاهی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می‌باشد.

منابع

- [1]- Barbosa, A.B., Domingues, R.B., Galvão, H.G. (2010), Environmental forcing of phytoplankton in a Mediterranean estuary (Gadiana Estuary, southwestern Iberia): a decadal of anthropogenic and climatic influences. *Estuaries and Coasts*, 33, 324-341.
- [2]- McQuatters-Gollop, A., Mee, L.D, Raitos, D.E., Shapiro, G.I. (2008), Non-linearities, regime shifts and recovery: The recent influence of climate on Black Sea chlorophyll, *Journal of Marine Systems*, 74 (1-2): 649-658.
- [3]- CaspEco.(2012). The Caspian Sea: Restoring Depleted Fisheries and Consolidation of a Permanent Regional Environmental Governance Framework. UNDP.
- [4]- Lee, G., Bae, J., Lee, S., Jang, M., Park, H. (2016). Monthly chlorophyll-a prediction using neuro-genetic algorithm for water quality management in Lakes. *Desalination and Water Treatment*, 57(55), pp.26783-26791.
- [5]- Siswanto, E., Katsuhisa, T. (2014), Phytoplankton biomass dynamics in the Strait of Malacca within the period of the SeaWiFS full mission: Seasonal cycles, interannual variations, and decadal-scale trend, *Remote Sensing*, 6, 2718-2742.
- [6]- Gröger, J. P., Kruse, G. H., Rohlf, N. (2009), Slave to the rhythm: how large-scale climate cycles trigger herring (*Clupea harengus*) regeneration in the North Sea. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*: fsp259.

[۷]- ادب، ح، عتباتی، آ، امیر احمدی، ا، اسماعیلی، ر. (۱۳۸۹)، پایش زمانی دمای سطح دریا و کلروفیل a با استفاده از تحلیل تصاویر دورسنجی در دریای خزر، مجله بیولوژی دریا، ۲ (۸)، ۳-۱۲.

[8]- Kopelevich, O.V., Sheberstov, S.V., Yunev, O., Basturk, O., Finenko, Z.Z., Nikonov, S., Vedernikov, V.I. (2002), Surface chlorophyll in the Black Sea over 1978–1986 derived from satellite and in situ data, *Journal of Marine Systems*, 36(3–4): 145-160.

[9]- Post, E. (2004), Time lags in terrestrial and marine environments. *Marine Ecosystems and Climate Variation*: 165-167.

[10]- Arpe, K., L. Bengtsson, G. Golitsyn, I. Mokhov, V. Semenov, Sporyshev, P. (2000), Connection between Caspian Sea level variability and ENSO. *Geophysical research letters* 27:2693-2696.

[11]- Kosarev, A. (2005), Physico-Geographical Conditions of the Caspian Sea. Pages 5-31 in A. Kostianoy and A. Kosarev, editors. *The Caspian Sea Environment*. Springer Berlin Heidelberg.



بررسی پراکنش و تنوع گونه‌ای ماکروبن‌توزهای آبهای بحرکان با استفاده از شاخص‌های شانون و سیمپسون

نبوی، سیده نرگس^{۱*}، پازوکی، جمیله^۲، نبوی، سید محمد باقر^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی،

دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، استان خوزستان، خرمشهر

۲. دانشیار، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، استان تهران، تهران

۳. دانشیار، گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی

خرمشهر، استان خوزستان، خرمشهر

چکیده

در این پژوهش، ماکروبن‌توزهای بستر گلی خلیج بحرکان در تیر ماه و بهمن ماه سال ۱۳۹۲، مورد مطالعه و شناسایی قرار گرفتند. بدین منظور ماکروبن‌توزها با استفاده از غرب و نون به مساحت ۰/۰۲۵ متر مربع، از ۵ ترانسکت (۱۰ ایستگاه با اعماق ۱ و ۳ متر) با ۴ تکرار در هر ایستگاه، جمع‌آوری شدند. در مجموع ۵۲ جنس و ۵۹ گونه شناسایی شدند، گونه‌های Cerithium sp، Pseudonoba sp.2، Tornatina persiana، Paraprionospio pinnata و Cerithidea cingulata. از گونه‌های غالب در این بررسی بشمار می‌روند. در این مطالعه همچنین همبستگی بین عوامل محیطی، درصد دانه‌بندی رسوبات، مواد آلی و تراکم ماکروبن‌توزها، با استفاده از نرم‌افزار Spss (Version 19) مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج آنالیز دانه‌بندی، جنس بستر منطقه گلی تشخیص داده شد. بیشترین درصد مواد آلی رسوبات مربوط به فصل زمستان (۲۰/۷۶±۰/۳۳) و کمترین آن نیز در همین فصل (۶±۰/۱۵)، اندازه‌گیری شد. در فصل تابستان همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۰/۰۱ بین درصد TOM و ذرات سیلت و رس (r value = ۰/۷۹) به دست آمد که غالباً در مطالعات بنتیکی قابل پیش بینی است. اگرچه، در فصل زمستان این ضریب همبستگی از میزان کمتری (r value = -۰/۴۸) برخوردار بود. بیشترین فراوانی ماکروبن‌توزها مربوط به فصل تابستان با فراوانی ۲۰۴۱ در ۰/۰۲۵ مترمربع و کمترین آن مربوط به فصل زمستان با فراوانی ۱۷۲۲ فرد در ۰/۰۲۵ مترمربع اندازه‌گیری شد. بیشترین فراوانی سالانه را به ترتیب دوکفه‌ای‌ها با ۳۹/۱۴٪، شکم‌پایان با ۳۸/۴۷٪، پرتاران با ۱۹/۲۳٪، سخت‌پوستان با ۲/۹۲٪، ناوپایان با ۰/۱۱٪، خارپوستان با ۰/۰۷٪ و مرجان‌های نرم ۰/۰۴٪ به خود اختصاص دادند. بالاترین میزان تنوع گونه‌ای مربوط به فصل زمستان در ایستگاه ۳ (H'= 2.56) و پایین‌ترین میزان آن مربوط به فصل تابستان در ایستگاه ۱۰ (H'= 1.68) می‌باشد. پایین بودن مقادیر شاخص شانون در مطالعه حاضر (با میانگین H'= 2.12) می‌تواند از آلودگی‌های ناشی از اسکله صیادی بحرکان و شناورهای صیادی متعددی باشد که در منطقه مورد مطالعه فعالیت دارند.

کلید واژه: خلیج فارس، بحرکان، ماکروبن‌توز، شاخص شانون و شاخص سیمپسون.

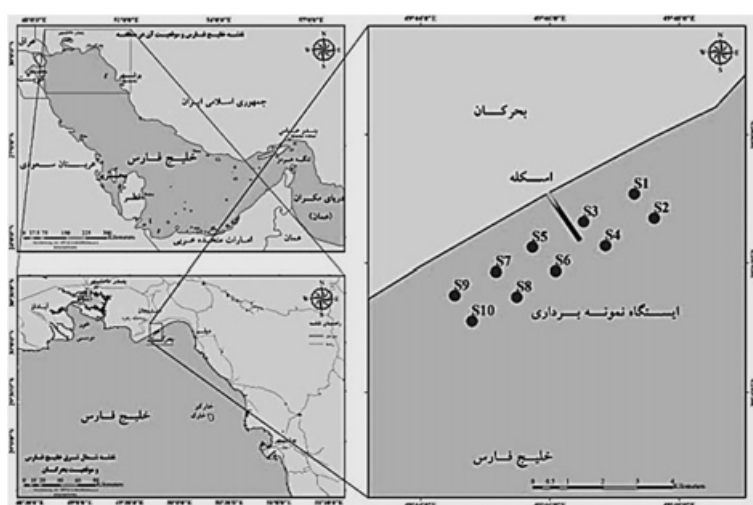
۱- مقدمه

کفزیان گروهی از بی‌مهرگان هستند که اندازه آن‌ها از ۰/۵ میلی‌متر بزرگتر است. این موجودات در زنجیره غذایی آب‌ها دارای نقش کلیدی هستند. کفزیان در تولید، رسوب‌گذاری، شکستن، بازچرخش و برگشت مواد آلی و همچنین بعنوان حلقه اتصال در شبکه‌های غذایی دریاها و

همینطور منابع غذایی موجودات بزرگتر، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. کفزیان بدلیل تحرک کم و شمار زیاد آن‌ها در رسوبات بعنوان نشانگرها بسیار خوبی در خصوص آنالیزهای بوم‌شناختی و ارزیابی‌های زیست محیطی کاربرد گسترده‌ای دارند (۱ و ۲). بسترهای گلی در مناطق ساحلی، غالباً هموار و در شرایط مد هم از عمق کمی برخوردار هستند. این بوم سامانه‌های ساحلی بدلیل عمق کم، در یک چرخه جزر و مدی و همچنین در فصول مختلف، تحت تاثیر پارامترهای محیطی و آلاینده‌ها قرار گرفته و این متغیرها می‌توانند اجتماعات کفزی را تحت تاثیر قرار دهند. شاخص‌های زیست‌شناختی ابزارهای بسیار مناسبی جهت درک بهتر از شرایط محیطی یک بوم‌سامانه دریایی هستند (۳). این شاخص‌ها شامل شاخص تنوع گونه‌ای شانون (H') و شاخص غالبیت سیمپسون (λ) هستند که در مطالعه حاضر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هدف از انجام این تحقیق، مطالعه پراکنش و تنوع گونه‌ای کفزیان سواحل بحرکان و استفاده از مدل ولج جهت ارزیابی کیفیت بوم شناختی منطقه مورد مطالعه است.

۲- مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل سواحل کم‌عمق بحرکان در شمال غرب خلیج فارس است که از بسترهای گلی و همواری تشکیل شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی بحرکان در خلیج فارس و موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از رسوبات در دو فصل گرم (تابستان ۱۳۹۲) و سرد (زمستان ۱۳۹۲) از ۱۰ ایستگاه توسط گرب ون وین با مساحت ۰/۲۵ متر مربع انجام شد. بمنظور بررسی تنوع و غالبیت گونه‌ای کفزیان، از شاخص‌های تنوع شانون (H') و سیمپسون (λ) استفاده شد.

(فرمول ۱ و ۲)

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i)$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

۳. نتایج

در مجموع ۵۲ جنس و ۵۹ گونه شناسایی شدند که گونه‌های *Cerithium sp.*، *Cerithidea cingulata*، *Pseudonoba sp.2*، *Tornatina*، *pinnata.persiana* از گونه‌های غالب در این بررسی به شمار می‌روند. برای پی‌بردن به وضعیت منطقه مورد مطالعه از نظر تنوع، از یک شاخص عمومی که توسط Welch (۱۹۹۲) ارائه شده، استفاده شده است. بر این اساس منطقه فاقد آلودگی درارای H' بزرگتر از ۳، مناطق آلوده دارای H' کوچکتر از ۱ و مناطق با H' معادل ۱ تا ۳ دارای بار آلودگی متوسط می‌باشند. تردد زیاد واحدهای صیادی و آلودگی‌های ناشی از حمل و نقل نفت از اسکله‌های نفتی بحرکان و فاضلاب‌های خانگی و روستایی از مهم‌ترین عواملی هستند که می‌توانند تنوع گونه‌ای

را در منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر قرار دهند. کاهش نیچ اکولوژیک و یکنواخت بودن بستر که عمدتاً گلی و دانه‌ریز است از دیگر عواملی محسوب می‌شوند که کاهش تنوع گونه‌ای را به همراه می‌آورند. از دیگر نکات حائز اهمیت در این مطالعه حضور گونه *Cossura* sp. به‌عنوان یک گونه فرصت طلب در هر دو فصل نمونه‌برداری است که در بین پرتاران بیشترین فراوانی را دارا بوده است.

منابع

- [1] - سلیمانی راد، آسیه- کامرانی، احسان- کشاورز، موسی- بهرهمند، مرتضی و وزیرزاده، امیر ۱۳۹۲. مقایسه تنوع و پراکنش پرتاران (Polychaetes) جاسک شرقی و غربی در منطقه حفاظت شده جاسک (دریای عمان)، نشریه علمی- پژوهشی اقیانوس‌شناسی. ۴ (۱۶): ۵۳-۴۴.
- [2] Pires-Vanin, A.M.S.P., Arasaki, A. & Muniz, P. (2013). Spatial pattern of benthic macrofauna in a sub-tropical shelf, São Sebastião Channel, southeastern Brazil. Lat. Am. J. Aquat. Res., 41(1): 42-56.
- [3] Nabavi, S. M. B; Shokat, P; Emam, S. H. A. and Nabavi, S.N. (2013). Macrobenthic species diversity in Sajafi- Bahrekan estuary (Persian Gulf). INOC -IIUM- - International Conference on " Oceanography & Sustainable Marine Production A Challenge of Managing Marine Resources under Climate Change. 208- 210 pp.



ارزیابی اکولوژیکی سواحل بوشهر (بازه اولی تا کنگان) بر اساس زیر

معیارهای اکولوژیکی IUCN

خالدی، هدی^{۱*}، رضایی، آزاده^۲

۱. گروه علوم زیستی دریا، پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

۲. زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی، خرمشهر، ایران

hodakhaledi@inio.ac.ir

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی اکولوژیکی سواحل خلیج فارس (بازه اولی تا کنگان) بر اساس زیرمعیارهای اکولوژیکی IUCN بود. زیرمعیارهای اکولوژیکی IUCN شامل تنوع زیستی، طبیعی بودن، وابستگی، معرف بودن، بی‌همتایی، بهره‌وری، آسیب‌پذیری و یکپارچگی می‌باشد. با امتیازدهی به هر معیار و امتیاز نهایی که مناطق مورد نظر کسب کردند این مناطق از نظر درجات حفاظتی IUCN بررسی شد. طبقات حفاظتی IUCN شامل ۶ طبقه می‌باشد که هر طبقه اکوسیستم‌ها را به مدیریت‌های خاصی ملزم می‌کند. جهت رسیدن به این هدف از ماکروبتنوزها نمونه برداری صورت گرفت. علت استفاده از ماکروبتنوزها ویژگی‌هایی است که این موجودات را برای مطالعات بوم‌شناسی مناسب میدانند. از این ویژگی‌ها میتوان به ساکن بودن در بستر، تاثیر پذیرفتن از تغییرات بستر و نشان دادن اثرات این تغییرات، داشتن تنوع بالا، جمع‌آوری آسان آنها برای مطالعات اکولوژیکی، تحمل زیاد نسبت به آلودگی اشاره کرد. نمونه برداری از ماکروبتنوزها در طی دو فصل تابستان و زمستان در مناطق مورد تحقیق صورت گرفت. در هر منطقه نمونه‌ها از نواحی Supratidal، Midtidal، Infratidal و Subtidal جمع‌آوری شدند. فاکتورهای دما، شوری، pH، کدورت، EC، مواد آلی و دانه بندی نیز مورد سنجش قرار گرفتند. با توجه به ۸ زیرمعیار اکولوژیکی علاوه بر بررسی تنوع بتنوزها نیاز به اطلاعات مربوط به صنایع موجود در مناطق مورد تحقیق و اطلاعات مربوط به ماهیان بود که این اطلاعات نیز جمع‌آوری شد و در نهایت معیارها مورد ارزیابی و امتیاز دهی قرار گرفتند. امتیاز دهی هر معیار در محدوده ۱ تا ۴ بود که ۱ کمترین و ۴ بالاترین امتیاز برای هر معیار می‌باشد و بالاترین امتیاز برای هر منطقه ۳۲ می‌باشد. بعد از امتیاز دهی معیارها در هر سه منطقه، امتیازات کسب شده به صورت درصد بیان شده و طبق آن درجات حفاظتی IUCN تعیین شد که هر سه منطقه اولی، دیر و کنگان محدوده امتیاز ۷۰-۸۵ درصد را کسب کرده و با کسب این محدوده از امتیازات، اکوسیستم‌ها در درجه دوم از طبقات حفاظتی (حفاظت بوم‌سازگان و تفرج (پارک ملی)) قرار گرفتند. با توجه به قرار گیری اکوسیستم‌های مورد تحقیق در طبقه دوم و مدیریت‌هایی که از طرف این سازمان برای این درجات حفاظتی مشخص شده است فعالیتهایی مانند، ماهیگیری سنتی، انجام فعالیت غواصی و گردشگری در این اکوسیستم‌ها می‌تواند انجام گیرد. آبرزی پروری، فعالیتهای استخراجی، تخلیه فاضلابهای تصفیه نشده، معدن کاوی در بستر و ایجاد صخره‌های مصنوعی از جمله موارد ممنوع در این اکوسیستم‌هاست. کلید واژه سواحل اولی، دیر و کنگان، IUCN، زیر معیارهای اکولوژیکی، ماکروبتنوز، حفاظت بوم سازگان و تفرج.

کلید واژه: سواحل اولی، دیر و کنگان، IUCN، زیر معیارهای اکولوژیکی، ماکروبتنوز، حفاظت بوم سازگان و

تفرج

۱- مقدمه

با توجه به ارزش و اهمیت سواحل و عوامل تهدید کننده آنها، این اکوسیستم‌ها جز مناطق حساس دریایی می‌باشند. مناطق حساس عموماً مترادف مناطق حیاتی (بحرانی) به کار می‌رود که بیان کننده اهمیت بسیار زیاد آنها از یکسو و آسیب‌پذیری آنها از سوی دیگر است. ارزش این مناطق به تنهایی به عنوان پشتوانه حمایتی برای گونه‌ها تا حد یک منطقه حیاتی و حفاظت شده، می‌باشد (۱). تعریف منطقه حفاظت شده در کشورها متفاوت می‌باشد. طبق تعریف سازمان جهانی حفاظت از طبیعت (IUCN) منطقه حفاظت شده منطقه‌ای از اکوسیستم‌های خشکی یا آبی است که هدف، حفاظت و نگهداری از تنوع زیستی، طبیعت و منابع فرهنگی آن است و از طریق قانونی باید مدیریتی موثر در آنها اعمال شود.

۲. روش و تحقیق

در این پژوهش، از معیارهای IUCN برای ارزیابی اکولوژیکی سواحل بوشهر (بازه اولی تا کنگان) استفاده شد (۳). شاخص انتخاب IUCN مشتمل بر ۵ معیار اقتصادی، اجتماعی، اکولوژیک، منطقه‌ای و عملی و ۳۴ زیر معیار می‌باشد. در این تحقیق ۸ زیر معیار اکولوژیکی مورد استفاده قرار گرفت. این زیر معیارها مواردی را شامل می‌شوند که در اکثر سیستم‌های طبقه‌بندی مناطق حفاظت شده دارای ارزش و اهمیت بالایی هستند.

سواحل استان بوشهر بویژه منطقه اولی تا کنگان از اکوسیستم‌های بسیار استثنائی و غنی کشور بوده و به دلیل دارا بودن سامانه‌های متنوع گلی، مرجانی، صخره‌ای، سنگی، ماسه‌ای و جنگلهای حرا جز متنوع ترین اکوسیستم‌ها می‌باشند که بر حسب این تنوع زیستگاهی انواع متفاوتی از موجودات در این زیستگاه‌ها زندگی میکنند. تنوع جلبکی بالا خصوصاً در منطقه اولی و جنگلهای حرا منطقه دیر (بردستان) از ویژگیهای بارز این مناطق می‌باشد از نظر تنوع ماهی و صید نیز این مناطق دارای ارزش بالایی بوده و اسکله صیادی دیر از مهمترین اسکله‌های کشور می‌باشد. ماهیانی مانند حلوا سیاه، حلوا سفید، میش ماهی، هامور و... از این مناطق صید شده و روی هم رفته ۳۴ درصد از صید استان از این نواحی تامین می‌گردد.

لذا این پژوهش که طی دو فصل سرد و گرم (بهمن و شهریور) سال ۹۲ و با هدف بررسی تنوع زیستی در مناطق یاد شده (نقشه ۱) همراه با اندازه‌گیری پارامترهای دما، شوری، کدورت، EC و PH، مواد آلی رسوبات (TOM) و آنالیز دانه‌بندی رسوبات، رتبه‌بندی و ارزش‌گذاری سواحل بر اساس زیر معیارهای اکولوژیکی IUCN و در نهایت تعیین درجه حفاظتی اکولوژیک مناطق بر اساس معیارهای IUCN بود، انجام پذیرفت.

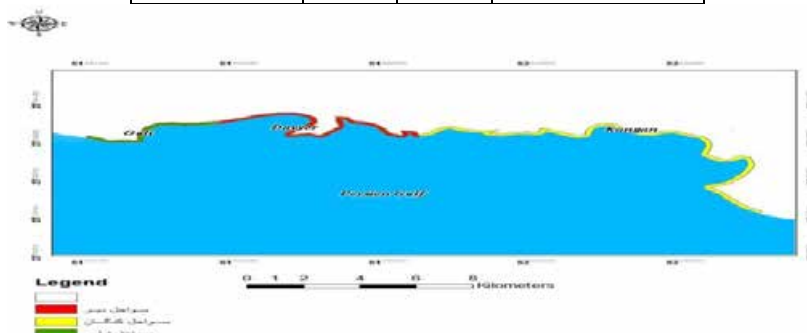
در هر منطقه از نواحی بالای جزرومدی، میان جزرومدی، پایین جزرومدی و زیر جزرومدی نمونه‌برداری انجام شد. جمع‌آوری شدند. در نواحی جزرومدی با استفاده از کوارات ۵/۰ در ۵/۰ و در ناحیه زیر جزرومدی با استفاده از گرب van Veen نمونه‌ها جمع‌آوری شدند. سپس مراحل زیر تا حصول اهداف پژوهش طی شد: رنگ‌آمیزی و شناسایی بنتوزها، تعیین دانه‌بندی رسوبات، تعیین میزان مواد آلی رسوبات، بررسی تنوع زیستی، پردازش داده‌ها، امتیاز دهی زیر معیارهای اکولوژیکی، استفاده از GIS جهت نمایش زیر معیارهای ارزش‌گذاری شده.

۳. نتایج

خلاصه مهمترین اطلاعات حاصله به قرار زیر بود (جدول ۱).

جدول ۱: امتیازهای حاصل از زیر معیارهای معیارهای اکولوژیکی IUCN مناطق نمونه‌برداری شده

زیر معیارهای اکولوژیکی	امتیازات زیر معیارهای مناطق		
	اولی	دیر	کنگان
تنوع	۴	۳	۴
طبیعی بودن	۳	۳	۳
وابستگی	۳	۳	۴
معرف بودن	۴	۴	۴
بی هم‌تا بودن	۲	۲	۲
بهره‌وری	۴	۴	۳
آسیب‌پذیری	۲	۲	۳
یکپارچگی	۴	۴	۳
جمع امتیاز	۲۶	۲۵	۲۶



شکل ۱: نقشه GIS مناطق نمونه‌برداری

۴. نتیجه‌گیری

هر سه منطقه مورد بررسی این پژوهش در طبقه دوم از طبقات حفاظتی IUCN قرار گرفتند. هر کدام از این اکوسیستم‌ها برای زیر معیارهای اکولوژیکی IUCN امتیازهایی متفاوت و یا مساوی را دریافت نموده ولی در نهایت با توجه محدوده درصد امتیازات دریافتی در یک طبقه قرار داده شدند. در این تحقیق، مناطق نمونه‌برداری شده تنوع زیستی متفاوتی را دارا بودند و این تفاوت بیشتر به دلیل ساختار بستر زیست موجودات در این اکوسیستم‌ها بود زیرا تفاوت خاصی در فاکتورهای محیطی نداشتند. با توجه به استفاده‌های بی‌شمار و روزافزون از محیط‌های دریایی و نیز وجود صنایع در محیط‌های مجاور سواحل، هر سه اکوسیستم دستخوش تغییراتی در جهت رفع نیازهای انسانی شده‌اند که این تغییرات علاوه بر از بین بردن سیمای طبیعی اکوسیستم‌ها بر کاهش تنوع زیستی، کاهش بهره‌وری، افزایش آسیب‌پذیری و کاهش یکپارچگی نیز اثرات بسزایی داشته است. با این وجود این سه اکوسیستم ارزش قرارگیری در طبقه دوم از درجات حفاظتی IUCN را دارا بودند و از نظر حفاظتی اهمیت بسزایی داشته و قوانین مدیریتی خاصی را که سازمان حفاظت از طبیعت برای طبقه دوم (حفاظت بوم سازگان و تفرج) در نظر گرفته است باید در جهت کاهش تهدیدات برای آنها اعمال کرد.

منابع

[۱]- مجنونیان، ه، ۱۳۷۹. مناطق حفاظت شده ایران. مبانی و تدابیر حفاظت از پارکها و مناطق. سازمان حفاظت محیط زیست، تهران.

[2]- Dudley, N., 2008. Guidelines for applying Protected Area Management Categories. IUCN,

[3]- IUCN (1999). Guidelines for Marine Protected Areas. World Commission on Protected Areas. Best Practice Protected Area Guidelines, Series No.

اقیانوس شناسی فیزیکی

مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی اقیانوس‌شناسی غرب آسیا
۸ و ۹ آبان‌ماه ۱۳۹۶ (ایران - تهران)



بررسی جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی در تنگه‌ی هرمز

عزیزپور، جعفر*، عرب‌زاده، احمد

گروه علوم غیرزیستی، پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
azizpour@inio.ac.ir

چکیده

در این مطالعه جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی در قسمت جنوبی تنگه‌ی هرمز بررسی شد. داده‌های جریان برای عمق‌های ۵، ۲۵، ۵۵ و ۸۵ متری انتخاب و بررسی شدند. با استفاده از Butterworth low-pass filter و برای زمان بیشتر از ۱۵ روز (فرکانس پایین) جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی تفکیک گردید. جریان آب در راستای تنگه محاسبه شد. از عمق بیشتر از ۵۵ متری جهت جریان نشان دهنده خروج آب از تنگه‌ی هرمز و از سطح تا عمق ۵۵ متری جهت جریان رفتار متفاوتی داشت. بیشینه مقدار جریان در لایه‌ی سطحی و کمینه مقدار آن در عمق ۲۵ متری مشاهده شد. نتایج دو لایه‌ای بودن جریان ناشی از اختلاف چگالی در محل اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

کلیدواژه: تنگه‌ی هرمز، جریان آب، ADCP، جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی

۱. مقدمه

خلیج فارس یک محیط دریایی نیمه بسته‌ی کم عمقی است که از طریق تنگه‌ی هرمز به اقیانوس‌های جهان راه دارد. خلیج فارس در منطقه خشک و کم بارش قرار دارد و میزان نرخ تبخیر سطحی آب نسبت به میزان ورودی آب از طریق بارش و رودخانه‌ها بیشتر است. آب تبخیر شده سطحی خلیج فارس با تبادل آب در تنگه‌ی هرمز صورت می‌پذیرد. آب با شوری کمتر دریای عمان از سطح و قسمت شمالی تنگه‌ی هرمز وارد خلیج فارس می‌شود [۱-۳] و آب با شوری بالا از قسمت جنوبی تنگه‌ی هرمز خارج می‌شود [۲، ۳]. جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی مهم‌ترین عامل در گردش عمومی خلیج فارس به شمار می‌روند [۴]. در این تحقیق جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی در قسمت جنوبی تنگه‌ی هرمز محاسبه و ارائه شده‌اند.

۲. مواد و روش‌ها

محدوده انجام این مطالعه در قسمت جنوبی تنگه‌ی هرمز است (شکل ۱). در این مطالعه داده‌های اندازه‌گیری شده جریان آب در قسمت جنوبی تنگه‌ی هرمز که با استفاده از یک دستگاه ADCP بستر نشین جمع‌آوری شده است بررسی شد. این داده‌ها از اواخر سال ۱۹۹۶ تا اواسط سال ۱۹۹۷ [۳] از سطح تا عمق ۸۵ متری جمع‌آوری شده‌اند. مدت زمان اندازه‌گیری در جدول ۱ و موقعیت نصب دستگاه در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. داده‌های اندازه‌گیری شده با فاصله‌ی زمانی نیم ساعته هستند.

جدول ۱: موقعیت نصب و مدت زمان اندازه‌گیری جریان آب با دستگاه ADCP

موقعیت نصب		مدت زمان اندازه‌گیری	عمق نصب
Lat.	Long.	۱۹۹۷/۰۵/۱۰-۱۹۹۶/۱۲/۱۵	۱۱۰ m
۲۶/۲۶۷۸۳	۵۶/۰۸۶۶۷		

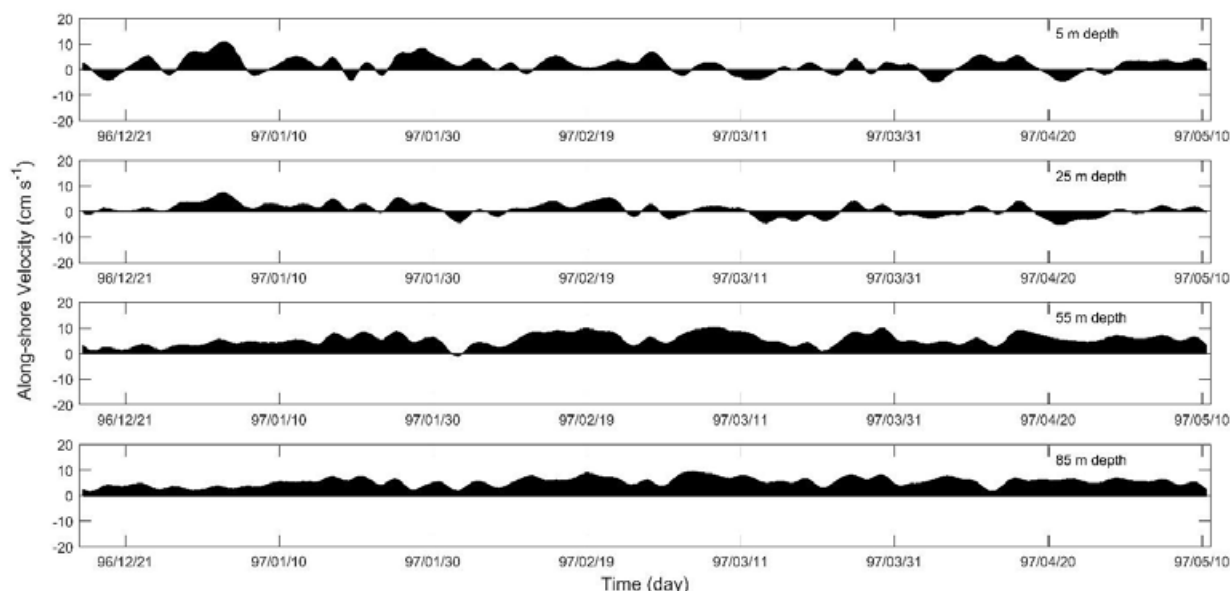
برای محاسبه‌ی داده‌های ناشی از اختلاف چگالی، با استفاده از فیلتر گذر پایین باتوروس^۱ [۵] داده‌های جریان کمتر از ۱۵ روزه حذف شدند. برای عمق‌های ۵، ۲۵ و ۸۵ متری جریان ناشی از اختلاف چگالی محاسبه شدند. در این مطالعه جریان کمتر از ۱۵ روزه را به‌عنوان جریان ناشی از جزر و مد و باد رانده در نظر گرفته شده است. همچنین برای درک بهتر جریان ورودی و خروجی، با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی^۲ [۶] سرعت آب در راستای تنگه و در محل نصب ADCP محاسبه شد. زاویه انحراف در محل نصب دستگاه در حدود ۳۶۰ بود.



شکل ۱: ایستگاه نصب دستگاه ADCP بستر نشین

۳. نتیجه گیری

جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی در قسمت جنوبی تنگه‌ی هرمز در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. بیشینه جریان در لایه‌ی سطحی با مقدار $11/10 \text{ cm/s}$ مشاهده می‌شود. مقادیر سرعت جریان در عمق ۲۵ متری نسبت به سایر عمق‌ها کمتر است. قسمت مثبت جریان مربوط به جریان خروجی از خلیج فارس و قسمت منفی جریان ورودی آب به خلیج فارس را نشان می‌دهند. در عمق‌های بیشتر از ۵۵ متری عمده جریان مربوط به جریان خروجی است.



شکل ۲: جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی برای عمق‌های مختلف در محل نصب ADCP

بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در این ایستگاه و عموماً در قسمت جنوبی تنگه‌ی هرمز آب از لایه‌های عمقی و تا حد زیادی از لایه‌های سطحی آب از خلیج فارس خارج می‌شوند. جریان ناشی از چگالی خروجی از تنگه‌ی هرمز مربوط به آب‌های چگال تشکیل شده

¹ Butterworth low-pass filter

² Principal Component Analysis

در لایه‌های عمقی خلیج فارس است که در فصول مختلف تشکیل می‌شوند [۴]. جریان‌های ناشی از اختلاف چگالی در مبحث گردش عمومی خلیج فارس نقش اساسی را ایفا می‌کنند.

منابع

- [1] Azizpour, J., S.M. Siadatmousavi, and V. Chegini, *Measurement of tidal and residual currents in the Strait of Hormuz*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2016. **178**: p. 101-109.
- [2] Kämpf, J. and M. Sadrinasab, *The circulation of the Persian Gulf: a numerical study*. Ocean Science, 2006. **2**(1): p. 27-41.
- [3] Johns, W.E., et al., *Observations of seasonal exchange through the Straits of Hormuz and the inferred heat and freshwater budgets of the Persian Gulf*. J. Geophys. Res., 2003. **108**, **C12**, **3391**.
- [4] Swift, S.A. and A.S. Bower, *Formation and circulation of dense water in the Persian Gulf*. Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012), 2003. **108**(C1): p. 4-1-4-21.
- [5] Roberts, J. and T.D. Roberts, *Use of the Butterworth low-pass filter for oceanographic data*. Journal of Geophysical Research: Oceans, 1978. **83**(C11): p. 5510-5514.
- [6] Preisendorfer, R.W., *Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography*. Developments in Atmospheric Science. Vol. 17. 1988, Amsterdam: Elsevier. 425.



توزیع اثرات باد و دمای سطح دریا بر جریان‌های سطحی دریای عمان

برزنده، امیرحسین^{۱*}، حسینی‌بالام، فهیمه^۲، حسن‌زاده، اسماعیل^۳

۱- کارشناس ارشد، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استاد، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

ahbarzandeh@gmail.com

چکیده

در مقاله پیشرو همبستگی جریان سطح دریا با باد و دمای سطح آب بصورت جداگانه مطالعه گردید. بدین منظور برای هریک از متغیرهای نامبرده، داده سری زمانی مشبک بلندمدت با گام زمانی روزانه در حوضه دریای عمان تهیه شد. در ابتدا به منظور نگاهی اجمالی، نحوه موجودیت الگوهای غالب متغیرهای مذکور محاسبه و بررسی گردید. در نتیجه تعیین شد که علاوه بر نحوه توزیع متفاوت دما در قسمت‌های مختلف سطح دریای عمان، سرعت بادهای غالب و سرعت جریان‌های غالب سطحی به ترتیب در محدوده ۱.۵ تا ۶ متر بر ثانیه و از ۱۰ تا ۳۵ سانتیمتر بر ثانیه متغیر هستند. سپس تجزیه و تحلیل آماری برای هریک داده‌ها بر روی دریای عمان اعمال شد. با توجه به نتایج بدست آمده، دامنه تغییر ضرایب همبستگی بین سری‌های زمانی سرعت باد و جریان سطح و همچنین بین دما و جریان سطح به طور مجزا تعیین گشت. میزان ضریب همبستگی میان سرعت باد و سرعت جریان برای کل سطح دریای عمان در محدوده ۰.۷۳ تا ۰.۸۵ تغییر می‌کند. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل همبستگی‌ها، اثر متقابل دما و جریان سطح دریای عمان برای نواحی مختلف این دریا متفاوت بوده و ممکن است رابطه میان این دو مهم قوی یا ضعیف و در عین حال مستقیم یا معکوس باشد.

کلیدواژه: جریان سطح دریا، باد، دمای سطح دریا، دریای عمان، ضریب همبستگی

۱. مقدمه

دریای عمان شاخه‌ای از اقیانوس هند و در حقیقت بازوی این اقیانوس به سمت تنگه هرمز و خلیج فارس است. در جنوب شرق این دریا تا طول جغرافیائی حدود ۷۰ درجه شرقی، دریای عربی واقع است که تابستان‌ها در معرض بادهای ضعیف‌تر مونسونی جنوب غربی و زمستان‌ها در معرض بادهای قوی‌تر مونسونی شمال شرقی است و در غرب این دریا تنگه هرمز و خلیج فارس قرار دارد که غالباً در معرض بادهای وزنده از شمال غربی می‌باشد که با نام باد شمال^۳ شناخته می‌شوند [1,2]. در فصل زمستان که بادهای موسمی شمال شرقی حاکم می‌شوند آب به خارج دریای عمان جریان می‌یابد. بادهای شدید در دریای عمان در بهار و زمستان می‌وزند که شدت وزش این بادهای در ماه‌های دی و بهمن بیش از سایر ماه‌ها است [3,4,5]. در سال ۱۹۹۸ مطالعه‌ای بر نحوه تبادل جریان‌های دریایی میان تنگه هرمز و دریای عمان در لایه بالایی اقیانوسی با استفاده از داده‌های محدود و گسسته اندازه‌گیری شده توسط کشتی‌های تحقیقاتی انجام گرفت که در آن بازه بزرگی جریان‌های لایه بالایی اقیانوسی در شمال دریای عربی از حدود ۱۰ سانتیمتر بر ثانیه در نواحی فراساحلی نزدیک‌تر به ایران تا گاه‌ها قریب به ۱ متر بر ثانیه در نزدیک سواحل کشورهای عربی مجاور تعیین شد [6]. در سال ۱۹۹۹، مطالعه‌ای همزمان اندرکنش‌های جو و اقیانوس در محدوده اقیانوس هند

³ Shamal wind

و در یک بازه یک ساله مشخص، نشان داد که آنومالی‌های دمای سطح دریا^۴ در زمان‌های مختلفی از سال به مقدار قابل‌توجهی صعود یا نزول می‌کنند و وجود این گرادیان دما در سطح اقیانوس می‌تواند بر به وقوع پیوستن جریانات سطحی اقیانوسی موثر باشد [7].

۲. مواد و روش‌ها

مجموعه در این تحقیق از سه دسته داده جریان سطحی، باد و دمای سطح آب استفاده شده است. هریک از داده‌ها بصورت سری زمانی بلند مدت با گام روزانه بوده و از پایگاه‌های داده‌ای متفاوتی نسبت به هم تهیه شده‌اند که در ادامه به توضیح هریک خواهیم پرداخت. داده‌های جریان سطحی دریای عمان از دسته داده‌ای تحت عنوان GEKCO2 از مرکز مطالعات توپوگرافی اقیانوس و هیدروسفر^۵ با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه در راستای طول و عرض جغرافیایی از ابتدای ۲۰۰۰ تا پایان ۲۰۱۶ بدون از دست‌رفتگی^۶ استخراج گردید [8]. داده‌های باد از مجموعه داده منتشر از مرکز اروپایی برای دامنه متوسط پیش‌بینی‌های هوایی^۷ از سطح فشاری ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با همان تفکیک مکانی و زمانی داده-های جریان سطح دریا (۰/۲۵ درجه جغرافیایی و روزانه) و در همان مدت زمان ۱۷ ساله استخراج گردید [9]. برای بررسی دمای سطح دریا^۸، از دسته داده OISST در محدوده زمانی و مکانی متناظر با سایر داده‌های مذکور استفاده شد [10]. سپس، آنالیز همبستگی بر روی سری زمانی هریک از نقاط شبکه داده‌ها بین جریان سطحی و هریک از کمیت‌های باد و دما اعمال گردید و به تفسیر نتایج بدست‌آمده، پرداخته شد [11].

۳- نتایج

در ابتدای امر، به‌منظور یک مرور اجمالی بر نحوه توزیع غالب متغیرهای دمای سطح دریا، باد و جریان سطحی، میانگین کلی داده‌ها بر روی دریای عمان محاسبه شد و به ترتیب در شکل‌های (۱) الف، ب و ج به نمایش در آمد.

مطابق با شکل (۱) الف، بطور کلی دمای سطح دریای عمان حرکت از نواحی غربی به نواحی شرقی کاهش می‌یابد. در راستای عرضی نیز تا حدود طول جغرافیایی ۵۹ درجه، با حرکت از شمال به جنوب، دمای سطح دریا کاهش یافته و در نتیجه سواحل شمالی دریای عمان نسبت سواحل جنوبی آن از دمای کمتری برخوردارند. ولی این روند در محدوده طول‌های شرقی‌تر از حدود ۵۹ درجه، معکوس شده و در راستای شمال به جنوب، دمای سطح دریا کاهش می‌یابد. طبق شکل (۱) ب، شدت وزش باد در قسمت‌های غربی یعنی در نزدیکی تنگه هرمز نتیجه باقیمانده اثر بادهای شمال است که در بر روی خلیج فارس غالب هستند و هرچه به سمت شرق پیش‌روی می‌کنند از میزان شدت آن‌ها کاسته می‌شود. در واقع اثر این بادهای شمال تا محدوده طول جغرافیایی ۵۷ درجه با کمینه خود می‌رسند اما پس از آن باد غالب تحت اثر شرایط اقلیمی دریای عربی و اقیانوس هند رفته رفته در راستای غرب به شرق شدیدتر شده و همچنان راستای آن از حالت شرقی غربی به حالت شمالی جنوبی تغییر همگرایی پیدا می‌کند [3, 12]. شدت بادهای غالب بر دریای عمان از ۱/۵ متر بر ثانیه در نواحی جنوب غربی تا حدود ۶ متر بر ثانیه در نواحی شرق و جنوب شرقی متغیر است.

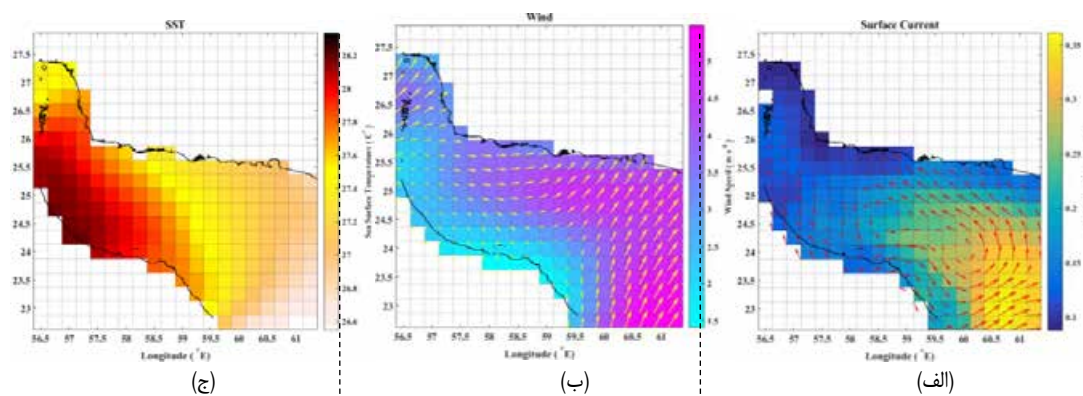
⁴ Sea surface temperature anomaly

⁵ Center of Topographic Studies of Ocean and Hydrosphere, <http://ctoh.legos.obs-mip.fr/>

⁶ missing

⁷ European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)

⁸ Sea Surface Temperature (SST)

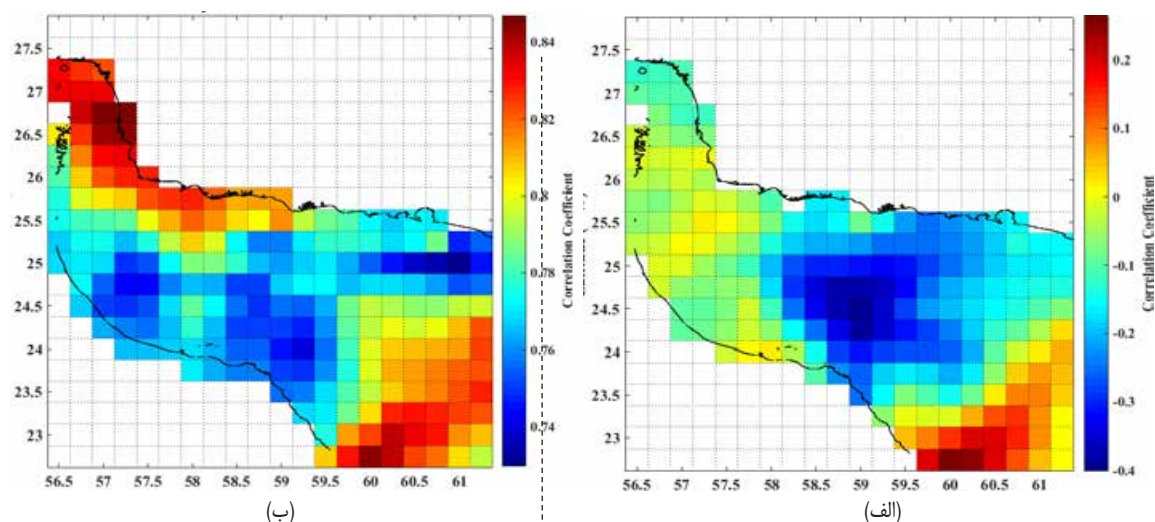


شکل ۱) الف: توزیع دمای غالب سطح دریای عمان؛ ب: توزیع باد غالب بر دریای عمان؛ ج: توزیع جریان‌های غالب سطح دریای عمان

شکل ۱) ج، نشان‌دهنده میانگین جریان‌های غالب سطح دریای عمان می‌باشد که همانند شکل‌های ۱) الف و ب، با استفاده از داده‌های مشبک^۹ سری زمانی مذکور در این مطالعه به‌دست آمد. به‌طور کلی، شدت جریان‌های سطحی از حدود کمتر از ۰/۱ متر بر ثانیه در نواحی شمال غربی تا بیشتر از ۰/۳۵ متر بر ثانیه در مناطق جنوب شرقی تغییر یافته و در جهت غرب به شرق نیز افزایش می‌یابد. مطابق شکل، در نواحی شرقی تا مرکزی مسیر جریان در قسمت‌های شمالی به سمت غرب و در قسمت‌های جنوبی به سمت شرق می‌باشد. این مهم گویای این واقعیت است که در فصل مشترک اقیانوس هند با دریای عمان، جریان از قسمت‌های شمالی وارد دریای عمان شده و از قسمت‌های جنوبی از آن خارج می‌شود. در نتیجه این اختلاف جهت جریان در شمال و جنوب، غالباً یک گردش سطحی پادساعت‌گرد در نواحی شرقی و مرکزی موجودیت داشته که اثر آن تا حدود طول جغرافیایی ۵۸ درجه مشهود است و در نواحی غربی‌تر از این طول، جریان سطحی دریا غالباً تابعی از شرایط خاص منطقه می‌باشد. سازگاری کلیه نتایج بدست آمده از الگوهای غالب باد، دما و جریان سطحی دریای عمان در این مطالعه با معلومات موجود به اثبات رسیده در گذشته، برگ تأییدی بر صحت و اعتبار داده‌های بکارگرفته در این مقاله برای محدوده جغرافیایی دریای عمان می‌باشد. با احراز الگوهای غالب باد، دما و جریان سطحی دریای عمان، در ادامه به بررسی میزان و نوع رابطه جریان دریا با هریک از دو کمیت باد و دمای سطح با استفاده از تجزیه و تحلیل همبستگی پرداخته خواهد شد. بدین منظور برای هریک از این نقاط شبکه حائز داده، سری زمانی‌های بلند مدت باد، دما و جریان‌های سطح دریا با گام روزانه آماده شد و رویه پردازش تجزیه و تحلیل بصورت جداگانه برای هر نقطه به انجام رسید. ازدیاد تعداد نقاط و دفعات انجام تجزیه و تحلیل مانع از نمایش همه خروجی‌های به‌دست آمده بود. برای رفع این موزل، ضرایب همبستگی بین سری‌های زمانی بلندمدت در هر نقطه بصورت شکل‌های ۲) الف و ۲) ب نشان داده شدند.

شکل ۲) الف ضرایب همبستگی بین شدت باد و شدت جریان‌های سطحی را نشان می‌دهد. در واقع تجزیه و تحلیل همبستگی میان این دوسری زمانی به‌منظور بررسی نحوه تغییرات دو متغیر در هر نقطه و در افق زمانی ۱۷ ساله مذکور انجام گرفته است. اگر علامت ضرایب مثبت (منفی) باشد نشان‌دهنده این است که افزایش (کاهش) سرعت باد با افزایش سرعت جریان سطح دریا همراه بوده و بالعکس. مطابق شکل ۲) الف کلیه ضرایب بدست آمده از نتایج تجزیه و تحلیل‌ها برای باد و جریان سطح مثبت است. این مساله که مورد انتظار نیز بود گواه بر آن است که افزایش سرعت باد موجب افزایش سرعت جریان سطح دریای عمان می‌شود. اما اندازه این ضریب در قسمت‌های مختلف به‌طور قابل توجهی متفاوت است. با این توصیف، میزان اثرپذیری جریان سطحی در نقاط مختلف یکسان نیست. دامنه ضرایب همبستگی برای دو سری زمانی سرعت باد و جریان سطح حدود ۰/۷۳ تا ۰/۸۵ تغییر می‌کند. میزان این ضریب در نواحی شمال غربی نزدیک تنگه هرمز و نواحی جنوب شرقی در محدود خروجی جریان‌ها به سمت اقیانوس هند بیشینه است. بنابراین می‌توان دریافت که جریان‌های سطحی در این نواحی بیشترین همبستگی را با باد دارند و از این رو، بزرگی سرعت باد در این مناطق با درصد بالاتری نسبت به سایر نقاط موجب بزرگی سرعت جریان‌های سطحی می‌شود.

^۹ gridded



شکل ۲) الف: ضرایب همبستگی سری زمانی‌های باد و جریان‌های سطح دریای عمان؛ ب: ضرایب همبستگی سری زمانی‌های دما و جریان‌های سطحی دریای عمان

اما در نواحی جنوبی و جنوب غربی و همچنین ناحیه شمال شرقی دریای عمان، همبستگی میان باد و جریان سطحی از مقادیر کمتری برخوردار است. این بدان معنی است که در این مناطق، اثر عوامل غیر از باد بر جریان‌های سطحی نسبت به نواحی دیگر از شدت بیشتری برخوردار است که برای به یقین رسیدن نوع و چگونگی آن‌ها به مطالعات و بررسی شواهد خاص و مضاف بر بستر پژوهش پیش‌رو لازم می‌باشد. اما با قناعت به شواهد موجود در این مطالعه می‌توان علت کاهش ضریب در نواحی جنوبی و جنوب غربی را کاهش سرعت باد غالب با توجه به شکل (۱) الف، قلمداد کرد. همچنین برای نواحی شمال شرقی می‌توان علت کاهش ضریب همبستگی بین باد و جریان سطحی را جهت باد به سمت ساحل دانست. در این ناحیه با توجه به جهت باد از غرب به شرق می‌توان احتمال پدیده فراچاهی و انتقال اکمن به سمت فراساحل را از پدیده‌های غالب این منطقه تلقی کرد. با در نظر گرفتن توام شکل (۱) ج و (۲) الف، ضدیت جهت جریان سطحی انتقال اکمن و جهت باد وزنده از جنوب به شمال می‌تواند از عوامل اثر کمتر باد بر جریانات سطحی دریا در محدوده شرقی و شمال شرقی دریای عمان بر شمرده شود.

مطابق با شکل (۲) ب، ضرایب همبستگی بین دما و سرعت جریان سطح هم به صورت مثبت و هم به صورت منفی موجود می‌باشند. این یعنی در برخی نواحی سرعت جریان به ازای افزایش دمای سطح آب افزایش می‌یابد و در برخی نواحی عکس این قضیه اتفاق می‌افتد. همچنین باتوجه به اثر پذیری متقابل این دو مهم از یکدیگر می‌توان عنوان نمود در برخی نواحی دمای سطح آب به ازای کاهش سرعت جریان کاهش یافته و بالعکس. کوچکی ضریب همبستگی حاکی از اثر اندک دو متغیر بر روی یکدیگر است. مقایسه ضرایب بدست‌آمده از تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد اثر سرعت باد در حدود ۳ تا ۴ برابر بزرگتر از اثر دما بر جریانات سطح دریای عمان است. به غیر از نواحی جنوب شرقی دریای عمان، در سایر نواحی ضریب همبستگی میان دمای و جریان سطح منفی و مبین رابطه عکس بین این دو مهم است. با در نظر گرفتن تئوری جریان ناشی از گرادیان دما و نتایج به دست آمده در این مطالعه می‌توان اثرپذیری دما را از جریانات سطحی دریا نسبت به حالت دیگر بیشتر تلقی کرد. در نتیجه آب‌های حرارت دیده سطحی در جهت جریان منتشر از مبدایی با سرعت بیشینه به حرکت در آمده، تا در مقصدی به سکون رسیده و آب‌های حرارت دیده را در آن مقصد انباشته کنند. برای مثال منفی‌ترین ضرایب همبستگی در شکل (۲) ب مربوط به همان قسمتی است که با توجه به شکل (۱) ج، در وضعیت گردش سطحی غالب قرار دارد. یعنی حرکت دورانی آب در این منطقه، آب‌های حرارت دیده اطراف را در کانون گردش پادساعتگرد نگه داشته و در عین حال با حرکت دورانی به گرد این کانون، از سرعت جریانش کم می‌شود.

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه، سری‌های زمانی بلندمدت باد، دما و جریان سطح دریای عمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شد که عموم نتایج بدست آمده را در ذیل مرور می‌کنیم.

- توزیع دمای سطح دریا و سرعت باد و جریان‌های غالب واقع بر پهنه‌ی دریای عمان با نرخ‌های متفاوتی در هر محل متغیر است. اما بررسی همزمان این موارد در مقیاس‌های میانی و کوچک موجب تسهیل در تحلیل و تفسیر این تفاوت‌ها خواهد بود.
- جریانات سطحی دریای عمان که به‌طور غالب تا سرعت‌هایی نزدیک ۳۵ سانتیمتر بر ثانیه همواره وجود دارند، تا حد زیادی تابعی از سرعت باد هستند. اما اثر باد بر جریانات سطحی در نواحی شمال‌غربی و جنوب‌شرقی دریای عمان نسبت به سایر مناطق بیشتر است. گمان می‌رود در سایر مناطق دریای عمان همچنان که اثر باد، عامل چیره بر جریانات سطحی بوده اما از نگاهی دیگر، سایر پارامترهای سامانه آب‌وهوایی اثر مضاف‌تری را بر جریانات سطح دریای عمان داشته باشند.
- با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، نحوه اثرپذیری بین دمای سطح دریا و جریانات سطحی در دریای عمان متقابل است. همچنین این اثرپذیری متقابل می‌تواند مستقیم یا معکوس باشد. بطوری‌که برای دریای عمان، منفی‌ترین ضرایب همبستگی میان دما و جریان سطح در مناطقی رخ می‌دهد که درگیر گردش‌های غالب پادساعت‌گرد هستند. برداشت مولفین مطالعه پیش‌رو از این مهم آن بود که حرارت سطح دریا توسط گردش دوار، در کانون دوران گردش انباشت شده و این درحالی است که با گذشت زمان حرکت گردشی، از انرژی اولیه محرکه جریان کاسته شده و نتیجتاً به ازای افزایش دما در کانون گردش سطحی، رفته رفته از سرعت جریان موجود اطراف آن کاسته می‌شود.
- میزان ضرایب همبستگی به‌دست آمده از دو تجزیه و تحلیل انجام گرفته (۱- همبستگی میان باد و جریان سطح دریا، ۲- همبستگی میان دما و جریان سطح دریا) برای هر نقطه شبکه حائز داده نشان می‌دهد که اثر باد بر جریانات سطحی دریای عمان به‌غایت شدیدتر از اثر متقابل میان دما و جریان سطح است. که می‌توان این میزان را با توجه به عدد ضرایب به‌دست آمده در نواحی مختلف دریای عمان نسبت به هم مقایسه کرد.

منابع

- [۱] - نه‌ایطیان، الف، اقلیم سواحل خلیج فارس و دریای عمان، تهران: وزارت راه، هواشناسی کل، ۱۳۴۹ [1-10]
- [2]. D. Fleitmann, S. J. Burns, M. Mudelsee, U. Neff, J. Kramers, A. Mangini, and A. Matter, "Holocene forcing of the Indian monsoon recorded in a stalagmite from southern Oman," *Science* **300**, 1737-1739 (2003).
- [3]. R. M. Reynolds, "Physical oceanography of the (Persian) Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman—Results from the Mt Mitchell expedition," *Marine Pollution Bulletin* **27**, 35-59 (1993).
- [4]. S. J. Burns, A. Matter, N. Frank, and A. Mangini, "Speleothem-based paleoclimate record from northern Oman," *Geology* **26**, ۵۰۲-۴۹۹ (۱۹۹۸).
- [5]. A. J. Elliott, and G. Savidge, "Some features of the upwelling off Oman," *Journal of Marine Research* **48**, 319-333 (1990).
- [6]. S. L. Smith, L. Codispoti, J. M. Morrison, and R. T. Barber, "The 1994-1996 Arabian Sea Expedition: An integrated, interdisciplinary investigation of the response of the northwestern Indian Ocean to monsoonal forcing," *Deep-sea research. Part II, Topical studies in oceanography* **45**, 1905-1915 (1998).
- [7]. P. J. Webster, A. M. Moore, J. P. Loschnigg, and R. R. Leben, "Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997-98," *Nature* **401**, 356-360 (1999).
- [8] J. Sudre, C. Maes, and V. Garçon, "On the global estimates of geostrophic and Ekman surface currents," *Limnology and Oceanography: Fluids and Environments* **3**, 1-20 (2013).

- [9]. D. Dee, S. Uppala, A. Simmons, P. Berrisford, P. Poli, S. Kobayashi, U. Andrae, M. Balmaseda, G. Balsamo, and P. Bauer, "The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system," *Quarterly Journal of the royal meteorological society* **137**, 553-597 (2011).
- [10]. R. W. Reynolds, T. M. Smith, C. Liu, D. B. Chelton, K. S. Casey, and M. G. Schlax, "Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature," *Journal of Climate* **20**, 5473-5496 (2007).
- [11]. C. Chatfield, "The Analysis of Time Series: An Introduction, sixth ed," Chapman & Hall, Florida, USA (2004).
- [12]. P. G. Thoppil, and P. J. Hogan, "Persian Gulf response to a wintertime shamal wind event," *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* **57**, 946-955 (2010).



بررسی کانال صوتی عمیق در شمال دریای عربی با اعمال تابع گیبس و روابط ترمودینامیک آب دریا بر داده‌های آرگو

صادقی اردستانی، مجید^۱، برزنده، امیرحسین^{۲*}

۱. سازمان تحقیقات و جهاد خودکفایی نداجا، تهران، ایران

۲. کارشناس ارشد، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

ahbarzandeh@gmail.com

چکیده

در این تحقیق با استفاده از ۳۲۹ ایستگاه داده آرگو در بازه زمانی ژانویه ۲۰۱۴ تا دسامبر ۲۰۱۶، در محدوده مشخصی از شمال دریای عربی به محاسبه نمایه قائم سرعت صوت و بررسی امکان وجود کانال صوتی عمیق با استفاده از تابع گیبس و روابط ترمودینامیک آب دریا پرداخته شد. طبق نتایج بدست آمده، اعمال روابط ترمودینامیکی TEOS-10 بر عموم نمایه های قائم آرگو حاکی از وجود کانال صوتی در منطقه مورد مطالعه می باشد. عمق قرارگیری محور غالب کانال صوتی به صورت سالیانه تغییر می کند به طوری که در ماه های گرم سال (ماه ژوئن و جولای) به کمینه خود در حدود ۱۶۰۰ متر رسیده و با گذار از ماه های گرم تا محدوده عمقی بیشتر از ۱۸۰۰ متر نیز افزایش می یابد.

کلیدواژه: کانال صوتی عمیق، سرعت صوت، ترمودینامیک، داده آرگو

۱. مقدمه

به طور کلی سرعت امواج مکانیکی نظیر صوت به چگالی و تراکم پذیری محیط ارتباط دارد. در اقیانوس، چگالی به فشار، دما و شوری مرتبط است. بنابراین سرعت صوت در دریا تابعی از دما، شوری و فشار می باشد. تغییرات روزانه، ماهانه و فصلی، پارامترهای اقیانوسی را در لایه های مختلف متاثر می سازد. علاوه بر آن هریک از این کمیت ها خود تابع مکان جغرافیایی^{۱۰} نیز هستند [1]. تا به امروز روابط تجربی متعددی به صورت تابعی از دما، شوری و فشار برای تخمین سرعت صوت در دریاها ارائه شده اند که هرکدام آن ها از دقت و محدوده اعتبار متفاوتی برخوردارند. همان طور که اشاره شد، با در نظر گرفتن فشار، سرعت صوت در دریا تابع عمق بوده که این وابستگی به عمق، توام با وابستگی به زمان و مکان نیز می باشد. این بدان معنی است که نمایه قائم سرعت صوت برای دو نقطه مختلف جغرافیایی در یک لحظه و یا برای یک نقطه جغرافیایی در دو بازه زمانی مختلف، متفاوت است. از این رو مطالعه و شناخت سرعت صوت در دریا، نسبت به مکان و زمان، از اهمیت به سزایی برخوردار است تا بهترین موقعیت های مناسب برای انتشار امواج شناسایی شده و به کار گرفته شوند. بانظر به نمایه قائم سرعت صوت در زمان و مکان معین می توان عمقی را تشخیص داد که در آن عمق بازدهی انتشار امواج مکانیکی، بالاخص موج صوتی، بیشینه باشد. به طور کلی به جایی از عمق دریا که تابع سرعت صوت در آن نقطه دارای نقطه بحرانی باشد، می توان به عنوان سنگ محکی برای کیفیت انتشار امواج آکوستیکی نگریست. در واقع از اکسترم نمایه قائم سرعت صوت در آب برای تشخیص محور اصلی مسیری استفاده می شود که در طول آن مسیر، امواج مخابراتی کمترین میرایی و پراکندگی را داشته و با بیشترین بازدهی به سمت هدف مطلوب پیش روند. این مسیرها تحت عنوان کانال های صوتی^{۱۱} شناخته می شوند. کانال های صوتی انواع مختلفی دارند. از میان آن ها در این مطالعه بر کانال صوتی عمیق تمرکز شده است.

¹⁰ Geographical position

¹¹ Sound channel

که معمولاً در حوزه‌های عملیاتی زیردریایی‌ها، کاربردی‌تر و مفیدترند [2]. کانال‌های صوتی عمیق که بعضاً به آن‌ها کانال سوفار^{۱۲} نیز می‌گویند، زمانی تشکیل می‌شود که با افزایش عمق و کاهش دما، سرعت صوت به سمت کمینه خود میل کند و به یک‌باره در اثر فشار و یا شوری زیاد، افزایش یابد و به روند افزایشی خود ادامه دهد. این مهم معمولاً در آب‌های عمیق؛ زمانی که دمای آب اقیانوس ثابت می‌شود و یا در حوضه‌هایی با شوری زیاد؛ که به اختلاف غیرمرسوم چگالی بین مرزهای مشترک لایه‌های هم‌چگال منجر شود؛ رخ می‌دهد [3].

کومار و همکاران در تحقیق خود به بررسی ساختار سرعت صوت در دریای عربی و خلیج بنگال پرداختند. در این تحقیق تغییرات مکانی سرعت صوت و کانال‌های صوتی عمیق به کمک داده‌های لویتوس^{۱۳} و روابط تجربی در دریای عربی و خلیج بنگال مورد بررسی قرار گرفت و همچنین عمق کانال صوتی در این منطقه محاسبه شد [4]. الجیندی در تحقیق خود نمایه‌های سرعت صوت در ایستگاه‌های خلیج فارس و دریای عمان و همچنین تنگه‌ی هرمز، را پس از جمع‌آوری داده‌ها در دانشگاه قطر با استفاده از CTD^{14} و روابط تجربی، مورد بررسی قرار داد. او خطوط هم-سرعت صوت را در سطح آب‌های حوضه برای فصول مختلف سال به‌دست آورد. وی نتیجه گرفت که سرعت انتشار صوت در سطح دریا در فصل تابستان همان‌طور که انتظار می‌رود بیشتر است. الجیندی بازه تغییرات سرعت صوت را در دو فصل تابستان و زمستان در منطقه مطالعاتی خلیج فارس به ترتیب $1495-1550$ m/s و $1495-1535$ m/s به‌دست آورد [5]. عبدالرحمن در تحقیقی دیگر بر اساس داده‌های دما و شوری سال ۱۹۹۲ که توسط کشتی مونت میشل و با استفاده از دستگاه CTD جمع‌آوری شده بود، به بررسی تغییرات فصلی سرعت صوت در خلیج فارس پرداخت [6]. علی و همکاران در تحقیق خود با استفاده از داده‌های به‌دست آمده بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۵ در دریای مرکزی عربی به بررسی تأثیر دما و شوری بر روی سرعت صوت در این منطقه پرداختند. آن‌ها در این تحقیق یک‌بار با در نظر گرفتن بیشینه و کمینه شوری و میانگین دما و بار دیگر با در نظر گرفتن بیشینه و کمینه دما و میانگین شوری، تغییرات سرعت صوت را در راستای قائم مورد بررسی قرار دادند. از نتایج این تحقیق اثرهای مهم و قابل توجه دما و تأثیر ناچیز شوری روی تغییرات سرعت صوت است [7].

مک‌دوگال و بارکر مدل GSW را تحت جعبه‌ابزاری در نرم‌افزار متلب معرفی کردند و به بررسی ورودی‌ها، خروجی‌ها و کاربردهای این جعبه‌ابزار پرداختند [8]. روکوئ و همکاران با استفاده از $TEOS-10$ چندجمله‌ای دقیقی را برپایه چگالی و حجم‌مخصوص آب دریا ارائه دادند که نتایج کار آن‌ها به جعبه‌ابزار اقیانوسی GSW در نرم‌افزار $MATLAB$ اعمال شد [9].

۲. مواد و روش‌ها

در ابتدای این مطالعه، نقشه توپوگرافی شمال غرب اقیانوس هند ترسیم شد تا منطقه مفید برای انجام این مطالعه یافت گردد. داده‌های توپوگرافی از پایگاه داده $GEBCO^{15}$ تهیه شدند. همچنین داده‌های $ARGO^{16}$ که حاوی مقادیر شوری و دما در راستای عمق اقیانوس می‌باشند و به‌صورت پراکنده با تراکم متغیر نسبت به مکان موجود هستند، از سال ۲۰۱۴ تا پایان ۲۰۱۶ برای محدوده مورد نظر اخذ گردید. برای محاسبه نمایه قائم سرعت صوت در اقیانوس‌ها از مجموعه معادلات GSW مبتنی بر $TEOS-10^{17}$ استفاده شده است. این یک پیشرفت قابل توجه در این مطالعه می‌باشد زیرا تا قبل از این از روابط تجربی غیرتحلیلی و بر اساس صحت‌سنجی‌های آماری محدود استفاده می‌گردید. اما در واقع GSW یک مدل ترمودینامیکی جامع مختص به آب دریا است که در سال‌های اخیر، براساس به‌روزترین و دقیق‌ترین روابط، معرفی شده و با به-کارگیری آخرین فرمولاسیون یافته‌شده تابع گیس^{۱۸} برای آب دریا، همه خصوصیات ترمودینامیکی آب دریا نظیر چگالی، آنتالپی، آنتروپی، انرژی پتانسیل، ارتفاع دینامیکی^{۱۹} و ... را محاسبه می‌کند. با اصلاح و به‌روزرسانی GSW متناسب با نتایج کاری روکوئ و همکاران در سال ۲۰۱۵ در

¹² Sound Fixing and Ranging channel (SOFAR channel)

¹³ Levitus

¹⁴ Conductivity, Temperature, Depth

¹⁵ General Bathymetric Chart of the Oceans: <http://www.gebco.net>

¹⁶ <http://www.argo.ucsd.edu/>

¹⁷ Thermodynamic Equation of Seawater

¹⁸ Gibbs function formulation

¹⁹ Dynamic height

نهایت این مجموعه معادلات به سطحی از توانایی رسید که با استفاده از بیان ۷۵ جمله‌ای برای حجم‌مخصوص به‌صورت تابعی از شوری مطلق، دمای پتانسیل و فشار، سرعت صوت را با استفاده از رابطه زیر در دریا محاسبه کند [11]:

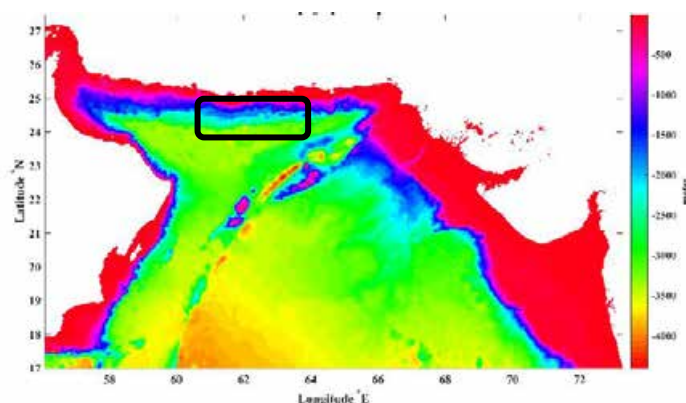
$$c = c(S_{A,T,P}) = \left(\frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_{S_A, \eta}^{0.5} = (\rho \kappa)^{-0.5} = g_P \left(\frac{g_{TT}}{g_{TP}^2 - g_{TT} g_{PP}} \right)^{0.5} \quad (1)$$

که در آن c سرعت صوت در واحد ms^{-1} ، S_A شوری مطلق، P فشار، ρ چگالی، κ تراکم‌پذیری هم‌آنترپوی و هم‌شوری^{۲۰}، اندیس‌های p و η به‌ترتیب مربوط به دما، فشار و آنترپوی و g_P مشتق از تابع گیس آب دریا نسبت به P ، g_{TT} دوبرار مشتق از تابع گیس نسبت به T (دما) و سایر مشتقات g هم‌باتوجه به این الگو هستند (همگی در واحدهای SI). تابع گیس آب دریا به صورت حاصل جمع دو بخش آب خالص g^w بر اساس فرمولاسیون IAPWS95^{۲۱} و بخش نمکی g^s بر اساس فرمولاسیون IAPWS08^{۲۲} لحاظ می‌شوند [12, 14].

$$g(S_A, T, P) = g^w(T, P) + g^s(S_A, T, P) \quad (2)$$

۳. نتایج

در شکل ۱ نقشه توپوگرافی شمال‌غرب اقیانوس هند که در پژوهش حاضر بدست آمده است، مشاهده می‌شود. با توجه به این شکل، محدوده عرضی ۲۳-۲۴/۵ و محدوده طولی ۶۰-۶۴ درجه به عنوان حوضه نسبتاً هم‌عمق (۳۰۰۰-متری) شمال دریای عربی و پل ارتباطی با دریای عمان انتخاب گردید که در شکل ۱ با مستطیل سیاه‌رنگ نشان داده شده است.



شکل ۱: نقشه توپوگرافی شمال‌غرب اقیانوس هند

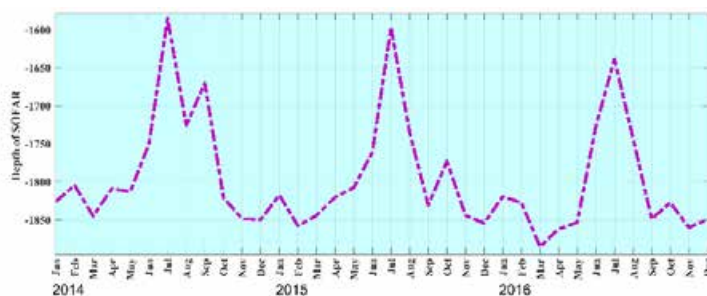
داده‌های آرگو در محدوده جغرافیایی مستطیل سیاه‌رنگ شکل ۱ برای مدت زمان ۲۰۱۴ تا پایان ۲۰۱۶ اخذ شدند. مجموعاً تعداد داده‌های موجود در این بازه زمانی و مکانی برابر ۳۲۹ نمایه قائم شوری و دما بود. برای هر یک از این ۳۲۹ ایستگاه داده آرگو محاسبات ترمودینامیکی به منظوری دستیابی به سرعت صوت انجام گرفت که به دلیل ازدیاد نتایج، نشان‌دادن همه‌ی آن در این خلاصه مسوط پژوهشی مقدور نیست. اما به‌طور کلی لازم به ذکر است که کمینه مطلق نمایه قائم سرعت صوت در ۹۰٪ ایستگاه‌های آرگو در ارتفاع قابل‌توجهی، قبل از رسیدن به کف اقیانوس، نشان از وجود سرتاسری کانال صوتی عمیق در محدوده عمقی ۱۵۰۰ تا ۱۹۰۰ متری شمال دریای عربی می‌باشد.

شکل ۲ نشان‌دهنده میانگین محور کانال صوتی عمیق در منطقه مستطیل شکل مورد مطالعه برای هر ماه می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در نگاه اول وجود تغییرات سالیانه در عمق میانگین کانال صوتی منطقه حس می‌شود. در ماه‌های گرم سال عمق کانال صوتی عمیق تا حدود عمق ۱۶۰۰ متری کاهش می‌یابد (Jun & July) اما با حرکت به سمت ماه‌های سردتر، عمق کانال صوتی میل به کاهش دارد و به‌طور میانگین در اغلب ماه‌های سال، تشکیل کانال صوتی عمیق در محدوده عمقی ۱۸۰۰ متری و بیشتر صورت می‌پذیرد.

²⁰ Isentropic and isohaline compressibility

²¹ International Association for the Properties of Water and Steam 1995

²² International Association for the Properties of Water and Steam 2008



شکل ۲: نشان‌دهنده میانگین محور کانال صوتی عمیق در منطقه مستطیل شکل مورد مطالعه

۴. نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از ۳۲۹ ایستگاه داده آرگو در بازه زمانی ژانویه ۲۰۱۴ تا دسامبر ۲۰۱۶، در محدوده مشخصی از شمال دریای عربی به محاسبه نمایه قائم سرعت صوت و بررسی امکان وجود کانال صوتی عمیق با استفاده از تابع گیبس و روابط ترمودینامیک آب دریا پرداخته شد. طبق نتایج بدست آمده، اعمال روابط ترمودینامیکی TEOS-10 بر عموم نمایه‌های قائم آرگو حاکی از وجود کانال صوتی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. عمق قرارگیری محور غالب کانال صوتی به صورت سالیانه تغییر می‌کند به طوری که در ماه‌های گرم سال (ماه ژوئن و جولای) به کمینه خود در حدود ۱۶۰۰ متر رسیده و با گذار از ماه‌های گرم تا محدوده عمقی بیشتر از ۱۸۰۰ متر نیز افزایش می‌یابد.

منابع

- [1] Carey, W. M., & Evans, R. B. (2011). Ocean ambient noise: measurement and theory: Springer Science & Business Media.
- [2] Medwin, H., & Clay, C. S. (1997). Fundamentals of acoustical oceanography: Academic Press [2] Etter, P. C (2003) [3] Underwater acoustic modeling and simulation: CRC Press. Brekhovskikh, L. M. (2003). Fundamentals of ocean acoustics: Springer Science & Business Media. [4] Kumar, S., Navelkar, G., Murty, T. R., Somayajulu, Y., & Murty, C. (1993). Sound speed structure in the Arabian Sea and the Bay of Bengal .
- [3] Gindy, E., & AAH. (1993). Seasonal variations of acoustic properties in ROPME sea area .
- [4] Ali, M., Jain, S., & Ramachandran, R. (2011). Effect of temperature and salinity on sound speed in the central Arabian Sea. The open Ocean Engineering Journal, 4.(۱)
- [5] McDougall, T., Feistel, R., Millero, F., Jackett, D., Wright, D., King, B., . . . Seitz, S. (2009). The International Thermodynamic Equation Of Seawater 2010 (TEOS-10): Calculation and Use of Thermodynamic Properties. Global Ship-based Repeat Hydrography Manual, IOCCP Report No, 14 .
- [6] Roquet, F., Madec, G., McDougall, T. J., & Barker, P. M. (2015). Accurate polynomial expressions for the density and specific volume of seawater using the TEOS-10 standard. Ocean Modelling, 90, 29-43 .
- [7] McDougall, T. J & , Barker, P. M. (2011). Getting started with TEOS-10 and the Gibbs Seawater (GSW) oceanographic toolbox. SCOR/IAPSO WG, 127, 1-28 .
- [8] Feistel, R. (2008). A Gibbs function for seawater thermodynamics for -6 to 80° C and salinity up to 120gkg-1. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 55(12), 1639-1671 .

[9] Feistel, R. (2013). A new extended Gibbs thermodynamic potential of seawater. *Progress in Oceanography*, 58(1), 43-114.

[10] Wagner, W., & Pruß, A. (2002). The IAPWS formulation 1995 for the thermodynamic properties of ordinary water substance for general and scientific use. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 31(2), 387-535 .

مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی اقیانوس‌شناسی غرب آسیا
۸ و ۹ آبان‌ماه ۱۳۹۶ (ایران - تهران)



مطالعه ساختار فیزیکی و دینامیکی آبهای ساحلی در فلات قاره جنوبی دریای خزر

جمشیدی، سیامک

عضو هیأت علمی پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
jamshidi@inio.ac.ir

چکیده

دریای خزر، بزرگ‌ترین محدوده آبی بسته در جهان به دلیل دارا بودن ویژگی‌های منحصر به فرد آن حائز اهمیت است. کشور ایران به واسطه قرارگیری در سواحل جنوبی دریای خزر از موقعیت منحصر به فردی در منطقه غرب آسیا برخوردار است. گسترش مناطق ساحلی، بندری و توسعه پایدار و بهره‌برداری بهینه مستلزم شناخت محیطی و مطالعه اقیانوس‌شناسی از آبهای ساحلی، فلات قاره و آبهای عمیق این توده آبی است. از اینرو این مطالعه با هدف مطالعه ساختار فیزیکی و دینامیکی آبهای ساحلی فلات قاره جنوبی دریای خزر براساس داده برداریهای میدانی ارائه شده است.

کلید واژه: لایه‌بندی حرارتی، جریانات دریایی، فلات قاره، دریای خزر

۱. مقدمه

این دریا با داشتن ذخایر هیدروکربنی، منابع زیستی و تولید بخش عمده‌ای از خاویار جهان نقش عمده‌ای در اقتصاد منطقه ایفا می‌کند [۱-۳]. امروزه مناطق ساحلی دریای خزر به واسطه تخلیه حجم عظیمی از مواد زائد شهری و صنعتی، مواد سنگین، مواد هیدروکربنی ناشی از اکتشاف و استخراج چاه‌های نفت و گاز، سموم کشاورزی و دفع آفات نباتی، نیترا‌ها و فسفات‌ها تحت شرایط خاص و حاد قرار گرفته است. از این‌رو، محیط زیست و جانداران موجود در این دریا و مناطق پیرامونی و همچنین توانمندی‌های گردشگری و تفریحی آن در معرض تهدید می‌باشد [۴و۵].

۲. مواد و روش‌ها

در دو دهه گذشته مطالعات اقیانوس‌شناسی در بخش جنوبی دریای خزر به واسطه داشتن تجهیزات میدانی پیشرفته به خوبی گسترش یافت. از جمله دستگاه‌های مورد استفاده می‌توان به دستگاه‌های اندازه‌گیری پارامترهای مختلف آب دریا CTD و جریان سنجهای RCM9 و ADCP اشاره نمود. دستگاه‌های مورد اشاره در فواصل زمانی کوتاه و بلند مدت و در موقعیت‌های مکانی مختلف در آبهای جنوب دریای خزر مورد استفاده قرار گرفت و داده‌های بسیار مفید و کاربردی برداشت شد. براساس داده‌برداری‌های مختلف پارامترهای فیزیکی و دینامیکی آب دریا در منطقه فلات قاره جنوبی دریای خزر در مجاورت بندرانزلی، رودسر، بابلسر و بندر ترکمن ساختار فیزیکی و تغییرات فصلی لایه‌بندی ستون آب دریای خزر و جریانات لایه‌های سطحی و عمقی مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳- نتایج

تغییرات سالیانه درجه حرارت لایه سطحی آب دریا عمدتاً بین ۳۰ تا ۸ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شده است. لایه‌بندی حرارتی و چگالی قوی و سه لایه فصلی شامل لایه‌های اختلاط سطحی، شیب حرارتی و لایه عمقی در فصل تابستان از نتایج بسیار مهم این اندازه‌گیری‌ها بوده است. ضخامت لایه ترموکلاین در فاصله زمانی مردادماه تا اواخر شهریور در فلات قاره جنوبی دریای خزر تا ۵۰ متر هم مشاهده شده است. در فصل

پاییز با افزایش باد و جریانات شدید جوی بر روی منطقه، شاهد افزایش تلاطم لایه‌های سطحی ستون آب و تغییرات فزاینده در لایه بندی ستون آب در منطقه هستیم. بگونه‌ای که ضخامت لایه اختلاط سطحی افزایش یافته و موجب فرسایش و اضمحلال لایه ترموکلاین می‌گردد. در فصل زمستان لایه بندی ستون آب بسیار ضعیف شده و ترموکلاین از بین می‌رود. جریانات فلات قاره جنوبی معمولاً شمال و شمال غربی ثبت شده است. مؤلفه عمود بر ساحل جریانات دریایی از مؤلفه موازی ساحل ضعیفتر بوده است. در منطقه فلات قاره تغییرات عمودی جریانات دریایی از سطح تا به عمق منطقی و خیلی شدید مشاهده نشد. تغییرات عمودی دمایی و الگوی جریانات و امواج مناطق فلات قاره از موارد بسیار مهم برای صنایع پرورش ماهی در قفس میباشد. [۶ و ۷].

منابع

- [1] Dumont, H. J. The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43(1): 44–52, 1998.
- [21] Kosarev, A. N.,; Kostianoy A. G., Introduction. In: *The Caspian Sea Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Handbook of Environmental Chemistry. 5: 1-3, 2005.
- [3] Zonn, I. S., Economic and International Legal Dimensions. In: *Caspian Sea Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Handbook of Environmental Chemistry. 5: 243-256, 2005.
- [4] Zaker, N. H.; Ghaffari, P.; Jamshidi, S., “Physical Study of the Southern Coastal Waters of the Caspian Sea, off Babolsar, Mazandaran in Iran”. *Journal of Coastal Research (JCR)*, SI 50: 564-569, 2007.
- [5] Zonn, I. S., Environmental Issues of the Caspian. In: *Caspian Sea Environment*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Handbook of Environmental Chemistry. 5: 223-242, 2005.
- [6] Siamak Jamshidi and Noordin Bin Abu Bakar, Seasonal Variations in Temperature, Salinity and Density in the Southern Coastal Waters of the Caspian Sea, *Oceanology*, 2012, Vol. 52, No. 3, p. 380–396.
- [7] Siamak Jamshidi (2014): Seasonal Variability in Stability and Stratification of Water Column in the Southern Caspian Deep Sea, *Journal of Oceanography*, 2014, Vol. 6 (22), 2015, 83-95.



پیش‌بینی بهنگام نوسانات تراز آب با استفاده از سیستم استنتاج عصبی - فازی تطبیقی (ANFIS) در دریای خزر

دهباشی، مسعود^{۱*}، آزرمد، سیدعلی^۱، وفاخواه، مهدی^۲

۱- فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

masood.dehbashi@gmail.com

چکیده

دریای خزر، بزرگترین دریاچه بسته جهان است که به لحاظ منابع نفت و گاز و همچنین نقش شاخص آن در زمینه های کشتیرانی، بازرگانی، اقتصادی و تأثیرات آن بر اقلیم کشورهای مجاور خود از اهمیت بالایی بین المللی برخوردار است. از سوی دیگر تغییرات سریع تراز آن، خصوصا بالاآمدگی چند دهه گذشته سطح آب دریا پیامدهای عظیم اجتماعی و اقتصادی داشته و باعث ایجاد خسارت های زیاد در مناطق ساحلی دریای خزر شده است. از این رو ارزیابی، مدل سازی و پیش بینی دقیق نوسانات تراز آب امری ضروری به منظور مدیریت جامع دریا و توسعه پایدار ساحلی در این منطقه است. بدین منظور در تحقیق حاضر، مدل های مختلف «سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی» با استفاده از داده های اندازه گیری شده ماهانه تراز آب دریا در دو ایستگاه تراز سنجی بندر انزلی و بندر نوشهر به ترتیب به مدت ۴۰ سال و ۱۴ سال در حوضه جنوبی دریای خزر، توسعه داده شده اند. مقایسه مقادیر پیش بینی شده بهنگام تراز آب توسط مدل های نهایی با مقادیر اندازه گیری شده در هر ایستگاه و با در نظر گرفتن شاخص های آماری $RMSE$ ، R^2 و CE نشان می دهد که سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی در یادگیری و پیش بینی رفتار پیچیده و غیرخطی تراز دریای خزر عملکرد بسیار خوبی دارد و می تواند به عنوان یک رهیافت کاربردی جدید در پیش بینی وضعیت نوسانات تراز در این حوضه مطرح باشد

کلید واژه: نوسانات تراز دریا، مدل سازی تراز آب، دریای خزر، فازی-عصبی، ANFIS

۱. مقدمه

دریای خزر بزرگترین حوضه آبی بسته در دنیا، دریاچه ای با تراز هیدرولوژیکی حساس و نوسانات دوره ای است [۱]. که هرچند به طور مستقیم ارتباطی با دریای های آزاد ندارد اما به دلیل ویژگی های فیزیکی و هیدرودینامیکی که دارد می توان آنرا در زمره یک دریای آزاد محسوب کرد [۲]. تراز کنونی آن بین ۲۶- و ۲۷- متر براساس سطح دریای بالتیک می باشد اما به لحاظ تاریخی در حدود ۳ متر افت و خیز را در طول قرن بیستم تجربه کرده است در حالیکه در همین دوره زمانی، تراز جهانی اقیانوس ها در حدود ۲ میلی متر در سال نوسان داشته است [۳] این بدان معناست که نوسانات تراز آن در بازه زمانی خیلی کوتاه تری (۱۰۰ بار سریع تر) نسبت به اقیانوس های دنیا اتفاق می افتد [۴] چنین تغییرپذیری بالا و سریعی در تراز خزر در طول سال های متمادی، اثرات عظیم اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی بر کشورهای اطراف آن تحمیل داشته است [۵]. بعنوان مثال می توان به افزایش غیرمنتظره تراز دریا از سال ۱۹۷۷ تا ۱۹۹۵ به میزان ۲/۵ متر اشاره داشت که باعث تخریب سازه های مهندسی (جاده ها، منازل مسکونی، تجاری، اداری، خطوط لوله نفت و ...) و به زیر آب رفتن زمین های مزروعی و تهدید تعداد زیادی از شهرهای ساحلی، به خصوص از نظر تصفیه فاضلاب شهر و بالاآمدگی سفره آب زیرزمینی شد [۶،۷].

لذا به منظور کنترل آثار تخریبی نوسانات تراز دریا و همچنین در برنامه‌ریزی‌های دریایی و توسعه پایدار ساحلی ضرورت دارد که ضمن بررسی و دیدبانی تغییرات تراز آب، پیش‌بینی و تخمین دقیقی نسبت به آینده تحولات آن وجود داشته باشد. ضمن آنکه مدل‌سازی رفتار نوسانات سطح تراز دریا در طرح‌ریزی‌های مهندسی نظیر طراحی سازه‌های هیدرولیکی در امتداد سواحل دریاچه ضروری است [۸]. از سوی دیگر رفتار پیچیده و غیرخطی تراز در دریای خزر به سبب تاثیرپذیری از پارامترهای مختلف (نظیر رواناب رودخانه‌ای، بارش و تبخیر)، پیش‌بینی تراز در این حوضه را با استفاده از روش‌های دیتا محور کلاسیک و خطی دشوار می‌سازد. در سال‌های اخیر، رویکرد استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی^{۲۳} به عنوان فنون جدید و ابزاری توانمند در فرآیندهای آب‌شناختی نظیر پیش‌بینی، افزایش یافته است. زیرا این روش‌ها به عنوان یک جعبه سیاه مناسب، کمتر به ابزار و داده‌های فیزیکی نیاز داشته و قادرند فرآیند غیرخطی را درک و مدل‌سازی کنند [۹]. سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی^{۲۴} یکی از این روش‌ها است که در آن از ترکیب منطق فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی^{۲۵} استفاده می‌شود. در روش فوق از سیستم استنتاج فازی برای مدل‌کردن پدیده و از قابلیت شبکه عصبی به منظور بهینه‌سازی پارامترهای آن استفاده می‌گردد. این سیستم به دلیل ویژگی‌های خود از قبیل غیرخطی بودن، تطبیق‌پذیری، قابلیت تقریب دلخواه و مکانیسم پردازش موازی اطلاعات، ابزار پیش‌بینی انعطاف‌پذیری را می‌سازد که امروزه در بسیاری از شاخه‌های علوم از جمله در حوزه آب و هیدرولوژی کاربرد وسیعی یافته است [۱۰]. با این حال استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی و مدل‌های نروفازی نظیر ANFIS علیرغم بکارگیری گسترده آن در سایر حوضه‌ها آبی، در مطالعات مربوط به تراز خزر و بررسی نوسانات سطح آن در یک بازه زمانی بزرگ، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به عنوان نمونه؛ وزیری [۵] اولین بار بوسیله یک مدل ANN ولیکن صرفاً با استفاده از داده‌های تراز یک ایستگاه ترازسنجی (با یک دوره هفت ساله از ژوئن ۱۹۸۶ تا دسامبر ۱۹۹۳) به بررسی و پیش‌بینی کوتاه مدت نوسانات تراز در این حوضه پرداخت. همچنین در مطالعه مشابه دیگر ایمانی و همکاران [۱۱] سری زمانی داده‌های تراز بدست آمده از نقشه‌برداری ماهواره‌ای میان سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۸ را در مدل شبکه عصبی مورد آموزش و آزمون قرار دادند. نتایج حاصل از تحقیقات فوق نشان داده اند که مدل‌های مفهومی نظیر مدل‌های نروفازی می‌توانند به عنوان یک ابزار قدرتمند در تکمیل و یا حتی جایگزینی روش‌های کلاسیک مدل‌سازی برای تراز در این حوضه بکار روند.

در این تحقیق، با استفاده از داده‌های ماهانه تراز آب در دو ایستگاه ترازسنجی که در یک دوره درازمدت ثبت شده‌اند، الگوی نوسانات تراز آب دریای خزر مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و تلاش شده است تا مدل مناسبی که توانایی و دقت قابل قبولی در شبیه‌سازی و پیش‌بینی سری زمانی نوسانات تراز آب داشته باشد، ساخته و ارائه شود. به این منظور از سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی با توجه به توانایی بالای این سیستم در یادگیری و مدل‌سازی رفتار غیرخطی سری‌های زمانی هیدرولوژیک نظیر نوسانات تراز آب و همچنین تازگی روش فوق در مطالعات تراز خزر، استفاده شده است.

۲. مواد و روش‌ها

حوزه مورد مطالعه در این پژوهش دریای خزر و داده‌های مورد استفاده از دو ایستگاه مهم ترازسنجی منطقه واقع در بندر انزلی و بندر نوشهر استخراج شده است. داده‌های مذکور به ترتیب شامل آرشیو ۴۰ ساله تراز ماهانه از سال‌های ۱۹۷۵ الی ۲۰۱۴ میلادی و آرشیو ۱۴ ساله از سال‌های ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۴ میلادی از مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر^{۲۶} اخذ و مورد بازبینی قرار گرفت. جدول (۱) مشخصات این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

^{۲۳} Artificial Intelligence Models

^{۲۴} Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

^{۲۵} Fuzzy Logic and Artificial Neural Networks

^{۲۶} Caspian Sea National Research Center

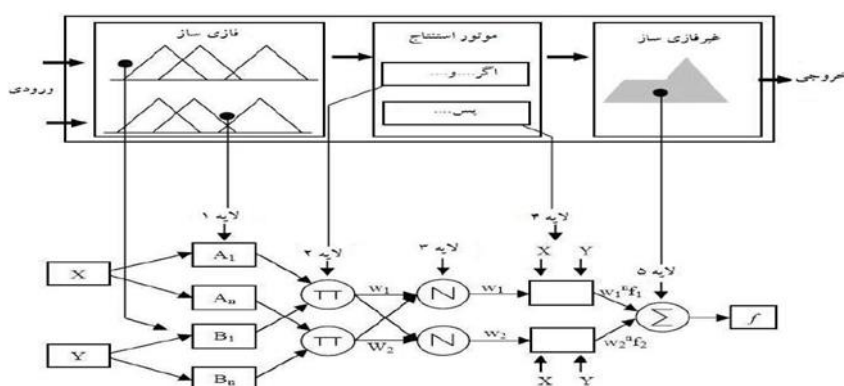
جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌ها و داده‌های مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	دوره سری زمانی	دیتوم (متر)
نوشهر	۵۱° ۵۰'	۳۶° ۵۵'	۲۰۰۱-۲۰۱۴	۲۶/۱۸۷
انزلی	۴۹° ۴۶'	۳۷° ۴۷'	۱۹۷۵-۲۰۱۴	۲۶/۰۷۵

در گام نخست داده‌های تراز از حیث نرمال بودن، با توجه به حجم بالای نمونه‌ها توسط آزمون آماری کلموگروف اسمیرنوف^{۲۷} در محیط نرم‌افزار SPSS مورد بررسی و تحلیل قرار داده شدند و بعد از این مرحله داده‌های فوق وارد مدل‌سازی با سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی شدند.

۱-۲. سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی

سیستم‌های استنتاج عصبی-فازی تطبیقی برای اولین بار توسط Jang (۱۹۹۳) با آموزش یک سیستم استنتاج فازی در چارچوب یک شبکه عصبی تطبیقی معرفی شد. در واقع ترکیب منطق فازی با شبکه‌های عصبی مصنوعی، سیستم‌های عصبی-فازی را بوجود می‌آورند. یک شبکه تطبیقی، یک ساختار پیشرو چند لایه است که رفتار کلی خروجی آن به وسیله مقدار یک مجموعه از پارامترهای قابل اصلاح تعیین می‌گردد. این سیستم‌ها مشکل اصلی در طراحی سیستم‌های فازی (به دست آوردن قواعد "اگر-آنگاه" در سیستم فازی) را به وسیله استفاده موثر از قابلیت یادگیری شبکه عصبی جهت تولید خودکار این قواعد و بهینه‌سازی پارامترها، حل کرده‌اند [۱۲]. در واقع ANFIS یکی از متداول‌ترین سیستم‌های عصبی فازی است که یک سیستم فازی سوگنو^{۲۸} را در یک ساختار عصبی اجرا می‌کند. در این سیستم (عصبی-فازی) جهت بهینه‌سازی توابع عضویت برای فرآیند آموزش از ترکیبی از روش‌های پس انتشار خطا و حداقل مربعات بهره‌گیری می‌شود. در ANFIS لازم است که در لایه اول نوع تابع عضویت و تعداد آن مشخص شود. برای این منظور از روش تفکیک شبکه‌ای جهت کلاسه‌بندی داده‌ها استفاده شد. انواع توابع موجود در این شبکه شامل مثلثی، گوسی، گوسی نوع دوم و ناقوسی می‌باشد که در این پژوهش از آنها استفاده می‌شود. مدل فازی عصبی تطبیقی براساس تغییر در میزان مقادیر مرکز و دامنه توابع عضویت در تکرارهای مختلف جهت رسیدن به شبکه مناسب براساس حداقل خطای موجود عمل می‌کند [۱۳]. در شکل (۱) معماری شبکه ANFIS نشان داده شده است. به منظور طراحی مدل نیازمند دو دسته داده آموزش (Training) و آزمون (Test) است. مجموعه داده‌ای که برای یادگیری در اختیار سیستم فازی قرار می‌گیرد، مجموعه داده آموزش است. داده‌های آموزش که معرف شرایط مسئله هستند بایستی گستره وسیعی از انواع داده‌ها را در بر بگیرند. بدین منظور ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش و ۳۰ درصد برای آزمون مدل مد نظر قرار می‌گیرد. بدین ترتیب از مجموع ۴۰ سال داده موجود ایستگاه انزلی ۱۲ سال انتهایی (۱۴۴ ماه داده) جهت ارزیابی و تست مدل کنار گذاشته شد و ۲۸ سال باقیمانده (۳۳۶ ماه داده) وارد مرحله آموزش و مدل‌سازی گردید. به همین ترتیب از مجموع ۱۴ سال داده ایستگاه نوشهر، ۴ سال (۴۸ ماه داده) برای تست مدل و ۱۰ سال (۱۲۰ ماه داده) جهت آموزش مدل در نظر گرفته شد.



شکل ۱: الگوریتم ساده‌ای از عملکرد و ارتباط بین لایه‌ها در مدل استنتاج عصبی-فازی تطبیقی

^{۲۷} Kolmogorov-Smirnov Test

^{۲۸} Sugeno

۲-۲. استانداردسازی داده‌ها، اجرا و ارزیابی مدل

قبل از اجرای سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی، جهت یکسان سازی ارزش داده‌ها و با هدف افزایش سرعت و دقت مدل، داده‌ها باید استانداردسازی^{۲۹} شوند [۱۴]. رابطه (۱) جهت استانداردسازی داده‌ها به منظور استفاده در مدل‌های مورد نظر بکار می‌رود. این رابطه، استانداردسازی داده‌ها بین دو مقدار ۰/۱ تا ۰/۹ را نشان می‌دهد.

$$X_{normal} = 0.8 \times \frac{Xi - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} + 0.1 \quad (1)$$

که در آن: X_{normal} مقادیر استاندارد شده تراز آب دریا، Xi مقادیر واقعی تراز آب دریا (داده مشاهده شده)، X_{min} حداقل مقادیر واقعی تراز آب دریا (داده حداقل)، X_{max} حداکثر مقادیر واقعی تراز آب دریا (داده حداکثر) است.

برای اجرای سیستم ANFIS نیز از کدنویسی انجام شده در محیط نرم افزار MATLAB 7.6 استفاده گردید. مبنای تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین شبکه در هر بار اجرای برنامه نیز نمایه‌های آماری ضریب تبیین^{۳۰} (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا^{۳۱} (RMSE) و ضریب کارایی نش-ساتکلیف^{۳۲} (CE) می‌باشد. R^2 همبستگی بین داده‌ها را معلوم می‌کند و هر چه بالاتر باشد همبستگی بیشتری بین داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده بیشتر است. مقدار RMSE بیانگر این است که مقادیر پیش‌بینی شده چقدر از مقادیر مشاهده شده انحراف دارد. مقدار CE بین یک مقدار منفی تا یک قرار دارد و مقدار آن هر چه به یک نزدیکتر باشد نشانگر تطابق بیشتر تراز مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده است. در روابط (۲) تا (۴) نحوه محاسبه‌ی نمایه‌های آماری فوق آورده شده است.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=0}^n (y_o - \bar{y}_f)}{\sum_{i=0}^n y_o^2 - \frac{\sum_{i=0}^n y_f^2}{n}} \quad (2)$$

$$CE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_o - y_f)^2}{\sum_{i=1}^n (y_o - \bar{y}_o)^2} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_o - \bar{y}_f)^2}{n}} \quad (4)$$

در روابط بالا، y_o و y_f به ترتیب مقدار مشاهده‌ای و برآورد شده تراز آب دریا و n تعداد کل داده‌های استفاده شده است.

۳. نتایج

در این پژوهش جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی الگوی نوسانات تراز سطح آب در حوضه دریای خزر از سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی و با بهره‌گیری از داده‌های درازمدت ایستگاه‌های ترازسنجی در خلال سال‌های ۱۹۷۵-۲۰۱۴ میلادی، استفاده شد. نتایج حاصل از اجرای این سیستم با استفاده از توابع عضویت‌های مختلف در ایستگاه‌های مورد نظر و با بکارگیری دو ترکیب ورودی، شامل تراز دریا در ماه قبل و تراز دریا در دو ماه قبل استخراج شد. ارزیابی عملکرد مدل‌ها نیز براساس نمایه‌های آماری R^2 ، RMSE و CE انجام پذیرفت. بیشترین ضریب تبیین، کمترین میزان خطا و بیشترین کارایی، بهترین مدل و روش را نشان می‌دهند. بر همین اساس از مجموع ۲۰ مدل اجرا شده، در هر ایستگاه یک مدل براساس شاخص‌های فوق انتخاب گردید. همچنین جهت مقایسه عملکرد مدل‌های نهایی ANFIS در برآورد داده‌ها، نمودارهای تراز مشاهداتی به تراز برآوردی رسم شدند. نتایج نشان دادند در ایستگاه نوشهر مدل ANFIS با تابع عضویت ناقوسی و ترکیب ورودی یک تاخیر و میزان ضریب کارایی ۰/۹۵، میزان خطای ۰/۰۷۲ و میزان ضریب تبیین ۰/۶۷ در مرحله آزمون و در ایستگاه انزلی نیز مدل ANFIS با تابع عضویت مثلثی و ترکیب ورودی یک تاخیر با میزان ضریب کارایی ۰/۹۹، میزان خطای ۰/۰۲۴ و ضریب تبیین ۰/۹۹ را می‌توان به عنوان

²⁹ Normalization

³⁰ Determination Coefficient

³¹ RMSE (Root Mean Square Error)

³² Nash-Sutcliffe Coefficient

مدل‌های مناسب در پیش‌بینی تراز دریای خزر، انتخاب کرد. مشاهده نمودارهای تراز مشاهداتی به تراز برآوردی در هر ایستگاه نیز نشان دادند مدل‌های منتخب روند داده‌ها را به خوبی تشخیص داده و اعتبار مدل را در برآورد مقادیر خروجی مورد تایید قرار می‌دهد.

در یک جمع بندی کلی با توجه به نتایج این تحقیق، بایستی اظهار داشت از آنجا که همواره اندازه‌گیری‌های لحظه‌ای و نیز مقادیر متوسط تراز دریا به لحاظ مکانی و زمانی ثابت^{۳۳} نیستند [۱۵] و تحت تاثیر عوامل مختلف هیدرولوژیکی و اقلیمی نظیر آنچه در خزر اتفاق می‌افتد (رواناب رودخانه‌ای، بارش، تبخیر و...)، قرار دارند و از سوی دیگر در نظر گرفتن تمام این پارامترها نیز در یک مدل یکپارچه مشکل و بعضا غیرممکن است لذا در مسئله نوسانات تراز دریای خزر و پیش‌بینی دقیق تغییرات آن، مدل‌سازی‌های متعارف و خطی با میزان بالای پیچیدگی در ساخت مدل و درجاتی از عدم قطعیت در نتایج خود مواجه خواهند بود. برای غلبه بر چنین مشکلاتی ترکیب شبکه‌های عصبی و استنتاج فازی در غالب سیستم ANFIS به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود می‌تواند به عنوان یک ابزار کاربردی جدید در این حوضه آبی مطرح و راهگشا باشد.

منابع

- [1]- Kazenci, N., Gulbabazadeh, T., Leroy, S.A.G., Ileri, O. (2004), Sedimentary and environmental characteristics of the Gilan-Mazenderan plain, northern Iran: influence of long- and short-term Caspian water level fluctuations on geomorphology, *Journal of Marine System*, Vol. 46, No. 1-4, 145-168.
- [2]- Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Goorabi, A., Yamani, M. (2014), Shoreline Response to Rapid 20th Century Sea-Level Change along the Iranian Caspian Coast, *Journal of Coastal Research*, Vol. 30, No. 6, 1243-1250.
- [3]- Haghani, S., Leroy, S.A.G., Wesselingh, F., Rose, N. (2016), Rapid evolution of coastal lagoons in response to human interference under rapid sea level change: A south Caspian Sea case study, *Quaternary International*, Vol. 408, 93-112.
- [4]- Arpe, K., Leroy, S.A.G., Wetterhall, F., Khan, V., Hagemann, S., Lahijani, H. (2014), Prediction of the Caspian Sea level using ECMWF seasonal forecasts and reanalysis, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 117, No. 1-2, 41-60.
- [5]- Vaziri, M. (1997), Predicting Caspian Sea surface water level by ANN and ARIMA models, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol. 123, No. 4, 158-162.
- [6]- Roshan, G.R., Moghabel, M., Grab, S. (2012), Modeling Caspian Sea water level oscillations under different scenarios of increasing atmospheric carbon dioxide concentrations, *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, Vol. 9, No. 1, 24.
- [۷]- قانقرمه، ع، ملک، ج، (۱۳۸۴) همزیستی مسالمت آمیز با نوسانات آب دریای خزر به منظور توسعه پایدار سواحل ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، ۱۱، ۵۴-۱.
- [8]- Talebizadeh, M., Moridnejad, A. (2011), Uncertainty analysis for the forecast of lake level fluctuations using ensembles of ANN and ANFIS models, *Expert Systems with applications*, Vol. 38, No. 4, 4126-4135.
- [۹]- نبی‌زاده، م، مساعدی، ا، حسام، م، دهقانی، ا، زاکری‌نیا، م، مفتاح‌هلقی، م، (۱۳۹۰) پیش‌بینی جریان رودخانه با استفاده از سامانه استنتاج (FIS) و سامانه استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS)، علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، ۱۷، ۱۴-۷.

[10]- Kaloop, M.R., Rabah, M., Elnabwy, M. (2016), Sea Level Change Analysis and Models Identification based on Short Tidal Gauge Measurements in Alexandria, Egypt, *Marine Geodesy*, Vol. 39, No. 1, 1-30.

[11]- Imani, M., You, R.J., Kuo, C.Y. (2014), Caspian Sea level prediction using satellite altimetry by artificial neural networks, *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 11, No. 4, 1035-1042.

[۱۲]- غفاری، غ، م، وفاخواه م، (۱۳۹۲) شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و سیستم فازی- عصبی تطبیقی (مطالعه موردی آبخیز حاجی‌قوشان)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۸، ۱۳۵-۱۲۰.

[13]- Ross, J.T. (1995), Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill Inc, New York, USA.

[14]- Kisi, O. (2008). River flow forecasting and estimation using different Artificial Neural Network techniques, *Hydrology Research*, Vol. 39, No. 1, 27-40.

[15]- Makarynsky, O., Makarynska, D., Kuhn, M., Featherstone, W.E. (2004), Predicting sea level variations with artificial neural networks at Hillary Harbour, Western Australia, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 61, No. 2, 351-360.



تغییرات فصلی پروفیل بستر در محدوده سواحل مکران (مطالعه موردی بندر صیادی رودیک)

شفیعی فر، مهدی^۱، باقری، محمد^۲، نعمتی، محمد حسین^۲، حاج مومنی، عقیل^۳، رضایی مزیک، احمد^{۳*}

۱- دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- اداره کل مهندسی سواحل، سازمان بنادر و دریانوردی، تهران، ایران

۳- شرکت مهندسین مشاور هندسه پارس، تهران، ایران

ahmadrezaee2010@gmail.com

چکیده

بررسی الگوی تغییرات پروفیل بستر در راستای عمود بر ساحل در بخش‌هایی از مهندسی سواحل و سازه‌های دریایی همچون تعیین جانمایی دهانه بندار، جانمایی تاسیسات ساحلی و نیز تعیین دوره‌های لایروبی نگهداری بندار اهمیت می‌یابد. بررسی تغییرات پروفیل بستر پیرامون بندر رودیک در فصل مونسون نشان دهنده تشکیل پشته رسوبی در فواصل مختلف دور از ساحل است. شکل‌گیری پشته رسوبی باعث افزایش عرض ناحیه ساحلی و انتقال رسوب در نواحی دور از ساحل می‌گردد

کلید واژه: پروفیل بستر، سواحل مکران، مونسون، بندر صیادی رودیک

۱. مقدمه

بررسی الگوی تغییرات پروفیل بستر در راستای عمود بر ساحل در بخش‌هایی از مهندسی سواحل و سازه‌های دریایی همچون تعیین جانمایی دهانه بندار، جانمایی تاسیسات ساحلی و نیز تعیین دوره‌های لایروبی نگهداری بندار اهمیت می‌یابد. به طور کلی فرآیند انتقال رسوب عمود بر ساحل تا حدودی برگشت‌پذیر بوده، از اینرو نقش اساسی در مولفه‌های بلند مدت پایداری ساحل ندارد و اهمیت مطالعه آن در هنگام وقوع طوفان و تاثیر بر میزان انتقال رسوب موازی ساحل و عرض نوار ساحلی است.

با توجه به انجام مطالعات فراوان در زمینه تغییرات پروفیل بستر، تا کنون شناخت کاملی از فرآیندهای تاثیرگذار بر وقوع این پدیده حاصل نگردیده است. در پاره‌ای از مطالعات که به بررسی عوامل موثر بر تغییر شکل پروفیل بستر پرداخته‌اند، جریان برگشتی (جریان زیرکش^{۳۴}) عامل اصلی انتقال رسوب از ساحل به دریا و چولگی^{۳۵} یا تغییر الگوی سرعت اریبتالی موج عامل انتقال پشته رسوبی به نزدیک ساحل و بازسازی مجدد آن عنوان شده است [۲،۱]. همچنین مطالعه اثرات مقیاس زمانی بر تغییرات پروفیل بستر نشان می‌دهد، مدلسازی ریاضی بلند مدت تغییرات پروفیل ساحلی برای تعیین محل تشکیل پشته رسوبی، همراه با عدم قطعیت‌های زیادی است ولی مقایسه نتایج مدلسازی تغییرات پروفیل بستر در اثر یک طوفان با اندازه‌گیری‌ها تطابق مناسبی دارد [۳،۴]. بررسی بلند مدت تغییرات پروفیل ساحلی نشان می‌دهد، تحت شرایط محیطی مشخص، پروفیل ساحل شکل تعادلی دارد و با توجه به این موضوع، مفهوم پروفیل تعادلی ساحل در مطالعات رسوب تشریح شده است [۵]. از نکات قابل توجه دیگر در مطالعات پیشین، تاثیر تغییرات پروفیل بستر بر میزان نرخ انتقال رسوب موازی ساحل است. نتایج نشان می‌دهد وجود پشته رسوبی و تغییرات شیب در ناحیه نزدیک ساحل و یا ناحیه شکست می‌تواند به عنوان منبع تغذیه جریان‌های رسوبی موازی ساحل عمل کند [۶،۷،۸].

مرور نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد، تاثیر تغییرات پروفیل بستر بر میزان نرخ انتقال رسوب موازی ساحل می‌تواند بسیار قابل توجه باشد. از اینرو در مطالعه حاضر ابتدا به بررسی الگوی انتقال رسوب عمود بر ساحل و شکل‌گیری پشته رسوبی در فصل مونسون در محدوده بندر رودیک در شرایط مختلف پرداخته شده است. در نهایت تاثیر این موضوع، بر میزان و شدت جریان موازی ساحل مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به

³⁴ Undertow current

³⁵ Skewness

روند مطالعات، در بخش ۲ متدولوژی مطالعات و در بخش ۳ معرفی محدوده مورد بررسی ارائه شده است. بخش ۴ به برپایی مدل، فصل ۵ به تحلیل نتایج مدلسازی و در نهایت بخش ۶ به نتیجه‌گیری مطالعات اختصاص یافته است.

۲. مواد و روش‌ها

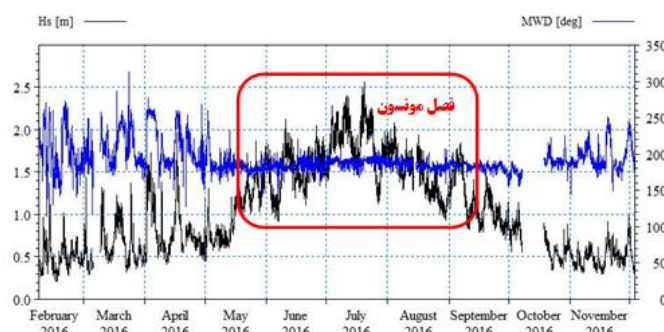
با توجه به روند مطالعات پیشین، در اولین گام به معرفی و شناخت شرایط هیدرودینامیکی حاکم بر محدوده مطالعات پرداخته شده است. مدل ریاضی مورد استفاده نرم افزار Mike-Litpack بوده که با توجه به داده‌های موجود اعم از هیدروگرافی و شرایط باد و موج و رسوب و ... مدل ریاضی برپا (Setup) می‌شود. در مرحله بعد تحلیل حساسیت پارامترهای تاثیرگذار بر نتایج مدل انجام می‌گیرد و در نهایت پس از بررسی تغییرات تراز بستر در فصول طوفانی منطقه، تاثیر تغییرات تراز بستر در انتقال رسوب موانی ساحل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

بندر صیادی رودیک در سواحل شمالی دریای عمان و در موقعیت طول جغرافیایی ۶۱/۰۸ شرقی و عرض جغرافیایی ۲۵/۱۹ شمالی واقع شده است. این بندر در ۴۵ کیلومتری شرق چابهار و تقریباً در ۱۳ کیلومتری غرب بندر صیادی بريس می‌باشد. موقعیت بندر و پروفیل محاسباتی در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین برای انجام مطالعات از داده‌های اندازه‌گیری پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل (فاز ششم- سواحل مکران) استفاده گردیده است. موقعیت ایستگاه اندازه‌گیری موج و جریان در رودیک (عمق ۲۵ متری) و ایستگاه ترازسنجی بريس که از اطلاعات آن‌ها در مدلسازی‌ها استفاده شده است، در شکل ۱ نشان داده می‌شود.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی بندر صیادی رودیک و محل پروفیل مورد بررسی و ایستگاه اندازه‌گیری موج و جریان و ترازسنجی بندر بريس

مشخصات امواج مورد استفاده در مطالعات از ایستگاه موج و جریان‌سنجی رودیک (عمق ۲۵ متری) و تغییرات تراز آب از ایستگاه ترازسنجی بريس استخراج شده است. تغییرات ارتفاع موج در ایستگاه موج و جریان‌سنجی رودیک مطابق شکل ۲ می‌باشد. همانگونه که مشاهده می‌شود در طول دوره مونسون (بادهای ۱۲۰ روزه) ارتفاع امواج بیش از یک متر و جهت غالب امواج در این فصل از جهت ۱۹۰ درجه بوده‌است که با توجه به زاویه بسیار اندک با خط عمود بر ساحل، انتظار می‌رود موجب انتقال رسوب عمود بر ساحل در این فصل شوند.



شکل ۲: مشخصات ارتفاع و جهت موج در ایستگاه موج و جریان‌سنجی رودیک (عمق ۲۵ متر)

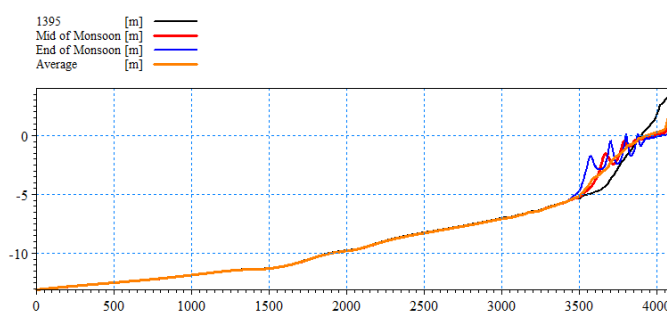
در مطالعات حاضر از ماژول Litprof و Litdrift مدل Litpack از بسته نرم‌افزاری Mike استفاده شده است. جهت برپایی مدل نیاز به اطلاعات عمق سنجی، مشخصات رسوب، زبری بستر، تغییرات تراز سطح آب، مشخصات موج و پارامترها و ضرایب مدل برای انتقال رسوب می‌باشد. اطلاعات عمق سنجی بر اساس هیدروگرافی سال ۹۵ به مدل معرفی شده است. قطر متوسط دانه های رسوب بر اساس آزمایشات انجام شده برابر 0.2 mm و ضریب زبری بستر برابر با پیش فرض مدل و معادل با $2.5 d_{50}$ در نظر گرفته شده اند. تغییرات تراز آب، مشخصات موج و جریان نیز از اطلاعات ایستگاههای اندازه گیری رودیک و بريس دریافت و به مدل اعمال شده است. ضرایب مورد نیاز برای مدل انتقال رسوب نیز بر اساس توصیه های مدل انتخاب شده اند.

۳. نتایج

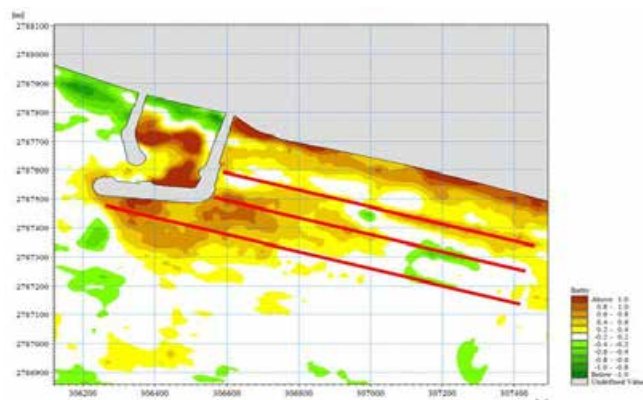
با توجه به هدف مطالعات، تحلیل نتایج به دو بخش تقسیم گردیده است. بخش اول به موضوع بررسی الگوی تغییرات پروفیل بستر در فصل مونسون پرداخته است. در ادامه با تعریف یک پروفیل بستر متوسط‌گیری شده برای کل فصل مونسون، تاثیر پروفیل بستر تغییر شکل یافته بر میزان نرخ انتقال رسوب موازی ساحل مورد مطالعه قرار گرفته است.

۳-۱. تغییرات پروفیل بستر

در شکل ۳ تغییرات پروفیل بستر در محدوده بندر رودیک در زمان‌های مختلف بر اساس نتایج اجرای مدل نشان داده شده است. همانگونه که مشخص می‌باشد، وجه جلویی ساحل شسته شده و به نزدیک محل شکست انتقال یافته است. انتقال رسوبات به دور از ساحل سبب شکل‌گیری بارهای رسوبي در عمق‌های مختلف دور از ساحل شده است. با توجه به تغییرات تراز بستر، موقعیت عمق بسته شدن رسوب^{۳۶} در 5 m.CD است. در شکل ۴ موقعیت تشکیل بارهای رسوبي بر روی نقشه حاصل از تفاضل هیدروگرافی‌های سالهای ۱۳۹۵ و ۱۳۹۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۴ می‌توان دریافت که بیشترین حجم رسوب‌گذاری و تغییرات هیدروگرافی در موقعیت شکل‌گیری بارهای رسوبي رخ داده است.



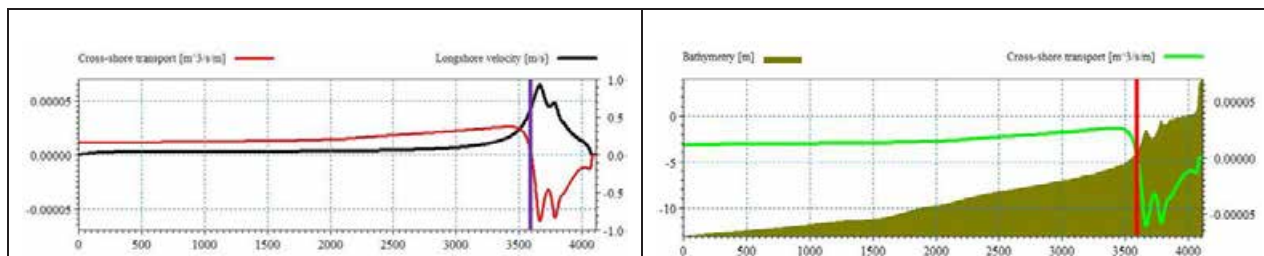
شکل ۳: تغییرات پروفیل بستر در محدوده بندر رودیک، در میانه فصل مونسون (قرمز) در انتهای فصل مونسون (آبی) و پروفیل متوسط‌گیری شده در طول فصل مونسون (نارنجی)



شکل ۴: موقعیت تشکیل بارهای رسوبي (خطوط قرمز حاصل از نتایج مدل) بر روی نقشه حاصل از تفاضل هیدروگرافی‌های سالهای ۱۳۹۵ و ۱۳۹۳

³⁶ Closure depth

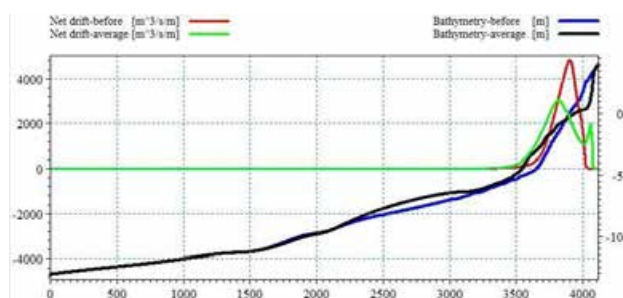
در شکل ۵ تغییرات نرخ انتقال رسوب عمود بر ساحل و همچنین مقایسه آن با الگوی تغییرات رسوب کرانه ای نشان داده شده است. ملاحظه می شود که در محل نزدیک به تغییر جهت رسوب عمود بر ساحل، بار اول تشکیل شده است. بار دوم نیز در نزدیکی نقطه تغییر شیب منحنی انتقال رسوب عمود بر ساحل شکل یافته است. در همین نقاط قله های منحنی توزیع انتقال رسوب کرانه ای نیز تشکیل شده اند.



شکل ۵: نرخ انتقال رسوب عمود بر ساحل در امتداد پروفیل محاسباتی در میانه فصل مونسون (شکل راست) و مقایسه تغییرات نرخ انتقال رسوب عمود بر ساحل و جریان موازی ساحل (شکل چپ)

۲-۳. تأثیر تغییرات پروفیل بستر بر انتقال رسوب موازی ساحل

برای بررسی اثرات تغییرات پروفیل بستر در میزان انتقال رسوب موازی ساحل، دو پروفیل بستر برای قبل از فصل مونسون و پروفیل متوسط گیری شده در طول فصل مونسون در نظر گرفته شده است. نتایج نرخ انتقال رسوب موازی ساحل برای دو پروفیل مورد بررسی در شکل ۶ نشان داده شده است. پروفیل تغییر یافته باعث کاهش مقدار حداکثر انتقال رسوب، شکل گیری شکست ثانویه موج و عریض شدن ناحیه فعال ساحلی گردیده است.



شکل ۶: تغییرات نرخ انتقال رسوب موازی ساحل با توجه به پروفیل بستر قبل از مونسون و پروفیل متوسط گیری شده در طول فصل مونسون

۴. نتیجه گیری

نتایج مطالعه انجام گرفته نشان می دهد، تغییرات پروفیل بستر در هنگام فصل مونسون در محدوده بندر رودیک بسیار قابل توجه می باشد. وقوع امواج بزرگ سبب انتقال رسوبات از وجه جلویی ساحل به دور از ساحل و شکل گیری پشته رسوبی می گردند. همچنین پروفیل تغییر یافته سبب کاهش مقدار حداکثر انتقال رسوب موازی ساحل، شکل گیری شکست ثانویه موج و عریض شدن ناحیه فعال ساحلی در طول این فصل می گردد.

منابع

- [1] Zheng, J., et al. (2014), Numerical Study of Sandbar Migration under Wave-Undertow Interaction, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 140: 146-159.
- [2] Aagaard, T., et al. (2002), Cross-shore suspended sediment transport in the surf zone: a field-based parameterization." Marine Geology, 185: 283-302.
- [3] Van Rijn, L. C., et al. (2003), The predictability of cross-shore bed evolution of sandy beaches at the time scale of storms and seasons using process-based profile models, Coastal Eng., 47, 295-327.

- [4] Ruessink, B. G., et al. (2007), Modeling cross-shore sandbar behavior on the timescale of weeks, *Journal of Geophysical Research*, 112.
- [5] Dean, R., (1977). Equilibrium beach profiles, US Atlantic and Gulf coasts. Tech. rep., Ocean Engineering Report NO. 12. Dept. of Civil Engineering and College of Marine Studies, Univ. of Delaware.
- [6] Kalpizas, A. (2014), Analysis of the influence of the cross-shore profile shape of the surfzone on the longshore sediment transport rates, Delft University of Technology. MSc Thesis.
- [7] Farris, A. S. and List, J. H., (2007), Shoreline Change as a Proxy for Subaerial Beach Volume Change, *Journal of Coastal Research* 22(3): 740–748.
- [8] Mil-Homens, J., et al. (2013), Influence of Profile Features on Longshore Sediment Transport. *Coastal Dynamics*.



مدل‌سازی یک ربات هوشمند زیر آبی جهت کاوش در اعماق اقیانوس با الگوبرداری از رفتار دولفین

به روش نوین دینامیک سیالات محاسباتی

فرزانه مهدی^{۱*}، رستمی محمود^۲

۱. کارشناس ارشد مهندسی دریا، سازمان تحقیقات و جهاد خودکفایی نداجا

۲. استادیار دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر اصفهان

mfarzaneh6168@yahoo.com

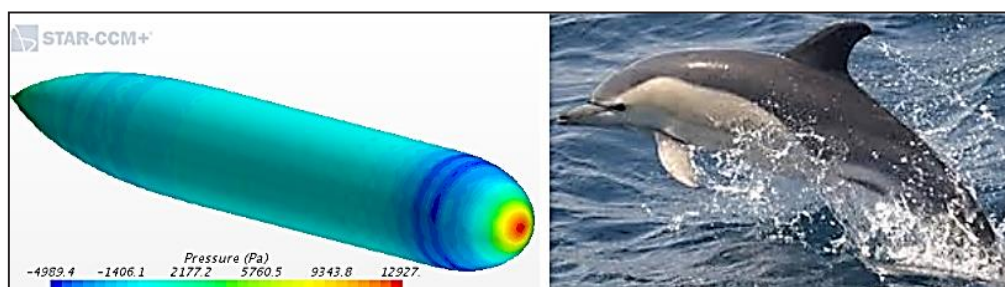
چکیده

از دیرباز تاکنون اساس ایده‌پردازی‌های مختلف در خصوص اختراعات و اکتشافات بشر با نگرش به تطابق عناصر موجود در طبیعت و جهان هستی بوده است. دانشمندان مختلفی جهت انجام تحقیقات و امور مهندسی خود از طبیعت که یک نماد بنیادین از حیات و چرخه زندگی است استفاده نموده و برای هر نظریه‌ای که جهت استدلال مبانی علمی خود به-کار برده‌اند از نمونه‌های طبیعی آن بهره گرفتند. در این مقاله با الگوبرداری از رفتار دولفین که به‌عنوان یکی از سریع‌ترین آبزیان دریایی است و اعمال تغییراتی بر روی شکل یک ربات زیرآبی که بیشتر در دماغه آن بوده به تحلیل و آنالیز دینامیکی بدنه در زیر آب پرداخته شد. با توجه به رفتار این جانور دریایی در شش‌درجه آزادی به نتایج قابل قبولی در خصوص حرکت سریع و آبی با حداقل نیروهای وارد بر آن می‌توان دست یافت، همچنین علت پایین بودن نیروهای وارد بر دولفین در حال حرکت در سرعت‌های بالا محاسبه و با بدنه اصلی ربات زیرآبی مطابقت داده شد و نتایج مناسبی استخراج گردید. جهت مدل‌سازی عددی از نرم‌افزار قدرتمند استار سی‌سی‌ام ۳۷ استفاده نموده و روند تحلیل امواج تحت شرایط تک‌فازی به‌روش حجم‌محدود بوده است.

کلیدواژه: مدل‌سازی عددی، اقیانوس‌شناسی، ربات زیرآبی، دولفین، نیرو و فشار، استار سی‌سی‌ام.

۱. مقدمه

سال‌ها پیش بشر آرزوهای فراوانی را در سر می‌پروراند که مدت‌های مدیدی در جستجوی هریک از آنها بود. بنیادی‌ترین ایده‌پردازی جهت ساخت اجسام دریایی رفتار آبزیان نظیر نهنگ و دولفین بود که هریک به‌نوبه خود توانستند گره از مشکلات دانشمندان برای پاسخ بسیاری از سوالات رایج در صنعت دریایی را باز کنند. از آنجایی که جریان و تلاطم دریا به به شکل‌های مختلفی جانور را به چالش می‌کشد با این حال شکل بدن و چگونگی حرکات دینامیکی آن مهمترین عامل خنثی‌کننده نیروها و فشارهای فراوان ناشی از امواج می‌باشد. با توجه به عمر طولانی دولفین‌ها علیرغم حرکات آبی آنها در سرعت‌های بالا اعمال کمترین نیروی مقاومت به بدن این جانور برآن شدیم تا بدنه یک ربات زیرآبی را با کمی تغییرات در قسمت جلویی آن مشابه دولفین طراحی و آنالیز نماییم.



شکل ۱: دولفین و ربات زیرآبی مدل

۲. مواد و روش‌ها

لی کانگ و همکاران [۱] به بررسی حرکات یک نهنگ غول‌پیکر به روش عددی در امواج متلاطم دریا پرداخته و نتایج قابل قبولی در نمودار لیفت و درگ را مشاهده کردند. البته درسالهای اخیر نیز یانگ و همکاران [۲] درخصوص حرکات دولفین به این نتیجه رسیدند که یکی از روشهای متداول کاستن هزینه‌های فراوان برای حرکت اجسام دریایی با توجه به قیمت بالای سوخت‌های فسیلی الگوبرداری از عناصر موجود در طبیعت خواهد بود. ایسوگای [۳] به بررسی حرکات امواج دریا و تاثیر آن بر بدنه یک دولفین پرداخت. لین آلن [۴] دست به تحقیقات گسترده‌ای درباره دولفین و تحلیل عددی حرکات آن در امواج دریا با شرایط جوی مختلف پرداخت و نتایج را با شرایط آزمایشگاهی مقایسه کرد.

روابط مورد استفاده برای تحلیل این مدل معادلات ناویر-استوکس در حالت دوفازی به روش حجم‌محدود می باشد.

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V W dV + \oint [F - G] \cdot da = \int_V H dV \quad (1)$$

$$W = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho V \\ \rho E \end{bmatrix}, F = \begin{bmatrix} \rho(V - V_g) \\ \rho(V - V_g)V + pI \\ \rho(V - V_g)H + pV_g \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$G = \begin{bmatrix} 0 \\ T \\ T \cdot V + q \end{bmatrix}, H = \begin{bmatrix} S_u \\ f_r + f_g + f_p + f_u + f_w + f_L \\ S_u \end{bmatrix} \quad (3)$$

۳. نتایج

۳-۱. ابعاد و هندسه

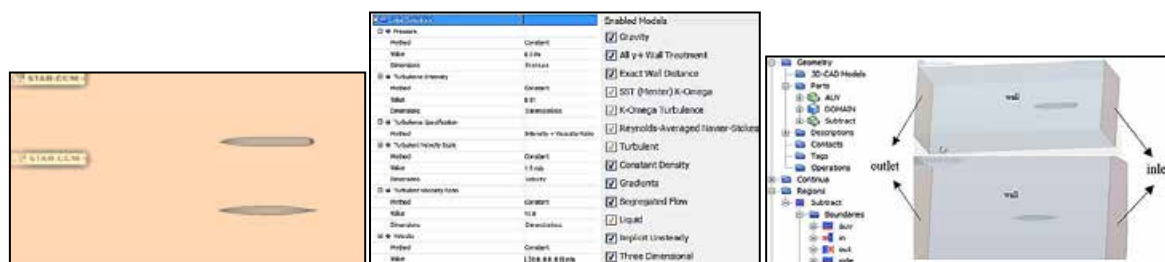
در شکل ۲ دو بدنه ربات زیرآبی که در معرض مقایسه با یکدیگر قرار گرفته‌اند را مشاهده می‌نمایید. با تغییرات کمی بر روی دماغه ربات زیرآبی قبلی ملاحظه می‌کنید که شکل پیشنهادی چگونه به‌وجود آمده‌است.



شکل ۲: ابعاد و هندسه بدنه قبل و بعد از تغییرات

۳-۲. محدوده محاسباتی، فیزیک و شرایط مرزی

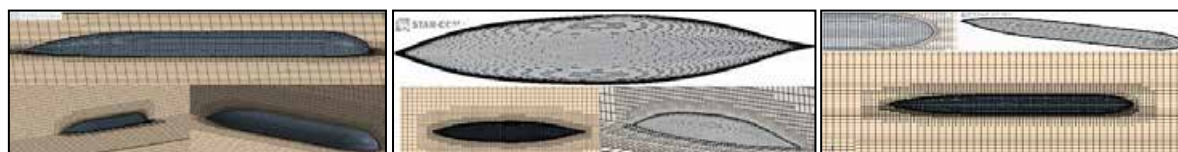
در شکل ۳ هر دو ربات کاوشگر را قبل و بعد از طراحی مشاهده نموده که می‌توان در سینه و پاشنه به ترتیب از دو و چهار برابر طول آن استفاده نموده و همچنین در قسمت کف و بالا نیز از فواصل یکسان برای انجام محاسبات به میزان سه برابر طول استفاده نمود.



شکل ۳: بدنه‌های کاوشگر در محدوده محاسباتی و اعمال شرایط مرزی در فیزیک و شرایط اولیه یکسان

۳-۳. شبکه بندی

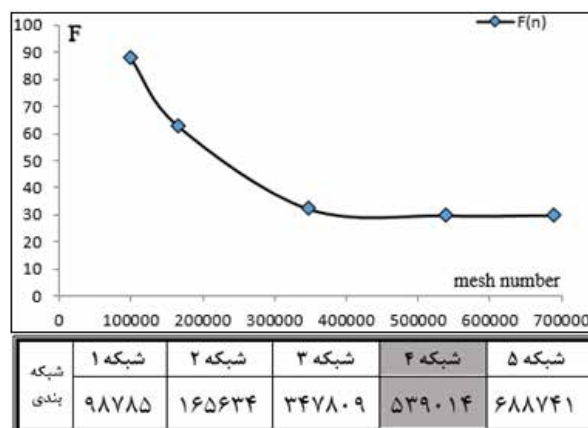
ایجاد مش بندی در هر دو نمونه از ربات‌های زیرآبی مدل از حالت سازمان‌یافته منظم^{۳۸} استفاده شده است. (شکل ۴)



شکل ۴: شبکه بندی ربات هوشمند در محدوده محاسباتی قبل از تغییرات در نماهای مختلف

۳-۴. کفایت شبکه

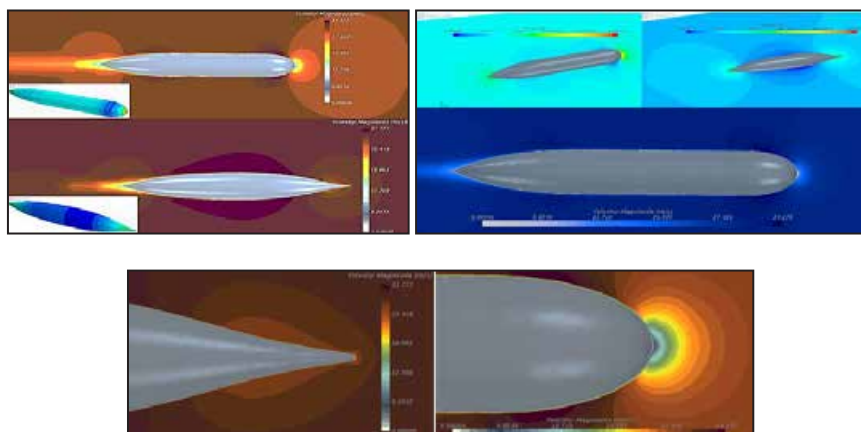
در ابتدا شبکه بندی به مقدار ۹۸۷۸۵ حجم کنترل در بدنه ایجاد گشته و روند مش بندی ریزتر شده تا به حالت ایده آل دست پیدا کنیم که به نتایج مسئله بسیار نزدیک باشد. با توجه به شکل ۵ به نظر می‌رسد مش بندی‌های بدنه ربات زیرآبی در مرحله چهارم یعنی ۵۳۹۰۱۴ گره کاملاً با نقطه-های اطراف مشابه بوده که می‌توان این شبکه را به عنوان برگزیده ترین نتیجه انتخاب نموده و نتایج را برپایه آن استخراج کرد.



شکل ۵: کفایت شبکه جهت محاسبه نیروی عمودی وارد به آب

۳-۵. مشاهدات کیفی و کانتورها

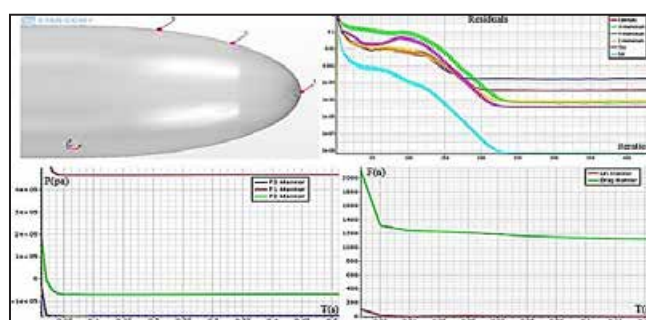
پس از اتمام مراحل مدل سازی کلیه نمودارها و کانتورهای مورد نیاز از جمله فشار و مقاومت بدنه ناشی از تلاقی جریان توسط نرم افزار استخراج شده که در شکل ۶ ملاحظه می‌نمایید. همچنین این مدل سازی برای حالات مختلف شناور با سرعت های متفاوت اجرا شده که تطبیق مناسبی با شرایط موجود حاصل گردید.



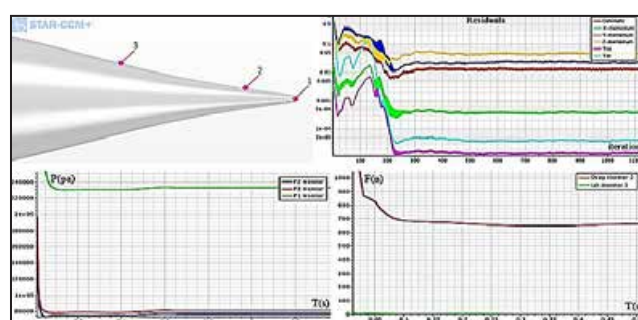
شکل ۶: مقایسه رفتار دینامیکی دو ربات هوشمند در زیر آب

۳-۶. فشار نقاط مختلف

از آنجایی که به‌دست آوردن مناطق پرفشار و کم‌فشار بدنه برای طراحی اولیه اجسام زیردرا بسیار مهم بوده مطابق با شکل ۷ و ۸ در قسمتهای مختلف دماغه نقاط فرضی علامت‌گذاری شده و محصول آن نمودارهای نیروی مقاومت جسم و فشار در نقاط مربوطه با سرعت‌های متفاوت بوده که درنتایج به‌دست آمده مطابقت خوبی مشاهده گردید. با توجه به این اشکال پر واضح است که کلیه پارامترهای استخراج شده در ربات زیرآبی طرح پیشنهادی نظیر نیروی مقاومت و فشار نسبت به مدل اولیه با کاهش چشم‌گیری مواجه خواهد بود.



شکل ۷: مشاهدات کیفی رفتار نقاط مختلف در دماغه ربات هوشمند قبل از اعمال تغییرات



شکل ۸: مشاهدات کیفی رفتار نقاط مختلف در دماغه ربات هوشمند طرح پیشنهادی

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله بدنه ساده یک ربات هوشمند زیرآبی که پایه طراحی اولیه کلیه اجسام زیرآبی از این قبیل می‌باشد در شرایط تک‌فازی به روش حجم‌محدود و با استفاده از ایجاد فیزیک مناسب مورد آنالیز واقع شد، سپس با اعمال تغییراتی در دماغه آن جهت کاهش نیروهای وارده با الگوبرداری از دولفین و حرکات دینامیکی آن هندسه جدیدی طراحی و کلیه مراحل مدل‌سازی برای طرح پیشنهادی انجام و نتایج با حالت قبلی مقایسه گردید، همچنین نمودارهای مربوطه نیز استخراج و نتایج خوبی حاصل شد. در خاتمه با علامت‌گذاری نقاط فرضی در دماغه هر دو بدنه نمودارهای نیرو و فشار به دست آمد. بنابراین می‌توان با توجه به تغییرات موجود در هندسه ربات زیرآبی از اثرات فشار و نیروهای ناشی از جریان

در زیر آب در سرعت‌های متغیر کم نموده و در تسریع روند حرکات دینامیکی این کاوشگر بسیار موثر واقع شد، درنهایت با داشتن شناسنامه شرایط آب و هوایی هر منطقه با توجه به تغییر فصول، حرکت ربات زیرآبی و مأموریت‌های محوله آن را قبل از اعزام به دریا پیش‌بینی نمود. از آنجایی که طراحی و تحلیل بدنه ربات‌های کاوشگر زیر دریا قبل از ساخت آنها بسیار مهم و اساسی بوده می‌توان با تغییر شکل‌های منطقی مهندسی و آنالیز آنها در جریانات مختلف که همواره به یک شکل خاص نیست به راحتی رفتار جسم را پیش‌بینی نموده تا از استمرار اثرات پدیده‌های خطرناک جلوگیری و بهینه‌ترین شکل را طراحی و تولید کرده تا به بدنه دریایی کشور کمک شایانی نماییم.

منابع

- [1] Hydrodynamic Analysis of a Gliding Robotic Dolphin [1]- Based on Computational Fluid Dynamics-LI Kang, YU Junzhi, WU Zhengxing, and TAN Min-State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P. R. China
- [2] Development of Numerical Model for Dolphin Fluke Motion- Zhiguo Zhang, Ye Yuan, Ziyu Ding, Zongxin Yu and Xianzhou Wang-School of Naval Architecture and Ocean Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, of China, February, 2016.
- [3] Propulsive Performance of Dolphins Estimation from Analysis of Standing Swimming-Koji Isogai, Aerospace Exploration Agency, Tokyo, Japan. koji.isogai@nity.com, August 2012.
- [4] Modelling Dolphin Hydrodynamic. The numerical analysis & Hydrodynamic stability of flow past complaint surfaces, Leanne Allen. September 2001.



داده های ماهواره لندست (سنجنده TM5) جهت پایش آب، مطالعه موردی دریای خزر

خارکن، زینب^{۱*}، اکبری نسب، محمد^۲، صفر راد، طاهر^۳

۱. دانشجو کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۲. استادیار گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۳. استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

akharkan9071@yahoo.com

چکیده

پژوهش حاضر، به منظور تعیین بهترین ترکیب رنگی به منظور پایش آب شیرین منطقه سفید رود و آب شور دریای خزر انجام گرفته شد. شاخص فاکتور بهینه OIF، همبستگی باندها و میزان انحراف معیار برای طبقه بندی و ساخت ترکیب های رنگی کاذب داده های ماهواره لندست، سنجنده TM محاسبه گردید. طبقه بندی داده ها از نوع نظارت شده است. در این پژوهش شش باند انعکاسی سنجنده در نرم افزار ENVI فراخوانی شد و اطلاعات این باندها مورد بررسی قرار گرفت. به منظور آشکارسازی پوشش گیاهی از شاخص گیاهی NDVI استفاده گردیده است. ترکیب رنگی ۴۵۲ مناسب ترین ترکیب رنگی با وضوح و تنوع رنگ ها در آب و خشکی، مشخص شد زیرا نشان دهنده بیشترین میزان OIF بوده است. در زمان ورود حوضه آبخیز سفید رود به دریای خزر، آب به رنگ روشن تر مشاهده شد زیرا آب رودخانه میزان شوری کمتری دارد و پس از آن آب دریا بر آب شیرین رودخانه غالب شده و منطقه به رنگ آبی تیره نمایان شد.

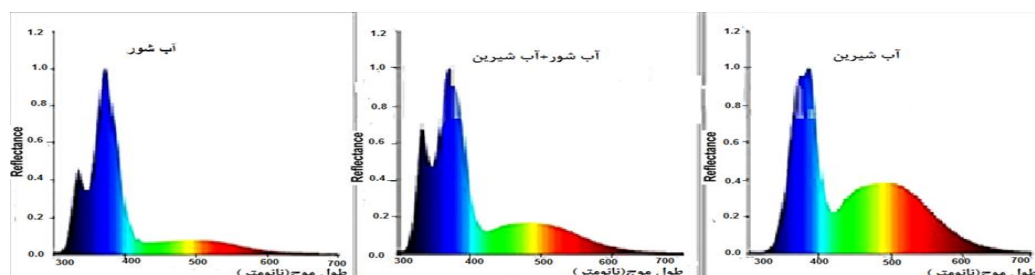
کلید واژه: آب شیرین، آب شور، باند انعکاسی، ترکیب رنگی، شاخص پوشش گیاهی، شاخص فاکتور بهینه.

۱. مقدمه

منشا و تداوم انسانها بر پایه آب است. آب پوششی برای زمین و یکی از فراوان ترین منابع روی زمین است. سه - چهارم سطح سیاره آب است با این حال ۷۹٪ از آب سطح زمین شور و در اقیانوسها قرار گرفته و کمتر از ۳٪ آن، آب شیرین می باشد. آب شیرین (در برابر آب شور)، آبی است که نمک زیادی ندارد و این درصد که بیشتر نیازهای انسانی و حیوانی را تامین میکند شامل آب های زیر زمینی، دریاچه ها و رودخانه ها میباشد [۱]. دریای خزر بزرگترین دریاچه جهان و در بین عرض های ۵۷ ۴۷ و ۳۳ ۳۶ شمالی و طول های ۴۵ ۴۳ و ۵۴ ۰۳ شرقی قرار دارد [۲]. میزان شوری آب دریای خزر حدود ۶۴/۱۲ تا ۶۸ / ۱۲ گرم در لیتر است [۳]. حدود ۱۳۰ رودخانه بزرگ و کوچک به دریای خزر میریزد و در ایران مهم ترین آنها، سفید رود، بابل و گرگان است. حوضه آبریز سفیدرود بزرگترین رود در شمال غرب ایران است و بین طول های جغرافیایی ۲۴ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵ دقیقه شرقی و عرض های ۳۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵ دقیقه شمالی قرار گرفته است [۴]. در این تحقیق با استفاده از علم سنجش از راه دور، پایش آب شور و آب شیرین در محدوده سفید رود و دریاچه ی خزر مورد بررسی قرار گرفت. پردازش تصاویر سنجش از دور به منظور استخراج اطلاعات برای کاربردهای گوناگون از زمینه های پژوهشی بسیار مهم محسوب میشود. تصاویر سنجش از دور شامل موارد مختلفی از جمله عکسهای زمینی، عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای هستند. تصاویر ماهواره ای را میتوان به تصاویر ناحیه مرئی (تصاویر اپتیکی)، تصاویر گرمایی، تصاویر راداری و تصاویر لیزری تقسیم کرد. سری ماهواره های لندست یک گروه هشت عضوی را تا به امروز تشکیل می دهند [۵]. این ماهواره ها در هرگذر خود، پهنه ای برابر ۱۸۵×۱۸۵ کیلومتر یعنی حدود ۳۵۰۰۰

کیلومتر مربع را مشخص می‌کند. در این تحقیق، از داده‌های سنجنده لندست ۵ استفاده شده است. این سنجنده دارای هفت باند می‌باشد که ۶ باند انعکاسی سنجنده مورد مطالعه قرار گرفته است.

با توجه به نمودار رفتار طیفی در شکل ۱، بیشترین اختلاف پدیده و اطلاعات مورد نیاز را باید در محدوده ۴۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر جستجو کرد. در این تحقیق باند ۱ سنجنده TM5 با طول موج ۴۵۰ نانومتر و باند ۲ سنجنده با طول موج ۵۶۰ نانومتر، برای تفکیک آب منطقه مورد مطالعه، مناسب هستند.



شکل ۱. نمودار رفتار طیفی [۶]

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

تصویر مورد مطالعه مربوط به ۲۶ مرداد سال ۱۳۹۰ هجری شمسی است. حوضه آبخیز سفید رود با وسعت ۵۱۱۷۷ کیلومترمربع به عنوان یکی از بزرگترین حوضه‌های آبریز کشور است. در ساحل جنوبی دریای خزر، دلتای رودخانه سفیدرود به صورت دشتی از فاصله ۶۰ کیلومتری مانده به دریاچه خزر از شهر رشت شروع میشود و در نزدیکی کیشهر به درون خزر میریزد.

۲-۲. محاسبه شاخص فاکتور بهینه

در ماهواره لندست ترکیب رنگی ۳۲۱ یک ترکیب رنگی واقعی است. با توجه به اینکه باند‌های ۱ و ۲ سنجنده، بیشترین اختلاف مربوط به پدیده مورد نظر را نشان می‌دهند، برای ترکیب رنگی (RGB) لازم است شاخص فاکتور بهینه (OIF) محاسبه شود. رابطه ریاضی ۱، برای محاسبه میزان OIF و انتخاب بهترین تصویر رنگی کاذب استفاده شده است. SD معرف میزان انحراف معیار و CC معرف ضریب همبستگی است. در جدول شماره ۱، میزان انحراف معیار باندهای انعکاسی سنجنده TM5 و در جدول شماره ۲، ضرایب همبستگی باندهای انعکاسی سنجنده آمده است.

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^3 SD}{\sum_{i=1}^3 CC} \quad (1)$$

جدول ۱. انحراف معیار باندهای سنجنده TM5 در کنار مقادیر ویژه هر باند

مقادیر ویژه	شماره	انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	باند
۰/۰۷۵۴۹۲	۱	۰/۰۸۵۳۶۲	۰/۱۰۸۵۴۷	۰/۲۶۸۳۹۷	۰	باند ۱
۰/۰۳۲۴۲	۲	۰/۱۰۶۳۱۸	۰/۱۲۲۶۸۸	۰/۷۶۸۷۶۵	۰	باند ۲
۰/۰۱۵۷۳	۳	۰/۱۱۴۲۳۵	۰/۱۳۲۱۴۷	۰/۶۵۰۲۶	۰	باند ۳
۰/۰۰۰۴۷	۴	۰/۱۳۸۹۶۵	۰/۱۷۶۶۳۳	۰/۸۱۰۹۳۵	۰	باند ۴
۰/۰۰۰۲۲۳	۵	۰/۱۳۳۵۰۶	۰/۱۷۰۶۳۲	۰/۵۴۴۰۹۳	۰	باند ۵
۰/۰۰۰۱۳۵	۶	۰/۱۱۱۱۷	۰/۱۳۳۹۴۶	۰/۷۵۳۳۱۴	۰	باند ۷

جدول ۲. ضرایب همبستگی باندهای سنجنده TM5

ضریب همبستگی	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۷
باند ۱	۱	-۰/۹۶۳۳۰۷	-۰/۹۴۶۹۳۴	-۰/۹۲۰۰۳۸	-۰/۸۶۰۷۹	-۰/۸۵۱۱۵۴
باند ۲	-۰/۹۶۳۳۰۷	۱	-۰/۹۸۲۰۶۵	-۰/۹۳۱۱۱۷	-۰/۸۷۲۶۶۹	-۰/۸۷۶۳۸۶
باند ۳	-۰/۹۴۶۹۳۴	-۰/۹۸۲۰۶۵	۱	-۰/۹۲۸۶۲۸	-۰/۹۰۶۳۹۴	-۰/۹۱۹۰۵۱
باند ۴	-۰/۹۲۰۰۳۸	-۰/۹۳۱۱۱۷	-۰/۹۲۸۶۲۸	۱	-۰/۹۱۲۰۳	-۰/۸۷۸۱۶۹
باند ۵	-۰/۸۶۰۷۹	-۰/۸۷۲۶۶۹	-۰/۹۰۶۳۹۴	-۰/۹۱۲۰۳	۱	-۰/۹۷۴۹۶۶
باند ۷	-۰/۸۵۱۱۵۴	-۰/۸۷۶۳۸۶	-۰/۹۱۹۰۵۱	-۰/۸۷۸۱۶۹	-۰/۹۷۴۹۶۶	۱

جدول شماره ۳، میزان OIF محاسبه شده را نشان میدهد که بالاترین شاخص فاکتور بهینه مربوط به ترکیب رنگی ۴۵۲، با میزان OIF (۰/۱۳۹۴۷۵) تصویر مطلوبی را در اختیار میگذارد و در شکل شماره ۲، به وضوح قابل مشاهده است.

جدول ۳. محاسبه شاخص فاکتور بهینه برای ترکیب های باندی سنجنده TM5

NUM	RGB	SD	Cc	OIF
۱	۳۴۱	-۰/۳۳۸۵۶۲	۲/۷۹۵۶	-۰/۱۲۱۱۰۵۳۰۸
۲	۵۷۲	-۰/۱۳۳۵۰۶	۲/۷۲۴۰۲۱	-۰/۰۴۹۰۱۰۶۳۵
۳	۷۳۱	-۰/۳۳۸۵۶۲	۲/۷۱۷۱۳۹	-۰/۱۲۴۶۰۲۳۸۵
۴	۴۳۲	-۰/۳۵۹۵۱۸	۲/۸۹۵۲۴۷	-۰/۱۲۴۱۷۵۲۴۳
۵	۵۴۱	-۰/۳۵۷۸۳۳	۲/۶۹۲۸۵۸	-۰/۱۳۲۸۸۲۳۳۹
۶	۴۵۲	-۰/۳۷۸۷۸۹	۲/۷۱۵۸۱۶	-۰/۱۳۹۴۷۵۲۰۷
۷	۲۳۴	-۰/۳۵۹۵۱۸	۲/۸۴۱۸۱	-۰/۱۲۶۵۱۰۲۱۷

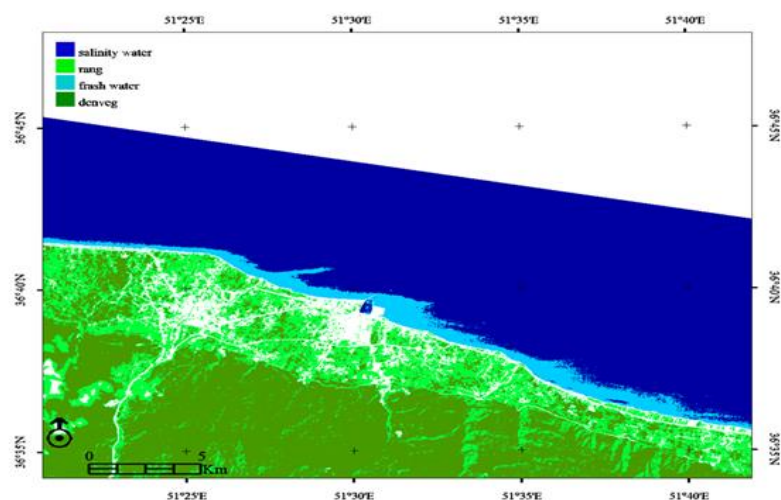


شکل ۲. ترکیب رنگی ۴۵۲

۲-۳. شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی

NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی است. این شاخص به وسیله عمل جمع و تفریقی که بین باندهای قرمز و مادون قرمز انجام می شود که باند ۴ و باند ۳ است، بیان می گردد [۶]. مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی عدد یک میل می کند [۷]. این شاخص با استفاده از رابطه (۲) به دست می آید. شکل ۴، نشان دهنده پایش آب های شیرین و شور از یکدیگر است.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2)$$



شکل ۴. تفکیک آب شیرین (رودخانه سفید رود) و آب شور (دریاچه خزر)

۳. نتیجه گیری

در این مقاله پایش آب شیرین رودخانه سفید رود و آب شور دریاچه خزر مورد مطالعه قرار گرفت و تصاویر با ماهواره لندست، سنجنده TM5 گرفته شد. پس از آن با محاسبه شاخص فاکتور بهینه، ضریب همبستگی و انحراف معیار بهترین ترکیب رنگی کاذب که دارای بیشترین اطلاعات برای شناسایی دپدیده بودند، مشخص شد. ترکیب رنگی ۴۵۲ با میزان OIF (۰/۱۳۹۴۷۵) مناسب ترین ترکیب شناخته شد که دارای وضوح بهتری بوده و تنوع رنگ ها در آب و خشکی بیشتر است. به منظور به دست آوردن شکل نهایی، میزان شاخص پوشش گیاهی با استفاده از نرم افزار ENVI محاسبه شد تا منطقه آبی از منطقه خشکی قابل تشخیص باشد.

منابع

- [۱] گنجی وطن، آ؛ "نمک زدایی آب دریا با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر"، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیز داری و مدیریت منابع آب و خاک، ۱۳۹۰؛ ۱-۲.
- [۲] ممدوف، ر؛ خوشروان، ه؛ کاویان پور، م؛ "اطلس هیدرومورفولوژی دریای خزر"، انتشارات: اسرار دانش؛ ۱۳۹۱، ص ۱۰-۶.
- [۳] رضایی، ب؛ تاج گله ویسی، س؛ صادقی، م؛ "صنایع و فناوری های دریایی"، انتشارات: معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری ستاد توسعه فناوری و صنایع دانش بنیان دریایی. ۱۳۹۴؛ ص ۱۲-۱۳.
- [۴] نظامی بلوچی، ف؛ قربانی، س؛ کاظمیان، م؛ "بررسی و طبقه بندی کیفیت آب رودخانه سفید رود براساس شاخص کیفیت آب WQI-O"، اولین همایش بین المللی مخاطرات طبیعی و بحران های زیست محیطی ایران.
- [۵] خسروی، م؛ کشاورز، ا؛ رستمی، ح؛ منصوری، س؛ "ادغام آماری تصاویر ماهواره لندست به منظور رنگسازای باند با وضوح بالا"، بیستمین کنفرانس ملی سالانه انجمن علمی کامپیوتر.
- [۶] علوی پناه، ک؛ "کاربرد سنجش از دور در علوم زمین"، انتشارات: دانشگاه تهران. ۱۳۸۵.
- [۷] علی آبادی، ک؛ انتظاری، ع؛ "تخمین پارامتر فیزیکی (زی توده) پوشش گیاهی با استفاده از داده های سنجش از دوری"، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ۱۳۹۳؛ ۴ (۱۵): ۲۳-۳۳.



تأثیر شکل‌گیری ترموکلاين بر انتشار امواج آکوستیکی زیرآبی در خلیج فارس

زارعپور، وحید^{۱*}، آبنیکی، علی اصغر^۲

۱. گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲. گروه مهندسی دریا، دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

vzarepour@yahoo.com

چکیده

لایه ترموکلاين تأثیرات قابل توجهی بر انتشار امواج صوتی در محیط خلیج فارس دارد. تاکنون تحقیق جامع و دقیقی در خصوص شناخت لایه ترموکلاين و بویژه مشخصه‌های آن شامل عمق آغاز، ضخامت و گرادیان دمائی ترموکلاين در خلیج فارس انجام نشده است. همچنین تأثیر ترموکلاين بر مباحث انتشار امواج صوتی زیرآبی از قبیل اتلاف انتشار و تشکیل کانال صوتی در خلیج فارس مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر این عمده تحقیقات صورت گرفته در خصوص تأثیر ترموکلاين بر اتلاف انتشار در فرکانس‌های پائین بوده است و فرکانس‌های بالا کمتر مورد مطالعه بوده است. لذا در این تحقیق سعی بر آن است تا این ابهامات و موضوعات رفع گردد. در این تحقیق از داده‌های اندازه‌گیری گشت دریایی رایمی استفاده شده است که در تابستان (ماه آگوست) سال ۲۰۰۱ در خلیج فارس جمع‌آوری شده اند. جهت شبیه‌سازی انتشار صوت از مدل Bellhop که مبتنی بر تئوری ردیابی پرتو در حل معادله موج صوتی می‌باشد، استفاده شده است. مزیت بهره‌گیری از تئوری ردیابی پرتو آن است که می‌توان اثر فرکانس‌های بالا را مورد مطالعه قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که تغییر هر یک از مشخصه‌های لایه ترموکلاين و تشکیل کانال صوتی اثر قابل توجهی در تغییر مقدار اتلاف انتشار دارد. افزایش اتلاف انتشار ناشی از تغییر هر یک از مشخصه‌های لایه ترموکلاين عموماً ۳ دسی بل است و در صورت قرارگیری منبع و گیرنده در کانال صوتی (ناشی از لایه ترموکلاين) اتلاف انتشار بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (تا ۸ دسی بل). این امر یک رهنمون کاربردی در آشکارسازی سونارها و نحوه استقرار آنها است.

کلیدواژه: لایه ترموکلاين، اتلاف انتشار، خلیج فارس، عمق بالائی ترموکلاين، ضخامت ترموکلاين، گرادیان ترموکلاين.

۱. مقدمه

نحوه انتشار امواج صوتی در محیط زیر آب از جمله عوامل بسیار موثر در عملکرد سامانه‌های آکوستیکی (صوتی) است. سرعت صوت در دریاها و اقیانوس‌ها تابعی از دما، شوری و فشار (عمق) است. دما در مقایسه با شوری و فشار بیشترین تأثیر را بر مقدار سرعت صوت دارد. تغییرات سرعت صوت نیز یک عامل تعیین‌کننده در نحوه انتشار امواج صوتی است. بنابراین انتظار داریم، لایه ترموکلاين که در آن کاهش قابل توجه دما رخ می‌دهد نیز تأثیرات قابل ملاحظه‌ای بر انتشار امواج صوتی داشته باشد. در منطقه خلیج فارس، تاکنون تحقیق جامع و دقیقی در خصوص شناخت لایه ترموکلاين و بویژه مشخصه‌های آن شامل عمق آغاز، ضخامت و گرادیان دمائی ترموکلاين در خلیج فارس انجام نشده است. همچنین تأثیر ترموکلاين بر مباحث انتشار امواج صوتی زیرآبی از قبیل اتلاف انتشار و تشکیل کانال صوتی در خلیج فارس مورد بررسی قرار

نگرفته است. علاوه بر این عمده تحقیقات صورت گرفته در خصوص تأثیر ترموکالاین بر اتلاف انتشار^{۳۹} در فرکانس‌های پائین بوده است و فرکانس‌های بالا کمتر مورد مطالعه بوده است. لذا در این تحقیق سعی بر آن است تا این ابهامات آکوستیکی رفع گردد.

هاکریشمن در سال ۱۹۹۵، تغییرات ترموکالاین در دریای عمان و اثرات آن را بر انتشار امواج صوتی مورد بررسی قرار داد. نتایج حاکی از این امر بود که با وجود ترموکالاین، اتلاف انتشار نسبت به حالت بدون ترموکالاین حدود ۵-۱۰ دسی‌بل بیشتر است [1].

ژانگ و همکارانش در سال ۲۰۱۲، با استفاده از یک مدل محیطی برای ترموکالاین فصلی، به بررسی اثر تغییرات مشخصه‌های لایه تغییرات سرعت صوت شامل عمق آغاز، ضخامت و شدت (نسبت تغییرات سرعت صوت به ضخامت) این لایه بر اتلاف انتشار پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش مقدار هر یک از مشخصه‌های لایه ترموکالاین، اتلاف انتشار افزایش می‌یابد [2].

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های اندازه‌گیری گشت دریایی راپمی استفاده شده است که در تابستان (ماه آگوست) سال ۲۰۰۱ در خلیج فارس جمع‌آوری شده‌اند. تعداد ایستگاه اندازه‌گیری در این گشت دریایی ۸۱ ایستگاه می‌باشد. با ترسیم نیمرخ دما برای تمامی ایستگاه‌ها، مشخص گردید که در ساختار دمائی ۵۱ ایستگاه، لایه ترموکالاین وجود دارد. برای لایه ترموکالاین می‌توان سه مشخصه معرفی نمود. که عبارتند از: عمق آغاز لایه ترموکالاین، ضخامت لایه ترموکالاین و گرادیان دمائی ترموکالاین. تغییرات هر مشخصه لایه ترموکالاین در مقادیر مختلف مدنظر قرار گرفت و نیمرخ‌های سرعت صوت متناظر با آنها نیز به عنوان یکی از ورودی‌های مدل شبیه‌سازی انتشار امواج صوتی استخراج گردید. مقدار کمینه، متوسط و بیشینه هر یک از مشخصه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. در این تحقیق، برای تمامی ۹ حالات نیمرخ سرعت ناشی از تغییر مشخصه-های ترموکالاین (مطابق با مقادیر جدول ۱)، منبع صوتی در بالای لایه تغییرات سرعت صوت (عمق استقرار منبع برابر ۱ متر) و گیرنده صوتی در زیر لایه تغییرات سرعت صوت (عمق استقرار منبع برابر ۷۵ متر) در نظر گرفته شده است. انتخاب این عمق‌ها باعث آن می‌شود که برای حالات نیمرخ سرعت، موقعیت منبع و گیرنده مشابه برد.

جدول ۱: مقدار کمینه، متوسط و بیشینه هر یک از مشخصه‌های ترموکالاین

عمق آغاز ترموکالاین	ضخامت ترموکالاین	گرادیان دمائی ترموکالاین	مشخصه‌های ترموکالاین کمیت‌های آماری
2	5	/36	کمینه
18	26	/46	متوسط
44	55	1/03	بیشینه

در این تحقیق، شبیه‌سازی‌های آکوستیکی (محاسبه اتلاف انتشار) با استفاده مدل Bellhop انجام شده است. این مدل مبتنی بر تئوری پرتو در حل معادله موج است. شبیه‌سازی‌ها در فرکانس‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰۰ هرتز انجام شده است. در ترسیم نمودارها از دو روش همدوس^{۴۰} و ناهمدوس^{۴۱} استفاده شده است. جهت بررسی اثر تغییر هر یک از مشخصه‌های لایه ترموکالاین، نیمرخ‌های سرعت صوت متناظر آن تغییرات به عنوان ورودی در مدل Bellhop بکار می‌رود. البته در این خلاصه مقاله، تنها نتایج فرکانس ۱۰۰۰۰ هرتز به روش ناهمدوس ارائه شده است.

اتلاف انتشار در حالت گسترش^{۴۲} استوانه‌ای^{۴۳} و کروی^{۴۴} با احتساب اثر جذب به ترتیب در رابطه ۱ و ۲ ارائه شده است.

³⁹ Coherent

⁴⁰ Incoherent

⁴¹ spreading

⁴² cylindrical

⁴³ spherical

⁴⁴ Absorption coefficient

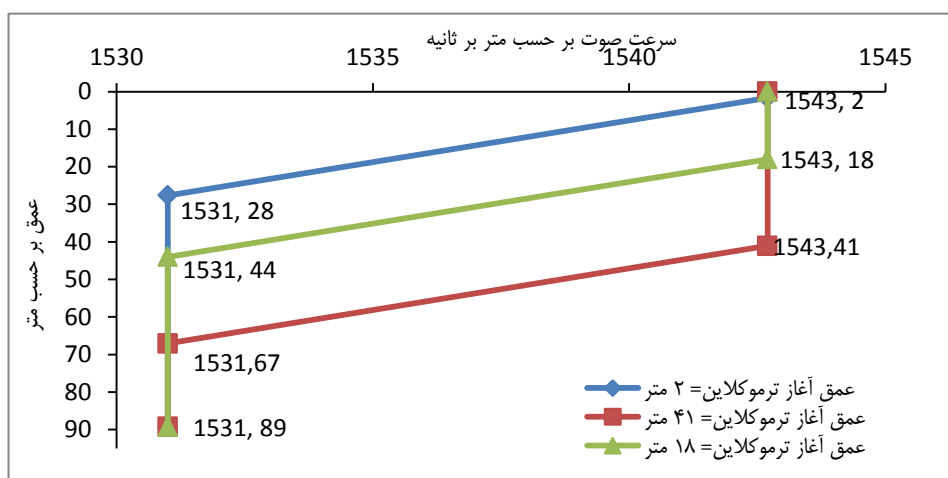
$$TL = 10 \log_{10}(R) + (\alpha \times R \times 10^2) \quad (1)$$

$$TL = 20 \log_{10}(R) + (\alpha \times R \times 10^2) \quad (2)$$

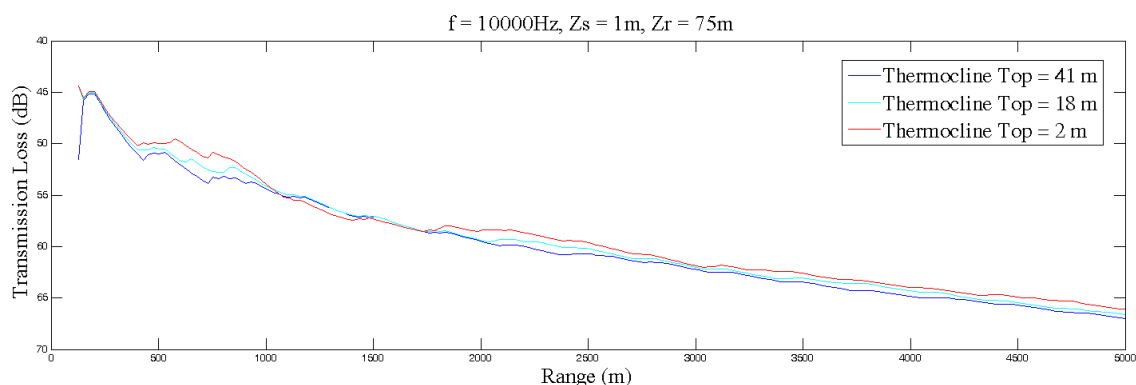
که α ضریب جذب ۴۵ بر حسب دسی بل بر کیلومتر و R بر حسب متر است. آنجا که مقدار اتلاف انتشار بر حسب دسی بل می‌باشد، مقدار ۱۰۳ جهت حذف اثر کیلومتر در مقدار جذب است [۳].

۳. نتایج

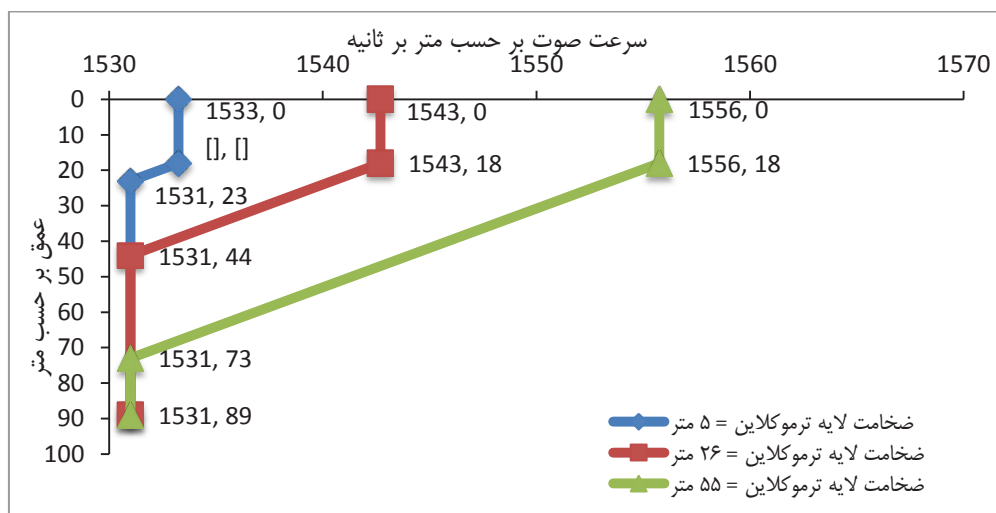
در شکل‌های ۱، ۳ و ۵ نیمرخ‌های سرعت صوت متناظر با تغییر هر یک از مشخصه‌های لایه ترموکلاين در خلیج فارس (مطابق با مقادیر جدول ۱) ارائه شده است. شکل‌های ۲، ۴ و ۶ نتایج شبیه‌سازی تأثیر تغییر مشخصه‌های لایه ترموکلاين بر اتلاف انتشار امواج صوتی را در فرکانس‌های ۱۰۰۰ هرتز به روش ناهمدوس نشان می‌دهند.



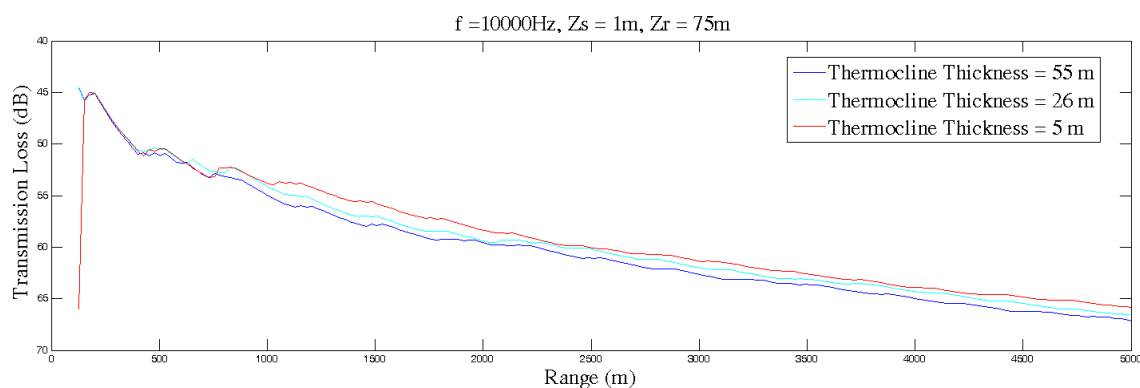
شکل ۱: نیمرخ‌های سرعت صوت متناظر با مقادیر مختلف عمق آغاز لایه ترموکلاين



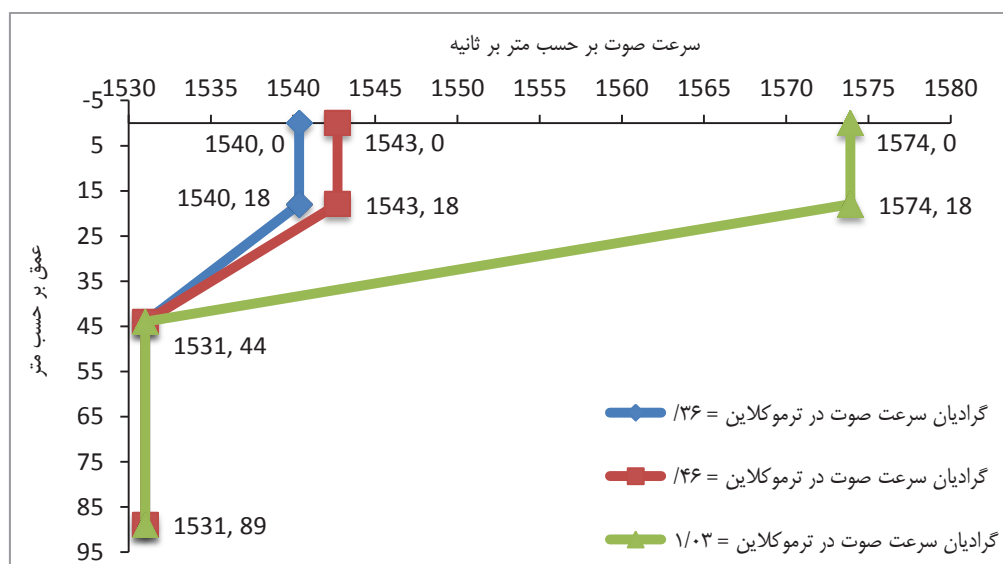
شکل ۲: نمودار یک بُعدی اتلاف انتشار برای سه حالت تغییرات عمق آغاز لایه ترموکلاين به روش ناهمدوس. عمق استقرار منبع صوتی و گیرنده صوتی به ترتیب برابر با ۱ متر و ۷۵ متر است. شبیه‌سازی‌ها در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز انجام شده‌اند.



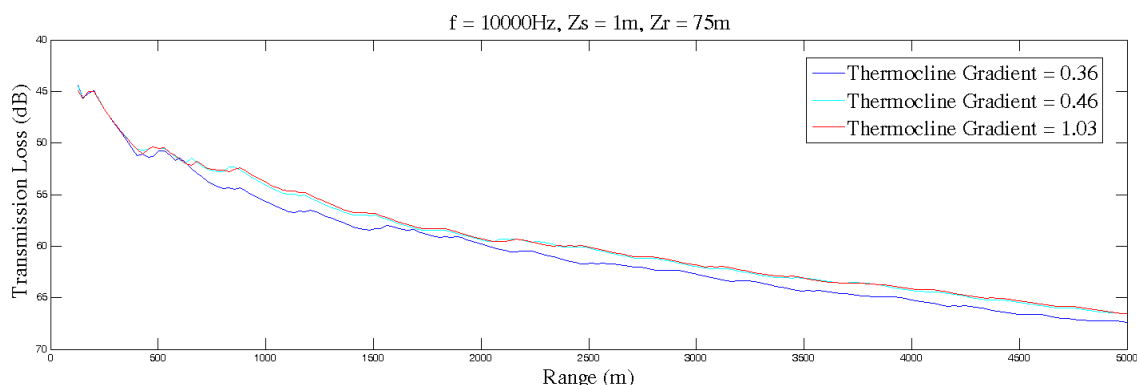
شکل ۳: نیمرخ‌های سرعت صوت متناظر با مقادیر مختلف ضخامت لایه ترموکلاين



شکل ۴: نمودار یک بُعدی اتلاف انتشار برای سه حالت تغییرات ضخامت لایه ترموکلاين به روش ناهمدوس. عمق استقرار منبع صوتی و گیرنده صوتی به ترتیب برابر با ۱ متر و ۷۵ متر است. شبیه‌سازی‌ها در فرکانس ۱۰۰۰۰ هرتز انجام شده‌اند.



شکل ۵: نیمرخ‌های سرعت صوت متناظر با مقادیر مختلف گرادیان لایه ترموکلاين



شکل ۶: نمودار یک بُعدی اتلاف انتشار برای سه حالت تغییرات گرادیان لایه ترموکلاين به روش ناهمدوس. عمق استقرار منبع صوتی و گیرنده صوتی به ترتیب برابر با ۱ متر و ۷۵ متر است. شبیه سازی ها در فرکانس ۱۰۰۰۰ هرتز انجام شده اند.

۴. نتیجه گیری

با بررسی تأثیر لایه ترموکلاين بر اتلاف انتشار در محیط خلیج فارس نتایج زیر حاصل شد:

- افزایش اتلاف انتشار ناشی از تغییر مشخصه های لایه ترموکلاين در خلیج فارس، با توجه به شرایط مدلسازی آکوستیکی عموماً تا ۳ دسی بل است.
- با افزایش عمق آغاز لایه ترموکلاين و ضخامت آن، مقدار اتلاف انتشار نیز افزایش می یابد. دلیل این امر، افزایش طول مسیر پرتوهای صوتی است و بنابراین اتلاف ناشی از گسترش جبهه موج صوتی افزایش می یابد.
- با افزایش گرادیان در لایه ترموکلاين، افت انتشار بیشتر خواهد بود. با افزایش گرادیان، ضریب جذب نیز افزایش می یابد و در نتیجه اتلاف انتشار ناشی از جذب مقدار بیشتری خواهد داشت.
- در صورت قرارگیری منبع صوتی و گیرنده صوت در کانال صوتی، اتلاف انتشار بطور قابل ملاحظه کاهش می یابد (تا ۸ دسی بل).
- نتایج این تحقیق ما را در اندازه گیری مقادیر دقیق اتلاف انتشار که در روابط سونارها و تجهیزات آکوستیکی کاربرد دارد، یاری می رساند.

منابع

- [1]- Radhakrishnan, K. (1995), Thermocline variability in the Arabian sea and its effect on the Acoustic propagation, PHD. Thesis, Cochin University of science and technology.
- [2]- Zhang, Da., Xu, G. (2012), Simulation research on the effect of thermocline on underwater sound Propagation. J. ICSC, Part II, CCIS 327, 52-60.
- [3]- Urick, Robert. (1983), Principles of Underwater Sound, 3rd Edition. Kingsport Press, 111.



مطالعه تأثیر چگالی بر انرژی آزاد گیس آب‌های دریای خزر

قدس قزوینی^{*}، میلاد، علمی، فاطمه

گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

milad.ghods@umz.ac.ir

چکیده

در سال ۲۰۱۰ میلادی، کمیسیون بین‌المللی اقیانوس‌شناسی (IOC)، با انتشار The International Thermodynamic Equation of Seawater-2010 که به اختصار TEOS-10 نامیده می‌شود، ضمن ارائه تعریف جدیدی از شوری، معادلات جدیدی برای تخمین خواص ترمودینامیکی آب شور ارائه نموده است که در مقایسه با سند پیشین این کمیسیون (EOS-80) که به عنوان مبنای محاسبات ترمودینامیکی مربوط به آب‌های ایران نیز توسط سازمانها و پژوهشگران کشورمان مورد استفاده قرار می‌گیرد، از مزایای متعدد و نیز رویکردی بمراتب دقیقتر و فراگیرتر برخوردار است که در این مقاله ضمن تشریح مزایای اساسی این سند جدید، نتایج بکارگیری آن در دریای خزر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلید واژه: دریای خزر، چگالی، شوری مطلق، ترمودینامیک، TEOS-10.

۱. مقدمه

در اوایل قرن بیستم شوری به صورت «مقدار کل ماده جامد برحسب گرم در یک کیلوگرم از آب دریا که تمام کربنات‌های آن اکسید شده، یون‌های برم و ید آن توسط کلر جایگزین شده و تمام مواد ارگانیک، اکسید شده باشند»، تعریف شد [۱]. این تعریف شیمیایی، به تبعیت از پیشرفت‌های علمی و مهندسی حاصل شده طی صد سال اخیر مورد اصلاح قرار گرفته که از مهمترین آنها که توسط کارگروه‌های تخصصی یونسکو تدوین شده‌اند، عبارتند از PSS-78 [۲]، EOS-80 [۳] و TEOS-10 [۴].

این استاندارد در مقایسه با EOS-80 که به عنوان مبنای محاسبات ترمودینامیکی مربوط به آب‌های ایران نیز توسط سازمانها و پژوهشگران کشورمان مورد استفاده قرار می‌گیرد، از مزایای متعددی برخوردار است که مهمترین آنها عبارتند از:

- بازنمایی کلیه خواص ترمودینامیکی آب شور به صورت تطابق‌پذیر با قوانین ترمودینامیک و امکان مشتق‌گیری متقابل ترمودینامیکی ماکسول^{۴۶}.
- ملحوظ نمودن ساختار شیمیایی آب شور و بکارگیری اصلاحات لازم برای تغییرات غیر معمول در این ساختار به منظور بهبود مدل‌سازی رفتار ترمودینامیکی آب شور.
- فراهم سازی بستر جدیدی برای انجام پژوهش‌های مرتبط با پارامترهای بنیادین آب شور.

⁴⁶ International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS)

لازم به توضیح است که به واسطه تفاوت قابل توجه نسبت ترکیبات موجود در آب دریای خزر با آب شور استاندارد [۵] و عدم دسترسی مؤلفان TEOS-10 به اطلاعات کافی از این پهنه، آب دریای خزر از استاندارد مذکور مستثنی شده است [۴] که در این مقاله با ارائه معادله‌ای برای تبدیل فرضی آب دریای خزر به آب شور استاندارد، تخمینی از خواص اصلی ترمودینامیکی آب دریای خزر ارائه شده و خطای محاسباتی نیز اجمالاً مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

در سالهای اخیر بروز مسائل ذیل در مورد جنبه‌های ترمودینامیکی آب شور، یخ و هوای مرطوب باعث آن شده‌اند که خواص ترمودینامیکی این مواد مورد بازبینی قرار گیرند:

- تعدادی از عبارات چند جمله‌ای معادله بین‌المللی حالت آب شور (EOS-80) با یکدیگر تطابق ندارند چرا که از روابط مشتق‌گیری متقابل ترمودینامیکی ماکسول تبعیت نمی‌کنند [۳] و [۴].
 - از سال ۱۹۷۰ تا کنون، تعریف ترمودینامیکی دقیق‌تر و کاربردی تری توسط اتحادیه بین‌المللی خواص آب و بخار^{۴۷} تدوین و منتشر شده است [۷]. به همین ترتیب بعد از دهه ۷۰ میلادی اندازه‌گیری دقیق‌تر برخی کمیت‌های نظیر ظرفیت گرمایی، سرعت صوت و دمای چگالی بیشینه میسر شده است که قابلیت آن را دارند که در توصیف جدید ترمودینامیکی آب شور گنجانیده شوند [۴].
 - نیاز به توصیف صحیح ترمودینامیکی تعاملات آب شور، یخ و هوای مرطوب بویژه گرمای تبخیر و گرمای انجماد در سطح آب و نیز در اتمسفر [۴].
 - تغییر مقیاس دما از ITS-68 به ITS-90 [۸] و نیز تغییرات مصوب IUPAC^{۴۸} در مورد وزن اتمی عناصر [۹].
- در TEOS-10 با استفاده از تعریف جدیدی از شوری تحت عنوان «شوری مطلق» و با استفاده از رابطه ترمودینامیکی انرژی آزاد گیس با دما و چگالی، ارائه تخمین ۱۷ خاصیت اصلی ترمودینامیکی (شامل چگالی، سرعت صوت، پتانسیل شیمیایی، آنتالپی، آنتروپی و غیره) و همچنین^{۴۲} خاصیت ترمودینامیکی استخراج شده از خواص اصلی (شامل دمای پتانسیل، زاویه ترنر، فشار اسمزی، گرمای تانویه ذوب و تبخیر و غیره) را میسر می‌شود.

۳. نتایج

۳-۱. شوری مطلق

شوری مطلق به صورت جزء جرمی مواد محلول در آب دریا تعریف می‌شود. برای آب دریا با ترکیب مرجع (Reference composition)، شوری مرجع برابر با بهترین تخمین ما از شوری مطلق است. برای مواجهه با تغییر در ترکیب دریا، نیاز به ضمیمه‌ای برای شوری مرجع S_R است که مقیاسی کاربردی برای شوری در اختیار ما قرار دهد به نحوی که در بازه فراگیری از شرایط اقیانوس‌شناسی مفید باشد و در صورتی که ترکیبات آب شور مطابق با ترکیب مرجع است، مقدار آن دقیقاً برابر با شوری مرجع باشد. این نوع از شوری مطلق در ادبیات TEOS-10 با S_A نمایش داده شده و شوری مطلق نامیده می‌شود. از آنجا که اندازه‌گیری چگالی با دقت بالا بطور معمول انجام نمی‌شود و معمولاً مقادیر شوری کاربردی اندازه‌گیری می‌شوند، شوری مطلق را می‌توان با استفاده از مقادیر شوری کاربردی و بکارگیری الگوریتم رایانه‌ای مک‌دوگال^{۴۹} که تخمینی از انحراف شوری مطلق با شوری مرجع را به صورت معادله (۱) برای موقعیت‌های جغرافیایی متعدد ارائه می‌کند [۱۰]، محاسبه نمود:

$$\delta S = S_A - S_R \quad (1)$$

⁴⁷ International Union of Pure and Applied Chemistry

⁴⁸ McDougall

⁴⁹ Practical Salinity Unit

۳-۲. انرژی آزاد گیبس و تطابق ترمودینامیکی

تفاوت اساسی رویکرد TEOS-10 به خواص ترمودینامیکی آب شور در مقایسه با استانداردهای پیشین، این است که در این استاندارد با ارجاع به تعریف ریاضی انرژی آزاد گیبس که در معادلات شماره ۲ تا ۵ ارائه شده‌اند، با استفاده از چگالی اندازه‌گیری شده، شوری مطلق نمونه تعیین می‌گردد که می‌توان برای تخمین‌های بعدی با استفاده از رابطه ۱، آن را به شوری مرجع و نیز شوری کاربردی (که به ترتیب مطابق با EOS-80 و PSS-78 از هدایت الکتریکی نمونه بدست می‌آیند)، مرتبط ساخت:

$$dG = VdP - SdT \quad (2)$$

که در آن G انرژی آزاد گیبس، V حجم، P فشار، S آنتروپی و T دمای نمونه است. با توجه به ثابت بودن دما، با حذف جمله دوم و با اختیار نمودن جرم نمونه به اندازه واحد جرم، معادله به شکل زیر مرتب می‌شود:

$$dG/dP = 1/\rho = 1/\rho(S_A, T, P) \quad (3)$$

که ρ در این معادله چگالی نمونه است. با ملحوظ نمودن دمای ثابت و نیز ثابت مقدار ماده حل شده در معادله و مرتب کردن آن خواهیم داشت:

$$\rho = \rho(S_A, T, P) = 1/(\delta G/\delta P)_{S_A, T} \quad (4)$$

که به صورت خلاصه‌تر و به شکل معادله (۵) نوشته می‌شود:

$$\rho = (G_P)^{-1} \quad (5)$$

۳-۳. بکارگیری TEOS-10 برای محاسبه انرژی آزاد گیبس و دیگر خواص ترمودینامیکی در آب‌های دریای خزر

با توجه به تفاوت قابل توجه نسبت ترکیبات شیمیایی دریای خزر با آب شور استاندارد [۵] و نیز عدم دسترسی تدوین کنندگان TEOS-10 به اطلاعات کافی در مورد اندازه‌گیری‌های ترمودینامیکی این آب‌ها، مقادیر δS برای آن تعریف نشده و اساساً تطابق تابع انرژی آزاد گیبس آب شور استاندارد با آب دریای خزر در این استاندارد مورد بررسی قرار نگرفته است. در این پژوهش، با استفاده از مقادیر چگالی اندازه‌گیری شده آب‌های سطحی دریای خزر توسط میلرو و همکاران [۶] و بر اساس معادله (۵)، انرژی آزاد گیبس آب شور استاندارد که چگالی آن برابر با مقادیر چگالی نمونه‌های دریای خزر باشد، معادل با انرژی آزاد گیبس آب دریای خزر فرض شده و با استفاده از توابع ارائه شده در TEOS-10 مقادیر S_A تعیین شد. باید توجه داشت که مقادیر S_A تعیین شده با این روش مقادیر ماده حل شده در آب شور استاندارد است. با درونیابی مقادیر S_A محاسبه شده، برحسب دما و شوری کاربردی (S_P)، معادله (۶) که پارامترهای مذکور را به یکدیگر مربوط می‌سازد، بدست آمد:

$$S_A = 3.053 + (0.6014 \times S_P) - (0.2048 \times t) + (0.03151 \times S_F) + (0.04182 \times S_P \times t) + (0.0008556 \times t^2) - (0.001972 \times S_P^2) - (0.0001277 \times S_P \times t^2) + (0.000005944 \times t^3) \quad (6)$$

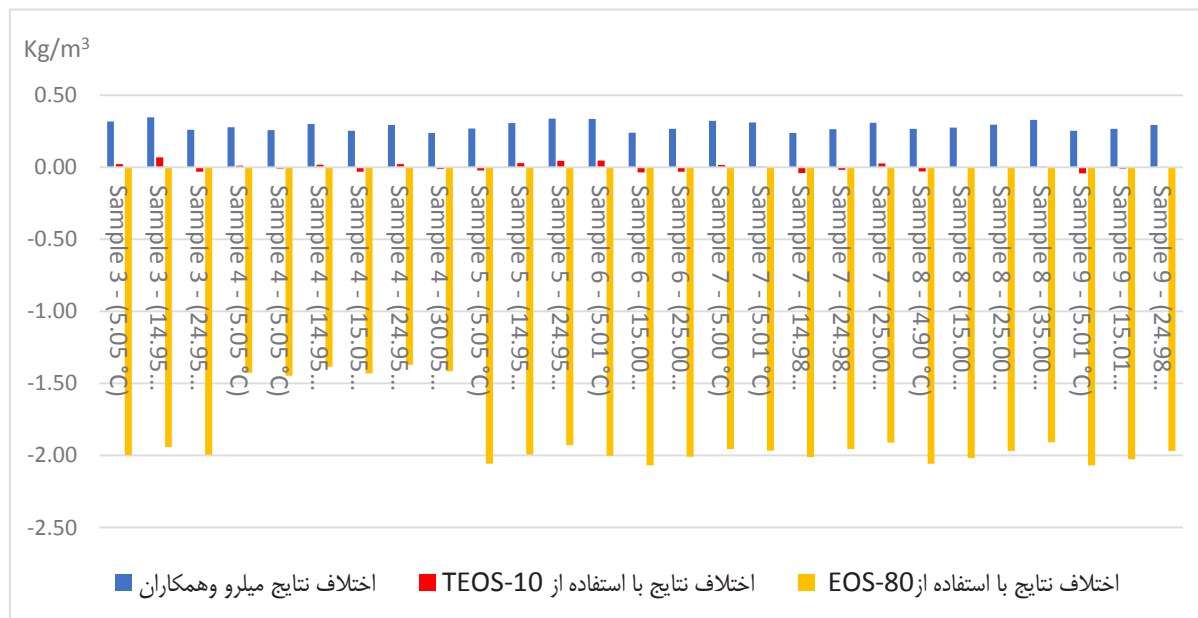
که در آن S_P شوری کاربردی (با واحد قراردادی psu°)، t دما برحسب درجه سلسیوس و S_A شوری کاربردی با واحد گرم بر کیلوگرم است.

با استفاده از معادله (۶) و بکارگیری توابع ارائه شده توسط TEOS-10، چگالی نمونه‌ها محاسبه شده و انحراف نتایج بدست آمده از چگالی اندازه‌گیری شده مطابق شکل (۱) با انحراف مقادیر محاسبه شده از طریق معادله ارائه شده توسط میلرو و همکاران و همچنین انحراف نتایج EOS-80 از مقادیر اندازه‌گیری شده با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

لازم به توضیح است که مقادیر اعلام شده برای نمونه‌های ساحل ظفر ترکمنستان و کوریک قزاقستان بدلیل عدم تطابق آماری با دیگر نمونه‌ها و نیز مقادیر مربوط به دماهای بالاتر از ۳۹/۵ درجه سلسیوس به واسطه تغییرات جرم محلول بواسطه تبخیر ترکیبات آلی و مسائل مربوط به دستگاهوری ابزار بکار رفته در مقاله مربوطه برای سنجش چگالی، در معادله (۶) لحاظ نشده‌اند. ذکر این نکته نیز ضروری است که

⁵⁰ Indian Ocean Dipole (IOD)

بازه اختلاف چگالی اندازه‌گیری شده با چگالی محاسبه شده با جایگذاری S_A بدست آمده از معادله (۶) در تابع مربوطه در TEOS-10 بین -0.07 kg.m^{-3} و 0.04 kg.m^{-3} و میانگین خطای صفر است که از فاصله قابل قبولی با دقت دستگاه بکار رفته برای اندازه‌گیری $(\pm 0.05 \text{ kg.m}^{-3})$ و $(\pm 0.0005 \text{ kg/L})$ برخوردار است.



شکل ۱: اختلاف چگالی اندازه‌گیری شده با چگالی محاسبه شده برای نمونه‌های دریای خزر با استفاده از معادلات ارائه شده توسط میلرو و همکاران، EOS-80 و TEOS-10

۴. نتیجه‌گیری

استفاده از معادله (۶) و TEOS-10 برای محاسبه چگالی آب دریای خزر با استفاده از دما، فشار و هدایت الکتریکی نمونه‌ها در مقایسه با سایر روش‌ها، از دقت بسیار بیشتری برخوردار است. از مزایای این روش فراهم آمدن مبنایی برای محاسبه دیگر خواص ترمودینامیکی نظیر سرعت صوت، گرمای تبخیر، آنتالپی، آنتروپی، ضریب اسموتیک و دهها ویژگی ترمودینامیکی دیگر با استفاده از TEOS-10 است که نه تنها در زمینه مدل‌سازی و محاسبات زیست‌محیطی، بلکه در هواشناسی، صنایع نظامی و غیرنظامی مرتبط با دریا و سازه‌ها و شناورهای دریایی کاربرد دارند. البته باید به این نکته اساسی توجه شود که بدست آوردن تقریب منطقی از خطای روش پیشنهادی در این مقاله که محاسبه گستره وسیعی از خواص ترمودینامیکی آب دریای خزر را میسر می‌سازد، مستلزم پژوهشهای گسترده‌تر برای انجام آزمایشات مربوطه در سطحی بسیار وسیعتر است که با توجه به اهمیت روزافزون منابع آب در جهان و منطقه، ضرورتی دوچندان می‌یابد.

علاوه براین با توجه به مزایای TEOS-10 در مقایسه با EOS-80 که در حال حاضر به‌عنوان مبنای محاسبات ترمودینامیکی آب‌های کشور بکار گرفته می‌شود، انجام بررسی‌های مربوطه به منظور استفاده از TEOS-10 در دیگر آب‌ها (شامل آب جمع‌آوری شده در پشت سدها، دیگر دریاچه‌های داخلی و آب‌های خلیج فارس) ابزار قدرتمندی را برای انجام محاسبات و بررسی رفتار ترمودینامیکی آنها، فراهم خواهد ساخت.

منابع

- [1]- Forsch, C., Knudsen M. (1902), Reports on the determination of the constants for compilation of hydrographic tables. *Kgl. Dan. Vidensk. Selsk. Skifter*, 6 *Række Naturvidensk. Mat.*, Vol. 12, No. 1, 1-151.
- [2]- Unesco (1981), Background Papers and Supporting Data on the Practical Salinity Scale 1978-*Unesco*.
- [3]- UNESCO and S. ICES, IAPSO (1980-1981), Background papers and supporting data on the international equation of state of seawater, *Unesco technical papers in marine science*.

- [4]- IOC, et al. (2010), The International thermodynamic equation of seawater–2010: calculation and use of thermodynamic properties.[includes corrections up to 31st October 2015].
- [5]- Tuzhilkin, V., Katunin, D., Nalbandov, Y. (2005), Natural chemistry of Caspian Sea waters. *The Caspian Sea Environment*, 83-108.
- [6]- Millero, F.J., et al. (2008), The equation of state for Caspian Sea waters. *Aquatic Geochemistry*, Vol. 14, No. 4, 289-299.
- [7]- Wagner, W. and Pruß, A. (2002), The IAPWS formulation 1995 for the thermodynamic properties of ordinary water substance for general and scientific use. *Journal of physical and chemical reference data*, Vol 31, No. 2, 387-535.
- [8]- Preston-Thomas, H. (1990), The international temperature scale of 1990 (ITS-90). *metrologia*, Vol. 27, No. 1, 3.
- [9]- Wieser, M.E. (2006), Atomic weights of the elements 2005 (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, Vol. 78, No. 11, 2051-2066.
- [10]- McDougall, T.J., D.R. Jackett, and F.J. Millero (2009), An algorithm for estimating Absolute Salinity in the global ocean. *Ocean Science Discussions*, Vol. 6, No. 1, 215.



بررسی سرعت جریان آب در خلیج گرگان تحت تأثیر الگوی باد متغیر با استفاده از مایک ۲۱

دستداران مجید*، محسنی آراسته افشین، مروتی حسین، ترابی آزاد مسعود، لاری کامران

گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

majid.dastdaran@yahoo.com

چکیده

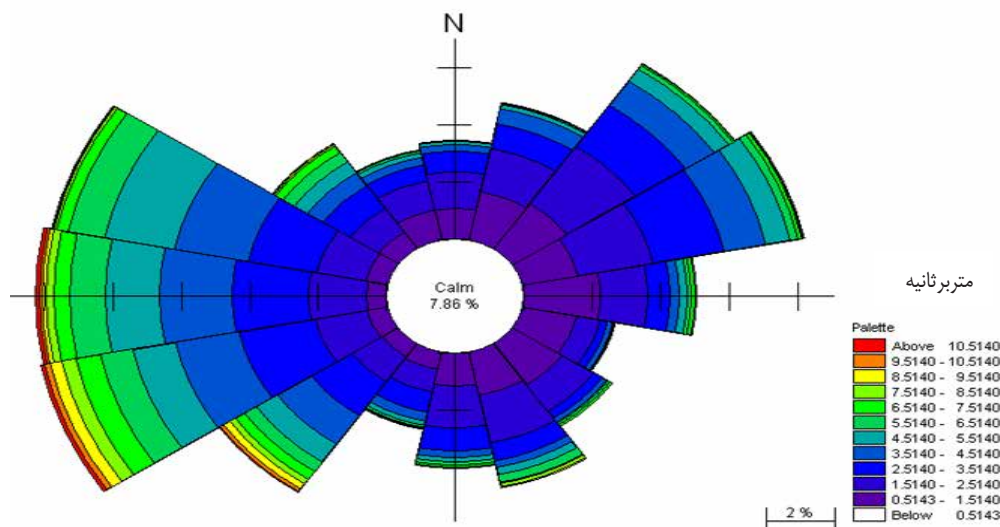
خلیج گرگان، به دلیل داشتن اهمیت زیستی زیاد به عنوان یکی از ذخیره گاه های زیستی کره زمین در جهان به ثبت رسیده است. به دلیل افزایش ورود فاضلاب های شهری و صنعتی خلیج در معرض خطر زیست محیطی می باشد که ادامه این روند بقای این زیست بوم را تهدید می کند. از طرف دیگر جریانات در پراکنش آلودگی های زیست محیطی نقش مهمی دارند. لذا بدست آوردن الگوی جریانات در کوتاه مدت و بلند مدت جهت انجام هر نوع تحقیق امری ضروری است. این پژوهش با هدف بررسی میدانی و عددی، به سازوکار الگوی جریان در داخل خلیج گرگان پرداخته است. در این تحقیق مدل دو بعدی هیدرودینامیک خلیج گرگان با استفاده از نرم افزار مدل ساز هیدرودینامیک مایک ۲۱ به منظور محاسبه مقدار سرعت جریان آب ارائه گردیده است. اطلاعات تبادل گرمایی محیط، تغییرات زمانی تراز آب در تنها مرز باز مدل (دهانه ی آشوراده - بندر ترکمن)، تراز اولیه آب خلیج، فراسنج های هواشناسی شامل بارش، تبخیر، باد، گام زمانی و ضریب زبری کف در محدوده ی مناسب به مدل اعمال گردید. با استفاده از داده ها مدل هیدرودینامیک با دقت مطلوبی واسنجی و صحت سنجی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که جهت های جریان در یک سال در درون خلیج گرگان به صورت ساعتگرد می باشد. میانگین سرعت جریان آب ۰.۰۲۹ متر بر ثانیه است. هم چنین الگوی جریان حاصل از مدل با اندازه گیری های میدانی جریان از طریق ردیابی شناور انجام شده تطبیق خوبی را نشان می دهد

کلید واژه: سرعت جریان آب، الگوی باد متغیر، خلیج گرگان، مایک ۲۱.

۱. مقدمه

خلیج گرگان بزرگ‌ترین خلیج دریای خزر است که بر اثر پیشروی شبه جزیره میانکاله در جنوب شرقی دریای خزر تشکیل شده است. خلیج گرگان، به دلیل داشتن اهمیت زیستی زیاد به همراه شبه جزیره میانکاله به عنوان پناهگاه حیات وحش و یکی از ذخیره‌گاه‌های زیستی کره زمین در جهان به ثبت رسیده است. این خلیج با طول تقریبی ۶۰ کیلومتر، بیشینه‌ی عرض ۱۲ کیلومتر و بیشینه‌ی عمق ۵ متر با مساحتی حدود ۵۰۰ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی ۵۳°۲۵' تا ۵۴°۲' شرقی و ۳۶°۴۶' تا ۳۶°۵۴' شمالی قرار دارد (شکل ۱). [۱] عمده‌ی اتصال آبی خلیج گرگان با دریای خزر از طریق دهانه‌ی آشوراده- بندر ترکمن به طول تقریبی ۲/۵ کیلومتر و بیشینه‌ی عمق ۳ متر می‌باشد. با این حال، این ارتباط به گونه‌ای است که خلیج گرگان انرژی جریانات دریای خزر را به حد کافی دریافت نمی‌نماید. بنابراین خلیج بیشتر متأثر از فرآیندهای داخل حوضه و حوزه‌ی آبریز خود می‌باشد. [۲] اگر چه خلیج گرگان و شبه جزیره میانکاله به صورت یک محدوده‌ی زیستی محافظت شده در آمده، ولی افزایش ورود فاضلاب‌های صنعتی، دامداری و کشاورزی از یک سو و اهمیت زیست محیطی خلیج و لزوم بهره‌برداری بیشتر از منابع آبی برای جمعیت فزاینده کشور از سوی دیگر، از مسائلی است که توجه به بررسی سرعت و الگوی جریان در این منطقه مورد مطالعه را الزامی می‌نماید. [۳]

جهت شبیه‌سازی مدل و بررسی سرعت و الگوی جریان آب خلیج گرگان از آمار باد تصحیح شده‌ی ایستگاه هواشناسی ساحلی بندر ترکمن با فواصل زمانی ده دقیقه از تاریخ ۱۳۹۰/۰۱/۰۱ الی ۱۳۹۰/۱۲/۲۹ بصورت ثابت در مکان و متغیر در زمان، استفاده می‌نماییم. عمده جهت وزش باد در پریود زمانی مورد نظر در خلیج گرگان طبق (شکل ۳) از سمت غرب می‌باشد.



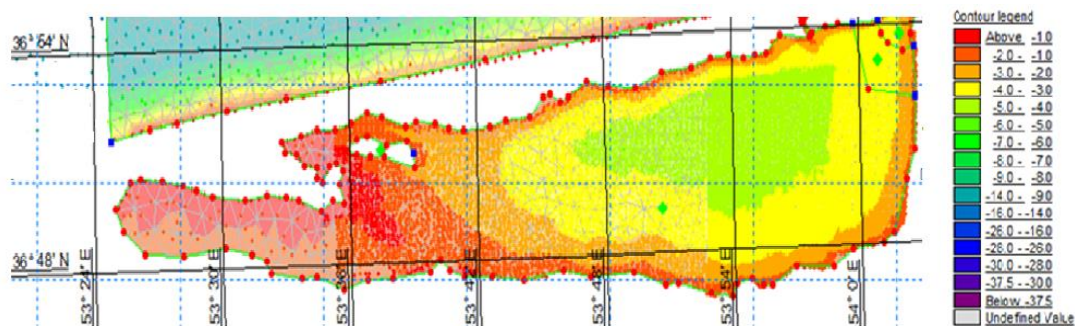
شکل ۳: گل باد ایستگاه هواشناسی بندر ترکمن در دوره زمانی مدل (۱۳۹۰)

علاوه بر این از میانگین ماهانه دبی ورودی ۱۳ رود به خلیج گرگان (قره‌سو، سرکلاته، باغو، سرمحله، گز- وطن، جفاکنده، نوکنده، لیوان شرقی و غربی، کلت، بهشهر، رکوند و تیرتاش) به عنوان چشمه، مقدار تراز آب در لحظه آغاز مدل‌سازی به عنوان شرط اولیه برابر (۲۶/۵۸-) متر استفاده شده است. در این مطالعه، خلیج دارای یک مرز باز (دهانه‌ی آشوراده - بندر ترکمن) است که مربوط به محل اتصال خلیج به دریا می‌باشد. تراز آب در ایستگاه آشوراده با استفاده از دستگاه دیجیتالی هر ده دقیقه یکبار ثبت می‌شود، که اطلاعات ثبت شده این ترازسنج برای سال ۱۳۹۰ به عنوان شرط مرزی باز در مدل‌سازی پویایی استفاده شده است. ترازهای ثبت شده در این بازه زمانی در (شکل ۴) آورده شده است.



شکل ۴: تغییرات تراز آب در ایستگاه آشوراده در دوره پریود زمانی طرح (۱۳۹۰)

گام زمانی ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شد که تعداد کل گام‌های زمانی برابر ۱۰۵۱۲۰۰ است. خلیج گرگان به دلیل داشتن عمق کم دارای اصطکاک بستر موثر می‌باشد. لذا جهت تاثیر این عامل مهم از عدد مانینگ، برابر ۳۲ استفاده شد.



شکل ۱: آب نگاری منطقه مورد مطالعه

۲. مواد و روش‌ها

نرم افزار مایک ۲۱، یک نظام مدل سازی عددی جهت شبیه سازی جریان‌ات دو بعدی در مصب‌ها، خلیج‌ها و مناطق ساحلی می‌باشد. مدل مذکور معادلات اندازه حرکت و پیوستگی جرم را به روش تفاضل محدود گسسته‌سازی نموده و پس از انتگرال‌گیری در عمق، مولفه‌های میانگین‌گیری شده‌ی سرعت را بدست می‌آورد. [۴] معادلات پیوستگی و اندازه حرکت به صورت دستورهای (۱)، (۲) و (۳) می‌باشد.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (۱) \text{ معادله پیوستگی}$$

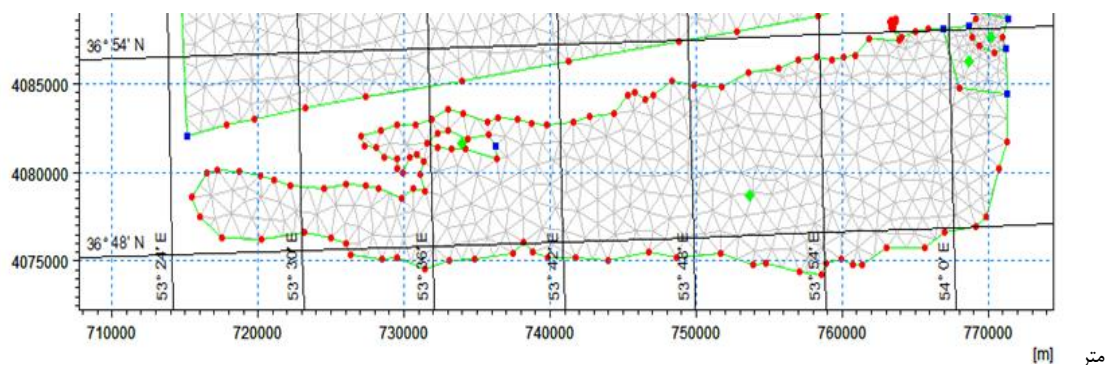
$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + gp \sqrt{\frac{p^2+q^2}{c^2 h^2}} - \left[E_x \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + E_y \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] - \Omega q = 0 \quad (۲) \text{ معادله اندازه حرکت در جهت } x$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + gp \sqrt{\frac{p^2+q^2}{c^2 h^2}} - \left[E_x \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + E_y \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} \right] - \Omega p = 0 \quad (۳) \text{ معادله اندازه حرکت در جهت } y$$

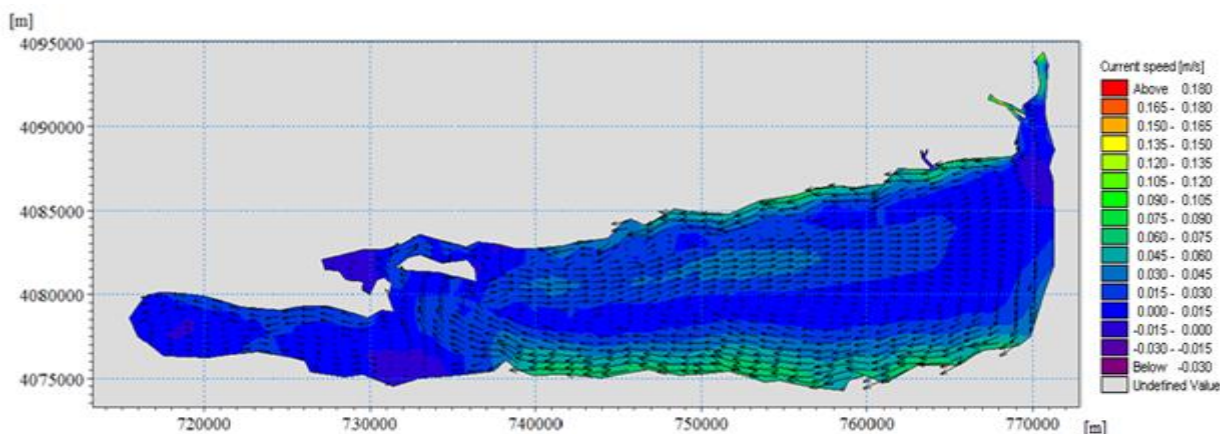
در معادلات بالا: ζ تراز سطح آب (متر)، d تغییرات زمانی عمق آب (متر)، p, q چگالی شار (مترمکعب بر ثانیه در هر متر)، h عمق آب (متر)، t زمان (ثانیه)، g شتاب جاذبه (متر بر مجذور ثانیه)، Ω فراسنج کوریولیس (بر ثانیه)، C ضریب مقاومت سزی (ریشه دوم متر بر ثانیه)، E ضریب ناروانی (متر مربع بر ثانیه) می‌باشند.

معرفی داده‌های ورودی به مدل

این تحقیق با استفاده از داده‌های میدانی برای واسنجی شبیه‌سازی، داده‌های باد ایستگاه بندرترکمن و شبیه‌سازی مدل ما^۱ متر تحت تاثیر الگوی باد متغیر انجام شده است. برای ساخت نقشه عمق‌سنجی خلیج گرگان، ابتدا نقاط مرزی با استفاده از نقشه سازمان نقشه برداری کشور تعیین گردید و توسط نقشه دریافتی از گوگل ارث صحت‌سنجی شد. سپس تمامی داده‌های عمق‌سنجی با سطح مبنای (۲۶/۵-) متر به محدوده مدل وارد شد. نقاط مربوط به عمق در فواصل ۵۳ متر از هم قراردارند و در نهایت شرایط مرزی مدل در مرز باز تعریف گردید. شبکه بندی بصورت بی‌ساختار انجام شده است (شکل ۲).



شکل ۲: شبکه بندی خلیج گرگان



شکل ۷: مقدار سرعت و بردار جهت جریان آب در خلیج گرگان

۴. نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهد که نرم افزار مایک ۲۱ توانایی بسیار خوبی در شبیه‌سازی هیدرودینامیک خلیج گرگان دارد. به طور کلی الگوی جریان در خلیج گرگان تابع وزش باد، ورود جریان از نقاط مختلف خلیج، تغییرات تراز آب در مرز باز و شکل هندسی بستر است. از دلایل مهم به وجود آمدن گردش ساعتگرد جریان، جهت وزش باد غالب غرب و تبادل آب از مرز باز مدل می‌باشد. به طور کلی اثر باد روی سرعت جریانات در سطح آب محسوس‌تر است و روی الگوی جریانات در عمق‌های پایین‌تر کمتر موثر می‌باشد، به خصوص در حالت‌هایی که اثر سایر عوامل هیدرودینامیکی قوی باشند. البته این مسئله تا حد زیادی به محدوده سرعت‌ها و نیز تغییرات جهت باد و مهم‌تر از همه به تداوم باد بستگی دارد و همین عامل می‌تواند نقش اصلی را در ایجاد یک الگوی پایدارتر و موثر جریان ناشی از باد ایفا کند.

منابع

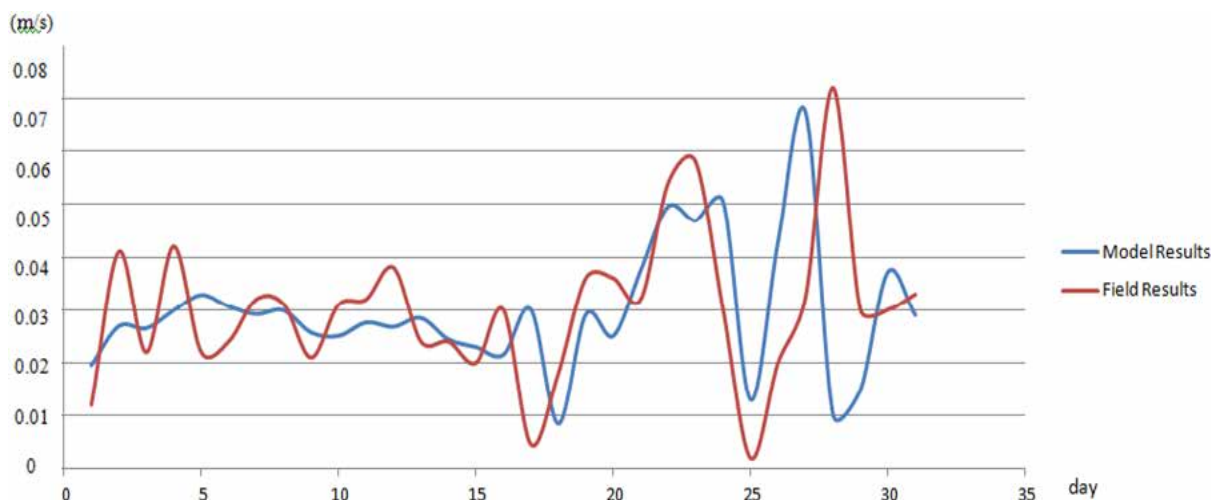
- [۱]- غیائی، ر، محمودی مقدم، ا، (۱۳۸۹) مدلسازی عددی آلودگی در خلیج گرگان، نهمین همایش بین‌المللی سواحل بنادر و سازه‌های دریایی.
- [۲]- شربتی، س، (۱۳۹۰) شبیه‌سازی دو بعدی الگوی جریان در خلیج گرگان با استفاده از نرم افزار مایک ۲۱، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم، شماره چهارم، ص ۲۴۱-۲۴۶.
- [۳]- رنجبر، ح، (۱۳۹۲) بررسی ظرفیت جذب خلیج گرگان در رابطه با ورود مواد مغذی گیاهان با استفاده از مدلسازی عددی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده تحصیلات تکمیلی محیط زیست، دانشگاه تهران.

[4]- DHI. (2012), User Manual Mike21 Flow Model FM, Hydrodynamic Module.

[5]- Rodolfo, B., Sørensen, J.V.T., Benetazzob, A., Carniel, S. and Scavob, M. (2014), "Modelling Ocean Currents in the Northern Adriatic Sea," Continental Shelf Research, 87, pp 54-72

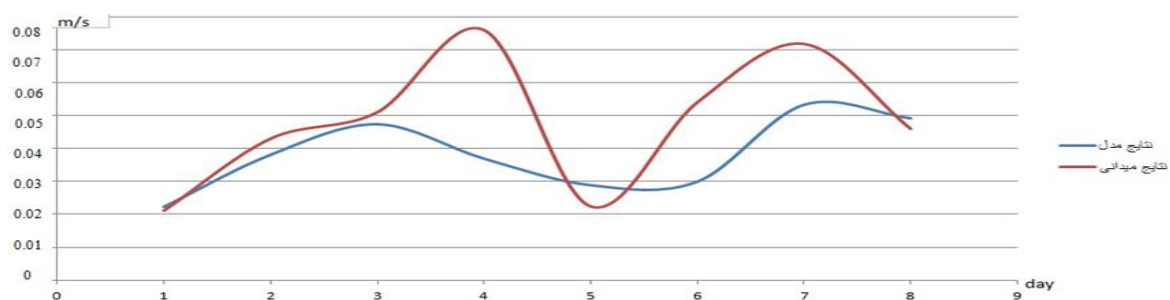
۳. نتایج

پس از ایجاد فایل اطلاعات ورودی و وارد کردن آن‌ها به نرم افزار مایک ۲۱ و اجرای شبیه‌سازی، سرعت جریان آب استخراج گردید. طی عملیات واسنجی، شبیه‌سازی به ازای مقادیر مختلف ضریب مانینگ در محدوده‌ی (۰/۰۳-۰/۰۳۵) تکرار شد سپس، نتایج مدل با مقادیر ضریب مانینگ مختلف تعیین گردید. برای عملیات واسنجی از اطلاعات میدانی سرعت جریان در خلیج گرگان استفاده شد. نتیجه حاصل از واسنجی مدل در (شکل ۵) ارائه شده است. مقادیر سرعت جریان حاصل از مدل با نتایج میدانی فروردین ماه سال ۹۰ جهت واسنجی، مقایسه شده است.



شکل ۵: مقایسه سرعت جریان آب حاصل از حل عددی نرم افزار مایک ۲۱ و نتایج میدانی در فروردین ماه ۱۳۹۰

بعد از واسنجی، نیاز به صحت‌سنجی از مدل می‌باشد. صحت‌سنجی با ضریب مانینگ ۰/۰۳۱ انجام شد که در (شکل ۶) نتایج میدانی در هشت روز اول اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۰ با مقادیر سرعت جریان آب حاصل از نرم افزار مایک ۲۱ مقایسه گردید. نتایج صحت‌سنجی، بیانگر مناسب بودن مدل واسنجی شده می‌باشد.



شکل ۶: مقایسه سرعت جریان آب حاصل از حل عددی مایک ۲۱ و نتایج میدانی در هشت روز اول اردیبهشت ماه ۱۳۹۰

در خلیج گرگان جریان‌ها از یک الگوی چرخشی پیروی می‌کنند نتایج حاصل از مدل که منطبق بر مشاهدات میدانی است نشان می‌دهد که جهت جریان در کرانه شمالی و جنوبی از شرق به غرب بوده و عمدتاً الگوی چرخش آب در خلیج گرگان به صورت ساعتگرد است (شکل ۷). میانگین سرعت جریان آب در خلیج گرگان ۰/۰۲۹ متر بر ثانیه است. در کرانه‌ی شمالی و جنوبی، جریان از شرق به غرب و در آن محدوده سرعت ۰/۰۹-۰/۰۷ متر بر ثانیه است. هم‌چنین الگوی جریان حاصل از مدل با اندازه‌گیری‌های میدانی جریان از طریق ردیابی شناور انجام شده و تطبیق خوبی را نشان می‌دهد.



مطالعه اثر جریان خروجی یک پلوم در محیط چینه‌بندی شده بر روی پراکندگی صوت در آزمایشگاه

احمدنژاد، محمد^{۱*}، اکبری نسب، محمد^۲، کاظمی راد، محمد^۳، محمدی، علی^۴

۱. دانشجوی دکتری فیزیک دریا و عضو هیئت‌علمی دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر

۲. استادیار، عضو هیئت‌علمی و مدیر گروه فیزیک دریا دانشگاه مازندران

۳. دانشجوی دکتری مخابرات دریایی و عضو هیئت‌علمی دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر

۴. عضو هیئت‌علمی دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر

ahmadnejad.amin@gmail.com

چکیده

در این مقاله، نحوه پراکندگی صوت در فرکانس ۲۰۰ کیلوهرتز در داخل محیط از پیش چینه‌بندی شده در هنگام نفوذ پلوم متلاطم (جریان نفوذی) در آزمایشگاه مطالعه می‌شود. این نوع پدیده فیزیکی معمولاً در محل ورود رودخانه‌ها به دریا و یا حوزه‌های کوچک همچون خروجی خلیج فارس به دریای عمان مشاهده می‌شود و باعث ایجاد موج داخلی در محیط می‌شود. در این مطالعه به کمک پردازش سیگنال‌های آکوستیکی خروجی زمانی، تغییرات پیک تا پیک سیگنال‌ها، تغییرات شکل سیگنال، زمان دریافت و قدرت توان سیگنال را در لحظات مختلف ورود پلوم به این محیط چینه‌بندی شده، با یکدیگر بررسی و مقایسه شده است. همچنین به روش فناوری پردازش سیگنال پالس فشرده، در زمان‌های نفوذ جریان، ضخامت‌های که این سیگنال تحت تأثیر قرار می‌دهد بررسی می‌شود. پس‌ازاینکه سیگنال‌های خروجی توسط گیرنده‌ها در مکان‌ها و زمان‌های مختلف ثبت شد، ابتدا نوفه‌های موجود در داده‌ها را با استفاده از فیلتر باتروث مرتبه حذف کردیم سپس فقط داده‌های که قبل از پوش اولی (۱٫۶ میلی‌ثانیه) از داده‌های ضبط‌شده‌اند، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادیم و دریافتیم همانطوریکه که دماغه جریان نفوذی به محیط وارد می‌شود (در سیگنال‌های قبل از ۱٫۶ میلی‌ثانیه) باعث پراکندگی سیگنال صوتی در محیط خواهد شد.

کلید واژه: جریان نفوذی، پراکندگی، پالس فشرده، معکوس آکوستیکی، چینه‌بندی آب، امواج آکوستیکی

۱. مقدمه

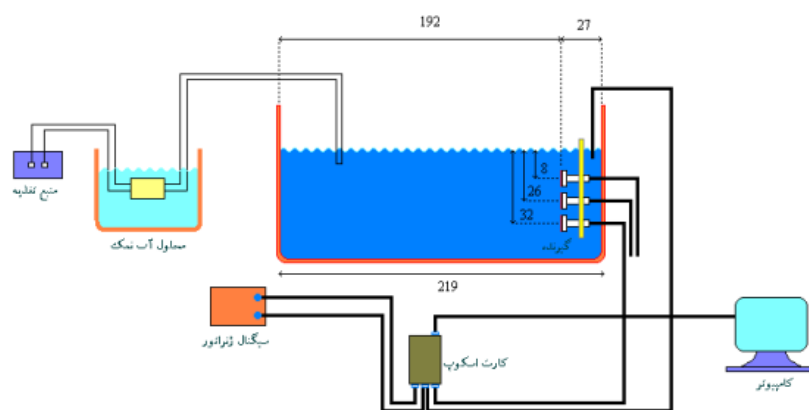
طبق تئوری DeSanto نیم‌رخ قائم سرعت صوت در اقیانوس به سه مؤلفه تقسیم می‌شود [۳].

$$C(r, t) = c_0(z) + \delta c_1(r) + \delta c_2(r, t) \quad (1)$$

که r معرف برد، t معرف زمان و z معرف عمق اقیانوس است. $c_0(z)$ معرف میانگین سرعت صوت محیط است و $\delta c_1(r)$ معرف تغییرات ریزمقیاس است که شامل ادی و جبهه‌های موجود در منطقه است و این تغییرات دارای مقیاس آکوستیکی از مرتبه $10^{-2} \delta c_1 / c_0$ هست و $\delta c_2(r, t)$ مؤلفه آماری است که ناشی از افت‌وخیزهای ریزمقیاس توسط امواج داخلی می‌باشد و این مؤلفه دارای مقیاس آکوستیکی از مرتبه $10^{-4} \delta c_2 / c_0$ می‌باشد. لایه‌های افقی چینه‌بندی شده در اقیانوس دائماً تحت تأثیر گرادیان‌های بزرگ و کوچک به خصوص در حضور جبهه‌ها و جریان‌های نفوذی هستند و این گرادیان‌ها موجب تغییر ساختار ریز در نیم‌رخ‌های قائم دما و شوری می‌شوند [۴]. با توجه به اینکه آزمایش‌های میدانی بسیار هزینه‌بر است استفاده از کار آزمایشگاهی بسیار مقرون‌به‌صرفه می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در یک تانک شیشه‌ای به طول ۲۱۹ سانتی‌متر و عرض ۱۲۷ سانتی‌متر و عمق ۸۰ سانتی‌متر انجام شده است. قبل از اینکه شبیه‌سازی در این تانک انجام شود، ابتدا ۳ حسگر آکوستیکی هم‌نوع، بر روی یک پایه به‌طور جداگانه نصب شده، تانک را تا عمق ۴۸ سانتی‌متر از آب تمیز پر کرده و سپس سیگنال‌های آکوستیکی در اعماق مختلف ثبت شدند. سپس این محیط را با روش "پر کردن جعبه [۵] با آب نمک به مدت ۲ روز پر کرده و داده‌برداری و اندازه‌گیری آکوستیکی در اعماق مختلف انجام گردید همچنین در برخی از فواصل این تانک داده‌برداری پارامترهای فیزیکی (دما و شوری) هم‌زمان با داده‌برداری آکوستیکی انجام شد. در روز سوم که محیط چینه‌بندی گردیده بود، پلومی با چگالی و دبی کمتر از روز قبلی را از انتها وارد محیط کرده تا یک جریان نفوذی در قسمت‌های میانی عمق آن تشکیل شود و در لحظه‌های مختلف، داده‌های آکوستیکی و هیدروفیزیکی هم‌زمان اندازه‌گیری شدند سپس این سیگنال‌ها در لحظه‌های مختلف بر اساس محل قرارگیری پلوم، پردازش شدند. در این آزمایش از ترانس‌دیوسرهای جهتی و سیگنال صوتی بایستی در فرکانس‌های بالا استفاده شده تا بتوان تأثیر این لایه‌ها را بر روی انتشار صوت مورد مطالعه قرار داد. در این آزمایش از ۳ حسگر آکوستیکی ساخت شرکت Furuno با فرکانس مرکزی ۲۰۰ کیلوهرتز و شعاع ۳٫۵ سانتی‌متر استفاده شد. نمای شماتیکی از این چیدمانی در (شکل ۱) مشاهده می‌شود.



شکل ۱: نمای شماتیکی از چیدمانی تجهیزات آزمایشگاهی جهت اندازه‌گیری پراکندگی صوت به واسطه جریان نفوذی

در طول آزمایش، به‌منظور تعیین اثر پلوم بر پراکندگی صوت، اندازه‌گیری سیگنال‌های آکوستیکی به شرح ذیل صورت می‌پذیرد:

الف- فرستنده در عمق ۸ سانتی‌متر و گیرنده در اعماق ۲۲ و ۳۶ سانتی‌متری قرار دارد.

ب- فرستنده در عمق ۲۲ سانتی‌متر و گیرنده در اعماق ۸ و ۳۶ سانتی‌متری قرار دارد.

ج- فرستنده در عمق ۳۶ سانتی‌متر و گیرنده در اعماق ۸ و ۲۲ سانتی‌متری قرار دارد.

۳. نتایج

۳-۱. محاسبه راستاوری حسگرهای آکوستیکی

راستاوری این نوع ترانس‌دیوسر در جهت افقی و عمودی به دلیل متقارن بودن سطح ارسال امواج یکسان بوده و عبارت است:

$$D(\theta) = \left[\frac{ka \sin \theta}{\dots} \right] \quad (2)$$

که در آن J_1 تابع بسل نوع اول و k عدد موج مربوط به فرکانس کار ترانس‌دیوسر بوده و برابر است با:

$$k = \frac{2\pi f}{c} \quad (3)$$

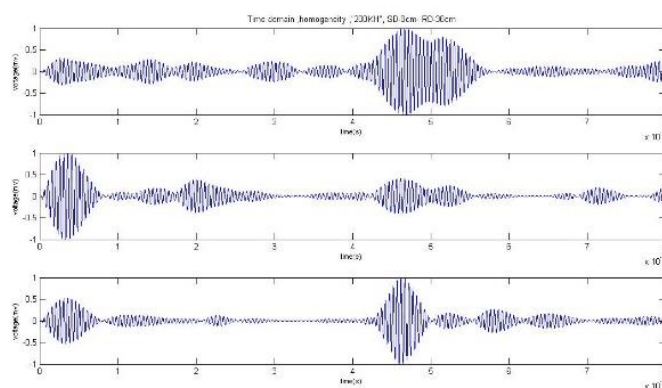
راستآوری این ترانسدیوسر در فرکانس ۲۰۰ کیلوهرتز و شعاع حسگر ۳/۵ سانتی‌متر محاسبه و خروجی این بیم در (جدول ۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: راستآوری ترانسدیوسر در فرکانس

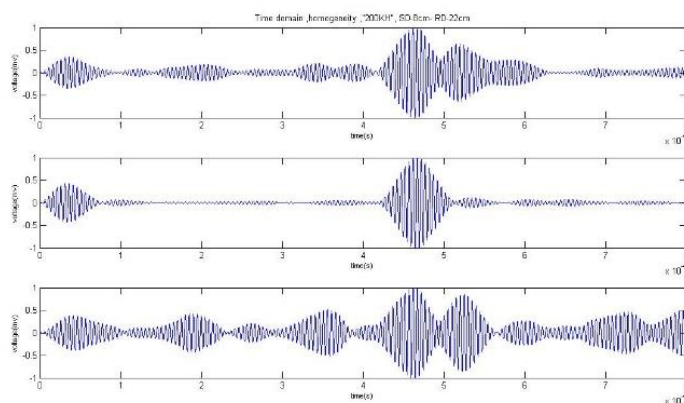
فرکانس کار	۵۰	۱۲۰	۲۰۰
طول موج سانتی‌متر	۳	۱	۰٫۷
میدان دور	۴	۱۲٫۲۵	۱۷٫۵
شعاع فرنل (سانتی‌متر)	۱۸٫۹۷	۱۰٫۹۵	۹٫۱۶
پهنای زاویه در -3db	۱۳	۱۰٫۸	۶٫۶
پهنای پالس U	۱۹۰	۸۰	۵۰

۳-۲. داده‌های آکوستیکی و آنالیز داده‌ها

پس از اینکه سیگنال‌های خروجی توسط گیرنده‌ها در مکان‌ها و زمان‌های مختلف ثبت شد، ابتدا نوفه‌های موجود در داده‌ها را با استفاده از فیلتر باتروث مرتبه چهارم در فرکانس ۲۰۰ کیلوهرتز باند پهن بین ۱۹۰ و ۲۲۰ کیلوهرتز حذف کردیم سپس فقط داده‌های که قبل از پوش اولی (۱/۶ میلی‌ثانیه) از داده‌های ضبط شده‌اند، مورد تجزیه و تحلیل قرار داده می‌شود. همانطوریکه که دماغه جریان نفوذی به محیط وارد می‌شود (در سیگنال‌های قبل از ۱/۶ میلی‌ثانیه) ملاحظه می‌کنید که باعث پراکندگی سیگنال صوتی در محیط می‌شود. در این اشکال سیگنال‌های خروجی، نرمالیزه شده است (مدت زمان طول داده‌ها را تا ۰/۸ میلی‌ثانیه در نظر گرفته شده است). نتایج به دست آمده در شکل‌های زیر به نمایش در آمده است.



شکل ۲: منبع در عمق ۸ و گیرنده در عمق ۳۶ سانتی‌متری از بالا به پایین در آب همگن، جریان نفوذی در ساعت ۱۶:۲۰ و ساعت ۲۰:۳۰



شکل ۳: منبع در عمق ۸ و گیرنده در عمق ۲۲ سانتی‌متری از بالا به پایین در آب همگن، جریان نفوذی در ساعت ۱۶:۲۰ و ساعت ۲۰:۳۰

به همین صورت منبع در عمق ۲۲ سانتی متری و گیرنده در ۳۶ سانتی متری، منبع در عمق ۲۲ سانتی متری و گیرنده در ۸ سانتی متری، منبع در عمق ۳۶ سانتی متری و گیرنده در ۲۲ سانتی متری، منبع در عمق ۸ سانتی متری و گیرنده در ۳۶ سانتی متری قرار گرفته و شکل مربوط به آن رسم گردید.

۳-۳. بررسی تغییرات لایه‌ها با استفاده از سیگنال آکوستیکی در حوزه زمان

در این مطالعه از فن پردازش سیگنال به روش compress puls (cp) برای بررسی میزان شدت پراکندگی صوت استفاده می‌شود [۵]. در این روش اتوکورلریشن سیگنال دریافتی از پراکندگی لایه‌ها با سیگنال دریافتی در غیاب این جریان نفوذی محاسبه می‌شود.

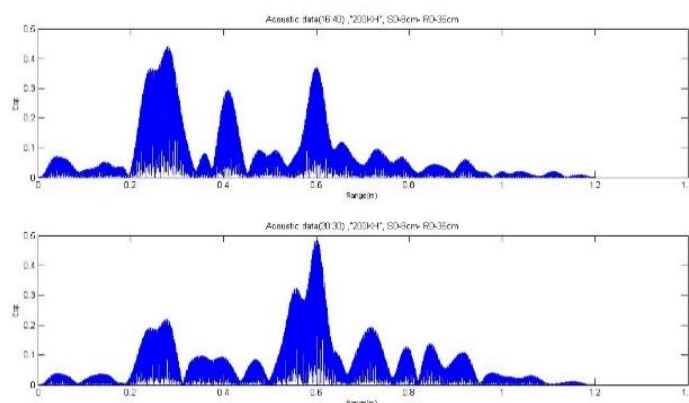
$$CP(t) = k_{CP}^{-1} v^R(t) * v_{cal}^R(t), \quad (4)$$

که سیگنال خروجی در آب همگن $v^R(t)$ سیگنال برگشتی حاصل از پدیده جریان نفوذی k_{CP} و اتوکوریلش سیگنال آب همگن می‌باشد. با اعمال این فن به سیگنال‌های دریافتی در لحظه‌های نفوذ جریان می‌توان ضخامت لایه‌های که این سیگنال تحت تأثیر قرار داده را محاسبه نمود. [۵]

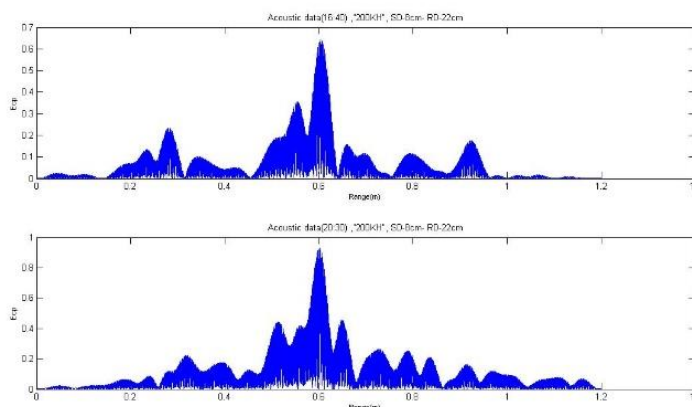
ضخامت لایه‌ها به صورت فرمول ذیل محاسبه می‌شود:

$$h = \bar{c} / 2 |t_i - t_{i+1}|$$

که t_i ($i=1,2,3$) تأخیر زمانی منطبق بر دو پیک در E_{CP} و سرعت صوت میانگین در بین دو لایه می‌باشد. از همه لوب‌های کوچک‌تر از تابع اتوکوریلشن V_{cal}^R کوچک‌تر از ۲۵٪ در خروجی E_{CP} چشم‌پوشی می‌شوند. [۵]



شکل ۴: فرستنده در عمق ۸ و گیرنده در عمق ۳۶ سانتی متری در آب همگن - از بالا به پایین جریان نفوذی در ساعت ۱۶:۲۰ و ۲۰:۳۰



شکل ۵: فرستنده در عمق ۸ و گیرنده در عمق ۲۲ سانتی متری در آب همگن - از بالا به پایین جریان نفوذی در ساعت ۱۶:۲۰ و ۲۰:۳۰

به همین صورت منبع در عمق ۲۲ سانتی متری و گیرنده در ۳۶ سانتی متری، منبع در عمق ۲۲ سانتی متری و گیرنده در ۸ سانتی متری، منبع در عمق ۳۶ سانتی متری و گیرنده در ۲۲ سانتی متری، منبع در عمق ۸ سانتی متری و گیرنده در ۳۶ سانتی متری، منبع در عمق ۳۶ سانتی متری و گیرنده در ۲۲ سانتی متری، منبع در عمق ۸ سانتی متری و گیرنده در ۳۶ سانتی متری قرار گرفت. در اشکال بالا فواصل بین پیک‌ها معرف، ضخامت لایه‌ها است که سیگنال تحت تأثیر قرار می‌گیرد. ملاحظه می‌نماید که باگذشت زمان، بانفوذ جریان به محیط چینه‌بندی شده تعداد لایه‌ها کمتر می‌شود و ضخامت لایه‌ها بیشتر می‌شود.

۴. نتیجه گیری

نتایج همانندسازی جریان نفوذی در آزمایشگاه و اثر آن بر روی افت و خیزهای سیگنال آکوستیکی به شرح زیر است:

الف- در یک روند ارسال و دریافت امواج ارسالی به هدف، طیف توزیع انرژی صوت دریافتی به واسطه بازتاب از جریان نفوذی دچار تغییرات خواهد شد و در نتیجه این موضوع در ردیاب‌ها اختلال ایجاد می‌کند.

ب- در هنگام ریزش پلوم محلول آب نمک رنگی به محیط از پیش چینه بندی شده، چون در محل ریزش، پلوم دارای تکانه و سرعت است، بنابراین نیروی جاذبه زیاد می‌شود. در نتیجه می‌توان به اعماق پایین نفوذ می‌نماید و با توجه به آنکه به مرور زمان اثر نیروی شناوری افزایش می‌یابد، بنابراین پلوم رنگی در اعماق میانی قرار می‌گیرد و به صورت دماغه (سرخود) با سرعت $0.22/0$ متر بر ثانیه به سمت جلو حرکت می‌کند همچنین هر چه سمت گیرنده نزدیک‌تر می‌شود، این دماغه به طرف اعماق بالاتر گسترده می‌شود. نتایج این آزمایش با آزمایش‌های بیدختی ۲۰۰۵ مطابقت داشتند. در ضمن پارامترهای بی بعد، همانندسازی پلوم آب نمک با جریان خروجی از خلیج فارس به دریای عمان مقایسه گردید.

ت- هنگامی که منبع صوتی در لایه جریان نفوذی نصب شده باشد، و گیرنده‌ها در بالا و پایین این جریان نصب شده باشند، با ورود پلوم رنگی، لحظه به لحظه پیک تا پیک سیگنال بیشتر می‌شود یعنی سیگنال در گیرندگی تقویت می‌شود. ولی هنگامی که منبع صوتی در لایه رنگی نصب شده باشد، با ورود پلوم، پیک تا پیک سیگنال، لحظه به لحظه کاهش می‌یابد.

ث- انتشار صوت در آب توسط عوامل اثرات پخش و میرایی از انرژی آن می‌کاهند. اتلاف میرایی، جذب، نشت به بیرون کانال، پراکندگی و شکست را در بر می‌گیرد. اتلاف با افزایش فرکانس، زیاد می‌شود، چرا که جذب بالا می‌رود. گرادیان‌های سرعت صوت، اثرات شکستی را نشان می‌دهند که ممکن است به کانونی شدن و یا واگرایی انرژی صوتی بینجامد.

ج- در همانندسازی جریان نفوذی در آزمایشگاه، بر طبق فرمول عمومی در آکوستیک، چنانچه در فرکانس‌های بالاتر یا مساوی این فرکانس، آزمایش شود، مخزن آب به عنوان محیط عمیق محسوب می‌شود. با توجه به مقیاس آکوستیکی بین محیط دریا و تانک در آزمایشگاه (با عامل ka انجام می‌شود، که k عدد موج و برابر و $\frac{w}{c}$ و c سرعت صوت در آب است) و a شعاع موثر پراکندگی است می‌توان نتایج این شبیه سازی را به دریا نسبت داد.

منابع

- [1]- C. Lavery, A., Maksym, T., Wilkinson, J.P. (2014) "Laboratory measurements of high-frequency, acoustic broadband backscattering from sea ice and crude oil," Journal of Acoustical Society of America Express Letters 137: EL32 –EL38, doi: 10.1121/1.490242 . November 3 .
- [2] J. Karlsson, C. Petrich, and H. Eicken. (2011) "Oil entrainment and migration in laboratory-grown saltwater ice," in Proceedings of the 21st Conference on Port Ocean Engineering Under Arctic Conditions, Montreal, Canada.

- [3]- [6] Andone C. Lavery, Dezhang Chu, and James N. Moum. (2010) "Measurements of acoustic scattering from zooplankton and oceanic microstructure using a broadband," . ICES Journal of Marine Science, 67.
- [4]- A. A. Bidokhti and R. W. Griffiths". (2011) " The Role of Internal Waves in the Layering of Outflows from Semi-Enclosed Seas", 14th Australasian Fluid Mechanics Conference.
- [5]- Lavery , A. C. (2011) "Determining dominant scatterers of sound in mixed zooplankton populations,".



اقلیم امواج ناشی از باد در سواحل مکران

(گام اول: ارزیابی نتایج مدل جهانی ERA-Interim)

خسروی، محمدرضا^{۱*}، محمد، باقری^۲، نعمتی، محمد حسین^۲، شفیع فر، مهدی^۳، حاج مومنی، عقیل^۱، رضایی مزیک، احمد^۱

۱. شرکت مهندسی مشاور هندسه پارس، تهران، ایران

۲. اداره کل مهندسی سواحل، سازمان بنادر و دریانوردی، تهران، ایران

۳. دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

mohammad.r.khosravi@gmail.com

چکیده

الگوی امواج از مولفه‌های مهم دریایی است و شناخت آن از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این مقاله به ارزیابی اقلیم امواج در محدوده سواحل مکران پرداخته شده است. داده‌های مورد استفاده از مدل جهانی ERA-Interim در سال ۲۰۱۶ استخراج گردیده است. مقایسه نتایج مدل جهانی با داده‌های اندازه‌گیری در سه ایستگاه پسابندر، پزم و میدانی انجام گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که پیش‌بینی مدل در خصوص ارتفاع امواج از دقت مناسبی برخوردار بوده در حالیکه از شرق به غرب محدوده دقت پیش‌بینی جهت انتشار امواج کاهش میابد

کلید واژه: ERA-Interim، داده‌های اندازه‌گیری، سواحل مکران، اقلیم امواج

۱. مقدمه

مطالعه مشخصه‌های پدیده‌های دریایی از قبیل اقلیم امواج، جریان‌های دریایی، رژیم رسوبی و مورفولوژیکی و خصوصیات رسوبات منطقه در مجاورت سازه‌های ساحلی به وسیله مدل‌های عددی توسط مهندسیین و محققین مختلفی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. شناخت الگوی امواج به عنوان گام اول در مطالعات دریایی و بدلیل تأثیر گذاری بالا بر سایر پدیده‌های دریایی و ساحلی، از اهمیت بسزایی برخوردار است. از اینرو در این مقاله سعی گردیده است ارزیابی اولیه از اقلیم امواج در محدوده سواحل مکران ارائه گردد.

در زمینه بررسی اقلیم امواج و ارزیابی نتایج مدل‌های جهانی تا کنون مطالعات متعددی انجام گرفته است. نتایج مقایسه داده‌های اندازه‌گیری و مدل جهانی ERA-Interim در محدوده دریای عرب و سواحل غربی کشور هند نشان دهنده ضریب همبستگی مناسب بین داده‌های شبیه‌سازی و اندازه‌گیری است، ولیکن مقدار حداکثر ارتفاع موج شاخص در آب‌های عمیق در حدود ۱۵ درصد دست پایین و در آب‌های کم عمق در حدود ۹٪ دست بالا پیش‌بینی شده است [۲، ۱]. نتایج بررسی داده‌های مدل جهانی ERA40 نشان می‌دهد، اقیانوس‌ها به وضوح تحت تأثیر امواج دوراً هستند حتی در موقعیت‌هایی که نسبت وزن امواج محلی ناشی از باد در طیف موج بالاتر است. البته مقایسه نتایج مدل جهانی با داده‌های اندازه‌گیری و مطالعات پیشین نشان می‌دهد نتایج حاصل از مدل در اقیانوس‌ها دست پایین می‌باشد [۳]. ارزیابی مقایسه‌ای نتایج مدل ERA-40 نشانگر مناسب بودن مشخصات باد و متوسط ارتفاع امواج مشخصه است. البته دست پایین بودن مقادیر ارتفاع موج در مواقعی که مقادیر میدان سرعت باد با اندازه‌گیری‌ها تفاوت قابل ملاحظه‌ای ندارد، نشان دهنده عدم قابلیت کافی مدل موج در شبیه‌سازی امواج در

محدوده مطالعات می‌باشد [۴]. با بررسی الگوی باد و تاثیر تغییرات دمای سطح آب در سمت غرب و شرق اقیانوس هند (IOD^{51}) بر روی اقلیم موج در دریای عرب مشخص شد این رویداد با کاهش امواج پریود کوتاه (امواج ناشی از باد) بر اقلیم موج منطقه اثر گذار است [۵].

در مقاله حاضر جهت شناخت اقلیم باد و موج سواحل مکران، به ارزیابی نتایج مدل‌های جهانی موج پرداخته شده است. از اینرو در گام اول به ارزیابی نتایج مدل موج ERA-Interim در مقایسه با داده‌های اندازه‌گیری موجود در محدوده مورد مطالعه پرداخته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

با توجه به روند مطالعات پیشین در این زمینه، در اولین گام به معرفی محدوده مورد مطالعه و مشخصات ایستگاه‌های اندازه‌گیری پرداخته شده است. سپس با توجه به مدل‌های جهانی موجود، مشخصات ارتفاع موج مشخصه (H_s)، پریود متوسط (T_m) و جهت متوسط امواج (MWD) از مدل جهانی ERA-Interim (ECMWF) استخراج و با داده‌های اندازه‌گیری در سواحل مکران مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. در نهایت پس از اطمینان و ارزیابی اولیه نتایج مدل جهانی، مشخصات بلند مدت موج از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۷ استخراج و اقلیم فصلی امواج در محدوده مورد بررسی ارائه شده است.

۲-۱. محدوده مورد مطالعه

مطالعات حاضر بخشی از سواحل مکران که در منتهی علیه جنوب شرقی ایران واقع شده است را شامل می‌شود (شکل ۱). محدوده مطالعات حاضر، در شرق به خلیج گواتر (واقع در مرز ایران و پاکستان) و در غرب به خور رایج (واقع در حد فاصل بین استان سیستان و بلوچستان و استان هرمزگان) منتهی می‌شود. موقعیت ایستگاه‌ها و بازه‌های اندازه‌گیری مورد استفاده در مطالعات در شکل ۱ نشان داده شده است.



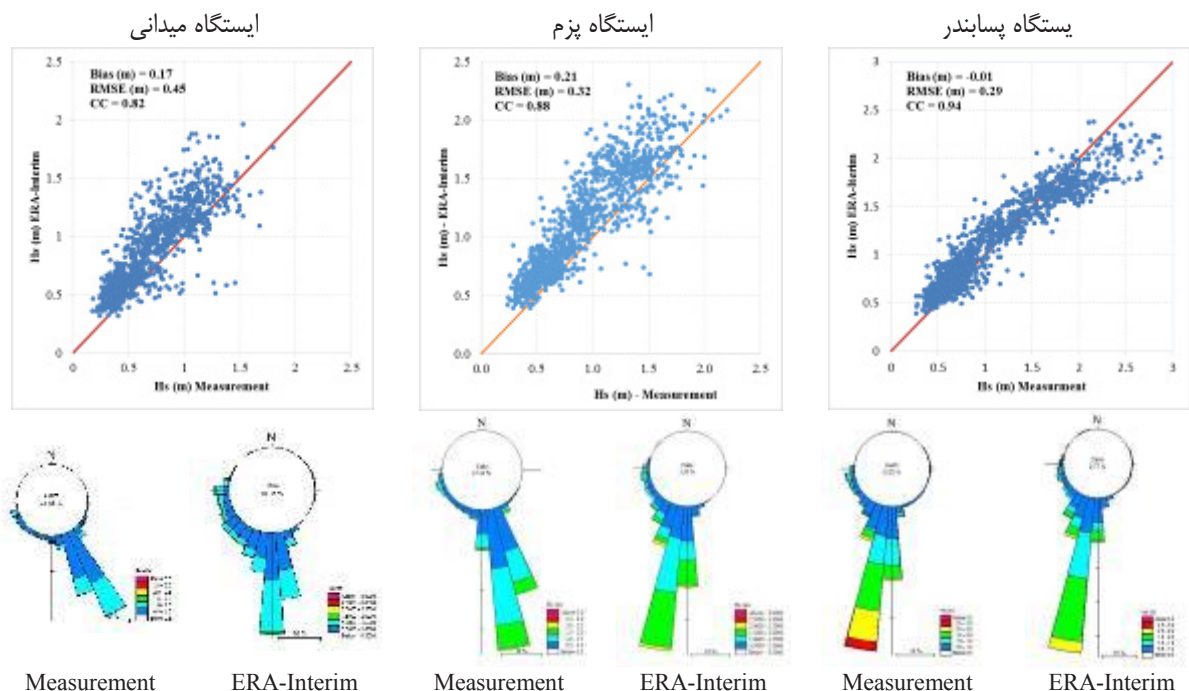
شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های اندازه‌گیری

۳. نتایج

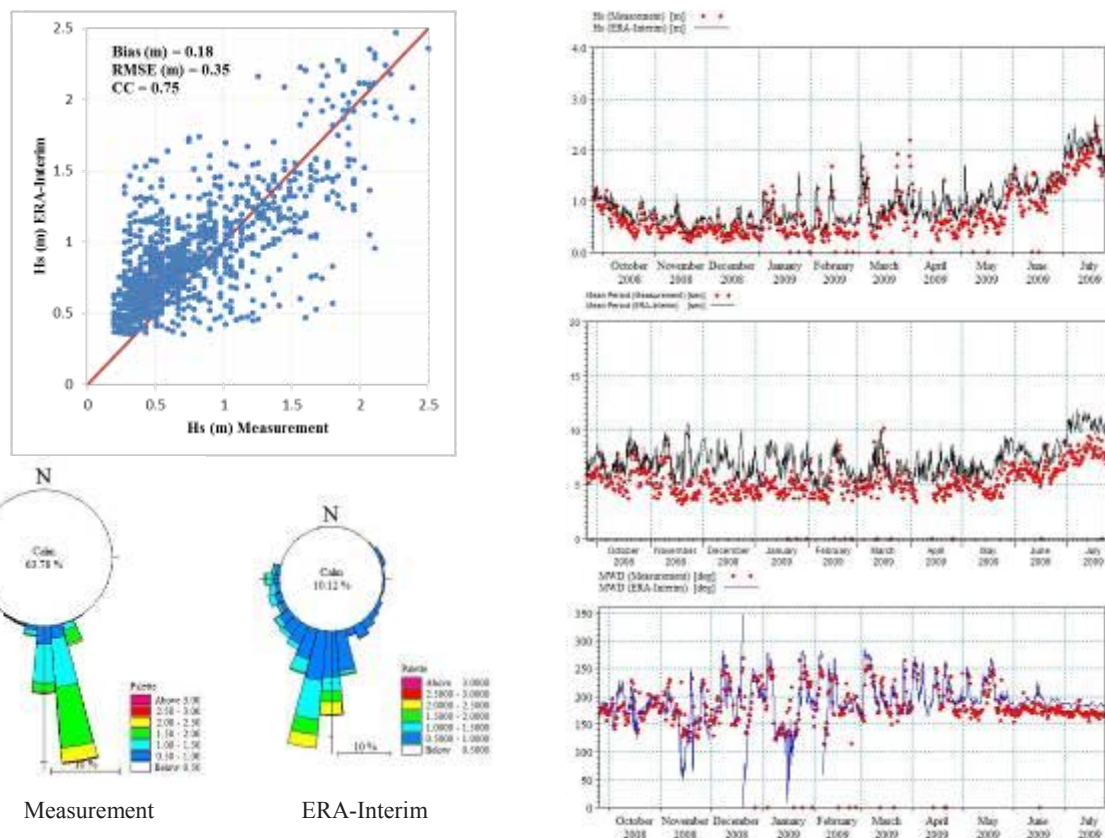
۳-۱. ارزیابی نتایج مدل جهانی

مدل جهانی ERA-Interim (ECMWF) شامل داده‌های باد و نتایج مدل انتشار موج WAM است. جهت ارزیابی نتایج مدل موج ERA-Interim، ارتفاع مشخصه و جهت امواج در محدوده سه ایستگاه پسابندر، پزم و میدانی و ارتفاع مشخصه، پریود متوسط و متوسط جهت امواج در بویه چابهار برای بازه‌های بلند مدت مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج مقایسه داده‌های اندازه‌گیری و مدل در شکل ۲ و شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشانگر دست پایین بودن ارتفاع موج در ایستگاه پسابندر و دست بالا بودن در ایستگاه‌های پزم و میدانی است. همچنین با حرکت از شرق به غرب در محدوده مورد مطالعه، از دقت نتایج مدل در تعیین جهت امواج کاسته می‌شود و تا حدود ۲۰ درجه چرخش در جهت امواج بدست آمده از مدل نسبت به داده‌های اندازه‌گیری قابل رویت است. مقایسه نتایج جهت و پریود متوسط موج در موقعیت بویه چابهار نشان دهنده اختلاف جهتی در حدود ۲۰ درجه و دست بالا بودن پریود است. در خصوص ارتفاع امواج بویه نیز می‌توان اینگونه اظهار داشت که برای امواج با ارتفاع کوچکتر از ۱ متر، مقادیر مدل دست بالا و برای ارتفاع امواج بیش از یک متر از تطابق مناسبی برخوردار است.

⁵¹ MIKE



شکل ۲: مقایسه نتایج مدل جهانی با داده‌های اندازه‌گیری در ایستگاه‌های پسابندر، پزم و میدانی



شکل ۳: مقایسه نتایج مدل جهانی با داده‌های اندازه‌گیری در ایستگاه چابهار

۲-۳. تحلیل نتایج

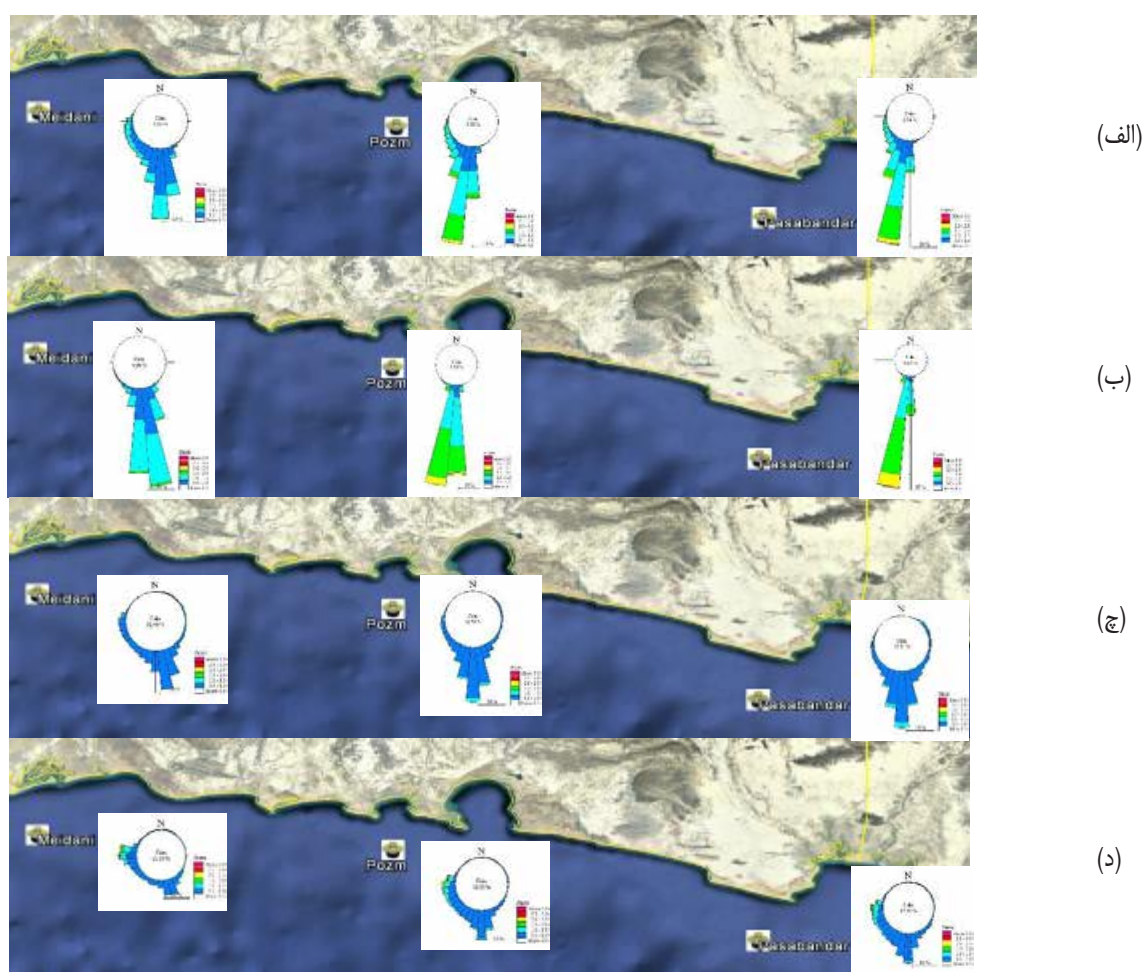
پس از ارزیابی اولیه نتایج مدل ERA-Interim، مشخصات موج در بازه زمانی ۱۹۷۹-۲۰۱۷ در محدوده مورد مطالعه استخراج گردیده است. گموج حاصل از این اطلاعات در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به غالب بودن پدیده مونسون در منطقه، انتظار می‌رود با حرکت از شرق

به غرب، جهت امواج غالب از جنوب‌غربی به جنوب‌شرقی تغییر جهت دهد. البته مقادیر ارتفاع امواج غالب منطقه نیز با حرکت از شرق به غرب کاهش می‌یابد.

علاوه بر اقلیم کلی موج محدوده مورد مطالعه، اقلیم فصلی امواج نیز در شکل ۵ مشخص گردیده است. همانگونه که مشخص می‌باشد، جهت غالب امواج در فصل بهار از جنوب می‌باشد. میانگین پریود متوسط (T_m) امواج در این فصل در حدود ۷ ثانیه می‌باشد. شدت ارتفاع امواج در فصل تابستان (فصل مونسون) در کل محدوده مورد مطالعه به گونه‌ای است که ارتفاع امواج کمتر از ۰/۵ متر در محدوده مشاهده نمی‌گردد و در مناطق شرقی ارتفاع امواج همواره بیش از یک متر است. میانگین پریود متوسط امواج در این فصل در حدود ۹ ثانیه می‌باشد. با رسیدن به فصل پاییز، اقلیم امواج منطقه تنها متاثر از امواج دوراً اقیانوسی از سمت اقیانوس هند می‌باشد و شدت ارتفاع امواج به شدت کاهش یافته است. در فصل زمستان علاوه بر امواج اقیانوسی، امواج حاصل از باد شمال (امواج جهت غرب و جنوب غربی) نیز منطقه را متاثر می‌کنند. وقوع امواج ناشی از باد در پریود امواج این فصل نیز مشاهده می‌گردد. در پاییز و زمستان میانگین پریود متوسط به ترتیب در حدود ۷ و ۶ ثانیه می‌باشد.



شکل ۴: اقلیم موج کلی منطقه



شکل ۵: اقلیم موج در فصل‌های مختلف (الف) بهار (ب) تابستان (ج) پاییز (د) زمستان

۴. نتیجه‌گیری

ارزیابی نتایج مدل موج ERA-Interim با داده‌های اندازه‌گیری در محدوده سواحل مکران نشان می‌دهد، این مدل از قابلیت مناسبی در شبیه‌سازی ارتفاع امواج برخوردار است ولیکن دقت جهتی مدل با حرکت از شرق به غرب محدوده کاهش می‌یابد که این مشکل در پروژه مونیتورینگ مکران قابل رفع خواهد بود. پس از ارزیابی اولیه، به بررسی اقلیم فصلی امواج منطقه پرداخته شده است. شدت ارتفاع امواج منطقه در فصل تابستان (فصل مونسون) بسیار زیاد می‌باشد و میانگین پریود متوسط امواج در حدود ۹ ثانیه می‌باشد. در فصل زمستان علاوه بر امواج اقیانوسی، امواج حاصل از باد شمال از جهت غرب و جنوب غرب منطقه مطالعاتی را متاثر می‌نمایند. میانگین پریود متوسط امواج در این فصل در حدود ۶ ثانیه می‌باشد.

۵. تقدیر و تشکر

در این مقاله از داده‌های اندازه‌گیری فاز ششم پروژه پایش و سواحل کشور (سواحل مکران) که با حمایت سازمان بنادر و دریانوردی انجام گرفته، استفاده شده است. لذا از این ارگان جهت در اختیار قرار دادن اطلاعات، کمال تقدیر و تشکر را داریم.

منابع

- [1] Shanas, P.R., Sanil Kumar, V., (2014), [1] *Temporal variation in the wind and wave climate at a location in the eastern Arabian Sea based on ERA-Interim reanalysis data*, Natural Hazards and Earth System Sciences.
- [2] Shanas, P.R., Sanil Kumar, V., (2013), *Comparison of ERA-Interim waves with bouy data in the eastern Arabian Sea during high waves*, Indian Journal of Geo-Marine Sciences, Vol. 43(7), 1343-1346 .
- [3] Semedo, A., Suselj, K., Rutgersson, A., Sterl, A., (2011), *A Global View on the Wind Sea and Swell Climate and Variability from ERA-40*, American Meteorological Society, Vol., No., 1461-1479.
- [4] Caires, S. and Sterl, A., *Comprative assessment of ERA-40 Ocean Wave Data*.
- [5] Anoop, T.R., Sanil Kumar, V., Shanas, P.R., Amrutha, M.M., (2016), *Indian Ocean Dipole modulated wave climate of eastern Arabian Sea*, Ocean Science, Vol. 12, No., 369-378.



تعیین ضریب اصطکاک بستر در مصب مند با استفاده از مدل TELEMAC-3D

عرب زاده احمد^{۱*}، عزیزپور جعفر^۲
ahmadarab0183@gmail.com

چکیده

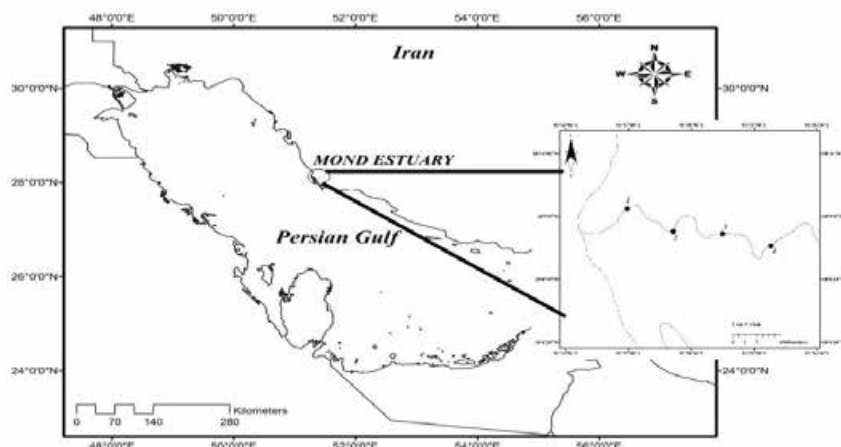
در این مقاله واسنجی و راست آزمایی خروجی های مدل TELEMAC-3D در مصب مند جهت تعیین ضریب اصطکاک بستر در نقاط مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. مصب مند در امتداد سواحل شمالی خلیج فارس واقع شده است. حساسیت سنجی مدل در استفاده از ضرایب مختلف اصطکاک بستر هنگام استفاده از قوانین مانینگ، شزی و نیکورداس بررسی شده است. واسنجی مدل از طریق داده های میدانی سرعت جریان برداشت شده در یک دوره ۲۵ ساعته از تاریخ Feb-2014-22 تا Feb-2014-23 انجام شد. نتایج نشان داد که در پایین دست مصب تا جایی که اثرات جزرومدی خلیج فارس مشهود است، بهترین ضریب، ضریب شزی برابر ۹۰ است جایی که رسوبات عمدتاً دریایی هستند. در بالادست مصب جایی که اثرات کشندی رو به زوال است و رسوبات مصب عمدتاً تحت اثر ورودی رودخانه و سیلاب های فصلی است، ضریب مانینگ برابر ۰.۰۲۵ مناسب است.

کلید واژه: ضریب اصطکاک بستر، مدل عددی TELEMAC-3D، مصب مند، خلیج فارس

۱. مقدمه

مصب فضای ساحلی نیمه بسته ای از آب است که با دریای آزاد ارتباط دارد و در طول رودخانه تا جایی که اثرات کشندی اجازه می دهد؛ امتداد می یابد و درون آن آب دریا به میزان قابل توجهی توسط آب شیرین آورده شده از زه کشی های خشکی، رقیق می گردد (Dyer, 1997). تعداد اندکی رودخانه ی دائمی وارد خلیج فارس می شوند. تمام این رودخانه ها در سمت سواحل ایرانی قرار گرفته اند که از این بین مصب رودخانه مند در محدوده استان بوشهر قرار دارد. رودخانه مُند پر آب ترین رود در استان بوشهر است.

مصب مند در میانه ی منطقه پارس شمالی و دارای راستای غربی- شرقی است. بالادست مصب (سمت رودخانه) در شرق و سمت غربی آن منتهی به خلیج فارس است (شکل ۱). موضوعات مربوط به مسایل زیست محیطی، صنعتی، تجاری، کشاورزی و زباله های شهری در مصب ها از اهمیت خاصی برخوردار می باشد (CHENG et al, 1993). با توجه به همجواری مصب مند با منطقه حفاظت شده ی مند و مزارع پرورش میگو، این منطقه به لحاظ تجاری و زیست محیطی اهمیت زیادی دارد. سوالات مهم در مورد استفاده های مفید تجاری و تغییرات بالقوه زیست محیطی بدون داشتن درک صحیح از فرایندهای هیدرودینامیکی مصب در زمانهای مختلف بدون جواب می مانند. بدلیل وسعت مکانی مصب و تغییرات زمانی خصوصیات آن، مطالعات هیدرودینامیکی با دقت بالا را نمی توان بر پایه و اساس اندازه گیری های میدانی قرار داد، برای چنین بررسی هایی تعداد مشاهدات بالا نیاز می باشد و هزینه های مربوط به جمع آوری داده ها معمولاً بسیار زیاد است. راه حل ممکن برای جبران کمبود داده های میدانی استفاده از مدل سازی عددی و برون یابی داده های صحیح در حوزه زمان و مکان می باشد.



شکل ۱: محدوده ی مصب مند در خلیج فارس و ایستگاه های اندازه گیری

(Robins & Davies, 2011) در مطالعه ای به بررسی هیدرودینامیک و انتقال رسوب در مصب های واقع در ساحل ولز از طریق مدل سازی با نرم افزار TELEMAC-2D پرداختند. هدف اصلی آنها از این مطالعه، بررسی تغییرات مصب تحت تاثیر افزایش سطح آب دریا در آینده به دلیل تغییرات آب و هوایی و یافتن بهترین راه حل مدیریتی جهت پایداری اکوسیستم منطقه مورد نظر بوده است. محققین جهت راست آزمایی مدل TELEMAC-2D در سواحل ولز از برداشت های میدانی نوسان سطح آب در سه ایستگاه واقع در طول مصب دایفی استفاده کردند. داده های میدانی سه ایستگاه واقع در مصب دایفی از ساحل ولز نشان داد مدل TELEMAC-2D قادر به شبیه سازی شرایط هیدرودینامیکی در مصب ها می باشد.

(Daosheng Wang et al, 2014) در مطالعات خود به بررسی اثرات ضریب اصطکاک بستر بر روی مدل سازی جزر و مدی در خلیج بوهایو و دریای زرد واقع در مجاورت چین پرداختند. آنها با استفاده از سناریو های مختلف برای ضریب اصطکاک بستر به شبیه سازی شرایط هیدرودینامیکی در منطقه مورد مطالعه پرداختند و دریافته اند که شبیه سازی هیدرودینامیک در آبهای کم عمق حساسیت زیادی نسبت به انتخاب قانون اصطکاک بستر و اندازه ضریب اصطکاک دارد. در مقاله مذکور محققین در نهایت به معرفی یک رابطه تجربی جدید برای محاسبه ی ضریب اصطکاک بستر در منطقه ی مورد مطالعه پرداختند.

در این مطالعه سعی شده هیدرودینامیک مصب مند توسط نرم افزار TELEMAC-3D مدل شود و با داده های میدانی سرعت جریان و سطح تراز آب واسنجی و راست آزمایی شود و در انتها نیز با تعریف سناریو های مختلف، ضریب اصطکاک بستر مناسب برای مصب مند معرفی شود.

۲. مواد و روش ها

در این پژوهش هیدرودینامیک مصب مند در بازه ی کشندی فصل پرآبی مورد بررسی قرار می گیرد. به این منظور در یک بازه زمانی کشندی حدود ۲۵ ساعت در موقع رخداد کهکشند ماه فوریه سال ۲۰۱۴ (بهمن و اسفند ۱۳۹۲) داده های سری زمانی سرعت جریان و عمق، در ۴ ایستگاه شکل (۱)، در طول مصب مند مورد تحلیل قرار گرفت و با مدل TELEMAC-3D به مدل سازی هیدرودینامیک منطقه پرداخته شد.

محدوده ی جغرافیایی این مصب از $28^{\circ} 7' 10''$ شمالی تا $28^{\circ} 9' 36''$ شمالی (4920 متر) و $51^{\circ} 15' 36''$ شرقی تا $51^{\circ} 24' 36''$ شرقی (14750 متر) است. موقعیت جغرافیایی ایستگاه های مطالعاتی در جدول (۱) ارائه شده است. بازه ی زمانی اندازه گیری در موقع کهکشند ۲۳ و ۲۴ فوریه ۲۰۱۴ انتخاب شدند.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های اندازه‌گیری

Stations	Latitude	Longitude
1	28° 9.370' N	51° 17.579' E
2	28° 8.294' N	51° 19.693' E
3	28° 8.318' N	51° 21.876' E
4	28° 7.753' N	51° 24.051' E

مش‌بندی مورد استفاده در شبکه محاسباتی مدل متشکل از المانهای مثلی با طول حداکثر (بیشینه گام مکانی) ۷۰ متری می‌باشد. برای ثبت داده‌های جریان، عمق، دما و هدایت الکتریکی ۴ دستگاه CTD-Current meter مدل RCM9 ساخت شرکت AANDERAA کشور نروژ استفاده شد. برای برداشت داده، دستگاه‌ها با گام زمانی ۱۰ دقیقه تنظیم و در هر ایستگاه در ۱ متری بالای بستر مهار شدند. همچنین دستگاه اندازه‌گیری دما-عمق (TD sensor) درایستگاه‌های ۲ و ۳ و ۴ به لنگر مهاری مذکور نصب شد و داده‌های دما و عمق را به صورت سری زمانی با گام ۱۰ دقیقه برداشت کرد. سپس با استفاده از داده‌های برداشت شده و توپوگرافی منطقه به مدل سازی هیدرودینامیک مصب مند پرداخته شد. برای کالیبراسیون و بالا بردن دقت مدل سازی از سناریوهای مختلفی استفاده شد که در جدول (۲) به جزییات این سناریو ها اشاره شده است.

جدول ۲: شرایط سناریوهای مختلف برای واسنجی مدل

Test	Friction Law	friction coefficients
Calibration 1	Manning	M=0.015
Calibration 2	Manning	M=0.025
Calibration 3	Manning	M=0.040
Calibration 4	Chezy	C=30
Calibration 5	Chezy	C=50
Calibration 6	Chezy	C=90
Calibration 7	Nikuradse	Ks=0.001
Calibration 8	Nikuradse	Ks=0.01
Calibration 9	Nikuradse	Ks=0.1

از ارتباط بین داده‌های اندازه‌گیری و مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل TELEMAC-3D در ایستگاه‌های مذکور محاسبه خطای مطلق میانگین نسبی (RMAE) توصیه شده توسط (walstra et al, 2001) و (Sutherland, 2001) انجام شده است. مقادیر قابل قبول برای RMAE طبق جدول (۳)، توسط (Walstra et al, 2001) پیشنهاد شده است.

جدول ۳: بازه‌های RMAE در برآورد دقت مقایسه دو دسته کمیت (Walstra et al, 2001)

میزان دقت	RMAE
بسیار خوب	≤ 0.2
خوب	0.2-0.4
قابل قبول	0.4-0.7
بد	0.7-1.0
خیلی بد	≥ 1.0

۳. نتیجه‌گیری

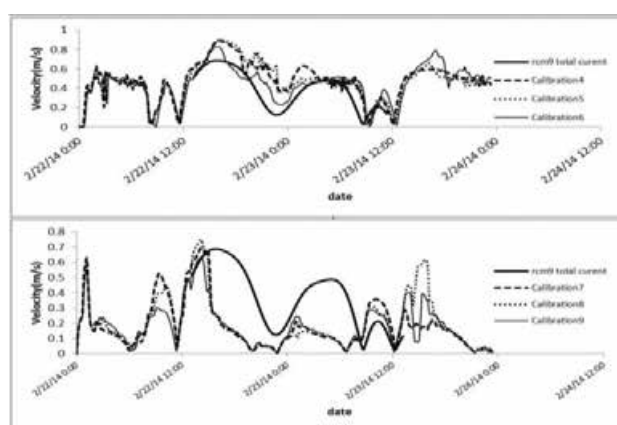
حساسیت سنجی مدل TELEMAC-3D نشان داد که مدل هیدرودینامیکی مصب مند به تغییرات ضریب اصطکاک و کاربرد قوانین مختلف برای مدل کردن اصطکاک بستر حساسیت قابل توجهی از خود نشان می‌دهد به همین خاطر برای بهینه‌سازی مدل، سناریوهای مختلفی با ضرایب اصطکاک متفاوت تعریف گردید. خروجی مدل در هر سناریو با اندازه‌گیری‌های سرعت جریان در سه ایستگاه مصب مند مقایسه گردید، در ایستگاه دوم که نزدیکترین ایستگاه به دهانه‌ی مصب یعنی ورودی مدل می‌باشد بیشترین ضریب همبستگی در سناریوی عیدست آمده و

برابر ۰,۸۴۵ می باشد همچنین کمترین مقدار RMAE نیز در سناریوی ۶ رخ داده است که برابر ۰,۵۷۱ می باشد و طبق جدول (۳) میزان دقت قابل قبولیست.

در ایستگاه سوم بیشترین ضریب همبستگی و کمترین مقدار RMAE در سناریوی ۶ رخ داده که مقادیر آنها به ترتیب برابر ۰,۸۸۲ و ۰,۴ می باشد. طبق جدول (۳) استفاده از این سناریو نیز در رنج قابل قبول است.

در ایستگاه چهارم که بیشترین فاصله را از دهانه مصب دارد بیشترین ضریب همبستگی و کمترین مقدار RMAE در سناریوی ۲ رخ داده است که مقادیر آنها به ترتیب برابر ۰,۸۱۷ و ۰,۲۱۲ می باشد. در سناریوی ۶ نیز ضریب همبستگی برابر ۰,۸۰۵ و RMAE برابر ۰,۳۶۶ بدست آمد که طبق جدول (۳) در رنج تقریب خوب می باشند.

در مرحله راست آزمایی، مقایسه بین ارتفاع سطح آزاد اندازه گیری شده و خروجی مدل در سناریوهای مختلف نشان می دهد که پیش بینی مدل برای ارتفاع سطح آزاد نیز در ایستگاه دوم و سوم در سناریوی ۶ بهترین نتیجه را می دهد و خطای پیشبینی در ایستگاه دوم برابر ۰,۱۹۲۵ و در ایستگاه سوم برابر ۰,۱۵۳۹ می باشد. در ایستگاه چهارم نیز با دور شدن از دهانه مصب سناریوی ۲ کمترین خطا را در پیش بینی ارتفاع سطح آزاد دارد و این خطا برابر ۰,۰۸۲۵ می باشد. با توجه به موارد ذکر شده به نظر می رسد که استفاده از سناریوی ۶، قانون شزی با ضریب اصطکاک $C=90$ بهترین ضریب اصطکاک برای ایستگاه های ۲ و ۳ است. همچنین سناریوی ۲ بهترین سناریو برای ایستگاه ۴ محسوب می شود. در سه ایستگاه های ذکر شده دقت پیش بینی مدل به دلیل خطاهای وارد شده کمی پایین آمده است. ازجمله این خطاها میتوان به اطلاعات عمق سنجی با دقت ناکافی و مدل سازی بدون در نظر گرفتن دما و شوری و تغییرات آن در دهانه مصب اشاره کرد. نتایج پیش بینی سرعت جریان با توجه به شش تا از سناریوهای گفته شده برای ایستگاه شماره ۳ به عنوان نمونه در شکل (۲) آورده شده است.



شکل ۲: نتایج واسنجی مدل با توجه به شش تا سناریوهای گفته شده برای ایستگاه شماره ۳

ضریب اصطکاک بستر با اندازه ی دانه ها رابطه دارد، هر چه اندازه دانه ها کوچکتر باشد ضریب شزی نیز بزرگتر می شود. با توجه به همجواری مصب مند با خلیج فارس و ریزدانه بودن رسوبات بستر، کارایی سناریوی ۶ با ضریب شزی بزرگ برای ایستگاه های دو و سه دور از انتظار نمی باشد (وزارت نیرو- نشریه شماره ۳۳۱-الف) ولی ایستگاه چهارم به دلیل دوری از دهانه مصب کمتر تحت تاثیر رسوبات دریا و دهانه می باشد و جنس بستر در ایستگاه چهارم متاثر از رسوبات آورده شده توسط رودخانه از بالادست می باشد و همین تغییرات در رسوبات بستر می تواند دلیل عدم کارایی کافی سناریوی ۶ برای ایستگاه چهارم و مناسب بودن سناریوی ۲ برای این ایستگاه باشد (وزارت نیرو- نشریه شماره ۳۳۱-الف).

منابع

[۱] وزارت نیرو. ۱۳۹۰. راهنمای تعیین ضریب زبری هیدرولیکی رودخانه ها نشریه شماره ۳۳۱. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی. ۱۰۶.

- [2].CHENG, R.T.; CASULLI, V. and GARTNER, J.W., 1993. Tidal, Residual, Intertidal Mudflat (TRIM) model and its applications to San Francisco Bay, California. Coastal and Shelf Science, 36: 235-280.
- [3].Dyer, K. R., 1997. Estuaries A physical introduction. institute of marine studies, University of Plymouth, UK. , John Wiley and Sons Ltd. 2nd edition. 195pp.
- [4].Hardisty, J., 2007. Estuaries, Monitoring and Modeling.First published 2007 by Blackwell Publishing Ltd. 157pp.
- [5].ROBINS, E. and DAVIES, G.,2011. Application of TELEMAC-2D and SISYPHE to complex estuarine regions to inform future management decisions. Proceedings of the 8st TELEMAC-MASCARET User Conference, October 19–21, 2011, Chatou, France: 19-25.
- [6].Smolders, S.; Maximova, T.; Vanlede, J.; Teles, M.J., 2014. Implementation of controlled reduced tide and flooding areas in the TELEMAC 3D model of the Scheldt Estuary. Proceedings of the 21st TELEMAC-MASCARET User Conference, 15th-17th October 2014, Grenoble – France: 111-118



مقایسه مؤلفه‌های اصلی کشندی با استفاده از شبیه‌سازی هیدرودینامیکی و مدل‌های جهانی کشندی در خلیج فارس

شاد، احسان^{۱*}، مجیدی نیک، مهیار^۲، جعفرزاده، مهدی^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه قم

۲- کارشناس ارشد فیزیک دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- کارشناس ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران

Ehsan.shad@ymail.com

چکیده

بررسی الگوهای کشندی با استفاده از شبیه‌سازی عددی در عمق و کرانه‌های ساحلی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت سواحل از نیازهای اساسی هر کشور است. از این‌رو هدف از این تحقیق ارزیابی و صحت‌سنجی مدل هیدرودینامیکی سه‌بعدی در خلیج فارس با استفاده از اندازه‌گیری میدانی و مقایسه مؤلفه‌های اصلی کشندی شبیه‌سازی شده و مدل‌های جهانی کشندی است. شبیه‌سازی عددی با استفاده از ماژول هیدرودینامیکی نرم‌افزار مایک انجام شده و با استفاده از اندازه‌گیری میدانی صحت‌سنجی صورت گرفته است. در گام بعدی مؤلفه‌های اصلی کشندی استخراج و با مؤلفه‌های کشندی جداول ادمیرالیتی و مؤلفه‌های مستخرج از جعبه‌ابزار TMD مقایسه شده است. بر اساس نتایج دامنه مؤلفه‌های کشندی به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی در مناطق عمیق تطابق و دقت کمتری با مؤلفه‌های کشندی TMD، جداول ادمیرالیتی نشان داد، این در حالی است که در نواحی ساحلی و کم‌عمق اختلاف کمتری بین مؤلفه‌های متناظر مشاهده شده است

کلید واژه: مؤلفه‌های کشندی، شبیه‌سازی عددی، اندازه‌گیری میدانی، مدل‌های جهانی کشندی، خلیج فارس

۱. مقدمه

بررسی الگوهای کشندی با استفاده از شبیه‌سازی عددی در عمق و کرانه‌های ساحلی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت سواحل از نیازهای اساسی هر کشور است. از این‌رو هدف از این تحقیق ارزیابی و صحت‌سنجی مدل هیدرودینامیکی سه‌بعدی در خلیج فارس با استفاده از اندازه‌گیری میدانی و مقایسه مؤلفه‌های اصلی کشندی شبیه‌سازی شده و مدل‌های جهانی کشندی است. شبیه‌سازی عددی با استفاده از ماژول هیدرودینامیکی نرم‌افزار مایک^۱ انجام شده و با استفاده از اندازه‌گیری میدانی صحت‌سنجی صورت گرفته است. در گام بعدی مؤلفه‌های اصلی کشندی استخراج و با مؤلفه‌های کشندی جداول ادمیرالیتی^۲ و مؤلفه‌های مستخرج از جعبه‌ابزار TMD^۳ مقایسه شده است. این پژوهش از آن جهت نسبت به سایر پژوهش‌های مشابه متمایز است که با استفاده از مدل سه‌بعدی هیدرودینامیکی، اثر باد بر لایه‌های سیال به‌صورت صحیح‌تری اعمال و همچنین برای مقایسه نتایج از منابع مختلفی استفاده شده است.

¹ Admiralty

² Tidal Model Driver

³ Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS)

خلیج فارس به عنوان یک محیط آبی کم عمق، نیمه بسته شناخته می‌شود. این خلیج به طور میانگین حدود ۹۹۰ کیلومتر طول و ۲۴۰ کیلومتر پهنا دارد و بیشترین پهنای آن حدود ۳۳۸ کیلومتر است. مساحت آن در حدود ۲۳۹۰۰۰ کیلومتر مربع بوده و حجم آن با عمق متوسط حدود ۳۶ متر تقریباً ۸۶۳۰ کیلومتر مکعب برآورد می‌شود [۱، ۲]. حرکت آب در خلیج فارس تحت تأثیر سه نیرو است: نیروی کشندی، نیروی باد و تغییرات چگالی [۳]. رینولدز نسبت این سه نیرو ۱۰، ۱ و ۱ می‌داند [۲]. از این رو در این پژوهش دو عامل پراهمیت شامل نیروی کشندی و نیروی باد دیده شده است.

با توجه به اهمیت منطقه خلیج فارس الگوی جریانات کشندی در این منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و تحقیقات زیادی در سال‌های اخیر در این مورد انجام شده است. از جمله سلطان‌پور و همکاران در سال ۲۰۱۶ به بررسی مدل هیدرودینامیکی عددی دوبعدی برای جریان‌های کشندی در خلیج فارس پرداخته و نتایج را با اندازه‌گیری‌های ایستگاه کشندی بندر عسلویه مورد مقایسه قرار دادند و به توانایی بالای مدل عددی دست یافتند [۴].

جوکار و لاری در سال ۱۳۹۵ جریان‌های کشندی را با استفاده از مدل مایک ۲۱، اندازه‌گیری‌های میدانی و مدل جهانی FES در خلیج فارس بررسی کردند. بر اساس نتایج، دامنه‌های کشندی حاصل از نتایج مدل‌سازی عددی و ایستگاه‌های کشند سنجی معلوم شد که بزرگ‌ترین دامنه جزر و مدی مشاهده شده مربوط به مؤلفه کشندی نیم‌روزانه M_2 در بندر قشم (تنگه خوران) حدود ۱۱۵ سانتی‌متر و کوچک‌ترین دامنه کشندی نیم‌روزانه M_2 مربوط به ایستگاه چپ‌رویه در حدود ۳۲ سانتی‌متر است [۵].

گلگون و کرمانی در سال ۱۳۹۵ با استفاده از نرم‌افزار مایک ۲۱ الگوی جریان برای دو بندر عامری و رستمی واقع در سواحل استان بوشهر را مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد، ضریب مانینگ موجود در مدل مایک بر اساس مقایسه خروجی مدل و اندازه‌گیری تراز آب در ایستگاه کنگان مورد صحت سنجی قرار گرفت و مقدار ۶۰ حاصل شد [۶].

طوریان و آزموده اردلان در سال ۱۳۸۹ تغییرات جزر و مدی سطح آب دریای عمان و خلیج فارس را با استفاده از نتایج حاصل از مدل‌سازی کشندی مشاهدات ۱۷ ایستگاه کشندسنج‌های ساحلی و داده‌های ۱۱ سال ماهواره‌ی تاپکس مورد ارزیابی قرار دادند و نقشه‌های سطح متوسط آب و چهار مؤلفه اصلی کشندی k_1 ، M_2 ، S_2 و O_1 تعیین نمودند [۷].

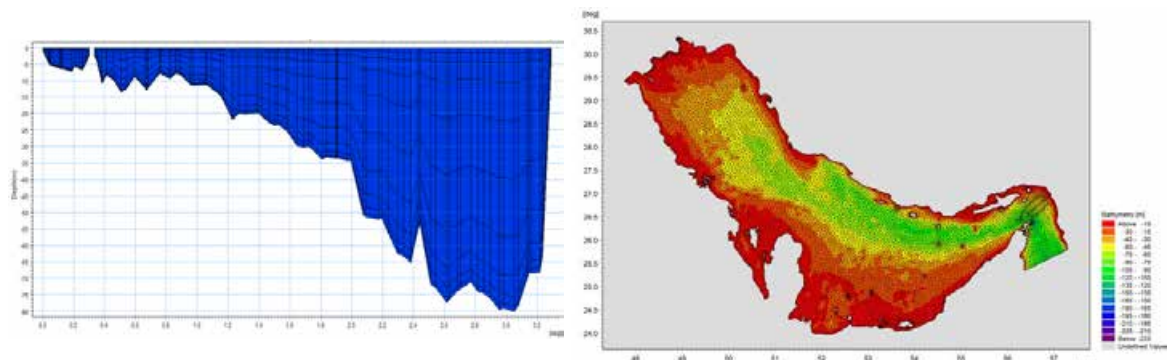
رینولدز در سال ۱۹۹۲ به منظور مطالعه جریان‌های دریایی، از دیگرام‌های برداری تصاعدی حاصله از بردارهای فیلتر شده جریان استفاده نمود. نتایج به دست آمده به خوبی الگوی چرخشی عکس مصبی و ناشی از تراکم را نشان داده و به وضوح الگوی عمومی جریان سطحی ورودی و جریان بستری خروجی را مشخص ساخت. سرعت کلی جریان طولی حدود ۵ سانتی‌متر در ثانیه و سرعت جریان ضعیف عرضی حوضه حدود ۲ سانتی‌متر در ثانیه به دست آمد [۲].

۲. مواد و روش‌ها

جهت شبیه‌سازی سه‌بعدی جریان از ماژول هیدرودینامیک سه‌بعدی نرم‌افزار مایک استفاده شده است. این ماژول بر اساس حل عددی معادلات نویر استوکس متوسط‌گیری شده رینولدز^۴ برای سیال تراکم ناپذیر شامل حل معادلات پیوستگی و تکانه پایه‌گذاری شده است. در صفحه افقی از شبکه‌بندی نامنظم مثلثی با ۶۲۹۵ گره و ۱۱۲۵۶ المان و برای شبکه قائم ۱۰ لایه با استفاده از روش سیگما استفاده شده است. اطلاعات هیدروگرافی سواحل جنوبی از نقشه‌های سازمان جغرافیایی ارتش و همچنین سازمان نقشه‌برداری کشور و برای سایر نقاط از نقشه‌های عمق سنجی GEPCO استفاده شده است. شبکه محاسباتی افقی و قائم در شکل ۱ ارائه شده است. به منظور واسنجی و صحت‌سنجی مدل عددی از اندازه‌گیری میدانی در دو محدوده‌ی زمان متفاوت استفاده شده است. این اندازه‌گیری‌های با دستگاه جریان‌نگار صوتی دوپلری^۵ اندازه‌گیری شده و مربوط به سکوی نفتی فرزاد است. مشخصات نقطه اندازه‌گیری در جدول ۱ ارائه شده است.

⁴ Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)

⁵ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)



شکل ۱: هیدروگرافی و شبکه محاسباتی افقی و قائم مورد استفاده در شبیه‌سازی عددی

جدول ۱: مشخصات نقطه‌ای اندازه‌گیری

شماره	باز زمانی	عمق	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
یک	۲۰۱۳/۰۴/۱۹ تا ۲۰۱۳/۰۵/۳۰	۵۴	۲۸/۱۲۸	۵۰/۰۵
دو	۲۰۱۳/۰۸/۰۶ تا ۲۰۱۳/۰۹/۱۱	۵۴	۲۸/۱۲۸	۵۰/۰۵

شرایط مرزی تراز آب بر اساس مؤلفه‌های اصلی کشندی با استفاده از جعبه‌ابزار نرم‌افزار مایک ۲۱ تولید می‌گردد. بدین منظور شرایط مرزی پس از مقایسه سه منبع مختلف شامل جداول سازمان بنادر و دریانوردی، مؤلفه‌های جداول ادمیرالیتی و مؤلفه‌های مستخرج از جعبه‌ابزار TMD، به‌صورت تراز سطح آب به مدل عددی اعمال شده است. در این پروژه به‌منظور اعمال واداشتهای سطحی از داده‌های هواشناسی مرکز پیش‌بینی متوسط آب‌وهوا اروپا^۶، استفاده شده است.

برای انجام واسنجی مدل به‌صورت منطقی، لازم است ابتدا پارامترهای حساس شناسایی شوند. نتایج حساسیت‌سنجی حاکی از تأثیر بالای ضریب درگ و ضریب زبری بستر بر مدل عددی است. ضریب زبری بستر پس از اعتبارسنجی انجام‌شده برابر ۰/۰۲ متر است. ضریب درگ برای باد کمتر از ۳ متر بر ثانیه برابر ۰/۰۰۱ و برای باد بیشتر از ۷ متر بر ثانیه برابر ۰/۰۰۲ است، همچنین برای سرعت باد بین ۳ و ۷ متر بر ثانیه به‌صورت خطی محاسبه می‌گردد. این روش تجربی اعمال ضریب درگ عموماً نتایج خوبی برای بدنه‌های آبی ارائه می‌دهد [۸، ۹].

۳. نتیجه‌گیری

در این پژوهش از مدل سه‌بعدی مایک استفاده شده تا ضمن شناسایی مؤلفه‌های کشندی اصلی در خلیج فارس، میدان دوبعدی سرعت و جهت جریان بیشینه ناشی از این مؤلفه‌ها بررسی شود. نتایج شبیه‌سازی، پس از اعتبارسنجی هم‌گرایی خوبی با داده‌های میدانی ایستگاه اندازه‌گیری سکوی فرزاد نشان می‌دهد. به‌منظور اعمال شرایط مرزی سه منبع مختلف مورد سنجش قرار گرفت که پس از مقایسه نتایج شبیه‌سازی‌ها با اندازه‌گیری‌های میدانی، مؤلفه‌های جداول ادمیرالیتی، بیشترین همبستگی را داشتند لذا به‌عنوان شرایط مرزی استفاده شده است. برای مقایسه آماری و کمی از عدد بی‌بعد ضریب همبستگی (جدول ۲) و به‌منظور مقایسه کیفی نتایج از مقایسه سرعت جریان شبیه‌سازی شده و مقادیر اندازه‌گیری استفاده شده است (شکل ۲). سرعت جریان در دو جهت شمال و شرق مقایسه شده است تا اثر جهت جریان هم در صحت‌سنجی دیده شود. در ادامه دامنه و فاز مؤلفه‌های کشندی شبیه‌سازی شده، اندازه‌گیری شده و TMD مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت (شکل ۳). بیشینه سرعت و جهت جریان در کل محدوده مورد مطالعه در مدت یک سال محاسبه و در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج حاکی از افزایش سرعت جریان در محدوده تنگه هرمز، تنگه خوران و اطراف جزایر است. مقایسه بین دامنه مؤلفه‌های کشندی اصلی در نقاط کم‌عمق و نقاط عمیق صورت گرفته است. بر اساس نتایج دامنه مؤلفه‌های کشندی به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی در مناطق عمیق تطابق و دقت کمتری با مؤلفه‌های کشندی TMD، جداول ادمیرالیتی نشان داد، این در حالی است که در نواحی ساحلی و کم‌عمق اختلاف کمتری بین مؤلفه‌های

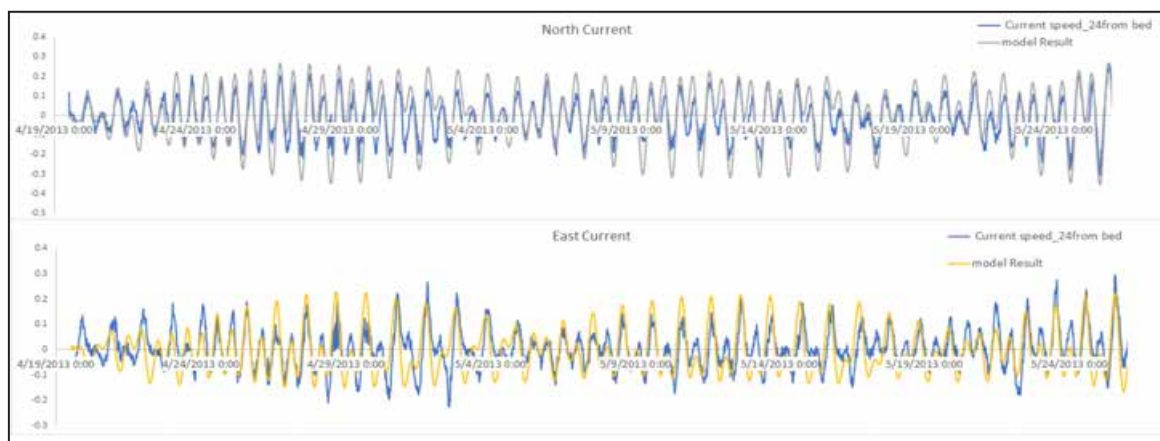
^۶ - Bisphenol A

متناظر مشاهده گردید (شکل ۵). با توجه به تطابق خوبی که بین مدل مایک و ایستگاههای اندازه گیری در خلیج فارس وجود داشت می توان نتیجه گرفت که مدل مایک، مدل مناسب و کاربردی در خلیج فارس است.

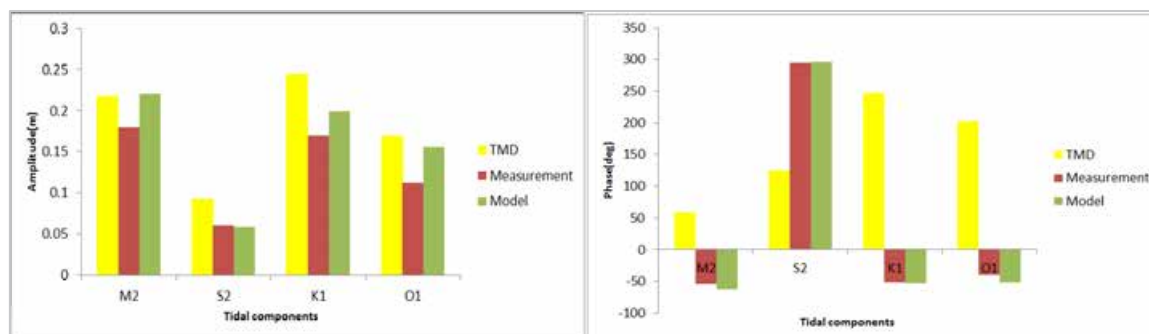
[۱]

جدول ۲: مقایسه آماری سرعت جریان اندازه گیری و سرعت جریان شبیه سازی

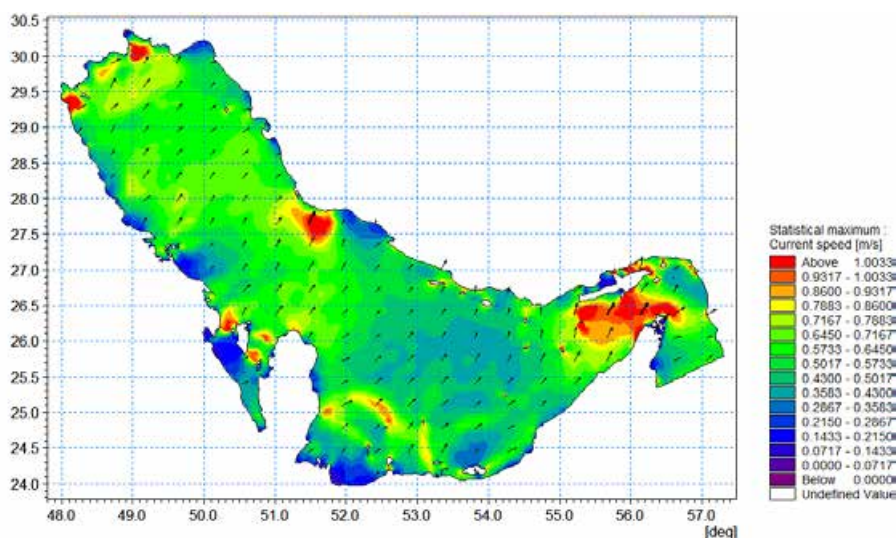
ضریب همبستگی	سرعت شمال (زمان یک)	سرعت شرق (زمان دو)	سرعت شمال (زمان یک)	سرعت شرق (زمان دو)
۰/۸۳۳۴	۰/۸۳۳۴	۰/۶۴۰۲	۰/۸۰۳۴	۰/۸۳۸۴



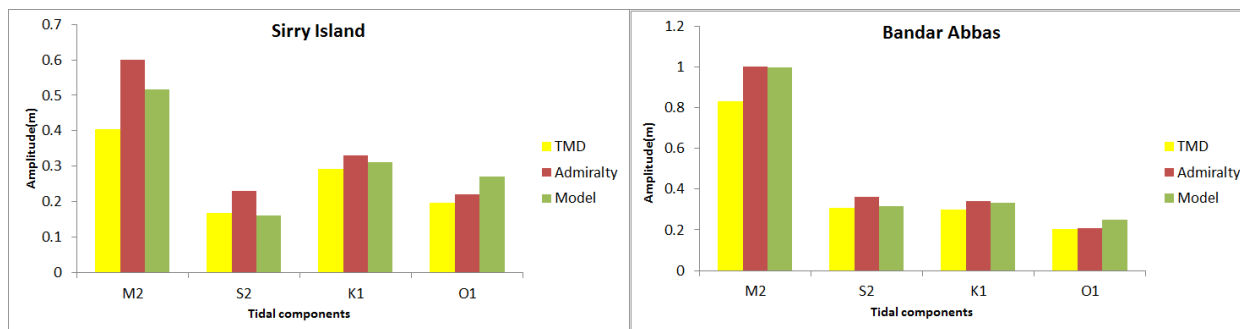
شکل ۲: مقایسه نتایج اندازه گیری و نتایج مدل سازی شده در ایستگاه سکو فرزاد



شکل ۳: مقایسه مؤلفه های اصلی کشندی حاصل از شبیه سازی، اندازه گیری و مدل های جهانی کشند



شکل ۴: الگوی سرعت و جهت جریان بیشینه در مدت یک سال



شکل ۵: مقایسه مؤلفه‌های اصلی کشندی حاصل از شبیه‌سازی، جداول ادمیرالیتی و مدل‌های جهانی کشند

منابع

- [۱] جوکار، م.، لاری، ک.، (۱۳۹۵)، بررسی جریان‌های کشندی با استفاده از مدل **MIKE21** و اندازه‌گیری‌های میدانی و مدل جهانی **FES** در خلیج فارس، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۱۰۰،
- [۲] گلگون، ا. کرمانی، م. (۱۳۹۵)، بررسی الگوی جریان‌های جزرومدی در محدوده بتادر عامری و رستمی واقع در سواحل جنوبی ایران. کنفرانس بین‌المللی سازه، معماری و توسعه‌ی شهری، تبریز- ایران.
- [۳] طوریان، م. ج. و آزموده اردلان. ع. ر. (۱۳۸۹)، مدل‌سازی جزر و مد در دریای عمان و خلیج فارس با استفاده از داده‌های ارتفاع سنجی ماهواره‌ای و تاییدگیج‌های ساحلی. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۶، شماره ۳، صفحه ۱۵-۲۵. ۱۳۸۹

- [4] Chao, S.Y., Kao, T. W. and K. R. Al-Hajri, (1992), A numerical investigation of circulation in the Persian Gulf. J. Geophys. Res., 97,11,219-11,236,.
- [5] Reynolds R. M., (1993), Physical oceanography of the (Persian) Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman – Results from the Mt Mitchell expedition. Pollution Bull, 27:35-59
- [6] Swift, S. A., and Bower, A. S., (2003), Formation and circulation of dense Water in the Persian Gulf, J. Geophys. Res. 108:1-21. 3004,
- [7] Soltanpour, A, Pirouznia, M, Aminjafari, S, Zareian, P, (2016), Persian Gulf and Oman Sea Tide modeling using satellite altimetry and Tide Gauge data (TM-IR01), Geomatic Conference of National Cartography Center of Iran.
- [8] WU, JIN. (1980), Wind stress coefficients over sea surface and near neutral [10]conditions-A revisit, Journal of Physical Oceanography, 10, 727-740.
- [9] WU, JIN. (1994), the sea surface is aerodynamically rough even under light [11]winds, Boundary layer Meteorology, 69, 149-158.7



مطالعه امواج کلون ساحلی در خزر جنوبی به کمک داده‌های ماهواره ای و میدانی

سلمانی قزوینی، زهرا، علی‌اکبری بیدختی، عباسعلی، حق‌شناس، سید عباس، باباگلی متی کلایی، جواد
گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

چکیده

دریای خزر بزرگترین دریاچه جهان می باشد که به سه حوزه شمالی، میانی و جنوبی قابل تقسیم است. این پژوهش به مطالعه امواج کلون در دریای خزر می پردازد که این مهم به کمک داده های ماهواره ایی و ADCP که مربوط به سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۵ در دهانه دلتای سفیدرود، انجام می پذیرد. تحلیل طیفی داده ها نشان می دهد که امواج بلند با دوره های ۲ تا ۱۱ روزه در خزر جنوبی اتفاق می افتد که با توجه به این که مشابه دوره های امواج کلون است احتمالاً مربوط به این امواج می باشد. شایان ذکر است که این دیدگاه به دلیل توپوگرافی خزر جنوبی محکم تر هم می شود. به منظور مطالعه دقیق تر در پژوهش حاضر از داده های ماهواره ایی نیز استفاده شده است تا تغییرات سطح دریای خزر مورد بررسی قرار گیرد که نتایج دقیقاً وجود امواج کلون را تایید می کند به دلیل آن که هر چند روز یک ناهنجاری وارد خزر جنوبی از خزر میانی می شود. در ادامه سایر پارامترهای موج بدست آمده و معادله موج ها و تداخل آن ها نیز بدست آمد. نتایج نشان می دهد که شعاع تغییر شکل راسبی برای این امواج حدود ۸ کیلومتر است این در حالی است که طول موج امواج بین ۱۳۳ تا ۷۰۰ کیلومتر متغیر است

کلیدواژه: خزر جنوبی، تحلیل طیفی داده‌های میدانی، امواج کلون ساحلی، دینامیک امواج، تغییرات شیب سطح دریا

۱. مقدمه

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه جهان بوده که به سه بخش شمالی، جنوبی و میانی قابل تقسیم است، بخش میانی و جنوبی توسط تنگه (sill) آپشوران از هم جدا می‌شوند. آنچه این دریاچه را بسیار منحصر به فرد می‌کند توپوگرافی این دریاچه در خزر جنوبی است که عمق آن به ۱۰۲۵ متر می‌رسد و این در حالی است که عمق این دریاچه در حوزه شمالی و میانی به‌طور حداکثر به ترتیب حدود ۲۰ و ۷۸۰ متر هست [۱] با توجه به این مهم همواره مطالعه دریای خزر برای پژوهشگران کشور ایران و دیگر کشورها به‌عنوان یک موضوعی مهم تلقی می‌شود. بررسی پارامتر فیزیکی و شیمیایی در سراسر سواحل جنوبی خزر (چابک‌سوار و ترابی آزاد، [۲] ۱۳۷۶)، بررسی نقش امواج درونی در ایجاد ساختار لایه‌ای (بیدختی و شکر باغانی، [۳] ۱۳۸۴)، بررسی ساختار دمایی فلات قاره ساحل جنوبی دریای خزر (حاجی‌زاده و غفاری، [۴] ۱۳۸۵)، بررسی نقش واداشت‌های گوناگون در گردش و سرعت جریان‌های سطحی (شیعه و همکاران، [۵] ۱۳۹۴) از آن جمله هستند. توژیلکین و کاساریو (۲۰۰۵)، به بررسی ساختار ترموهالاین و گردش جریان در دریای خزر پرداختند [۶]. ابرایوو همکاران (۲۰۱۰)، یک مدل برهمکنش نیروهای هیدروستاتیکی هوا - دریا برای شبیه‌سازی تغییرات سالیانه گردش آب دریای خزر و نوسان سطح آن ارائه کردند [۷] کارا و همکاران (۲۰۱۰)، به بررسی اثرات آب شیرین در تغییرات فصلی، شوری سطحی و شکل‌گیری جریان‌ها در دریای خزر پرداختند [۸] گوندوز و اوزی (۲۰۱۴) به مدل‌سازی گردش‌های سطحی و ساختار ترموهالاینی در دریای خزر پرداختند [۹]. اگرچه این تحقیقات تمرکز آن روی سطح بیشتر بوده است ولی در پژوهش‌هایی هم به اثرات خاصی که توپوگرافی خزر جنوبی بر روی جریانات دریای خزر می‌گذارد هم به آن اشاره شده است از آن جمله می‌شود به اثرات توپوگرافی روی تغییرات جریانات دریای خزر توسط غفاری و همکاران (۲۰۱۳) [۱۰] و مطالعه جریان آب عمیق در خزر جنوبی که به

دلیل توپوگرافی خزر جنوبی این جریان چگال به دام می‌افتد اشاره کرد (باباگلی و همکاران، ۲۰۱۷) [۱۱]. این پژوهش‌ها نشان دادند که توپوگرافی همواره نقش مهمی در پدیده‌های دریای خزر می‌گذارد و این پدیده‌ها تنها مختص جریان نمی‌شوند و توپوگرافی اثراتی در امواج با پریود بلند هم می‌گذارد که آن‌هم بسیار مهم هستند (غفاری و چگینی، ۲۰۱۳) [۱۲]. موج کلون موجی است با پریود بلند و دامنه کوتاه که موازی با یک مرز ثابت مانند یک کانال عریض با یک خط ساحلی حرکت می‌کند. امواج کلون در سواحل ناشی از اثر کوریولیس و در مناطق استوایی ناشی از اثر β است که گاهی منجر به پدیده‌های جوی-اقیانوسی بارز در حرکات جو و اقیانوس (مثل پدیده النینو) می‌شوند. دو نوع موج کلون داریم (که به آن امواج گرانی به دام افتاده هم می‌گویند) [۱۳ و ۱۴]. پژوهش حاضر به مطالعه و بررسی احتمال وقوع امواج کلون در خزر جنوبی و دینامیک آن می‌پردازد که این مهم به کمک داده‌های میدانی و ماهواره ایی تحقق می‌یابد.

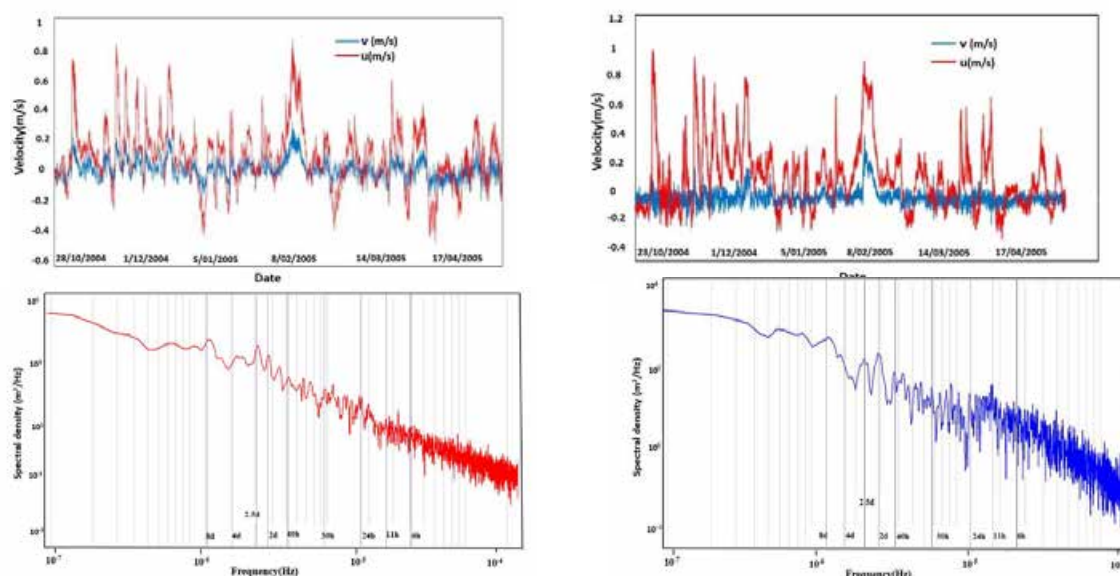
۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. داده‌های استفاده‌شده

در این پژوهش از داده‌های ADCP حاصل از اندازه‌گیری فاز سوم پژوهشگاه علوم اقیانوس‌شناسی و جوی که در بخش غربی جنوب دریای خزر (در آب‌های استان گیلان در حفاصل دهانه سپیدرود و بندرانزلی) در فاصله زمانی آبان (نوامبر) ۲۰۰۴ تا اردیبهشت (می) ۲۰۰۵، استفاده شد. اندازه‌های میدانی جریان، توسط جریان‌سنج RCM9 در سه مورینگ در عرض فلات قاره در نقاطی که دارای اعماق ۲۰ متر، ۵۰ متر و ۲۰۰ متر اندازه‌گیری شده‌اند [۱۵]. به‌منظور بررسی تغییرات سطحی ایجادشده در خزر جنوبی از داده‌های تغییرات سطحی به کمک داده‌های ماهواره‌ای مربوط به ماهواره AVISO مربوط به سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ مورد استفاده قرار گرفته است.

۲-۲. تحلیل داده‌ها و بحث

در گام اول به کمک داده‌های ADCP در سه عمق نمودار تغییرات مؤلفه u و v برحسب زمان در سه عمق ترسیم شده است. در گام بعدی به کمک داده‌ها و به کمک نرم‌افزار Dadisp، سری‌های زمانی جریان و طیف چگالی جریان (به تفکیک مؤلفه u ، v) مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱: سری زمانی تغییرات مؤلفه‌های سرعت در عمق ۵۰ (بالا، سمت چپ) و ۲۰۰ متر (بالا، سمت راست) و نیز چگالی طیفی جریان‌های موازی ساحل (پایین، نمودار قرمز) و جریان‌های عمود بر ساحل (پایین، نمودار آبی) در عمق ۵۰ متر.

با تجزیه و تحلیل این نمودارها می‌شود به نتایج جالبی رسید. نکته قابل‌مهم این است که در همه عمق‌ها مؤلفه‌ی u از v سرعت بیشتر است و حدود یک متر بر ثانیه و دو برابر مؤلفه v سرعت هست. با توجه به تجزیه و تحلیل همه نمودارها (شکل ۱) مشخص می‌شود که رفتار ستون شاره در همه عمق‌ها رفتار کاملاً باروتروپیکی از خود نشان می‌دهد. با تجزیه و تحلیل نمودار چگالی طیفی نکته قابل‌توجه این است که پریودهای غالب خزر جنوبی ۶، ۱۱، ۲۴، ۳۸، ۴۸، ۶۰، ۱۹۲، ۲۶۴ ساعت است. حال با توجه به این نکته که امواج کلونین دارای پریودهای ۲ تا ۳ هفته‌ای می‌باشد. دوره‌های غالب شامل ۴۸، ۶۰، ۱۹۲ و ۲۶۴ ساعت به پریود امواج کلونین بسیار شبیه است. این دیدگاه با بررسی تغییرات ناهنجاری‌ها سطح دریا که با بررسی داده‌های AVISO انجام گرفته این مهم را کاملاً حمایت می‌کند. تحلیل داده‌های ماهواره ایی نشان می‌دهد که یک ناهنجاری‌هایی هرچند روز در دریای خزر از خزر میانی وارد شده و پس از حرکت موازی سواحل ایران با پریودهای مشابه با داده‌های میدانی در سواحل شرقی خزر جنوبی ناپدید می‌شوند. این ناهنجاری دارای شیب بالا در سواحل ایران که هرچقدر از سواحل دورتر می‌شود دارای مقداری کمتر می‌شود که در تطابق با نظریه وجود امواج کلونین است (شکل ۲).

۲-۳. دینامیک جریان

معادلات حاکم بر امواج کلونین ساحلی و معادله پیوستگی به صورت روابط ۱ است [۱۲ و ۱۳].

$$\frac{\partial u}{\partial t} - fv = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} \quad (۱)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fu = -g \frac{\partial \eta}{\partial x}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + H \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = 0$$

با فرض یک حل سینوسی و با توجه به این که حل این معادله به صورت میرایی از طرف ساحل به طرف دریا خواهد بود معادله شیب سطح دریا یا معادله موج کلونین عبارت است:

$$\eta = Ae^{-y/R} \cos(kx + \omega t) \quad (۲)$$

R که همان شعاع تغییر شکل راسی هست و معیاری از مقیاس عرضی میرایی موج در نوار ساحلی است.

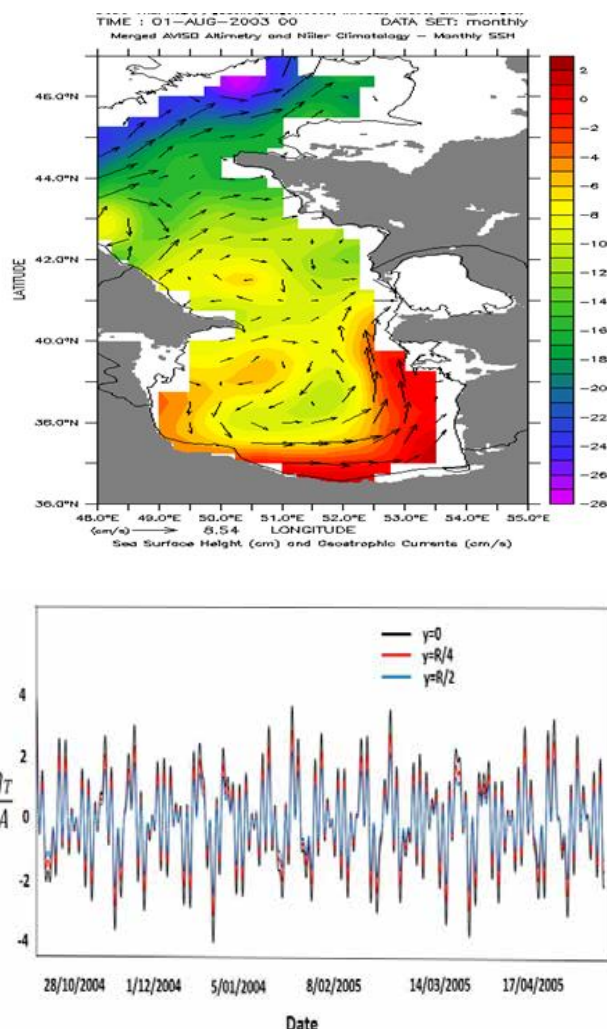
C سرعت گروه، k عدد موج و با توجه به عمق این سیال حدود $H=200$ m و به این دلیل که در دور از سواحل ایران رفتار سیال تا حدودی باروکلینیک می‌شود و نیز این مد مهم می‌شود به منظور محاسبه سرعت از گرانی کاهش یافته استفاده شده است و به صورت یک مدل دو لایه آب‌های خزر در نظر گرفته شده و حدود 0.003 متر بر مجذور ثانیه گرانی کاهش یافته تخمین زده شده و در نتیجه سرعت حدود 0.77 متر بر ثانیه بدست آمده و با کمک آن شعاع تغییر شکل راسی حدود 8 کیلومتر تخمین زده می‌شود. مشخصه‌های دیگر هر موج در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: پارامترهای امواج کلونین با دوره‌های مختلف

$T(h)$	$\omega \text{ (rad/s)} \times 10^{-5}$	$k \times 10^{-5}$	$\lambda(km)$
۴۸	۳٫۶	۴٫۷۲	۱۳۳
۶۰	۲٫۹	۳٫۷	۱۶۶
۱۹۲	۰٫۹۱	۱٫۱۸	۵۳۲
۲۶۴	۰٫۶۶	۰٫۸۵	۷۳۱

حال با توجه به این که در این پژوهش ۴ پریود برای امواج کلونین به دست آمده و به این صورت ۴ سرعت زاویه‌ای به دست می‌آید. با کمک روابط موجود معادله چهار موج نوشته و معادله تداخل این امواج به دست آمده است و با این فرض که دامنه چهار موج تقریباً برابر و نیز مکان جریان سنج

مبدأ مختصات در نظر گرفته شده است و به فاصله‌های مختلف از ساحل خزر جنوبی نمودارهای η برحسب زمان (η با A بی‌بعد شده است، شکل ۲).



شکل ۲: سری زمانی تغییرات شیب سطح دریا با تداخل امواج کلونین با پریودهای مختلف که با دامنه بی‌بعد شده است (سمت راست) که در سه نقطه به فاصله مختلف از ساحل ایران بر اساس نسبت‌هایی از شعاع تغییر شکل راسی رسم شده است و سمت چپ تغییرات شیب سطح دریا در دریای خزر به کمک داده‌های AVISO.

۳. نتیجه‌گیری

اگرچه در پژوهش‌های گذشته به نقش توپوگرافی بر روی جریان‌های دریای خزر اشاره شده است این پژوهش هم به این نقش و شکل سواحل تأکید می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که با بررسی سرعت جریان‌ها به تفکیک مؤلفه (u و v) برحسب زمان، درمی‌یابیم که در همه اعماق، سرعت مؤلفه u از مؤلفه v بیشتر است. با توجه به داده‌های جریان و خصوصیات نوسانات آن‌ها از جمله پریودهای ۱۱، ۸ و ۲/۵ روزه در فصول بهار، پاییز و زمستان و یکنواختی جریان‌ها در عمق، به نظر می‌رسد امواج بلند با پریود چند روز در منطقه غربی ساحل جنوبی دریای خزر از نوع امواج باروتروپیک (نزدیک ساحل) و شبیه امواج کلونین است (البته مد باروکلینیکی نیز مهم است مخصوصاً در دور از سواحل [۱۶]); زیرا امواج کلونین دارای پریودهای چند روزها ۲ یا ۳ هفته است. نتایج نشان می‌دهد سرعت گروه امواج حدود ۰٫۷۷ متر بر ثانیه و دارای شعاع تغییر شکل راسی حدود ۸ کیلومتر تخمین زده شد. مطالعه تغییرات سطح به کمک داده‌های ماهواره ایی نشان می‌دهد که ناهنجاری‌هایی از خزر میانی وارد و سپس پس از حرکت در موازات ساحل ایران ناپدید می‌شود که بسیار به رفتار امواج کلونین و نتایجی که با تحلیل طیفی همخوانی خوبی دارد.

با توجه به آنچه در پژوهش‌های گذشته به نقش توپوگرافی بر روی جریانات اشاره و در این پژوهش هم به این نقش در تشکیل امواج کلونین تأکید شد. از این‌رو اگرچه در سال‌های اخیر موسسه اقیانوس‌شناسی ایران اندازه‌گیری خوبی در خزر جنوبی انجام داده است ولی هنوز هم یک

اندازه‌گیری جامع در کل حوزه دریای خزر مطالبه همه پژوهشگران هست و این اندازه‌گیری باید با همکاری همه‌ی کشورهای همسایه باشد. این اندازه‌گیری باید در کل حوزه و مخصوصاً در اعماق خزر جنوبی باشد و پیشنهاد می‌شود دستگاه ADCP روی تنگه آپشوران و نیز عمود به ساحل ایران در شیب فلات قاره باشد تا جریانات عمیق دریای خزر را مورد مطالعه قرار گیرد.

پژوهش‌ها دیگر نشان می‌دهد که جریاناتی در اعماق دریای خزر شکل گرفته به دلیل حرکت از روی تنگه آپشوران که سکوها نفتی بسیار در این ناحیه متمرکز است آلودگی‌های بسیاری را به قسمت‌های عمیق دریای خزر حمل می‌کند. و به دلیل توپوگرافی خاص این نواحی، این آلودگی‌ها در اعماق می‌تواند مشکل ساز شود. بنابراین این اندازه‌گیری‌ها در درک درست از جریانه‌های عمیق‌تر می‌تواند مهم باشد.

منابع

- [۱]-چابک‌سوار، ج. و ترابی آزاد، م.، ۱۳۷۶. مطالعه تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی سواحل جنوبی دریای خزر، هشتمین گردهمایی ارگان‌های دریایی کشور و اولین کنفرانس نقش صنایع دریایی در صنعت حمل‌ونقل، ۲۶-۲۷ تیرماه، نکاح، ۲۳-۱۵.
- [۲]-شکریباغانی، ا. و علی اکبری بیدختی، ع. ع.، ۱۳۸۴. "نقش امواج درونی در ایجاد ساختار لایه‌ای در جریان‌های تبدیلی شناوری بین دو حوزه دریایی بسته (حوضچه‌های جنوبی و میانی خزر)"، مجله پژوهش فیزیک ایران، جلد ۵ شماره ۴، ص ۲۱۳-۲۲۴.
- [۳]-حاجی‌زاده ذاکر، ن. و غفاری نوران، پ.، ۱۳۸۵. ساختار حرارتی فلات قاره ساحل جنوبی دریای خزر در منطقه بابلسر در استان مازندران، ایران، هفتمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، تهران، سازمان بنادر و کشتی‌رانی.
- [۴]-شیعه، م.، علی اکبری بیدختی، ع. و چگینی، و.، ۱۳۹۴. تعیین اثر واداشت‌های مهم برگردش دریای خزر با استفاده از شبیه‌سازی عددی، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۹، شماره ۳، صفحه ۱۱۸-۱۴۲.
- [5]. Rodinove, S., 1994. "global and regional climate interaction : the Caspian sea experience , " Kulwer academic publisher.
- [6].-Tuzhilkin, V.S.; Kosarev, A.N., 2005. Thermohaline structure and general circulation of the Caspian Sea waters. In: Caspian Sea Environment. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Handbook of Environmental Chemistry.
- [7].-Ibrayev, R., Ozsoy, E., Sherum, C and Sur, H.I., 2010. "Seasonal variability of the Caspian Sea three-dimensional circulation sea level and air-sea interaction", Ocean Science., No.6, pp.311-329.
- [8].-Kara, A.B., Wallcraft Alan.J and Metzger E.J., 2010. "Cunduz Murat, Impacts of freshwater on the seasonal variations of surface salinity and circulation in the Caspian Sea", Continental Shelf Research. No. 30, pp. 1211-1225.
- [9].-Gunduz, M., Özsoy, E., 2014. "Modelling Seasonal Circulation and Thermohaline Structure of the Caspian Sea", Ocean Science. 11, 259-292.
- [10].- Ghaffari, P., Isachsen, P. E., & LaCasce, J. H., 2013. "Topographic effects on current variability in the Caspian Sea". Journal of Geophysical Research: Oceans, 118(12), 7107-7116.
- [11].-Babagoli, J., Bidokhti, A.A. and Shieh, M., 2017. "Some aspects of the deep abyssal overflow between the middle and southern basins of the Caspian Sea". Ocean Sci. Discuss., doi: 10.5194/os-2016-87, 2017.
- [12].-Ghafari, P., Chegini, V., 2009. "Acoustic Doppler Current profiler observations in the Southern Caspian Sea shelf currents and flow field off Freidoonkenar Bay", Ocean science. No.6, pp.3019-3053.

[۱۵] - علی‌اکبری بیدختی، ع.ع.، ۱۳۸۳. "مبانی دینامیک شاروها"، انتشارات دانشگاه تهران.

[14].- Vallis, G. K. (2006). Atmospheric and oceanic fluid dynamics. Cambridge University Press.

Gill. A. E. (1982). Atmosphere –Ocean dynamics. Academic Press, New York, 662 pp



بررسی حساسیت انرژی کشندی به تغییرات اصطکاک بستری در خلیج چابهار

رشیدی ابراهیم حصاری، اکبر، ربیعی، حسن

فیزیک دریا، علوم دریایی، تربیت مدرس، نور، ایران
miladrhime@yahoo.com

چکیده

دریای خزر بزرگترین پهنه آبی بسته دنیا دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشد. باد بعنوان یکی از پارامترهای مطالعه ویژگی‌ها و تغییرات حائز اهمیت می‌باشد. لذا تغییرات زمانی و مکانی سبب تغییر در صحت و دقت منابع مختلف آن می‌شود. بنابراین در مطالعه حاضر هدف ارزیابی و همخوانی منابع مختلف ECMWF و ماهواره‌های QuickScat و RapidScat در خلال زمان ماموریت این ماهواره‌ها به ترتیب از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ می‌باشد. بنابر نتایج حاصله تغییرات ماهانه و مکانی بر صحت و همخوانی داده‌ها اثر دارد. در نهایت همخوانی مکانی داده‌های موجود برای سه بخش دریای خزر ارزیابی شد که در بخش شمال با ضریب تغییرات ۵۹/۰ کمترین مقدار و در بخش میانی با ضریب تغییرات ۸۵/۰ بیشترین همخوانی را دارا می‌باشد

کلید واژه: خلیج چابهار، مدل QOUDDY-4، ضریب اصطکاک بستری، انرژی باروتروپیک کشندی

۱. مقدمه

امروزه با پیشرفت بشر استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث ایجاد مسائل و مشکلات زیادی در سطح جهان شده است. به همین دلیل در کنار تلاش برای حداکثر صرفه‌جویی، مهمترین موضوع جایگزینی این منابع انرژی با انرژی‌های نو و تجدید پذیر است. یکی از مهمترین و قابل استفاده‌ترین این منابع، انرژی ناشی از کشندهای اقیانوسی می‌باشد. در بررسی انرژی کشند در کنار توجه به دامنه و انرژی جنبشی ذرات آب، تنش بستری نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. در واقع تنش بستری نه تنها مسئول دگرش انرژی کشندی و انعکاس امواج کشندی می‌باشد، بلکه نقش بسزایی را در تشکیل شکل‌های گوناگون بستر و مورفودینامیک سواحل، همچنین تغییرات دراز مدت مورفودینامیکی ایفا می‌کند [۱].

خلیج نعلی شکل چابهار در جنوب ایران در مجاورت مرز ایران و پاکستان واقع شده است. این خلیج بزرگترین خلیج ایران در دریای عمان با عرض ۱۳/۵ کیلومتر و طول ۱۷ کیلومتر در جهت جنوبی شمالی می‌باشد [۲]. عمق آب در بیرون خلیج چابهار در حدود ۳۰ متر و دامنه‌ی کشندی ۱/۷ متر است [۳]. خلیج چابهار دارای سواحل کم ژرفا است و با ایجاد جریان‌ات کشندی، مقدار پیشروی و پسروی آب در ساحل قابل توجه است.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بازتولید انرژی کشندی از مدل غیر خطی سه بعدی اجزای متناهی QOUDDY-4 استفاده شده است. در این مطالعه با افزودن یک مدول مجزا برای محاسبه‌ی ضریب اصطکاک بستری با استفاده از روش Kagan بر اساس قوانین سه‌گانه‌ی جریان مرزی تلاطمی چرخان بر روی سه نوع بستر هموار، نیمه هموار و ناهموار تغییراتی در ساختار مدل اصلی اعمال شده است [۴] و [۵]. برای بستر هموار، ضریب اصطکاک از رابطه‌ی ۱ محاسبه می‌شود.

$$\frac{1}{2} \left[A^2 + \left(B + \lg 2^{-3/2} \kappa + \sqrt{\frac{(2^{3/2} \kappa / 2.3)^2}{(4\sqrt{f_w})^2} - C^2} \right)^2 \right]^{1/2} = \frac{1}{2} (\lg 2^{-3/2} \kappa + 0.20) - \lg \frac{1}{4\sqrt{f_w}} - \lg \left(1 + \frac{f}{\sigma} \right)^{1/2} + \lg \sqrt{\text{Re}} \quad (1)$$

در اینجا f_w فاکتور اصطکاک، $\text{Re} = U_\infty^2 / \sigma \nu$ عدد رینولدز، U_∞ دامنه‌ی سرعت خارج از لایه‌ی مرزی بستر، σ و f بسامد کشندی و لختی، $A = 0.92$ ، $B = 1.33$ و $C = 2.19$ اعداد ثابت و $\kappa = 0.4$ ثابت فون کارمن می‌باشند [۶].

دامنه و فاز چهار مؤلفه‌ی کشندی M_2 ، S_2 ، K_1 و O_1 در مرز باز از بانک داده‌ای ابزار Tide Model Driver (TMD) استخراج شدند. این ابزار یک پکیج متلب برای دسترسی به ترکیبات هارمونیک برای مدل‌های کشندی با گستره‌ی وسیع جغرافیایی، پیش‌بینی ارتفاع کشند و جریان کشندی است و زیر مجموعه‌ی بانک اطلاعاتی دانشگاه اورگان می‌باشد و مبتنی بر داده‌های ترازسنجی ماهواره‌ی تاپیکس/پوزیدون تهیه شده است [۸]. شبکه‌ی محاسباتی افقی با استفاده از نرم افزار کد باز EMS ایجاد شد. این شبکه دربرگیرنده ۲۶۲۰ گره با فواصل متفاوت و ۵۰۴۱ جزء مثلثی می‌باشد. فاصله بین نقاط از ۳۲ متر در نزدیک سواحل تا ۲ کیلومتر در مناطق دور از ساحل متغیر است. در راستای قائم نیز محیط به ۴۱ لایه تقسیم شده است. با توجه به شبکه محاسباتی و توپوگرافی منطقه، گام زمانی ۵ ثانیه انتخاب شد.

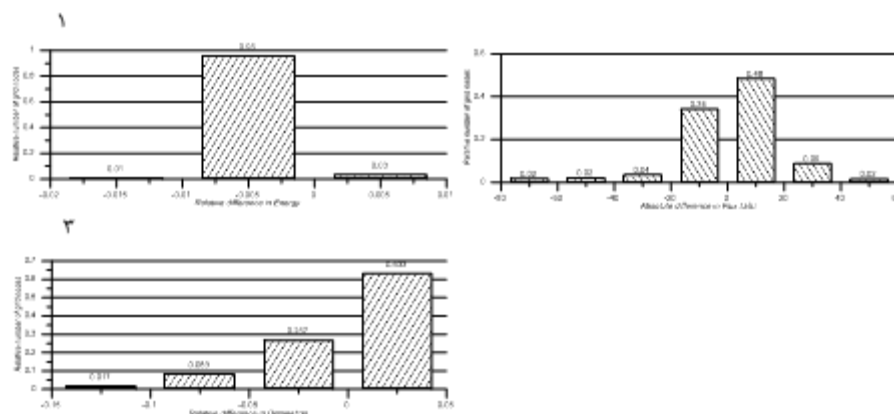
۳. نتایج

مقایسه نتایج حاصل از انجام شبیه‌سازی‌های عددی صورت گرفته به ازای ضریب اصطکاک ثابت و متغیر، نشان می‌دهد که تغییرات نسبی انرژی برآورد شده در حالت ضریب متغیر اصطکاک بستری از $1/9$ تا $1/10$ درصد نسبت به حالتی که این ضریب ثابت در نظر گرفته شود را شامل می‌شوند. بر اساس نمودار شکل ۱-۱، در ۹۰ درصد نقاط تغییرات انرژی در دو حالت ذکر شده بین -0.009 و -0.004 است.

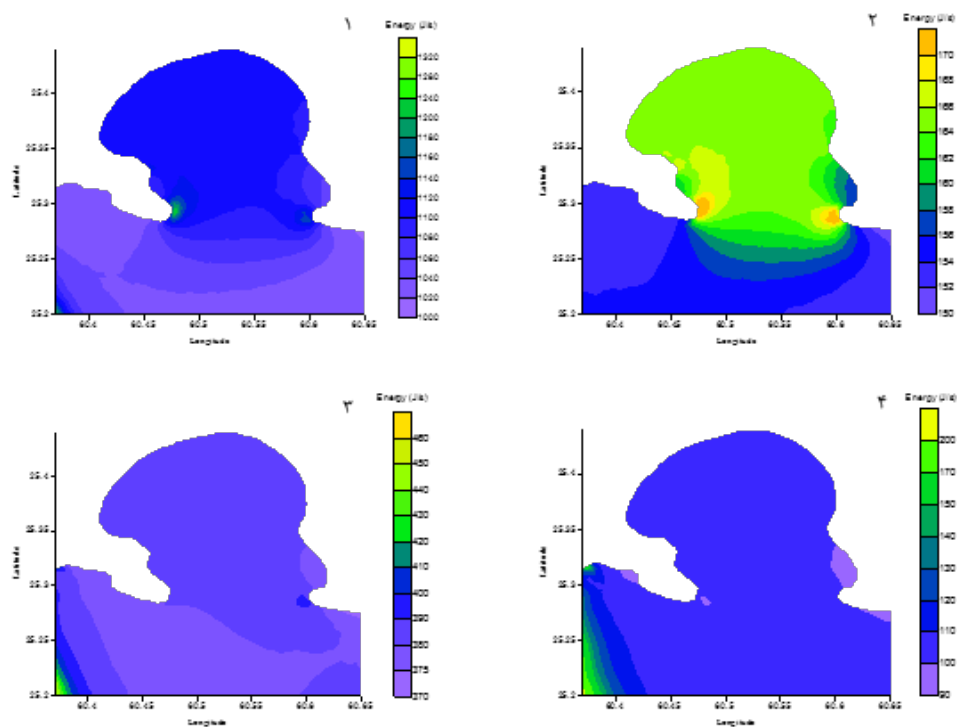
اختلاف شار انرژی برآورد شده به ازای ضریب اصطکاک بستری ثابت و متغیر در ۸۲ درصد از نقاط محیط بین 20 تا 20 ژول بر ثانیه است. قدرمطلق این اختلاف در نقاط معدودی به بیش از 50 ژول بر ثانیه می‌رسد (شکل ۲-۱). اختلاف نسبی اتلاف انرژی نیز برای دو حالت ذکر شده در $63/3$ درصد از نقاط محیط بین 0 و 5 درصد است (شکل ۳-۱).

شکل ۱-۲ انرژی را برای مؤلفه‌ی M_2 نشان می‌دهد. مقدار انرژی 1000 ژول بر ثانیه در خارج از خلیج چابهار و 1529 ژول بر ثانیه در ساحل غربی ورودی خلیج است. توزیع مکانی انرژی در این خلیج نشان می‌دهد که مقدار انرژی در سواحل ورودی خلیج و منطقه‌ی عمیق‌تر خارج از خلیج بیشترین مقدار را دارد. ترسیم انرژی مؤلفه‌ی S_2 در نقاط مختلف خلیج (شکل ۲-۲) نشان می‌دهد که بازه‌ی تغییرات انرژی این مؤلفه‌ی کشندی بین 150 ژول بر ثانیه در منطقه‌ی عمیق‌تر خارج از خلیج چابهار و $180/2$ ژول بر ثانیه در سواحل شرقی و غربی ورودی خلیج است. انرژی کشند مؤلفه‌ی K_1 در نقاط مختلف خلیج در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که بازه‌ی انرژی برای این مؤلفه‌ی کشندی بین 370 تا $540/5$ ژول بر ثانیه در نقاط عمیق‌تر خارج از خلیج متغیر است. مقدار انرژی در درون خلیج تقریباً ثابت می‌باشد. در شکل ۴-۲ انرژی مؤلفه‌ی O_1 نمایش داده شده است. بر اساس آنچه از این شکل بر می‌آید، انرژی این مؤلفه‌ی کشندی بین $220/3$ تا 90 ژول بر ثانیه در نقاط عمیق‌تر خارج از خلیج است. مقدار انرژی این مؤلفه نیز در درون خلیج تقریباً ثابت است. شکل ۱-۳ اتلاف انرژی برای مؤلفه‌ی M_2 را نشان می‌دهد. کمترین مقدار اتلاف انرژی در نقاط عمیق‌تر خارج از خلیج چابهار و منطقه منتهی به سواحل شمالی رخ می‌دهد. بیشترین مقدار اتلاف نیز در سواحل شرقی و غربی ورودی خلیج مشاهده می‌شود. ترسیم اتلاف انرژی مؤلفه‌ی S_2 ، K_1 و O_1 در نقاط مختلف خلیج (شکل‌های ۲-۳ تا ۴-۳) نشان می‌دهد که در قسمت عمده‌ای از خلیج اتلاف بین صفر تا 0.0002 ژول بر ثانیه است. اگر چه توزیع مکانی اتلاف انرژی کشند مؤلفه‌های S_2 و K_1 در نقاط مختلف خلیج (شکل‌های ۲-۳ و ۳-۳) تقریباً به هم شباهت دارند اما مقدار اتلاف در مؤلفه‌ی S_2 بسیار کمتر از اتلاف در مؤلفه‌ی K_1 است. با استفاده از توزیع مکانی شار انرژی هر یک از مؤلفه‌ها می‌توان به انرژی باروتروپیک کشندی در خلیج چابهار پی برد. با توجه به شکل‌های ۱-۴ تا ۴-۴ می‌توان اظهار کرد که بیشترین مقدار شار انرژی برای تمامی مؤلفه‌ها در نقاط دور از سواحل می‌باشد. این شکل‌ها نشان می‌دهند که توزیع شار در خلیج یک جریان شار پادساعتگرد در درون خلیج ایجاد می‌کند. همچنین در ورودی خلیج به علت تداخل شار ورودی و خروجی انحراف در جهت شار مشاهده می‌شود.

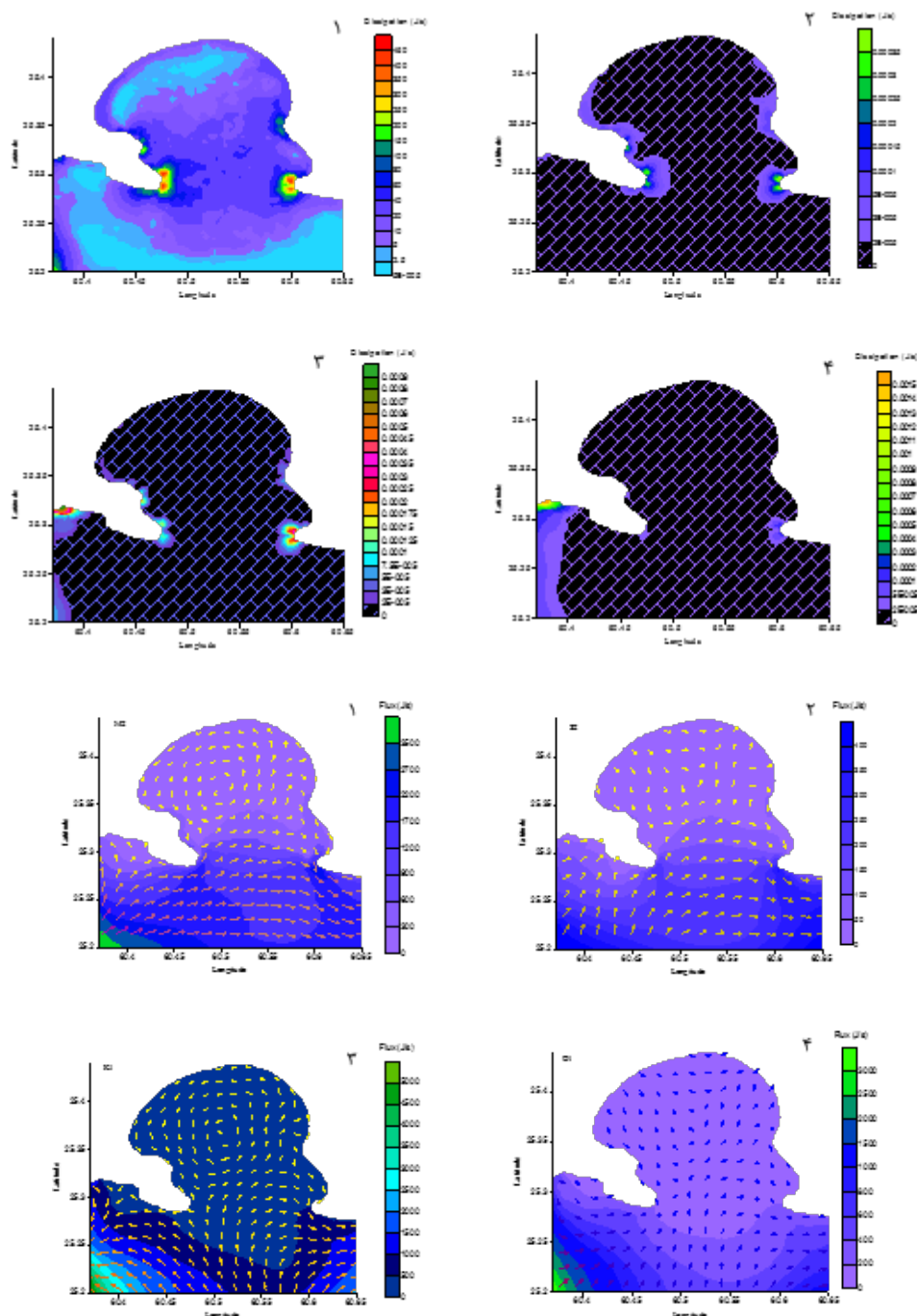
شکل‌ها و نمودارها:



شکل ۱: اختلاف مطلق نسبی انرژی، شار و اتلاف به ازای ضریب اصطکاک ثابت و متغیر برای مؤلفه‌ی M2



شکل ۲: شار انرژی و جریان کشندی برای مؤلفه‌های کشندی O1 و K1، S2، M2



شکل ۳: شار انرژی و جریان کشندی برای مؤلفه‌های کشندی M_2 , S_2 , K_1 و O_1

۳. نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از نسخه‌ی اصلاح شده‌ی مدل هیدرواستاتیک غیر خطی سه بعدی اجزای متناهی QOUDDY-4، انرژی چهار مؤلفه‌ی O_1 و K_1 ، S_2 ، M_2 مورد بررسی قرار گرفتند. اصلاحات انجام شده شامل افزودن مدول محاسبه‌ی ضریب اصطکاک بستر مبنی بر اساس قانون اصطکاک Kagan در مدل QOUDDY-4 می‌شود. دامنه و فاز ورودی مدل در مرز باز با استفاده از ابزار TMD به دست آمدند. نتایج نشان دادند که مقدار انرژی بارتروپیک مؤلفه‌ی M_2 بیشتر از K_1 ، K_1 بیشتر از O_1 است و S_2 کمترین مقدار را دارد. همچنین این نتایج اتلاف انرژی را برای مؤلفه‌ی M_2 بیشترین مقدار و برای S_2 کمترین مقدار به دست دادند. بر اساس نتایج مقدار چگالی شار انرژی از بیشترین به کمترین به ترتیب مربوط به مؤلفه‌های O_1 ، M_2 ، K_1 و S_2 می‌باشد. ضمناً می‌توان گفت بیشترین مقدار شار انرژی در مناطقی با بیشینه دامنه رخ می‌دهد که اتلاف انرژی در آنجا کمینه است.

منابع:

- [1] Marchuk, G.I., Kagan, B.A. (1991), Dynamics of Ocean Tides Translated from the 1983 Russian edition, Gidrometeoizdat Leningrad, 472 P.
- [2] Shankar, D., Vinayachandran, P.N., Unnikrishnan, A.S. (2002), The monsoon currents in the north Indian Ocean, Progress in oceanography, 52 (1), 63-120.
- [3] Hassannezhad, M., Soltanpour M., Haghighi H. (2011), 2D Hydrodynamic Modeling and Measurements of Chabahar Bay, Journal of Coastal Research, Spatial Issue (64), 1043-1047.
- [4] Kagan, B.A. (2003), On the resistance law for an oscillatory, rotating, rough turbulent flow, Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics, 39(6), 754-757.
- [5] Kagan, B.A. (2005) On the resistance law for an oscillatory rotating turbulent bottom boundary layer over incompletely rough and smooth surfaces. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 41(4), 768-774.
- [8] Padman, L., Erofeeva, S. (2005), Tide Model Drive (TMD) Manual, Earth & Space Research Institute, Seattle, 13p.

مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی اقیانوس‌شناسی غرب آسیا
۸ و ۹ آبان‌ماه ۱۳۹۶ (ایران - تهران)



شناسایی امواج درونی در خلیج فارس

دلدار، حامد*، حیدری، امیر

مرکز مطالعات محیطی، سازمان جهاد، تهران، ایران
h.deldar@inio.ac.ir

چکیده

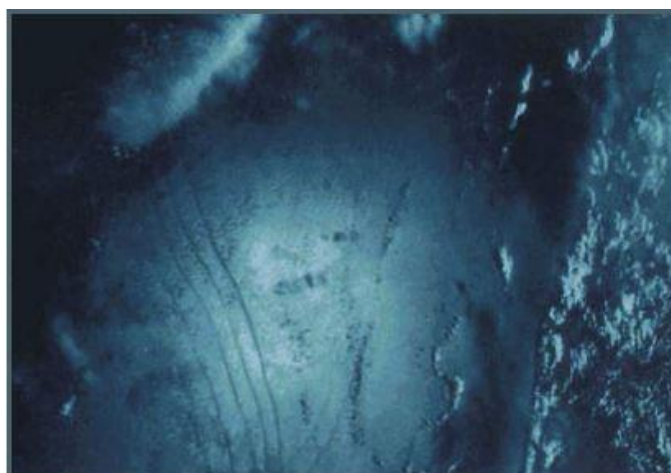
همان‌طور که در سطح دریا امواج وجود دارند، در داخل دریا و بین لایه‌های با چگالی متفاوت نیز ممکن است امواج تشکیل شوند که امواج درونی نامیده می‌شوند. وجود امواج درونی را می‌توان با ابزار سنجش از راه دور به خصوص تصاویر ماهواره ای شناسایی کرد. هدف اصلی این مطالعه شناسایی امواج درونی خلیج فارس با استفاده از تصاویر ماهواره لندست میباشد. برای این منظور پس از جمع‌آوری تصاویر ماهواره‌ای از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، روش استخراج لبه و الگوریتم canny استفاده شد و امواج درونی مشخص شدند. تصاویر جمع‌آوری شده دارای ویژگی Sun glint بودند که در پردازش تصویر بسیار اهمیت دارد. امواج درونی به دست آمده که اغلب در اطراف جزیره سیری بودند دارای ابعادی به طول ۳ تا ۲۲ کیلومتر بودند. با توجه به نتایج به دست آمده میتوان گفت که امواج درونی در خلیج فارس با تراکم نسبتاً بالایی تشکیل میشوند و با توجه تغییرات عمق منطقه خلیج فارس مهمترین عامل تشکیل این امواج عبور جریان‌ات جزر و مدی بر روی بستر خلیج فارس میباشد همچنین میتوان گفت که با استفاده از روش استخراج لبه در تصاویر ماهواره‌ای لندست امواج درونی در خلیج فارس به خوبی قابل شناسایی هستند. زیرا لبه مهم‌ترین ویژگی برای اطلاعات هر شیء در تصویر است

کلید واژه: امواج درونی، خلیج فارس، لندست، تصاویر ماهواره ای، الگوریتم لبه

۱. مقدمه:

همان‌طور که در سطح دریا امواج وجود دارند، در داخل دریا و بین لایه‌های با چگالی متفاوت نیز ممکن است امواج تشکیل شوند که امواج درونی نامیده می‌شوند. دلیل تشکیل امواج درونی تفاوت چگالی و به وجود آمدن گرادیان فشار هیدرواستاتیکی ناشی از گرانش زمین است [۱].

اولین بار امواج درونی که به واسطه‌ی حرکت کشتی ایجاد شده بود، توسط اکمن در سال ۱۹۰۴ شناسایی شد [۲]. امواج درونی به دلایل زیادی ایجاد می‌شوند که مهمترین عامل عبور جریان‌های جزر و مد از روی کوه‌های دریایی، پشته‌های فلات قاره و یا شکستگی‌های فلات قاره است. انتشار امواج درونی که در مواردی ارتفاع آن به بیش از ۵۰ متر می‌رسد [۲] باعث تغییر در الگوی چگالی در دریا خواهد شد. امواج درونی باعث به وجود آمدن جریان‌های دریایی خواهند شد که با مطالعه این امواج می‌توان توزیع و غلظت کلروفیل در محیط دریایی را بررسی کرد [۳]. در صنعت نفت برای حفاری چاه‌های نفت و گاز و تاسیس ساختارهای دریایی امواج درونی مورد مطالعه قرار می‌گیرند [۴]. وجود امواج درونی را می‌توان با ابزار سنجش از راه دور، به عنوان مثال، توسط رادار کشتی، رادار زمینی، دوربین عکاسی و رادار تصویر برداری از هوابرد ضبط کرد. شکل ۱ اولین تصویر گرفته شده از امواج داخلی توسط فضاپیماي Apollo-Soyuz در سال ۱۹۷۵ در شمال سوماترا از دریای اندامان گرفته شده است.



شکل ۱: تصویر گرفته شده از فضاپیماي Apollo-Soyuz

Apel و همکاران [۵] توانستند در یک مطالعه سیستماتیک از داده‌های ماهواره ای موجود در شرق فلات قاره، در منطقه شمالی آمریکا Cape Hatteras تا Nova Scotia گزارشی را ارائه دهند. در تصاویر اپتیکی لندست امواج داخلی از گروه‌های موازی منحنی شکل که به صورت متناوب و تاریک روشن هستند تشکیل می‌شوند. Cox و Munk [۶] رابطه ای بین نور خورشید منعکس شده از سطح دریا و توزیع دامنه موج‌های سطحی و سرعت باد معرفی کردند. آن‌ها نشان دادند که بازتاب Sunlight می‌تواند زبری‌ها و بالا و پایین امواج را به خوبی نشان دهد. در حالی که دیگر سنجنده های اپتیکی مانند (LANDSAT, SPOT, ASTER, AVHRR, DSMP) تصاویری که در آن پدیده Sunlight مشاهده می‌شود را می‌توانند ارائه دهند که این تصاویر برای مشاهده موج داخلی استفاده شده است.

در سال ۲۰۰۷ Jackson [۷] با استفاده از تصاویر ماهواره Modis مناطقی از جهان را در یک فاصله زمانی آگوست ۲۰۰۲ تا می ۲۰۰۴ مورد بررسی قرار داد و توانست امواج داخلی را با این سنجنده تشخیص دهد. در سال ۲۰۱۳ همین فرد و همکارانشان بر روی تصاویر SAR چندین سنجنده مانند Terrasar-x, Sesar, Envisat برای تشخیص امواج داخلی در چند منطقه بررسی‌هایی را انجام دادند.

Small و martin [۸] به مطالعه ایجاد امواج درونی غیر خطی در دریای عمان پرداختند. ایجاد امواج داخلی غیر خطی در تصاویر ماهواره SAR مشاهده شد. هدف از این مطالعه شناسایی امواج درونی تشکیل شده در خلیج فارس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست می‌باشد.

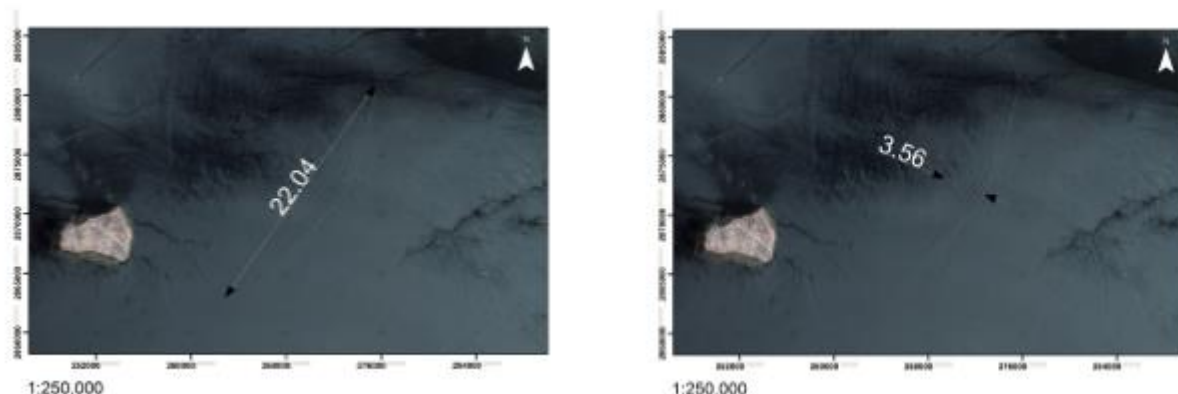
۲. مواد و روش‌ها

در این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ میلادی استفاده شد. در طول مراحل تهیه تصویر سعی بر آن شد که تصاویر هم پدیده Sunlight داشته باشد و هم امواج درونی در آن رخ داده باشد. در تمامی تصاویر قسمت Sunlight که همام درخشندگی نورخورشید بر سطح آب است مشخص شده است این تصاویر از محدوده جزایر کیش، سیری و بوموسی تا تنگه هرمز تهیه شده است. سپس با استفاده از الگوی Canny امواج درونی آشکار سازی شدند. این روش مبتنی بر روش آشکار سازی لبه می‌باشد. آشکار سازی لبه در تصویر به مفهوم کاهش اطلاعات غیر مفید از داده‌ها، همراه با حفظ خصوصیات ساختاری مهم است. الگوریتم Canny در آشکار سازی لبه به الگوریتم بهینه معروف است. هدف canny بهبود الگوریتم‌های آشکار سازی لبه ای بود که در زمان او کار می‌کردند. الگوریتم Canny تاکید زیادی بر کاهش نویز در تصویر دارد.

۳. نتایج

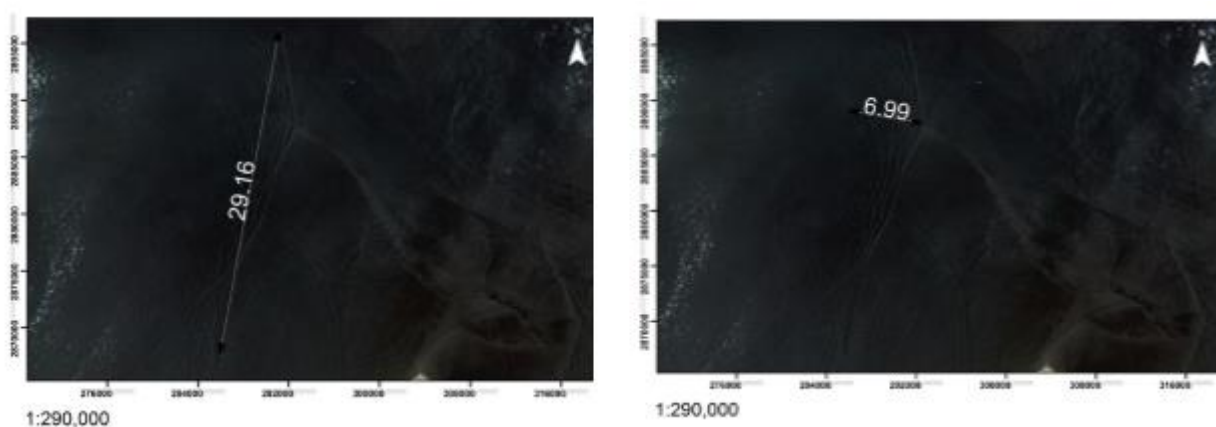
در این تصاویر ۳ موج درونی در نزدیکی جزیره سیری قرار داشت. برای برآورد پارامترهای این امواج و ترسیم آن‌ها با استفاده از الگوریتم آشکار ساز لبه Canny آن‌ها مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج آن به شرح زیر است.

موج درونی اول در تاریخ ۲۰۱۵/۵/۱۲ در شمال شرقی جزیره سیری و در عمق ۷۵ متری اتفاق افتاده است و در زاویه ۱۲۷ درجه و در جهت جنوب شرقی نسبت به شمال انتشار پیدا کرده است که λ_0 این امواج برابر بوده با ۲۴۳ متر و پهنا و R_c این موج برحسب کیلومتر در شکل ۲ محاسبه شده است.



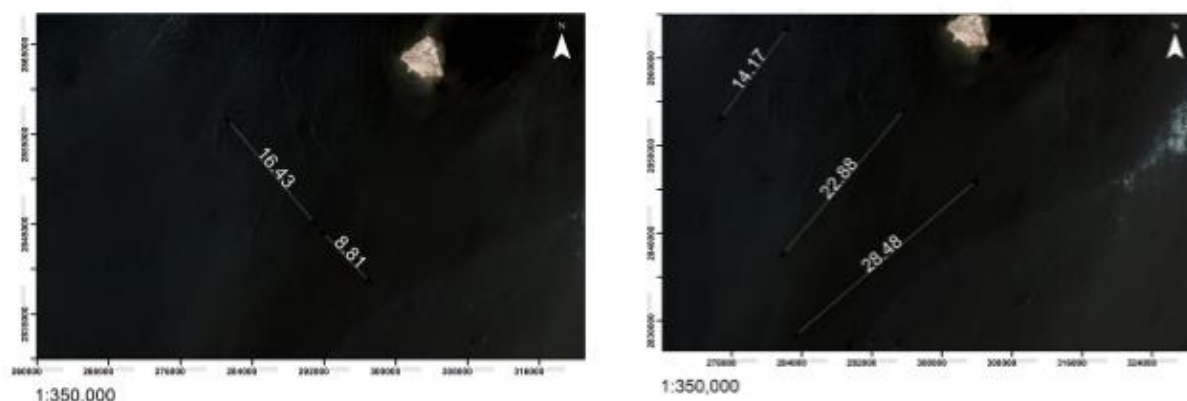
شکل ۲: راست: پهنای موج درونی اول شناسایی شده برحسب کیلومتر - چپ: R_c موج درونی اول تعیین شده برحسب کیلومتر

موج درونی دوم در تاریخ ۲۰۱۵/۵/۲۱ در شمال شرقی جزیره سیری در فاصله ۴۳ کیلومتری از این جزیره در تصویر ماهواره Landsat ۸ ثبت گردیده که در زاویه ۱۰۱ درجه و در جهت شرق جنوب شرقی نسبت به شمال انتشار پیدا کرده که λ_0 این امواج برابر بوده با ۴۸۸ متر و پهنا، R_c این موج برحسب کیلومتر در شکل ۳ محاسبه شده است.



شکل ۳: راست: پهنای موج درونی دوم شناسایی شده برحسب کیلومتر - چپ: R_c موج درونی دوم تعیین شده برحسب کیلومتر

موج درونی سوم در تاریخ ۲۰۱۵/۵/۲۱ در جنوب شرقی جزیره سیری به صورت ۳ بسته اتفاق افتاده که فاصله موج درونی آخر تا جزیره سیری ۲۷ کیلومتر است. موج اول در عمق ۳۱ متری و موج دوم بعد از انتشار موج اول در عمق ۳۸ متری و موج سوم که دارای پهنا و R_c کم می‌باشد در عمق ۵۴ متری در زاویه ۱۴۴ درجه در جهت جنوب شرقی انتشار یافته‌اند. λ_0 موج اول که دارای پهنای بیشتری است برابر با ۱۴۴ متر و موج دوم ۲۷۷ متر موج سوم ۲۴۵ متر بوده که پهنا و فاصله این امواج بسته ای از یکدیگر برحسب کیلومتر در شکل ۴ محاسبه شده است.

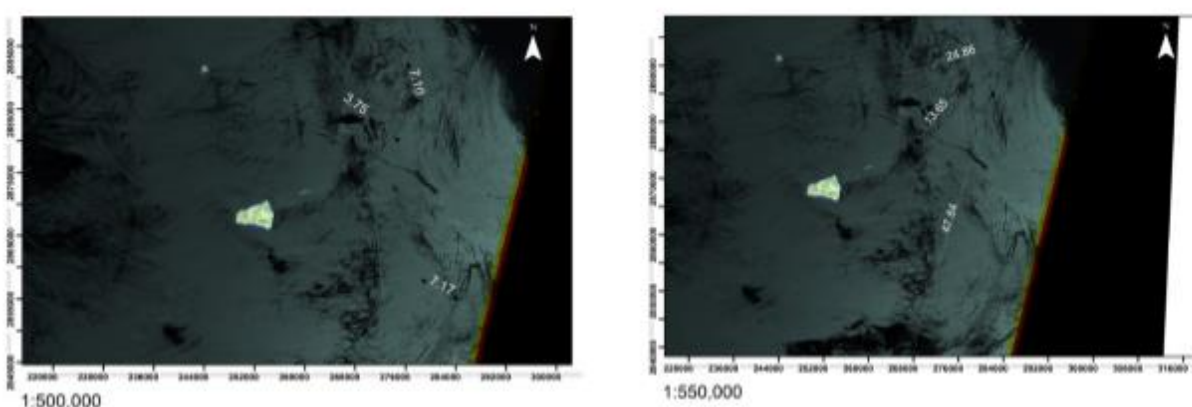


شکل ۴: راست: پهناى موج درونى دوم شناسایی شده برحسب کیلومتر - چپ: فاصله بسته‌های امواج درونى اول و دوم وسوم تعیین شده برحسب کیلومتر نسبت به هم

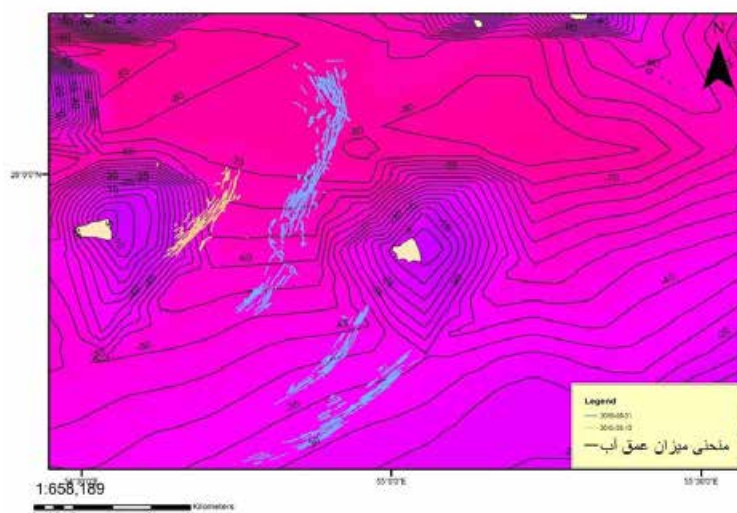
موج درونى چهارم در تاریخ ۲۶/۵/۲۰۰۰ در شمال شرقى جزیره سیری در فاصله ۳۶ کیلومتری در عمق ۷۸ متری و با زاویه ۱۳۸ درجه جنوب شرقى نسبت به شمال انتشار پیدا کرده. موج درونى پنجم در فاصله ۲۴ کیلومتری از جزیره سیری که عمق آب ۷۴ متر بوده در زاویه ۱۳۳ درجه در جهت جنوب شرقى نسبت به شمال انتشار یافته است و در نهایت موج درونى ششم در فاصله ۳۱ کیلومتری شرق جزیره که عمق آب ۵۸ متر بود در زاویه ۱۰۵ درجه در جهت شرق جنوب شرقى نسبت به شمال انتشار یافته است. λ_0 برای این امواج به ترتیب ۲۲۵ متر و ۱۶۵ متر و ۴۲۴ متر اندازه گیری شده است پهنا و شعاع این امواج در شکل ۵ برحسب کیلومتر اندازه گذاری شده است.

شکل ۶ امواج ترسیم شده توسط الگوریتم آشکار ساز لبه Canny را نشان می‌دهد که به خوبی توانسته است امواج درونى را در تصاویر آشکار کند. برای درک صحیح از نحوه‌ی ایجاد و انتشار امواج درونى در منطقه مورد نظر امواج درونى بر نقشه‌ی خطوط هم عمق آورده شده‌اند.

تعیین و شناسایی لبه امواج نقش مهمی را در استخراج ویژگی‌های این امواج دارد. زیرا لبه مهم‌ترین ویژگی برای اطلاعات هر شیء در تصویر است. نقاط لبه معمولاً به تغییرات وضوح تصاویر وابسته است و برای لبه‌هایی که دارای مرز هستند مهم می‌باشد. در این مطالعه برای شناسایی لبه امواج یک برنامه در محیط Matlab نوشته شده است که امواج را بر اساس آشکار ساز Canny استخراج می‌کند و برای این کار با توجه به اینکه این الگوریتم به نویز حساس است از یک فیلتر گوسین استفاده شد که کاربر با توجه به شرایط تصویر مقادیر Sigma ابعاد پیکسل‌ها را انتخاب می‌کند. نتایج این امواج استخراج شده را می‌توان در دو نقشه تهیه شده در شکل ۶ مشاهده کرد.



شکل ۵: راست: پهناى موج درونى چهارم، پنجم و ششم شناسایی شده از بالا به پایین برحسب کیلومتر - چپ: R_c موج درونى چهارم، پنجم و ششم تعیین شده برحسب کیلومتر



شکل ۶: امواج ترسیم شده توسط الگوریتم آشکار ساز Canny که مربوط به موج‌های ۱،۲ و ۳ می‌باشد. این امواج از تصویر سال ۲۰۱۵ میلادی ماهواره Landsat ۸ استخراج شده است.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که امواج درونی در خلیج فارس با تراکم نسبتاً بالایی تشکیل می‌شوند و با توجه تغییرات عمق منطقه خلیج فارس مهمترین عامل تشکیل این امواج عبور جریانات جزر و مدی بر روی بستر خلیج فارس می‌باشد همچنین می‌توان گفت که با استفاده از روش استخراج لبه در تصاویر ماهواره‌ای لندست امواج درونی در خلیج فارس به خوبی قابل شناسایی هستند.

منابع

- [1]- Pond, S. A. (1983). Introductory dynamical oceanography ,Gulf Professional Publishing. pp 329.
- [2]- Thorpe, S. A. (2005). The turbulent ocean, Cambridge University Press.pp 230.
- [3]- Muacho, S., da Silva, J. C. B., Brotas, V. and Oliveira, P. B. (2013). "Effect of internal waves on near-surface chlorophyll concentration and primary production in the Nazaré Canyon (west of the Iberian Peninsula)." Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers 81(0): 89-96.
- [4]- Osborne, A .R. and Burch, T. L. (1980). "Internal Solitons in the Andaman Sea." Science 208(4443): 451-460.
- [5]- Apel, J., R.L. Charnell, and R. Blackwell (1974): Ocean internal waves off theNorth American and African coasts from ERTS-I. Proc. 9th Symp. On Remote Sensing, Univ. Mich. Press.
- [6]- Cox, C. and Munk, W. Slopes of the sea surface deduced from photographs of sun glitter. Scripps Institute of Oceanography Bulletin, 6(9):401 {488, 1956}.
- [7]- Jackson, C., 2007, Internal wave detection using the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 112, C11012.
- [8]- Small, J. and Martin, J. (2002). The generation of non-linear internal waves in the Gulf of Oman. Continental shelf research. 22(8): 1153-1182.

یوزئوشیمی



مطالعات هیدروشیمی در آب‌های عمیق خزر جنوبی

صالح، ابوالفضل^{۱*}؛ حمزه‌پور، علی^۲؛ مهدی‌نیا، علی^۳؛ درویش بسطامی، کاظم^۴؛ مظاهری، سعید^۵

۱. عضو هیات علمی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

۲. کارشناس، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

۳. عضو هیات علمی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

۴. کارشناس، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

۵. عضو هیات علمی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

saleh@inio.ac.com

چکیده

در این تحقیق نتایج مربوط به مطالعات هیدروشیمی خزر جنوبی با استفاده از شناور ایران-بهشهر در زمستان ۲۰۱۴ ارائه شده است. شوری، دما، اکسیژن محلول، pH، کربن معدنی کل، قلیابیت کل، نیترات، فسفات و سیلیکات در ستون آب در ترانسکت نکا-سکوی نفتی امیرکبیر در جنوب دریای خزر برای تعیین وضعیت هیدروشیمیایی این منطقه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشان داد که لایه هاپوکسی در حال تشدید شدن در اعماق و گسترش به لایه‌های بالاتر است. غلظت اکسیژن محلول در لایه‌های نزدیک بستر در منطقه مورد مطالعه نزدیک به صفر به دست آمد که نشان‌دهنده عدم وجود اختلاط عمودی موثر در ستون آب است. غلظت بیشینه نیترات در لایه حدود ۳۰۰ متر مشاهده شد.

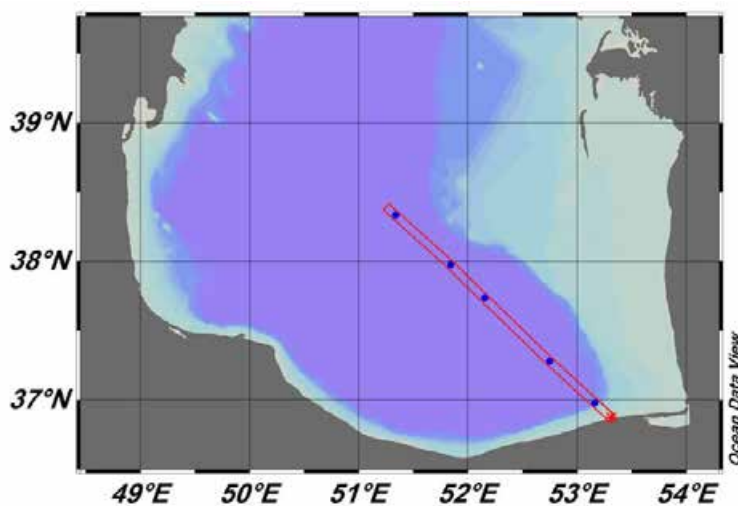
کلیدواژه: دریای خزر جنوبی، هیدروشیمی، مواد مغذی، قلیابیت کل

۱. مقدمه

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه با مساحت حدود ۳۸۰۰۰۰ کیلومتر مربع و حجم تقریبی ۷۸۰۰۰ کیلومتر مکعب است (Nasrollahzadeh et al., 2008). حدود ۱۳۰ رودخانه با اندازه‌های مختلف با ورودی تقریبی ۳۰۰ کیلومتر مکعب در سال به این دریاچه وارد می‌شود. مهمترین ورودی دریای خزر رودخانه ولگا در روسیه است که مسئول تامین ۸۵ درصد از آب ورودی به دریای خزر است، درحالی‌که، رودخانه‌های طرف ایران تنها ۴-۵ درصد از این سهم را به خود اختصاص می‌دهند (CEP, 2002). سطح آب دریای خزر تحت کنترل فرایند های بارش و تبخیر در منطقه بوده و نوسانات فصلی منظمی را نشان می‌دهد. خصوصیات شیمیایی آب دریای خزر در ارتباط تنگاتنگ با شرایط فیزیکی و زیستی آن می‌باشد. به این معنی که شرایط فیزیکی دریای خزر، نحوه توزیع خواص شیمیایی (مانند مواد مغذی) در ستون آب و لایه‌های افقی را تعیین می‌کند. نحوه توزیع خواص شیمیایی نیز به طور مستقیم عملکرد بخش زیستی را در این محیط کنترل می‌کند. بنابراین، مطالعات هیدروشیمی در دریای خزر اهمیت انکارناپذیری در شناخت این محیط و پی بردن به نحوه کارکرد آن به عنوان یک اکوسیستم دریایی دارد. به این منظور، اولین مطالعات هیدروشیمی در دریای خزر توسط دانشمندان روسی در اوایل قرن بیستم انجام شد (Andrey G. Konstianoy, 2005) که تاکنون تقریباً به صورت منظم و سالیانه ادامه داشته است. نتایج این مطالعات (تا سال ۲۰۱۳) نشان می‌دهد که در دهه‌های گذشته (از ۱۹۲۰) تا کنون دریای خزر به طور کلی تحت تاثیر دو الگوی توزیع خواص شیمیایی در ستون آب قرار داشته است که در ادامه همراه با تفسیر نتایج مربوط به این مطالعه بیان می‌شود.

۲. منطقه مورد مطالعه و روش تحقیق

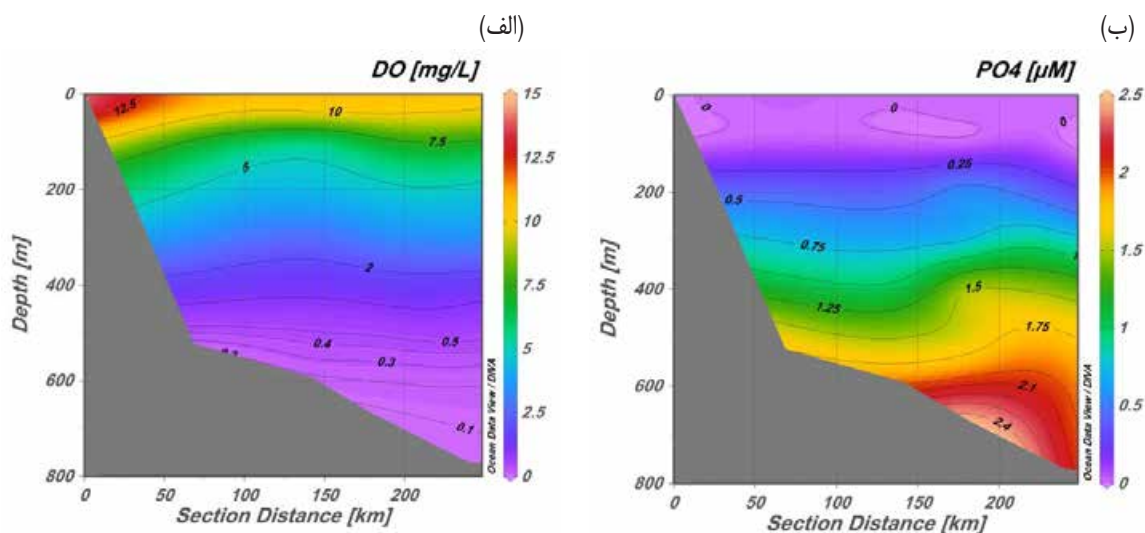
در این تحقیق، مطالعه هیدروشیمی در یک ترانسکت در آب‌های عمیق جنوب دریای خزر از سواحل شهر نکا تا سکوی نفتی امیر کبیر (شکل ۱) با استفاده از شناور ایران-بهشهر در اواخر زمستان ۲۰۱۴ میلادی انجام شد. شوری، دما، اکسیژن محلول (DO)، pH، کربن معدنی محلول (C_T)، قلیائیت کل (A_T)، نیتрат، فسفات و سیلیکات در ستون آب از سطح تا لایه‌های نزدیک بستر مورد سنجش قرار گرفتند.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریای خزر جنوبی (شناور ایران-بهشهر، مارس ۲۰۱۴).

۳. نتایج و بحث

اکسیژن محلول از سطح به عمق کاهش نشان داد و در گستره ۰٫۰۸ تا ۱۳٫۱۶ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. pH در گستره ۷٫۸۶ تا ۸٫۶۲ و با کاهش از سطح به عمق ثبت گردید. غلظت فسفات از مقادیر نزدیک به صفر در سطح تا مقدار بیشینه ۲٫۳۱ میکرومولار در لایه‌های نزدیک بستر (۶۰۰-۷۰۰ متر) متغیر نشان داد. کربن معدنی کل در گستره ۳۵۰۰ تا ۳۹۰۰ میکرومول بر کیلوگرم از سطح به عمق افزایش نشان داد. غلظت سیلیکات نیز در گستره مقادیر کمتر از ۳ تا مقادیر بیش از ۸۰ میکرومولار در آب‌های عمقی متغیر بود. بیشینه غلظت نیترات در عمق ۳۰۰ متر و حدود ۱۳٫۸ میکرومولار به دست آمد. قلیائیت کل در آب‌های دریای خزر در منطقه مورد مطالعه در گستره ۳۶۹۰ تا ۳۹۷۵ میکرومول بر کیلوگرم به دست آمد. شکل‌های ۲-الف و ۲-ب نحوه توزیع اکسیژن محلول و فسفات را در ترانسکت مورد مطالعه از سطح به عمق نشان می‌دهد.



شکل ۲: توزیع اکسیژن محلول و فسفات در ترانسکت نکا-سکوی نفتی امیر کبیر در جنوب دریای خزر.

تجمع فسفات، سیلیکات، و کربن معدنی محلول در لایه‌های نزدیک بستر ناشی از تجزیه مواد آلی محلول و معلق در غیاب اختلاط عمودی لایه‌های آب در این محدوده است. داده‌های مربوط به بیشینه غلظت نیترات و عمق متناظر با آن نشان می‌دهد که گسترش لایه هایپوکسی از اعماق به لایه‌های بالاتر تا سال ۲۰۱۴ همچنان ادامه داشته است. نتایج نشان داد که در وضعیت کنونی، شرایط هایپوکسی از عمق حدود ۳۰۰ متر در دریای خزر جنوبی شروع می‌شود. همانطور که در مقدمه به آن اشاره شد، در دهه‌های گذشته دریای خزر دو نوع الگوی توزیع گونه‌های زیست-فعال شیمیایی را تجربه کرده است: یکی ستون آب نسبتاً همگن و دیگری ستون آب با لایه‌بندی شدید از نظر گونه‌های زیست فعال شیمیایی. نتایج این مطالعه و مطالعات اخیر در خزر جنوبی نشان دهنده حاکم بودن الگوی دوم در شرایط فعلی است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی (INIOAS) و شرکت نفت خزر (KEPCO) به خاطر فراهم ساختن شرایط انجام این پروژه سپاسگزارند.

منابع

- [1]- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Foong, S.Y., Makhloogh, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research* 28, 1153-1165.
- [2]- CEP, 2002. Transboundary diagnostic analysis for the Caspian Sea, The Caspian Sea environment programme Baku, Azerbaijan, p. 132.
- [3]- Andrey G. Kostianoy, A.N.K., 2005. The Caspian Sea Environment, in: Kosarev, A.N. (Ed.). *Springer Science & Business Media*, p. 271.



بررسی فرمهای مختلف و قابلیت دسترسی زیستی فسفر در رسوبات بخش جنوبی دریای خزر

درویش بسطامی، کاظم*، حمزه پور، علی، باقری، حسین، طاهری، مهرشاد

پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، مرکز اقیانوس‌شناسی دریای خزر، نوشهر، ایران
darvish_60@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق تعیین مقدار دسترسی زیستی (bioavailability) و فرم‌های مختلف فسفر در رسوبات سطحی جنوب دریای خزر بود. برای این منظور ۱۲ نمونه رسوب در فصل پاییز ۱۳۹۴ از عمق‌های مختلف با استفاده از گرب ون وین برداشته شد. برای تعیین فرم‌های مختلف فسفر از روش استخراج متوالی (sequential extraction) procedure استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار فسفر کل بین ۴۳۱-۵۹۴ و میانگین آن $45,05 \pm 535,25$ بود. همچنین فسفر آلی ۶۲-۹۹ بود و بطور میانگین $2,21 \pm 14,85$ درصد از فسفر کل را تشکیل داد. مقدار فسفر loosely، فسفر متصل به آهن، فسفر اتوژنیک و فسفر detrital به ترتیب بین ۳۵-۵۵، ۹۴-۵۰، ۱۸۹-۱۲۵ و ۱۵۲-۲۱۷ به دست آمد. بطور کلی فسفر معدنی بین ۵۲۲-۳۶۵ بود که ۸۱,۹۰-۸۸,۵۳ درصد از فسفر کل را به خود اختصاص داد. نتایج نشان داد که ترتیب درصد فرم‌های مختلف فسفر به صورت $\text{Detrital P} > \text{Authigenic P} > \text{Organic P} > \text{Fe-P} > \text{Loosely bioavailable}$ بود. مقدار فسفر bioavailable بین ۱۵۳-۲۴۰ بود و $3 \pm 37,21$ درصد از فسفر کل را به خود اختصاص داد. همچنین بر اساس نسبت مولی TOC/OP مواد آلی موجود در ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای منشا خشکی می‌باشند.

کلید واژه: فسفر کل، فسفر آلی، رسوب، دریای خزر

۱. مقدمه

فسفر عنصری ضروری می‌باشد که نقش مهمی در تنظیم ساختار جوامع زیستی و چرخه بیوژئوشیمیایی سایر عناصر در محیط‌های آبی برعهده دارد. فسفر جزئی از عناصر تشکیل دهنده DNA و ATP می‌باشد [۲ و ۱]. فسفر همچنین جزء عناصر تشکیل دهنده تعداد زیادی ترکیبات سلولی مانند فسفوپروتئین و فسفولیپید در غشا سلولی، دندان و استخوان می‌باشد. میزان دسترسی پذیری فسفر در محیط‌های آبی روی سرعت تولید اولیه و همچنین توزیع گونه‌ها و ساختار اکوسیستم آن تاثیرگذار می‌باشد. در تعداد زیادی محیط زیست دریایی و مصبی میزان دسترسی پذیری فسفر به عنوان یک عامل محدود کننده در تولید اولیه می‌باشد [۳]. فسفر موجود در اقیانوس‌ها و دریاها عمدتاً نتیجه هوازدگی و فرسایش نواحی قاره ای (خشکی) می‌باشد. فسفر حاصل، از طریق رودخانه‌ها بصورت مواد محلول و یا ذرات معلق به محیط‌های آبی راه پیدا می‌کند. علاوه براین، ترسیب ذرات معلق موجود در اتمسفر، خاکستر آتشفشانی و گرد و غبار معدنی نیز در تامین فسفر محیط حائز اهمیت است. فسفر معلق موجود در جریان‌ات رودخانه‌ای به دو شکل آلی و معدنی می‌باشد. بخش اعظم فسفر موجود در آب رودخانه‌ها به شکل ذرات معلق معدنی می‌باشد بویژه فسفر موجود در ذرات آپاتیت و دیگر کانی‌ها و فسفر جذب شده در سطح ترکیبات اکسید و اکسی هیدروکسید آهن - منگنز. این بخش از فسفر در نواحی مصبی و در بستر سواحل ترسیب شده و مستقیماً توسط موجودات زنده قابل استفاده نمی‌باشد با این وجود ذرات رسی با ترکیبات اکسی هیدروکسید آلومینیوم و آهن ظرفیت بالایی را در جذب ارتوفسفات در محیط‌های آبی دارا می‌باشند. این ذرات بعد از انتقال به مصب و تغییر شوری محیط از سطح ذرات رسی جدا شده و وارد محیط‌های دریایی می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد مقدار ارتوفسفات وارد شده از

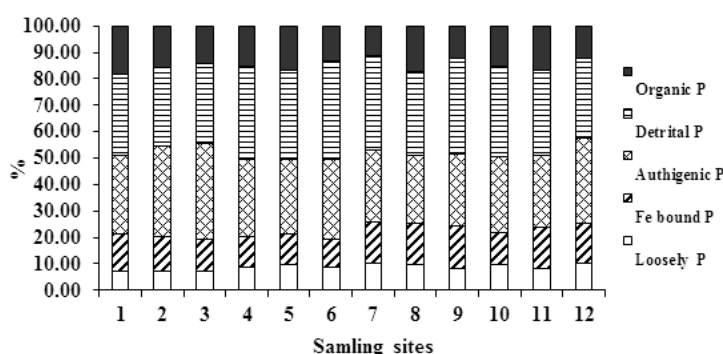
طریق فرایند واجذبی از سطح ذرات رسی به داخل اقیانوس ها و دریاها در حدود ۲ تا ۵ برابر بیشتر از ارتوفسفات محلولی است که توسط رودخانه به اقیانوس راه پیدا می کند [۴]. در آب اقیانوس ها و دریاها فسفر به دو صورت محلول و معلق وجود دارد هر یک از فرم های فسفر (محلول یا معلق)، می تواند دارای فرم معدنی (ارتوفسفات، پیروفسفات، پلی فسفات و فسفات موجود در کانی ها) و یا فرم آلی (مونو و دی استر و فسفونیت) باشد. هر یک از فرم های آلی و معدنی فسفر تغییر شکل پیوسته ای را متحمل می شود. فسفر معدنی محلول (معمولاً به شکل ارتوفسفات) توسط فیتوپلانکتون جذب و به ترکیبات فسفر آلی تبدیل می شود. فسفر در رسوبات به شکل های Fe-bound P، Loosely-P، Detrital-P، Organic-P، Authigenic-P، وجود دارد که هر یک از این فرم های دارای واکنش ها و رفتار بیوشیمیایی متفاوتی می باشند. بنابراین شناخت فرم های مختلف فسفر در محیط های آبی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد تا کنون مطالعات گوناگونی درباره فرم های مختلف فسفر در رسوبات مناطق مختلف انجام شده است اما در دریای خزر اطلاعات محدودی در این زمینه وجود دارد بنابراین هدف از این تحقیق تعیین فرم های مختلف فسفر در رسوبات دریای خزر و ارتباط آن با عوامل محیطی می باشد

۲. مواد روش

نمونه برداری از رسوبات سطحی با استفاده از گرب در چهار ترانسکت و ۱۲ ایستگاه در فصل پاییز ۱۳۹۴ انجام شد نمونه های برداشت به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۲۰- در جه سانتیگراد تا هنگام آزمایش نگهداری شدند. برای تفکیک شیمیایی فسفر ابتدا رسوبات از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند و سپس ۰/۵ گرم برای تفکیک شیمیایی فسفر با استفاده از روش Ruttenberg [۵]. مورد استفاده قرار گرفت. در هر مرحله پس از استخراج، نمونه ها سانتریفیوژ شدند و مقدار فسفر با استفاده از روش فسفو مولیبدات با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری اندازه گیری شدند. فسفر معدنی از جمع فسفر loosely، فسفر متصل به آهن، فسفر اتوژنیک و فسفر Detrital به دست آمد. برای اندازه گیری TOC از دستگاه TOC analyzer استفاده شد. برای اندازه گیری ماده آلی ابتدار رسوبات در دمای ۸۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند سپس با استفاده از کوره در دمای ۵۵۰ درجه به مدت ۲ ساعت سوزانده شد و سپس ماده آلی محاسبه شد همچنین برای تعیین sand و mud از دستگاه particle analyzer استفاده شد. نرمال بودن داده با استفاده از آزمون اسپروموف کلوموگراف چک شد سپس برای مقایسه مقدار فرم های مختلف فسفر در ایستگاه های اندازه گیری شده از آزمون one-way و تست دانکن استفاده شد همچنین برای بررسی روابط بین پارامترهای اندازه گیری شده از آزمون پیرسون استفاده شد. از نرم افزار spss برای انجام کلیه آزمون های آماری استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

فسفر Loosely یکی از مهمترین فرم های فسفر معدنی در رسوبات می باشد که در سطح رسوبات جذب می شود و به آسانی از رسوبات آزاد شده و وارد آب بالای رسوبات می شود که در ادامه توسط فیتوپلانکتون ها مورد استفاده قرار می گیرد و وارد چرخه تولید می شود. مقدار آزاد سازی به میزان فسفر موجود در رسوب و شرایط محیطی وابسته می باشد [۶]. در این تحقیق کمترین مقدار فسفر loosely در ایستگاه ۱ و بیشترین آن در ایستگاه ۷ و مقدار فسفر loosely بین ۳۵-۵۵ به دست آمد. همچنین میانگین فسفر loosely در ایستگاه های مورد مطالعه 46.42 ± 7.10 بود. کمترین درصد فسفر loosely از کل فسفر رسوبات در ایستگاه ۱ با مقدار ۷.۰۲ درصد و بیشترین درصد فسفر loosely در ایستگاه ۷ با مقدار ۱۰.۰۹ درصد به دست آمد (جدول ۱). همچنین میانگین درصد فسفر loosely در ایستگاه های مورد مطالعه 8.68 ± 1.12 درصد به دست آمد (شکل ۱). بر اساس آزمون آماری مقدار فسفر loosely در عمق های مختلف اختلاف آماری معنی داری نداشت ($p > 0.05$).



شکل ۱- درصد فرم های مختلف فسفر در ایستگاه های نمونه برداری شده

جدول ۱: فرم های مختلف فسفر در ایستگاه های نمونه برداری

Sampling sites	Depth (m)	TOC (%)	Sand (%)	Mud (%)	Loosely-P (ppm)	Fe-P (ppm)	Authigenic P (ppm)	Detrital P (ppm)	Organic P (ppm)	IP (ppm)	TP (ppm)
1	5	1.2	29.64	70.36	35	69	147	152	89	403	492
2	10	1.52	9.64	90.36	39	74	189	166	88	365	557
3	15	1.32	3.62	96.38	38	62	187	158	73	479	518
4	5	1	16.39	83.61	37	50	125	152	66	467	431
5	10	1.12	45.20	54.80	51	60	148	176	89	469	525
6	15	1.07	15.17	84.83	49	59	167	206	72	435	553
7	5	1.19	91.11	8.89	55	85	148	191	62	463	541
8	10	1.08	47.14	52.86	53	89	143	178	96	495	558
9	15	1.32	31.48	68.52	50	94	161	217	72	445	594
10	5	1.14	88.20	11.80	52	69	157	190	84	481	551
11	10	1.01	10.81	89.19	47	94	161	193	99	522	594
12	15	0.91	45.20	54.80	51	77	164	154	63	446	509

اکسید و هیدروکسید آهن قویترین ظرفیت جذب فسفر را دارند. فسفر جذب شده با آهن قابلیت تبادل با OH و دیگر ترکیبات فسفر غیر آلی را دارد که در حالت بازی محلول می باشند. همچنین بوسیله فسفر باند شده به آهن می توان برای ارزیابی رشد جلبک ها و فیتوپلانکتون ها مورد استفاده قرار بگیرند به دلیل اینکه این نوع فسفر باعث رشد فیتو پلانکتونها و جلبک ها می شود. مقدار فسفر باند شده به آهن تحت تاثیر شرایط محیطی قرار دارد بطوریکه با کاهش pH میزان آزاد سازی فسفر باند شده به آهن به آب بیشتر می شود که در ادامه می تواند مورد استفاده جلبک ها و فیتوپلانکتونها قرار بگیرد.

مقدار فسفر متصل به آهن در دریاچه های یوتروف و غیر آهکی بیشترین مقدار فرم فسفر را تشکیل می دهد. در این تحقیق مقدار فسفر متصل شده به آهن بین ۹۴-۵۰ با میانگین 73.50 ± 14.59 بود بطوریکه کمترین در ایستگاه ۴ و بیشترین مقدار آن در ایستگاه ۹ و ۱۱ به دست آمد. کمترین درصد فسفر متصل به آهن از کل فسفر در ایستگاه ۶ با مقدار ۱۰.۷۳ درصد و بیشترین آن در ایستگاه ۸ با مقدار ۱۵.۹۶ درصد به دست آمد. میانگین درصد فسفر متصل به آهن در کل ایستگاه های مورد مطالعه 13.68 ± 1.97 در صد به دست آمد همچنین مقدار فسفر متصل به آهن در عمق های مختلف اختلاف آماری معنی داری نداشت.

Authigenic P از آپاتیت بیولوژیک، کربنات کلسیم به هم پیوسته با فسفات و فلوروآپاتیت کربناته تشکیل شده است. مقدار زیاد فسفر اتوژنیک احتمالا از دتریتوس موجودات دریایی بوجود بوجود می آید. همچنین جریان مواد آلی زیاد با میزان اکسیژن کم و زیاد مناسب تشکیل فسفر اتوژنیک می باشد در حالیکه وقتی میزان مواد آلی کم و اکسیژن در حد متوسط باشد تشکیل فسفر اتوژنیک محدود می شود. مطالعات اخیر نشان داده است که قسمت اعظم فسفر اتوژنیک به وسیله ورود از اتمسفر و تشکیل in situ در محیط های دریایی بوجود می آید. در این تحقیق کمترین و بیستین میزان فسفر اتوژنیک به ترتیب در ایستگاه ۴ و ۲ به دست آمد در حالیکه کمترین درصد فسفر اتوژنیک به فسفر کل در ایستگاه ۸ و بیشترین درصد آن در ایستگاه ۳ به دست آمد میانگین درصد فسفر اتوژنیک نسبت به فسفر کل 29.61 ± 3.11 به دست آمد.

فسفر دتریتوس عمدتا از ماگما، صخره های متامورفیک و رسوبات دریایی که تحت تاثیر شدید جریانات رودخانه ای بودند تشکیل شده است مقدار فسفر دتریتوس در ایستگاه هایی مورد مطالعه بین ۲۱۷-۱۵۲ به دست آمد همچنین کمترین و بیشترین درصد فسفر دتریتوس از فسفر کل به ترتیب ۲۹.۷۸ و ۳۷.۲۲ به دست آمد میانگین درصد فسفر دتریتوس به فسفر کل در این مطالعه 33.18 ± 2.59 درصد بود. در این مطالعه بیشترین فرم فسفر، فسفر دتریتوس (177.75 ± 21.99) بود که با مطالعات دیگران در این زمینه همخوانی دارد که هر چند که در بعضی از مطالعات مقدار فسفر دتریتوس کمتر از ۱ درصد از فسفر کل را به خود اختصاص داد.

فسفر آلی دارای منشأ زمینی و فعالیتهای بیولوژیکی داخل دریا می باشد. نتیجه معدنی شدن فسفر آلی در سطح رسوبات و جریان های آبی بالای رسوبات باعث انتقال فسفر آلی به ستون آب می شود. در این تحقیق میزان فسفر آلی بین ۹۹-۶۲ بود که کمترین در ایستگاه ۷ و

بیشترین در ایستگاه ۱۱ به دست آمد. میزان فسفر آلی رسوبات در دریاچه‌ها معمولاً بین ۲۴۳-۴۴ می باشد که مقادیر اندازه‌گیری شده در این تحقیق نیز با آن همخوانی دارد. همچنین بیشترین درصد فسفر آلی از فسفر کل ۱۸.۱۰ در ایستگاه ۱ و کمترین آن ۱۱.۴۷ در ایستگاه ۱۱ به دست آمد میانگین درصد فسفر آلی از فسفر کل 14.85 ± 2.21 درصد به دست آمد.

میزان فسفر کل در محیط‌های دریای مختلف متفاوت می باشد و به میزان رسوب‌گذاری و تولیدات اولیه وابسته می باشد. فسفر موجود در رسوبات شامل فسفر آلی و فسفر معدنی می باشد. به طور کلی فسفر از طریق رودخانه یا از طریق اتمسفر وارد محیط‌های دریایی می شود که انتقال از طریق اتمسفر بیشتر در مناطق باز دریایی و دور از ساحل از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد. کمترین فسفر کل در ایستگاه ۴ و بیشترین فسفر کل در ایستگاه‌های ۹ و ۱۱ به دست آمد. مقدار فسفر کل بین ۴۳۱-۵۹۴ و میانگین آن 535.25 ± 45.05 به دست آمد. در این تحقیق میزان فسفر معدنی ۳۶۵-۵۲۲ بود که کمترین و بیشترین آن به ترتیب در ایستگاه ۲ و ۱۱ به دست آمد همچنین میانگین فسفر معدنی در ایستگاه‌های مورد مطالعه 455.83 ± 41.69 بود. فسفر معدنی ۸۸.۵۳-۸۱.۹۰ درصد از فسفر کل را به خود اختصاص داد بنابراین فسفر معدنی بیشترین مقدار فسفر موجود در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه بود. مقدار فسفر کل به دست آمده در این تحقیق با مقدار به دست آمده در نقاط مختلف مورد مقایسه قرار گرفت که نشان داد مقدار آن از بعضی مناطق بیشتر و در مقایسه با برخی مناطق کمتر بود. همچنین در مطالعه‌ای که توسط Samadi-Maybodi [۷] در سال ۲۰۰۹ بر روی رسوبات دریای خزر انجام دادند مقدار فسفر کل بین ۱۲۴.۵-۳۲۸.۲ به دست آمد که نتایج به دست آمده در این تحقیق بیشتر از مقدار به دست آمده از مطالعه قبلی در منطقه بود.

فسفر Bioavailable شامل آن دسته از فرم‌های فسفر می باشد که قابلیت آزاد سازی از رسوبات را داشته و در اختیار جلبک‌ها و فیتوپلانکتون‌ها قرار می گیرد. فسفر Loosely به آسانی از رسوبات جدا شده و در اختیار فیتوپلانکتون‌های قرار می گیرد همچنین فسفر متصل به آهن نیز در نتیجه تغییر شرایط redox به آسانی از رسوبات جدا می‌شود. فسفر متصل به مواد آلی تحت فرایند معدنی شدن آزاد می شوند و می‌تواند توسط فیتوپلانکتون‌ها مورد استفاده قرار بگیرند بنابراین مجموع سه فرم فسفر loosely، فسفر باند شده به آهن و مواد آلی مقدار فسفری که در اختیار فیتوپلانکتون‌ها قرار می گیرد را نشان می‌دهد. در این تحقیق مقدار فسفر bio بین ۱۵۳-۲۴۰ بود که بیشترین آن در ایستگاه ۱۱ و کمترین آن در ایستگاه ۴ به دست آمد همچنین میانگین فسفر bio 199.41 ± 25 بود بیشترین درصد فسفر bio در ایستگاه ۸ و کمترین آن در ایستگاه ۶ به دست آمد همچنین درصد فسفر bio در ایستگاه‌های مورد مطالعه بین ۳۲.۵۷-۴۲.۶۵ با میانگین 37.21 ± 3 درصد به دست آمد. در حالت کلی مقدار فسفر Bioavailable در ایستگاه‌های غربی بیشتر از ایستگاه شرقی بود. برای مشخص نمودن ارتباط بین فرم‌های مختلف فسفر با دانه بندی رسوبات و میزان TOC از آزمون پیرسون استفاده شد. برای اساس این آزمون رابطه بین فسفر loosely با sand رابطه مثبت و معنی دار بود (جدول ۲) همچنین میزان فسفر متصل به آهن و فسفر Detrital با sand رابطه مثبت داشت در حالیکه فسفر اتوژنیک و فسفر ارگانیک با mud رابطه مثبت داشت که با مطالعات دیگران در این زمینه همخوانی دارد. همچنین TOC رابطه مثبت و معنی داری با فسفر اتوژنیک داشت که نشان دهنده نقش مهم TOC در پراکندگی فسفر اتوژنیک می باشد. بر اساس آزمون پیرسون TOC با فرم‌های مختلف فسفر به جز فسفر loosely رابطه مثبت داشت که احتمالاً نشان دهنده منشأ یکسان آنها می باشد.

جدول ۲: ارتباط بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده

Parameters	Loosely-P	Fe-P	Autogenic P	Detrital P	Organic P	Bioavailable P	IP	TP	TOC	Sand
Fe-P	0.477									
Autogenic-P	-0.149	0.108								
Detrital P	0.628*	0.479	0.078							
Organic P	-0.072	0.268	0.044	0.040						
Bio	0.524	0.861**	0.048	0.478	0.661*					
IP	0.597*	0.728**	0.486	0.831**	0.120	0.659*				
TP	0.531	0.747**	0.463	0.780**	0.397	0.797**	0.959**			
TOC	-0.337	0.085	0.591*	0.081	0.122	0.025	0.273	0.289		
Sand	0.687*	0.219	-0.368	0.228	-0.174	0.226	0.148	0.086	-0.182	
Mud	-0.687*	-0.219	0.368	-0.228	0.174	-0.226	-0.148	-0.086	0.182	-1.000**

استفاده از نسبت عناصری برای تعیین منشأ مواد آلی یکی از روش‌های رایج در مطالعات ژئوشیمی می‌باشد. مواد آلی موجود در دریا یا از خشکی وارد دریا می‌شوند و یا اینکه در دریا تولید شده و پس از مدتی بر روی رسوبات ته‌نشین می‌شوند. در حالت کلی نسبت مولی کربن آلی به فسفر آلی متعلق به مواد آلی با منشأ خشکی بیشتر از نسبت مولی کربن آلی به فسفر آلی با منشأ دریایی می‌باشد. مطالعات نشان داد که TOC/OP مواد آلی با منشأ خشکی بیشتر از ۱۰۶ می‌باشد در حالیکه این نسبت برای مواد آلی با منشأ دریایی نزدیک به ۱۰۶ می‌باشد. نسبت TOC/OP بین ۱۳۰۰-۳۰۰ متعلق به گیاهان با بافت نرم، بیشتر از ۱۳۰۰ برای بافت‌های چوبی و ۷-۸۰ متعلق به جوامع باکتریایی می‌باشد. در این مطالعه بین 264.23-495.60 به دست آمد که کمترین در ایستگاه ۱۱ و بیشترین آن در ایستگاه ۷ به دست آمد در نتیجه بر اساس نسبت TOC/OP مواد آلی موجود در رسوبات ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای منشأ خشکی می‌باشند.

منابع

- [1]- Lehninger, A. L., Nelson, D.L., Cox, M. M., 1993. Principles of Biochemistry. Worth Publishers, NewYork.
- [2]- Kraal, P., Slomp, C. P., Reed, D. C., Reichart, G.J., Poulton, S.W., 2012. Sedimentary phosphorus and iron cycling in and below the oxygen minimum zone of the northern Arabian Sea. Biogeosciences 9(7), 2603–2624.
- [3]- Smith, S.V., 1984. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment. Limnol Oceanogr, 29, 1149–1160
- [4]- Sundareshwar, P. V., Morris, J. T., 1999. Phosphorus sorption characteristics of intertidal marsh sediments along an estuarine salinity gradient. Limnol. Oceanogr, 44(7), 1693–1701
- [5]- Ruttenberg, K. C., Goñi, M. A., 1997. Phosphorus distribution, C: N: P ratios and $\delta^{13}C_{oc}$ in arctic, temperate, and tropical coastal sediments: tools for characterizing bulk sedimentary organic matter. Mar.Geol. 139, 123–145.
- [6]- Chen, J. J., Lu, S.Y., Zhao, Y. K., Wang, W., Huang, M. S., 2011. Effects of over lying water aeration on phosphorus fractions and alkaline phosphatase activity in surface sediment. J.Environ.Sci.23, 206–211.
- [7]- Samadi-Maybodi, A., Taheri Saffar, H., Khodadoust, S., Nasrollahzadeh Saravi, H., Najafpour, S., 2013. Study on different forms and phosphorus distribution in the coastal surface sediments of Southern Caspian Sea by using UV–Vis spectrophotometry. Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc. 113, 67–71.



بهینه سازی ترکیبات فنولی کل در دو جلبک دریایی سارگاسوم (*Sargassum* sp.) و کاهو دریایی (*Ulva* sp.) خلیج چابهار (دریای عمان) به روش استخراج با اولتراسونیک

ضیاء الدینی^۱، مرتضی^۱، بسکله، غلامرسول^{۲*}، زاهدی دیزجی، میرمهدی^۳

۱. استادیار، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران. Morteza_ziaadini@yahoo.com
۲. کارشناس پژوهشی، مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران. baskaleh@yahoo.com
۳. استادیار، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران. m.zahedi@cmu.ac.ir

چکیده

ترکیبات فنولی خواص آنتی اکسیدانی دارند که می‌توانند در درمان برخی بیماری‌های مزمن و مخرب موثر باشند. هدف از این مطالعه بررسی پارامترهای بهینه سازی عصاره گیری و مقایسه ترکیبات فنولی در دو جلبک سارگاسوم و کاهو دریایی خلیج چابهار (دریای عمان) بود. عصاره های این دو نوع جلبک به روش اولتراسونیک استخراج شدند و پارامترهای بهینه سازی شامل حلال های (آب، متانول، اتانول و استون) اندازه ذرات نمونه (۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵ و ۶۳ میکرون) و مقدار نمونه خشک (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ گرم) در ۱۰ میلی لیتر حلال و زمان اولتراسونیک (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) در دماهای (۲۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتیگراد) بودند. تعیین ترکیبات فنولی کل با معرف فولین سیوکالتو با منحنی استاندارد گالیک اسید و به روش اسپکتروفوتومتری انجام گرفت. بیشترین مقدار فنولی کل با حلال آب، اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون برای نمونه سارگاسوم و ۲۵۰ میکرون برای نمونه کاهو دریایی، مقدار نمونه خشک ۰/۴ گرم در ۱۰ میلی لیتر حلال، زمان اولتراسونیک ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد برای هر دو جلبک به دست آمد. تحت شرایط بهینه بیشترین مقدار ترکیبات فنولی کل برای جلبک سارگاسوم 2.57 ± 0.054 میلی گرم گالیک اسید بر گرم نمونه خشک و برای جلبک کاهو دریایی به میزان 1 ± 0.14 میلی گرم گالیک اسید بر گرم نمونه خشک به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که جلبک سارگاسوم می‌تواند به عنوان آنتی اکسیدان طبیعی دریایی مناسبی در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه: ترکیبات فنولی، خلیج چابهار (دریای عمان)، سارگاسوم، کاهو دریایی، اولتراسونیک، فولین سیوکالتو

۱. مقدمه

آنتی اکسیدان‌های طبیعی تاکنون از انواع مختلف گیاهان، دانه‌های روغنی، حبوبات، سبزیجات، میوه‌ها، برگ، ساقه و ریشه آن‌ها جدا شده‌اند. در میان این آنتی اکسیدان‌های طبیعی، ترکیبات فنولی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند [1] زیرا نقش مهمی در حفاظت ارگانیسم‌ها علیه انواع رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کنند [2]. ترکیبات فنولی خواص آنتی اکسیدانی دارند که می‌توانند در درمان برخی بیماری‌های مزمن و مخرب موثر باشند. ترکیبات بیولوژیکی فعال موجود در جلبک‌ها دارای عملکردهای وسیعی از جمله به عنوان ضد تومور، ضد باکتری، ضد قارچ و فعالیت آنتی اکسیدانی می‌باشد [3].

در ایران تحقیقات فراوانی در خصوص ترکیبات آنتی اکسیدان گیاهان زمینی صورت گرفته ولی در مورد جلبکها این تحقیقات اندک بوده و به جز در مواردی محدود، تحقیقی در خصوص بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی جلبکهای آبهای خلیج فارس انجام شده است [4-5-6]. ولی در مورد جلبک های خلیج چابهار تاکنون چنین تحقیقی صورت نگرفته است.

baskaleh@yahoo.com

جلبک‌ها با پراکنشی که در سواحل ایران و به ویژه خلیج چابهار و دریای عمان دارند می تواند به عنوان گونه ای بالقوه جهت بررسی وجود ترکیباتی با خواص آنتی اکسیدانی مورد بررسی قرار گیرد. اولین مرحله در شناسایی و بهره برداری از این مواد استخراج آن ها می باشد. استخراج به کمک اولتراسونیک یک روش ساده بوده و جایگزین مناسبی برای روش های سنتی استخراج است [7].

بنابراین هدف از این مطالعه بررسی پارامترهای بهینه سازی و مقایسه ترکیبات فنولی در دو گونه جلبک سارگاسوم و کاهو دریایی خلیج چابهار(دریای عمان) می باشد.

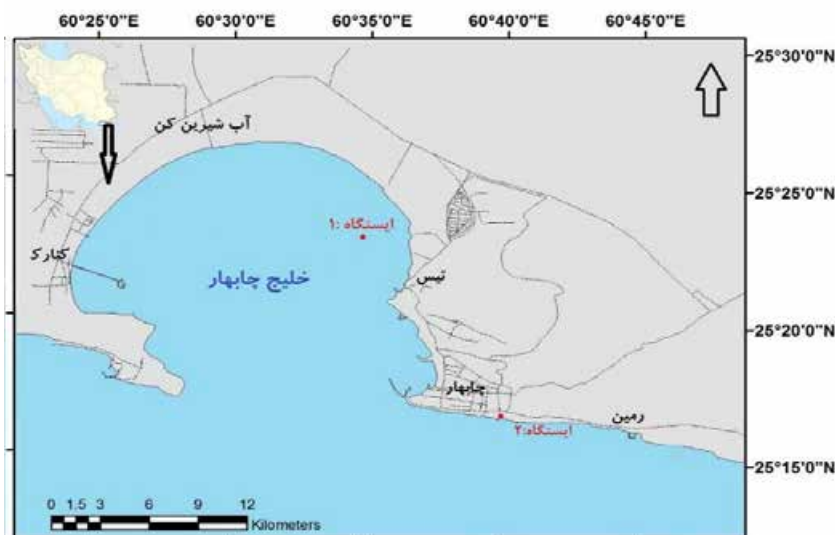
۲. مواد و روش‌ها

۱،۲. نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها

نمونه های جلبک سارگاسوم از منطقه تیس (خلیج چابهار) (اسفندماه ۹۵) از روی سطح آب دریا با قایق موتوری و نمونه های کاهو دریایی (تیرماه ۹۶) از ساحل صخره ای دریا بزرگ (دریای عمان) در هنگام جذر کامل به روش دستی جمع آوری و جهت زدودن شن، ماسه و اپی فیت های باقی مانده بر روی نمونه ها، ابتدا با آب دریا شستشو شده بعد از آن نمونه ها در کیسه های پلاستیکی نگهداری و به آزمایشگاه منتقل و جهت زدودن نمک آب دریا با آب مقطر شستشو شدند و درمحیط آزمایشگاه به مدت ۵ روز خشکانده و نمونه های جلبک خشک شده ابتدا با خرد کن خانگی آسیاب شده سپس با دستگاه الک شیکر از الک های با منفذ ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵ و ۶۳ میکرون عبور داده شدند. نمونه های الک شده شماره گذاری و تا شروع کارآزمایشگاهی در کیسه های پلاستیکی در فریزر در دمای ۲۰- نگهداری شدند. موقعیت محل نمونه برداری ها نیز با دستگاه GPS ثبت شد(جدول و شکل ۱).

جدول ۱: موقعیت محل نمونه برداری

شماره ایستگاه	محل نمونه برداری	طول جغرافیایی (شرقی) E	عرض جغرافیایی (شمالی) N
۱	منطقه تیس (خلیج چابهار)	۶۰/۵۹۲۱۰۵۸۷	۲۵/۳۶۸۴۳۴۷۹
۲	دریا بزرگ (دریای عمان)	۶۰/۶۶۳۶۸۳۳	۲۵/۲۷۶۹۵۶۵۹



شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

۲.۲. اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل

میزان کل ترکیبات فنولی عصاره‌ها با روش فولین سیو کالتو اندازه‌گیری شد [8]. روش فولین سیو کالتو از متداولترین روش‌های اندازه‌گیری ترکیبات فنولی می‌باشد. اساس کار در این روش، احیاء معرف فولین توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است. جهت رسم منحنی استاندارد ابتدا محلول‌های استاندارد با غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ و ۵۰ و ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر گالیک اسید با آب مقطر تهیه شد سپس ۰/۵ میلی لیتر از هر غلظت استاندارد با ۲/۵ میلی لیتر معرف فولین سیو کالتو (۱:۱) مخلوط شده بعد از زمان ۵ دقیقه ۲ میلی لیتر کربنات سدیم ۷/۵٪ اضافه نموده و بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی جذب آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر UV-vis خوانده شد. (در ابتدا جذب دستگاه در این طول موج با شاهد آب مقطر صفر شد) معادله خطی منحنی استاندارد برابر رابطه زیر می‌باشد.

$$(R^2=0.9901, Y=0.0198X+0.0519 \quad Y=\text{جذب}, X=\text{اسید گالیک بر لیتر گرم بر حسب میلی گرم}) \quad (1)$$

جذب کلی با رابطه زیر به دست آمد.

$$A(\text{کلی}) = A(\text{عصاره بدون افزودن معرف ها}) - A(\text{عصاره بعد افزودن معرف ها}) = A(\text{کلی}) \quad (2)$$

با جایگزینی جذب کلی در معادله (۱) غلظت بر حسب میلی گرم بر لیتر گالیک اسید به دست آمد. و در نهایت بر حسب میلی گرم گالیک اسید بر گرم نمونه خشک محاسبه شد.

۳.۲. روش عصاره‌گیری

با متغیر گرفتن یک پارامتر وثابت گرفتن پارامترهای دیگر انجام شد. در ابتدا ۰/۱ گرم از هر نمونه خشک جلبک به اندازه ذرات ۲۵۰ میکرون به دقت وزن شده و درون لوله آزمایش درب دار ریخته شد سپس ۱۰ میلی لیتر از حلال‌های (آب، متانول، اتانول و استون) به هر کدام از لوله آزمایش‌ها اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد با اولتراسونیک استخراج شدند و به مدت ۱۰ دقیقه با همزن مغناطیسی به هم زده شده سپس به مدت ۱۲ ساعت در انکوباتور نگهداری و بعد با کاغذ صافی (واتمن شماره ۴۲) فیلتر و عصاره به دست آمده دوباره با حلال استخراجی به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۴۰۰۰ در دقیقه سانتریفوژ شدند. عصاره‌گیری با هر حلال با سه بار تکرار صورت گرفت و در نهایت میزان ترکیبات فنولی کل هر عصاره به روش فولین سیو کالتو اندازه‌گیری شد.

۴.۲. پارامترهای بهینه‌سازی

به ترتیب شامل انتخاب بهترین حلال (آب، متانول، اتانول و استون)، اندازه ذرات نمونه (۱۲۵، ۵۰۰، ۲۵۰ و ۶۳ میکرون)، مقدار (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ گرم) نمونه خشک به نسبت حلال و زمان (۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه) در دمای (۲۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سانتیگراد) استخراج با اولتراسونیک بودند.

در نهایت با استفاده از پارامترهای بهینه به دست آمده استخراج با اولتراسونیک در هر دو نوع جلبک مجدداً با حلال‌های (آب، متانول، اتانول و استون) انجام شد بیشترین ترکیبات فنولی اندازه‌گیری و به عنوان نتایج گزارش گردید.

۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه آماری داده‌ها به وسیله نرم‌افزار Excel ۲۰۱۶ انجام شد و نتایج به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شد.

۳. نتایج و بحث

شرایط بهینه اندازه‌گیری شده برای هر دو نوع جلبک مطابق (جدول ۲) می‌باشد.

جدول ۲: پارامترهای بهینه اندازه‌گیری شده

نوع جلبک	اندازه ذرات نمونه (میکرون)	مقدار نمونه خشک (گرم)	مقدار حلال استخراجی (میلی لیتر)	زمان استخراج اولتراسونیک (دقیقه)	دمای استخراج اولتراسونیک (درجه سانتیگراد)
سارگاسوم <i>Sargassum sp.</i>	۱۲۵	۰/۴	۱۰	۱۰	۴۰
کاهو دریایی <i>Ulva sp.</i>	۲۵۰	۰/۴	۱۰	۱۰	۴۰

در بررسی پارامترهای بهینه سازی در عصاره گیری جلبک های سارگاسوم و کاهو دریایی، بهترین حلال آب، مقدار نمونه خشک ۰/۴ گرم در ۱۰ میلی لیتر حلال (نسبت ۴:۱۰۰)، بهترین اندازه ذرات نمونه ۱۲۵ میکرون برای جلبک سارگاسوم و ۲۵۰ میکرون برای جلبک کاهو دریایی، زمان استخراج ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد با اولتراسونیک تعیین شد. بیشترین ترکیبات فنولی به ترتیب با حلال آب <متانول <اتانول <استون حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۳: میانگین ترکیبات فنولی کل (میلی گرم گالیک اسید بر گرم نمونه خشک) هر دو نوع جلبک در حلال استخراجی (نتایج: انحراف معیار $\pm$ میانگین (سه تکرار))

نوع جلبک	حلال			
	آب	متانول	اتانول	استون
سارگاسوم <i>Sargassum sp.</i>	$2/57 \pm 0/054$	$2/01 \pm 0/07$	$1 \pm 0/12$	$0/95 \pm 0/05$
کاهو دریایی <i>Ulva sp.</i>	$1 \pm 0/14$	$0/94 \pm 0/11$	$0/33 \pm 0/04$	$0/31 \pm 0/09$

بیشترین ترکیبات فنولی مربوط به جلبک سارگاسوم با حلال آب به مقدار $2/57 \pm 0/054$ و برای جلبک کاهو دریایی با همین حلال به مقدار $1 \pm 0/14$ میلی گرم گالیک اسید بر گرم نمونه خشک حاصل شد.

در مطالعه ای که تاثیر حلال های مختلف (آب، اتانول، متانول، آب/متانول) بر ترکیبات فنولی یک گونه جلبک مورد آزمایش قرار گرفت، آب بالاترین خاصیت آنتی اکسیدانی و فنول کل را داشت و حلال آب/ متانول نیز پس از آب دارای بالاترین میزان ترکیبات فنولی بود [9]. مانند دیگر تحقیقات انجام گرفته در این آزمایش حلال نیز نقش موثری در میزان ترکیبات فنولی داشت. قطبی بودن بیشتر آب نسبت به سه حلال دیگر باعث تاثیر امواج اولتراسونیک بر حلال گشته و استخراج بهتری نسبت به حلال های متانول، اتانول و استن داشته است.

همچنین در این مطالعه عصاره استخراج شده با نسبت ۴ به ۱۰۰ نمونه جلبک به حلال دارای ترکیبات فنولی بالایی بود. که با گزارش دیگر محققان مطابقت دارد. افزایش نسبت حلال به ماده خشک در استخراج ترکیبات فنولی تفاله انگور باعث افزایش ترکیبات فنولی شد [10].

همچنین اندازه ذرات نمونه در این پژوهش ۶۳ میکرون و ۱۲۵ میکرون به ترتیب برای جلبک های سارگاسم و کاهو دریایی به دست آمد به نظر می رسد ذرات ریز باعث نفوذ بیشتر حلال داخل بافت نمونه شده و ترکیبات فنولی افزایش می یابد. همچنین زمان استخراج با اولتراسونیک ۱۰ دقیقه تعیین شد. در زمان های بیشتر میزان ترکیبات فنولی روند کاهشی نشان داد. در زمان های بالاتر ممکن است به دلیل وقوع اکسیداسیون (به علت قرار گرفتن در معرض امواج اولتراسونیک) میزان استخراج کاهش یابد [11].

در این بررسی نیز دمای بهینه اولتراسونیک ۲۰ درجه سانتی گراد به دست آمد. دما ضریب نفوذپذیری ماده را افزایش می دهد [12]. البته استفاده از دمای بالا می تواند مشکلاتی را در فرآیند استخراج از جمله، کاهش حجم حلال در اثر تبخیر و تغییر در غلظت ایجاد کند. مهمتر این که، امکان تخریب گرمایی ترکیبات حساس وجود دارد.

۴. نتیجه گیری

ترکیبات فنولی به طور قابل توجهی در جلبک ها یافت می شوند. در این تحقیق پارامترهای بهینه شامل نوع حلال، اندازه و مقدار ذرات نمونه، زمان و دمای استخراج با اولتراسونیک روی نمونه خشک جلبک های سارگاسوم و کاهو دریایی برای اندازه گیری بیشترین مقدار ترکیبات فنولی مطالعه شد و بهترین حلال استخراجی آب که حلال ارزان و مناسب می باشد انتخاب شد همچنین بیشترین مقدار ترکیبات فنولی در جلبک

سارگاسوم یافت شد لذا می‌توان از این نوع جلبک که در خلیج چابهار فراوان می‌باشد به عنوان آنتی اکسیدان طبیعی دریایی در صنایع غذایی و دارویی استفاده کرد.

منابع

- [1]- Yuan, Y.V. and Walsh, N.A.(2006), Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds. *Food and Chemical Toxicology*,44(7): 1144-1150
- [2]- Stratil, P., Klejdus, B. and Kubáň, V. (2006), Determination of Total Content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,54(3): 607-616.
- [3]- Volka, R. B. and Furkert, F. H. (2006), Antialgal, antibacterial and antifungal activity of two metabolites produced and excreted by cyanobacteria during growth. *Microbiological Research*, 161: 180-186.
- [۴]- پروا سفری, مسعود رضایی, امیررضا شویک لو و آریا باباخانی لشکان. تأثیر نوع و نسبت حلال بر فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره جلبک سبز خلیج فارس (*Chaetomorpha sp.*) در روش استخراج غوطه وری. ۱۳۹۲، بهاره برداری و پرورش آبزیان. ۲، ۴۰ و ۱۷۰-۱۵۹
- [5]- Khanavi, M., Nabavi, M., Sdati, N., Shams Ardakani, M. R., Sohrabipour, J., Nabavi, S. M. B., Ghaeli, P., Ostad, S. N.(2010), Cytotoxic activity of some marine brown algae against cancer cell lines. *Biological research*, 43:31-37
- [6]- Farasat, M., Khavari-Nejad, R. A., Nabavi, S. M. B. and Namjooyan, F.(2013), Antioxidant Properties of two Edible Green Seaweeds from Northern Coasts of the Persian Gulf. *JUNDI Shapour Jornal of Natural Pharmaceutical Products*, 8(1):47-52.
- [7]- Wang, L., and Weller, C.L.(2006), Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends Food Science and Technology*, 17, 300-312.
- [8]- Fu, L., Xu, B. T., Xu, X. R., Gan, R. Y., Zhang, Y., Xia, E. Q, and et al. (2011) Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chem.* 129, 345-350.
- [9]- Lopez, A., Rico, M., Rivero, A., Tangil, D.M.S.(2011), The effects of solvents on the phenolic contents and antioxidant activity of *Stypocaulon scoparium* algae extracts. *Food Chemistry* 125, 1104-1109.
- [10]- Pinelo, M., Rubilar, M., Jerez, M., Sinerio, J., Josea, N.M.(2005), Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ratio on the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components of grape pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 2111-2117.
- [11]- Rostagno, A., Palma, M., and Barrose, C. (2003),. Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones. *Journal of Chromatography A*, 1012, 119-128.
- [12]- Pan, X., Liu, H., Jia, G., and Shu, Y. (2000), Microwave-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice root. *Journal of Biochemical Engineering*,5, 173-17

تغیر اقلیم



پیش‌بینی تغییرات اقلیمی استان کرمانشاه و تأثیرات آن بر محیط زیست

نوحه گر^۱، احمد، توانا مهربانی، فرح^۲

۱. عضو هیئت علمی دانشگاه تهران

۲. کارشناسی ارشد مدیریت سوانح طبیعی

چکیده

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی یکی از مهمترین چالش‌های مطرح شده فراروی بشر می‌باشد که موجب تغییراتی در میزان بارش، سرعت باد، تابش دریافتی خورشید و دمای هوا می‌شود. این تغییرات تأثیر مستقیمی بر توسعه پایدار می‌گذارد که از تعامل سه عامل اقتصاد (economy)، اجتماع (social) و محیط زیست (environment) بوجود می‌آید. مدل‌های گردش عمومی (General Circulation Models-GCMs) مناسب‌ترین ابزار برای مطالعه پدیده تغییر اقلیم شناخته شده‌اند اما این مدل‌ها به شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی در مقیاس بزرگ می‌پردازند. به منظور کاربرد خروجی مدل‌های گردش عمومی در مقیاس‌های منطقه‌ای و محلی نیاز به مدل‌های واسطی است که عمل ریزمقیاس‌نمایی را انجام می‌دهند. این نوع مدل‌ها در دو دسته آماری و دینامیکی دسته‌بندی می‌شوند. انواع مختلف مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری وجود دارد که در این تحقیق به منظور شناسایی و پیش‌بینی نوسانات اقلیمی در منطقه کرمانشاه از روش ریزمقیاس‌نمایی آماری با استفاده از یک مدل مولد داده‌های هواشناسی به نام CLIMGEN استفاده شده است. هدف از این مطالعه شبیه‌سازی تصادفی دماهای بیشینه و کمینه با استفاده از یک مولد داده‌های هواشناسی به نام CLIMGEN بوده است. بنابر پیش‌بینی مدل در این تحقیق در ۲۰ سال آینده روند دما افزایشی و روند بارش و رطوبت نسبی کاهشی خواهد بود. این تغییرات اثر منفی بر خاک، پوشش گیاهی، منابع کشاورزی و امنیت غذایی و سلامت ساکنان منطقه خواهد گذاشت. اما برای باد بعد از سال ۲۰۲۰ روند ثابتی خواهد داشت که ممکن است ضعف این مدل باشد.

کلیدواژه: کرمانشاه، مدل CLIMGEN، دمای بیشینه و کمینه، بارش، باد

۱. مقدمه

به دلیل واقع شدن ایران در کمربند پرفشار جنب حاره، اکثر مناطق کشور دارای آب و هوای گرم و خشک تا نیمه خشک و در برخی نواحی نیمه مرطوب می‌باشد. بنابراین پیش‌بینی و پایش دراز مدت شرایط آب و هوایی در هر منطقه می‌تواند راهکار مناسبی برای مقابله با عوارض ناگوار تغییرات آب و هوایی نظیر خشکسالی، سیل و ... غیره باشد (۱). با توجه به تنوع اقلیمی کشورمان و وابستگی اقتصاد بسیاری از استان‌ها به بخش کشاورزی و منابع آب، لازم است مطالعات اساسی در ارتباط با تغییر اقلیم در سه بخش شناخت علمی و مقادیر کمی، پیامدها و روش‌های سازگاری با پیامدهای آن در پهنه‌های متفاوت اقلیمی کشورمان انجام شود تا پیامدهای زیانبار تغییر اقلیم به کمترین مقدار ممکن کاهش یابد. (۳).

امروزه تغییرات آب و هوایی یکی از مباحث مورد مطالعه برای پیش‌بینی رخدادهای آینده می‌باشد. برخی از دانشمندان معتقدند که دهه‌های پایانی قرن بیستم، گرم‌ترین سال‌های ۴۰۰ سال اخیر بوده است. در سال ۱۹۷۰ میلادی روند گرم شدن یا سرد شدن زمین در ۱۰۰ سال آینده

دقیقا مشخص نبود، در صورتیکه در دهه اخیر سرد شدن زمین منتفی و بر عکس گرم شدن زمین در کانون توجهات عموم و دانشمندان و سیاستگذاران قرار گرفته است. (۲)

۲. مواد و روش‌ها

مدل CLIMGEN نسخه ارتقاء یافته مدل WGen می باشد که در سال ۱۹۹۰ در دانشگاه ایالتی واشنگتن توسط کمپل توسعه یافت. متغیرهای دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش در مقیاس روزانه و ماهانه به روش زیر تولید می شود: مدل CLIMGEN توانایی تولید داده های روزانه بارش، حداکثر و حداقل دما و رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات افتابی را دارد. داده های ورودی این مدل شامل داده های بارش، حداکثر و حداقل دما و رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشیدی می باشد. برای انجام این پژوهش از ۲۵ سال داده های اندازه گیری شده در مدت سال های ۱۹۸۶-۲۰۱۰ استفاده شد جهت پیش بینی داده های هواشناسی نیز مدل ۴,۶,۰۶ CLIMGEN- Version به کار گرفته شد.

ابتدا برای سنجش کارایی این مدل از اطلاعات هواشناسی روزانه ۲۰ سال از ۱۹۸۶-۲۰۰۵ شامل بارش، حداکثر و حداقل رطوبت نسبی و دما و همچنین ۳ سال داده های اندازه گیری شده سرعت باد (سالهای ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵) استفاده گردید. داده های پیش بینی شده برای ۱۰ سال (۲۰۰۰-۲۰۱۰) با داده های اندازه گیری شده موجود برای آن مقایسه گردید. با تحلیل نتایج مقایسه، دقت و صحت مدل CLIMGEN مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه مدل CLIMGEN برای تولید داده های سرعت باد مقادیر مربوط به ۲ سال آن را نیاز دارد، نتایج بدست آمده و مقایسه آماری نشان دهنده عدم توانایی مدل برای تولید داده های بلند مدت است.

۳. نتایج

برای ارزیابی کارایی مدل با استفاده از ۲۰ سال داده های هواشناسی روزانه اندازه گیری شده در طی سال های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ مقادیر داده های هواشناسی شامل: بارش (Pr)، دمای حداکثر (TX)، دمای حداقل (Tm)، تابش خورشیدی (IS)، حداکثر رطوبت نسبی (HX)، حداقل رطوبت نسبی (Hm) و سرعت باد (W) برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ تولید گردید. مقادیر میانگین (mean)، انحراف معیار (SD) و داده های هواشناسی مذکور اندازه گیری شده و پیش بینی شده برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در جدول (۱) آورده شده است.

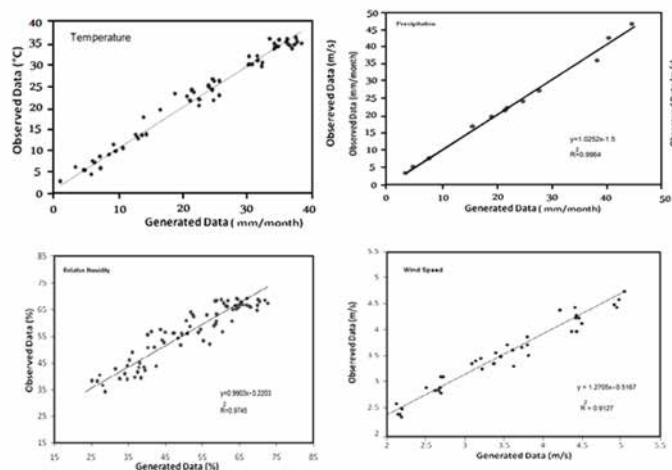
جدول ۱- مقایسه آماری داده های میانگین سالانه مشاهداتی و پیش بینی شده در مدت سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ برای ایستگاه کرمانشاه. داده های مشاهداتی بارش، دما، تابش خورشیدی و رطوبت برای سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ و سرعت باد برای سال ۲۰۰۵-۲۰۰۰

جدول ۱: مقایسه آماری داده های میانگین سالانه مشاهداتی و پیش بینی شده در مدت سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰

Variable	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
TX mean	۸.۸	۹.۹	۱۳.۸	۲۰.۱	۲۶.۵	۳۲.۴	۳۵.۹	۳۵.۷۲	۳۱.۵۲	۲۴.۹	۱۶.۶	۱۱.۳
SD	۲.۱	۲	۲.۴	۱.۶	۱.۵	۱.۰۲	۰.۸۳	۰.۹۷	۰.۷۹	۱.۳۲	۱.۶۵	۲.۴۳
Tm mean	۰.۵	۱	۴.۴	۹.۷	۱۴.۸	۱۹.۵	۲۳	۲۲.۷۱	۱۸.۶۳	۱۳.۸۱	۶.۹۲	۲.۸۳
SD	۱.۷	۱.۶	۱.۶	۱.۳	۱.۳	۱.۲	۱.۵	۱.۶	۱.۴	۱.۱	۱.۳	۱.۹
HX mean	۸۱	۸۷	۷۴.۲۵	۶۴.۷۹	۴۵	۳۱	۲۸	۲۸	۳۰	۴۵	۶۷	۷۶
SD	۷.۷	۵.۷	۸.۷	۶.۵	۷.۸	۵.۴	۴.۵	۴.۵	۵.۳	۸.۸	۱۰.۵	۹.۲
Hm mean	۴۷	۴۲	۲۸	۲۰	۲۰	۱۳	۱۲	۱۲	۱۳	۲۲	۲۵	۴۳
SD	۷.۰۸	۵.۹	۸.۵	۵.۹	۴.۹	۲.۷	۲.۴	۲	۲.۷	۶	۹.۶	۸.۳
Pr mean	۱۵.۸	۱۳.۶	۱۴.۹	۱۶.۱	۸.۶	۱.۱	۰.۵	۰.۳۱	۱.۲	۲۲.۳	۲۷.۴	۲۴.۱
IS mean	۹.۱۱	۱۱.۵	۱۵.۴۴	۲۱.۲۱	۲۳.۶۷	۲۵.۴۳	۲۴.۲۷	۲۲.۲۷	۲۰.۱۲	۱۴.۲	۱۰.۶۵	۸.۷۳
SD	۴.۱۱	۴.۴۳	۴.۸۷	۵.۴۸	۲.۶۴	۴.۷۶	۳.۸	۳.۱	۴.۳۱	۲.۷۶	۳.۶۵	۳.۹۲
W mean	۱.۵۷	۲.۱۲	۲.۴۱	۲.۳۷	۲.۴۱	۲.۵	۲.۸۷	۲.۷۱	۲.۰۸	۱.۸۱	۱.۵۱	۱.۵۲
SD	۰.۶۵	۱.۰۳	۱.۰۶	۱.۰۴	۱.۱	۱.۳۸	۱.۵	۱.۲۶	۱.۰۲	۰.۷۹	۰.۶۹	۰.۵۹

جدول ۲: داده‌های تولیدی بارش، دما، تابش خورشیدی، رطوبت نسبی برای سال ۲۰۱۰-۲۰۰۰ و سرعت باد برای سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۰

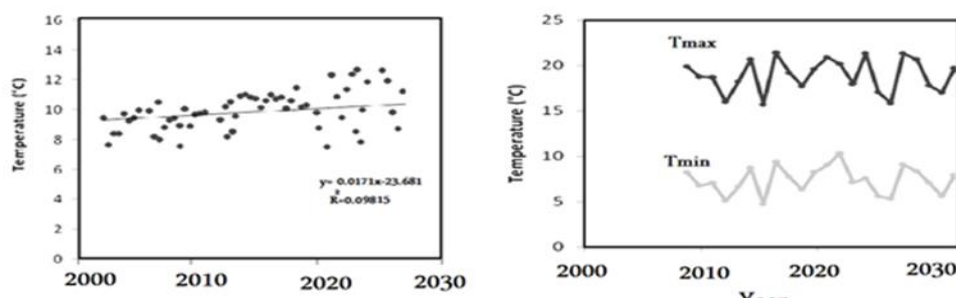
Variable	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
TX	mean	۸.۵۰	۹.۱۴	۱۳.۹	۲۰.۵	۲۶.۶۵	۳۲.۱۶	۳۵.۲۳	۳۱.۴۲	۲۴.۸	۱۶.۴	۱۱.۱۲
	SD	۱.۹۵	۲	۲.۴۲	۱.۶۴	۱.۵۲	۱.۰۴	۰.۸۷	۰.۹۸	۰.۸۱	۱.۳۵	۱.۷۵
Tm	mean	۰.۵۳	۰.۹۸	۴.۵۲	۹.۲۲	۱۴.۸	۱۹.۱۸	۲۳.۱۱	۲۲.۵۱	۱۸.۶	۱۳.۷۶	۶.۹۰
	SD	۱.۶	۱.۴	۱.۶۱	۱.۳	۱.۲۲	۱.۲۱	۱.۵۳	۱.۶۷	۱.۴۳	۱.۱۲	۱.۳۱
HX	mean	۸۲.۲۳	۸۹	۷۴.۳	۶۴.۲۵	۴۴.۳۴	۲۸	۲۷	۲۹	۴۴.۲۳	۶۶.۳۴	۷۵.۸۷
	SD	۱۴.۷	۱۳.۷	۱۶.۲۲	۱۴.۸۴	۱۶.۶۲	۱۹.۴۲	۱۵.۰۵	۱۵.۸۸	۵.۳	۱۹.۶۹	۱۷.۵۹
Hm	mean	۴۲.۵۴	۳۹	۳۷	۳۰.۳۴	۲۱.۲۳	۱۴.۱۲	۱۲.۴۷	۱۴	۱۴.۵۴	۲۴	۴۱
	SD	۹.۶۴	۸.۸۹	۸.۵۶	۵.۶	۴.۸	۲.۷۸	۲.۴	۳.۱	۳.۷۳	۶.۵۷	۱۰.۶
Pr	mean	۱۵.۸۹	۱۳.۱۲	۱۶.۹	۱۴.۶	۷.۴	۱.۱۲	۰.۳۳	۰.۳۶	۱.۷۲	۲۱.۹۹	۲۷.۹۶
	SD	۹.۰۸	۱۱.۸۱	۱۵.۸۴	۲۰.۲۱	۲۳.۶۷	۲۵.۲۲	۲۴.۲۷	۲۲.۱۵	۲۰.۱	۱۵.۲۴	۱۰.۹۵
IS	mean	۴.۲۱	۴.۸۳	۵.۱۷	۵.۲	۳.۶۴	۴.۸۶	۳.۸۲	۳.۱۳	۴.۲۱	۲.۸۶	۳.۸۵
	SD	۴.۲۱	۴.۸۳	۵.۱۷	۵.۲	۳.۶۴	۴.۸۶	۳.۸۲	۳.۱۳	۴.۲۱	۲.۸۶	۳.۸۵
W	mean	۱.۴۳	۲.۲۹	۲.۲۲	۲.۲۵	۲.۴۶	۳.۰۶	۲.۲۳	۲.۷۹	۲.۲۵	۱.۷۳	۱.۵۵
	SD	۱.۰۶	۱.۶۳	۱.۶۶	۱.۶۴	۱.۸۷	۲.۲۷	۲.۲۱	۲.۰۳	۱.۶۴	۱.۲۷	۰.۹۶



مقایسه داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده توسط مدل CLIMGEN شامل: میانگین ماهانه دمای هوا، میانگین ماهانه درصد رطوبت نسبی، میانگین سالانه بارش برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ برای ایستگاه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که شکل مذکور نشان می‌دهد مدل از توانایی خوبی برای پیش‌بینی اطلاعات هواشناسی برخوردار است. معادلات رگرسیونی به همراه ضریب تبیین (R^2) نیز در روی شکل ارائه شده است. مقادیر ضریب تبیین نشان از همخوانی بالای مقادیر مشاهداتی و تولیدی دارد. چنانچه ضریب متغیر X معادله رگرسیونی برابر یک و عرض از مبدا آن برابر صفر باشد این به معنی روی هم قرار گرفتن مقادیر مشاهداتی و تولیدی است. از نظر آماری چنانچه ضریب متغیر X با عدد یک و عرض از مبدا با صفر دارای اختلاف معنی‌داری نباشد از نظر آماری قابل قبول خواهد بود.

شکل ۲- مقایسه داده‌های مشاهداتی و تولیدی (مدل CLIMGEN) میانگین ماهانه دمای هوا - میانگین ماهانه درصد رطوبت نسبی - میانگین سالانه بارش برای سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۰ - میانگین ماهانه سرعت باد برای سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۰ در ایستگاه کرمانشاه

پیش‌بینی داده‌های هواشناسی تا سال ۲۰۳۰: پس از اینکه کارایی مدل برای پیش‌بینی داده‌های هواشناسی به اثبات رسید، برای تولید داده‌های هواشناسی از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۳۰ از مدل استفاده شد.



شکل ۳: مقادیر پیش‌بینی شده بارش سالانه برای سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۳۰ - و مقادیر پیش‌بینی شده سرعت باد سالانه برای سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۳۰ به‌همراه مقادیر مشاهداتی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۳۰.

همانطور که مشاهده می‌شود بنا بر پیش‌بینی مدل در این تحقیق در ۲۰ سال آینده روند بارش و رطوبت نسبی روندی کاهشی خواهد بود. اما برای باد بعد از سال ۲۰۲۰ روند ثابتی خواهد داشت که ممکن است ضعف این مدل باشد.

۴. نتیجه‌گیری

به منظور ارزیابی تغییرات اقلیمی و پیش‌بینی آب و هوایی در منطقه کرمانشاه و لحاظ آن در برنامه ریزی‌های بلندمدت و استراتژیک در قالب طرح آمایش سرزمین، مطالعات تغییرات اقلیمی این در افق ۲۰۰۶ تا ۲۰۳۰ میلادی انجام گرفت. و از داده‌های هواشناسی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰ ایستگاه همدیدی کرمانشاه استفاده گردید. در این تحقیق توانایی مدل CLIMGEN برای پیش‌بینی داده‌های هواشناسی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل مقادیر دمای هوا، درصد رطوبت نسبی و بارش را پیش‌بینی می‌کند بر اساس مدل مقدار حداکثر و حداقل دمای روزانه بتدریج با افزایش گازهای گلخانه‌ای افزایش خواهد یافت و انتظار است در سال ۲۰۳۰ با افزایش چند درجه‌ای هوا روبرو خواهیم بود و نوسانات آب و هوایی گسترش خواهد یافت. با توجه به اینکه مدل CLIMGEN برای تولید داده‌های سرعت باد مقادیر مربوط به ۲ سال آن را نیاز دارد، نتایج بدست آمده و مقایسه آماری نشان دهنده عدم توانایی مدل برای تولید داده‌های بلندمدت است. از اثرات نامطلوب تغییر اقلیم و گرد و غبار بر روی پوشش گیاهی و جنگلی استان، خشکیدگی درختان بلوط است که پس از بررسی، عوامل مؤثر و مستقیم در این پدیده، خشکسالی (شدت و تداوم آن)، افزایش شدت و مدت گرد و غبار (اختلال در متابولیسم) عنوان گردیده است. همچنین این پدیده بر میزان مهاجرت پرندگان، زادآوری پرندگان و حیوانات تأثیر مستقیم دارد و با از بین بردن پوشش گیاهی بر تشدید بیابان‌زایی منطقه می‌افزاید. ثبات اقلیمی هر منطقه یکی از شرایط لازم برای پایداری اکولوژیکی و در نتیجه توسعه پایدار محسوب می‌شود تغییر اقلیم موجب تغییراتی در وضع بارش‌ها سرعت باد تابش دریافتی خورشید و دمای هوا در سطح استان می‌شود. این تغییرات اثر منفی بر منابع کشاورزی و امنیت غذایی و سلامت ساکنان منطقه خواهد گذاشت. همچنین نتایجی که از کاربرد مدل ClimGen برای بررسی تغییر اقلیم در حوضه شرق دریاچه ارومیه انجام گرفته نشان می‌دهد که روند بارش و رطوبت نسبی در این حوضه در طی سال‌های آینده کاهشی بوده و دمای متوسط سالیانه نیز روند افزایشی دارد که می‌تواند در خشک شدن دریاچه ارومیه مؤثر باشد. در ارزیابی مدل CLIMGEN و پیش‌بینی اطلاعات هواشناسی برای منطقه تبریز هم بنا بر پیش‌بینی مدل مورد استفاده در این تحقیق در ۴۰ سال آینده روند دما افزایشی و بارش و رطوبت نسبی کاهشی خواهد بود.

منابع

[۱] احترامیان. ک، شهابفر. ع، علیزاده. ا، ۱۳۸۳، ارزیابی پدیده انسو بر رژیم بارش در استان خراسان، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۳، پاییز و زمستان ۱۳۸۳.

[2] Babaeian I., Kwon W.T., and Im E.S. 2004. Application of weather generator technique for climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, Climate Research lab., 98pp

[3] Richardson, C.W., Wright, D.A., 1986. WGEN: A model for generating daily weather variables. USDA, Agricultural Research Service ARS



استفاده از داده‌های اقیانوسی به منظور مدلسازی توزیع گونه‌های جنگل‌های مانگرو در ایران

قیومی راضیه^{۱*}، ابراهیمی الهام^۲

۱. گروه پژوهشی تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

r.ghayoumi@gmail.com

چکیده

اکوسیستم‌های آبی دارای تنوع بسیار زیادی از ارگانیسم‌هایی هستند که توزیع و ترجیحات اکولوژیکی آن‌ها اغلب مورد بررسی قرار نگرفته است. مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (SDM) قادر است دانش ما در این زمینه را بهبود بخشد و سبب ارتقاء سطح مدیریت و حفاظت اکوسیستم‌های آبی شود. جنگل‌های مانگرو به‌عنوان یکی از بخش‌های ارزشمند وابسته به اکوسیستم‌های آبی در جهان محسوب می‌شوند. این جنگل‌ها تولید اولیه بالایی داشته و دارای بیوماس غنی می‌باشند که نقش مهمی به‌عنوان ذخیره‌گاه، پناهگاه، محل تغذیه برای بسیاری از گیاهان و جانوران غیرآبی و آبی دارند. در این مطالعه ابتدا لایه‌های ۹ متغیر زیست‌شیمیایی از پایگاه داده Bio-Oracle استخراج گردید. در مرحله بعدی، همبستگی بین متغیرهای زیست‌شیمیایی برای هریک از گونه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سپس متغیرهای دارای همبستگی بالا از فرآیند مدل‌سازی حذف شدند. در نهایت مدل‌سازی توزیع گونه‌های جنگل‌های حرا با روش بیشینه آنتروپی در نرم افزار MaxEnt انجام شد. نتایج نشان داد عموماً مناسب‌ترین مناطق برای پراکنش جنگل‌های حرا در ایران، حاشیه‌ی شرقی خلیج فارس و اغلب مناطق حاشیه‌ای دریای عمان هستند. بعلاوه اینکه در این مدل‌سازی متغیرهای حداقل کلروفیل، میانگین کلروفیل، مجموع حداکثر کلروفیل و Ph به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای زیست‌شیمیایی در توزیع حرا شناخته شده‌اند. یافته‌های پژوهش حاضر می‌تواند برای مدیریت بهتر مناطق ذکر شده با تاکید بر حفاظت تنوع‌زیستی گونه حرا استفاده گردد.

کلیدواژه: جنگل‌های مانگرو، *Avicenia marina*، داده‌های دریایی، مدلسازی توزیع گونه‌ای

۱. مقدمه

در طول دو دهه گذشته، علاقه به پیش‌بینی توزیع گونه‌ای به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. مدل‌سازی توزیع گونه‌ای یک ابزار مهم در بوم‌شناسی، تکامل، بیوگرافی و زیست‌شناسی حفاظت شده است [۱۱ و ۱۷]. برنامه‌های کاربردی رایج شامل پیش‌بینی گسترش گونه‌های مهاجم [۲۴]، پیش‌بینی تأثیرات تغییرات اقلیمی [۲۳]، بررسی الگوهای فضایی تنوع گونه‌ای [۱۱]، بازسازی آشیان اکولوژیکی اجدادی [۱۵] در چند دهه اخیر به کمک مدل‌های SDM انجام می‌شوند. با توجه به کاربرد وسیع مدل‌های توزیع گونه‌ای (SDM) در اکوسیستم‌های زمینی، فقط تعداد اندکی از مطالعات بر پایه SDM برای گونه‌های وابسته به اکوسیستم‌های آبی استفاده می‌شوند [۱۹]. اما با توجه به این موضوع که مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (SDM) قادر است دانش در زمینه توزیع و ترجیحات اکولوژیکی را بهبود بخشد و سبب ارتقاء سطح مدیریت و حفاظت اکوسیستم‌های آبی شود، در این مطالعه به مدل‌سازی توزیع گونه‌های جنگل‌های مانگرو در ایران پرداخته شده است.

جنگل‌های مانگرو (Mangrove Forest) در زمره غنی‌ترین و حاصلخیزترین اکوسیستم‌های آبی (دریایی-ساحلی) جهان به شمار می‌آیند و از نظر اکولوژیکی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند [۳، ۴، ۷، ۲۰ و ۲۲]. پراکنش جهانی این جنگل‌ها در نواحی مختلفی از جنوب و شرق آسیا، استرالیا، آمریکا، غرب آفریقا و خاورمیانه بوده که وسعت آنها بیش از ۱۵ میلیون هکتار تخمین زده شده است [۱۴ و ۲۱]. جنگل‌های مانگرو در ۱۲۳ کشور دنیا یافت می‌شوند و تاکنون ۷۳ گونه از آنها شناسایی شده است [۱۴]. در ایران تنها دو گونه حرا (*Avicennia marina*) و چنل (*Rhizophora mucronata*) که در آخرین حد پراکنش این جنگل‌ها، در آسیای جنوب غربی وجود دارد، دیده می‌شوند. در جنگل‌های مانگرو ایران، گونه حرا، گونه غالب بوده و در کلیه مناطق رویشگاهی مانگرو ایران دیده می‌شود. در حالی که گونه چنل فقط در خورهای سیریک و جاسک (تالاب بین‌المللی دلتای رود گز و حرا) حضور داشته که معمولاً ناخالص نبوده و همراه با حرا دیده می‌شود [۱، ۳ و ۵]. پراکنش طبیعی حرا در ایران از شرقی‌ترین بخش دریای عمان در کشور، در خلیج گواتر در طول شرقی ۶۵ درجه و عرض شمالی ۲۵ درجه شروع می‌شود و با حرکت به غرب خلیج فارس و زیاد شدن عرض جغرافیای ۲۷ درجه و طول شرقی ۵۵ درجه در استان بوشهر پایان می‌یابد [۲، ۳ و ۶] (شکل ۱). با توجه به اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی جنگل‌های مانگرو که به برخی از آنها اشاره گردید، ضرورت انجام تحقیقات مدون و بلند مدت به منظور حفظ این جنگل‌ها و آشکارسازی اهمیت آن‌ها در حوزه‌های مختلف دارای اهمیت است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها پیش‌بینی توزیع گونه‌ای می‌باشد، از این رو در این مطالعه به مدل‌سازی توزیع گونه‌ای حرا (به عنوان گونه غالب جنگل‌های مانگرو) در ایران با استفاده از داده‌های زیست‌شیمیایی پایگاه داده‌های محیطی Bio-Oracle پرداخته شد.

۲. مواد و روش‌ها

در این مطالعه داده‌های بیولوژیک (اطلاعات حضور) مربوط به گونه حرا از طریق نمونه‌برداری (پایگاه داده شخصی) گردآوری گردید و داده‌های محیطی مورد استفاده از بانک داده Bio-Oracle که یک مجموعه داده جهانی شامل داده‌های زیست‌شیمیایی، مواد مغذی و فیزیکی است، تهیه شد (در این مطالعه از داده‌های محیطی زیست‌شیمیایی استفاده شده است، شکل ۲). این بانک داده‌ای کاربرپسند برای مدل‌سازی توزیع گونه‌ای اکوسیستم‌های آبی با دانلود در <http://www.bio-oracle.org/> در دسترس قرار می‌گیرد. در مرحله بعدی، همبستگی بین متغیرهای زیست-شیمیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سپس متغیرهای دارای همبستگی بالا از فرایند مدل‌سازی حذف شدند. در نهایت مدل‌سازی توزیع گونه‌ای جنگل‌های حرا با روش بیشینه آنتروپی در نرم افزار MaxEnt انجام شد.

۳. نتایج

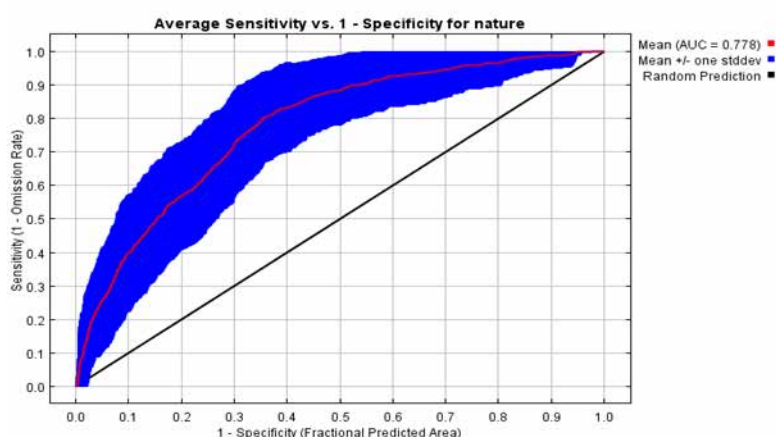
در این مطالعه به منظور انتخاب متغیرهای مستقل و وابسته تأثیرگذار بر حضور جنگل‌های حرا از آزمون پیرسون با ضریب دقت ۰/۷۵ استفاده شد، نتایج حاصل از این آزمون به انتخاب متغیرهای حداقل کلروفیل، میانگین کلروفیل، مجموع حداکثر کلروفیل و Ph برای گونه‌ای حرا منجر شد که از بین ۹ متغیر زیست‌شیمیایی، متغیرهای مذکور با فرمت Ascii برای ورود به نرم‌افزار Maxent 3.3.3 آماده شدند (شکل ۲). برای ارزیابی نتایج مدل‌سازی متغیر آماری از تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده منحنی (شکل ۳) استفاده شد. چنانچه مساحت زیر منحنی (AUC) میزان عددی ۱ را نشان دهد، به معنای پیش‌بینی کامل و بدون حذف هیچ‌کدام از نقاط حضور است. اما اگر این مقدار برابر با ۰/۵ باشد، ROC نشان‌دهنده‌ی یک پیش‌بینی تصادفی می‌باشد. همچنین AUC بین ۰/۷ تا ۰/۸ بیان‌گر مدل خوب، بین ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و بیش از ۰/۹ بیان‌گر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است [۱۰]. منحنی ROC مربوط به مدل‌سازی توزیع گونه‌ای حرا با بهره‌گیری از مدل بیشینه آنتروپی میزان $AUC = 0.778$ را نشان داد که مبین قابلیت اعتماد در سطح خوب می‌باشد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی توزیع گونه‌ای حرا نشان داد متغیرهای حداقل کلروفیل، میانگین کلروفیل، مجموع حداکثر کلروفیل و Ph به ترتیب با درصد اهمیت ۴۷/۶، ۲۷/۵، ۱۷، ۷/۹ بیش‌ترین تأثیر را بر پیش‌بینی حضور حرا در جنگل‌های مانگرو ایران دارند (جدول ۱). همچنین نتایج نشان می‌دهد در شرایط زیست‌شیمیایی حاضر بخش‌هایی از استان هرمزگان، محدوده‌ای از چابهار، شرقی‌ترین بخش استان سیستان و بلوچستان و همچنین لکه‌های زیستگاهی کوچکی در استان خوزستان بهترین مناطق برای پراکنش حرا به شمار می‌روند اما استان بوشهر به لحاظ زیست-شیمیایی، دارای حداقل، یتانسیا، پراکنش، برای این گونه است (شکل ۴). همچنین نقشه یتانسیا، توزیع گونه‌ای جنگل‌های حرا که در ۴ رده

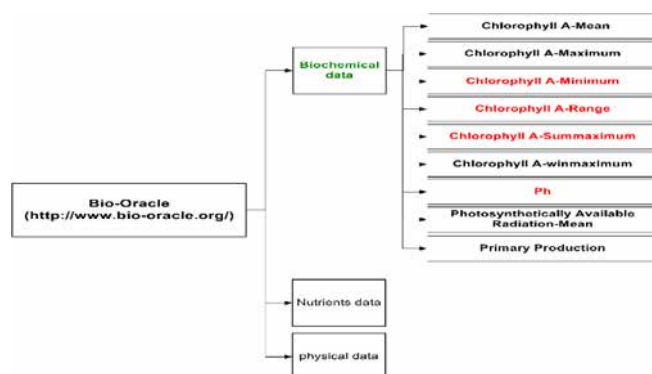
طبقه‌بندی شده نشان می‌دهد در شرایط زیست‌شیمیایی کنونی منطقه حفاظت شده حرا، منطقه حفاظت شده گابریک و جاسک، خلیج گواتر، جزیره قشم، خور آذینی، خور خلاصی، خور آبکوهی، خور احمدی، خور سمایی و خور زنگی در مرز آبی جنوب کشور به‌طور کلی پتانسیل بیشتری برای پراکنش جنگل‌های حرا دارند (شکل ۴).

جدول ۱: اهمیت نسبی متغیرهای زیست‌شیمیایی در مدل‌سازی توزیع گونه‌های جنگل‌های حرا در ایران با مدل بیشینه آنتروپی.

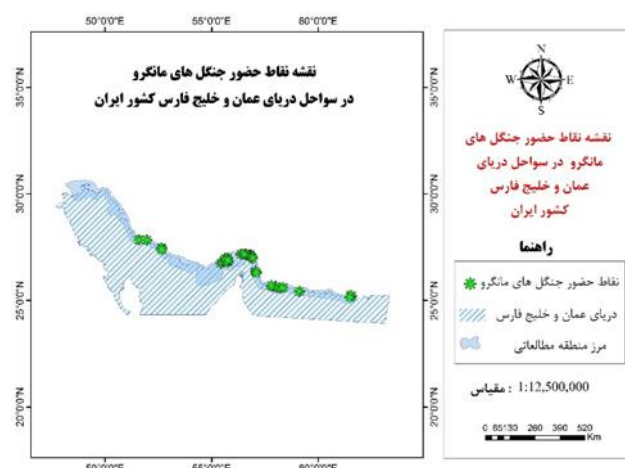
متغیر	درصد اهمیت نسبی متغیرها
حداقل کلروفیل	۴۷٫۶
میانگین کلروفیل	۲۷٫۵
مجموع حداکثر کلروفیل	۱۷
Ph	۷٫۹



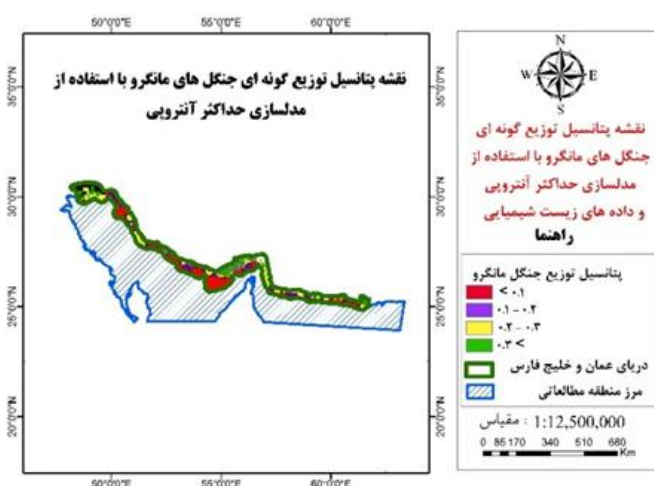
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه (محدوده جنگل‌های مانگرو در ایران)



شکل ۲: متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی توزیع گونه‌های حرا در ایران (پایگاه داده‌های محیطی Bio-Oracle شامل داده‌های محیطی زیست‌شیمیایی، مواد مغذی دریایی و فیزیکی می‌باشد که این مطالعه با بهره‌گیری از داده‌های زیست‌شیمیایی (رنگ سبز) انجام شده است و پس از آزمون پیرسون با ضریب اطمینان ۰٫۷۵، متغیرهای حداکثر کلروفیل، میانگین کلروفیل، مجموع حداکثر کلروفیل و Ph (رنگ قرمز) به‌عنوان متغیرهای مستقل این گونه انتخاب شدند).



شکل ۳: ROC منحنی مربوط به مدل بیشینه آنتروپی برای پیش‌بینی پتانسیل توزیع گونه‌ای جنگل‌های حرا در ایران



شکل ۴: نقشه پتانسیل توزیع گونه‌ای جنگل‌های مانگرو در ایران با مدل بیشینه آنتروپی و داده‌های زیست‌شیمیایی

۴. نتیجه گیری

در سال‌های اخیر مدل‌های توزیع گونه‌ای در رشته‌های مختلف زیست‌شناسی اهمیت گسترده‌ای یافته‌اند. نکته قابل توجه آنجاست که این مدل‌ها برای تاکسون‌های وابسته به اکوسیستم‌های آبی به‌ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد و اغلب برای تاکسون‌های اکوسیستم‌های خشکی استفاده می‌شوند. این مطالعه با هدف بررسی یک پایگاه داده‌ای دریایی همتای پایگاه داده‌ای WorldClim که به طور گسترده‌ای برای مدل‌سازی توزیع گونه‌ای تاکسون‌های اکوسیستم‌های خشکی استفاده می‌شود، انجام شد. Bio-Oracle مجموعه‌ای از ۳۳ متغیر محیطی برای مدل‌سازی توزیع گونه‌های وابسته به اکوسیستم‌های آبی در مقیاس جهانی است که در این مطالعه تنها از مجموعه متغیرهای زیست‌شیمیایی این پایگاه داده‌ای استفاده شد.

واضح است که تنظیمات اکولوژیکی بین گونه‌ها متفاوت است و برای استفاده از Bio-Oracle در مدل‌های توزیع گونه‌ای تنها برخی از متغیرها در پیش‌بینی توزیع گونه‌ای مفید هستند لذا انتخاب متغیر صحیح در پیش‌بینی توزیع یک گونه خاص به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراحل مدل‌سازی محسوب می‌شود [۱۳]. متغیرها می‌توانند براساس دانش متخصصان که چه ویژگی‌هایی از لحاظ اکولوژیکی برای گونه‌های مورد نظر معنی‌دار هستند و یا با روش‌های مختلف تعیین همبستگی بین متغیرها شناخته شوند [۸ و ۱۳]. که در این مطالعه با روش تعیین همبستگی و ضریب پیرسون ۰٫۷۵ متغیرهای حداقل کلروفیل، میانگین کلروفیل، مجموع حداکثر کلروفیل و Ph انتخاب شدند. از طرف دیگر انتخاب یک الگوریتم مناسب برای داده‌های حضور با توجه به روش‌های متعدد رگرسیون که تاکنون ارائه شده است، بسیار مهم تلقی می‌شود [۱۲]. لذا در

مطالعه حاضر از الگوریتم بیشینه آنتروپی که نوعی رویه مبتنی بر ماشین یادگیری است و به ارزیابی احتمال توزیع مقادیر بیشینه آنتروپی متأثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر نحوه توزیع‌های مکانی گونه، می‌پردازد، استفاده شده است. این روش یکنواخت‌ترین توزیع نقطه نمونه را در مقایسه با مکان‌های پس‌زمینه با توجه به محدودیت‌های به‌دست آمده از داده‌ها تخمین می‌زند [۹ و ۱۸] و حداکثر احتمال پراکنش را پوشش می‌دهد [۱۸]. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد مدل بیشینه آنتروپی با $AUC = 0.778$ قابلیت اعتماد مناسبی دارد و متغیرهای حداقل کلروفیل، میانگین کلروفیل، مجموع حداکثر کلروفیل و Ph به ترتیب مهم‌ترین پارامترهای زیست‌شیمیایی حرا محسوب می‌شوند. همچنین نتایج نشان داد در شرایط زیست‌شیمیایی کنونی منطقه حفاظت شده حرا، منطقه حفاظت شده گابریک و جاسک، خلیج گواتر، جزیره قشم، خور آذینی، خور خلاصی، خور آبکوهی، خور احمدی، خور سمایی و خور زنگی در مرز آبی جنوب کشور به‌طور کلی پتانسیل بیشتری برای پراکنش جنگل‌های حرا دارند. بدین ترتیب به‌نظر می‌رسد حاشیه‌ی شرقی خلیج فارس و اغلب مناطق حاشیه‌ای دریای عمان پتانسیل بالایی برای پراکنش حرا دارند (شکل ۴). به‌طور کلی می‌توان به این نکته اشاره کرد که استفاده از پایگاه‌های داده‌ای مخصوص اکوسیستم‌های آبی گامی نوین در مدل‌سازی توزیع گونه‌ای محسوب می‌شوند که اگر چنانچه همگام با توسعه SDM باشند، می‌تواند سبب ارتقاء سطح حفاظت تنوع زیستی در اکوسیستم‌های آبی شوند.

منابع

- [۱] دانه کار، ا. ۱۳۷۳. بررسی مانگروهای منطقه سیریک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، نور.
- [۲] دانه کار، ا. ۱۳۸۵. طرح مدیریت و توسعه جنگل‌های مانگرو در استان هرمزگان. جلد اول. اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان.
- [۳] صفیاری، ش. ۱۳۹۶. جنگل‌های مانگرو در ایران. طبیعت ایران، (۲): ۵۷-۴۹.
- [۴] صفیاری، ش.، و نصوری، م. ۱۳۸۷. توسعه جنگل‌های مانگرو، انتشارات سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان، ۴۹۸ص.
- [۵] عرفانی، م.، نوری، غ.، دانه کار، ا.، مهاجر مروی، م. و محمودی، ب. ۱۳۸۸. بررسی پارامترهای رویشی جنگل‌های مانگرو خلیج گواتر در جنوب شرقی ایران. مجله تاکسونومی و بیوسیس‌ماتیک، (۱): ۳۳-۴۶.
- [۶] قربانزاده زعفرانی، س. ق.، عزیزی، ن.، شهلاپور، ش. و سرابی، ف. ۱۳۹۳. راهنمای صحرایی «احیاء و بازسازی اکولوژیک جنگل‌های مانگرو (EMR) با تأکید بر مناطق حفاظت شده سازمان حفاظت محیط زیست. نشر شروع. ۹۶ ص.
- [7] Alongi D. M., Perillo G. M. E., Wolanski E., Cahoon D. R. and Brinson M. M. 2009. Paradigm shifts in mangrove biology. Coastal Wetlands: An integrated ecosystem approach. Elsevier, Londres, Inglaterra, 615-640.
- [8] Austin, M.P. (2002) Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling*, **157**, 101-118.
- [9] Dudik, M., Philips, S. J., & Shapire, R. E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modelling. In *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*.
- [10] Giovannelli, J-F., et al. "Regularized adaptive long autoregressive spectral analysis." *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing* 39.10 (2001): 2194-2202.
- [11] Graham, C.H., Ron, S.R., Santos, J.C., Schneider, C.J. & Moritz, C. (2004) Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs. *Evolution*, **58**, 1781-1793.
- [12] Guisan, A. & Thuiller, W. (2005) Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, **8**, 993-1009.

- [13] Guisan, A. & Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, **135**, 147–186.
- [14] ITTO (the International Tropical Timber Organization). 2012. Tropical Forest Update. Newsletter: 21(2).
- [15] Martínez-Meyer, E., Peterson, A.T. & Navarro-Sigüenza, A.G. (2004) Evolution of seasonal ecological niches in the *Passerina* buntings (Aves : Cardinalidae). *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **271**, 1151–1157.
- [16] Park, N.W., 2015. Using maximum entropy modeling for landslide susceptibility mapping with multiple geoenvironmental data sets. *Environ. Earth Sci*, 73: 937–949.
- [17] Peterson, A.T. (2006) Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics*, **3**, 59–72.
- [18] Phillips, S. J. Anderson, R. P. Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological models.*, 190: 231-259.
- [19] Robinson, L.M., Elith, J., Hobday, A.J., Pearson, R.G., Kendall, B.E., Possingham, H.P. & Richardson, A.J. (in press) Pushing the limits in marine species distribution modelling: lessons from the land present challenges and opportunities. *Global Ecology and Biogeography*.
- [20] Spalding, M. D., F. Blasco and C. Field. 1997. World Mangrove Atlas. Okinawa, The international Society for Mangrove ecosystem.
- [21] Spalding M, Kainuma M, Collins L (2010). World Atlas of Mangroves (version 1.1). A collaborative project of ITTO, ISME, FAO, UNEP-WCMC, UNESCO-MAB, UNU-INWEH and TNC. London (UK): 319 pp.
- [22] Spalding M, McIvor A, Tonneijck FH, Tol S and van Eijk P. 2014. Mangroves for coastal defence. Guidelines for coastal managers & policy makers. Published by Wetlands International and The Nature Conservancy. 42 p
- [23] Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Townsend Peterson, A.T., Phillips, O.L. & Williams, S.E. (2004) Extinction risk from climate change. *Nature*, 427, 145–148.
- [24] Thuiller, W., Richardson, D.M., Pyšek, P., Midgley, G.F., Hughes, G.O. & Rouget, M. (2005) Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology*, **11**, 2234–2250.



بررسی ارتباط شاخص‌های مختلف انسو با دما ایستگاه سینوپتیک چابهار

خواجه امیری خالدی، چکاوک^۱، سالاری فنودی، محمدرضا^{۲*}

۱. مربی گروه اقیانوس‌شناسی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

۲. دانشجوی دکتری گروه جغرافیا (اقلیم‌شناسی) دانشگاه سیستان و بلوچستان

rsalari@sbmet.ir

چکیده

پارامتر دما یکی از شاخص‌های مهم در طبقه‌بندی آب و هوایی است که در تعیین نقش و پراکندگی سایر عناصر آب و هوایی اهمیت بسزایی دارد. الگوهای پیوند از دور، ارتباط همزمان بین نوسانات عناصر آب و هوایی یک مکان با تغییرات الگوهای فشار و درجه حرارت سطح دریا در نقاط جغرافیایی دیگر تعریف شده است و باتوجه به مجاورت چابهار به آب‌های آزاد و همچنین اهمیت شناخت ارتباط الگوهای پیوند از دور و تاثیر آن بر آب و هوای منطقه، در این پژوهش پارامتر دما ایستگاه سینوپتیک چابهار در طول دوره آماری ۵۴ ساله (۱۹۶۳-۲۰۱۶) بصورت ماهانه و فصلی با شاخص‌های مختلف انسو (Nino 1+2، Nino 3، Nino 3+4، Nino 4، MEI، BEST و SOI) با استفاده از روش همبستگی آماری پیرسون و ضریب تعیین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت در حالت ماهانه سه الگو NINO1+2 و NINO4 و NINO3+4 با دما در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار گشته‌اند که میزان ضرایب همبستگی آنها نیز به ترتیب برابر با ۰/۴۱۹- و ۰/۲۴۲ و ۰/۲۲۳ است و در حالت فصلی نیز فصول تابستان و زمستان به ترتیب در الگوهای NINA4 و NINA1+2 در سطح ۰/۰۵ به معنی‌داری رسیدند که دارای رابطه‌ی منفی و معکوسی با دمای منطقه می‌باشند و فصول بهار و پاییز هیچکدام از الگوها به سطح معنی‌داری نرسیدند.

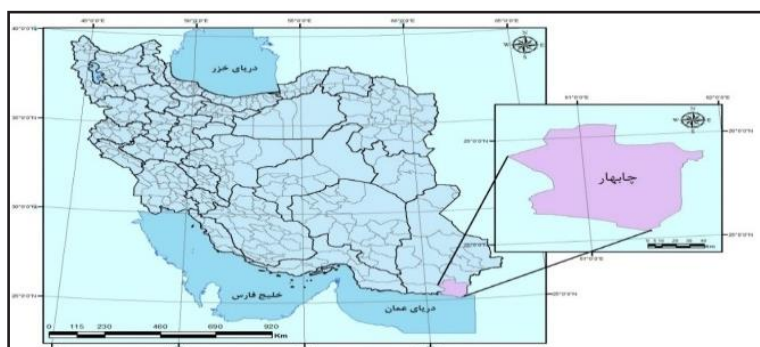
کلیدواژه‌ها: چابهار، الگوهای پیوند از دور، انسو، دما، همبستگی

۱. مقدمه

در این پژوهش پارامتر دما ایستگاه سینوپتیک چابهار در طول دوره آماری ۵۴ ساله (۱۹۶۳-۲۰۱۶) بصورت ماهانه و فصلی با شاخص‌های مختلف انسو (Nino 1+2، Nino 3، Nino 3+4، Nino 4، MEI، BEST و SOI) با استفاده از روش همبستگی آماری پیرسون و ضریب تعیین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای بررسی ارتباط بین الگوهای پیوند از دور با تغییر پذیری‌های ماهانه و فصلی دما از دو مجموعه داده بهره گرفته شد. داده‌های نخست مربوط به پارامتر دمای ماهانه و فصلی ایستگاه سینوپتیک چابهار در بازه زمانی ۱۹۶۳ تا ۲۰۱۶ و دوم الگوهای پیوند از دور انسو می‌باشد که در همان دوره آماری از سایت نوا (www.cdc.noaa.gov) اخذ گردید. شاخص‌های استفاده شده در پژوهش عبارتند از: (جدول شماره ۲)



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی ایستگاه هواشناسی مورد بررسی

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
چابهار	سینوپتیک	۶۰° ۳۷'	۲۵° ۱۷'	۸

جدول شماره ۲: شاخص‌های مختلف انسو

NINO 1.2	این شاخص از اختلاف دمای سطح اقیانوس آرام در محدوده‌های جغرافیایی صفر تا ۱۰ درجه عرض جنوبی و ۸۰ تا ۹۰ درجه طول غربی
NINO 3	شاخص از اختلاف دمای سطح اقیانوس آرام در محدوده‌های ۵ درجه شمالی تا ۵ درجه جنوبی و ۹۰ تا ۱۵۰ درجه طول غربی
NINO 3.4	شاخص نیز مربوط به اختلاف دمای سطح اقیانوس آرام در محدوده‌های بین ۵ درجه شمالی تا ۵ درجه عرض جنوبی و ۱۲۰ تا ۱۷۰ درجه طول غربی
NINO 4	شاخص نیز مربوط به اختلاف دمای سطح اقیانوس آرام در محدوده‌های جغرافیایی با عرض ۵ درجه شمالی تا ۵ درجه جنوبی و طول ۱۶۰ درجه شرقی تا ۱۵۰ درجه غربی
SOI	شاخص از اختلاف فشار سطح دریا بین اقیانوس آرام شرقی و غربی
MEI	شاخص چند متغیره ای برای انسو
BEST	ترکیب مقادیر مربوط به نوسان جنوبی (SOI) استاندارد شده و سری زمانی دمای سطح دریا در محدوده Nino 3+4

در ادامه با استفاده از روش همبستگی آماری پیرسون و ضریب تعیین ارتباط بین پارامتر دما ماهانه و فصلی ایستگاه سینوپتیک چابهار با شاخص‌های مختلف انسو مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳. نتایج

متوسط، حداقل و حداکثر دمای ایستگاه مورد مطالعه در طول دوره آماری مورد بررسی (۱۹۶۳-۲۰۱۶) در جدول (۲) آورده شده است بیشترین میزان متوسط دما در این دوره مربوط به ماه شهریور سال ۱۹۷۸ و کمترین میزان آن مربوط به ماه فروردین سال ۱۹۶۴ با ۱۸/۲ سانتی گراد می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۳: مشخصات آماری دمای ایستگاه سینوپتیک چابهار در دوره (۱۹۶۳-۲۰۱۶)

انحراف استاندارد	میانگین	حداکثر	حداقل
۳/۸۲	۲۶/۷	۳۴/۲	۱۸/۲

ارتباط دمای ماهانه با الگوهای پیوند از دور

همبستگی بین دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک چابهار با الگوهای پیوند از دور انسو طبق نتایج حاصله در جدول (۴) نشان می‌دهد که از بین ۷ الگوی مورد مطالعه ۳ الگو NINO1+2 و NINO4 و NINO3+4 با دما در سطح ۰/۰۱ معنی دار گشته اند که میزان ضرایب همبستگی آنها نیز به ترتیب برابر با ۰/۴۱۹- و ۰/۲۴۲ و ۰/۲۲۳ است. در بین ۳ الگوی مورد نظر الگوی NINO1+2 رابطه منفی و معکوس و دو الگوی NINO4 و NINO3+4 رابطه مثبت و مستقیمی را با دمای منطقه از خود نشان داده اند. و سایر الگوها به معنی داری نرسیده اند. میزان ضریب تعیین سه الگو NINO1+2 و NINO4 و NINO3+4 با دما برابر است با ۰/۱۷۶ و ۰/۰۵۹ و ۰/۰۵۰ می‌باشد. (جدول ۴)

¹ -Southern Oscillation Index

جدول ۴: مقادیر همبستگی شاخص مختلف انسو با دما ایستگاه سینوپتیک چابهار (۱۹۶۳-۲۰۱۶)

الگوهای پیوند از دور	SOI	BEST	MEI	NINO1+2	NINO3	NINO3+4	NINO4
ضریب همبستگی	.014	.020	.047	-.419**	.014	.223**	.242**
سطح معنی داری	.726	.620	.229	.000	.717	.000	.000
ضریب تعیین	.000	.000	.002	.176	.000	.050	.059

**معنی دار در سطح ۰/۰۵ **معنی دار در سطح ۰/۰۱

۴. نتیجه گیری

درک علل و ماهیت تغییرات آب و هوایی از مهم ترین هدف های گرد آوری داده های هوا و آب و هواشناسی و پایش پدیده های آب و هوایی است. در این زمینه نوسانات آب و هوایی ناشی از الگوهای پیوند از دور اهمیت فراوانی یافته است. هدف پژوهش حاضر آشکار سازی اثر الگوهای پیوند از دور انسو با پارامتر دمای ماهانه و فصلی ایستگاه سینوپتیک چابهار در طول دوره آماری (۱۹۶۳-۲۰۱۶) بوده است. یافته های پژوهش گویای آن است. که از بین الگوی های پیوند از دور انسو سه الگو NINO1+2 و NINO4 و NINO3+4 با متوسط دمای ماهانه در سطح ۰/۰۱ معنی دار گشته اند که میزان ضرایب همبستگی آنها نیز به ترتیب برابر با ۰/۴۱۹- و ۰/۲۴۲ و ۰/۲۲۳ است. در بین سه الگوی مورد نظر الگوی NINO1+2 رابطه منفی و معکوس و دو الگوی NINO4 و NINO3+4 رابطه مثبت و مستقیمی را با دمای منطقه از خود نشان داده اند. ارتباط فصلی الگوهای پیوند از دور با متوسط دمای فصلی حاکی از معنی داری دو الگوی NINO4 و NINO1+2 در دو فصل تابستان و زمستان است که با ضرایب همبستگی ۰/۲۷۶- و ۰/۲۶۹- در سطح ۰/۰۵ به معنی داری رسیده که هر دوی این الگوها نیز رابطه منفی و معکوسی را از خود نشان داده اند و در نهایت فصول بهار و پاییز هیچکدام از الگوها به سطح معنی داری نرسیدند. به نظر می رسد هیچ کدام از الگوها توان تبیین درصد بزرگی از تغییرات دمایی منطقه را بصورت ماهانه و فصلی را نداشته است.

منابع:

- [۱] اکبری، طیب و مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۶)، شناسایی نقش الگوهای پیوند از دور نیمکره شمالی بر دمای ایران، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، شماره ۲۲: ۱۳۲-۱۱۷.
- [۲] جاوری، مجید. ۱۳۸۹. شیوه های تجزیه و تحلیل کمی در اقلیم شناسی (با تأکید بر مدل های فصلی)، انتشارات پیام رسان، چاپ اول، ص ۱۷.
- [۳] حلیان، امیر حسین و محمدی، بختیار (۱۳۹۱)، ارتباط دمای ماهانه چند ایستگاه نمونه ایران با شاخص های مختلف انسو، فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره ۳۶: ۱۳۶-۱۲۵.
- [۴] خسروی، محمود. مسگری، ابراهیم (۱۳۹۵). تحلیل فضایی روابط الگوهای پیوند از دور با دمای ماهانه شمال غرب ایران، مجله جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای، شماره ۲۱، زمستان ۹۵.
- [۵] خسروی، محمود. ۱۳۸۳. بررسی روابط بین الگوهای چرخش جوی کلان مقیاس نیمکره شمالی با خشکسالی های سالانه سیستان و بلوچستان، جغرافیا و توسعه، ش ۳، صص ۱۸۸-۱۶۷.
- [۶] علیجانی، بهلول (۱۳۸۱)، اقلیم شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت، چاپ چهارم، ۲۵۷ صفحه.
- [۷] کارآموز، محمد، رضائی، فرید، رضوی، سامان. ۱۳۸۵. پیش بینی بلند مدت بارش با استفاده از سیگنال های هواشناسی: کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، تهران، ۱۱ ص.
- [۸] مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۴)، ارتباط بارش ایران با انسو مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره ۴.
- [۹] یار احمدی، داریوش و قاسم عزیزی. (۱۳۸۶). تحلیل چند متغیره ارتباط میزان بارش فصلی ایران و شاخص های اقلیمی. مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۲، صفحات ۱۷۴-۱۶۱.

[10] Alizade, A, Erfaniyan, M, Ansari, H, 2001, Study the affecting of Teleconnection patterns on temperature and precipitation parameters (Case Study: Mashhad synoptic station). Journal of Irrigation and Drainage, 2: 176-185.

[Persian]

- [11] Allan, R. J. 1993. Near-global MSLP since 1871: A source for COADS wind validation. Climate Impact Group, CSIRO Division of Atmospheric Research, Melbourne, Victoria, Australia. Pages: 8-47.
- [12] Hamedani Azmoodehfar, M. Azarmsa, S.A, 2013, Assessment the Effect of ENSO on Weather Temperature Changes Using Fuzzy Analysis (Case Study: Chabahar). PCBEE Procedia, 5: 508 – 513.
- [13] Rampelotto P.H. Rigozo N.R. da Rosa M.B. Prestes A. Frigo E. Souza Echer M.P. Nordemann D.J.R, 2012, Variability of rainfall and temperature (1912–2008) parameters measured from Santa Maria (29°41'S, 53°48'W) and their connections with ENSO and solar activity, Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics, 77: 152-160.
- [14] Wallace, John M. and David S. Gutzler (1981), Tele-connections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter, Monthly weather Review, 109: pp 784-812



بررسی اثرات تغییر اقلیم بر میدان باد و امواج محدوده بندر انزلی

قادری، آرش، حاجی زاده ذاکر، ناصر

گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

a.ghaderi90@ut.ac.ir

چکیده

در دهه های اخیر تغییر اقلیم سبب بروز تغییرات محسوس در دمای سطح کره زمین، بارش، تراز آب دریاها، سرعت باد و در نتیجه تغییر در ارتفاع امواج و خطوط ساحلی و سایر پدیده ها گردیده است. با توجه به اهمیت مشخصات موج در مسائل مهندسی سواحل، ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر این پدیده ها در بنادر و سواحل در حال توسعه امری ضروری به نظر می رسد. در این مطالعه اثر تغییر اقلیم بر سرعت باد و ارتفاع امواج بندر انزلی واقع در دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت. ریز مقیاس سازی داده ها با استفاده از رویکرد آماری و بر اساس داده های باد محلی ECMWF انجام گرفت. داده های باد ریز مقیاس شده در مدل سازی موج برای بازه زمانی ۲۰۸۱ تا ۲۱۰۰ (دوره آینده) مورد استفاده قرار گرفت در حالی که میدان باد ECMWF به منظور شبیه سازی امواج در بازه زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰ (دوره کنترل) به کار گرفته شد. نتایج مدلسازی موج این دو بازه زمانی ۲۰ ساله با استفاده از ماژول SW از مدل MIKE21 نشان داد که میانگین سالانه ارتفاع امواج در آینده نسبت به دوره کنترل اندکی کاهش خواهد یافت اما جهت موج غالب تغییر قابل ملاحظه ای نخواهد کرد. همچنین با مقایسه نتایج باد آینده و حال می توان دریافت که سرعت باد در آینده کمی کاهش خواهد یافت اما جهت آن تغییری نخواهد کرد

کلید واژه: تغییر اقلیم، باد، مدل سازی موج، بندر انزلی

۱. مقدمه

به تغییر در وضعیت اقلیم که می تواند به صورت تغییر در میانگین یا تغییر در مشخصات آن و برای یک دوره طولانی مثل چند دهه یا بیشتر ادامه داشته باشد، گفته می شود [1]. این پدیده می تواند ناشی از فرآیندی طبیعی، مانند گردش های اقیانوسی، تغییر در تابش خورشیدی دریافت شده از سوی زمین، فوران آتشفشان ها، تکنونیک زمین، یا ناشی از فعالیت های انسانی و تغییر کاربری زمین باشد. در حال حاضر تغییرات ناشی از فعالیت های بشری، مسبب اصلی گرم شدن جهانی می باشد [2]. پدیده تغییر اقلیم به عنوان یک قید مهم در ارزیابی دینامیک سواحل در آینده پذیرفته شده است [3]. این امر به دلیل بالا آمدن تراز سطح آب و تغییر میدان باد، طی فرآیندهایی در اتمسفر، در مقیاس های مختلف ایجاد می شود [4]. افزایش تراز سطح آب عموماً تهدیدی برای سواحل پرجمعیت محسوب می شود. تغییر در اقلیم موج نیز بسته به سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای و شرایط منطقه ای، می تواند منجر به افزایش تداوم و بزرگی طوفان ها یا کاهش در فعالیت موج منطقه گردد [5].

دریای خزر بزرگ ترین پیکره ی بسته ای در سطح زمین است و سومین منبع ذخایر نفت و گاز دنیا می باشد و نبود هرگونه ارتباط طبیعی با سایر اقیانوس ها آن را به یک زیست بوم بسیار ویژه تبدیل کرده است. این خصوصیات منحصر به فرد دریای خزر سبب آسیب پذیری شدید آن در برابر عوامل خارجی از جمله شرایط آب و هوایی یا تغییرات انسانی شده است.

بندر انزلی در جنوب غربی دریای خزر، در شمال شهر بندر انزلی و در استان گیلان واقع است. بزرگ‌ترین و فعال‌ترین بندر حاشیه جنوبی دریای خزر است که مجهز به امکانات مدرن تخلیه و بارگیری است و دارای رتبه سوم بین بنادر کشور بعد از بندر امام خمینی و بندر شهید رجایی از لحاظ ظرفیت تخلیه و بارگیری است.

۲. مواد و روش‌ها

در این مطالعه ابتدا به بررسی تغییرات میدان باد محدوده بندر انزلی، تحت تاثیر تغییر اقلیم پرداخته شده و سپس اثر آن روی میدان موج مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور داده‌های باد مدل محلی ECMWF، که قبلاً در منطقه مورد نظر، ارزیابی شده و نتایج آن در این محدوده قابل قبول است [6]، با داده‌های باد مدل اقلیم جهانی CMCC-CM، از مجموعه مدل‌های پروژه CMIP، مورد مقایسه قرار گرفتند و داده‌های مدل اقلیم جهانی، جهت آماده‌سازی برای استفاده در مدل‌های محلی و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس گردیدند [7]. سپس مدلسازی موج برای بازه زمانی ۲۰ ساله کنونی از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰، با استفاده از داده باد محلی ECMWF و ماژول SW از مجموعه نرم‌افزاری MIKE21، انجام گرفت و نتایج مدلسازی با اطلاعات حاصل از بویه‌های اندازه‌گیری در منطقه مقایسه شدند و مدل کالیبره گردید. جهت اعمال اثر تغییر اقلیم بر نتایج مدلسازی‌ها، داده باد ریزمقیاس شده، به عنوان ورودی به مدل کالیبره شده در مراحل قبل اعمال گردید، تا اثر تغییر اقلیم بر میدان موج منطقه مشخص شود. در انتها مدلسازی موج تحت اثر تغییر اقلیم برای بازه زمانی ۲۰ ساله (۲۰۸۱-۲۱۰۰) اجرا گردید.

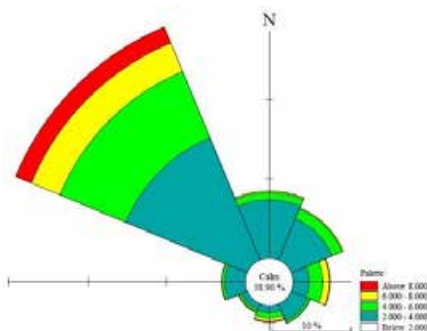
۲-۱. داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده

اصلی‌ترین عامل تولید امواج در دریاها و اقیانوس‌ها، باد می‌باشد. لذا در اختیار داشتن یک میدان باد غالباً میتواند تاثیر عمده‌ای در نتایج مطالعات داشته باشد. به منظور شناخت وضعیت و تعیین الگوی توزیع باد در این تحقیق، مرجع در دسترس که در مراحل مختلف مدلسازی برای بازه زمانی ۲۰ ساله ۲۰۱۰-۱۹۹۱ مورد استفاده قرار گرفت، نتایج مدل ECMWF و برای شبیه‌سازی بازه زمانی ۲۱۰۰-۲۰۸۱، داده باد مدل CMCC-CM از زیر مجموعه مدل‌های CMIP5 بوده است. داده‌های عمق سنجی محدوده مطالعاتی، از سایت GEBCO، استخراج و مورد استفاده قرار گرفته است.

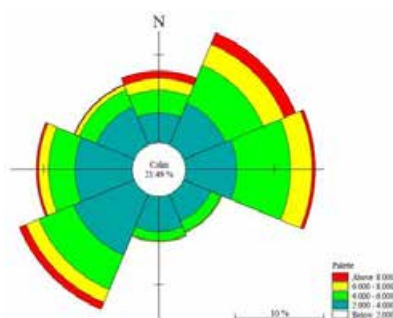
۳. نتایج

۳-۱. مقایسه باد مدل محلی ECMWF مدل جهانی CMCC-CM در زمان حال (1991-2010)

به منظور مقایسه داده‌های باد ذکر شده ابتدا به بررسی گلباد آن‌ها می‌پردازیم که در شکل (۱) و (۲) نمایش داده شده است. شکل (۱) این امر را خاطر نشان می‌کند که جهت غالب باد از سمت شمال شرقی بوده است. با مشاهده شکل (۲) گلباد داده‌های باد مدل جهانی CMCC-CM می‌توان دریافت که جهت غالب وزش باد در دو سمت مخالف جنوب غربی به سمت شمال شرقی و شمال شرقی به سمت جنوب غربی می‌باشد و از نظر پراکندگی نیز غالب داده‌ها در این دو دسته جای دارند و تعداد کمی از داده‌های باد مربوط به وزش باد از سمت‌های دیگر می‌شوند. مقایسه‌ی این دو گلباد اهمیت ریزمقیاس‌سازی و آماده‌سازی داده‌های باد آینده را خاطر نشان می‌کند.



شکل ۱: گلباد داده‌های مدل محلی در بازه‌ی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰

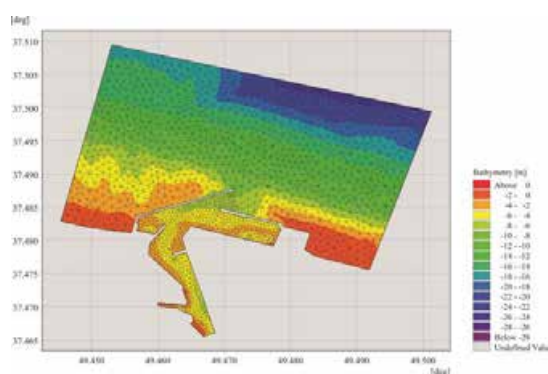


شکل ۲: گلباد داده‌های مدل جهانی در بازه‌ی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰

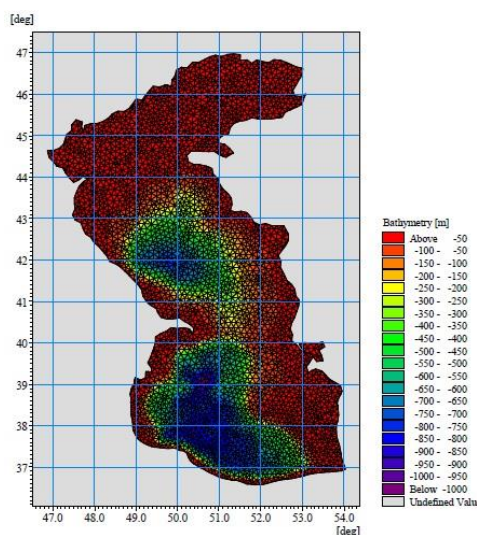
با مقایسه‌ی مقادیر مولفه‌های باد در مدل محلی ECMWF و مدل جهانی CMCC-CM به ضرایبی میرسیم که باید میدان باد آینده در ماه‌های مختلف اعمال شود تا داده‌های باد جهت مدلسازی امواج و رسوب در زمان آینده قابل استفاده شوند.

۲-۳. مدلسازی امواج

برای مدل‌سازی موج ابتدا مدل هیدرودینامیکی منطقه‌ی مورد مطالعه اجرا شد و پس از آن برای بازه‌ی زمانی کنونی (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰) مدل‌سازی امواج با استفاده از مدل MIKE SW برای محدوده‌ی بندر انزلی انجام گرفت و برای بازه‌ی زمانی سال‌های ۲۰۸۱ تا ۲۱۰۰ با توجه به عدم وجود شرایط موج مرزی در سال‌های آینده در منطقه‌ی انزلی مدل‌سازی موج در کل دریای خزر صورت پذیرفت. شکل (۳) و (۴) به ترتیب نواحی مدل‌سازی شده برای بازه‌ی زمانی حال (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰) و بازه‌ی زمانی آینده (۲۰۸۱ تا ۲۰۱۰) را نشان می‌دهند.



شکل ۳: محدوده مدل‌سازی شده در بازه زمانی حال



شکل ۴: محدوده مدل‌سازی شده در بازه زمانی آینده

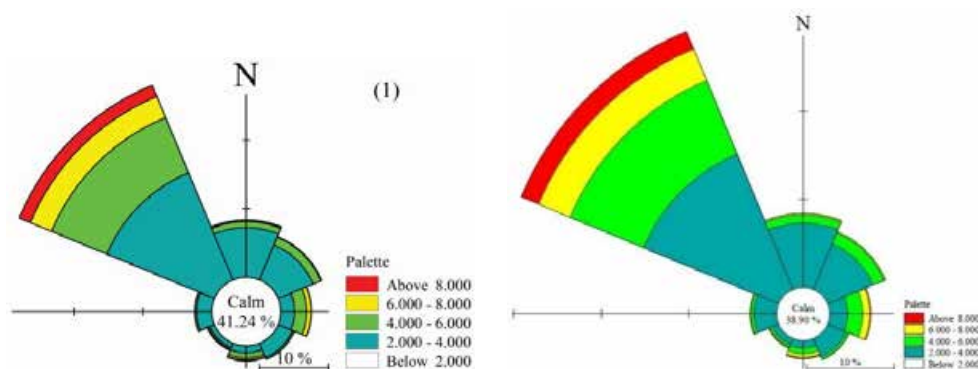
۳-۳. مقایسه ی گلباد و گلموج در نقطه ای درون محدوده مورد مطالعه خارج از بندر در زمان حال و آینده

با در نظر گرفتن نقطه ی ۱ در درون محدوده ی مورد مطالعه و در خارج از بندر انزلی می توان اطلاعات گلباد و گلموج حاصل شده در نقطه ی مورد نظر را در دو بازه ی زمانی حال آینده مورد ارزیابی قرار داد. شکل (۵) موقعیت مکانی نقطه ۱ را نشان می دهد.



شکل ۵: موقعیت مکانی نقطه ۱ در محدوده مورد مطالعه

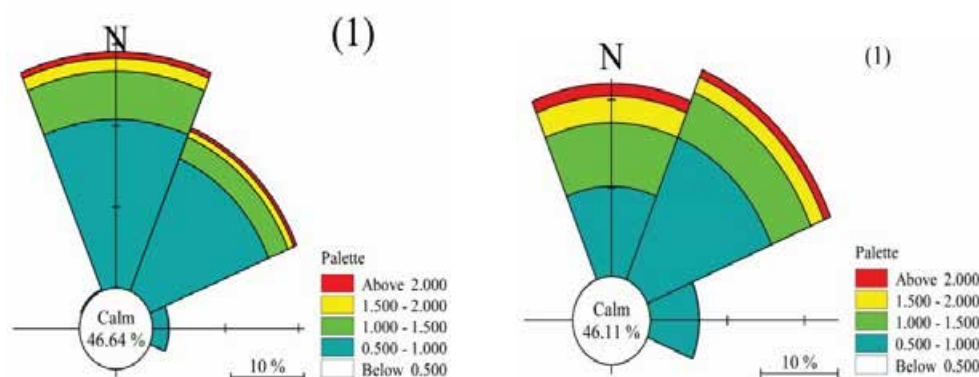
شکل (۶) گلباد نقطه ۱ را در بازه زمانی (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۰) را نشان می دهد و شکل (۷) گلباد این نقطه را برای بازه ی زمانی (۲۰۸۱ تا ۲۱۰۰) نشان می دهد. با توجه به این شکل ها می توان اظهار داشت که جهت غالب وزش باد تغییر نکرده ولی سرعت آن در آینده اندکی کاهش خواهد یافت.



شکل ۷: گلباد نقطه ۱ در بازه زمانی آینده

شکل ۶: گلباد نقطه ۱ در بازه ی زمانی حال

در ادامه به بررسی گلموج حاصل از مدل سازی در نقطه ۱ در دو بازه ی زمانی مذکور می پردازیم. شکل (۸) گلموج نقطه ۱ بازه زمانی حال و شکل (۹) گلموج این نقطه در بازه ی زمانی آینده را نشان می دهد.



شکل ۹: گلموج نقطه ۱ در بازه زمانی آینده

شکل ۸: گلموج نقطه ۱ در بازه ی زمانی حال

با مقایسه این دو شکل می‌توان دریافت که میزان ارتفاع امواج در این نقطه در آینده با کاهشی اندک مواجه خواهد بود ولی جهت امواج فرقی نخواهد کرد.

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا با مقایسه‌ی داده‌های میدان باد در مدل محلی و مدل جهانی در بازه‌ی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ به ضرایی برای اعمال بر میدان باد آینده در بازه‌ی سال‌های ۲۰۸۱ تا ۲۰۹۰ دست پیدا کردیم. با استفاده از این میدان باد بدست آمده، مدل سازی امواج صورت پذیرفت و نتایج آن با نتایج بدست آمده برای مدل‌های بازه‌ی زمانی کنترل (زمان حال) مقایسه گردید. با توجه به این امر نتایج زیر قابل استفاده خواهند بود:

ارزیابی داده‌های باد مدل CMCC-CM که جهت شبیه‌سازی امواج و در نهایت رسوب منطقه مورد استفاده قرار گرفته است نشان می‌دهد که داده‌های مورد نظر دارای دقت کافی نبوده و بایستی ریزمقیاس سازی صورت پذیرد. بررسی میدان باد محدوده‌ی بندر انزلی تحت تاثیر پدیده‌ی تغییر اقلیم نشان می‌دهد که سرعت باد در آینده با کاهشی جزئی روبرو خواهد شد ولی جهت آن تغییر نخواهد کرد. بررسی تغییرات امواج تحت تاثیر تغییر اقلیم نشان می‌دهد که ارتفاع کلی امواج در آینده کمی کاهش خواهد یافت.

منابع

- [1] IPCC (2007c). "Climate Change 2001: The Scientific Basic . Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change.
- [2] Reeve, D., Y. Chen, S.Pan, V.Magar, D.Simmonds and A Zacharioudaki (2011). "An investigation of the impact of climate change on wave energy generation: The Wave Hub,Cornwall,UK". Renewable Energy. Vol. 36 No.9, 2404-2413
- [3] Ching-Piao,T.,H. Ching-Her, H. Chien and C. Hao-Yuan (2012). "Study on the wave climate variation to the renewable wave energy assessment. "Renewable Energy. Vol. 38 No.1, 50-61
- [4] Grabemann,I., N. Groll,J . Moller and R. Weisse (2015)."Climate change impact on North sea wave conditions: a consistent analysis of ten projections."Ocean Dynamics.Vol. 65No.2, 255-267
- [5] Lionello,P.,S . Cogo,M. Galati and A. Sanna (2008)."The Mediterranean surface wave climate inferred from future scenario simulations." Global and Plantary Change.Vol. 63. No2, 152-162
- [6] Grabemann,I. and R. Weisse (2008)." Climate change impact on extreme wave conditions in the North sea: an ensemble study."Ocean Dynamics. Vol. 58. No3,199-212
- [7] Ruggeiero,P., P. D.Komar and J.C. Allan (2010). " Increasing wave heights and exterme value projections: The wave climate of the US Pacifics Northwest." Coastal Engineering. Vol. 57.No.5, 539-552



ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر مولفه‌های هیدروکلیماتیک تحت سناریوهای RCP

(مطالعه موردی: حوضه آبریز زاینده رود)

امینی، محمدامین^{۱*}، ترکان، غزاله^۱، اسلامیان، سیدسعید^۱، زارعیان، محمدجواد^۲

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲. موسسه تحقیقات آب (WRI)، وزارت نیرو، تهران، ایران

aminiamin2016@gmail.com

چکیده

گرمایش جهانی آشکار است و از دهه ۱۹۵۰، بسیاری از تغییرات مشاهده شده در طی دهه‌ها تا هزاران سال پیش بی سابقه بوده است. به طوری که انتشار گازهای گلخانه‌ای به بیشترین مقدار در طول تاریخ رسیده است و تاثیر گسترده‌ای بر آب و هوا و طبیعت داشته است. فعالیت‌های انسان محرک اصلی این تغییرات در سیستم آب و هوایی است. از این رو، شناخت آثار ناشی از تغییر اقلیم در آینده به منظور سازگاری هرچه بیشتر با مشکلاتی که در آینده بوجود خواهد آورد ضروری است. در پژوهش حاضر، از میان ۱۵ مدل گردش عمومی، مدل‌هایی که بیشترین انطباق را با داده‌های دما و بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه زاینده رود داشتند انتخاب شد و اطلاعات اقلیمی آن‌ها برای پیش‌بینی آب و هوای آینده اخذ گردید. در ادامه داده‌های مدل‌های گردش عمومی پس از ریزمقیاس‌نمایی با بکارگیری از مولد آب و هوایی LARS-WG و تحت دو سناریو RCP2.6 و RCP8.5 برای دوره زمانی آینده (۲۰۷۹-۲۰۵۰) تولید گردید. بر اساس نتایج بدست آمده به طور کلی برای هر دو سناریو انتخاب شده، افزایش دما در تمامی ایستگاه‌ها و همچنین افزایش بارش در بیشتر ایستگاه‌ها بجز در قسمت شمالی حوضه پیش‌بینی می‌شود.

کلید واژه: بارش، حوضه آبریز زاینده‌رود، دما، گزارش پنجم تغییر اقلیم، LARS-WG.

۱. مقدمه

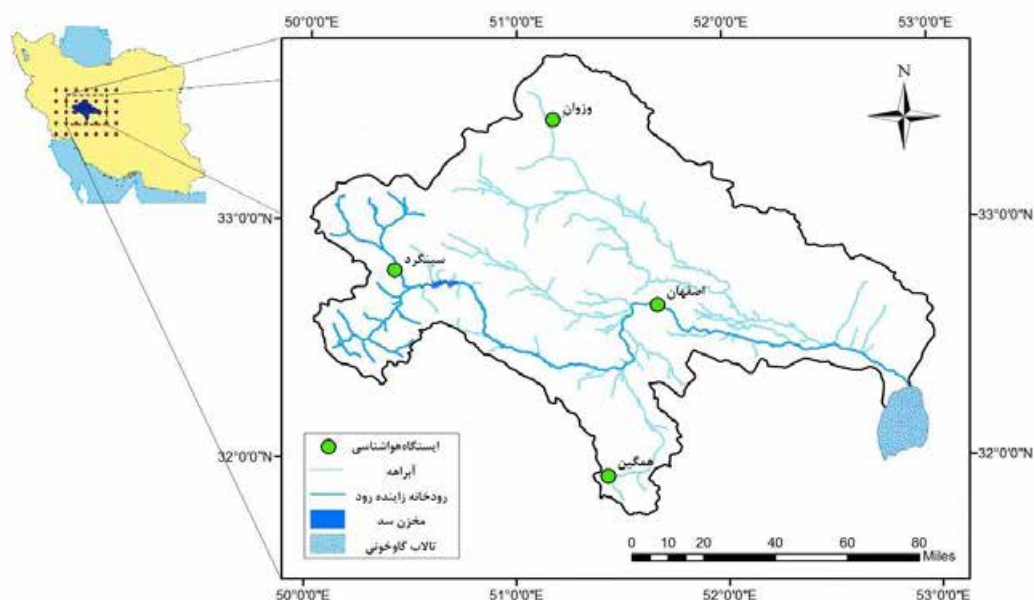
حیات کره زمین به انرژی دریافتی از خورشید وابسته است. حدود نیمی از تشعشع در حال رسیدن به جو زمین از میان هوا و ابرها عبور کرده و به سطح زمین می‌رسد که ابتدا جذب و سپس به صورت گرمای مادون قرمز به طرف بالا منعکس می‌شود. حدود ۹۰ درصد این گرما توسط گازهای گلخانه‌ای جذب شده و به سمت زمین بازتاب می‌شود که موجب گرم‌تر شدن زمین می‌گردد [۱]. بر اساس تحقیقات کمیته بین‌دول تغییر اقلیم (IPCC) گرمایش سیستم اقلیمی آشکار است و از دهه ۱۹۵۰، بسیاری از تغییرات مشاهده شده در طول دهه‌ها تا هزاران سال پیش بی سابقه بوده است. جو و اقیانوس گرم شده‌اند، میزان برف و یخ کاهش و سطح دریاها افزایش یافته است. تاثیر انسان در سیستم آب و هوایی آشکار است و اخیراً انتشار گازهای گلخانه‌ای انسانی در بیشترین مقدار در طول تاریخ است. تغییرات آب و هوایی اخیر تاثیرات گسترده‌ای بر سیستم‌های انسانی و طبیعت داشته است [۲]. IPCC از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۷ میلادی، پنج سری گزارشات ارزیابی در زمینه پدیده تغییر اقلیم منتشر نموده که تقریباً در کلیه انتشارات، کنفرانس‌ها و همایش‌های مرتبط با تغییر اقلیم مورد استناد قرار گرفته‌اند. بکارگیری از اطلاعات این گزارش‌ها می‌تواند در پیش‌بینی آب و هوای آینده مفید باشد.

۲. مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، اثرات ناشی از پدیده تغییر اقلیم بر میزان متغیرهای هیدروکلیماتیک (دما و بارش) در حوضه آبریز زاینده‌رود به دلیل اهمیت و نقش استراتژیک آن بر کشاورزی، صنعت و تامین آب شرب استان اصفهان و استان‌های همجوار برای دوره زمانی آینده (۲۰۵۰-۲۰۷۹) مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز زاینده‌رود با مساحت در حدود ۲۶۹۱۷ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی $31^{\circ}15'$ و $33^{\circ}45'$ شمالی و $50^{\circ}02'$ و $53^{\circ}00'$ شرقی، در مرکز ایران و در منطقه‌ای نیمه‌خشک واقع است. میزان بارندگی در این حوضه از ۱۵۰۰ میلی‌متر در غرب حوضه تا ۵۰ میلی‌متر در شرق آن پراکنده است. میانگین دمای سالانه در این حوضه $14/5^{\circ}\text{C}$ است که کمترین دما در ماه ژانویه ($-12/5^{\circ}\text{C}$) با میانگین درازمدت 3°C و بیشترین آن در ماه جولای (42°C) با میانگین درازمدت 30°C ثبت گردیده است. همچنین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در این حوضه سالانه ۱۹۰۰ میلی‌متر می‌باشد. رودخانه زاینده‌رود مهم‌ترین رودخانه در این حوضه با میانگین آورد سالانه ۹۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد که از قسمت شرقی رشته کوه‌های زاگرس سرچشمه گرفته و در شرق حوضه به باتلاق گاوخونی منتهی می‌شود [۳].



شکل ۱: موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه و شبکه اطلاعات جوی مورد استفاده در ریزمقیاس نمایی

برای پیش‌بینی آب و هوای آینده از مدل‌های گردش عمومی استفاده شد. اطلاعات ماهانه پیش‌بینی کننده‌های جوی این مدل‌ها از میان ۱۵ بانک اطلاعات اقلیمی با بکارگیری از روش ارزیابی متقاطع (Cross Validation) مورد مقایسه قرار گرفته (از سال ۱۹۷۰ الی ۲۰۰۰ به منظور صحت‌سنجی و از سال ۲۰۰۱ الی ۲۰۰۵ به منظور ارزیابی) و مدل‌هایی که بیشترین انطباق را با هر ایستگاه داشتند اخذ گردید. این مدل‌ها برای هر ایستگاه به تفکیک هر متغیر هیدروکلیماتیک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مدل‌های گردش عمومی منطبق با هر ایستگاه به تفکیک متغیر هیدروکلیماتیک

مدل گردش عمومی منطبق		ایستگاه
بارش	دما	
CCSM4	MRI-CGCM3	اصفهان
CNRM-CM5	EC-EARTH	سینگرد
MIROC-ESM-CHEM	GISS-E2-R	وزوان
GISS-E2-H	CSIRO-MK3-6-0	همگین

۲-۲. مدل‌های گردش عمومی (GCMs)

این مدل‌ها بر مبنای اصول فیزیکی کلاسیک و از روابط ریاضی میان فرآیندهای جوی، اقیانوسی و سطح زمین تولید شده‌اند و برای شبیه‌سازی الگوهای آب و هوایی استفاده می‌شوند. از سه سناریو محتمل تغییر اقلیم در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است:

- RCP 2.6: این سناریو توسط گروه مدلسازی IMAGE از مؤسسه ارزیابی‌های محیطی هلند طراحی شده است. مطابق این سناریو واداشت تابشی در اواسط این قرن به حدود $3/1$ رسیده و سپس کاهش یافته و به $2/6$ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ می‌رسد. برای رسیدن به این سطح واداشت تابشی بایستی گازهای گلخانه‌ای به میزان قابل توجهی کاهش یابند. در این سناریو میزان غلظت دی اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰، ۲۱۰۰ ppm تخمین زده می‌شود. در این سناریو میزان جمعیت تا سال ۲۱۰۰ حدود ۷ میلیارد نفر پیش‌بینی می‌شود و رشد تکنولوژی‌های جدید نسبت به دیگر سناریوها بیشتر و به دلیل نرخ رشد جمعیت پائین و استفاده از انرژی‌های نو، میزان تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای پائین‌تر از دیگر سناریوها می‌باشد.

- RCP 8.5: این سناریو توسط گروه مدلسازی MESSAGE و مؤسسه IIASA به سرپرستی پروفیسور کیوان ریاحی در مؤسسه بین‌المللی آنالیز سیستم‌های کاربردی IIASA اتریش توسعه و طراحی شد که وجه مشخصه آن روند افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. بدون اتخاذ هیچ گونه سیاست‌های کاهش آثار و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب و هوای کره زمین در خط سیر سناریوی انتشار RCP8.5 پیش خواهد رفت. به طوریکه ادامه این روند منجر به واداشت تابشی به میزان $8/5$ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ می‌گردد. در این سناریو میزان غلظت دی اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰، ۱۳۷۰ ppm تخمین زده می‌شود. در این سناریو میزان جمعیت در سال ۲۱۰۰ حدود ۱۲ میلیارد نفر خواهد بود و میزان تولید ناخالص در کشورهای توسعه یافته به دلیل افزایش جمعیت و سطح پائین تکنولوژی، پائین می‌باشد [4].

اطلاعات پیش‌بینی کننده‌های جوی این مدل‌ها برای دو سناریو RCP2.6 و RCP8.5 برای دوره ۳۰ ساله آینده (۲۰۷۹-۲۰۵۰) به صورت مکانی ریزمقیاس گردید. همچنین جهت ریزمقیاس نمایی آماری این اطلاعات و تولید داده‌های آب و هوایی برای دوره زمانی آینده از مولد آب و هوایی LARS-WG بکارگیری شد.

۳. نتایج

۳-۱. ریزمقیاس نمایی مکانی اطلاعات جوی

به منظور ریزمقیاس نمایی اطلاعات جوی و اقلیمی و تخمین مقادیر بارش و دما از تکنیک‌های درون‌یابی مکانی استفاده شد. کریجینگ از جمله روش‌های درون‌یابی مکانی است که در میان سایر روش‌ها دارای کاربردهای متعددی در پیش‌بینی سری‌های زمانی است. در پژوهش حاضر از این روش به منظور ریزمقیاس نمایی مکانی خروجی مدل‌های گردش عمومی برای برآورد مقادیر دما و بارش در ایستگاه‌های هواشناسی حوضه زاینده‌رود بکارگیری شد. اطلاعات مورد استفاده در ریزمقیاس نمایی ایستگاه‌های منتخب در حوضه آبریز زاینده‌رود، در دامنه $30/5$ تا $34/5$ درجه شمالی و $48/5$ تا $54/5$ درجه شرقی بوده که شامل ۳۵ نقطه در شبکه محاسباتی مدل بزرگ مقیاس گردش عمومی می‌باشد. در شکل (۱) موقعیت نقاط شبکه خروجی مدل‌های گردش عمومی و پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه در حوضه آبریز زاینده‌رود ارائه شده است.

۳-۲. پیش‌بینی مقادیر دما و بارش برای آینده

داده‌های مدل‌های گردش عمومی تحت سناریوهای اقلیمی آینده در مقیاس ماهانه موجود می‌باشند و از طرفی این احتمال وجود دارد که این داده‌ها برای استفاده در منطقه مطالعاتی همراه با خطا باشند. از این رو استفاده از مولدهای آب و هوایی می‌تواند کارآمد باشد. در پژوهش حاضر از مولد آب و هوای تصادفی LARS-WG بکارگیری شد که می‌تواند برای پیش‌بینی داده‌های جوی در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم کنونی و آینده استفاده شود. اولین نسخه از این نرم‌افزار در سال ۱۹۹۰ در شهر بوداپست کشور مجارستان به‌عنوان بخشی از ارزیابی ریسک کشاورزی توسعه یافت و سپس در سال ۱۹۹۸ توسط سمونف بازنگری و تعدیل شد. این مولد آب و هوایی با استفاده از داده‌های دمای حداقل، دمای حداکثر، بارندگی و تابش خورشیدی به تولید سری‌های زمانی روزانه می‌پردازد. همچنین از اطلاعات آب و هوایی روزانه مشاهده شده در یک ایستگاه برای محاسبه مجموعه‌ای از پارامترها برای تعیین توزیع‌های احتمال متغیرهای هواشناسی استفاده می‌کند. این مجموعه از پارامترها با انتخاب تصادفی مقادیر از توزیع‌های احتمال مناسب برای پیش‌بینی سری‌های زمانی متغیرهای هواشناسی با طول دوره دلخواه استفاده می‌شود. داده‌های آب و هوایی آینده برای یک ایستگاه از طریق اثر دادن تغییرات پیش‌بینی شده اقلیمی از مدل‌های اقلیم جهانی یا منطقه‌ای به پارامترهای توزیع‌ها همراه با سناریوهای اقلیم روزانه تولید می‌شود [۵].

در جداول ۱ و ۲ مقادیر مشاهداتی دما و بارش برای ماه‌های سال در حوضه آبریز زاینده‌رود برای دوره زمانی پایه از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ میلادی ارائه گردیده است.

جدول ۱: مقادیر مشاهداتی دما برای ماه‌های سال در منطقه مورد مطالعه از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ میلادی

ایستگاه	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارچ	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	میانگین سالانه
اصفهان	۱۷	۱۰/۴	۵/۲	۳/۳	۵/۹	۱۰/۴	۱۶/۴	۲۱/۲	۲۶/۸	۲۹/۱	۲۷/۷	۲۳/۵	۱۶/۴
سینگرد	۱۰/۷	۵/۱	-۱/۳	-۴/۹	-۳	۲/۶	۸/۶	۱۳/۵	۱۸/۳	۲۱	۲۰	۱۶/۲	۸/۹
وزوان	۱۰/۸	۶/۴	۴/۹	۵/۹	۹/۸	۱۴	۱۹/۸	۲۳/۸	۲۴/۹	۲۴	۲۰/۴	۱۵/۶	۱۴/۹
همگین	۱۳	۷/۳	۲/۲	-۰/۵	۱/۳	۵/۷	۱۱/۴	۱۵/۹	۲۰/۶	۲۳	۲۲	۱۸/۵	۱۱/۷

جدول ۲: مقادیر مشاهداتی بارش برای ماه‌های سال در منطقه مورد مطالعه از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ میلادی

ایستگاه	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارچ	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	میانگین سالانه
اصفهان	۴/۲	۱۱/۵	۲۱/۸	۲۱/۱	۱۵/۲	۲۴/۴	۱۷/۲	۸/۵	۱/۴	۰/۸	۰/۳	۰	۱۲۶/۴
سینگرد	۹/۷	۴۱/۳	۶۸/۶	۵۴	۵۰/۹	۶۸/۸	۴۲/۲	۱۷/۴	۰/۶	۱/۲	۰/۴	۰	۳۵۵/۲
وزوان	۱۴/۷	۱۸/۷	۲۳/۹	۲۵/۵	۱۹/۳	۲۲/۲	۱۵/۷	۱۰/۸	۲/۴	۳/۱	۵/۷	۹/۱	۱۷۱/۲
همگین	۹/۹	۲۷/۸	۴۷/۷	۵۲/۲	۳۹/۹	۵۶	۳۳/۴	۱۳/۳	۰/۸	۵/۱	۰/۵	۰	۲۸۶/۵

نتایج بدست آمده از تمامی ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که برای هر دو سناریو موجود، میزان دما در حوضه افزایش خواهد یافت که در سناریو RCP8.5 این افزایش چشمگیر است. در هر دو سناریو، تغییرات در میزان بارش ایستگاه‌ها در ماه‌های سال مشاهده می‌شود که در تمامی ایستگاه‌ها در حوضه بجز ایستگاه ورزنه روند صعودی دارد و این افزایش برای ایستگاه‌های اصفهان و سینگرد در سناریو RCP2.6 آشکارتر است. در جداول ۳ و ۴ مقادیر میانگین محاسباتی دما و بارش پیش‌بینی شده برای ماه‌های سال در حوضه آبریز زاینده‌رود از سال ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۹ میلادی بر اساس سناریوهای منتخب ارائه گردیده است.

جدول ۳: مشخصات دمای پیش‌بینی شده برای ماه‌های سال در منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۹ میلادی

ایستگاه	سناریو	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارچ	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	میانگین سالانه
اصفهان	RCP 2.6	۱۸/۷	۱۱/۸	۵/۸	۴/۷	۶/۸	۱۲/۶	۱۷/۶	۲۲/۸	۲۷/۳	۳۰/۶	۲۸/۴	۲۵	۱۷/۷
	RCP 8.5	۲۰/۵	۱۳/۵	۷/۸	۶/۴	۹/۲	۱۴/۴	۱۹/۱	۲۴/۵	۲۹/۱	۳۲/۴	۳۰/۷	۲۷/۳	۱۹/۶
سینگرد	RCP 2.6	۱۲/۱	۶/۱	۰	-۳/۸	-۲/۲	۴	۹/۶	۱۴/۸	۱۹/۲	۲۲	۲۱/۳	۱۷/۸	۱۰/۱
	RCP 8.5	۱۳/۹	۸/۱	۲/۵	-۱/۴	-۰/۱	۶/۲	۱۱/۱	۱۷/۱	۲۱/۷	۲۴/۲	۲۳/۶	۱۹/۸	۱۲/۲
وزوان	RCP 2.6	۱۷/۹	۱۱/۴	۵/۸	۴/۵	۷/۳	۱۲/۲	۱۷/۳	۲۲/۸	۲۷/۳	۳۰/۲	۲۸/۶	۲۴/۴	۱۷/۵
	RCP 8.5	۲۰	۱۳/۳	۷/۷	۵/۹	۸/۷	۱۳/۳	۱۸/۴	۲۴	۲۸/۷	۳۱/۶	۲۹/۹	۲۶/۱	۱۹
همگین	RCP 2.6	۱۵	۸/۶	۳/۲	۰/۲	۳	۷	۱۲/۲	۱۸/۱	۲۲/۶	۲۵/۲	۲۳/۸	۲۰/۵	۱۳/۳
	RCP 8.5	۱۷	۱۰/۲	۴/۵	۱/۴	۳/۸	۸/۵	۱۳/۷	۱۹/۸	۲۴/۸	۲۷/۴	۲۶/۲	۲۲/۷	۱۵

جدول ۴: مشخصات بارش پیش‌بینی شده برای ماه‌های سال در منطقه مورد مطالعه از سال ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۹ میلادی

ایستگاه	سناریو	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارچ	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	میانگین سالانه
اصفهان	RCP 2.6	۹/۶	۱۲/۵	۴۸/۷	۱۸/۵	۱۱/۲	۱۹/۳	۱۲/۶	۷/۴	۲	۰/۸	۰/۲	۰/۱	۱۴۲/۸
	RCP 8.5	۸/۱	۱۱/۷	۴۶/۶	۱۹/۲	۱۲/۱	۱۷/۴	۱۳/۳	۵/۲	۱/۳	۰/۶	۰/۲	۰/۱	۱۳۵/۵
سینگرد	RCP 2.6	۱۸/۹	۵۵/۳	۵۸/۵	۷۰/۵	۴۰/۵	۵۴/۳	۵۷/۷	۱۳/۲	۰/۷	۰/۳	۰/۳	۰/۹	۳۷۱
	RCP 8.5	۱۰/۵	۴۱/۸	۵۲/۷	۶۱/۲	۴۲/۷	۵۹/۷	۶۰/۴	۱۲/۲	۰/۶	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۳۴۲/۴
وزوان	RCP 2.6	۷/۹	۲۷/۲	۱۸/۷	۱۸/۱	۱۶/۹	۲۳/۳	۱۹/۲	۱۱/۲	۴/۴	۳/۸	۱/۱	۲/۱	۱۵۳/۹
	RCP 8.5	۱۳/۲	۲۸/۳	۱۹/۱	۱۸/۳	۱۲/۶	۲۵/۷	۲۰/۴	۱۳/۶	۵/۲	۲/۸	۱/۷	۲/۳	۱۶۳/۱
همگین	RCP 2.6	۸/۳	۳۵/۷	۶۶/۷	۴۷/۳	۵۵/۴	۵۸/۴	۳۶/۶	۱۷/۳	۰/۹	۲/۶	۰/۲	۰	۳۳۹/۵
	RCP 8.5	۵/۲	۲۶/۱	۷۲/۸	۴۰/۲	۴۴/۶	۶۱/۱	۲۸/۶	۱۲/۲	۰/۶	۱/۸	۰/۲	۰	۲۹۳/۵

۴. نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، نتایج مطالعات گسترده‌ای در خصوص تغییر اقلیم در حوضه آبریز زاینده‌رود ارائه گردیده است. به لحاظ استراتژیک بودن این حوضه و اقلیم خشک منطقه، این نتایج اهمیت مضاعفی خواهد داشت. به طور کلی در هر دو سناریوی مورد بررسی افزایش دما در تمامی ایستگاه‌ها و همچنین افزایش بارش در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه در حوضه زاینده‌رود استنتاج می‌گردد. البته برای متغیر بارش در برخی از ماه‌های سال تغییراتی متفاوت مشاهده می‌گردد که در روند کلی تأثیرگذار محسوب نمی‌گردد. با توجه به نتایج موجود، سیاست‌گذاری‌های کلان در راستای سازگاری با این تغییرات جهت حفاظت از منابع آب موجود و تامین نیازها امری ضروری است.

منابع

- [1]-Naomi Oreskes, "The Scientific Consensus on Climate Change," Science 3 December 2004: Vol. 306, No. 5702.
- [2]-IPCC Fifth Assessment Report, Summary for Policymakers (2014).
- [3]-Safavi, H. R., Esfahani, M. K. and Zamani, A. R. (2014), Integrated index for assessment of vulnerability to drought, case study: Zayandehrood River Basin, Iran. *Water Resour. Manage.* 28: 1671-1688.
- [4]-IPCC (2014), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., Barros V. R., Dokken D. J., Mach K. J., Mastrandrea M. D., Bilir T. E., Chatterjee M., Ebi K. L., Estrada Y. O., Genova R. C., Girma B., Kissel E. S., Levy A. N., MacCracken S., Mastrandrea P. R., and White L. L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- [5]-Semenov, M. (2012), LARS-WG stochastic weather generator. United Kingdom, Department of Computational and Systems Biology.



ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش در شهرکرد در دهه‌های آینده تحت سناریوی RCP2.6

تیرگر فخری، فاطمه*، آرزومندی، لیلی

دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

ffakheri@yahoo.com

چکیده

گرم شدن ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای (به ویژه دی اکسیدکربن) در دهه‌های اخیر که از آن به عنوان تغییر اقلیم یاد می‌شود، سبب تغییر در الگوی پارامترهای هواشناسی شده است. هدف از این پژوهش شناسایی تغییرات دما و بارش در ایستگاه شهرکرد تحت شرایط تغییر اقلیم است. به منظور بررسی تأثیرات اقلیم بر بارش و دما در حوضه آرمند، سه مدل (NorESM1-M, GFDL-ESM2G, BCC-CSM1.1) استفاده شد که تحت سناریوی RCP2.6 اجرا شدند. دما و بارش در دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۶۰) محاسبه شدند. براساس نتایج پژوهش در ایستگاه شهرکرد، افزایش تدریجی متوسط دمای سالانه طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۶۰ در این ایستگاه وجود دارد، از جمله نتایج تحقیق این است که افزایش دما در دوره آتی در این ایستگاه همراه با روند افزایش دما همراه بوده، به طوری که بیشترین افزایش دما در تابستان رخ خواهد داد. نتایج به دست آمده نشان داد که تحت شرایط تغییر اقلیم، بارش در دهه‌های آینده کاهش می‌یابد. مقدار بارش فصلی نیز تغییر می‌کند به طوری که بارش‌های فصول تابستان افزایش یافته و بارش سایر فصول کاهش می‌یابد.

کلیدواژه: بارش، دما، تغییر اقلیم، سناریوی RCP2.6، شهرکرد، مدل‌های گردش عمومی جو.

۱. مقدمه

گرم شدن ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای (به ویژه دی اکسیدکربن) در دهه‌های اخیر که از آن به عنوان تغییر اقلیم^۲ یاد می‌شود، سبب تغییر در الگوی پارامترهای هواشناسی شده است. این گازها به دلیل عبور دادن نور خورشید که طول موج کوتاه دارد و عبور ندادن بازتابش آن که به صورت طول موج بلند است، موجب افزایش دمای اتمسفر شده است [۱].

تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌هایی تأثیرگذار است که به نوعی با اقلیم در ارتباطند. تأثیرات تغییر اقلیم به دو گروه کلی تقسیم می‌شود. گروه نخست تأثیرات بیوفیزیکی شامل افزایش سطح دریا، تعداد و میزان رخدادهای حدی مانند سیلاب خشکسالی، تغییر در کیفیت و کمیت منابع آب و خاک، افزایش علف‌های هرز و آفات گیاهی، تأثیرات فیزیولوژیکی روی گیاهان، مراتع و جنگل‌ها و گروه دوم؛ تأثیرات اجتماعی-اقتصادی تغییر اقلیم شامل کاهش تولیدات زراعی، نوسانات در قیمت بازارهای جهانی، تغییرات در توزیع ژئوگرافیکی رژیم‌های داد و ستد، افزایش ریسک گرسنگی بشر، کاهش امنیت غذایی و مهاجرت هستند [۲]. از این رو تغییر اقلیم به عنوان مهم‌ترین مسئله زیست محیطی در قرن بیست و یکم مطرح است [۳]. براساس پنجمین گزارش ارزیابی (AR5) IPCC، دمای هوای جهانی در طول ۱۹۸۰-۲۰۱۲ حدود ۰/۸۵ درجه سانتیگراد افزایش یافته است [۴]. همچنین بارش در حجم، شدت، شکل (مثل باران و برف) در سراسر مناطق جهان در حال تغییر است [۳]. هدف از این پژوهش شناسایی تغییرات دما و بارش در ایستگاه شهرکرد با توجه به سناریوی RCP2.6 است.

^۱ Climate Change

۲. مواد و روش‌ها

مدل‌های GCM^۳ ارائه شده در فاز CMIP5^۴ [۵] در مقایسه با فاز CMIP3 از کیفیت مکانی بالاتری برخوردار هستند [۶]، لذا در این تحقیق سه مدل GCM ارائه شده در فاز CMIP5 مورد توجه قرار گرفتند و نمی‌توان تنها بر روی خروجی یک مدل اتکا نمود.

در مدل‌های اجرا شده برای پنجمین گزارش ارزیابی IPCC (AR5)، سناریوهای RCP^۵ جایگزین سناریوهای SRES^۶ شدند [۷]. این تحقیق برای تحلیل آینده از میان چهار سناریوی معرفی شده توسط پنجمین گزارش ارزیابی IPCC (AR5) تحت سناریوی RCP2.6 برای دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۶۰ انتخاب گردید و در مدل Marksim، با استفاده از سه مدل CMIP5^۷ (NorESM1-M BCC-CSM1.1, GFDL-ESM2G) ریزمقیاس‌نمایی شد. مشخصات مدل‌های GCM استفاده شده در پژوهش در جدول ۱ نشان داده شد.

جدول ۱) مشخصات مدل‌های GCM استفاده شده در پژوهش

مدل	موسسه	تفکیک مکانی (طول عرض جغرافیایی)
BCC-CSM1.1	مرکز اقلیمی پکن، مرکز هواشناسی چین	۲/۸۱۲۵*۲/۸۱۲۵
GFDL-ESM2G	آزمایشگاه دینامیک سیال ژئوفیزیکی / آمریکا	۲*۲/۵
NorESM1-M	مرکز اقلیم نروژ	۱/۸۷۵ * ۲/۵

۳. نتایج

۳-۱. دما

میانگین دما (در ماه‌های نوامبر-ژوئن) ریزمقیاس شده خروجی سه مدل گردش عمومی جو (NorESM1-M، BCC-CSM1.1 و GFDL-ESM2G) طی دهه‌های ۲۰۲۰، ۲۰۳۰، ۲۰۴۰ و ۲۰۵۰ مطابق جدول ۲ محاسبه شد. بررسی تغییرات دما نشان می‌دهد که میانگین دمای حوضه آمرد به نسبت دوره پایه (۱۹۶۰-۱۹۹۰) افزایش می‌یابد. با مقایسه دما در مدل‌های مختلف مشخص شد، بالاترین دما (در دهه ۲۰۴۰ و ۲۰۵۰) در مدل BCC-CSM1.1 و NorESM1-M در دهه‌ی ۲۰۵۰ و بالعکس کمترین افزایش دما در مدل NorESM1-M در دهه ۲۰۲۰ رخ می‌دهد. افزایش دما با نزدیک شدن به سال ۲۰۶۰، بیشتر می‌شود. میانگین دما در دهه ۲۰۵۰ حدود ۱/۵ درجه سانتیگراد به ترتیب برای سناریوی افزایش می‌یابد. روند تغییرات میانگین دمای سالانه (طی ماه‌های نوامبر-ژوئن) نشان می‌دهد که دما حدود ۰/۴۸ درجه سانتیگراد در هر سال افزایش می‌یابد. جدول ۲ تغییرات تصویرسازی شده در میانگین دمای سالانه، در دوره‌های آینده در مقایسه با دوره پایه برای GCMها را نشان می‌دهد.

جدول ۲) تغییرات تصویرسازی شده در میانگین دمای سالانه (به درجه سانتیگراد)، در دوره‌های آینده در مقایسه با دوره پایه برای GCMها

دهه ۲۰۲۰	دهه ۲۰۳۰	دهه ۲۰۴۰	دهه ۲۰۵۰	
۱/۲	۱/۴	۱/۵	۱/۶	BCC-CSM1.1
۱	۱/۲	۱/۳	۱/۳	GFDL-ESM2G
۰/۹	۱/۴	۱/۱	۱/۶	NorESM1-M

همان‌گونه که در شکل ۱ مشخص است، میانگین دمای تصویرسازی شده در همه فصل‌ها و دوره‌ها افزایش می‌یابد. در هر چهار دوره آبی، افزایش دما در دوره گرم سال (به ویژه در فصل تابستان) نسبت به دوره سرد سال بیشتر است، به طوری که میزان افزایش دما در فصول بهار و تابستان به طور میانگین حدود ۱/۸ درجه سانتیگراد و در فصول پاییز و زمستان ۱/۴ درجه سانتیگراد است. با توجه به اینکه افزایش دما سبب

² General Circulation Models

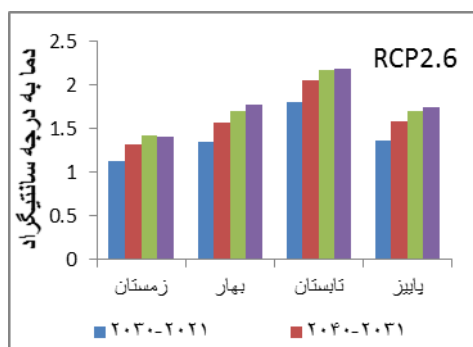
³ Coupled Model Intercomparison Project 5

⁴ Representative Concentration Pathways

⁵ Special Report on Emissions Scenarios

⁶ Coupled Model Intercomparison Project 5

افزایش تبخیر و تعرق می‌شود، بنابراین افزایش دما به افزایش تقاضای آب به ویژه در بخش کشاورزی (بزرگترین مصرف‌کننده آب) منجر می‌شود. در دهه ۲۰۴۰ و ۲۰۵۰ در سناریوی RCP2.6 افزایش دمای یکسانی را پیش‌بینی می‌کنند، اما در دو دهه دیگر، متفاوت است.



شکل ۱) مقایسه متوسط دما تحت سناریوی RCP2.6 نسبت به دوره پایه (۱۹۶۰-۱۹۹۰) در شهرکرد

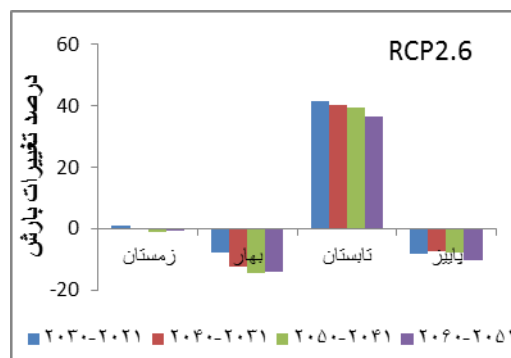
۳-۲. بارش آینده

جدول ۳ درصد تغییرات تصویرسازی شده در بارش سالانه، در دوره‌های آینده در مقایسه با دوره پایه برای GCMها را نشان می‌دهد. مدل‌های مختلف در تخمین تغییر بارش دوره آتی نسبت به دوره پایه بیشتر و برخی نیز کمتر نشان می‌دهند. به طور مثال، بیشترین افزایش بارش مربوط به مدل NorESM1-M در دهه ۲۰۳۰ و بیشترین کاهش بارش GFDL-ESM2G در سناریوی RCP8.5 در دهه ۲۰۵۰ رخ می‌دهد. براساس مدل‌های GCM میانگین تغییرات در بارش در دهه ۲۰۵۰ با کاهش درصدی همراه است. به طور کلی، بالاترین میزان کاهش در دهه ۲۰۵۰ (به طور میانگین حدود ۵ میلی‌متر) پیش‌بینی شده است. به طور کلی، نتایج بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش سالانه، نشان‌دهنده روند کاهشی در بارش منطقه در طی دهه‌های آینده به نسبت دوره پایه (۱۹۶۰-۱۹۹۰) است، اما نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میانگین بارش سالانه دوره آینده و دوره آماری نیست.

جدول ۳) درصد تغییرات تصویرسازی شده در بارش سالانه، در دوره‌های آینده در مقایسه با دوره پایه برای GCMها

دهه ۲۰۵۰	دهه ۲۰۴۰	دهه ۲۰۳۰	دهه ۲۰۲۰	
-۲/۹	-۲/۹	-۳/۸	-۳/۷	BCC-CSM1.1
-۸/۸	-۵/۳	-۲/۱	-۰/۱۰	GFDL-ESM2G
۵/۳	۷	۷/۵	۶/۷	NorESM1-M

شکل ۲ درصد تغییرات فصلی بارش تحت RCP2.6 مختلف نسبت به دوره پایه (۱۹۶۰-۱۹۹۰) در حوضه ارمند را نشان می‌دهد. میزان تغییر بارش در طول سال یکسان توزیع نشده است. بارش‌های تابستانه در هر چهار دوره افزایش خواهد یافت با توجه به این‌که میزان بارش‌های تابستانه در منطقه بسیار اندک بوده است این افزایش در میزان بارش قابل توجه نبوده و تأثیری در وضعیت منابع آب نخواهد داشت. در فصل پاییز بارندگی در هر چهار دوره کاهش می‌یابد و به طور متوسط میزان کاهش بارش در این فصل نسبت به سایر فصل‌ها، بیشتر است. تغییرات بارش در فصل زمستان در سناریوی RCP2.6 ناچیز است بارش فصل بهار افزایش می‌یابد،



شکل ۲) درصد تغییرات فصلی بارش تحت RCP2.6 مختلف نسبت به دوره پایه (۱۹۶۰-۱۹۹۰) در منطقه پژوهش

۳. نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش در ایستگاه شهرکرد، افزایش تدریجی متوسط دمای سالانه طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۶۰ در این ایستگاه وجود دارد، از جمله نتایج تحقیق این است که افزایش دما در دوره آتی در این ایستگاه همراه با روند افزایش دما در ایران و جهان هماهنگی داشته، به طوری که بیشترین افزایش دما در تابستان رخ خواهد داد. در این شبیه‌سازی‌ها، میانگین دما تا سال ۲۰۶۰ به طور متوسط حدود ۱/۵ درجه سانتیگراد نسبت به دوره ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ افزایش خواهد یافت. خروجی تمام مدل‌ها افزایش دما را در این ایستگاه نشان می‌دهند. این دستاورد با پژوهش‌های انجام شده در ایران مساح بوانی، ۱۳۸۴ [۸] مطابقت دارد. تغییر اقلیم به سه شکل می‌تواند بر روی بارش نقش داشته باشد. یکی به شکل تغییر در مقدار بارش، تغییرات زمانی الگوی بارش و دیگری تغییر در حالت بارش (به صورت باران یا برف) می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان داد که تحت شرایط تغییر اقلیم، بارش در دهه‌های آینده کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد مقدار بارش فصلی نیز تغییر می‌کند به طوری که بارش‌های فصول تابستان افزایش یافته و بارش سایر فصول کاهش می‌یابد با نتایج عباسی و همکاران [۹] در سال ۱۳۸۹ برای استان خراسان جنوبی به دست آوردند که، علیرغم افزایش میانگین بارش در کل استان خراسان جنوبی، بارش فصل زمستان در مقایسه با دوره پایه کاهش خواهد یافت، اما در مقابل بارش‌های تابستانه بیشترین افزایش را خواهند داشت مطابقت دارد

منابع

- [1]- IPCC (2001) Climate change 2001. The science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Eds. Houghton JT, Filho LGM, Callander BA, Harris N, Attenberg A, Maskell K. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2]- FAO. (2007). Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: Perspective, framework and priorities. Interdepartmental Working Group on Climate Change. Rome. Available on: <http://www.fao.org>.
- [3]- Campbell, JL., Driscoll, CT., Pourmokhtarian, A., and Hayhoe, K. (2011). Streamflow responses to past and projected future changes in climate at the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire, United States. Water Resour. Res. 47, W02514. <http://dx.doi.org/10.1029/2010WR009438>.
- [4]- IPCC (2013) Climate change 2013. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- [5]- Taylor, KE., Stouffer, R.J., and Meehl, GA. (2012). an overview of CMIP5 and the experiment design. Bull. Am. Meteorol. Soc. 93(4), pp. 485-498, doi: 10.1175/BAMS-D-11-00094.1.
- [6]- Marengo, JA., Chou, SC., Torres, RR., Giarolla, A., Alves, LM., and Lyra, A. (2014). Climate change in central and South America: Recent trends, future projections, and impacts on regional agriculture. Working Paper No 73.
- [7]- Van Vuuren, DP., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., and et al. (2011). The representative concentration pathways: An overview. Climatic Change, 109, pp. 5- 31.
- [۸]- مساح بوانی، ع.ر و مرید، س. (۱۳۸۴). اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده رود اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره ۹ (۴)، صص ۱۷-۲۸.
- [۹]- عباسی، ف، بابائیان، ا، حبیبی نوخندان، م، مختاری، ل و ملیوسی، ش. (۱۳۸۹). ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده با کمک مدل MAGICC-SCENGEN، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۲، شماره ۷۲، صص ۹۱-۱۱۰.

حقوق و مطالبات راهبردی دریا



ملاحظات حقوقی و امنیتی عبور کشتیهای جنگی از دریای سرزمینی

با تأکید بر رویه جمهوری اسلامی ایران

کریمی‌پور، اسماعیل^{۱*}، طالقانی، حسین^۲، برزگرزاده، عباس^۳

۱- کارشناس ارشد حقوق بین‌الملل، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، ایران

۲- دکترای حقوق بین‌الملل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، ایران

۳- دکترای حقوق بین‌الملل، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، ایران

ekarimipoor@gmail.com

چکیده

یکی از اساسی‌ترین مباحث در تدوین حقوق بین‌الملل دریاهای سرزمینی بوده است که اکثر نظریه پردازان دریایی آن را به‌عنوان بخشی از دریای سرزمینی متصل به ساحل قلمداد می‌نمودند که دولتهای ساحلی دارای حاکمیت مطلق در آن به منظور حراست از قلمرو سرزمینی خود بودند. با این حال برخی قدرتهای دریایی به منظور بسط سلطه و سیادت دریایی خود انتظار داشتند بتوانند با ناوگان نظامی خود آزادانه در اقصی نقاط دریایی جهان بدون هیچ گونه محدودیتی تردد نمایند [۵]. بدین ترتیب می‌توان گفت رژیم حقوقی عبور بی‌ضرر که اجازه عبور تمام کشتی‌ها اعم از کشتیهای جنگی و تجاری از دریای سرزمینی کشورها را می‌دهد، در جهت محدود کردن حاکمیت مطلق دولت ساحلی بر دریای سرزمینی ایجاد شده و در واقع فرصتی در جهت بسط آزادی دریانوردی کشورهای سلطه طلب تا خط مبدا دولت ساحلی می‌باشد [۶]. این نوشتار با هدف حمایت از نظریه‌های کشورهایی که مخالف عبور شناورهای نظامی از دریای سرزمینی بوده و آن را منوط به کسب و اجازه از مقامات دولت ساحلی می‌دانند، براین فرضیه تأکید دارد که شناورهای نظامی ماهیتاً و به دلیل تجهیزات، قابلیت‌ها، اهداف اطلاعاتی و عملیاتی که برای آنها طراحی شده است، برای کشور ساحلی تهدیدآمیز بوده و در نتیجه بالقوه امکان نقض عبور بی‌ضرر قید شده در ماده ۱۹ کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاهای دارند بدون اینکه این نقض و تخلف آنها از شروط عبور بی‌ضرر، قابل کشف، شناسایی و قابل تعقیب و توقیف باشد. در نتیجه می‌توان گفت شروط عبور بی‌ضرر یادشده در ماده فوق علاوه بر آن که از ضمانت اجرای کافی در مورد شناورهای جنگی برخوردار نیست در صورت تخلف از این شروط قابل ارزیابی و کشف نمی‌باشد. بنابراین در توسعه و تحولات آتی حقوق بین‌الملل دریاهای لازم است در خصوص عبور بی‌ضرر از دریای سرزمینی بین شناورهای جنگی و تجاری تفکیک قائل شد به گونه‌ای که عبور شناورهای جنگی از دریای سرزمینی با کسب اجازه از دولت ساحلی باشد تا کشور ساحلی فرصت کافی جهت بررسی و رصد تحرکات شناورهای مزبور را داشته باشد و در صورت تهدید آمیز بودن از ورود آنها به دریای سرزمینی خود ممانعت به عمل آورد.

کلید واژه: حقوق بین‌الملل دریاهای، کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاهای، کشتیهای جنگی، عبور بی‌ضرر

۱. مقدمه

از زمانی که انسان‌ها به منابع و منافع موجود در دریاهای و نقش تجارت دریایی در توسعه کشورها پی بردند تلاش کشورهای دریایی برای توسعه ناوگان تجاری به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافت. قدرت‌های دریایی به‌منظور تسلط بر اقصی نقاط دریاهای و اقیانوس‌ها و

بسط سلطه و سیادت دریایی خود ناوگان نظامی خود را گسترش دادند. تقابل منافع و خواسته‌های متضاد ابرقدرت‌های دریایی و کشورهای دارای سواحل گسترده که به دنبال حراست و حفاظت از سواحل خود در مقابل زیاده‌خواهی قدرت‌های دریایی بودند باعث ایجاد دو دیدگاه متضاد آزادی دریانوردی و امنیت کشورهای ساحلی گردید. در توسعه و تدوین حقوق بین‌الملل دریاها تقابل این دو دیدگاه باعث به وجود آمدن رژیم‌های حقوقی خاصی مانند عبور بی‌ضرر، عبور ترانزیت و مناطق مختلف دریایی گردید [۱]. مفهوم رژیم حقوقی عبور بی‌ضرر در واقع به‌عنوان وسیله‌ای جهت محدود نمودن دیدگاه حاکمیت مطلق دولت ساحلی بر دریای سرزمینی ایجاد شد و در واقع فرصتی بود جهت بسط آزادی دریانوردی کشورهای توسعه‌طلب تا خط مبدأ دولت ساحلی. با توجه به حساسیت خاص مساله کشتیهای جنگی و نظر به اینکه یکی از اهداف عمده قدرت‌های دریایی در استفاده از دریاها و اقیانوس‌ها، توسعه‌طلبی‌های نظامی بوده است و قدرت‌های سلطه‌گر از دیر باز در تلاش بوده‌اند با قدرت نظامی خود منافع اقتصادی خود در دریا را تضمین و تأمین نمایند و سهم بیشتری از منابع و منافع موجود در دریاها را از آن خود کنند لذا مسئله عبور بی‌ضرر کشتی‌های جنگی از جمله بحث‌های چالش‌برانگیز حقوق دریاها بوده است [۲]. قدرت‌های دریایی به‌موازات اینکه در اقصی نقاط دریاها و اقیانوس‌ها به دنبال برتری در بهره‌برداری از منابع و منافع دریایی جهان بوده‌اند در زمینه اعمال و گنجانیدن منافع و خواسته‌های مختلف خود در اسناد حقوق بین‌الملل دریاها تلاش زیادی نمودند که ازجمله بارزترین این تأثیرگذاری و اعمال‌نظرها می‌توان به جنبه‌های نظامی حقوق دریاها در کنوانسیون‌های ۱۹۵۸ ژنو و ۱۹۸۲ حقوق دریاها اشاره نمود. به عبارت دیگر مواد مرتبط با حقوق و تکالیف کشتی‌های جنگی و سایر مسائل نظامی که در کنوانسیون ۱۹۸۲ و ۱۹۵۸ قیدشده به‌طور چشمگیری با ملاحظه منافع و دیدگاه قدرت‌های دریایی بزرگ وضع گردیدند. به‌طور روشن‌تر می‌توان گفت برخی مفاهیم حقوقی مانند عبور بی‌ضرر و عبور ترانزیت و عدم تمایز کشتی‌های جنگی از کشتی‌های تجاری در عبور بی‌ضرر در راستای ملاحظه منافع و خواسته‌های قدرت‌های دریایی جهان بوده است. همچنین پیش‌شرط کسب اجازه یا اطلاع قبلی برای عبور شناورهای نظامی از دریای سرزمینی دول ساحلی که توسط دولت‌های طرفدار امنیت کشور ساحلی پیشنهاد گردیده بود در خلال تهیه و تدوین کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاها با اعتراض و دخالت قدرت‌های دریایی طرفدار نظریه آزادی دریانوردی در کنوانسیون ۱۹۸۲ منظور نگردید تا بدین‌وسیله قدرت‌های دریایی که به دنبال سیادت دریایی و سلطه نظامی در دریاها بودند بتوانند آزادانه کشتی‌های جنگی خود را از سواحل کشورهای دریایی عبور دهند. [۲]

کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاها در ماده ۱۷ عبور شناورهای تمام کشورها را از میان آب‌های سرزمینی سایر کشورها مجازشمرده و در این زمینه تفکیکی میان شناورهای تجاری و جنگی قائل نگردیده است و در ماده ۱۹ ضمن تعیین معیار عبور بی‌ضرر موارد ۱۲ گانه را بعنوان مصادیق عبور باضرر بیان نموده است [۳]. اگرچه ساختار کنوانسیون حق شرط را برای مفاد کنوانسیون منع نموده است اما برخی کشورها به هنگام امضاء کنوانسیون و همچنین در اعلامیه‌های تفسیری اعلام نموده‌اند که عبور کشتیهای جنگی از دریای سرزمینی‌شان منوط به کسب اجازه و اطلاع قبلی آنان است [۷]. این پژوهش با تأکید بر دیدگاه جمهوری اسلامی ایران درخصوص عبور شناورهای نظامی از دریای سرزمینی ضمن مطالعه قابلیت‌ها، امکانات و اهداف اطلاعاتی طراحی شده برای کشتیهای جنگی، در پی این نتیجه است که شناورهای نظامی ماهیتاً برای کشورهای ساحلی تهدید محسوب می‌شوند و عبور آنها از دریای سرزمینی نمی‌تواند کاملاً بی‌ضرر باشد، لذا در خصوص عبور شناورها از دریای سرزمینی باید بین شناورهای نظامی و غیرنظامی تفکیک قائل شد. به گونه‌ای که عبور شناورهای نظامی و زیردریایی‌ها باید با کسب اجازه و اطلاع قبلی دولت ساحلی صورت گیرد تا فرصت کافی جهت اتخاذ تمهیدات لازم به منظور رصد شناورهای نظامی عبوری از دریای سرزمینی را به منظور اطمینان از عدم نیت خصمانه آن داشته باشد. [۴]

۲. روش تحقیق

این پژوهش به روش توصیفی تحلیلی انجام گرفته و به مطالعات کتابخانه‌ای منطبق بر اصول و روشهای حقوقی، استخراج منابع از اسناد حقوق بین‌الملل دریاها مانند کنوانسیون ۱۹۵۸ ژنو در مورد دریای سرزمینی و منطقه نظارتی، کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاها،

قانون مناطق دریایی ایران، مبانی حقوق بین‌الملل عرفی و استنتاج تحلیل حقوقی آنها در حوزه کشتیهای جنگی استوار می‌باشد. این نوشتار همچنین با تحقیقات میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای در خصوص امکانات، قابلیت‌ها و اهداف شناورهای نظامی درنقد مفهوم حقوقی عبور بی‌ضرر شناورهای نظامی از دریای سرزمینی به ماهیت تهدیدآمیز و باضرر این کشتیها برای کشور ساحلی می‌پردازد.

۱,۲. سوالات تحقیق

۱- در صورتی که یک شناور نظامی با استفاده از تجهیزات موجود در آن، نقض موارد عبور بی‌ضرر را نماید آیا این مسأله قابل رصد و شناسایی توسط دولت ساحلی می‌باشد؟

۲- آیا رویه جمهوری اسلامی ایران و کشورهای با دیدگاه مشترک که حامی نظریه حراست از آبهای ساحلی و لزوم کسب اجازه شناورهای نظامی جهت عبور از دریای سرزمینی هستند با اصول کلی حقوقی سازگارتر است یا دیدگاه متضاد آن؟

۲,۲. فرضیه‌های تحقیق

۱- شناورهای نظامی مجهز به برخی تجهیزات جاسوسی و جمع‌آوری اطلاعات می‌باشند که می‌توانند از طریق آنها به کسب اطلاعات و تحقیقات از امکانات، تاسیسات و سواحل کشور ساحلی مبادرت ورزیده و در نتیجه نقض مصادیق عبور بی‌ضرر را نمایند بدون اینکه این مسأله قابل شناسایی و کشف توسط کشور ساحلی باشد.

۲- بدلیل ماهیت تهدیدآمیز بودن شناورهای نظامی عبور آنها از دریای سرزمینی نمی‌تواند کاملاً بی‌ضرر باشد و این عبور بایستی با کسب اجازه و اطلاع قبلی دولت ساحلی باشد، بنابراین رویه جمهوری اسلامی ایران با اصول کلی حقوقی سازگارتر است.

۳,۲. روند انجام مطالعات و یافته‌های تحقیق

ماده ۱۹ کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاها، عبوری را بی‌ضرر تلقی می‌کند که مخل صلح، نظم عمومی و امنیت کشور ساحلی نباشد و در بند ۲ این ماده جهت روشن‌تر شدن موضوع مواردی را به‌طور انحصاری به‌عنوان مصادیق عبور باضرر بر می‌شمارد که این موارد ۱۲گانه عبارتند از:

الف- هرگونه استفاده از زور بر علیه حاکمیت، تمامیت ارضی یا استقلال سیاسی کشور

ب- هرگونه استفاده و یا تمرین با اسلحه از هر نوع

ج- هر عملی به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات به ضرر دفاع و یا امنیت کشور ساحلی

د- هر نوع تبلیغ به‌منظور اخلال در دفاع و یا امنیت کشور ساحلی

ه- پرواز، فرود یا حمل هرگونه هواپیما بر روی عرشه کشتی

و- پرواز، فرود و یا حمل هرگونه تجهیزات نظامی بر روی عرشه کشتی

ز- بارگیری و تخلیه هر نوع کالا، پول، ارز و یا شخص برخلاف قوانین گمرکی، مالی، مهاجرتی و بهداشتی

ح- هرگونه آلودگی جدی و عمدی برخلاف این کنوانسیون

ط - هر نوع فعالیت ماهیگیری

ی- هر عملی به‌منظور تداخل در سیستمهای مخابراتی و یا سایر تاسیسات و تسهیلات کشور ساحلی

م- هرفعالیت دیگری که ارتباط مستقیم با عبور ندارد [۳]

این تحقیق با هدف نقد محتوای ماده ۱۹ کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاها و رژیم حقوقی عبور بی ضرر شناورهای نظامی دو سوال فوق را مطرح می‌کند:

در پاسخ به سوال نخست، این پژوهش در مقابل هریک از بندهای مربوط به مصادیق عبور باضرر قید شده در ماده ۱۹، به معرفی قابلیت‌ها و تجهیزاتی از شناورهای نظامی می‌پردازد که این تجهیزات قادرند بطور نامحسوس محتوای بند مزبور را نقض نمایند بدون اینکه این مساله برای دولت ساحلی محرز و قابل شناسایی و رصد باشد. این نوشتار در راستای مطالعه قابلیت‌های واحدهای شناور نظامی که آنها را ماهیتا برای امنیت کشور ساحلی باضرر و تهدیدآمیز می‌نماید، به مطالعه نشریات و کتب آمار و تجهیزات شناورهای نظامی که بصورت سالیانه منتشر می‌شود پرداخته و همچنین از طریق بررسی آخرین تجهیزات جمع‌آوری اطلاعات واحدهای شناورنظامی از طریق مصاحبه با برخی فرماندهان این نوع شناورها و همچنین به مطالعه و بررسی قضایا و مواردی پرداخته که عبور شناورهای نظامی و زیردریایی‌های بیگانه از دریای سرزمینی موجب اخلاف در امنیت و نقض قوانین کشور ساحلی گردیده و باعث اعتراض رسمی دولت ساحلی گردیده است.

برخی تجهیزات که در این نوشتار مورد بررسی قرار گرفته‌اند عبارتند از رادارهای پیشرفته، تجهیزات عکسبرداری و فیلمبرداری، دستگاه‌های تحقیقاتی زیرسطحی، دستگاه‌های شنود و استراق سمع و امثالهم که قابلیت جاسوسی و جمع‌آوری اطلاعات از کشور ساحلی را بصورت پنهان و غیرقابل کشف را دارا می‌باشند که در متن کامل مقاله بطور مفصل‌تر به این قابلیت‌های شناورهای نظامی پرداخته شده است. مضافا اینکه کشور ساحلی در صورت تردید در مضر بودن عبور شناور نظامی با توجه به اصل مصونیت شناورهای نظامی امکان بازرسی، تعقیب و توقیف آن را ندارد. در ادامه مقاله در راستای اثبات این فرضیه مصادیق و مواردی را بر می‌شمارد که شناورهای نظامی با تکیه بر حق عبور بی ضرر از دریای سرزمینی، در امنیت کشور ساحلی اخلاف ایجاد نموده و مورد اعتراض رسمی کشور ساحلی قرار گرفته‌اند.

اما در پاسخ به سوال دوم، این مقاله ضمن تشریح دیدگاه جمهوری اسلامی ایران در خصوص عبور بی ضرر که در ماده ۹ قانون مناطق دریایی ایران مصوب ۱۳۷۲ منعکس شده است و عبور شناورهای نظامی از دریای سرزمینی را منوط به کسب اجازه و اطلاع قبلی می‌داند و با مطالعه رویه دولتهای همسو با دیدگاه ایران در مقایسه با دیدگاه کشورهای حامی نظریه آزادی دریانوردی و عدم نیاز به کسب اجازه قبلی، دلایل حقوقی و فنی را در خصوص حقانیت و انطباق بیشتر این دیدگاه با اصول کلی حقوقی از جمله اصل احترام به حاکمیت، استقلال و تمامیت سرزمینی کشورها، اصل حاکمیت کشورها بر منابع طبیعی خود و ... ارائه می‌دهد.

۳. نتیجه‌گیری

یکی از اساسی‌ترین مباحث در تدوین حقوق بین‌الملل دریاها مسأله دریای سرزمینی بوده است که اکثر نظریه پردازان دریایی آن را به عنوان بخشی از دریای سرزمینی متصل به ساحل قلمداد می‌نمودند که دولتهای ساحلی دارای حاکمیت مطلق در آن به منظور حراست از قلمرو سرزمینی خود بودند. با این حال برخی قدرتهای دریایی به منظور بسط سلطه و سیادت دریایی خود انتظار داشتند بتوانند با ناوگان نظامی خود آزادانه در اقصی نقاط دریایی جهان بدون هیچ گونه محدودیتی تردد نمایند [۵]. بدین ترتیب می‌توان گفت رژیم حقوقی عبور بی ضرر که اجازه عبور تمام کشتی‌ها اعم از کشتیهای جنگی و تجاری از دریای سرزمینی کشورها را می‌دهد، در جهت محدود کردن حاکمیت مطلق دولت ساحلی بر دریای سرزمینی ایجاد شده و در واقع فرصتی در جهت بسط آزادی دریانوردی کشورهای سلطه طلب تا خط مبدا دولت ساحلی می‌باشد [۶].

این نوشتار با هدف حمایت از نظریه کشورهای عبور شناورهای نظامی از دریای سرزمینی بوده و آن را منوط به کسب و اجازه از مقامات دولت ساحلی می‌داند، براین فرضیه تأکید دارد که شناورهای نظامی ماهیتاً و به دلیل تجهیزات، قابلیت‌ها، اهداف اطلاعاتی و عملیاتی که برای آنها طراحی شده است، برای کشور ساحلی تهدیدآمیز بوده و در نتیجه بالقوه امکان نقض عبور بی ضرر قید شده در ماده ۱۹ کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاهای را دارند بدون اینکه این نقض و تخلف آنها از شروط عبور بی ضرر، قابل کشف، شناسایی و قابل تعقیب و توقیف باشد. در نتیجه می‌توان گفت شروط عبور بی ضرر یادشده در ماده فوق علاوه بر آن که از ضمانت اجرای کافی در مورد شناورهای جنگی برخوردار نیست در صورت تخلف از این شروط قابل ارزیابی و کشف نمی‌باشد. بنابراین در توسعه و تحولات آتی حقوق بین‌الملل دریاهای لازم است در خصوص عبور بی ضرر از دریای سرزمینی بین شناورهای جنگی و تجاری تفکیک قائل شد به گونه ای که عبور شناورهای جنگی از دریای سرزمینی با کسب اجازه از دولت ساحلی باشد تا کشور ساحلی فرصت کافی جهت بررسی و رصد تحرکات شناورهای مزبور را داشته باشد و در صورت تهدید آمیز بودن از ورود آنها به دریای سرزمینی خود ممانعت به عمل آورد.

منابع

- [۱]- خرم، ع. (۱۳۸۶)، گذر بی‌زیان و حضور ناوگان‌های جنگی بیگانه در خلیج فارس، اطلاعات سیاسی اقتصادی، شماره ۲۳۹ و ۲۴۰، مرداد و شهریور.
- [۲]- روحی، ح، طحانی، ح، (۱۳۹۲)، حقوق بین‌الملل و قواعد حاکم بر مخصصات مسلحانه دریاهای، تهران، انتشارات دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران.
- [۳]- پورنوری، م. حبیبی، م. (۱۳۸۳)، حقوق بین‌الملل دریاهای، کنوانسیون حقوق دریاهای (مصوب ۱۹۸۲)، تهران، مهد حقوق.
- [۴]- آقایی، ب. (۱۳۶۶)، جنبه‌های نظامی کنوانسیون ۱۹۸۲ حقوق دریاهای، مجله مطالعات حقوقی و قضایی، پاییز و زمستان، شماره ۱۱ و ۱۲.
- [5] A.R.Thomas & James Duncan, (2008), International status and navigation of warships and military aircrafts, International law studies – volume 73
- [6] B.M.Dimri, (2013), The Arrest of Argentina Warship ARA Libertad Revisiting international Law Covering warships sovereign immunity and naval diplomatic roles, Journal of defense studies, vol-7, Issue – 3.
- [7] Forman, F.David, (1983), uncharted waters: non innocent passage of warships in the territorial sea, International archive of the naval postgraduate school.



مدیریت جرم‌شناختی مناطق ساحلی شمال ایران: مطالعه موردی سواحل استان گیلان

حسانی، جلال‌الدین^۱، بابایی، حمیدرضا^۲

۱- دانشجوی دوره دکتری حقوق کیفری و جرم‌شناسی، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحدهای

رشت و بندرانزلی، رشت، ایران

۲- کارشناس ارشد حقوق جزا و جرم‌شناسی، مدرس مؤسسه غیرانتفاعی انرژی، ساوه، ایران

hassanijalal@gmail.com

مقدمه

بزه‌کاری در هر یک از قلمروهای زندگی انسانی امری طبیعی است. اما آنچه از دست‌اندرکاران سامانه‌های مدیریتی خرد و کلان کشور انتظار می‌رود، کوشش در راه کاستن از پیامدهای بزه‌کاری و نیز پیشگیری از رویداد آن است. دستیابی به این هدف نیز مستلزم آگاهی از روابط پیچیده محیطی و عوامل خطرآفرینی است که می‌توانند به ارتکاب جرم بیانجامند. به عبارت دیگر، در هنگام برنامه‌ریزی کنش‌های نظام عدالت کیفری در برابر پدیده‌های گوناگون بزه‌کاری و آسیب‌های اجتماعی باید در نظر داشت که همه انسان‌ها در طول زندگی خود در ارتکاب رفتارهای جامعه‌ستیزانه مشارکت دارند. [۱] از همین‌رو، پیش‌بینی مناسب‌ترین و کارآمدترین پاسخ‌ها در برابر بزه‌کاری در شمار رسالت‌های بنیادین نظام‌های عدالت کیفری است.

مناطق ساحلی بدلیل وفور امکانات بالقوه جهت توسعه، از دیرباز مورد توجه نوع بشر جهت اسکان و بهره‌گیری از این امکانات است و این را می‌توان دلیل تمرکز ۷۵ درصد از جمعیت دنیا در شعاع ۲۰۰ کیلومتری سواحل دانست. [۲] استان‌های شمالی ایران به دلیل جاذبه‌های فراوان و نمایان گردشگری و نیز موقعیت مناسب جغرافیایی خود از جهت نزدیکی به پایتخت، آب‌های آزاد و نیز کشورهای پدیدآمده از فروپاشی شوروی سابق، با تراکم فاحش جمعیت و نیز آمد و رفت گردشگران داخلی و خارجی روبه‌رو هستند.

تردیدی وجود ندارد که این وضعیت افزون بر جاذبه‌های خود برای شکوفایی صنعت گردشگری، دغدغه‌هایی را نیز درباره پیش‌بینی راهبردهایی برای حفظ امنیت شهروندان در آن پدیدآورده است.

مناطق ساحلی در سرتاسر جهان و از جمله در کشورمان از جهت گذران اوقات فراغت و نیز کسب و کارهایی همانند کشتیرانی و ماهیگیری دارای اهمیت است. بزه‌کاری‌هایی احتمالی در این مناطق می‌تواند بر کنش‌های یادشده تأثیری منفی گذاشته و به رکود اقتصادی بیانجامد. از همین‌رو، یافتن راهکارهایی مناسب برای مدیریت جرم‌شناختی این مناطق از اهمیت بسیاری برخوردار است.

این نوشتار می‌کوشد که مناطق ساحلی استان گیلان را از جهت مؤلفه‌های جرم‌شناختی یادشده بررسی کند. در این راه، آموزه‌های دانش جرم‌شناسی با روندهای مدیریتی مناطق ساحلی در هم‌آمیخته شده‌اند تا چشم‌اندازی امیدبخش درباره چگونگی پاسداری از امنیت مناطق ساحلی شمال کشور و به‌ویژه استان گیلان، به دست آید.

۲. روش تحقیق

این نوشتار با روش توصیفی و تحلیلی و با رویکرد مطالعات میان-رشته‌ای نگاشته شده است. داده‌های تحقیق با استفاده از منابع دسته‌اول پژوهشی گردآوری شده‌اند.

۱- مناطق ساحلی استان گیلان

استان گیلان در شمال ایران و در میانه استان‌های مازندران، تهران، قزوین، زنجان و اردبیل جای گرفته و از شمال نیز با جمهوری آذربایجان همسایه است. مهم‌ترین بندرگاه‌های آن، بندر انزلی، بندر آستارا و نیز بندر کیشهر هستند.

این استان از دیرباز دارای ارتباطات بین‌المللی از راه کشتیرانی با جمهوری‌های بازمانده از فروپاشی شوروی سابق بوده است. امروزه نیز آمارها بیانگر شکوفایی اقتصاد بین‌المللی دریایی ایران از گذر دریای خزر و به‌ویژه، بندرگاه‌های استان گیلان است.

۲- چالش‌های جرم‌شناختی در مناطق ساحلی استان گیلان

همان‌گونه که پیش از این نیز گفته شد، تراکم جمعیت مقیم و نیز گردشگران در مناطق ساحلی استان گیلان همراه با بسترهای اقتصادی موجود در این مناطق، افزون بر اهمیت درآمدزایی آن برای کشور، محیطی خطرآفرین را نیز پدید آورده که ضرورت چاره‌اندیشی برای یافتن راهکارهایی جهت مبارزه با این چالش‌ها را به میان آورده است.

تردیدی وجود ندارد که پیش‌بینی هر راهکاری برای مدیریت جرم‌شناختی سواحل استان گیلان، در آغاز مستلزم دستیابی به شناختی فراگیر از این مناطق است.

یکی از مهم‌ترین چالش‌های جرم‌شناختی در این مناطق، شمار گسترده گردشگران داخلی و خارجی است که به‌ویژه در هنگام تعطیلات نوروز و یا فصل تابستان به آن پا می‌گذارند. تراکم جمعیت بومی و نیز شمار گسترده گردشگران از دیدگاه نظریه جرم-شناختی تعارض فرهنگی که در میانه سده بیستم میلادی و از سوی جرم‌شناس نامدار آمریکایی نروژی‌تبار، تورستن سلین مطرح شد، دارای اهمیت است. تفاوت در نگرش‌های فرهنگی سبب ارتکاب جرایمی همانند نزاع دسته‌جمعی می‌شود که خود یکی از زمینه‌های از میان بردن نظم و آرامش در مناطق ساحلی است.

از سوی دیگر، با توجه به مرزی بودن استان گیلان و بین‌المللی بودن دریای خزر باید گفت که ارتکاب جرایم علیه امنیت داخلی و خارجی در یابین مناطق باید مورد توجه نظام عدالت کیفری کشورمان قرار گیرد. بعید نیست که در میان انبوه شهروندان خارجی واردشده به این مناطق در پوشش‌های تفریحی، بازرگانی و... افرادی نیز با مقاصد جاسوسی و حتی اقداماتی خطرناک‌تر همانند تخریب به مناطق ساحلی استان گیلان گام نهاده باشند.

افزون بر این، از ارتکاب جرایمی متعارف همانند سرقت نیز نباید به سادگی گذشت. تردیدی وجود ندارد که گردشگران بازدیدکننده از مناطق ساحلی بساه به پایگاه اجتماعی و درآمدی خود با میزان خاصی از اموال به این مناطق وارد می‌شوند و این امر آنها را به آماج‌هایی بسیار مناسب برای بزه‌دیدگی در جرمی همانند سرقت تبدیل می‌کند.

از سوی دیگر باید به یاد داشت که پدیده ساحل‌خواری و یا تصرف عدوانی مناطق ساحلی به منظورهایی همانند ساخت و ساز و یا مالکیت و فروش نیز در شمار چالش‌های مهم موجود در این مناطق است که می‌تواند به جلوگیری از استفاده قانونی شهروندان از مناطق ساحلی استان گیلان بیانجامد.

همچنین با توجه به آن که در استان گیلان، صید ماهی در دریا دارای زمان‌های تعیین‌شده ای است، صید غیرمجاز و نیز شکار غیرمجاز گونه‌های وحشی و حفاظت‌شده نیازمند توجه و یافتن راهکارهایی در قلمرو حمایت کیفری از آبزیان و نیز حیات وحش است.

۳- روندهای پیشگیری‌های جرم‌شناختی در مناطق ساحلی استان گیلان

مطالعه فشرده دورنمای جرم‌شناختی مناطق ساحلی گیلان نشان می‌دهد که این پهنه از شمال ایران با چالش‌های جرم‌شناختی ویژه خود روبه‌روست و سامانه مدیریتی شمال کشور باید بتواند در پرتو بهره‌گیری از روزآمدترین و مناسب‌ترین راهکارها، امنیتی پایدار را در این مناطق برپا سازد.

در ادامه، مهم‌ترین گزینه‌های فراروی سامانه مدیریتی مناطق ساحلی استان گیلان برای مبارزه با چالش‌های پیش‌گفته و فراهم نمودن امنیت پایدار در این مناطق بررسی می‌شود.

- همکاری جرم‌شناختی میان-بخشی در مناطق ساحلی گیلان

یکی از ابزارهای اثرگذار در مدیریت، همکاری سودمند میان-بخشی نهادهای گوناگون در آن است. از این دیدگاه، مدیریت جرم-شناختی مناطق ساحلی استان گیلان نیز مستلزم ساماندهی همکاری مؤثر میان-بخشی در حوزه کارهای نهادها و دستگاه‌هایی است که می‌توانند تأثیراتی پایدار را در این مناطق به همراه داشته باشند. از این دیدگاه، اختیارات صلاح‌دیدی نهادهای کنشگر در مناطق ساحلی گیلان برای مدیریت پایدار جرم‌شناختی آن دارای اهمیت است. منظور از صلاح‌دید در اینجا، اختیار اعطاشده به مقامات عدالت کیفری برای تصمیم‌گیری درباره این است که در یک موقعیت خاص باید چه تصمیمی اتخاذ شود. [۳] این تصمیم می‌تواند برای نمونه، سامان‌دهی همکاری‌های میان-بخشی برای مبارزه با چالش‌های جرم‌شناختی در مناطق ساحلی است. در این راستا باید اشاره نمود که همکاری میان-بخشی در سواحل گیلان باید به گونه‌ای باشد که بتواند نوعی مدیریت یکپارچه ساحلی را در این استان پدیدار سازد. به عبارت دیگر، مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی فرایندی پویاست که با تعیین استراتژی فرابخشی، هماهنگی بین فعالیت‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را در جهت تأمین اهداف چندگانه یعنی حفاظت و توسعه پایدار در مناطق ساحلی تضمین می‌کند. [۴]

نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران با توجه به مأموریت‌های بلندمدت خود و نیز مأموریت فراگیر ارتش در هنگام صلح که در اصل ۱۴۷ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران نیز به آن اشاره شده است، از جهت فراهم آوردن امنیت پایدار جرم-شناختی در سواحل استان گیلان به‌ویژه از دیدگاه مبارزه با چالش‌های امنیتی بین‌المللی اهمیت ویژه‌ای دارد. [۵]

افزون بر این، منطقه آزاد بندرانزلی نیز به جهت انجام کنش‌های ویژه اقتصادی، تجاری و گمرکی و در راستای ایمن‌سازی گردش سرمایه برای دستیابی به اهداف از پیش‌برنامه‌ریزی شده خود، می‌تواند نقش مهمی را در برنامه‌ریزی‌های جرم‌شناختی برای پیشگیری از جرم در این مناطق داشته باشد. پیشگیری از جرایم اقتصادی در مناطق ساحلی استان گیلان از اهمیت فزاینده‌ای در روندهای کلان اقتصادی کشور برخوردار است.

بهره‌گیری از توانمندی‌های مردمی در مناطق ساحلی گیلان

امروزه، مشارکتی شدن سیاست‌جنایی و به عبارت دیگر، مشارکتی شدن روندهای پاسخ‌دهی به بزه‌کاری در سرتاسر جهان اهمیت یافته است. این راهبرد می‌تواند در مناطق ساحلی استان گیلان نیز برای مبارزه با چالش‌های جرم‌شناختی ویژه این مناطق و پدیدارسازی امنیت پایدار در آن به خوبی مورد استفاده قرار گیرد. به عبارت دیگر، پیشگیری از جرم و سلامت اجتماع به راهبردهایی

برای کنترل جرم اشاره دارد که درصد فراگرفتن شمار گسترده‌ای از بازیگران محلی در مشارکت با پلیس و دیگر نهادهای دولتی است. [۶]

در این راستا باید اشاره شود که ماده ۶۶ قانون آیین دادرسی کیفری ۱۳۹۲ خورشیدی به سازمان‌های مردم‌نهاد کنشگر در حوزه محیط‌زیست اجازه آغاز فرآیند کیفری را داده است. این ماده مقرر می‌دارد: «سازمان‌های مردم‌نهادی که اساسنامه آنها در زمینه حمایت از اطفال و نوجوانان، زنان، اشخاص بیمار و دارای ناتوانی جسمی یا ذهنی، محیط زیست، منابع طبیعی، میراث فرهنگی، بهداشت عمومی و حمایت از حقوق شهروندی است، می‌توانند نسبت به جرایم ارتكابی در زمینه‌های فوق اعلام جرم کنند و در همه مراحل دادرسی شرکت کنند.» [۷]

با توجه به این ماده می‌توان گفت که یکی از مهم‌ترین راهبردهای پیشگیری از بزه‌کاری‌های آتی در مناطق ساحلی استان گیلان و به عبارت دیگر، مدیریت پایدار جرم‌شناختی این مناطق، بهره‌گیری از توانمندی‌های جامعه محلی و در رأس آن، یازمان‌های مردم-نهادی است که به‌ویژه در زمینه‌های محیط‌زیست و یا منابع طبیعی مناطق ساحلی گیلان و یا دریای خزر فعال هستند. استفاده از این رویکرد بی‌گمان به صرفه‌جویی در منابع انجامیده و می‌تواند به مردمی‌سازی برنامه‌های فراگیر پیشگیری از جرم در مناطق ساحلی گیلان یاری رساند.

پیشگیری اجتماعی از جرم در مناطق ساحلی گیلان

یکی دیگر از راهبردهای اثرگذار برای مدیریت پایدار جرم‌شناختی در مناطق ساحلی استان گیلان، بهره‌گیری از رویکرد پیشگیری اجتماعی از جرم است. در این رویکرد، عوامل جرم‌زا به آگاهی شهروندان رسیده و از آنها خواسته می‌شود که در مراقبت از اموال و یا جان خود محتاط باشند.

در مناطق ساحلی استان گیلان نیز می‌توان از گردشگران خواست که با توجه به عواملی خطرآفرین مانند تراکم جمعیت، سیار بودن جمعیت و نیز حجم اموال در دسترس در هنگام سفر، از قرار گرفتن در موقعیت‌های خطرآفرین خودداری کنند.

پیشگیری موقعیت‌مدار از بزه‌کاری در مناطق ساحلی استان گیلان

دیگر گونه پیشگیری‌های جرم‌شناختی از بزه‌کاری که می‌تواند برای مدیریت جرم‌شناختی مناطق ساحلی استان گیلان مورد استفاده قرار گیرد، رویکرد پیشگیری موقعیت‌مدار از جرم است. در این رویکرد، کوشش می‌شود که با مداخله در شرایط پیش از ارتکاب جرم از راه افزایش هزینه‌های بزه‌کاری و توانمندتر ساختن آماج‌های بالقوه جرم، از میزان احتمال ارتکاب جرم کاسته شود.

در این راستا به نظر می‌رسد که افزایش گشت‌های ساحلی از سوی مرزبانی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران راهبردی مناسب برای پیشگیری از ارتکاب جرم در این مناطق است. افزون بر این، کنترل مبادی ورودی و گمرک از جهت جلوگیری از ورود غیرمجاز شهروندان بیگانه و یا اموال نیز می‌تواند یک راهبرد موقعیت‌مدار مناسب به شمار آید.

۳. نتیجه‌گیری

مناطق ساحلی شمال کشور و از جمله استان گیلان به دلایلی همانند تراکم جمعیت بومی، شمار قابل توجه گردشگران داخلی و خارجی، ویژگی‌های جغرافیایی و نیز میزان گردش مالی و مبادلات اقتصادی، با چالش‌هایی جرم‌شناختی مواجه هستند و مدیریت پایدار و اثرگذار این مناطق مستلزم چاره‌اندیشی برای چالش‌های پیش‌گفته و یافتن راهکارهایی برای پاسخ‌دهی به آنهاست.

به طور کلی می‌توان مهم‌ترین گونه‌های جرایم ارتكابی در مناطق ساحلی استان گیلان را از دیدگاه آموزه‌های جرم‌شناختی تشخیص داد. در این باره، می‌توان گفت که جرایمی همانند سرقت از گردشگران که به دلیل دارا بودن مقادیر خاصی از اموال و نیز بی‌بهرگی

نسبی از پوشش‌های تأمینی در اقامتگاه خود آماج‌های مناسبی برای ارتکاب سرقت به شمار می‌آیند، یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که باید مورد توجه کنشگران نظام عدالت کیفری و دیگر نهادهای همکار در این مناطق قرار گیرد.

افزون بر این، ورود انبوه گردشگران داخلی و خارجی به مناطق ساحلی گیلان در کنار جمعیت متراکم بومی امکان پدیدآمدن تعارضات فرهنگی را پدید می‌آورد که به دنبال آن می‌توان تحقق جرمی همانند نزاع دسته‌جمعی و تخریب اموال و زیرساخت‌ها را انتظار داشت.

جرایم امنیتی از جهت ورود جاسوسان به مناطق ساحلی گیلان با توجه به ویژگی بین‌المللی بودن دریای خزر و نیز جرایمی همانند صید غیرمجاز و یا جرایم علیه حیات وحش در مناطق ساحلی نیز باید مورد توجه کنشگران نظام عدالت کیفری قرار گیرد.

برای پاسخ‌دهی به این چالش‌ها نیز می‌توان از آموزه‌های جرم‌شناختی به خوبی بهره جست. پیشگیری موقعیت‌مدار از بزه‌کاری مناطق ساحلی گیلان مستلزم نظارت بر مبادی ورودی و خروجی آن در بندرگاه‌های این استان است تا از ورود شهروندان و یا اموال دارای خطر به مفهوم جرم‌شناختی جلوگیری شود.

افزون بر این پیشگیری اجتماعی از بزه‌کاری در مناطق ساحلی گیلان از راه آموزش مناسب شهروندان و نیز دست‌اندرکاران نهادهای هم‌پیوند با مناطق ساحلی نیز به منظور درپیش گرفتن مناسب‌ترین رفتارها در برابر موقعیت‌های جرم‌زا از اهمیت بسیاری در مدیریت پایدار جرم‌شناختی مناطق ساحلی گیلان برخوردار است.

اما یکی از اثرگذارترین و پایاترین راهبردهای مدیریت مناطق ساحلی گیلان، پیش‌بینی و نیز توانمندسازی همکاری‌های میان-بخشی در این مناطق است. یگان‌های مستقر نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران در سواحل گیلان، یگان‌های دریایی نیروی انتظامی جمهوری اسلامی ایران در دریای خزر و نیز منطقه آزاد بندر انزلی همراه با نهادهای سازنده و یا پشتیبان نظام عدالت کیفری در استان گیلان می‌توانند در پرتو همکاری سازنده و دانش‌بنیان خود، راهبردهای اثرگذاری را برای مبارزه با چالش‌های جرم‌شناختی در این مناطق در پیش گیرند.

مدیریت پایدار جرم‌شناختی سواحل استان گیلان می‌تواند فرصت‌های مناسبی را برای توسعه گیلان و به طور کلی سرزمین‌های شمالی ایران در اختیار دولتمردان کشورمان و نیز هم‌میهنان قرار دهد.

منابع

- [۱]- احمدیان، ر، شامی، م، (۱۳۹۴)، ارزیابی نقش و اثر مناطق آزاد بر مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی (ICZM) نمونه موردی: منطقه آزاد تجاری-صنعتی انزلی، مجله مطالعات برنامه ریزی شهری، شماره ۹، ۱۳۰-۹۱
- [۲]- کولایی، ا، شایسته، م، (۱۳۹۳)، حکمرانی خوب و مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی دریای خزر، مجله محیط‌شناسی، دوره چهارم، شماره ۹، صص ۶۹۲-۶۷۹
- [۳]- قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران
- [۴]- ابرین، م، یار، م، (۱۳۹۴)، جرم‌شناسی؛ مفاهیم کلیدی، برگردان سید محمود میرخلیلی و جلال‌الدین حسانی، انتشارات بهنامی، چاپ اول، تهران، ص ۵۷

[5]- Piquero, A, (2016), The Handbook Of Criminological Theory, Sage Publication, London,

[6]- Munchi, J, Laughlin, E,(2013), The Sage Dictionary Of Criminology, 3rd edition, Sage publication, London,

زمین شناسی دریا



بررسی تغییرات سطح آب دریا با استفاده از حساسیت مغناطیسی در نهشته‌های جنوب شرقی دریای خزر

حسین باقری^۱، کاظم درویش بسطامی^۱، علی حمزه پور^۱، رضا رهنما^۱

مرکز اقیانوس‌شناسی دریای خزر، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی،

چکیده

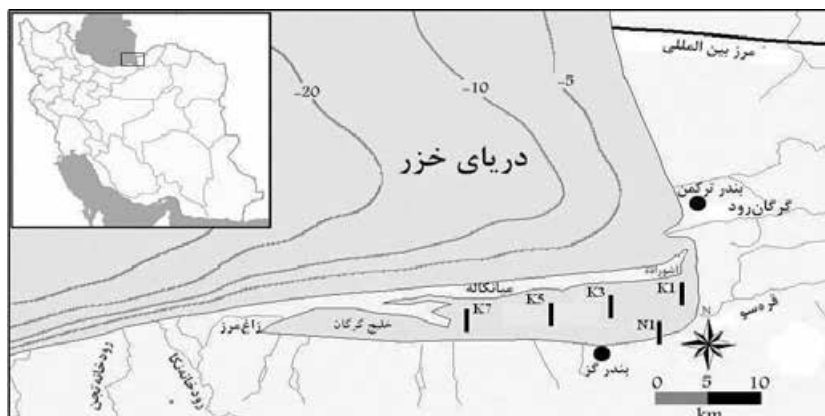
مطالعه مغناطیس‌پذیری یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای پایش تغییرات ترکیب رسوب در بررسی‌های محیطی است. در این مطالعه به منظور بررسی‌های رسوب‌شناسی و تعیین تغییرات تراز آب خلیج گرگان با استفاده از تغییرات میزان مغناطیس‌پذیری (حساسیت مغناطیسی) رسوبات بستر، پنج مغزه رسوبی از خلیج گرگان در امتداد شرق به غرب خلیج برداشت شد. مغزه‌ها ابتدا از نظر میزان مغناطیس‌پذیری مورد بررسی قرار گرفتند سپس ماده آلی، کربنات کلسیم، و دانه‌بندی نمونه‌های برداشت شده از مغزه‌ها مشخص گردید. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که حساسیت مغناطیسی در این رسوبات، رابطه مستقیمی با میزان اندازه رسوبات حمل شده از خشکی دارد، در زمان‌های پایین آمدن سطح دریا در نتیجه ورود مواد آواری دانه درشت (افزایش درصد ماسه)، میزان مغناطیس‌پذیری در رسوبات افزایش نشان می‌دهد و در زمان‌های بالا آمدن سطح آب دریا در نتیجه افزایش مواد آلی و کاهش اندازه دانه‌ها (افزایش درصد گل) میزان مغناطیس‌پذیری کاهش یافته است، همچنین ارتباطی مابین پذیرفتاری مغناطیسی و تغییرات میزان کربنات کلسیم در رسوبات مشاهده نشد. استفاده از منحنی‌های حساسیت مغناطیسی در کنار سایر داده‌ها از جمله داده‌های زمین‌شناسی و تاریخی در بخش‌هایی که امکان بازسازی تغییرات دریا با چالش روبرو می‌باشد می‌تواند ایده‌ای مناسب جهت بازسازی محیط‌های دریایی خصوصاً مناطق نزدیک به ساحل ارائه نماید.

کلیدواژه: خلیج گرگان، مغزه‌های رسوبی، تغییرات تراز آب دریا، حساسیت مغناطیسی

۱. مقدمه

مطالعه مغناطیس‌پذیری یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای پایش تغییرات ترکیب رسوب در بررسی‌های محیطی است و این روش در تشخیص ناپیوستگی در توالی‌های رسوبی فاقد رخنمون (ارزیابی موقعیت چینه‌شناسی سکانس‌های زمین‌شناسی) و تعیین موقعیت دقیق مرزهای زمانی در توالی‌های رسوبی فاقد فسیل شاخص بسیار مفیدی است [۱ و ۲]. تغییرات محیطی در اثر دگرگونی‌های اقلیمی با فرایندهای فرسایش و هوازدگی مختلف و همچنین شرایط متنوع انتقال و ته‌نشست ذرات همراه هستند. این تغییرات به نوبه خود موجب تنوع در ترکیب رسوب مانند تغییر در میزان ویا ترکیب کانی‌های مغناطیسی به عنوان کانی‌های معمول در رسوبات می‌گردد. در واقع مغناطیس‌پذیری یک روش استاندارد است که در مطالعه مقاطع چینه‌نگاری و مغزه رسوبات محیط‌های دریایی، دریاچه‌ای و خشکی کاربرد زیادی دارد، این روش همچنین کاربرد زیادی در بررسی همبستگی مغزه‌های رسوبی دارد [۳]. مزیت این روش، اندازه‌گیری سریع و آسان نمونه‌های کوچک و فاقد جهت‌یافتگی به وسیله ابزارهای موجود همچون سیستم سیم پیچ القایی متوازن (Bridge Susceptibility) است. مغناطیس‌پذیری در رسوبات دریایی حاصل تقابل اجزای آواری و بیوژنیک است. از آن‌جا که اجزای بیوژنیک دیامغناطیس بوده و دارای مقادیر منفی و ضعیف مغناطیس‌پذیری هستند، اجزای آواری کنترل‌کننده اصلی میزان مغناطیس‌پذیری در رسوبات در نظر گرفته میشوند. بدین سبب معمولاً فرآیندهایی که کنترل‌کننده ورود ذرات آواری به محیط دریایی هستند، عامل تغییرات مغناطیس‌پذیری رسوبات محسوب میشوند [۴]. در این مطالعه سعی گردیده با استفاده از

مطالعات مغناطیس‌پذیری (حساسیت مغناطیسی) بر روی مغزه‌های رسوبی برداشت شده از بستر خلیج گرگان (شکل ۱) تغییرات تراز دریای خزر در بخش جنوب شرقی بازسازی گردد. جهت بررسی رسوبات از نظر مغناطیس‌پذیری (MS)، مغزه‌ها به صورت مرطوب به آزمایشگاه رسوب‌شناسی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی ارسال گردید و به منظور دقت بیشتر اندازه‌گیری با فواصل ۲ سانتی متری انجام شده است.



شکل ۱: موقعیت خلیج گرگان و محل برداشت نمونه‌های مغزه‌های رسوبی

۲. نتایج و بحث

با توجه به اینکه نمونه‌ها از اعماق مختلف برداشت شده‌اند (خصوصاً مغزه‌های K7, N1) بنابراین روند تغییرات نمودارها متفاوت می‌باشد. بیشترین میزان ماسه (بیشترین ورود ذرات آواری به حوضه) و به پیروی از آن بیشترین مغناطیس‌پذیری مربوط به اعماق ۳۰ تا ۷۰ سانتی متری در مغزه K1 و K3، ۲۰ تا ۵۵ سانتی متری در K5، ۵۵-۶۰ سانتی متری در مغزه K7 و ۱۵-۴۵ سانتی متری در مغزه N1 مشاهده گردید. همچنین میزان ماده آلی روند تقریباً ثابتی نشان داد در مقابل میزان کربنات کلسیم بسیار متغیر بود و بیشترین مقادیر آن در عمق ۵۵ سانتی متری (۶۱/۴۴ درصد) مغزه K3 مشاهده گردید. افزایش در مقدار حساسیت مغناطیسی در ارتباط با پایین افتادن سطح آب (ورود مواد آواری دانه درشت) و کاهش آن در ارتباط با بالا آمدن سطح آب دریا (کاهش مقدار ماسه) است. بنابراین بالاترین مقدار آن نشان دهنده بیشترین پایین افتادگی و کمترین مقدار آن نشان دهنده بیشترین بالا آمدن سطح آب دریا است. بر این اساس، می‌توان تغییرات سطح آب دریای خزر را در زمان ته‌نشست رسوبات مشخص کرد. برای بررسی دقیق‌تر اثر تغییر تراز دریای خزر بر تغییرات مغناطیس‌پذیری از منحنی‌ای تغییرات شارپ‌تری دارد (مغزه K1) استفاده گردید. در طی هولوسن سطح آب دریای خزر نوساناتی را با بزرگی گوناگون تجربه کرده است. با وجود توافق کلی در اصل تغییرات، زمان و بزرگی نوسانات در بخش‌های مختلف حوضه خزر متفاوت ذکر شده است [۸ و ۱۰]. در طی ۱۸۰۰ سال گذشته حداقل چهار افزایش عمده تراز آب خزر در قرون پنجم، نهم، پانزدهم و نوزدهم میلادی گزارش شده است [۱۱]. همچنین در هزار سال گذشته دو حادثه مهم آب و هوایی نیم کره شمالی زمین را تحت تأثیر قرار داد. از میانه‌های قرن دهم میلادی تا اواسط قرن سیزدهم میلادی نیمکره‌ی شمالی آب و هوای گرمی را تجربه نمود که به آن اصطلاحاً "دوره‌ی گرم سده‌های میانه" یا "ناهنجاری اقلیمی سده‌های میانه" اطلاق می‌شود. سپس از اواسط قرن چهاردهم تا اواسط قرن نوزدهم میلادی این منطقه دچار کاهش دمای هوا شد که به آن "دوره یخبندان کوچک" می‌گویند [۱۲]. آخرین نوسان تراز آب دریای خزر در قرن بیستم رخ داد و طی کمتر از صد سال دریای خزر یک چرخه کامل پیشروی و پسروی با ارتفاع سه متر را تجربه نمود [۱۳]. بر اساس نتایج بدست آمده این پژوهش، و مقایسه با داده‌های فوق، سه افزایش مهم در مقدار حساسیت مغناطیسی قابل شناسایی است (شکل ۵)، که نشان دهنده دوره‌های کاهش سطح آب دریا و افزایش فرسایش رسوبات قاره‌ای می‌باشد. همچنین ۴ دوره افزایشی نیز قابل شناسایی می‌باشد که مقادیر حساسیت مغناطیسی به شدت کاهش یافته است که نشان دهنده شرایط بالا بودن سطح آب دریا است و به نسبت دوره‌های پایین آمدن مدت زمان کوتاه‌تری را شامل شده است. به عبارت دیگر می‌توان ۳ چرخه پیشروی و پسروی مهم را بر اساس تغییرات حساسیت مغناطیسی تشخیص داد. چرخه اول از عمق ۱۶۰ تا ۸۵ سانتی متری چرخه دوم از ۸۵ تا ۲۰ سانتی متری و چرخه سوم از ۲۰ تا ۵۵ سانتی متری مغزه را شامل می‌شود.

با توجه به عدم سن سنجی در مغزه‌های برداشت شده، بر اساس تغییرات منحنی پسروری و پیشروی در دهه‌های اخیر (منحنی تغییرات تراز دریای خزر در صدو پنجاه سال اخیر) و تطبیق تغییرات با نمودار حساسیت مغناطیسی، می‌توان نسبت رسوبگذاری (Sedimentation Rate) را در خلیج گرگان بدست آورد. براین اساس سرعت رسوبگذاری در این منطقه (مغزه k1 ۳,۴ میلی متر بر سال بدست می‌آید. براین اساس از سال ۱۵۰۰ تا ۱۵۸۰ میلادی سطح دریا کاهش چشمگیری داشته و از ۱۵۸۰ تا ۱۷۹۰ میلادی به به بالاترین سطح خود رسیده و از این پس شروع به پسروری نموده و در یک بازه صد ساله پسروری زیادی را متحمل میشود (از ۱۷۹۰ تا ۱۸۹۰). سپس افزایش یافته و از ۱۹۲۹ تا ۱۹۹۵ یک چرخه پسروری و پیشروی رخ داده است. در واقع این مغزه سنی حدود پانصد سال را مشخص می‌کند که با نمودار تغییرات تراز ارائه شده توسط واروشنکو همخوانی جالبی دارد (شکل ۶) [۱۴ و ۱۵]. همچنین بسیاری از داده‌های تاریخی و زمین‌شناسی که توسط محققین مختلف جهت بازسازی تراز دریای خزر در این منطقه مورد استفاده قرار گرفته است [۱۶ و ۱۷]. نتایج این تحقیق را تایید مینماید. اگرچه تبدیل داده‌های توصیفی تاریخی به داده‌های عددی (نظیر تراز آب دریا) کار بسیار مشکلی است (مشکل از ماهیت این مشاهدات، نوع تفسیر ما از آن‌ها و نیز میزان اطمینان از درستی این مشاهدات ناشی می‌شود) با این وجود، داده‌های تاریخی از آن رو که تاریخ دقیقی از حوادث مهم خزر را ارائه می‌کنند برای واسنجی نتایج زمین‌شناسی بسیار ارزشمند هستند.

۳. نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج حاصل از مطالعات رسوب‌شناسی و میزان حساسیت مغناطیسی، ارتباط مستقیم فراوانی اجزای آواری حمل شده از خشکی با میزان حساسیت مغناطیسی را به خوبی آشکار می‌سازد. بر این اساس، افزایش حساسیت مغناطیسی معرف فراوانی ذرات حمل شده از خشکی است و چون حمل ذرات آواری در این بخش عمدتاً در دوره‌های پایین بودن سطح آب صورت می‌گیرد، بنابراین تغییرات حساسیت مغناطیسی، پارامتر مناسبی برای بررسی تغییرات سطح آب دریا است.

نتایج فوق نشان داد استفاده از منحنی‌های حساسیت مغناطیسی در کنار سایر داده‌ها از جمله داده‌های زمین‌شناسی و تاریخی در بخش‌هایی که امکان بازسازی تغییرات دریا با چالش روبرو می‌باشد می‌تواند ایده‌ای مناسب جهت بازسازی محیط‌های دریایی خصوصاً مناطق نزدیک به ساحل ارائه نماید.

منابع

- [1] Crick, R.E., Ellwood, B.B., Feist, R., El-Hassani, A., Hladil, J., Hrouda, F., & Chlupac, I., (2001). Magnetostratigraphy susceptibility of the Pridoli-Lochkovian (Silurian-Devonian) GSSP (Klonk, Czech Republic) and a coeval sequence in Anti-atlas Morocco. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 167: 73-100.
- [2] Ellwood, B.B., Tomkin, J.H., Ratcliffe, K.T., Wright, M., & Kafafy, A.M., (2008). High-resolution magnetic susceptibility and geochemistry for the Cenomanian/Turonian boundary GSSP with correlation to time equivalent core. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 261: 105-126.
- [3] Williams-Thorpe, O; Jones, M. C.; Tindle, A. G. and Thorpe, R. S. (1996). Magnetic susceptibility variations at Mons Claudianus and in Roman columns: a method of provenancing to within a single quarry. *Archaeometry*, 38(1) pp. 15-41.
- [4] Febo, L.A., Elleood, B.B., & Watkins, D.K., 2007. Detrital control on magnetosusceptibility and cyclostratigraphy record. *Eos, Transaction of American Geophysical Union*, 82: 52p.

- [5] Ellwood, B.B., Garcia-Alcalde, J.L., EL Hassani, A., Hladil, J., Soto, F.M., Truyols-Massoni, M., Weddige, K., & Koptikova, L., (2006). Stratigraphy of the Middle Devonian boundary: formal definition of the susceptibility magnetostratotype in Germany with comparisons to sections in the Czech Republic, Morocco and Spain. *Tectonophysics*, 418: 31-49.
- [6] Abrantes, A., Pinto, F. & Moreira, M. (1999). Ecology of Polychaete *Nereis diversicolor*, in the Canal de Mira (Ria de Aveiro, Portugal). Population dynamics, production and oogenic cycle. *Acta Oceanology*, 20 (4): 267-283.
- [7] Heiri, O., Lotter, A. & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25: 101-110.
- [8] Hoogendoorn, R.M., Boels, J.F., Kroonenberg, S.B., Simmond, M.D., Aliyeva, E., Babazadeh, A.D., & Huseynov, D., (2005). Develop of Kura delta, Azarbaijan; a record of Holocene Caspian sea-level changes. *Marine Geology*, 222-223: 359-380.
- [9] Rychagov, G.I., (1997). Holocene Oscillations of the Caspian Sea and forecasts based on paleogeographical reconstructions. *Quaternary International*, 41/42: 167-172.
- [10] Lahijani, H., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., & Hosseindoost, M., (2007). Evidence for late Holocene highstand in Central Gilan - East Mazanderan, South Caspian coast, Iran. *Quaternary International*. doi:10.1016/j.quaint.2007.10.005.
- [11] Mamedov, A.V., (1997). The late Pleistocene-Holocene history of the Caspian Sea. *Quaternary International*. 41/42: 161-166.
- [12] Karpychev, Yu.A., (1989). Changes in the Caspian sea-level in the Holocene according to radiocarbon date. *Water Resources*, 1: 5-20.
- [13] Kroonenberg, S.B., Rusakov, G.V., & Svitoch, A.A., (1997). The wandering Volga delta: a response to rapid Caspian sea-level change. *Sedimentary Geology*, 107: 189-209.
- [14] Varushchenko, S.I., Varushchenko, A.N., & Klige, R.K., (1987). Changes in the regime of the Caspian Sea and closed basins in time. *Moscow, Nauka*, 240 p.
- [15] Kakroodi, A.A., (2012). Rapid Caspian Sea-level change and its impact on Iranian coasts, *PhD thesis*, Delft University, Netherland 121 pp.
- [16] Naderi Beni, A., Lahijani, H., Moussavi Harami, R., Arpe, K., Leroy, S. A. G., Marriner, N., Berberian, M., Ponel, V. A., Djamali, M., and Mahboubi, A., Reimer, P.J., (2014). Caspian sea level changes during the last millennium: historical and geological evidences from the south Caspian Sea: *Climate of the Past*.

- [17] Leroy, S. A. G., Lahijani, H. A. K., Djamali, M., Naqinezhad, A., Moghadam, M. V., Arpe, K., Shah-Hosseini, M., Hosseindoust, M., Miller, C. S., Tavakoli, V., Habibi, P., and Naderi, M., (2011). Late Little Ice Age palaeoenvironmental records from the Anzali and Amirkola lagoons (south CS): vegetation and sea level changes: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 302, p.



دریای مازندران بر پایه تجزیه و تحلیل منطقه‌بندی پتانسیل فرسایش و رسوبگذاری در سواحل جنوبی مطالعات پیشین

گریوانی، هادی

گروه علوم غیرزیستی، پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
gerivani@inio.ac.ir

چکیده

فرایندهای فرسایش و رسوبگذاری دو عامل اساسی در تغییر ریخت شناسی سواحل دریاها به شمار می‌روند. تغییر ریخت شناسی سواحل نیز در مناطق ساحلی توسعه یافته یا در حال توسعه، می‌تواند خسارتهای زیادی را در پی داشته باشد. آگاهی از غلبه هر یک از فرایندهای رسوبگذاری و فرسایش در سواحل می‌تواند در برنامه ریزی جهت توسعه پایدار منطقه مفید واقع گردیده از تحمیل هزینه‌های غیرضروری پیشگیری نماید. مطالعات چندی در زمینه فرسایش و رسوبگذاری در سواحل ایرانی دریای مازندران انجام شده است که هر یک از این مطالعات عموماً در یک منطقه متمرکز شده یا براساس اطلاعات محدودی انجام شده است و به تنهایی نتایج آنها برای کل سواحل جنوبی دریای مازندران قابل استفاده نیست. از این رو در این مطالعه نتایج به دست آمده از این مطالعات جمع بندی گردیده و بر پایه آن، کل سواحل ایرانی دریای مازندران از نظر فرسایش و رسوبگذاری به هفت منطقه تقسیم بندی شده اند که عبارتند از: آستارا، تالش، انزلی، دلتای سفید رود، شرق مازندران، غرب مازندران و گلستان. این مناطق می‌توانند به عنوان مبنایی برای مطالعات بیشتر در این زمینه مورد توجه قرار گیرند.

کلید واژه: دریای مازندران، فرسایش، رسوبگذاری، ساحل

مقدمه

فرسایش و رسوبگذاری فرایندهای طبیعی زمین‌شناسی به شمار می‌آیند که همواره در پوسته زمین فعال بوده و موجب تغییرات گسترده‌ای در پوسته زمین در طول زمان زمین‌شناسی می‌شوند. اما این فرایندهای طبیعی می‌تواند با زیانهای برای بشر همراه باشد. در سده اخیر گرم شدن کره زمین و متعاقب آن ذوب شدن یخهای قطب‌ها باعث بالا آمدن تراز آب دریاهای آزاد و در نتیجه پیشروی دریاها و تشدید فرسایش سواحل شده است. با توجه به گسترش بسیاری از شهرها و مناطق توسعه یافته در سواحل دریاها، فرسایش این سواحل می‌تواند خسارات زیادی در پی داشته باشد. فرسایش سواحل می‌تواند در واکنش به رخدادهای کوچک مقیاس مانند طوفان، امواج معمول دریا، جزر و مد و باد و یا در واکنش به رخدادهای بزرگ مقیاس مانند چرخه‌های یخبندان و فعالیت‌های تکتونیکی ایجاد شود. علاوه بر این فعالیت‌های انسانی نیز می‌تواند فرسایش سواحل را در پی داشته باشد. امروزه فرسایش سواحل یک مساله جهانی به شمار می‌آید به گونه‌ای که حداقل ۷۰ درصد از سواحل ماسه‌ای دنیا در حال فرسایش‌اند. فرایندهای فرسایش و رسوبگذاری در سواحل دریای مازندران نیز در جریان است و می‌تواند خسارات بسیاری را در طول زمان در پی داشته باشد. دریای مازندران اگرچه به دریاهای آزاد راه نداشته و تراز آب در آن در حال حاضر حدود ۲۷ متر زیر سطح آب اقیانوس‌هاست اما تراز آب در آن نوسانات زیادی را در گذشته تجربه کرده و این نوسانات در حال حاضر نیز ادامه دارد. در دوره‌های بالا آمدن تراز آب، پیشروی دریا ضمن اینکه باعث غرقاب شدن مناطق ساحل شده، تشدید فرسایش سواحل را نیز در پی دارد. مناطق مسکونی و صنعتی بسیاری در سواحل دریای مازندران گسترش یافته است که فرسایش سواحل می‌تواند تهدیدی برای آنها به شمار آید.

فرسایش و رسوبگذاری در سواحل جنوبی دریای مازندران قرار گرفته و مدیریت این مناطق از نظر کاربری اراضی و توسعه پایدار مسکونی، صنعتی، گردشگری و غیره را مقدور سازد.

منابع

- [1] IgnatovTe.I., Kapliln P.A., Lukyanova S.A. and Solovieca G.D. (1993). Evolution of the Caspian Sea coasts under condition of sea level rise: model for coastal change under increasing 'Greenhouse Effect'. Journal of Coastal Reaserch, 9, 1, 104-111- Fort Lauderdale Florida. Winter 1993.
- [2] Ghodrati A., Amiri R., Khajavi M., and Behzadi E. (2012). Investigation changes sea level of Caspian Sea on Guilin's Coastlines in Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Available online at www.ijagcs.com IJACS/2012/4-7/342-349. ISSN 2227-670X ©2012 IJACS Journal.
- [3] CEP (1998). National Report, Iran. Caspian Environment Programme, Baku, Azerbaijan.
- [۴]- خوشوران همایون، روحانی زاده سمیه، ملک جواد و نژادقلی قاسم (۱۳۸۹). ناحیه بندیسواحل جنوبی دریای مازندران براساس شواهد مورفودینامیک رسوبی. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۷، شماره ۳، ۱۳۹۰، صفحه ۱-۱۵.
- [5] Khoshhravan H., (2007). Beach sediments, morphodynamics, and risk assessment, Caspian Sea coast, Iran. Quaternary International 167-168 (2007) 35-39.
- [6] Khoshhravan H. and Rohanizadeh S. (2011). The Impact of Coastal Modification and Caspian Rapid Sea Level Change on the Amirabad Coastal Zone. International Journal of Natural Resources and Marine Sciences 2011, 1 (2), 81-91.
- [7] Khoshhravan H. and Banihashemi S.M., (2012). Temporal and spatial variation of sand dunes erosion, Caspian Sea. INOC-CNRS, International Conference on "Land-Sea Interactions in the Coastal Zone" Jounieh - LEBANON, 06-08 November - 2012.
- [8] Firoozfar A., Bromhead E., Dykes A., Lashteh N. M.A., (2012). Southern Caspian Sea Coasts, Morphology, Sediment Characteristics, and Sea Level Change. Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy. Vol. 17, 2012.
- [9] Kaplin, P.A. and Selivanov, A.O. (1995) 'Recent coastal evolution of the Caspian Sea as a natural model for coastal response to the possible acceleration of global sea-level rise' Marine Geology, 124, pp. 161-175.

۲. روش مطالعه

در خصوص ریخت‌شناسی و فرایندهای فرسایش و رسوبگذاری مطالعات چندی در بخشهای مختلف دریای مازندران توسط سازمانها و محققین مختلف در گذشته انجام شده است. برخی از این مطالعات در یک بخش کوچک از سواحل دریای مازندران متمرکز شده و برخی دیگر کل سواحل این دریا را در یک نگاه کلی طبقه‌بندی کرده‌اند. از این رو بررسی و جمع‌بندی این مطالعات پراکنده، می‌تواند یک تصویر جامع از شرایط رسوبگذاری و فرسایش در سواحل این دریا در اختیار قرار دهد. در این مطالعه به این مهم پرداخته شده و با بررسی و تجزیه و تحلیل مطالعات پیشین، سواحل ایرانی دریای مازندران از نظر فرسایش و رسوبگذاری به ۷ منطقه قابل تقسیم است.

۳. مطالعات انجام شده در بخشهای مختلف سواحل

فرسایش و رسوبگذاری دو فرایندی هستند که تعادل و توازن بین آنها مورفولوژی سواحل را تشکیل می‌دهد. بنابراین بررسی فرسایش در هر منطقه ساحلی توجه همزمان به رسوبگذاری را نیز اجتناب ناپذیر می‌نماید. در مطالعات چندی که در مورد سواحل دریای مازندران انجام شده، برخی مستقیماً به مساله فرسایش سواحل پرداخته [مانند ۱، ۲] و برخی دیگر به بررسی مورفولوژی و مورفودینامیک سواحل می‌پردازند [مانند ۳، ۴]. دسته اخیر از مطالعات می‌تواند به صورت غیرمستقیم اطلاعات ارزشمندی درباره خطر فرسایش در سواحل در اختیار قرار دهند. مطالعات مختلف انجام شده درباره سواحل دریای مازندران که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته اند عبارتند از:

- طبقه بندی سواحل براساس فرسایش و رسوبگذاری در سواحل شوروی سابق [۱]

- گزارش ملی محیط زیست دریای مازندران (سازمان محیط زیست کشور) [۳]

- رده بندی سواحل جنوبی دریای مازندران براساس انرژی [۴، ۵]

- فرسایش و رسوبگذاری در ناحیه صنعتی امیرآباد [۶]

- فرسایش و رسوبگذاری در سواحل استان گیلان [۲]

- آسیب پذیری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در اثر فرسایش [۷]

- بررسی پاسخ سواحل در برابر نوسانات تراز آب دریا [۸، ۹].

۴. منطقه بندی سواحل ایران در دریای مازندران

مطالعات انجام شده در سواحل دریای مازندران هر یک روش مختلفی را به کار بسته و بر روی بخشهایی از سواحل متمرکز شده است. به منظور استفاده بیشینه از نتایج این مطالعات در راستای منطقه بندی سواحل از منظر پتانسیل فرسایش و رسوبگذاری، در مناطق مختلف از نتایج محققین مختلف بهره گرفته شده و سواحل دریای مازندران از نظر فرسایش به ۷ بخش تقسیم شده است. این بخشها عبارتند از: آستارا، غرب گیلان (تالش)، شرق گیلان (انزلی)، دلتای سفیدرود (آستانه اشرفیه)، غرب مازندران، شرق مازندران و گلستان (میانکاله - گمیشان).

۵. جمع بندی و نتیجه گیری

عوامل متعددی در فرسایش سواحل نقش بازی می‌کنند. در سواحل ایرانی دریای مازندران نقش نوسانات تراز آب دریای مازندران، فعالیت‌های انسانی، مورفولوژی سواحل و جریانات دریایی موازی با ساحل از غرب به شرق پررنگ‌تر است. مورفولوژی سواحل و نوسانات تراز آب دریا از عوامل طبیعی موجود در سواحل دریای مازندران بوده و امکان تغییر آن وجود نداشته و یا به دلیل هزینه‌های زیاد در عمل امکان ندارد اما فعالیت‌های انسانی، بخشی از عوامل هستند که در اختیار انسان بوده و می‌توان با مدیریت صحیح این فعالیت‌ها، زیان‌های ناشی از فرسایش سواحل را به حداقل رسانید. مناطق هفت گانه‌ای که در این مطالعه تعیین گردید، می‌تواند پایه و مبنایی برای مطالعات بیشتر در خصوص



تدوین نقشه راه ساخت و توسعه تجهیزات مورد نیاز در حفاری، نمونه‌گیری و آزمونهای برجای ژئوتکنیکی در محیط‌های آبی

گريوانی، هادی

گروه علوم غیرزیستی، پژوهشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
gerivani@inio.ac.ir

چکیده

یکی از نیازهای کشور توسعه تجهیزات مورد نیاز جهت مطالعات ژئوتکنیکی در محیط‌های آبی است. در این راستا فقدان یک نقشه راه جهت توسعه و ساخت تجهیزات مورد نیاز، می‌تواند منجر به اتلاف هزینه و زمان بسیاری شده و در نهایت نیازهای کشور را به صورت کامل مرتفع ننماید. از این رو در این مطالعه تدوین یک نقشه راه در زمینه توسعه فناوری ژئوتکنیک دریایی مورد توجه قرار گرفته است. به این منظور ابتدا پیشرفت‌های جهانی در زمینه انواع تجهیزات ساخته شده مورد مطالعه و دسته‌بندی قرار گرفته، سپس توان داخلی در این خصوص مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت نقشه راه توسعه شامل سه گام تدوین شده است. گام اول به نیازهای کشور در زمینه تجهیزات ساده نمونه‌گیری اختصاص یافته است. در گام دوم توسعه تجهیزات مورد نیاز برای مطالعه تا عمق آب ۱۵۰ متری که کل خلیج فارس و سواحل دریای عمان و دریای خزر را در بر می‌گیرد، مورد توجه قرار گرفته و در گام سوم، توسعه تجهیزات مورد نیاز جهت حفاری ژئوتکنیکی در آبهای عمیق (بیش از ۱۵۰ متر) توصیه شده است.

کلیدواژه: نقشه راه، توسعه فناوری، ژئوتکنیک دریایی

۱. مقدمه

ایران با داشتن حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مرز دریایی یک کشور دریایی به شمار می‌رود. بخش قابل توجهی از سرمایه‌های کشور شامل تاسیسات نفتی، شبکه‌های انتقال نفت و گاز، شبکه‌های انتقال برق و داده در محیط‌های آبی و دریایی قرار دارند. علاوه بر این منابع معدنی و گازهای هیدراته به عنوان یک منبع انرژی در آینده نزدیک از دیگر جذابیت‌های محیط‌های آبی به شمار می‌آیند [۱، ۲، ۳]. احداث تاسیسات در محیط‌های آبی یا بهره‌برداری از منابع زیرسطحی دریاها مستلزم مطالعات ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی است. مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیک دریایی نیازمند تجهیزات و امکاناتی است که حفاری، نمونه‌گیری و آزمون‌های برجا را در محیط‌های آبی ممکن سازد. علی‌رغم اینکه تعدادی از شرکت‌های خصوصی و سازمانهای دولتی در زمینه مطالعات ژئوتکنیک دریایی و توسعه تجهیزات مورد نیاز اقداماتی انجام داده‌اند اما متأسفانه فاصله علمی و فنی کشور در این زمینه با دنیا قابل توجه است. از این رو ضروری به نظر می‌رسد، توسعه تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای این زمینه علمی و اجرایی مورد توجه و اهتمام قرار گیرد. تلاش در این خصوص بدون داشتن یک نقشه‌راه جامع؛ زمان، انرژی و سرمایه بسیاری را هدر داده و در نهایت نیز ممکن است نتایج دلخواه و مفید که نیازهای کشور را برآورده سازد، تأمین نگردد. تدوین نقشه راه توسعه فناوری‌های ژئوتکنیک دریایی، از یک سو مستلزم آگاهی از پیشرفت‌های جهانی در این زمینه و از سوی دیگر، آشنایی با توان داخلی کشور در حال حاضر است که در این مطالعه مورد اهتمام قرار گرفته است.

۲. روش مطالعه

در این مطالعه سعی شده است ابتدا پیشرفت‌های فنی دنیا در توسعه تجهیزات ژئوتکنیک دریایی مورد بررسی قرار گرفته و انواع تجهیزات توسعه یافته دسته‌بندی گردند. در مرحله دوم توان داخلی کشور در انجام عملیات ژئوتکنیک دریایی مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت نقشه راه توسعه تجهیزات ژئوتکنیک دریایی ترسیم گردد.

۱،۲. پیشرفت‌ها و تجربیات جهانی

طی دهه‌های گذشته تلاش‌های زیادی در گستره جهانی به منظور توسعه و ساخت تجهیزات مورد نیاز در عملیات ژئوتکنیک دریایی انجام شده است. تجهیزات توسعه یافته را به صورت زیر می‌توان دسته‌بندی نمود:

- تجهیزات مورد نیاز برای ایجاد سکوی استقرار سایر تجهیزات حفاری

- تجهیزات حفاری که برای روشهای حفاری مختلف، تفاوت دارند. این روشها عبارتند از: روش حفاری گمانه از روی شناور یا سکو و روش حفاری از بستر

- تجهیزات نمونه‌گیری

- تجهیزات آزمون‌های برجا

۲،۲. توان داخلی در حال حاضر

برای تدوین نقشه راه آینده، داشتن درک درست از شرایط فعلی از ضروریات اساسی است. به این منظور سعی شده است با بررسی زمینه‌های فعالیت موسسات و شرکتهای داخلی و ارزیابی توان آنها از نظر امکانات در اختیار، میزان توانمندی داخلی در این خصوص مورد ارزیابی قرار گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد در حال حاضر شرکتهای و موسسات انگشت شماری در زمینه ژئوتکنیک دریایی دارای امکانات و تجربه‌اند. شرکتهای داخلی توانمندی‌های مناسبی در زمینه حفاری از روی سکوهایی خودبالارو دارند اما در حفاری از روی شناور عموماً از روش لنگراندازی استفاده می‌کنند. دو مورد از شرکتهای مورد بررسی دارای شناور مجهز به سامانه استهلاک حرکات قائم بوده است. نکته مهم در توان داخلی، فقدان توان داخلی در ساخت بیشتر تجهیزات مورد نیاز در این زمینه است که باید مورد اهتمام قرار گیرد.

۳. نقشه راه و گامهای توسعه براساس نیازهای کشور

نیازهای کشور در زمینه مطالعات ژئوتکنیک در محیط‌های آبی عموماً به دریاچه‌های داخلی، خلیج فارس و مناطق ساحلی کم‌عمق در دریای عمان و دریای خزر محدود می‌شود. اما چشم انداز آینده، نیاز به مطالعات ژئوتکنیک و زمین‌شناسی در آبهای عمیق دریای عمان، دریای خزر و حتی آبهای آزاد بین‌المللی را پیش روی قرار می‌دهد. به نحوی که اخیراً در پروژه خط لوله ایران به عمان، یکی از مسیرهای مورد مطالعه از آبهای بسیار عمیق دریای عمان عبور کرده است. تدوین گامهای توسعه فناوری‌های مورد نیاز باید با در نظر گرفتن نیازهای امروز، پیش‌بینی نیازهای آینده، توان داخلی کشور در حال حاضر، سادگی یا پیچیدگی فناوری‌های مورد نیاز و ارجحیت فنی و اقتصادی برخی از روشها به برخی دیگر باشد. از این رو سه گام اساسی برای توسعه فناوری و ساخت تجهیزات مورد نیاز در نظر گرفته شده است که عبارتند از: گام اول: ساخت و توسعه تجهیزات ساده نمونه‌گیری و آزمایش برجا، گام دوم: ساخت و توسعه تجهیزات ژئوتکنیکی برای آبهای کم‌عمق (تا ۱۵۰ متر) و گام سوم: ساخت و توسعه تجهیزات ژئوتکنیکی برای آبهای عمیق (بیش از ۱۵۰ متر). در هر یک از این گام‌ها، گام‌های کوچکتری برای نیل به هدف نهایی در نظر گرفته شده است.

۴. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مقایسه توان کشور در ساخت تجهیزات مورد نیاز در زمینه ژئوتکنیک دریایی با پیشرفت‌های جهانی نشان دهنده فاصله‌ای قابل توجه است. توان داخلی کشور عموماً به ساخت سکوی خود بالارو و پایه‌های دریایی محدود شده است در حالی که در دنیا، روشهای مفیدتر، سریعتر یا

ارزاتری مانند حفاری از بستر و حفاری از روی کشتی‌های مجهز به سامانه استهلاک حرکات قائم از سالهای بسیار پیش توسعه یافته‌اند. به نحوی که سابقه استفاده از این گونه فناوری‌ها در دنیا به دهه ۷۰ میلادی بر می‌گردد. جبران این فاصله، علاوه بر اختصاص نیروی انسانی و منابع مالی، نیازمند یک نقشه راه است. نقشه راه ارائه شده در این پژوهش، شامل سه گام اساسی است و در هر گام مراحل مختلف توسعه و نقطه هدف، به روشنی مشخص شده است. در این پژوهش زمان ضروری برای هر گام و هر مرحله مورد توجه قرار نگرفته است زیرا با توجه به واقعیات کشور، عوامل اقتصادی و تامین اعتبار کافی، تعیین کننده زمان ضروری برای هر گام خواهد بود.

توسعه این گونه تجهیزات علاوه بر کاهش هزینه‌ها، ارتقای کیفیت مطالعات و خودکفایی داخلی، می‌تواند بستری مناسب برای صادرات خدمات مهندسی به خصوص به کشورهای حاشیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان فراهم نماید.

منابع

- [1]- Collett, T.S., 2002. Energy resource potential of natural gas hydrate,. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 86; 1971-1992
- [2]- Johnson, A., and Max M. D., 2006: .The path to commercial hydrate gas production. The Leading Edge, 25, 648-651.
- [3]- Kevenvolden, K. A., 1998,. A Primer on gas hydrates, in The Future of Energy Gases. U. S. Geological Survey professional paper 1570, 279.



(مطالعه الگوی تحرک‌پذیری کانال‌های جریان برگشتی ناشی از هجوم امواج عمود بر ساحل)

ولی‌پور، آزاده

استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، جویبار، ایران
a.valipour@yahoo.com

چکیده

جریان‌های برگشتی جز قابل رویت‌ترین جریان‌ها در منطقه خیزاب ساحلی‌اند که به خاطر حضور ناپایدار و جابجایی در طول ساحل حالتی فریبنده دارند. در این پژوهش، نخست الگویی برای نحوه تحرک‌پذیری و دوام کانال‌های جریان برگشتی در هجوم امواج عمود بر ساحل، متناسب با حالت حاکم بر ساحل در مدل (دریاکنار و سد رسوبی موزون) با استفاده از نرم افزار Mike21/3 ارائه شده است. در گام بعدی ضمن در نظر گرفتن نتایج مشاهدات میدانی مبنی بر اینکه تحرک‌پذیری کانال‌های جریان ناشی از انتقال رسوب کرانه راستاست، از طریق رابطه تجربی سرک، الگوی ارائه شده برای تحرک‌پذیری کانال‌های جریان مورد صحت‌سنجی و تایید قرار گرفت. سپس نتایج مدل با مطالعات میدانی هولمن از طریق مقایسه میانگین نرخ تحرک‌پذیری کانال‌های جریان با سرعت جریان کرانه راستا مورد ارزیابی قرار گرفت و تطابق بسیار خوبی را نشان داد. نتایج اصلی این تحقیق حاکی از آن است که در صورت هجوم امواج عمود بر ساحل، میزان تحرک‌پذیری کانال‌های جریان برگشتی به توپوگرافی بستر، عمق کانال‌ها و همچنین به شیب ساحل وابسته است. به‌طوری‌که هنگامی که شیب یکی از لبه‌های کانال جریان در اثر سقوط رسوبات بالا دستی و رسوب‌گذاری به شیب بحرانی که دو و نیم برابر شیب عمومی ساحل است برسد، تحرک‌پذیری کانال در راستای انتقال رسوب کرانه راستا آغاز شده و تا زمانی که لبه مقابل به شیب بحرانی برسد ادامه می‌یابد.

کلیدواژه: جریان برگشتی، منطقه خیزاب، تحریک‌پذیری، سد رسوبی موزون، رسوبگذاری، شیب بحرانی.

۱. مقدمه

جریان‌های برگشتی، جریان‌هایی قوی و جت‌مانند در سواحل میانه‌اند، که از لحاظ زمانی و مکانی دارای رفتاری متغیرند [۱۷ و ۱۱]. این جریان‌ها همچنین نقش مهمی در روند فرسایش و رسوبگذاری منطقه خیزاب ساحلی و تغییرات حالت ساحل با گذشت زمان ایفا می‌کنند [۱۸]. لذا ساهاست که مورد توجه و مطالعه مهندسين سواحل و ژئومورفولوژیست‌ها می‌باشند [۴ و ۳]. این جریان‌ها عامل اصلی تلفات ناشی از غرق شدن شناگران در مناطق ساحلی محسوب می‌شوند [۱۴ و ۱۰، ۹، ۶]. بنابراین، بررسی نحوه تحرک‌پذیری کانال‌های جریان برگشتی برای کنترل خطرات احتمالی این جریان‌ها در سواحل ضروری به‌نظر می‌رسد. البته در سال‌های گذشته تحرک‌پذیری و دوام این جریان‌ها در مطالعات میدانی و در بعضی از موارد به‌طور آماری مورد بررسی قرار گرفته است [۱۵ و ۸]. اما در هیچیک از این مطالعات اشاره‌ای به چگونگی نحوه تحرک‌پذیری و ارائه الگویی خاص برای دوام کانال‌های جریان نشده است. درحالی‌که در این پژوهش ضمن تعیین الگوی تحرک‌پذیری کانال‌های جریان برگشتی، دلایل مستعد بودن سواحل میانه^۱ با شیبی ملایم برای تشکیل سیستم جریان‌های برگشتی تشریح می‌شود. سپس ضمن مقایسه نتایج با مطالعات میدانی محققین مختلف، الگوی ارائه شده از طریق رابطه سرک مورد صحت‌سنجی و تایید قرار می‌گیرد.

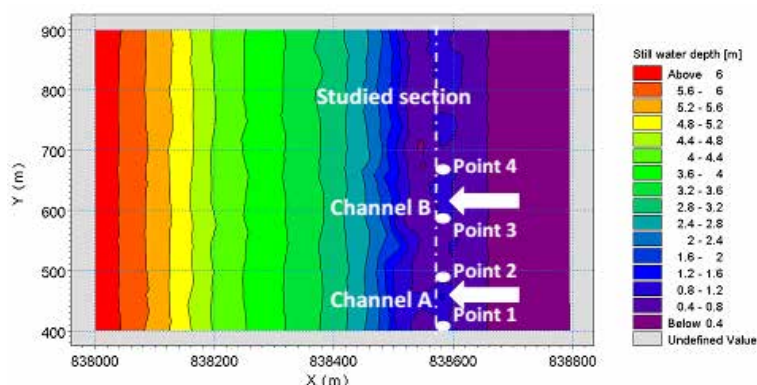
^۱. Intermediate beach

۲. مواد و روش ها

برای دستیابی به اهداف پژوهش از مدول Coupled نرم افزار Mike 21/3 که دارای قابلیت های محاسباتی و گرافیکی بالایی در زمینه مدل کردن فرایندهای پیچیده ساحلی در نواحی کم عمق است، استفاده شده است [۵]. در مرحله ی نخست ساحلی مسطح با ابعاد $700m \times 1500m$ به مدت ۲ ماه در معرض هجوم امواج $1/5$ متری قرار داده شد (شکل ۱). در مرحله بعدی پس از تشکیل کانال های جریان، بستر ایجاد شده در حالت دریاکنار و سد رسوبی موزون^۲ به عنوان بستر اولیه، به مدت یک ماه در معرض هجوم امواجی با ویژگی های مختلف با توجه به حالت ساحل قرار گرفت (جدول ۱).

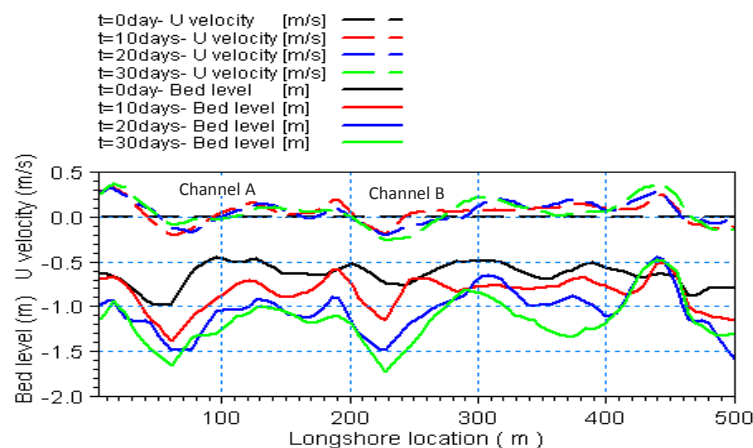
جدول ۱: مقادیر پارامترهای مختلف در مدل

Case	Variable conditions	H(m)	T(s)	$d_{50}(mm)$	Cf(m)	$\tan\theta$
W1	Wave height (m)	1,1.5,2.2	5	0.2	0.04	0.0075
W2	Wave period (s)	1.5	5,7,9	0.2	0.04	0.0075
B3	sediments size (mm)	1.5	5	0.1,0.2	0.04	0.0075
B4	Bed friction	1.5	5	0.2	0.04,0.02	0.0075
B5	Bed slope	1.5	5	0.2	0.04	0.0075,0.01



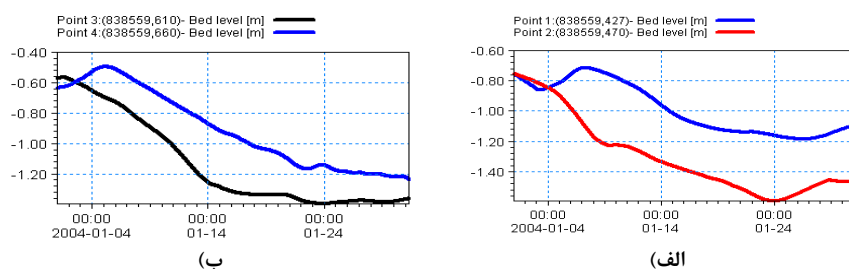
شکل ۱: کانال ها، نقاط و مقطع مورد مطالعه در مدل

سپس به منظور بررسی روند تغییرات تراز بستر و نحوه جابجایی کانال های جریان، نمودار کرانه راستای تراز بستر و سرعت جریان عمود بر ساحل برای کلیه حالت های ارائه شده در جدول (۱) استخراج شد (شکل ۲). با استفاده از این نمودار تغییرات زمانی شیب لبه ی کانال های A و B با دو عمق متفاوت با گذشت زمان و سری زمانی تراز بستر در لبه کانال ها مطابق قسمت های الف و ب شکل های ۳ و ۴ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

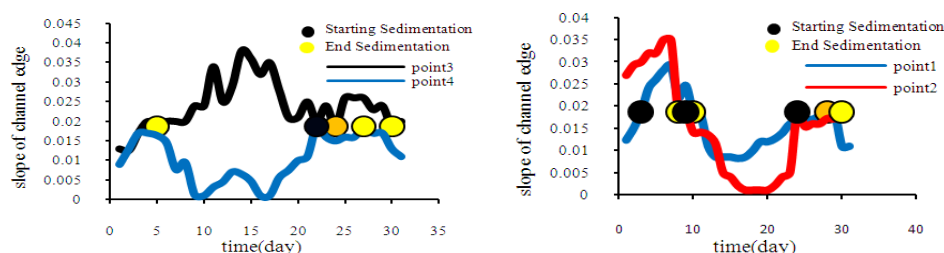


شکل ۲: تغییرات سرعت جریان عمود بر ساحل و تراز بستر در حالت B5 در مقطع مورد مطالعه ($\tan\theta=0.0075$) در زمان های مختلف

² Rhythmic bar and beach (RR)

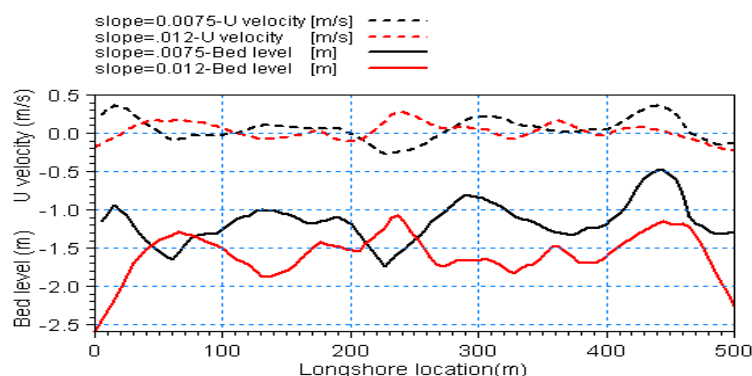


شکل ۳: الف) سری زمانی تراز بستر در حالت B5، در لبه‌ی کانال‌ها در نقاط مورد مطالعه الف) کانال A ب) کانال B ($\tan\theta=0.0075$)

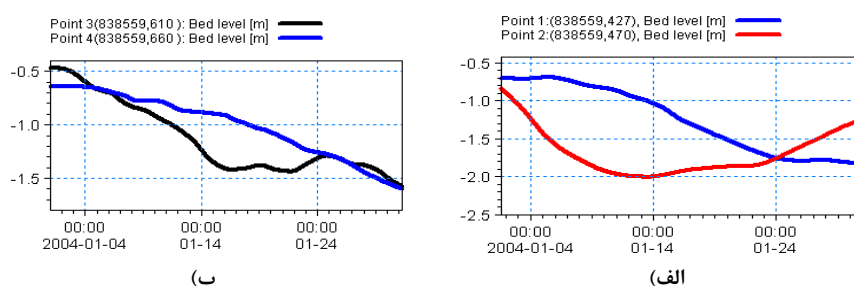


شکل ۴: الف) تغییرات زمانی شیب لبه‌ی کانال‌ها در حالت B5 در نقاط مورد مطالعه الف) کانال A ب) کانال B ($\tan\theta=0.0075$)

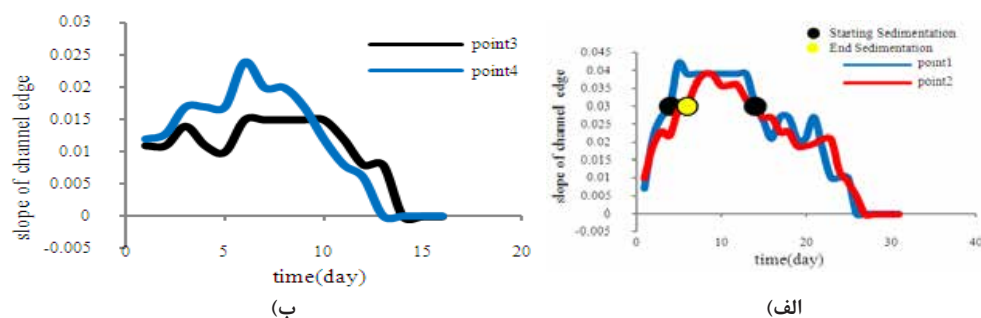
در شکل (۵) نمودار کرانه‌راستای تراز بستر و سرعت جریان عمود بر ساحل در دو شیب مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. سپس سری زمانی تراز بستر و روند تغییرات شیب لبه کانال‌ها با گذشت زمان در ساحلی با شیب $0.12/0$ مطابق قسمت‌های مختلف شکل‌های ۶ و ۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه‌ها نشان می‌دهد در هجوم امواج عمود بر ساحل هنگامیکه شیب یکی از لبه‌های کانال، بر اثر عبور جریان برگشتی به شیب بحرانی (معادل دو ونیم برابر شیب عمومی ساحل) برسد، رسوبگذاری در لبه کانال آغاز و تا هنگامیکه لبه مقابل به شیب بحرانی برسد ادامه خواهد داشت و در این بازه زمانی کانال جریان در راستای انتقال رسوب کرانه‌راستا جابجا خواهد شد.



شکل ۵: تغییرات سرعت جریان عمود بر ساحل و تراز بستر در مقطع مورد مطالعه ($x=838559m$) در شیب‌های مختلف



شکل ۶: الف) سری زمانی تراز بستر در حالت B5، در لبه‌ی کانال‌ها در نقاط مورد مطالعه الف) کانال A ب) کانال B ($\tan\theta=0.012$)



شکل ۷: الف) تغییرات زمانی شیب لبه‌ی کانال‌ها در حالت B5 در نقاط مورد مطالعه الف) کانال A ب) کانال B ($\tan\theta=0.012$)

درگام بعدی تحقیق از نتایج میدانی Woods و Orzech مبنی بر اینکه تحرک‌پذیری کانال‌های جریان برگشتی ناشی از انتقال رسوب کرانه‌راستا استفاده شد [۱۶ و ۱۲]. بر اساس رابطه تجربی سرک انتقال رسوب کرانه‌راستا به صورت $Q_s = Q_1 + Q_2$ تعریف می‌شود. که در این رابطه Q_1 به صورت زیر بیان می‌شود:

$$Q_1 = K_1 a_1 H_b^{\frac{5}{2}} \sin(2\phi_b) \quad (۱)$$

که در این رابطه k_1 یک ثابت تجربی، H_b ارتفاع موج در نقطه شکست، ϕ_b زاویه نسبی بین خط ساحل و قله موج در نقطه شکست است و a_1 یک مقدار ثابت است. هنگامیکه تغییرات شدیدی از ارتفاع موج در امتداد ساحل موجود باشد یک جمله دوم Q_2 به معادله شماره (۱) اضافه می‌شود [۱۳ و ۲، ۷۰ و ۱۳].

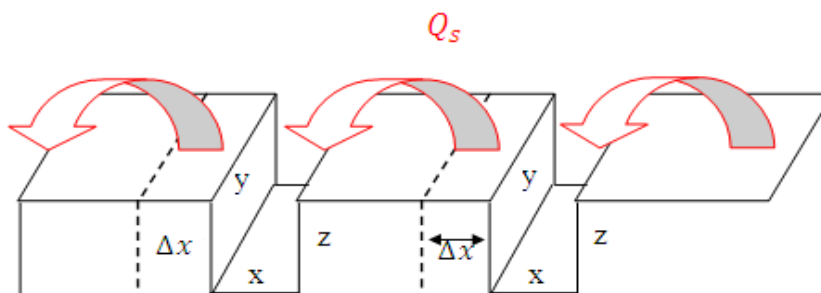
$$Q_2 = -\frac{K_2 a_2 H_b^{\frac{5}{2}} \cos(\phi_b)}{\beta} \frac{\partial H_b}{\partial x} \quad (۲)$$

که در این رابطه k_2 یک ثابت تجربی، β شیب ساحل، x نشان دهنده جهت کرانه‌راستا است. حال مطابق نتایج Woods تازمانی که انتقال رسوب کرانه‌راستا مخالف صفر است ($Q_s \neq 0$) تحرک‌پذیری کانال‌های جریان ادامه خواهد داشت و زمانی که برابر با صفر شد تحرک‌پذیری متوقف خواهد شد که در این شرایط $Q_1 = -Q_2$ و با توجه به این مطلب که $a_2 = 2a_1$ ، بنابراین خواهیم داشت:

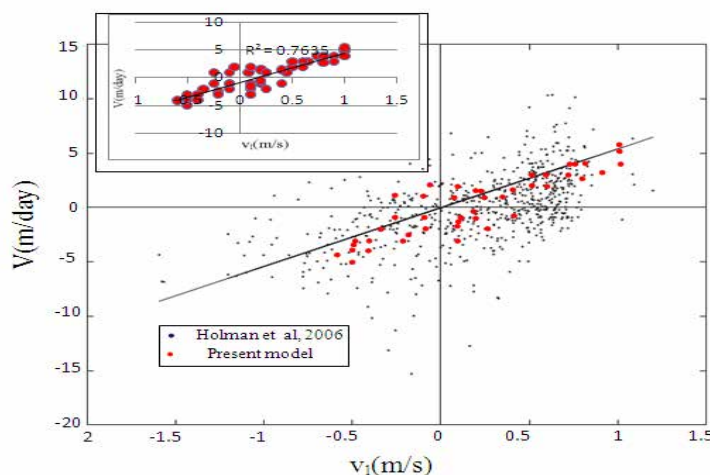
$$\frac{\partial H_b}{\partial x} = 2\beta \frac{k_1}{k_2} \sin \phi_b \quad (۳)$$

از آنجاییکه در منطقه شکست $H_b = \gamma d_b \cong z$ بنابراین $\frac{\partial z}{\partial x} = 2\beta \frac{k_1}{k_2} \sin \phi_b$ و در هجوم امواج عمود بر ساحل خواهیم داشت

با توجه به مقادیر تجربی k_1 و k_2 می‌توان اینطور نتیجه گرفت که $\frac{\partial z}{\partial x} \cong 2.5\beta$ است. بنابراین با استفاده از روابط سرک با توجه به شرط تحرک‌پذیری ارائه شده توسط Woods، نتایج مدل عددی تایید شد. از طرف دیگر تطابق قابل توجه نتایج مدل با مطالعات میدانی Holman و همکاران از طریق مقایسه میانگین نرخ تحرک‌پذیری کانال‌های جریان و سرعت جریان کرانه‌راستا در شکل (۹) مشهود است.



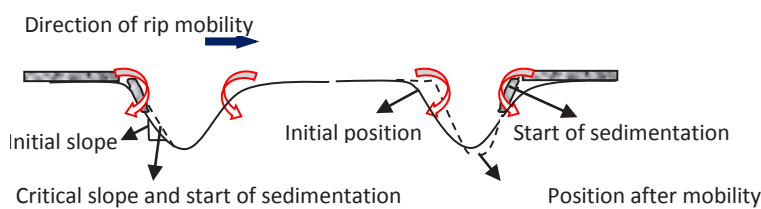
شکل ۸: نمایش چگونگی انتقال رسوب کرانه‌راستا



شکل ۹: مقایسه نتایج Holman با نتایج همانندسازی عددی

۳. نتیجه گیری

نتایج حاکی از آن است در هجوم امواج عمود بر ساحل هنگامی که شیب یکی از لبه‌های کانال بر اثر عبور جریان برگشتی به شیب بحرانی برسد، رسوبگذاری در لبه کانال آغاز و تا هنگامی که لبه مقابل به شیب بحرانی برسد ادامه خواهد داشت و همزمان کانال جریان در راستای انتقال رسوب کرانه‌راستا جابجا خواهد شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: نمایش الگوی تحرک پذیری کانال‌های جریان برگشتی در هجوم امواج عمود بر ساحل

در نتایج دیگر این تحقیق آشکار شد با افزایش زمان بین شروع و پایان رسوبگذاری میزان تحرک‌پذیری کانال در جهت مقابل بیشتر است. بنابراین جابجایی در یک جهت خاص منوط به دوام لبه‌ها در شرایط رسوبگذاری است. به طوریکه افزایش دفعات و سرعت رسیدن لبه‌ها به شیب بحرانی موجب افزایش احتمال تحرک‌پذیری کانال‌های جریان می‌گردد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که افزایش عمق کانال موجب افزایش دوام کانال‌های جریان برگشتی می‌گردد. از طرفی افزایش شیب عمومی ساحل موجب کاهش تحرک‌پذیری و دوام کانال‌های جریان برگشتی می‌گردد. بنابراین سواحلی با شیب ملایم‌تر، معمولاً جهت وقوع جریان‌های برگشتی توپوگرافیک مستعدتر هستند.

منابع

- [1]- Bender, C. J. and Dean, R. G. (2003), Wave field modification by bathymetric anomalies and resulting shoreline changes: a review with recent results, *Coastal Engineering*, Vol. 49, pp. 125-153, 2003.
- [2]- Bender, C. J. and Dean, R. G. (2004), Potential shoreline changes induced by three-dimensional bathymetric anomalies with gradual transitions in depth, *Coastal Engineering*, Vol. 51, pp. 1143-1161.
- [3]- Castle, B., and B. G. Ruessink. (2011), Modeling formation and subsequent nonlinear evolution of rip channels: Time-varying versus timeinvariant wave forcing, *J. Geophys. Res*, Vol. 116.
- [4]- Coco, G. and Murray, A.B. (2007), Patterns in the sand: From forcing templates to self-organization, *Geomorphology*, Vol. 91(3) , pp. 271-290.

- [5]- DHI Software. (2007), MIKE 21 User Guide Manual.
- [6]- Engle, J. , MacMahan, J. , Thieke, R. J. , Hanes, D. M. , and Dean, R. G. (2002), Formulation of a rip current predictive index using rescue data, *In Proc. National Conference on Beach Preservation Technology*, Florida Shore and Beach Preservation Association, Biloxi.
- [7]- Hanson, H. (1989), GENESIS - a generalized shoreline change numerical model, *Journal of Coastal Research*, Vol. 5, pp. 1-27.
- [8]- Holman, R.A., Symonds, G., Thornton, E.V., Ranasinghe, R. (2006), Rip spacing and persistence on an embayed beach, *Journal of Geophysical Research*, 111, C01006, doi: 10. 1029/2005JC002965.
- [9]- Lascody, R. L. (1998), East central Florida rip current program, *National Weather Digest*, Vol. 22 (2), pp. 25–30.
- [10]- Luschine, J.B. (1991), A study of rip current drownings and weather related factors, *National Weather Digest*, Vol. 191, pp. 11-19.
- [11]- MacMahan, J. H., E. B. Thornton, T. P. Stanton, and A. J. H. M. Reniers. (2005), RIPEX: Observations of a rip current system, *Marine Geology*, Vol. 218(Compendex), pp. 113-134.
- [12]- Orzech, M.D., Thornton, E.B., MacMahan, J.H., O'Reilly, W.C., & Stanton, T.P. (2010), Alongshore rip channel migration and sediment transport, *Marine Geology*, Vol. 271, pp. 278–291.
- [13]- Ozasa, H. and Brampton, A. H. (1980), Mathematical modeling of beaches backed by seawalls, *Coastal Engineering*, Vol. 4, pp. 47-63.
- [14]- Short, A. D. , Hogan, C. L. (1994), Rip currents and beach hazards, their impact on public safety and implications for coastal management. In: Finkl, C. W. (Ed.), Coastal Hazards, *Journal of Coastal Research*, Special Issue, Vol. 12, pp. 197– 209.
- [15]- Turner, I.L., Whyte, D., Ruessink, B.G., & Ranasinghe, R. H. (2007), Observations of rip spacing, persistence and mobility at a long, straight coastline, *Marine Geology*, Vol. 236, 236, pp. 209-221.
- [16]- Woods, J.E. (2005), Rip current/cuspate shoreline interactions in southern Monterey Bay, Master's Thesis, Naval Postgraduate School.
- [17]- Wright, L. D and short, A. D. (1984), Morphodynamic variability of surf zones and beaches, *marine geology*.
- [18]- Wright, L. D., Short, A. D., Green, M. O. (1985), Short term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: An empirical predictive model, *Mar. Geol*, Vol. 62, pp. 339–364.



بررسی اثر تغییرات فصلی مونسون بر ویژگی‌های رسوب‌شناسی خلیج چابهار

آفرین، محمد، حمزه^{*}، محمدعلی، نگارستان، حسین^۱

۱- مرکز اقیانوس‌شناسی چابهار، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، چابهار، ایران

۲- مرکز اقیانوس‌شناسی بندرعباس، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، بندرعباس، ایران
afarin.m@inio.ac.ir

چکیده

از ویژگی‌های منحصر بفرد دریای عمان وجود چرخه‌های مونسونی است که تأثیر عمده‌ای بر خصوصیات محیطی منطقه دارد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثر تغییرات فصلی مونسون بر ویژگی‌های رسوب‌شناسی و نیمرخ ساحلی خلیج چابهار است. روش کار شامل دانه بندی رسوبات، سنجش مقدار کربنات کلسیم و مواد آلی، نقشه‌برداری نیمرخ ساحلی و نهایتاً تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری و پردازش داده‌های جغرافیایی در دو مرحلهٔ اوایل مونسون و پس از آن است. بر این اساس، محیط رسوبی خلیج چابهار در زمان مونسون به سه بخش مجزا شامل: تیس (با رسوبات ماسه ای)، کنارک (با رسوبات رسی) و دهانهٔ خلیج (با رسوبات ماسهٔ رسی) و پس از مونسون به سه بخش تیس (با میزان ماسهٔ زیاد)، کنارک و دهانهٔ خلیج (با سیلت زیاد) و آب شیرین کن (با نسبت مساوی ماسه و سیلت) تفکیک شد. نتایج نشان داد امواج پر انرژی مونسون تابستانه با جهت جنوب غربی موجب فرسایش ذرات دانه‌ریز و در نتیجه افزایش سهم ذرات ماسه در بخش‌های شرقی و میانی خلیج می‌شود. اما سواحل کنارک به دلیل قرارگیری در پشت دماغه کمتر تحت تأثیر این امواج قرار گرفته و رسوبات آن در زمان مونسون دانه ریزتر می‌گردند (اغلب رسی). این حالت به دلیل تأمین رسوبات توسط جریان آب موازی ساحل روی می‌دهد. پس از مونسون، کاهش انرژی امواج موجب رسوبگذاری ذرات دانه ریزتر و ایجاد پشته‌های ماسه در نوار ساحلی خلیج چابهار می‌گردد.

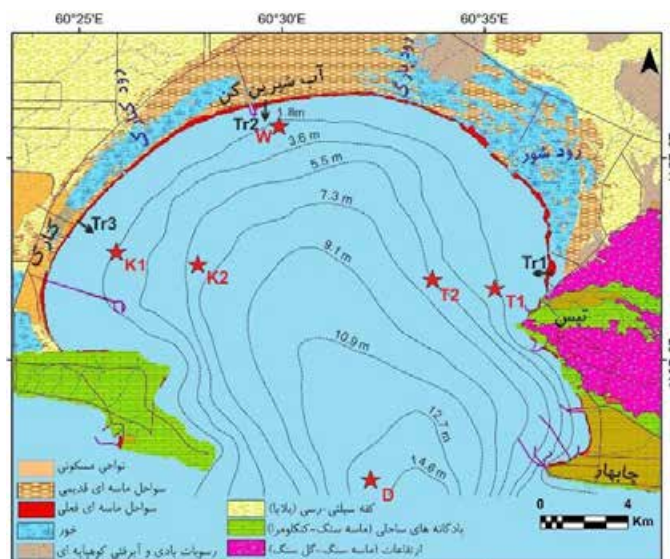
کلیدواژه: مونسون تابستانه، دریای عمان، بافت رسوبات، چابهار

۱. مقدمه

از ویژگی‌های منحصر بفرد دریای عمان وجود چرخه‌های مونسونی است که تأثیر عمده‌ای بر خصوصیات محیطی منطقه دارد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی اثر تغییرات فصلی مونسون بر ویژگی‌های رسوب‌شناسی و نیمرخ ساحلی خلیج چابهار است. روش کار شامل دانه بندی رسوبات، سنجش مقدار کربنات کلسیم و مواد آلی، نقشه‌برداری نیمرخ ساحلی و نهایتاً تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری و پردازش داده‌های جغرافیایی در دو مرحلهٔ اوایل مونسون و پس از آن است. بر این اساس، محیط رسوبی خلیج چابهار در زمان مونسون به سه بخش مجزا شامل: تیس (با رسوبات ماسه ای)، کنارک (با رسوبات رسی) و دهانهٔ خلیج (با رسوبات ماسهٔ رسی) و پس از مونسون به سه بخش تیس (با میزان ماسهٔ زیاد)، کنارک و دهانهٔ خلیج (با سیلت زیاد) و آب شیرین کن (با نسبت مساوی ماسه و سیلت) تفکیک شد. نتایج نشان داد امواج پر انرژی مونسون تابستانه با جهت جنوب غربی موجب فرسایش ذرات دانه ریز و در نتیجه افزایش سهم ذرات ماسه در بخش‌های شرقی و میانی خلیج می‌شود. اما سواحل کنارک به دلیل قرارگیری در پشت دماغه کمتر تحت تأثیر این امواج قرار گرفته و رسوبات آن در زمان مونسون دانه ریزتر می‌گردند (اغلب رسی). این حالت به دلیل تأمین رسوبات توسط جریان آب موازی ساحل روی می‌دهد. پس از مونسون، کاهش انرژی امواج موجب رسوبگذاری ذرات دانه ریزتر و ایجاد پشته‌های ماسه در نوار ساحلی خلیج چابهار می‌گردد.

۲. روش تحقیق

نمونه‌برداری در آذر ماه ۱۳۹۲ و خرداد ۱۳۹۳ طی دو مرحله پس از مونسون و اوایل آن از ۶ ایستگاه منطقه زیر جزر و مدی خلیج چابهار صورت گرفت (شکل ۱). آزمایش کلسیمتری جهت تعیین درصد کربنات کلسیم به روش کلسیمتر برنارد [3] و سنجش مواد آلی رسوبات با روش سوزاندن [4] صورت پذیرفت. آنالیز دانه‌بندی رسوبات پس از آماده سازی با استفاده از غربال مرطوب و دستگاه دانه بندی لیزری انجام شد [5]. تهیه نیمرخ سواحل جهت شناسایی شرایط توپوگرافی و تغییرات عمق ساحل توسط تراز یاب نیوو و میله مدرج انجام گردید. نامگذاری رسوبات توسط نمودار مثلی فولک [6] انجام شد. نقشه توزیع رسوبات در ایستگاه‌های مورد مطالعه توسط نرم افزار ArcGIS 10 تهیه گردید.



شکل ۱: نقشه زمین شناسی محدوده خلیج چابهار با نمایش عمق بستر و ایستگاه‌های نمونه برداری و تهیه پروفایل عمود بر ساحل

۳. نتایج

نتایج حاصل از دانه‌بندی، کلسیمتری و مواد آلی به همراه بافت رسوبات در نمونه‌های زمان مونسون و بعد از آن در جدول ۱ مقایسه شده است.

ایستگاه	ماسه (%)		سیلت (%)		رس (%)		نوع بافت		جورشدگی		کربنات کلسیم (%)		مواد آلی (%)		عمق (متر)
	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	
زمان															
تیس ساحلی ۱	۹۹	۷۲	۰/۳	۱۸	۰/۷	۱۰	S	zS	vG	G	۵۶/۸	۵۲/۱	۲/۶	۳	۲/۸
تیس ساحلی ۲	۹۸	۶۸	۰/۵	۲۰	۱/۵	۱۲	S	zS	vG	G	۶۴/۷	۵۲/۵	۳	۳	
تیس ساحلی ۳	۹۴	۷۰	۴/۵	۱۹	۱/۵	۱۱	S	zS	vG	G	۵۶/۹	۵۲/۳	۲/۵	۳	
میانگین	۹۷	۷۰	۱/۸	۱۹	۱/۲	۱۱	-	-	vG	G	۵۹/۵	۵۲/۳	۲/۷	۳	
انحراف معیار	۲/۶۳	۲	۲/۳۷	۱	۰/۴۶	۱	-	-	-	-	۴/۵۳	۸/۰۷	۰/۲۶	۰	
تیس عمقی ۱	۹۶/۵	۷۸	۳	۱۶	۰/۵	۶	S	zS	vG	G	۵۲	۵۳/۴	۱/۷	۱/۹	۵/۴
تیس عمقی ۲	۱۰۰	۷۳	۰	۱۵	۰	۱۲	S	zS	vG	G	۵۶/۸	۵۲/۳	۱/۷	۲/۳	
تیس عمقی ۳	۹۸	۷۴	۱/۵	۱۴	۰/۵	۱۲	S	zS	vG	G	۵۶/۹	۵۴/۵	۱/۸	۱/۸	
میانگین	۹۸/۲	۷۵	۱/۵	۱۵	۰/۳	۱۰	-	-	vG	G	۵۵/۲	۵۳/۴	۱/۷۳	۲	
انحراف معیار	۱/۷۵	۲/۶۴	۱/۵	۱	۰/۲۹	۳/۴۶	-	-	-	-	۲/۸	۱/۱	۰/۰۵	۰/۲۶	
کنارک ساحلی ۱	۲۵	۱۲	۱	۷۹	۷۴	۹	sC	sZ	G	G	۲۹/۴	۲۳/۹	۴	۲/۵	۲/۴
کنارک ساحلی ۲	۲۷	۹	۱	۸۱	۷۲	۱۰	sC	cZ	G	G	۳۱/۴	۲۵	۵/۳	۳	
کنارک ساحلی ۳	۲۵	۲۵	۵	۶۴	۷۰	۱۱	sC	sZ	G	G	۲۶/۵	۲۲/۷	۵/۵	۳	
میانگین	۲۵/۷	۱۵/۳	۲/۳	۷۴/۷	۷۲	۱۰	-	-	G	G	۲۹/۱	۲۳/۹	۴/۹۳	۲/۸۳	
انحراف معیار	۱/۱۵	۸/۵۱	۲/۳۱	۹/۲۹	۲	۱	-	-	-	-	۲/۴۶	۱/۱۵	۰/۸۱	۰/۲۹	
کنارک عمقی ۱	۱۱	۲۰	۲	۷۰	۸۷	۱۰	sC	sZ	G	G	۱۷/۲	۲۰/۵	۳/۷	۴/۵	۶/۷
کنارک عمقی ۲	۱۲	۲۱	۲/۵	۶۰	۸۵/۵	۱۹	sC	sZ	G	G	۱۷/۲	۲۳/۹	۶/۲	۵	
کنارک عمقی ۳	۱۰	۲۲	۱۰	۵۸	۸۰	۲۰	sC	sZ	G	G	۱۹	۱۸/۲	۶	۵	
میانگین	۱۱	۲۱	۴/۸	۶۲/۷	۸۴/۲	۱۶/۳	-	-	G	G	۱۷/۸	۲۰/۹	۵/۳	۴/۸	
انحراف معیار	۱	۱	۴/۴۸	۶/۴۳	۳/۶۸	۵/۵۰	-	-	-	-	۱/۰۴	۲/۸۷	۱/۳۹	۰/۲۹	

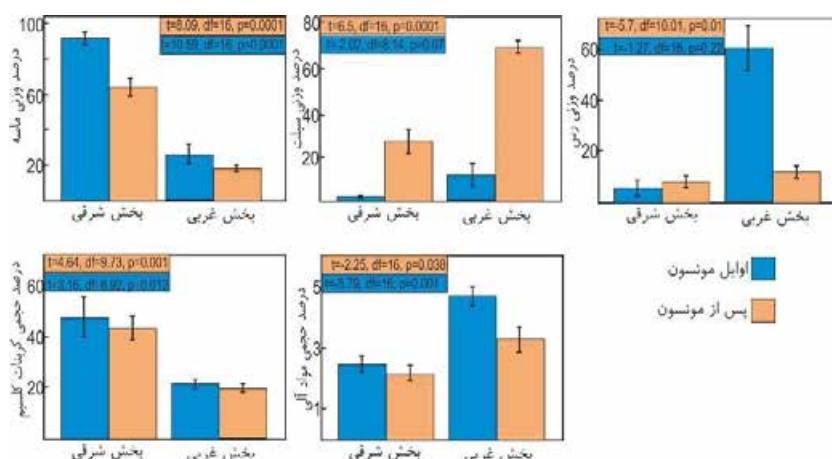
عمق (متر)	مواد آلی (%)		کربنات کلسیم (%)		جورشدگی		نوع بافت		رس (%)		سیلت (%)		ماسه (%)		ایستگاه
	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	پس مونسون	اوایل مونسون	
۲/۲	۱/۵	۲/۷	۲۲/۷	۱۷/۶	G	G	sZ	cS	۷	۲۵/۵	۶۳	۱/۵	۳۰	۷۳	آب‌شیرین کن ۱
	۱	۳/۷	۲۶/۱	۱۹/۶	rG	G	sZ	cS	۴/۷	۱۹/۵	۴۹/۸	۰/۵	۴۵	۸۰	آب‌شیرین کن ۲
	۱/۵	۳	۲۲/۵	۱۹/۶	G	G	zS	S	۳	۱	۳۰	۳	۶۷	۹۶	آب‌شیرین کن ۳
میانگین	۱/۳۳	۳/۱۳	۲۳/۵	۱۸/۹	rG	G	-	-	۴/۹	۱۵/۳	۴۷/۶	۱/۷	۴۷/۵	۸۳	
انحراف معیار	۰/۲۹	۰/۵۱	۱/۹۶	۱/۱۵	-	-	-	-	۲/۰۱	۱۲/۷۷	۱۶/۶	۱/۲۶	۱۸/۶	۱۱/۷۹	
۱۳/۱	۲/۱	۴	۱۳/۶	۲۲/۵	rG	rG	sZ	mS	۹	۱۸	۷۰	۲۰	۲۱	۶۲	دهانه خلیج ۱
	۲/۳	۴/۵	۱۴	۱۷/۶	rG	M	sZ	sC	۸	۴۲/۵	۶۷	۲۱/۵	۲۵	۳۶	دهانه خلیج ۲
	۱/۷	۴	۱۳/۲	۱۶/۹	G	M	sZ	sM	۵	۲۰	۸۰	۵۰	۱۵	۳۰	دهانه خلیج ۳
میانگین	۲/۳	۴/۱۷	۱۳/۶	۱۹	G	M	-	-	۷/۳	۲۶/۸	۷۲/۳	۳۰/۵	۲۰/۳	۴۲/۷	
انحراف معیار	۰	۰/۲۹	۰	۳/۰۵	-	-	-	-	۲/۰۸	۱۳/۶۰	۶/۸	۱۶/۹۰	۵/۰۳	۱۷/۰۱	

نامگذاری رسوبات: S: ماسه، zS: ماسه‌سیلتی، mS: ماسه‌گلی، cS: ماسه‌رسی، sZ: سیلت ماسه‌ای، sC: گل ماسه‌ای، S: رس ماسه‌ای.

میزان جورشدگی رسوبات: vG: خیلی خوب، G: خوب، rG: نسبتاً خوب، M: متوسط

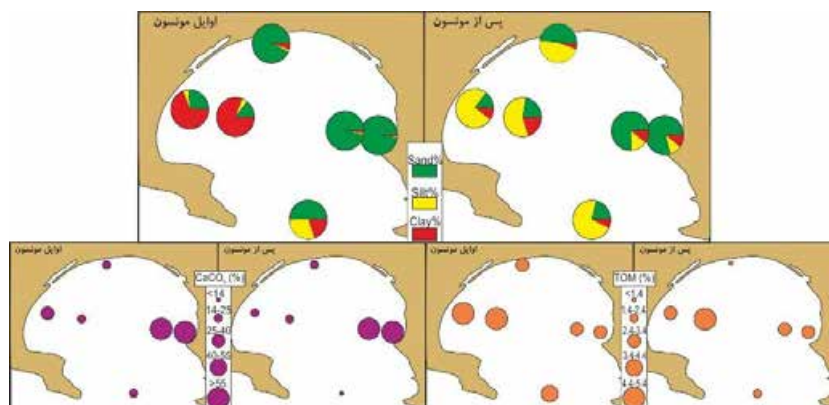
بر اساس جدول ذکر شده و شکل ۲ و ۳، خلیج چابهار در زمان مونسون از نظر اختصاصات رسوب شناسی به سه بخش مجزا قابل تفکیک است: (۱) ایستگاه‌های تیس ساحلی و عمقی و ایستگاه آب شیرین کن که دارای رسوبات ماسه‌ای است، بطوریکه این ایستگاه‌ها به ترتیب ۹۷، ۹۸/۲ و ۸۳ درصد از ذرات ماسه را به خود اختصاص داده‌اند؛ (۲) ایستگاه کنارک ساحلی و عمقی که عمدتاً دارای ذرات رس هستند و در ایستگاه کنارک ساحلی بطور میانگین ۷۲ درصد و در کنارک عمقی ۸۴/۲ درصد از ذرات رسوب را رس تشکیل می‌دهد؛ (۳) دهانه خلیج که در زمان مونسون به صورت توأم از ذرات دانه درشت و دانه ریز تشکیل شده که شامل ۴۲/۷ درصد ذرات ماسه و ۵۷/۳ درصد ذرات گل است.

در زمان پس از مونسون خلیج چابهار از نظر رسوب‌شناسی به سه بخش مجزا قابل تفکیک است. (۱) بخش اول دارای ماسه زیاد است (ایستگاه تیس ساحلی به طور میانگین ۸۰ درصد و تیس عمقی ۷۵ درصد دارای ماسه؛ (۲) بخش دوم دارای سیلت زیاد (شامل ایستگاه‌های کنارک ساحلی با میانگین ۷۴/۷ درصد، کنارک عمقی با ۶۲/۷ درصد و ایستگاه دهانه خلیج چابهار با ۷۲/۳ درصد از ذرات سیلت) هستند؛ (۳) ایستگاه آب شیرین کن با ترکیب نسبتاً مساوی سیلت و ماسه در رسوبات به عنوان بخش سوم از خلیج چابهار در زمان پس از مونسون شناخته می‌شود.



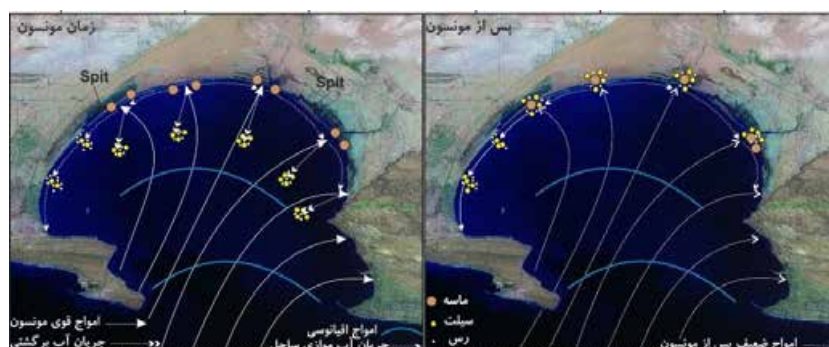
شکل ۲: تغییرات دانه بندی، مواد آلی و کربنات کلسیم در نمونه رسوبات بخش‌های غربی و شرقی خلیج چابهار اوایل مونسون و پس از آن

بر اساس نقشه‌های توزیع رسوبات (شکل ۳) به وضوح می‌توان دریافت که بافت رسوبات از ماسه و رس ماسه‌ای رسوبات زمان مونسون به سیلت ماسه‌ای بعد از مونسون تغییر یافته است. نقشه‌های توزیع مواد آلی ایستگاه‌های مورد مطالعه (شکل ۳) خلیج چابهار مؤید رفتار معکوس بین مواد آلی و کربنات کلسیم است.



شکل ۳: توزیع نوع رسوبات خلیج چابهار در نمونه‌های اوایل مونسون و پس از آن

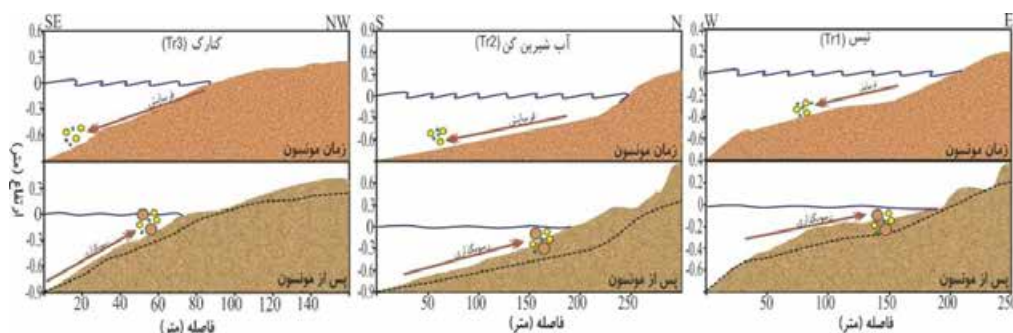
امواج حاصل از این بادهای موسمی جنوب غربی (شکل ۴) در خلیج چابهار موجب فرسایش ساحل در مناطقی می‌گردد که کمتر توسط موانع طبیعی مانند دماغه‌ها محافظت می‌گردند (مانند بخش شرقی و مرکزی خلیج). در نتیجه در فصل تابستان نواحی تیس و آب شیرین کن فرسایش سواحل موجب برداشت اغلب رسوبات دانه ریزتر و حمل آن‌ها به نواحی عمیق تر توسط امواج برگشتی یا موازی ساحل می‌گردد (شکل ۴ و ۵). این فرآیند به نوبه خود منجر به برجای ماندن رسوبات درشت دانه تر در این نواحی نسبت به زمان‌های غیر از مونسون می‌شود. در نواحی عمیق تر دور از ساحل مانند دهانه خلیج اثر این امواج در درشت تر نمودن بافت رسوبی، هرچند کمتر، قابل رویت است (شکل ۳). افزایش میزان ماسه در نمونه‌های تیس و آب شیرین کن در زمان مونسون گواهی بر سازوکار ارائه شده در بالاست.



شکل ۴: نوع امواج و سازوکار توزیع نوع رسوبات خلیج چابهار در زمان مونسون و پس از آن

بر عکس حالت فوق در زمان حاکمیت امواج حاصل از مونسون تابستانه، رسوبات بخش غربی خلیج که در پناه دماغه کنارک واقع شده اند، نه تنها دانه درشت تر نگردیده اند، بلکه میزان رس موجود در آنها افزایش چشمگیری پیدا کرده است. به نظر می‌رسد این بخش از خلیج در زمان مونسون به دلیل قرار گیری در پشت دماغه کنارک کمتر تحت تأثیر امواج قرار گرفته است. مشاهدات میدانی و نیمرخ ساحلی (شکل ۵) نیز نشان می‌دهد در زمان مونسون فرسایش سواحل توسط امواج، موجب شکل گیری پروفایل مقعر در سواحل به خصوص در نواحی تحت اثر امواج (تیس و آب شیرین کن) می‌گردد.

مونسون اقیانوس هند در فصل زمستان با وزش بادهای معکوس (شمال شرقی) با شدت بسیار کمتر از مونسون تابستانه معرفی می‌گردد. تقابل این بادهای غالب اقیانوسی موجب شکل گیری امواج ضعیف ساحلی در زمان پس از مونسون در خلیج چابهار می‌شود. این امواج کم انرژی، همچنان که در شکل ۵ قابل مشاهده است، موجب رسوبگذاری بصورت پشته‌های محدب می‌شود. بازدیدهای میدانی نیز از ایجاد ساختارهای خاکریز مانند در سواحل منطقه پس از مونسون حکایت میکند. این رسوبگذاری‌ها منجر به افزایش میزان سیلت در رسوبات ساحلی و کاهش میانگین قطر ذرات می‌شود که در شکل ۳ قابل رویت است.



شکل ۵: نیمرخ ساحلی برداشت شده در زمان مونسون و پس از آن در سه ترانسکت. پروفایل ساحلی زمان مونسون بصورت خط چین جهت مقایسه بر روی پروفایل پس از مونسون رسم شده است.

۴. نتیجه‌گیری

در منطقه مورد مطالعه تنوع اندازه ذرات (قطر کمتر از ۶۳ میکرون تا بیش از ۲ میلی‌متر) نشان دهنده گستره وسیع انرژی امواج در خلیج در زمان و مکان مختلف است (جدول ۱). رسوبات آواری به همراه پوسته‌های صدفی اجزای اصلی رسوبات ساحلی منطقه را تشکیل می‌دهند. رسوبات آواری حاصل فرسایش واحدهای گل‌سنگی و ماسه‌سنگی اطراف خلیج چابهار و انتقال آنها توسط رودخانه‌های فصلی و باد و همچنین سایش مکانیکی صخره‌های ساحلی توسط امواج، مخصوصاً در فصل مونسون هستند. پس از ته‌نشست در سواحل منطقه، شدت و جهت امواج غالب ساحلی در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، توزیع و پراکنش این رسوبات را در خلیج چابهار کنترل می‌کند. از آنجا که رژیم باد و به تبع آن امواج ساحلی در چابهار شدیداً تابع دو دوره زمانی مونسون و پس از آن است، بنابراین بررسی رسوب‌شناسی و توزیع انواع تیپ‌های رسوبی خلیج در دو محدوده زمانی همزمان با مونسون جنوب غربی و پس از آن بررسی گردید.

منابع

- [1]- Wyrski, K. (1973), Physical oceanography of the Indian Ocean. In: The Biology of the Indian Ocean, (B. Zeitzschel. eds.), Springer-Verlag, New York.
- [2]- Visvanthan, C.; Trankler, J.; Kuruparan, P. and Xiaoning, Q. (2003), Effects of the monsoon conditions on generation and composition of the landfill leachate-lysimeter experiments with various input and design features. CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre: 10, Italy.
- [3]- Daesslé, L. W., et al. (2009), Geochemistry of modern sediments from San Quintín coastal lagoon, Baja California: Implication for provenance: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 26, (1), 117-132.
- [4]- Heiri, O.; Lotter, A. F. and Lemcke, G. (2001), Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of paleolimnology*, Vol. 25, 101-110.
- [5]- Lewis, D. W. and Mc Conchie D. (1994), Analytical sedimentology, Chapman and Hall: 197, London, UK
- [6]- Folk, R. (1968) Petrology of Sedimentary rocks Hemphil Austin. Texas 182p.

شيلات و آبزيان



مروری بر زیستگاه و گونه‌های آرتمیا در ایران

داودآبادی، زهرا

دانشکده دامپزشکی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران
ts.zahra501@gmail.com

چکیده

آرتمیا سخت پوست کوچکی است با ارزش اقتصادی بالا، اهمیت آرتمیا به عنوان پایه و اساس غذای زنده در صنعت آبزی پروری از سال ۱۹۳۰ شناخته شده است و در حال حاضر صنعت تکثیر و پرورش میگو، انواع ماهیان دریایی، زینتی و خاویاری به سیست آرتمیا بستگی دارد. آرتمیا با قابلیت تطابق به زندگی در اکوسیستم‌های آبی شور و به دلیل دارا بودن سازش‌های فیزیولوژیک خاص مانند قابلیت سنتز هموگلوبین، تولید سیست مقاوم، سیستم تنظیم فشار اسمزی در بیش از ۶۰۰ نقطه زمین و ۱۸ زیستگاه در ایران توزیع شده است که پراکندگی آن در ایران شامل دریاچه ارومیه، آبگیرهای اطراف آن، دشت تبریز، دریاچه مهارلو، دریاچه بختگان، دریاچه طشک، دریاچه اینچه، دریاچه شور، آبگیر ورمال، دریاچه میقان، دریاچه نمک، حوض سلطان، نوق رفسنجان، باتلاق گاو خونی، شورابیل، کالشور هشتگرد، کالشور خرم‌آباد و کالشور گناباد می‌باشد. آرتمیا دارای گونه‌های دوجنسی و بکرزا است که در ایران علاوه بر گونه‌های بکرزا از گروه دوجنسی، آرتمیا فرانسیسکانا و ارومیا نایافته شده است. هدف از این مطالعه مروری شناخت گونه‌های بومی و ارایه آخرین چک لیست از گونه‌های آرتمیا در ایران می‌باشد. با شناخت گونه‌های بومی و جلوگیری از انقراض و پرورش آرتمیا، توسعه‌ی روستایی، کاهش نرخ بیکاری و توسعه‌ی کشاورزی در کشور‌های با اقلیم‌های خشک و نیمه خشک نظیر ایران که دارای منابع آبی شور و نیمه شور هستند می‌تواند یکی از دستاوردهای پرورش آرتمیا باشد و نیاز داخلی را نیز تامین کرد.

کلیدواژه: آرتمیا، دوجنسی، بکرزا، زیستگاه، ایران

۱. مقدمه

آرتمیا پالیده‌خواری غیرانتخابی است که به منظور جلوگیری از شکار شدن و پرهیز از رقابت با سایر پالیده‌خواران به دلیل دارا بودن سازش‌های فیزیولوژیک خاص به زندگی در آب‌های شور و بسیار شور سازش یافته است. [۱] اهمیت آرتمیا به عنوان پایه و اساس غذای زنده در صنعت آبزی پروری از سال ۱۹۳۰ شناخته شده است و در حال حاضر صنعت تکثیر و پرورش میگو، انواع ماهیان دریایی، زینتی و خاویاری به سیست آرتمیا بستگی دارد. [۳،۲] در جدیدترین گزارش در سال ۲۰۰۲ وجود ۵۹۸ منطقه جغرافیایی حضور آرتمیا در جهان مشخص می‌کند و به این نکته اشاره می‌کند که مناطق عظیمی از آفریقا و آسیا هنوز مورد بررسی موشکافانه قرار نگرفته‌اند. [۴] تا کنون ۱۸ منطقه مختلف آرتمیا در ایران گزارش شده است. [۷،۵] در راستای بررسی تنوع گونه‌ای آرتمیا، روشهای مختلف مورفومتریک و مولکولی معرفی شده است. پیش از این کارایی ژنوم میتوکندریایی به عنوان گزینه‌ای مناسب جهت بررسی گونه‌زایی و حتی شناسایی جمعیت‌های آرتمیا مورد تأیید قرار گرفته بود. [۹،۸] اخیراً نیز یک روش مولکولی جهت شناسایی سویه بکرزا آرتمیا از سویه دو جنسی آن ارائه گردیده که می‌تواند به سادگی جهت جدا سازی این دو سویه از یکدیگر مورد استفاده قرار گیرد. [۱۰] دو گروه از آرتمیا‌ها تحت عنوان آرتمیای دو جنسی و آرتمیای بکرزا شناخته شده‌اند. تا کنون ۷ گونه از گروه آرتمیای دو جنسی و تعداد زیادی جمعیت بکرزا در دنیا شناسایی شده‌اند که در مناطق جغرافیایی متعدد پراکنده می‌باشند. [۱۱]

۲. مواد و روش‌ها

براساس جمع‌بندی و مرور مطالعات انتشار یافته پژوهشگران، توزیع آرتمیا در مناطق مختلف ایران به شرح ذیل می‌باشد:

دریاچه ارومیه (آذربایجان غربی)

این دریاچه در ۲۱ کیلومتری شرق شهر ارومیه واقع است. وجود آرتمیا در دریاچه ارومیه اولین بار در قرن گذشته توسط Gunther در سال ۱۸۹۹ گزارش شده است. [۱۲] Baratelli و Barigozzi در نتیجه گیری مطالعه خود در سال ۱۹۸۹ پیشنهاد نامگذاری آرتمیا ارومیا را برای این گونه منحصر بفرد ارایه دادند. [۱۳] مطالعات بعدی نشان داد که هر دو جمعیت دو جنسی و تک جنسی در دریاچه ارومیه وجود دارند. [۱۴]

آبگیرهای اطراف دریاچه ارومیه (آذربایجان غربی و شرقی)

آبگیرهای حاشیه‌ای دریاچه با مساحتها و اعماق متغیر و متفاوت وجود دارد که ماده‌های بکرزا در تراکم‌های بسیار بالا و به ندرت نرها ی نادر در این جمعیت‌ها (با نسبت ۱ به ۱۰۰) دیده میشوند. [۱۵] همچنین گزارش‌های دیگری از جمعیت‌های بکرزا در آبگیرهای کوچک اطراف دریاچه ارومیه ارایه شده است. [۱۶، ۱۷، ۱۸]

دریاچه مهارلو (استان فارس)

این دریاچه در ۱۵ کیلومتری شهر شیراز در استان فارس میباشد. در سال ۱۳۷۶ مساحت دریاچه مهارلو ۲۵ هزار هکتار برآورد شد. [۱۹] در این دریاچه فقط جمعیت‌های ماده بکرزا وجود دارند و تولیدمثل تک جنسی در نمونه‌های پرورشی تایید گردید. [۲۰] در سال ۱۳۷۵ گونه دو جنسی جدید آرتمیا در دریاچه مشاهده شد. این جمعیت مهاجم در سال ۲۰۰۸ و پس از آزمایش‌های دقیق ملکولی به عنوان گونه دو جنسی آرتمیا فرانسیسکانا تایید شد. [۲۱]

دریاچه بختگان (استان فارس)

این دریاچه در ۸۰ کیلومتری شرق شیراز واقع شده است و مساحتی حدود ۳۱۲۰ کیلومتر مربع دارد. جمعیت آرتمیا در این دریاچه نیز بکرزا میباشد هر چند در سال ۱۳۷۶ یک مورد نر نادر در این دریاچه مشاهده گردید. [۱۵]

دریاچه طشک (استان فارس)

در نزدیکی دریاچه بختگان، دریاچه طشک وجود دارد. تخم‌گذاری نمونه سیست استحصالی از این دریاچه در طی سال‌های ۷۹ تا ۸۹ مدل تولیدمثلی بکرزایی تک جنسی را تایید نمود. [۲۰] اخیراً در مطالعه‌ای که توسط شفائی و همکاران انجام شد گونه آرتمیا فرانسیسکانا نیز در دریاچه طشک یافت شد و با روش‌های ملکولی به تایید رسید. [۲۲]

دریاچه اینچه (استان گلستان)

این دریاچه در ۴۰ کیلومتری شهر گرگان قرار گرفته است و سطحی حدود ۰/۶ کیلومتر مربع دارد. آرتمیا بکرزا در سال ۱۹۹۲ از این دریاچه گزارش شده است. [۲۳]

دریاچه شور (استان گلستان)

این دریاچه در ۲۰ کیلومتری دریاچه اینچه قرار دارد و ۶۰ کیلومتری شمال گرگان میباشد. سطح آن ۲ کیلومتر مربع می‌باشد. اولین گزارش وجود آرتمیا بکرزا در سال ۱۹۹۲ ارایه گردید. [۲۳]

آبگیر ورمال (استان سیستان و بلوچستان)

این آبگیر در غرب زابل قرار گرفته و با پاکستان هم مرز است. سطح آن بر اساس گزارشات قبلی ۱/۳ تا ۶۰ کیلومتر مربع بوده است نمونه سیست های دریاچه که در آزمایشگاه تخم‌گذاری و پرورش داده شدند ماده های بکرزا بودند. [۲۰]

دریاچه میقان (استان مرکزی)

این دریاچه در ۱۲ کیلومتری شمال شرق شهراراک، با مساحتی حدود ۱۱۲ کیلومتر مربع در زمان پر آبی قرارداد. تراکم جمعیت آرتمیا بکرزا در آن کم و هیچ گونه نر نادر در آن مشاهده نشده است. نمونه سیست تخم‌گذاری شده در آزمایشگاه منجر به تولید ناپلیوس هایی شدند که در بلوغ همگی ماده بکرزا بودند. [۲۰]

دریاچه نمک قم و حوض سلطان (استان قم)

دریاچه نمک دریاچه بزرگی است در منطقه شمال شرق کاشان و جنوب شرق تهران با مساحت ۲۴۰۰ کیلومتر مربع، و حوض سلطان نیز در مجاورت آن که در تابستان همیشه خشک میشود. در هر دو این دریاچه ها و آبگیرهای کوچک اطراف آنها فقط ماده های بکرزا مشاهده گردید و مطالعات آزمایشگاهی نیز موضوع را تایید نمود. [۲۰]

دریاچه گاوخونی (استان اصفهان)

این دریاچه در ۱۴۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان قرار دارد. دریاچه گاوخونی در وسط منطقه ای با همین نام با وسعتی حدود ۲۸۰۰ کیلومتر مربع جای دارد. تنها ماده های بکرزا در این دریاچه مشاهده شدند که تاییدیه آزمایشگاهی را به همراه دارند. [۲۰]

کالشور گناباد (استان خراسان)

رودخانه های شور کوچک و کم حجمی وجود دارند که به نام کال شور خوانده می شوند در استان خراسان کالشور گناباد به دلیل حجم بیشتر آب مورد توجه قرار گرفته و حتی در فصول گرم و خشک نیز آب دارد. در این کال شور نیز بدون رویت نر نادر همه نمونه ها ماده بکرزا بود. [۲۰]

کالشور خرم آباد (استان لرستان)

شرایط این کالشور و آرتمیای موجود در آن نیز کاملاً شبیه به کالشور گناباد میباشد. [۲۰]

آبگیر نوق رفسنجان (استان کرمان)

این آب گیر با وسعت ۴۰ کیلومتر مربع در حقیقت از شکلگیری یک آببندی که بر روی یک رودخانه شور بسته شده بوجود آمده است که محل آن در ۴۰ کیلومتری نوق رفسنجان می باشد. در ابتدا جمعیت بکرزا آرتمیا در این آبگیر وجود داشته ولی با معرفی ناپلیوس، آرتمیا فرانسيسکنا توسط بخش خصوصی در سال ۱۳۷۴ تا مدت ها محلی برای استحصال سیست آرتمیا فرانسيسکنا بوده است که عملاً از سال ۱۳۷۸ روند کاهشی تولید و توقف تولید را داشته است. [۱۵]

دریاچه شورابیل (استان اردبیل)

این دریاچه در جنوب شهر اردبیل قرار دارد. متوسط سطح آن ۶۴ هکتار است. تا سال ۱۹۹۵ تراکم ۶۵ آرتمیا در هر لیتر به عنوان حداکثر تراکم در تیر ماه و حداقل تراکم ۲ آرتمیا در لیتر در ماه مهر به دست آمده است. شوری آب بین ۶۰-۷۰ گرم در لیتر بوده است. [۲۴] ولی بعد از آن با وارد نمودن آب شیرین به دست انسان و به منظور استفاده های کشاورزی و غیره رفته رفته آرتمیا از آن دریاچه حذف گردید. [۱۵]

کالشور هشتگرد (استان تهران)

رودخانه شوری در چند کیلومتری شهر هشتگرد که فقط دارای آرتمیا بکرزا میباشد. [۲۰]

انواع جمعیت های بکرزا

در مطالعات انجام شده در بررسی جمعیت بکرزا ایران با استفاده از تکنیک های ملکولی میتوان آن هارا به پنج جمعیت جدا شامل جمعیت حوض سلطان، جمعیت میقان اراک، جمعیت مهارلو، جمعیت بختگان، جمعیت اینچه برون تقسیم بندی کرد.[۲۵]

۳. نتیجه گیری

پراکندگی سریع آرتمیا در اقصی نقاط زمین، کشف مناطق جدید به واسطه توسعه تحقیقات علمی و همچنین انقراض آرتمیا در برخی مناطق دلیل تغییر لیست پراکندگی آرتمیا می باشد (مانند منطقه لیمینگتن انگلستان و دریاچه شورابیل ایران).[۲۶] در نهایت شناخت و تکمیل اطلاعات مربوط به گونه های بومی آرتمیا در ایران به تلاش بیشتری توسط پژوهشگران نیازمند است و تکمیل این اطلاعات و جنبه های مختلف آن نظیر پرورش و تامین نیاز داخلی کشور، علاوه بر روش های مرفولوژیک، نیازمند استفاده از انواع روشهای سلولی و مولکولی و ژنتیکی می باشد.

منابع

- [1]- Browne R, (1992). Population genetics and ecology of *Artemia*: Insights into parthenogenetic reproduction. Elsevier Science Publishers Ltd. Trends in Ecology and Evolution 7, 232-237.
- [2]- Abatzopoulos, T.j.; Amat, F.; Baxevanis, A.D.; Belomonte, G.; Hontoria, F.; Maniasti, S.; Moscatello, S.; Mura, G. and Shadrin, N.V., (2009). Updating Geographic distribution of *Artemia urmiana* GUNTER, 1890 (Branhiopoda: Anostraca) in Europe: An integrated and interdisciplinary approach. International Review of Hydrobiology. Vol. 4, No. 5, pp: 560- 576.
- [3]- Agh, N.; Van Stappaen, P.; Bossehri, V.; Lotfi, S.M.; Razawi Rouhani, D. and Sorgeloos, P., (2008). Effects of salinity on survival, growth, reproduction and life span characteristics of *Artemia* population from Urmia Lake and neighboring lagoons. Pakistan Journal of Biological sciences. Vol. 11, No. 2, PP: 164-172.
- [4]- Van Stappen, G., (2002). Zoogeography. In *Artemia*, basic and applied biology (ed. Th.J. Abatzopoulos et al.), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 171-224.
- [5]- Abatzopoulos TJ, Agh N, Van Stappen G, Razavi Rouhani SM and Sorgeloos P, (2006). *Artemia* sites in Iran. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 86, 299-307.
- [6]- Agh N, (2007). Characterization of *Artemia* population from Iran. PhD thesis. Ghent University, Belgium, P 8-16.
- [7]- Asem A, Atashbar B, Rastegar-Pouyani N and Agh N, (2009). Zoology in the middle east 47, 1-4.
- [8]- Avise JC, (2000). Phylogeography: The History and Formation of Species. Harvard University Press, Cambridge, MA, 447 pp.
- [9]- Bossier P, Xiaomei W, Catania F, Dooms F, Van Stappen G, Naessens E and Sorgeloos P, (2004). An RFLP database for authentication of commercial cyst samples of the brine shrimp *Artemia spp.* (International Study on *Artemia* LXX). Aquaculture 231, 93-112.

[10]- Manaffar R, Zare S, Agh N, Abdolazadeh N, Soltanian S, Sorgeloos P, Bossier P and Van Stappen G, (2011). SNP detection in Na/K ATP-ase gene $\alpha 1$ subunit of bisexual and parthenogenetic *Artemia* strains by RFLP screening. *Molecular Ecology Resources* 11, 211-214.

[11]- Asem, A., Rastegar-Pouyani, N. and De Los Rios, P., (2010). The genus *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Branchiopoda): true and false taxonomical descriptions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38: 501-506.

[12]- Gunther, R.T., (1899). Contributions to the geography of Lake Urmia and its neighbourhood. *The Geographical Journal*, 14, 504-523.

[13]- Barigozzi, C., Baratelli, L., (1989). The problem of *Artemia urmiana*. *Artemia Newsletter*, 14, 14p.

Browne, R.A., Bowen, S.T., (1991). Taxonomy and population genetics of *Artemia*. In *Artemia biology* (ed. R.A. Browne et al.), Boca Raton: CRC Press, 221-235.

[۱۴] - حافظیه، م.، (۱۳۸۱). آرتمیا میگوی آب شور. موسسه تحقیقات شیلات ایران، مدیریت اطلاعات علمی. ۲۱۴ صفحه.

[15]- Azari Takami, G., (1989). Two strains of *Artemia* in Urmia lake (Iran), *Artemia newsletter*, 13, 5p.

[16]- Agh, N., Noori, F., (1997). Introduction of a parthenogenetic population of *Artemia* from lagoons around Urmia Lake and its morphological comparison with *Artemia urmiana*. In *Proceedings of the First Iranian Congress of Zoology*, University of Teacher Education, 17-18 September. 1997 (ed. T. Moellem), Tehran.

[17]- Agh, N., (2002). Co-existence of bisexual and parthenogenetic *Artemia* populations in Lake Urmia. In *Abstracts of China regional workshop on Artemia*, Salt Research Institute, Beijing, 23-26 September 2002. *Artemia Biodiversity*, 24-25.

[۱۸] - حافظیه، م.، ایزدی، غ.، عبدی، م.، (۱۳۷۶). بررسی تراکم و بیولوژی آرتمیا دریاچه مهارلو. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی - مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان فارس - معاونت تحقیقاتی موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۹۸ صفحه.

[۱۹] - حافظیه، م.، شریفیان، م.، حسین پور، ح. (۱۳۹۴). مقایسه زیست سنجی سیست و ناپلیوس آرتمیاهای ایران، نشریه توسعه آبزی پروری، ۹(۱): ۲۴-۱۱

[20]- Manaffar, R., Falahati, A., Moshtagiyan, A., Mosavi, S.M., Atashbar, B. and Asem A. (2008) First report for existence of *Artemia franciscana* coexistence with endemic parthenogenetic *Artemia* population in inside of the Lake Maharlu, Iran. *Conference of world aquaculture*. Bussan, Korea.

[۲۱] - شفائی سپیده، زارع صمد، مناف فر رامین، فلاحتی، آ. (۱۳۹۱). گزارش وجود آرتمیا *Artemia franciscana*, Kellogg 1906 در دریاچه طشک، ایران، ۶۵(۳): ۳۹۳-۴۰۱

[22]- Makhdomi, N.M., (1992). Survey on *Artemia* distribution from Gonbad region at Golestan Province. *Research Report*, Fishery Company of Iran, Gorgan, 45 p.

- [23]- Ahmadi, M.R., (1987). First report of *Artemia* occurrence in Shurabil Lake (Iran). In *Artemia*, research and its applications. Vol. 3. Ecology, culturing, use in aquaculture (ed. P. Sorgeloos et al.), 143 p. Wetteren: Universa Press.
- [24]- Hajirostamloo M (2009). Genetic differentiation of *Artemia* Parthenogenetica from various ecological population of Iran. *Journal of World Academy of Science* 49: 154-160.
- [25]- Van Stappen, G., (2008). *Artemia* biodiversity in Central and Eastern Asia. Ph.D. Thesis. University of Ghent, Ghent, Belgium, P 1-179.

مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی اقیانوس‌شناسی غرب آسیا
۸ و ۹ آبان‌ماه ۱۳۹۶ (ایران - تهران)



بررسی اثر منیزیم جیره غذایی بر رشد و ترکیب شیمیایی عضله (*Barbus grypus*)

رومیانی، لاله^{۱*}، باوی، امل^۲، اسلامی زاده، حسین^۲

۱- استادیار گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
l.roomiani@yahoo.com

چکیده

هدف از انجام این مطالعه بررسی اثرات سطوح مختلف منیزیم جیره غذایی بر روی رشد و ترکیب شیمیایی ماهی شیریت (*Barbus grypus*) بود. برای انجام این تحقیق ۴ تیمار شامل: ۱- شاهد (بدون منیزیم)، ۲- ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم منیزیم، ۳- ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم منیزیم و ۴- ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم منیزیم به مدت ۶۰ روز در مرکز تحقیقات تکثیر و پرورش آبزیان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که منیزیم سبب بهبود شاخص وزن در سه تیمار تغذیه شده با منیزیم شد که دارای اختلاف معنی‌دار با شاهد بودند ($p < 0/05$). نتایج ترکیب شیمیایی نشان از آن داشت که بالاترین درصد رطوبت مربوط به تیمار شاهد و کمترین درصد آن به تیمار ۴ تعلق داشت. بالاترین درصد چربی در تیمار ۳ مشاهده شد. افزایش منیزیم باعث کاهش پروتئین گردید که در مقایسه با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p < 0/05$). میزان خاکستر نیز در تیمار ۴ بیشترین مقدار را داشت. بهترین کارکرد در بالاترین سطح منیزیم مشاهده نشد و تیمار ۲ و ۳ با ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم منیزیم کارکرد بهتری در مقایسه با تیمار ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم منیزیم داشتند.

کلیدواژه: منیزیم، جیره غذایی، رشد، ترکیب شیمیایی، ماهی شیریت

۱. مقدمه

عناصر کمیاب در مقایسه با مواد معدنی اصلی به میزان کمتری مورد نیاز بدن هستند. این عناصر از طریق مصرف غذاهای مختلف جذب بدن شده و ذخیره می‌گردند. فعالیت متابولیک بدن بستگی به وجود عناصر کمیاب دارد. در واقع این عناصر باعث فعالیت آنزیم‌ها می‌شوند. اگر مواد معدنی کمیاب به میزان کافی در دسترس نباشند باعث عدم تشکیل آنزیم‌ها و در نتیجه عدم ایجاد واکنش‌های شیمیایی خواهند شد [۱]. به عنوان یک ماده ضروری، منیزیم نقش مهمی را در متابولیسم طبیعی چربی، پروتئین و کربوهیدرات‌ها بازی می‌کند و به عنوان یک کوفاکتور در تعداد زیادی از واکنش‌های آنزیمی و متابولیکی سهمیم است [۲]. کمبود منیزیم در جیره غذایی سبب اثرات منفی در ماهیان می‌شود مانند بی‌اشتهایی، لاغری و انحنای مهره‌ها. مطالعات مختلف در ماهیان آب شیرین ثابت کردند که ۱/۲ تا ۱۳ گرم بر کیلوگرم منیزیم در جیره غذایی ماهیان مختلف لازم است [۳]. بنابراین هدف از انجام این تحقیق تاثیر منیزیم جیره بر رشد و ترکیب لاشه ماهی شیریت، که تاکنون هیچ مطالعه‌ای بر روی این ماهی انجام نشده است، می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرکز تحقیقات تکثیر و پرورش آبزیان دانشگاه آزاد اسلامی اهواز در بهار ۱۳۹۶ به مدت ۶۰ روز انجام شد. تعداد ۳۶۰ ماهی با وزن اولیه $150 \pm 1/20$ گرم از شرکت آبری واقع در شهرستان دزفول تهیه و به مرکز فوق ارسال گردید. در مرکز ماهیان به تانک‌های ۳۰۰

لیتری منتقل و با تیمارهای ۱: شاهد، ۲: ۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم، ۳: ۱ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم و ۴: ۲ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم به اندازه ۳ درصد وزن بدن تغذیه شدند. فاکتورهای مورد نظر برای سنجش رشد شامل: افزایش وزن بدن (فرمول ۱)، شاخص وضعیت (فرمول ۲)، ضریب تبدیل غذایی (فرمول ۳)، ضریب رشد ویژه (فرمول ۴) و درصد افزایش وزن بدن (فرمول ۵) [۴] بودند.

$$WG=W2-W1 \quad (1)$$

$$CF=(W/L^3) \times 100 \quad (2)$$

$$FCR= \text{Cumulative feed delivered (g)/ Fish biomass gain (g)} \quad (3)$$

$$SGR= [\ln W2 (g)-\ln W1 (g)] / \times 100/ \text{days} \quad (4)$$

$$WG\%=[(W2-W1)/ W1] \times 100 \quad (5)$$

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی بدن شامل: میزان پروتئین [۵]، چربی [۵]، رطوبت [۵] و خاکستر [۵] بود.

۳. نتایج

نتایج بیومتری ماهیان شیرت نشان داد (جدول ۱) که اختلاف وزنی بین تیمارها در طول دوره آزمایش مشاهده نشد ($p>0.05$) و بیشترین میزان وزن در تیمار ۴ به دست آمد ($127 \pm 5/11$ گرم).

جدول ۱: مقایسه نتایج زیست سنجی ماهی شیرت در تیمارهای مورد بررسی

تیمار ۱ (بدون منیزیم)	تیمار ۲ (۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)	تیمار ۳ (۱ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)	تیمار ۴ (۲ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)
وزن (گرم)	$123/63 \pm 5/07^a$	$156/86 \pm 15/66^b$	$157 \pm 13/42^b$
طول کل (سانتی متر)	$26/00 \pm 1/80^a$	$27/20 \pm 1/57^a$	$27/77 \pm 1/88^a$
طول استاندارد (سانتی متر)	$23/00 \pm 0/13^a$	$23/00 \pm 0/66^a$	$23/22 \pm 1/01^a$
طول چنگالی (سانتی متر)	$24/16 \pm 0/36^a$	$25/70 \pm 0/13^b$	$24/65 \pm 0/47^a$

جدول ۲: مقایسه نتایج پارامترهای رشد ماهی شیرت در تیمارهای مورد بررسی

تیمار ۱ (بدون منیزیم)	تیمار ۲ (۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)	تیمار ۳ (۱ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)	تیمار ۴ (۲ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)
افزایش وزن بدن (گرم)	$13/60 \pm 2/34^a$	$47/20 \pm 5/15^b$	$14/00 \pm 4/11^a$
شاخص وضعیت	$0/70 \pm 0/01^a$	$0/77 \pm 0/02^b$	$0/66 \pm 0/03^a$
ضریب تبدیل غذایی	$4/00 \pm 0/10^a$	$2/16 \pm 0/20^b$	$3/12 \pm 0/10^c$
ضریب رشد ویژه (درصد/روز)	$0/17 \pm 0/03^a$	$0/46 \pm 0/01^b$	$0/15 \pm 0/02^a$
درصد افزایش وزن بدن	$14/16 \pm 0/36^a$	$44/66 \pm 0/33^b$	$13/00 \pm 0/88^a$

نتایج نشان داد که افزایش وزن در تیمار شاهد و تیمار ۴ اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>0.05$). تیمار ۲ و ۳ با تیمار ۴ و شاهد تفاوت معنی‌دار آماری داشتند ($p<0.05$). بالاترین مقدار افزایش وزن در تیمار ۲ ولی بدون اختلاف با تیمار ۳ و کم‌ترین در تیمار شاهد بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ۴ مشاهده گردید (جدول ۲).

جدول ۳: مقایسه نتایج ترکیبات شیمیایی عضله ماهی شیرت در تیمارهای مورد بررسی

تیمار ۱ (بدون منیزیم)	تیمار ۲ (۰/۵ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)	تیمار ۳ (۱ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)	تیمار ۴ (۲ میلی گرم بر کیلوگرم منیزیم)
رطوبت (درصد)	$70/60 \pm 0/31^c$	$66/20 \pm 0/14^a$	$65/00 \pm 0/33^b$
چربی کل (درصد)	$4/70 \pm 0/01^a$	$5/77 \pm 0/12^b$	$7/00 \pm 0/14^d$
پروتئین (درصد)	$23/40 \pm 0/11^a$	$23/66 \pm 0/23^a$	$21/12 \pm 0/70^b$
کربوهیدرات (درصد)	$0/27 \pm 0/01^a$	$5/55 \pm 0/12^b$	$5/65 \pm 0/24^b$
خاکستر (درصد)	$1/18 \pm 0/01^a$	$1/66 \pm 0/02^a$	$1/70 \pm 0/08^b$
منیزیم (ppb)	$200 \pm 4/00^a$	$214 \pm 3/12^b$	$232 \pm 2/20^c$

نتایج نشان داد که افزودن منیزیم تاثیر منفی بر روی رطوبت داشته و از این رو بالاترین درصد رطوبت در تیمار ۱ (شاهد) با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها اندازه‌گیری شد. پروتئین در تیمار ۱ (شاهد) و ۲ در مقایسه با تیمارهای ۳ و ۴ با اختلاف معنی‌دار مقدار بالاتری را نشان داد ($p < 0.05$). خاکستر عضله در تیمار ۴ با تیمار ۱ (شاهد) اختلاف معنی‌دار داشته ($p < 0.05$) و مقدار بالاتری را نشان داد (جدول ۳).

۴. نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که عنصر منیزیم توانست بر روی فاکتورهای وزن در سه تیمار تغذیه شده با منیزیم تاثیر بگذارد. شاخص‌های رشد در تیمار ۲ و ۳ در مقایسه با تیمار ۴ و شاهد آماری داشت ولی شاهد با تیمار ۴ اختلاف معنی‌دار نداشت. افزودن منیزیم در دو تیمار ۱ و ۲ سبب بهبود شاخص‌های رشد مانند افزایش وزن بدن، شاخص وضعیت، ضریب تبدیل غذایی، درصد افزایش وزن و ضریب رشد ویژه شد. وجود منیزیم در جیره غذایی ماهی سی باس ژاپنی توانست تاثیر مثبت بر روی ضریب رشد ویژه و درصد افزایش وزن بدن داشته باشد [۶]. آنها گزارش کردند که ماهی فوق به منیزیم در جیره نیاز دارد چون نمی‌تواند آن را از آب پرورش جذب کند. ایتیمم سطحی که ماهی قزل آلا می‌تواند منیزیم را از آب جذب کند ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر است. منیزیم نقش مهمی در متابولیسم چربی، کربوهیدرات و پروتئین‌ها دارد و به عنوان کوفاکتور در مسیر بسیاری از آنزیم‌ها فعالیت می‌کند [۷]. ثابت شده است منیزیم در حفظ تنظیم یونی ماهیان آب شیرین مهم است. پس منیزیوم برای رشد و فیزیولوژی ماهیان پرورشی در آب شیرین لازم است [۸]. در این مطالعه منیزیم سبب بهبود رشد و کارایی غذای ماهی شیرین شد، که می‌تواند به دلیل عملکرد ضعیف آن در مصرف مواد مغذی در تنظیم اسمزی باشد [۹].

در مجموع نتایج این پژوهش تاثیر مثبت منیزیم را بر روی وزن و شاخص‌های رشد نشان داد. منیزیم سبب افزایش میزان چربی، کربوهیدرات و خاکستر شد اما بر روی پروتئین تاثیر منفی داشت. بهترین کارکرد در بالاترین سطح منیزیم مشاهده نشد و تیمار ۲ و ۳ با ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم منیزیم کارکرد بهتری در مقایسه با تیمار ۴ با ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم داشتند.

منابع

- [1]- McCord, J.M., Fridovich, I. (1969), Superoxide dismutase: an enzymatic function for erythrocuprein (hemocuprein). *J. Biology Chemidtry*, Vol. 244, 6049–6055.
- [2]- Tam, M., Gomez, S., Gonzalez-Gross, M., Marcos, A. (2003), Possible roles of magnesium on the immune system. *European Journal of Cilinic Nutrition*, Vol. 57, 1193–1197.
- [3]- Regan, R.F., Jasper, E., Guo, Y., Panter, S.S. (1998), The effect of magnesium on oxidative neuronal injury in vitro. *Journal of Neurochemistry*, Vol. 70, 77–85.
- [4]- Li, M., Chen, L., Qin, J.G., Li, E., Yu, N., Du, Z. (2013), Growth performance, antioxidant status and immune response in darkbarbel catfish *Pelteobagrus vachelli* fed different PUFA/vitamin E dietary levels and exposed to high or low ammonia. *Journal of Aquaculture*, Vol. 406–407, 18–27.
- [5]- AOAC. (2005). Official methods of analysis of AOAC international (16th edition). Washington, D.C :AOAC, USA.
- [6]- Zhang, C.X., Huang, F., Li, J., Wang, L., Song, K., Mai, K.S. (2016), Interactive effects of dietary magnesium and vitamin E on growth performance, body composition, blood parameters and antioxidant status in Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) fed oxidized oil. *Journal of Aquaculture nutrition*, Vol. 22, 708-722.

- [7]- Ogino, C., Takashima, F., Chiou, J.Y. (1978), Requirement of rainbow trout for dietary magnesium. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, Vol. 44, 1105–1108.
- [8]- Shearer, K.D. (1989), Whole body magnesium concentration as an indicator of magnesium status in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of Aquaculture, Vol. 77, 201–210.
- [9]- Liang, J.J., Tian, L.X., Liu, Y.J., Yang, H.J., Liang, G.Y. (2012), Dietary magnesium requirement and effects on growth and tissue magnesium content of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Journal of Aquaculture Nutrition, Vol. 8, 56–64.



اثرات استفاده از جیره های حاوی بتاگلوکان استخراج شده از مخمر *Saccharomyces cerevisiae* بر میزان کورتیزول و گلوکز بچه ماهیان سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) تحت تنش حمل و نقل

باوی، زینب^{۱*}، محمود نفیسی بهابادی، محمود^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبیان، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

zibshalon@gmail.com

چکیده

در این پژوهش اثر استفاده از بتاگلوکان استخراج شده از مخمر ساکارومایسیس سرویزیا بانام تجاری ماکروگارد بر میزان هورمون کورتیزول و گلوکز خون بچه ماهیان سی باس آسیایی تحت تنش حمل و نقل مورد بررسی قرار گرفت. ماهیان سی باس آسیایی با وزن متوسط $34 \pm 4/5$ گرم به مدت ۳۰ روز تحت سه تیمار از جیره های حاوی صفر، ۱٪ و ۲٪ ماکروگارد تغذیه شدند. سپس شاخص های تنش، کورتیزول و گلوکز خون در ماهی های سی باس آسیایی در زمان صفر و ۲۴ ساعت پس از حمل و نقل، مورد بررسی قرار گرفت. نمونه های سرم خون ماهیان تغذیه شده با جیره های حاوی ۲٪ درصد ماکروگارد، از نظر میزان هورمون کورتیزول و میزان گلوکز نسبت به گروه شاهد و تیمار ۱٪ ماکروگارد، هم در زمان صفر و هم در زمان ۲۴ ساعت پس از حمل و نقل اختلاف معنی داری را در سطح ۵ درصد نشان داد. در ارتباط با میزان هورمون کورتیزول، بین تیمارهای حاوی درصدهای مختلف ماکروگارد اختلاف معنی دار مشاهده نشد ($P < 0/05$).

کلید واژه: بتاگلوکان، حمل و نقل، کورتیزول، گلوکز، ماهی سی باس

۱. مقدمه

در پرورش مترکام، موجودات آبی همواره در معرض شرایط تنش زایی قرار دارند که موجب سرکوب سیستم ایمنی بدن، ایجاد بیماری و متعاقباً ضررهای اقتصادی می گردد [۱]. بررسی ها نشان می دهد که ازدحام جمعیت یکی از عوامل تنش زای رایج در آبی پروری است، که بر ماهی اثر می گذارد [۲، ۳]، و ماهی در تلاش برای جبران آن دستخوش یک سری تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک می گردد و از این طریق با تنش مقابله می کند. روش کنترل عصبی و هومورال مورد استفاده در ماهی بر ای مقابله با واکنش های تنش شامل فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک و نواحی ترشحی بخش فوقانی کلیه است، که هورمون های تنش، اپی نفرین و کورتیزول را ترشح می کنند [۴]. تنش به هم خوردن هموستازی بدن تحت تأثیر محرک خارجی تعریف شده است و اولین مرحله پاسخ جانور به تنش تغییر در سیستم غدد درون ریز است [۵]. وقتی ماهی را حمل می کنیم در واقع محیط را محدود کرده و در نتیجه ی تنش وارد شده به، ماهی به منظور حفظ بازماندگی و تنظیم هموستازی، یک سری تغییرات بیوشیمیایی در بدن انجام می دهد [۶]. استفاده از محرک های ایمنی جهت تحریک مکانیسم دفاعی نیز یکی از راه های بسیار امیدوار کننده در کنترل بیماری ها در آبی پروری است، که به عنوان جایگزینی امید بخش برای درمان های شیمیایی و واکسن ها می باشد [۷، ۸]. از این رو، در این تحقیق از فراورده ی پروبیوتیکی ماکروگارد استفاده شد تا اثرات این ماده بر فاکتور های است. سلامت ماهیان. س. باس. بررسی گردد.

۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش که به منظور بررسی اثر استفاده از بتاگلوکان استخراج شده از مخمر ساکارومایسیس سرویزیا بانام تجاری ماکروگارد بر میزان هورمون کورتیزول و گلوکز خون بچه ماهیان سی باس آسیایی تحت تنش حمل و نقل طراحی شده بود، ماهی سی باس آسیایی با وزن متوسط $34 \pm 4/5$ گرم به مدت ۳۰ روز تحت سه تیمار از جیره های حاوی صفر، ۱٪ و ۲٪ ماکروگارد در حد سیری و در دو نوبت تغذیه شدند. جهت تهیه پلت حاوی بتاگلوکان از روش واچ و همکاران در سال ۲۰۰۶ استفاده شد [۹]. در این روش به ازای هر کیلوگرم غذا، سوسپانسیونی از یک گرم بتاگلوکان با ۳۲ میلی‌لیتر روغن ماهی تهیه و به غذا اسپری شد تا غذا را پوشش دهد. در بخش دوم آزمایش، به منظور شبیه سازی حمل و نقل ۹ مخزن پلاستیکی با حجم آبگیری ۱۰ لیتر تهیه شد. با آماده سازی مخازن و ایجاد شرایط حمل و نقل، سعی شد تا حداکثر شرایط شبیه سازی اصولی حمل و نقل ماهی سی باس مهیا شود. هورمون کورتیزول و گلوکز خون به عنوان شاخص‌های خونی تنش در زمان های صفر و ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش اندازه گیری شد. هورمون کورتیزول به روش RIA، با استفاده از دستگاه گاما کانتر LKB و گلوکز پلاسما خون از روش آنزیماتیک GOD – POD رنگ سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر بر حسب واحد میلی گرم در دسی لیتر سنجش گردید.

۳. نتایج

نمونه‌های پلاسما خون ماهیان تغذیه شده با جیره های حاوی ۲٪ درصد ماکروگارد (جدول ۱)، از نظر میزان هورمون کورتیزول و میزان گلوکز نسبت به گروه شاهد و تیمار ۱٪ ماکروگارد هم در زمان صفر و هم در زمان ۲۴ ساعت پس از حمل و نقل اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نشان داد. در ارتباط با میزان هورمون کورتیزول بین تیمارهای حاوی درصد‌های مختلف ماکروگارد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد ($P < 0/05$).

جدول ۱: مقایسه میانگین شاخص های تنش در بچه ماهیان سی باس آسیایی تحت تغذیه با جیره های حاوی مقادیر مختلف از بتاگلوکان استخراج شده از مخمر پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه با نام تجاری ماکروگارد در زمان صفر و ۲۴ ساعت پس از حمل و نقل (n=3)(mean±S.D.)

تیمار	شاهد	(۱درصد ماکروگارد)	(۲ درصد ماکروگارد)
در زمان صفر			
کورتیزول (nmol/l)	$6/16 \pm 0/06^a$	$5/46 \pm 0/32^b$	$5/2 \pm 0/27^b$
گلوکز (mg/dl)	$63/91 \pm 0/26^a$	$62/24 \pm 0/64^b$	$58/86 \pm 0/36^c$
۲۴ ساعت پس از حمل و نقل			
کورتیزول (nmol/l)	$10/40 \pm 0/09^a$	$9/69 \pm 0/06^b$	$9/59 \pm 0/06^b$
گلوکز (mg/dl)	$85/80 \pm 0/37^a$	$79/04 \pm 0/64^b$	$77/46 \pm 0/52^c$
بازماندگی (%)	$94/66^b$	$99/33^a$	$99/66^a$

داده های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ می باشند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

شیوه های آبی پروری که مستلزم تولید متراکم محصولات در زمان کوتاهتر هستند، باعث ایجاد استرس در گونه های پرورشی می شود. برای مثال استرس مزمن در ماهی گورخری باعث کاهش کلی سنتز پروتئین می گردد [۱۰]. بر همین اساس کاربرد مواد پروبیوتیکی و محرک های ایمنی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از اولین گزارشات در این مورد، مطالعه ی مکمل های لاکتوباسیل در غذای ماهیان سی باس اروپایی است. نتایج نشان داد که سطح کورتیزول ماهی تحت تیمار های پروبیوتیکی ($3/6 \pm 0/36$) به طور قابل توجه ایی پایین تر از گروه شاهد ($5/1 \pm 0/47$) است [۱۱]. آزمایش تنش حرارتی به منظور سنجش LC50 در حضور و یا عدم حضور مکمل های تجاری پری بیوتیک حاصل از ساکارومایسیس سرویزیا در ماهی فلوندر ژاپنی *Paralichthys olivaceus* نشان داد که ماهی های تیماری پری بیوتیکی تحمل بالاتری در مقابل تنش حرارتی دارند. سطوح لاکتات و گلوکز پلاسما به عنوان پاسخ ثانویه در طول دوره ی تنش به منظور پوشش دهی نیازهای بالای انرژی ناشی از وضعیت تنش را افزایش می یابند، و به عنوان شاخص های تنش در نظر گرفته می شوند. بر همین اساس میزان گلیکوژن و تری گلیسرید ذخیره شده در کبد، تحت تیمار های مواد پروبیوتیکی کاهش می یابد [۱۲]. در آبی پروری شیوه های درک چگونگی پاسخ های تنشی ماهی به منظور

جلوگیری از مشکلات مربوط به آن و همچنین بهبود کیفیت ماهی و بهینه سازی تولید ضروری است. البته پاسخ به تنش به خودی خود به شدت و طول مدت تنش بستگی دارد [۱۳]. تنش حاد در ماهیان باعث افزایش سطوح کورتیکوستروئیدها می‌شود [۱۴، ۱۵]. گلوکز خون نیز متغیرترین پارامتری است که به میزان بسیار زیادی تحت تأثیر تنش دستکاری و حمل، تنش محیطی، تغییرات فصلی، وضعیت تغذیه ای و بلوغ جنسی قرار دارد [۱۶]. افزایش شاخص های تنش در این پژوهش بروز یک تنش حاد در ماهیان را به دنبال شبیه سازی شرایط حمل و نقل به خوبی نشان می‌دهد. به طور کلی پاسخ کورتیزول گذراست و زمان مورد نیاز برای سطوح در حال گردش آن در حالت طبیعی به شدت عوامل تنش زا وابسته است [۱۷]. محرک‌های ایمنی در آبزیان تأثیر بیشتری بر سیستم ایمنی ماهی در مقایسه با حیوانات خونگرم دارند و در سال‌های اخیر گرایش به استفاده از محرک‌های ایمنی توسعه زیادی یافته است [۱۸، ۱۹]. به همین دلیل استفاده از محرک‌های ایمنی در آبزیان جایگاه مناسب‌تری دارند. از طرفی ماهی‌ها به علت قرار گرفتن در سطوح پایین تکاملی نسبت به حیوانات خونگرم، دارای سیستم ایمنی ساده‌تر و ابتدایی‌تری هستند لذا ایمنی اختصاصی در حیوانات خون سرد به ویژه ماهی‌ها توسعه کمی یافته و بیشتر بازوی ایمنی غیر اختصاصی وظیفه دفاعی را به عهده گرفته است [۱۹، ۲۰]. این وضعیت ویژه باعث اهمیت خاص محرک‌های ایمنی که باعث تحریک ایمنی غیر اختصاصی می‌گردند، در ماهی شده است. به طوری که حتی برای افزایش کارایی واکسن‌ها، باید در کنار استفاده از واکسن‌ها از محرک‌های ایمنی غیر اختصاصی نیز استفاده نمود [۲۱، ۲۲]. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در شرایطی مثل حمل و نقل، تغییرات درجه حرارت و یا دستکاری های زمان پرورش، استفاده از مواد پروبیوتیکی می‌تواند میزان تولید را افزایش دهد.

نتیجه‌گیری: در این پژوهش افزایش کمتر پارامتر های تنش (گلوکز و کورتیزول) در تیمار های حاوی محرک ایمنی، نشان دهنده عملکرد مطلوب ماکروگارد در کاهش شرایط تنش زا در ماهیان است. محرک های ایمنی با اثراتی که می‌توانند روی سیستم ایمنی بدن ایجاد کنند باعث مقاومت بیشتر آبزیان شده و تحت شرایط نامناسب محیطی که ممکن است با تنش های خاصی همچون تنش های شیمیایی، فیزیکی و عفونی همراه باشد مؤثر واقع شده و در نهایت افزایش و بازده تولید را در پی داشته باشند.

منابع

- [۱]- رحمتی اندانی، ح. تو کمه چی، آ. مشکینی، س و ابراهیمی، ه. ۱۳۹۰. افزایش مقاومت ماهی قزل آلا ی رنگین کمان در برابر عفونت با آنروموناس هیدرو فیلا و یرسینا روکری با استفاده از لاکتو باسیلوس های جدا شده از روده ماهی کپور معمولی. مجله دامپزشکی ایران. دوره هفتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰.
- [2]- Iwama, G. and Nakanishi, T. 1996. The fish immune system. Academic Press, London. Chapter 3: innate Immunity in fish, pp: 73-114.
- [3]- Pickering A.D. and Pottinger T.G. (1989). Stress responses and disease resistance in salmonid fish: effects of chronic elevation of plasma cortisol. Fish Physiology and Biochemistry, 7: 253-258.
- [4]- Svoboda M. (2001). Stress in fishes (a review). Bulletin of. Vesicoureteral reflux Vodnany, Czech Republic, 4:169-191.
- [5]- Wedemeyer, G.A. and Mcleay, D.J., 1981. Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. In: Stress and Fish. Academic Press, London and New York, USA, 274-275.
- [6]- Hanson, K., 2009. Evaluation of short term saltwater immersion to alleviate handling stress in steel head trout. US Fish and Wildlife Service, Abernathy Fish Technology Center, 1-14.
- Secombes, C.J. 1994. Enhancement of fish phagocyte activity. Fish and Shellfish Immunology, 4: 437-421.
- [7]- Anderson, D.P. 1992. Immunostimulant, adjuvant, and vaccine carriers in fish: applications to aquaculture. Annual Rev. Fish Diseases: 281-307.

- [8]- Waché, Y., Auffray, F., Gatesoupe, F.J., Zambonino, J., Gayet, V., Labbé, L., and Quentel, C. 2006. Cross effects of the strain of dietary *Saccharomyces cerevisiae* and rearing conditions on the onset of intestinal microbiota and digestive enzymes in rainbow trout, (*Onchorhynchus mykiss*), fry. *Aquaculture*. 258: 470-478.
- [9]- Pineiro M, Stanton C. Probiotic bacteria: Legislative framework—requirements to evidence basis. *Journal of Nutrition*. 2007;137:850S–835S. [PubMed]
- [10]- Carnevali O, de Vivo L, Sulpizio R, et al. Growth improvement by probiotic in European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*, L.), with particular attention to IGF-1, myostatin and cortisol gene expression. *Aquaculture*. 2006;258(1–4):430–438.
- [11]- Varela JL, Ruiz I, Vargas L, et al. Dietary administration of probiotic Pdp11 promotes growth and improves stress tolerance to high stocking density in gilthead seabream *Sparus auratus*. *Aquaculture*. 2010;309(1–4):265–271.
- [12]- Robertson L, Thomas P, Arnold CR, Trant JM. 1987. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum to handling, transport, rearing density, and a disease outbreak. *Prog Fish-Cult* 1987; 49: 1-12. 52: 97-101.
- [13]- Donaldson EM. 1981. The pituitary-interrenal axis as an indicators of stress in fish. In: Pickering AD, Ed. *Stress in fish*. London. Academic Press 1981; 247-275.
- [14]- Strange R, Schreck CB, Ewing RD. Cortisol concentration in confined juvenile chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*). *Trans Am Fish Soc* 1978; 107: 812-819.
- [15]- Khanna S.S. and Singh T. (1971). Studies on the blood glucose level in *Channa punctatus* (Bloch). *Acta Zoology*, 52: 97-101.
- [16]- Shakoori A.R., Iqbal M.J. and Mughal A.L. (1996). Effect of sublethal doses of fenvalerate (a synthetic pyrethroid) administred continuously for four weeks on the blood, liver and muscles of a freshwater fish (*Ctenophayngodon idella*). *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 57: 487-494.
- [۱۷]- رسولی، س. عبدی، ک. ۱۳۸۴. مبانی ایمنی شناسی ماهیان، چاپ اول، انتشارات سیمرغ. صفحه ۲۱۷.
- [18]- Iwama G.K., Afonso L.O.B. and Vijayan M.M. (2004). *Stress in Fish*. Aqua Net Workshop on Fish Welfare, Campbell River, B.C. Canada. pp: 9.



بررسی عنصر فلزی قلع در ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در سه استان ساحلی دریای خزر

نوروزی، مهرنوش^۱، بهروز، محمد^{۲*}

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، گروه زیست‌شناسی دریا، تنکابن، ایران

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه زیست‌شناسی دریا، تهران، ایران
mohammad_behrooz@ymail.com

چکیده

هدف از انجام این مطالعه، بررسی میزان تجمع عنصر فلزی قلع (Sn)، در بافت خوراکی (عضله) ماهی کفال طلایی و مقایسه آن در سه استان ساحلی دریای خزر است. نمونه‌برداری از ماهی کفال طلایی بالغ، از مناطق مختلف نوار ساحلی دریای خزر در سه استان گیلان، مازندران و گلستان انجام گردید. نمونه‌ها در آزمایشگاه ابتدا زیست‌سنجی شدند. سپس استخراج فلزات از بافت، طبق روش استاندارد با استفاده از مخلوط اسید هضم و تعیین غلظت بوسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به سیستم کوره گرافیتی و بر حسب میکروگرم برگرم وزن خشک انجام شد. نتایج نشان داد میزان جذب عنصر فلزی قلع در سه استان ساحلی به صورت مازندران < گلستان < گیلان در بافت ماهیچه بود. میزان تجمع عنصر فلزی قلع در نمونه‌های جمع‌آوری شده در استان گیلان ۰/۰۶ میکروگرم برگرم، استان مازندران ۰/۱۲ میکروگرم برگرم و استان گلستان ۰/۱۰ میکروگرم برگرم وزن خشک بود. بر اساس آزمون همبستگی پیرسون، بین وزن و طول ماهی با میزان تجمع قلع در بافت عضله ماهی، رابطه معنی‌دار دیده نشد. مقایسه تجمع عناصر فلزی در بافت عضله با حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی میزان تجمع عنصر فلزی قلع پایین‌تر از حد مجاز اعلام شده بود.

کلیدواژه: عنصر قلع، ماهی کفال طلایی، بافت عضله، دریای خزر.

۱. مقدمه

یکی از خطرناک‌ترین آلاینده‌ها که وارد اکوسیستم آبی می‌شود، فلزات سنگین هستند که اثرات سمی و ایجاد تجمع زیستی در اکوسیستم آبی می‌کنند [۱]. منابع عمده ورود آلودگی فلزات؛ احتراق سوخت‌های فسیلی، معدن کاوی، ضایعات شهری و صنعتی، فاضلاب، کودها و آفت‌کش‌ها به شمار می‌روند [۲]. دریاچه خزر، بزرگترین دریاچه جهان، با سه استان ساحلی گیلان، مازندران و گلستان است که طی سالهای اخیر به دلایل استخراج نفت و نشت احتمالی آن، حوادث غیر مترقبه و فرآیندهای تکنولوژیک صنایع فعال در پهنه آبی و ساحلی، تخلیه آب توازن کشتی، عدم کنترل ورود پساب‌های صنعتی، کشاورزی و شهری و پیشروی غیر اصولی خشکی در دریا، در معرض آلودگی شدید می‌باشد (پاکباز و پور خشویی، ۱۳۷۵) به دنبال انتقال آلاینده‌های ذکر شده به محیط‌های دریایی ممکن است مقداری از فلزات سنگین از طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب توسط ماهی جذب شود [۳]. بافت عضله ماهیان بدلیل نقش مهم در تغذیه انسان و لزوم اطمینان از سلامت آن مورد بررسی می‌باشند [۳]. برای تعیین تأثیر آلودگی، منابع و غلظت آلاینده‌ها در محیط‌های آبی نیاز به ارزیابی و پایش محیط است. یکی از این روش‌ها می‌تواند آنالیز موجودات دریایی باشد [۴، ۵]. ماهی‌ها به آلودگی‌های موجود در آب نسبت به انسان، حساس‌تر می‌باشند. از اینرو، الگوی روند انباشت و تجمع عناصر در بافت‌های ماهی می‌تواند به عنوان یک بیواندیکاتور زیستی نسبت به تغییرات در محیط‌های آبی استفاده شود [۶، ۷، ۸].

یکی از فلزات سنگین، فلز قلع است. جذب بیش از اندازه قلع ممکن است سبب سوزش معده، اسهال، استفراغ، حالت تهوع، کم خونی، مشکلات مربوط به کلیه و کبد و سوزش و خارش چشم و پوست گردد. قلع به آسانی به آهن متصل شده و برای پوشش سرب روی و فولاد مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از پوسیدگی آنها جلوگیری شود. قوطیهای فولادی با پوشش قلع برای نگهداری غذا کاربردی وسیع دارد و این کاربرد بخش وسیعی از بازار قلع فلزی را تشکیل می‌دهد. مقدار کمی قلع در غذا برای انسان بی‌خطر است. قلع عمدتاً در مواد آلی مختلف وجود دارد. پیوندهای قلع آلی، خطرناک‌ترین نوع قلع برای انسان محسوب می‌شوند. علیرغم این خطرات قلع در صنایع مختلفی نظیر صنعت نقاشی و پلاستیک سازی و در کشاورزی به عنوان آفت کش به کار می‌روند. انسان از طریق غذا، تنفس و پوست قلع را جذب می‌کند. قلع به صورت اتمی یا ملکولی خیلی سمی نیست. وقتی قلع آلی جذب ذرات گل و لای می‌شود، در سیستمهای آبی پخش می‌شود. این قلع، به اکوسیستمهای آبی آسیب زیادی می‌رساند زیرا برای قارچها، جلبکها و فیتوپلانکتونها بسیار سمی است. فیتوپلانکتون، در اکوسیستمهای آبی عضو بسیار مهمی است و اکسیژن لازم برای جانداران دیگر را تامین می‌کند. به علاوه در زنجیره غذایی آبزیان هم نقش مهمی دارد. سمیت انواع مختلف قلع آلی، بسیار متفاوت است. تری بوتیلین قلع، برای ماهی ها و قارچها سمی‌ترین ترکیب است. در حالی که تری فنیل قلع، برای فیتوپلانکتونها مضرتر می‌باشد. قلع آلی رشد، تولید مثل، سیستمهای انرژی و الگوی تغذیه جانداران آبی را مختل می‌کند. این ماده عمدتاً در لایه بالایی آب وجود دارد.

با توجه به اینکه دریای خزر دریاچه ای بسته‌ست و از راههای مختلف (رودخانه ها، فاضلاب شهرها و صنایع) آلودگی فلزی به آن وارد می‌شود، مطالعات زیادی بر روی ماهیان آن انجام گرفته‌ست. از جمله مطالعات بر روی ماهی کفال طلایی، به مطالعات نوروزی [۹]، لکزایی [۱۰]؛ سلگی و اسفندی سرفراز [۱۱]؛ Taghavi jelodar [۱۲]؛ فاضلی [۱۳] و امینی رنجبر و ستوده نیا [۳]، می‌توان اشاره کرد. از این رو با بررسی تمامی مطالعات انجام شده در زمینه عناصر فلزی در دریای خزر، در این مطالعه میزان تجمع عنصر فلزی قلع در بافت عضله (به عنوان اصلی‌ترین بافت خوراکی)، ماهی کفال طلایی در سواحل جنوبی دریای خزر بررسی شد. همچنین در جهت سلامت مصرف کننده میزان تجمع عنصر قلع با استاندارد سازمان بهداشت جهانی نیز مورد مقایسه قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری به صورت تصادفی از ۱۰۰ قطعه ماهی کفال طلایی، در سال ۱۳۹۴ از صیدگاه‌های پره از سه استان ساحلی جنوب دریای خزر شامل استانهای گیلان، مازندران و گلستان انجام شد. نمونه‌ها درون یخ ۱:۱ به آزمایشگاه تحقیقات شیلات و بیولوژی دریا دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن منتقل شد. پس از زیست سنجی، مقدار ۱۰ گرم از بافت عضله ماهیان جهت انجام عمل هضم شیمیایی جدا شد. هر بافت به طور جداگانه در بالن قرار داده و سپس ۵۰ سی‌سی آب اکسیژنه (H_2O_2) و ۵۰ سی‌سی اسید نیتریک به آن اضافه شد. نمونه‌ها با کاغذ فیلتر واتمن شماره یک فیلتر گردید و سپس محلول صاف شده با آب دیونیزه به حجم حدود ۵ سی‌سی رسانده شد و داخل تیوپ‌های هضم، جداگانه ریخته شد [۱۴]. جهت اندازه‌گیری غلظت عنصر فلزی قلع از دستگاه جذب اتمی مدل Germany AAS4 Zeiss مجهز به سیستم کوره گرافیتی استفاده شد [۱۵]. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از نرمال سازی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف جهت بررسی میزان جذب فلزات از آزمون واریانس یک طرفه ANOVA، و همچنین برای تعیین رابطه بین شاخص وزنی و طولی با میزان تجمع عناصر فلزی در بافت عضله از آزمون همبستگی پیرسون به کمک نرم‌افزار SPSS 20 در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

۳. نتایج

نتایج بررسی وزن و طول ماهیان نشان داد که بیشترین طول و وزن ماهیان در استان مازندران و کمترین آن در استان گلستان بود که براساس نتایج آزمون ANOVA این اختلاف معنی‌دار بود ($P < 0.05$). نتایج تجمع عنصر قلع در بافت عضله ماهی کفال طلایی در هر سه استان در جدول ۱ نتایج نشان داده شده است. میزان جذب عنصر فلزی قلع در سه استان ساحلی مازندران < گلستان < گیلان در بافت ماهیچه بود. میزان تجمع عنصر فلزی قلع در نمونه‌های جمع‌آوری شده در استان گیلان ۰/۰۶ میکروگرم بر گرم، استان مازندران ۰/۱۲ میکروگرم بر گرم و استان گلستان ۰/۱۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. که این تفاوت در میزان تجمع، از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0.05$). جهت مشخص کردن

رابطه همبستگی بین شاخص‌های زیستی (وزن و طول کل) با میزان جذب عناصر فلزی در بافت‌های ماهی کفال طلایی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. طبق نتایج بدست آمده بین وزن و طول ماهی با میزان تجمع قلع در بافت عضله ماهی، رابطه معنی‌دار دیده نشد ($P > 0.05$).

جدول ۱: میانگین ($\pm$ انحراف معیار) و نتایج طول، وزن و تجمع فلزات سنگین (میکروگرم بر گرم وزن خشک) ماهی کفال طلایی

گیلان	مازندران	گلستان	سطح معنی داری
تعداد	۴۰	۲۰	
وزن (گرم)	866 ± 105	937 ± 120	$757/5 \pm 97$ **
طول (سانتی متر)	$49/1 \pm 0/4$	$51/5 \pm 0/4$	$47 \pm 0/4$ *
تجمع	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱۰ **

۴. نتیجه‌گیری

مطابق با نتایج پژوهش حاضر غلظت عناصر فلزی در بافت‌های مختلف ماهی در بخش‌های گوناگون دریای خزر متفاوت است. که دلیل آن وجود منابع متفاوت آلودگی در سواحل جنوبی دریای خزر است. فعالیت‌های استخراج و انتقال نفت از کشورهای همسایه، تخلیه فاضلاب‌های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی (بدلیل کشت پراکنده محصولات متنوع کشاورزی و تولید فاضلاب‌های آلوده به سموم و کودهای شیمیایی) از ساحل به دریا، تردد متفاوت و پراکنده نفتکش‌ها، کشتی‌های تجاری و قایق‌های تفریحی، دلایل تجمع این فلزات در بافت‌های ماهیان است. ماهی کفال طلایی یک ماهی همه چیز خوار است و از مواد غذایی بستر و همچنین مواد معلق در آب استفاده می‌کند [۱۶]. بنابراین آلودگی رسوبات می‌تواند باعث آلودگی موجودات کفزی کوچک و به دنبال آن انتقال آلودگی به ماهیان کفزی و بنتوز خوار شود [۱۷] و این امر ماهی را در معرض میزان بالایی از این فلزات قرار می‌دهد. نتایج حاصل از آنالیز همبستگی میزان تجمع فلزات سنگین، در بافت ماهی کفال طلایی با عوامل طول و وزن نشان می‌دهد که باید آزمایشات و بررسی‌های بیشتری در مورد نحوه جذب یا عدم جذب فلزات سنگین در بافت‌های مختلف انجام شود.

WHO میزان مجاز مصرف قلع را ۲۵۰ میکروگرم بر گرم وزن خشک بیان کرده است [۱۸]. مقایسه میانگین میزان عنصر قلع در تحقیق حاضر با استاندارد پیشنهاد شده توسط سازمان بهداشت جهانی در مورد میزان مجاز عناصر قلع برای آبزیان نشان می‌دهد که میزان آن پایینتر از حد مجاز مصرف است، این امر بیانگر سالم بودن نسبی ماهی کفال طلایی به عنصر فوق می‌باشد، بویژه که حداقل میزان جذب و تجمع این عناصر در عضله ماهی کفال یعنی بافت خوراکی در تغذیه مردم است. البته باید مطالعات بیشتری در این خصوص در بافتهای مختلف صورت گیرد تا از عدم وجود غلظت‌های بالاتر از حد مجاز این فلز سنگین اطمینان حاصل شود.

منابع

- [۱]- نوری، م.، باقری توانی، م.، امیر جنتی، الف.، قدرتی، ش. ۱۳۹۵. سنجش غلظت فلزات سنگین در بافت‌های ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) در مناطق مختلف سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علوم محیطی، دوره ۱۴، شماره ۳، ۲۰۱-۲۱۳.
- [۲]- لکزایی، ف.، بابائی، ه.، خداپرست، ح.، ۱۳۹۴. سنجش فلزات سنگین (سرب، کادمیم، روی و مس) در بافت کبد و عضله ماهی کفال طلایی در دو منطقه حوضه جنوب غربی دریای خزر کیاشهر و تالش. نشریه توسعه آبی پروری، سال نهم، شماره سوم، صفحات ۵۱-۵۸.
- [۳]- سلگی، ع.، اسفندی سرافراز، ج.، ۱۳۹۴. تعیین سرب و کادمیم در بافت خوراکی ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) سواحل بندر انزلی: انباشت و خطر مصرف آن. مجله بوم‌شناسی آبزیان، دوره پنجم، شماره ۱، صفحات ۴۳-۳۴.
- [۴]- فاضلی، م.ش.، ابطی، ب.، صباغ کاشانی، آ.، ۱۳۸۴. سنجش تجمع فلزات سنگین سرب، نیکل و روی در بافتهای ماهی کفال (*Liza aurata*) سواحل جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، سال ۱۴، شماره ۱، صفحات ۷۸-۶۵.

- [۵]- نجات خواه، پ.، ۱۳۷۹. بیولوژی ماهی کفال. پایان نامه تحصیلی مقطع کارشناسی دانشگاه آزاد اسلامی.
- [۶]- یونسی پور، ح.، نصراله زاده ساروی، ح. و ساداتی پور، م. ۱۳۹۳. بررسی تجمع زیستی فلزات سنگین ضروری (آهن، مس و روی) و نیمه ضروری (نیکل، کبالت و منگنز) در بافت خوراکی ماهی کپور دریای خزر (*Cyprinus carpio*). نشریه توسعه آبی پروری، سال هشتم، شماره اول. صفحات ۹۵-۱۰۶.
- [۷]- امینی رنجبر، غ. و ستوده نیا، ف.، ۱۳۸۴. تجمع فلزات سنگین در بافت عضله ماهی کفال طلایی (*Mugil auratus*) دریای خزر در ارتباط با برخی مشخصات بیومتریک (طول استاندارد، وزن، سن و جنسیت). مجله علمی شیلات ایران، سال ۱۴، شماره ۳، صفحات ۱-۱۸.
- [8]- De Mora, S., Fowler, S.W., Wyse, E. and Azemard, S., (2004). Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the (Persian) Gulf and Gulf of Oman, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 49, 410-424.
- [9]- Dietz, R., Riget, F., Cleeman, M., Aarkrog, A., Johansen, P., and Hansen, J.C. (2000). Comparison of Contaminants from Different Trophic Levels and Ecosystems. *The Science of the Total Environment*. No. 245, 221-231.
- [10]- Hamed. H.A., Emera, A.M. (2006). Marine mollusks as biomonitors for heavy metal levels in the Gulf of Suez, Red Sea. *The Journal of Marine Systems*. No.60, 220-234.
- [11]- Veerasingam, S., Raja, P., Venkatachalapathy, R., Mohan, R. Sutharsan, P. (2010). Distribution of Petroleum Hydrocarbon Concentration in Coastal Sediment along Tamilnadu Coast, India. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. Vol. 5, No.2, 5-8.
- [12]- Tekin-Özan, S., Kir, I. (2007). Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol.138, 201-206
- [13]- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, M.R., Baeyens, W. (2009). Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 157, 499-514.
- [14]- Vinodhini, R., Narayanan, M. (2008). Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *International Journal of Environmental Science and Technology*. Vol. 5, 179-182.
- [15]- Taghavi jelodar, H.T., Baei, M.S., Najafpour, S., Fazli, H., Najafpour, S. and Fazli, H. (2011). The comparison of heavy metals concentrations in different organs of *Liza aurata* inhabiting in southern part of Caspian Sea. *World Applied Sciences Journal*, Vol. 14: 96-100.
- [16]- Lakshmanan, R., Kesavan, K., Vijayanand, P., Rajaram, V. and Rajagopal, S. (2009). Heavy Metals Accumulation in Five Commercially Important Fishes of Parangipettai, Southeast Coast of India. *Advance Journal of Food Science and Technology*, Vol.1, No.1, 63-65.



[17]- MOOPAM, (2010). Manual of oceanographic observation and pollution analysis. *Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME)*, Kuwait.

[18]- World Health Organization (WHO), (1996). Health criteria other supporting information. *Guidelines for Drinking Water Quality*. Geneva, 31–388.



افزایش ایمنی در قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تغذیه شده با پلی‌ساکاریدهای حاصل از میکرو جلبک دریایی اسپیرولینا (*Spirulina platensis*)

ولی‌پور، امیرحسین^{۱*}، عابدیان کناری، عبدالمحمد^۱ طبرسا، مهدی^۲

۱- گروه شیلات - تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲- گروه شیلات - فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
avalipoor@modares.ac.ir

چکیده

این پژوهش به منظور ارزیابی تأثیر پلی‌ساکاریدهای محلول در آب استخراج شده از میکرو جلبک دریایی اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) به عنوان افزودنی غذایی بر پاسخ ایمنی ماهی قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به مدت ۶۰ روز انجام گرفت. پلی‌ساکاریدها در سطوح مختلف صفر (شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم غذا به جیره پایه ماهی قزل آلاهی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) افزوده شد. ابتدای دوره ۵ روز به سازگاری و ادپتیشن بچه ماهی‌ها اختصاص یافت. غذادهی بعد از سازگاری بچه ماهی‌ها شروع شد. تعداد ۱۵ عدد ماهی در ۵ تیمار و هر کدام ۳ تکرار (مجموعاً ۱۵ تانک) با میانگین وزنی ۱۷ گرم تا حد سیری در شرایط یکسان انجام گرفت. فعالیت لیزوزیم پلاسما، خون اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد ماهیان تغذیه شده با سطوح ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم پلی‌ساکارید در کیلوگرم غذا تفاوت معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد داشتند. در انتهای دوره آزمایش استرس تراکم و دستکاری انجام شد که سطح گلوکز خون در ۴ دوره زمانی اندازه‌گیری شد و نتایج حاصل بیان کرد که سطح گلوکز در تیمار ۳۰۰۰ در همه زمان‌ها نسبت به بقیه تیمارها بالاتر بوده اما اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد و سریعتر از بقیه تیمارها در زمان یکسان به سطح اولیه قبل استرس (لحظه صفر) نزدیک شد و پایین ترین سطح گلوکز مربوط به تیمار شاهد بوده و دیرتر از سایر تیمارها به سطح اولیه نزدیک شد و در نهایت نتایج نشان داد استفاده از مقادیر بالای عصاره پلی‌ساکاریدی (۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم غذا) در جیره غذایی ماهی قزل آلاهی رنگین کمان موجب افزایش ایمنی در این ماهی می‌گردد.

کلیدواژه: پلی‌ساکارید، میکرو جلبک، ایمنی، اسپیرولینا پلاتنسیس، قزل آلاهی رنگین کمان

۱. مقدمه

صنعت آبزی‌پروری با رشد فزاینده‌ای در حال توسعه می‌باشد.^[۱] افزایش تقاضا برای ماهی منجر به توسعه و رونق سریع پرورش ماهی و به تبع آن افزایش مصرف خوراک، افزایش عوامل تنش‌زا برای ماهی و در نتیجه تشدید خطر ابتلا به بیماری در آبزیان شده است.^[۲] بخش آبزی‌پروری در کنار این رشد قابل توجه همواره با مشکلاتی نیز روبرو بوده است که از آن جمله می‌توان به تغییرات کیفیت آب، شیوع بیماری‌ها و مشکلات تغذیه‌ای اشاره کرد. ماهیان در تماس نزدیک با محیط پیرامون خود هستند که می‌تواند حاوی مقادیر بسیار بالایی از باکتری‌ها و ویروس‌ها باشد. ایمنی در ماهیان همانند سایر مهره‌داران نقش عمده‌ای در حفاظت در مقابل عوامل بیماری‌زا دارد که می‌تواند غیراختصاصی که یک مکانیسم دفاعی ذاتی است یا ایمنی اختصاصی (اکتسابی) باشد.^[۳] یکی از روش‌های ساده در جلوگیری و پیشگیری
مکمل‌های غذایی است. استفاده از جلبک‌های دریایی به عنوان افزودنی‌های خوراک یا مکمل با توجه به ارزش غذایی، در دسترس بودن و

هزینه پایین آنها در آبی‌پروری امکان‌پذیر است.^[۴] جلبک‌ها غنی از مواد معدنی و مواد فعال زیستی‌اند که به همین دلیل در قرن ۲۱ آنها را غذای دارویی و شفا بخش نام نهادند.^[۵] جلبک‌های دریایی دارای ترکیبات زیستی فعالی از قبیل پلی‌فنول‌ها، پتیدها و پلی‌ساکاریدها می‌باشند. بسیاری از این ترکیبات فعال، دارای عناصری مفید با خواص درمانی متعدد می‌باشند.^[۶] این جلبک به دلیل دارا بودن مقادیر بالای پروتئین، اسیدآمینه‌های ضروری، ویتامین‌های گروه B (ریبوفلاوین، سیانوکوبالامین، تیامین و اسیدنیکوتینیک)، مواد معدنی، اسیدهای چرب ضروری (اسیدگامالینولئیک و اسیدلینولئیک) و رنگدانه‌ها (فیکوسیانین و کلروفیل a) و کارتنوئیدها و آنتی‌اکسیدان به عنوان تقویت‌کننده سیستم ایمنی در ماهی مطرح شده است. یکی از ترکیبات زیست‌فعالی که اخیراً توجه پژوهشگران را به خود جلب نموده است پلی‌ساکاریدها می‌باشند. پلی‌ساکاریدها در دیواره سلولی جلبک‌ها وجود دارند و ساختار شیمیایی آنها با توجه به نوع گونه جلبک‌ها متفاوت می‌باشد.^[۷] این پلی‌ساکاریدها دارای خواص ضدویروسی، ضدباکتریایی، ضدانقادی، ضدتوموری، ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی می‌باشند.^{[۸][۹][۱۰]} پارامتر ایمنی ذاتی بویژه فعالیت فاگوسیتوزی و لیزوزیم به عنوان شاخص تأثیرات وراثت یا فاکتورهای فیزیکی خارجی روی سیستم ایمنی ذاتی و مقاومت در برابر بیماری ماهیان در نظر گرفته می‌شوند. این فاکتورها تحت تأثیر صفات ژنتیکی، فاکتورهای فصلی، درجه حرارت محیط، آلودگی، دستکاری و استرس تراکم، ترکیب جیره و افزودنی‌های غذایی، محرک‌های ایمنی و پروبیوتیک‌ها و نیز تأثیرات بیماری و واکسیناسیون است.^[۱۱]

این تحقیق به تأثیر پلی‌ساکاریدهای محلول در آب استخراج شده از میکروجلبک دریایی اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) به عنوان افزودنی غذایی بر ایمنی و عملکرد دستگاه ایمنی و فعالیت لیزوزیم می‌پردازد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. مکان و زمان پژوهش

پروژه حاضر در دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت. پودر جلبک اسپیرولینا از شرکت پارسیان ریزجلبک واقع در شهر رشت تهیه شد. تعداد ۱۸۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی قبل از شروع آزمایش به مدت یک هفته به شرایط آزمایشگاهی سازگار شدند. سپس این تعداد ماهی به صورت کاملاً تصادفی در ۱۵ وان فایبرگلاس ۱۰۰ لیتری تقسیم شدند. هر وان شامل ۱۵ قطعه بچه ماهی می‌باشد که اختلاف معنی‌داری از لحاظ وزنی نخواهند داشت و متوسط وزن اولیه آنها ۱۷ گرم خواهد بود. در مطالعه حاضر از جیره‌های فرموله شده استفاده شد. در طول دوره آزمایش غذادهی تا حد سیری و متناسب با درجه حرارت در سه نوبت به مدت ۸ هفته انجام گرفت. اجزای جیره پس از آسیاب شدن با یکدیگر مخلوط و به اندازه ۲۰ درصد وزنشان آب به آنها افزوده شد. عصاره‌های جلبکی پس از حل شدن در آب به نسبت لازم به جیره‌های آزمایش افزوده شده و بطور یکنواخت در کل غذا مخلوط می‌شود و سپس بوسیله چرخ گوشت به صورت پلت با سایز مناسب در می‌آیند. پلت‌ها در خشک‌کن به مدت ۱۲ ساعت خشک شده و تا زمان مصرف در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند.^[۱۲]

۲-۲. استخراج پلی‌ساکارید

در ابتدا ۵۰ گرم از نمونه به منظور حذف رنگدانه‌ها، متابولیت‌های ثانویه و چربی در ۴۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ به مدت ۴ ساعت قرار داده شد. سپس فاز جامد از فاز مایع جدا شده و رسوب بدست آمده جهت استخراج مجدد با اتانول ۸۰٪ رنگ‌بری شد. در انتها رسوب رنگ‌بری شده با اتانول ۹۵٪ و استون آبگیری و به مدت ۲۴ ساعت در زیر هود قرار داده شد. پس از این مرحله جهت استخراج پلی‌ساکاریدهای سولفات‌ه (فاز جامد) به نسبت (۴۰:۱) در آب مقطر قرار داده شده و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد استخراج صورت گرفت. سپس با استفاده از سانتریفیوژ (۸۰۰ دور در دقیقه، ۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه) فاز مایع جمع‌آوری و تغلیظ شده و با استفاده از اتانول ۷۰٪ پلی‌ساکاریدها رسوب داده شده و سپس با سانتریفیوژ پلی‌ساکاریدها برداشت می‌گردد. در انتها نیز پلی‌ساکاریدها (فاز جامد) در چندین نوبت با اتانول ۹۵٪ و استون جهت آبگیری شستشو می‌شود. جهت بررسی و تعیین محتوای عصاره‌های پلی‌ساکاریدی از تست FT-IR استفاده می‌کنیم.^[۱۳]

۳-۲. بررسی پاسخ ایمنی

در انتهای دوره از هر تانک ۳ ماهی جدا شده و از ماهیان نمونه خون گرفته شده و سرم آنها جدا شدند. فعالیت لیزوزیم ماهیان به ترتیب ذیل سنجیده شد:

فعالیت لیزوزیم سرم بر مبنای لیز باکتری گرم مثبت حساس به آنزیم لیزوزیم یعنی *Micrococcus lysodeikticus* اندازه‌گیری شد.^[۱۴] برای تهیه سرم خون از هر تکرار ۳ قطعه ماهی جدا کرده و خون ماهیان پس از بیهوشی در آب سرد با سرنگ استحصال شد. به طور خلاصه در این آزمایش از توانایی لیزوزیم سرم در تخریب لایه پیتیدوگلیکان باکتری گرم مثبت (*M. lysodeikticus*) استفاده شد. ابتدا محلول PBS در لوله آزمایش ریخته و مقداری باکتری (*M. lysodeikticus*) به آن اضافه و به آرامی تکان داده شده، سپس مقدار ۲۰۰ میکرولیتر از محلول مزبور در طول موج ۴۵۰ نانومتر خوانده شد. در مرحله بعد مقدار ۱۵ میکرولیتر از سرم خون به آن اضافه، کمی بهم زده و پس از نگهداری آن برای مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق مقدار جذب خوانده شد. سپس مقدار جذب با منحنی استاندارد که از لیزوزیم سفیده تخم مرغ (Sigma) تهیه شده است مقایسه و مقدار لیزوزیم نمونه مورد نظر براساس روش کدورت سنجی (Turbidometric) بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد.

۴-۲. استرس دستکاری

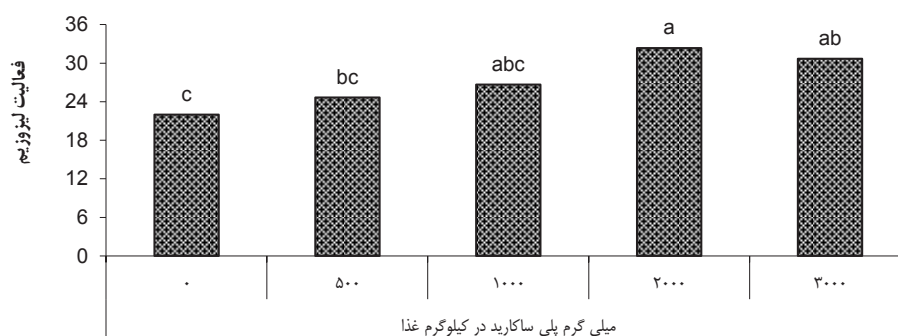
بعد از پایان دوره پرورش، ماهی‌ها به مدت دو هفته اضافه‌تر نگهداری شده و تحت تأثیر استرس دستکاری قرار می‌گیرند، بدین ترتیب که ماهیان در لحظه صفر خونگیری شده و سپس به مدت ۳۰ ثانیه بیرون از آب قرار داده می‌شوند و سپس به درون تانک برگردانده شدند. در زمان‌های ۱ و ۳ ساعت بعد از استرس از ۳ ماهی از هر تکرار خونگیری شده و بعد به درون محیط اولیه خود بازگردانده شد و بعد از ۸ ساعت دوباره خونگیری انجام گرفت و پارامتر گلوکز خون در چهار زمان اندازه‌گیری شد.^[۱۵] گلوکز خون توسط کیت تجاری پارس آزمون اندازه‌گیری شد.^[۱۶] همچنین بعد از ۴۸ ساعت میزان زنده‌مانی بررسی شد.

۵-۲. آنالیز آماری

طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام می‌گیرد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و پارامترها با آزمون One-way ANOVA انجام گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها در صورت نرمال بودن از آزمون‌های پارامتریک و در صورت غیرنرمال بودن از آزمون‌های غیرپارامتریک در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. از نرم افزار SAS برای آنالیز آماری و از نرم افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

۳. بحث و نتیجه‌گیری

پس از سنجش فعالیت لیزوزیم سرم خون ماهی نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از آن بود که بکارگیری محصول پلی‌ساکارید بدست آمده از میکروجلبک دریایی اسپیرولینا در سطوح مختلف قابلیت تأثیرگذاری مثبت و افزایشی بر ارتقاء عملکرد سیستم ایمنی و بازماندگی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد. بیشترین فعالیت لیزوزیم در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم پلی‌ساکارید در کیلوگرم غذا مشاهده شد که البته تفاوت آماری معنی‌داری با تیمار ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم پلی‌ساکارید در کیلوگرم غذا نداشت. سطح ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم پلی‌ساکارید در کیلوگرم غذا در این تحقیق نسبت به سایر تیمارها روند بهتری در ایمنی و تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد ایجاد کرد. تیمارهای ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ میلی‌گرم پلی‌ساکارید در کیلوگرم غذا نسبت به تیمار شاهد به ترتیب باعث ۱۲، ۲۱، ۴۷ و ۳۹ درصد افزایش فعالیت لیزوزیم شدند.



پس از سنجش گلوکز خون نتایج بدست آمده حاکی از آن است که در تمام سطوح پلی ساکارید با افزایش زمان، گلوکز نیز تا ۳ ساعت اول روند افزایشی داشته و پس از انتقال به تانک اصلی بعد از ۸ ساعت میزان گلوکز کاهش یافته و به مقدار اولیه نزدیک شده و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمارها با یکدیگر و گروه شاهد ایجاد نشده اما در لحظه صفر، ۱ و ۳ ساعت بالاترین میزان گلوکز مربوط به تیمار ۳۰۰۰ میلی گرم پلی ساکارید در کیلوگرم غذا بوده و کمترین میزان پلی ساکارید در این زمان‌ها مربوط به تیمار شاهد بوده و همچنین پس از گذشت ۸ ساعت تیمار ۳۰۰۰ میلی گرم پلی ساکارید در کیلوگرم غذا سریعتر از بقیه تیمارها در نزدیکترین فاصله به سطح اولیه گلوکز در لحظه صفر بازگشت و تیمار شاهد کندترین روند ریکاوری را در این بازه زمانی داراست که در نمودار (۲) مشخص گردیده است.



سوابق تحقیق بر روی میکروجلبک دریایی اسپیرولینا پلاتنسیس نشان داده است که این میکروجلبک خواص ایمنی‌زایی و ضد استرسی و بهبود رشد دارد. همچنین اثبات کردند که پلی ساکارید استخراج شده از این میکروجلبک خاصیت مهارکنندگی بر روی ویروس‌های پوشش‌دار دارد.^[۱۷] استفاده از میکروجلبک اسپیرولینا در جیره غذایی خرچنگ بزرگ آب شیرین (*Macrobracium rosenbergii*) به میزان ۵ الی ۲۰ درصد سبب افزایش رشد و بقا شد.^[۱۸] پلی ساکارید سولفات جدا شده از میکروجلبک سبزآبی و بتاگلوکان باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددسموتاز، هموسیت کل (THC) و پروتئین محلول هموسیت کل در میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) می‌شود.^[۱۹] همچنین در تحقیقات مشابه نشان داده شده که قندها، پلی ساکاریدها و الیگوساکاریدهای استخراج شده حاصل از جلبک‌ها و قارچ‌ها و حتی حبوبات نیز می‌توانند بر روی ایمنی ماثثر باشد. به طور مثال، با استفاده از تزریق بتاگلوکان که این پلی ساکارید از مولکول‌های به هم پیوسته گلوکز است که توسط پیوند گلیکوزیدی به هم متصل شده و از دیواره سلولی تعدادی از گیاهان، قارچ‌ها، باکتری‌ها، مخمر و جلبک‌های دریایی می‌باشد به صورت درون صفاقی به آزادماهی اطلس (*Salmo salar*) مشاهده کردند که فعالیت اکسیداسیونی، فعالیت لیروزیم و فاگوسیتوزی در ۱۰ تا ۲۰ روز پس از تزریق به طور معنی‌داری افزایش یافتند.^[۲۰] از بتاگلوکان به صورت خوراکی در جیره غذایی قزل آلا رنگین کمان استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که تغذیه با بتاگلوکان موجب افزایش مقاومت در زمان مواجه با انگل ایک شده.^[۲۱]

منابع

- [1]- Soler-Vila, A., Coughlan, S., Guiry, M. D., Kraan, S. (2009), The Red Alga *Porphyra dioica* as a Fish-Feed Ingredient for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on Growth, Feed Efficiency, and Carcass Composition, *Journal of Applied Phycology*, Vol. 21, No. 5, 617-624.
- [2]- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal, P. (2014), Use of Plant Extracts in Fish Aquaculture as an Alternative to Chemotherapy: Current Status and Future Perspectives, *Aquaculture*, Vol. 433, 50-61.
- [3]- Whyte, S. K. (2007), The Innate Immune Response of Finfish – A Review of Current Knowledge, *Fish and Shellfish Immunology*, Vol. 23, No. 6, 1127-1151.
- [4]- Hashim, R., Mat-Saat, N. A. (1992), The Utilization of Seaweed Meals as Binding Agents in Pelleted Feeds for Snakehead (*Channa striatus*) Fry and Their Effects on Growth, *Aquaculture*, Vol. 108, No. 3, 299-308.
- [5]- Khan, S. I., Satam, S. B. (2003), Seaweed Mariculture: Scope and Potential in India, *Aquaculture Asia*, Vol. 8, No. 4, 26-29.
- [6]- Wijesinghe, W. A. J. P., Jeon, Y. J. (2012), Biological Activities and Potential Industrial Applications of Fucose Rich Sulfated Polysaccharides and Fucoidans Isolated from Brown Seaweeds: A review, *Carbohydrate Polymers*, Vol. 88, No. 1, 13-20.
- [7]- Burtin, P. (2003), Nutritional Value of Seaweeds, *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 2, No. 4, 498-503.
- [8]- Rodrigues, J. A. G., Vanderlei, E. de S. O., Bessa, É. F., Magalhães, F. de A., Paula, R. C. M. de, Lima, V., Benevides, N. M. B. (2011), Anticoagulant Activity of a Sulfated Polysaccharide Isolated from the Green Seaweed *Caulerpa cupressoides*, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 54, No. 4, 691-700.
- [9]- Cumashi, A., Ushakova, N. A., Preobrazhenskaya, M. E., D’Incecco, A., Piccoli, A., Totani, L., Tinari, N., Morozevich, G. E., Berman, A. E., Bilan, M. I., Usov, A. I., Ustyuzhanina, N. E., Grachev, A. A., Sanderson, C. J., Kelly, M., Rabinovich, G. A., Iacobelli, S., Nifantiev, N. E. (2007), A Comparative Study of the Anti-Inflammatory, Anticoagulant, Antiangiogenic, and Antiadhesive Activities of Nine Different Fucoidans from Brown Seaweeds, *Glycobiology*, Vol. 17, No. 5, 541-552.
- [10]- Zubia, M., Fabre, M.S., Kerjean, V., Lann, K. Le., Stiger-Pouvreau, V., Fauchon, M., Deslandes, E. (2009), Antioxidant and Antitumoural Activities of Some Phaeophyta from Brittany Coasts, *Food Chemistry*, Vol. 116, No 3, 693-701.
- [11]- Nayak, S. K. (2010), Probiotics and Immunity: A Fish Perspective, *Fish and Shellfish Immunology*, Vol. 29, No. 1, 2-14.

[12]- Abedian Kenari, A., Sotoudeh, E., Rezaei, M. H. (2011), Dietary Soybean Phosphatidylcholine Effects Growth Performance and Lipolytic Enzyme Activity in Caspian Brown Trout (*Salmo trutta caspius*) Alevin, *Aquaculture Research*, Vol. 42, No. 5, 655-663.

[۱۳]- طبرسا، م، رستمی، ز، رضایی، م، (۲۰۱۶)، ساختار شیمیایی و خواص بیولوژیک پلی‌ساکاریدهای سولفات‌ه استخراج شده از جلبک‌های دریایی سبز، فصلنامه علمی پژوهشی علوم و فنون شیلات، جلد. ۵، شماره. ۱، ۹۷-۱۱۶.

[14]- Sankaran, K., Guranani, S. (1972), On the Variation in the Catalytic Activity of Lysozyme in Fish, *Indian Journal Biochem Biophys*, Vol. 9, No. 2, 162-165.

[15]- Carey, J. B., McCormick, S. D. (1998), Atlantic Salmon smolts are More Responsive to an Acute Handling and Confinement Stress Than Parr, *Aquaculture*, Vol. 168, No. 1, 237-253.

[16]- Rehulka, J. (2000), Influence of Astaxanthin on Growth Rate, Condition, and Some Blood Indices of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Aquaculture*, Vol. 190, No. 1, 27-47.

[17]- Hayakawa, Y., Hayashi, T., Hayashi, K., Ozawa, T., Niiya, K., Sakuragawa, N. (1997), Calcium Spirulan as an Inducer of Tissue-type Plasminogen Activator in Human Fetal Lung Fibroblasts, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, Vol. 1355, No. 3, 241-247.

[18]- Nakagawa, H., Gomez-Diaz, G. (1995), Usefulness of *Spirulina* sp. Meal as Feed Additive for Giant Freshwater Prawn, *Macrobrachium resenbergtii*, *Aquaculture*, Vol. 43, No. 4, 521-526.

[19]- Campa-Cordova, A. I., Hernández-Saavedra, N. Y., De Philippis, R., Ascencio, F. (2002), Generation of Superoxide Anion and SOD Activity in Haemocytes and Muscle of American White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as a Response to β -glucan and Sulphated Polysaccharide, *Fish and Shellfish Immunology*, Vol. 12, No. 4, 353-366.

[20]- Paredes, M., Gonzalez, K., Figueroa, J., Montiel-Eulefi, E. (2013), Immunomodulatory Effect of Prolactin on Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Macrophage Function, *Fish Physiology and Biochemistry*, Vol. 39, No. 5, 1215-1221.

[21]- Lauridsen, J. H., Buchmann, K. (2010), Effects of Short and Long-Term Glucan Feeding of Rainbow Trout (Salmonidae) on the Susceptibility to *Ichthyophthirius multifiliis* Infections, *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, Vol. 40, No. 1.



مطالعه تأثیر پارامترهای محیطی حاصل از سنجش از دور در تخمین پراکنش شانه‌دار مهاجم با استفاده از

کاربرد روشی ماهالانوبیس در حوضه جنوبی دریای خزر

آبادیجو راوری، مهدیه^{۱*}، غلامعلی‌فرد، مهدی^۲، محمودی، نعمت‌الله^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس،

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس،

۳- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس،

mahdieh.abadijooravari@gmail.com

چکیده

مدلسازی توزیع گونه‌ها مربوط به مشاهدات گونه (نقاط حضور گونه) و یکسری متغیرهای محیط زیستی به‌منظور یافتن نیچ اشیانه گونه و استفاده از این اطلاعات برای پروژه‌های توزیع گونه در زمان و مکان است. شانه‌دار Mnemiopsis leidyi گونه‌ای مهاجم بوده که سریعاً اکوسیستم دریای خزر را تحت تأثیر خود قرار داده و باعث کاهش جمعیت کیلکاماهیان شده است. در این مطالعه فاکتورهای زیست جغرافیایی مؤثر بر پراکنش بالقوه این گونه در حوضه جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل Mahalanobis typicality ارزیابی گردید. بدین منظور از متغیرهای زیست جغرافیایی شامل عمق و سه متغیر کلروفیل، اشعه فعال فتوسنتز و دمای سطحی آب که از سنجنده MODIS به‌دست آمدند، مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی صحت سنجی مدل نشان از کارایی مناسب مدل ماهالانوبیس در مدل‌سازی پراکنش شانه‌دار بود. (AUC= 80/.) نقشه پیش‌بینی پراکنش بالقوه زیستگاه گونه نشان داد که بیش‌تر زیستگاه‌های مطلوب این گونه در اندکس ۱۵، ۲۵ و ۲۶ است.

کلیدواژه: شانه‌دار مهاجم، کیلکاماهیان، Mahalanobis typicality، سنجنده، مدلسازی، حوضه جنوبی دریای خزر

۱. مقدمه

از آنجائیکه برخلاف دریای سیاه و اقیانوس‌های اطراف آن، دریای خزر محل پرتدد برای مقاصد کشتیرانی نیست، ولی به دلیل بسته بودن، این اکوسیستم پتانسیل زیاد و ریسک خطرپذیری بالائی در تجمع گونه‌های آبرزی غیربومی دارد. بسیاری از گونه‌های آبرزی طی سال‌های اخیر از دریای سیاه به این دریا معرفی شده‌اند که موفقیت زیادی درانتشار و استقرار در دریای خزر داشته‌اند. سازمان ملی دریا نوردی (IMO)^۱ تخمین می‌زند 10 بلیون تن آب هر سال در جهان جابجا می‌شود و هر روز طبق تخمین IMO، 7-1000 گونه جانور در آب جابجا می‌شود که هر 9 هفته یک گونه مهاجم در جایی جدید مستقر می‌شود [۱۶]. یکی از این گونه‌های مهاجم، شانه‌دار Mnemiopsis leidyi می‌باشد. این گونه که بومی سواحل آمریکا است، ابتدا از طریق آب توازن کشتی‌ها ابتداً به دریای سیاه و آزوف و سپس به دریای خزر وارد گردید که تغییر تنوع گونه‌ای جانوران و گیاهان بومی یکی از اثرات آن در این اکوسیستم منحصر بفرد بوده است [۱]. در سال 1378 برای نخستین بار جاننداری در دریای خزر مشاهده شد که قبلاً در دریای سیاه مشکلات زیادی را بوجود آورد [۲۱] و [۱۸]. این جانور که به صورت شناور و معلق در آب دریا زندگی میکند دارای بدنی شفاف و ژله‌ای است و می‌تواند بطور سیری ناپذیری از جانوران معلق و پلانکتون‌های دیگر تغذیه کند. در خصوص

^۱ International Maritime Organization (IMO)

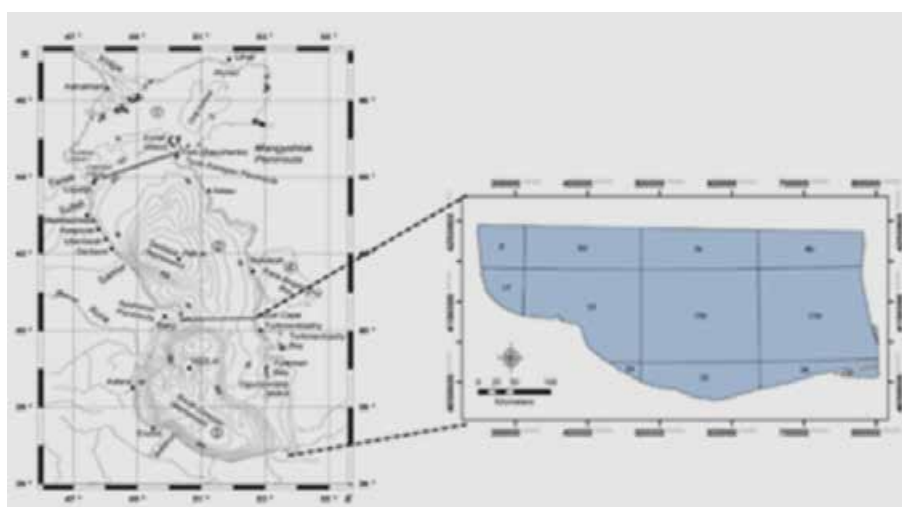
بررسی پلانکتون‌های حوضه جنوبی دریای خزر مطالعات مختلفی طی سال‌های گذشته انجام شد و نتایج مطالعات نشان داد که تنوع گونه‌ای زئوپلانکتون و همچنین تراکم و زی توده آنها به شدت کاهش یافته است [۴] و [۹] و [۶] و [۷] و [۸] لذا اطلاع در مورد نحوه پراکنش آن کمک زیادی به صیادی و صنایع وابسته به آن در جوامع ساحلی خواهد کرد.

یکی از مهم‌ترین روش‌های مدل‌سازی پراکنش براساس نقاط حضور گونه، روش Mahalanobis typicality است. Mahalanobis typicality شامل نقاط حضور گونه و متغیرهای محیط‌زیستی در محل موردنظر است که از Mahalanobis Distance بدست می‌آید [۱۳]. Mahalanobis Distance براساس ارتباط بین متغیرها بنا شده است که یک روش مفید برای تعیین شباهت یک سری نمونه مجهول با یکسری نمونه شناخته شده است. نقشه نهایی Mahalanobis typicality بیان‌کننده خصوصیت هر یک از پیکسل‌های مربوط به داده‌های آموزشی است. بدین منظور در این روش از داده‌های آموزشی و مجموعه‌ای از متغیرهای محیط‌زیستی که نشان‌دهنده محدوده وسیعی از گونه‌های مورد بررسی است استفاده خواهد شد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

دریای خزر که گاهی بزرگ‌ترین دریاچه جهان و گاهی کوچک‌ترین دریای خودکفای کره زمین طبقه‌بندی می‌شود بزرگ‌ترین پهنه آبی محصور در خشکی است و از این‌رو دریا نامیده می‌شود. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، خزر جنوبی بوده که محدوده آن از خزر میانی تا کرانه‌های ساحل ایران در امتداد خط دماغه کولی-ژیلوی^۱ می‌باشد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه (حوضه جنوبی دریای خزر)

۲-۲. معرفی مدل Mahalanobis Typicality

الگوریتم Mahalanobis distance یک روش آسان و در دسترس در جی‌آی‌اس و بسیاری از بسته‌های آماری، برای تولید نتایج دقیق در مدل‌سازی توزیع گونه یافته شده است [۲۵]. به دلیل سادگی محاسبه و تفسیر آن، و همچنین دقت آن در مدل‌سازی توزیع گونه، این روش انتخاب شد.

Mahalanobis distance (D_2) معادل یک Z-score چند متغیره است و براساس معادله ۱ محاسبه می‌شود:

$$\text{Mahalanobis Distance}^2 = (x - u_i)^t V^{-1} (x - u_i) \quad (1)$$

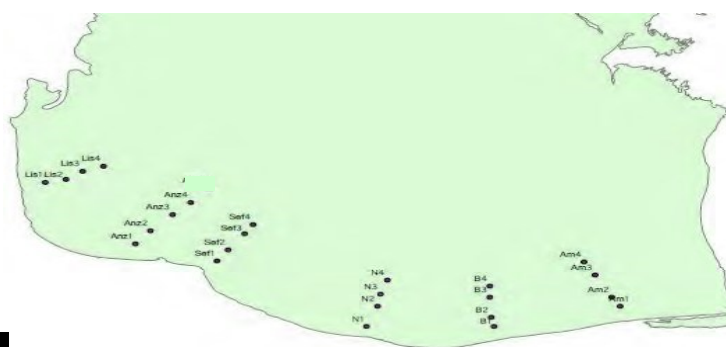
^۱ Kuuli-zhiloi

۳-۲. انتخاب و آماده‌سازی متغیرهای زیست جغرافیایی

پوشش زمانی تقریباً روزانه داده‌های MODIS در کنار قدرت تفکیک مکانی و طیفی متوسط آن اطلاعات ارزشمندی را برای پژوهشگران و مدیران به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار فراهم می‌کند، از این رو دانشمندان با ادغام و یا تلفیق داده‌هایی که در یک بازه زمانی هفت روزه و یا ماهانه و در زمان‌های خوب آب و هوایی از یک محدوده برداشت شده‌اند، مجموعه داده‌هایی مناسب برای استفاده در مدل‌های تغییرات اقلیمی در سطح کل کره زمین به عنوان داده ورودی فراهم می‌سازند. سنجنده (MODIS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) در دو ماهواره Aqua و Terra تعبیه شده است. به منظور راه‌اندازی مدل از پارامتر عمق که براساس داده‌های هیدروگرافی سازمان نقشه‌برداری تولید شده است و ۳ متغیر محیطی دمای سطح آب، غلظت کلروفیل سطح آب و تابش فعال فتوسنتز با اندازه تفکیک ۱۰۰ متر از سنجنده MODIS ماهواره Aqua استفاده گردید. این لایه‌ها با استفاده از نرم افزار Arc GIS ۱۰/۳ و Terrset نسخه ۲۰ ابتدا با انجام اصلاحاتی مانند رقومی کردن داده‌ها، یکسان کردن اندازه سلول‌ها، یکسان کردن سیستم مختصات جغرافیایی و برش تصویر بر روی داده‌های اولیه، تهیه شدند.

۴-۲. مشاهدات میدانی شیلات

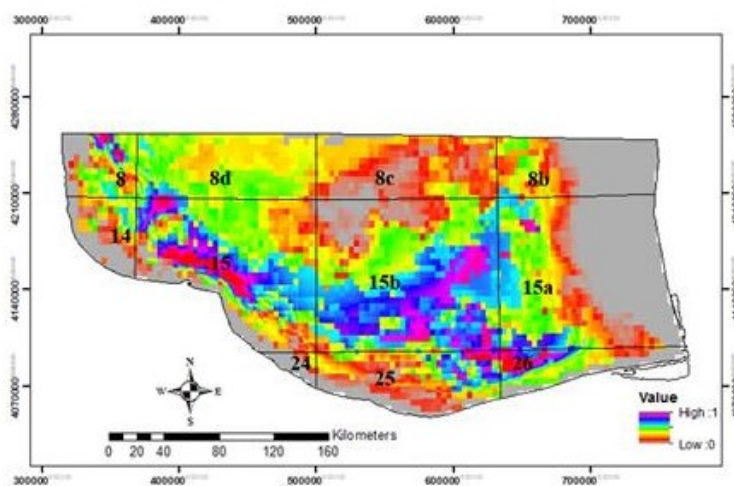
از سال ۲۰۰۱، ایستگاه‌های بررسی مستمر در طول سواحل دریای خزر با حمایت سازمان محیط زیست دریایی CEP و کمک‌های مالی چندین کشور حاشیه در نظر گرفته شد. شکل ۲ موقعیت ایستگاه‌های مشاهداتی مرکز تحقیقات شیلات مازندران را از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ نشان می‌دهد.



شکل ۲: نحوه پراکندگی ایستگاه‌های جمع‌آوری داده‌های میدانی شیلات

۳. بحث و نتیجه‌گیری

در این بخش نتایج حاصله از نقشه خروجی مدل Mahalanobis Typicality نشان‌دهنده زیستگاه مطلوب گونه مهاجم شانه‌دار در حوضه جنوبی دریای خزر بوده و این نقشه از ۰ تا ۱ متغیر است. همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد در نقاطی که حضور گونه ثبت شده، بیشترین مطلوبیت برای شانه‌دار مهاجم وجود دارد. در شکل ۳ نقشه نهایی مطلوبیت شانه‌دار مهاجم نشان داده شده است.



نتایج شکل ۳: نقشه نهایی مطلوبیت شانه‌دار مهاجم با استفاده از Mahalanobis Typicality

این مرحله نشان داد که اندکس‌های ۱۵، ۲۵ و ۲۶ دارای بالاترین و اندکس‌های ۸c و ۸b کمترین میزان مطلوبیت را داشته‌است. بررسی روش‌های مطلوبیت زیستگاه با توجه به چگونگی پراکندگی گونه در آن منطقه می‌تواند کمک مؤثری در امر مدیریت آن گونه داشته باشد. مدل‌های پیش‌بینی کننده توزیع گونه‌ها ابزار مهمی در تصمیم‌گیری‌های حفاظتی گونه‌ها به‌شمار می‌روند. تعیین فاکتورهای مؤثر بر حضور و انتخاب زیستگاه گونه‌ها نقش مهمی در حفاظت و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی دارد [۲۶]. مطالعه مستقیم گونه‌ها در مقیاس‌های وسیع بسیار پرهزینه و زمان‌بر است. جهت غلبه بر این مشکلات مدل‌های رابطه بین گونه‌ها و زیستگاه از دهه هفتاد میلادی کاربرد بیشتری پیدا کرده‌اند [۲۶]. اساس کار این مدل‌ها کمی کردن روابط بین توزیع گونه و محیط زنده و غیرزنده است [۲۲]. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که بیشتر زیستگاه‌های مطلوب این گونه در اندکس‌های ۱۵، ۲۵ و ۲۶ است که در مناطق ساحلی استان گیلان و مازندران قرار دارد. نتایج حاصل از پراکنش *Mnemiopsis* در دریای خزر نوساناتی داشته که با مراجعه به نتایج سایر دانشمندان و اکوسیستم‌های آبی جهان مسلماً از تغذیه، شرایط اکولوژیکی و سایر پارامترهای زیستی و غیرزیستی ناشی می‌شود. دلیل رشد سریع و پراکنش مشترک، این جانور اکوسیستم دریای خزر را تحت تأثیر قرار داده زیرا دارای رقابت غذایی بر سر پلانکتون‌های جانوری باکیلکا ماهیان بوده و همچنین از تخم و لاروهای آنان نیز تغذیه می‌کند. گوارش در آن‌ها بسیار سریع و در خوردن غذا بسیار حریص هستند. این موجود بطور دائم غذاهای نیم هضم شده را از دهان خارج کرده به این جهت در کاهش غذا، تخم و لارو ماهی آن نقش مهمی دارد [۱۶].

منابع

- [۱]- اسماعیلی ساری، ع.، خدابنده، ص.، ابطی، ب.، سیف آبادی، ج. و ارشاد، ه. ۱۳۷۸. گزارش مشاهده اولین مورد از شانه داران دریای خزر. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، سال اول، شماره ۶۸-۶۳: ۳
- [۴]- حسینی، س. ع.، گنجیان، آ.، مخلوق، آ.، کیهانی ثانی، ع.، تهامی، ف. س.، محمدجانی، ط.، حیدری، ع.، مکاری، م.، مخدومی، ن.، روشن طبری، م.، تکمیلیان، ک.، روحی، ا.، رستمیان، م. ت.، فالاحی، م.، سبک آرا، ج.، خسروس، م.، واردی، س. ا.، هاشمیان، م. ف.، واحدی، ف.، نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، سلیمانی رودی، ع.، لالویی، ف.، غلامی پور، س.، علوم، ی.، سالاروند، غ. ر. (۱۳۹۰) هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوضه جنوبی دریای خزر (۷۶-۱۳۷۵ گزارش نهائی موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۲۹۶ صفحه
- [۵]- روشن طبری، م.، تکمیلیان، ک.، سبک آرا، ج.، روحی، ا. و رستمیان، م. ت. ۱۳۸۲ پراکنش زئوپلانکتون در حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی پژوهشی شیلات ایران. شماره ۳. پاییز ۱۳۸۲ صفحات ۸۳ تا ۹۶.
- [۶]- روشن طبری، م.، نجات خواه، پ.، حسینی، ع.، خداپرست، ن. و رستمیان، م. ت. ۱۳۸۶. پراکنش زئوپلانکتون حوضه جنوبی دریای خزر در زمستان ۱۳۸۴ و مقایسه آن با سال‌های قبل. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره ۴. زمستان. صفحات ۱۲۹ تا ۱۳۷.
- [۷]- فاطمی سید محمد رضا، روشن طبری مژگان، پورغلام رضا، موسوی ندوشن رضوان، وثوقی غلامحسین، رحمتی رحیمه و خداپرست نور بخش (۱۳۹۲) پراکنش گروه‌های مختلف زئوپلانکتون در اعماق مختلف حوضه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷، اقیانوس‌شناسی، شماره ۸۵-۹۲، ۱۴
- [۸]- لالویی، ف.، روشن طبری، م.، روحی، ا.، گنجیان، ع.، هاشمیان، ع.، سلیمانی رودی، ع.، نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، واردی، س. ا.، واحدی، ف.، ۱۳۸۳. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی‌های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریای خزر، گزارش نهائی موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۳۵۰ صفحه.

- [10]- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHOI/IAEA/UN/ UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) (1997) Opportunistic settlers and the problem of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* invasion in the Black Sea. GESAMP reports and studies No. 58. International Maritime Organization, London.
- [11]-Kideys A. E., Roohi, A., Bagheri, S., Finenko, G., Kamburska, L. (2005) Impacts of Invasive Ctenophores on the Fisheries of the Black Sea and Caspian Sea. Oceanography-Black Sea Special Issue 18, 76-85.
- [12]-Roohi, A., Kideys, A.E., Sajjadi, A., Hashemian, A., Pourgholam, R., Fazli, H., GanjianKhenari, A. and Eker-Develi, E., (2010) Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. Biological Invasions: 2343–2361.
- [13]-Roohi A., Pourgholam R., Ganjian-Khenari A., Kideys A.E., Sajjadi A., Kalantari R.A. 2013. Factors Influencing the Invasion of the Alien Ctenophors *Mnemiopsis leidyi* Development in the Southren Caspian Sea. Journal of Ecopersia, Vol. 1(3), 299-313.
- [14]- Tsoar, A., *et al.*, 2007. A comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. *Diversity and Distributions*, 13 (4), 397–405.
- [15]-Williams, A. K. 2003. The influence of probability of detection when modeling species occurrence using GIS and survey data (Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University.



مقایسه شناسایی مورفولوژی و فیلوژنی مولکولی گونه *Favites pentagona* (Esper, 1795) جزایر

ابوموسی و سیری، خلیج فارس

علی دوست سلیمی، پریسا^{۱*}، قوام مصطفوی، پرگل^۱، چن، الن^۲، فاطمی، محمدرضا^۱

۱- دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۲- آکادمی مرکز تحقیقات تنوع زیستی Sinica، نانکانگ، تایوان

p_alidoostsalimi@yahoo.com

کلید واژه: خلیج فارس، جزیره ابوموسی، جزیره سیری، *rDNA*، *Favites pentagona*

۱. مقدمه

در دو دهه اخیر مطالعات مولکولی نشان داد سیستم طبقه بندی مرجان های سخت (Cnidaria: Anthozoa: Sclerectinia) که عمدتاً بر اساس ویژگی های مورفولوژی انجام می گیرد، نمی تواند منعکس کننده واقعی روابط تکاملی بسیاری از تاکسها باشد. زیرا ویژگی های مورفولوژیک تحت تاثیر شرایط محیطی نظیر میزان نور، جریان آب منطقه و وضعیت وسوب گذاری تغییر می یابد. این تغییرات منجر به بروز فنوتیپ هایی می شود که تعیین مرز گونه ای را با مشکل مواجه می کند. لذا استفاده از آنالیزهای مولکولی می تواند یک راه کار مناسب در تعیین وضعیت گونه ای مرجان ها باشد (Romano & Palumbi, 1997; van Oppen et al., 2001; Budd et al., 2014; Arrigoni et al., 2012). گونه *Favites pentagona* در منطقه خلیج فارس پراکنش کمی داشته و دارای دو شکل مختلف از لحاظ مورفولوژی می باشند که تشخیص گونه را در زیر آب با مشکل مواجه می کند. هدف مقاله حاضر، مقایسه شناسایی مورفولوژی و مولکولی گونه *Favites pentagona* در دو جزیره ابوموسی و سیری می باشد. همچنین آیا بر اساس شناسایی مورفولوژی و مولکولی تفاوتی بین دو شکل کلنی این گونه وجود دارد یا خیر. جهت بررسی وضعیت گونه ای، نمونه برداری از اجتماعات مرجانی دو جزیره سیری و ابوموسی صورت گرفت. همچنین به منظور آنالیز مولکولی از مارکر *rDNA* استفاده شد. مطالعات فیلوژنی مولکولی در گونه های مرجانی خلیج فارس صورت نگرفته است و تحقیق حاضر برای اولین بار انجام می گیرد.

۲. مواد و روش ها

۱-۲. شناسایی مورفولوژی

اسکلت مرجان ها با مایع هیپوکلرید سدیم ۱۰ درصد شستشو داده شد. سپس برای بررسی کورالیت مرجان ها از دستگاه فتواستریومیکروسکوپ (مدل: Leica, EZ490) استفاده گردید. جهت شناسایی به ترتیب صفات شمارشی و صفات اندازه گیری در هر یک از نمونه ها بررسی شد. نمونه های مرجان سپرده شده در موزه جانورشناسی دانشگاه تهران (ZUTC) نیز جهت قیاس مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت با کمک کلیدهای معتبر، مقالات و کتاب های منتشر شده و تایید پروفیسور میشل پیشان (Museum of Tropical Queensland-Australia) نمونه های مرجان تا حد گونه شناسایی شدند.

۲-۲. آنالیز مولکولی

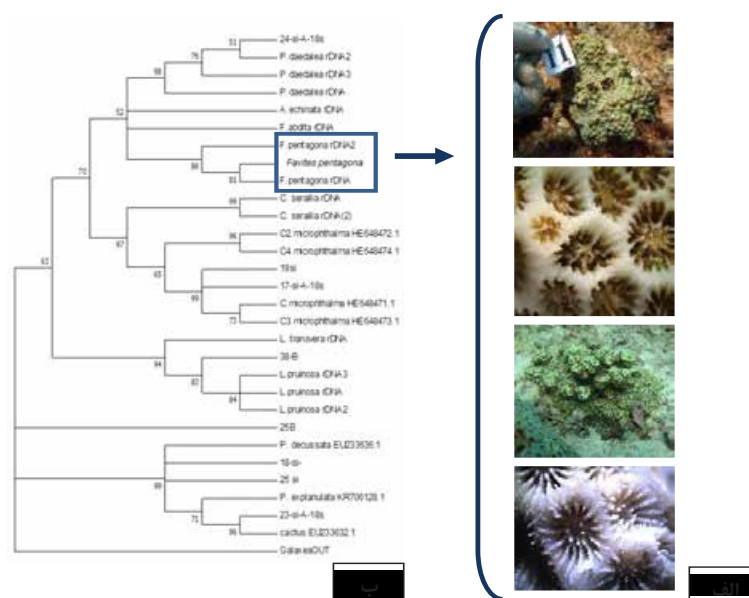
استخراج DNA با استفاده از روش CTAB انجام گرفت. به منظور بررسی فیلوژنی از مارکر rDNA جهت تکثیر ژن 5.8s، ITS1، ناحیه IT2 و بخش 28s استفاده شد (Benzoni et al., 2010). توالی‌های بدست آمده از واکنش زنجیره پلی‌مرز دارای اندازه بین ۷۰۰-۸۰۰ bp بودند. این توالی‌ها برای اولین بار از گونه *Favites pentagona* (Esper, 1794) خلیج فارس گزارش می‌گردد.

۲-۳. تجزیه و تحلیل داده‌های مولکولی

توالی‌های بدست آمده از هر جزیره مورد آنالیز فیلوژنی قرار گرفتند. برای این کار ابتدا توالی‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار Clustal W در نرم افزار Mega 7 با یکدیگر تنظیم شدند. جهت بررسی نمونه‌ها از توالی‌های ثبت شده در بانک ژن جهانی استفاده گردید. برخی از این توالی‌ها به عنوان توالی‌های مرجع در رسم درخت به کار گرفته شدند. آنالیز فیلوژنی پس از تشکیل ماتریکس داده‌ها، با استفاده از روش بیشینه احتمال (Maximum likelihood) انجام شد.

۳. نتایج

از هر دو جزیره ابوموسی و سیری کلنی‌های گونه *Favites pentagona* (Esper, 1794) جمع‌آوری گردید. شکل کلنی‌ها نامنظم و در سطح کلنی بخشی از کورالیت رشد بیش‌تری داشته و به صورت غده‌ای شکل نمایان شده است. کورالیت‌ها به صورت سروئید، نیمه مدور تا چندضلعی بوده و اندازه کالیس ۳ الی ۵ میلی‌متر است. سپتاها عمدتاً در ۲ ردیف قرار گرفته‌اند که ردیف اول به کالوملا رسیده و دارای پالیفرم لوب کاملاً مشخص هستند، سپتای ردیف دوم کاهش یافته و محدود به دیواره (گاهی وجود ندارد) می‌باشند. اطراف سپتا دارای تزئینات دانه‌ای، لبه سپتا دارای دندان‌های پهن کوچک، برخی سپتاها به یکدیگر جوش خورده است. ساختار پالار داری ۷-۹ پالی توسعه یافته در اطراف کالوملا است. کالوملا فشرده و توسعه کمی دارد (شکل ۱، الف). به طور کلی شرح گونه از لحاظ مورفولوژی با گونه مشابه از بخش جنوبی خلیج فارس و همچنین دریای سرخ تطابق داشت (Riegl and Purkis, 2012). کلنی‌های جمع‌آوری شده دارای دو شکل متفاوت در زیر آب بودند اما براساس شناسایی مورفولوژی هر دو فرم متعلق به یک گونه تشخیص داده شد. نتایج آنالیز فیلوژنی مولکولی نیز نشان داد، توالی گونه *Favites pentagona* با گونه مشابه خود از اقیانوس هند با بوت استراپ بالا هماهنگی دارند (شکل ۱، ب)، (Arrigoni et al., 2012). بر اساس آنالیز مولکولی نیز تفاوت ژنتیکی بین دو شکل مختلف کلنی وجود ندارد.



شکل ۱: الف: اشکال مختلف کلنی *Favites pentagona* در جزایر ابوموسی و سیری، شکل کورالیت و ساختار پارال، ب: آنالیز فیلوژنی ML

گونه‌های متعلق به *Dipsastraea Favites* و *Platygyra* از تاکساهای متداولی هستند که از خلیج فارس گزارش شده است (Riegl and Purkis, 2012, مقصودلو، ۱۳۹۰). بررسی‌های آنالیز فیلوژنی مولکولی جنس‌های *Dipsastraea Favites*، *Cyphastrea*، *Platygyra* و دیگر به خانواده Faviidae تعلق ندارد و هر چهار جنس در خانواده Merulinidae (کلاص XVII) طبقه‌بندی می‌شوند (Budd et al., 2012). از جنس *Favites* گونه *F. pentagona* بیش‌تر از سایر جزایر ایرانی نیز گزارش شده است (Vajed Samiei et al., 2013, مقصودلو، ۱۳۹۰) و تحقیق حاضر وجود این گونه در جزایر ابوموسی و سیری تایید می‌کند. واجدسمیعی و همکاران (۲۰۱۳)، گونه *F. micropentagona* را از جزیره لارک گزارش کردند (Vajed Samiei et al., 2013). طی بررسی نمونه سپرده شده در موزه دانشگاه تهران (ZUTC) گونه معرفی شده نیاز به بازنگری دارد و گونه متعلق به *F. pentagona* می‌باشد.

۴. نتیجه‌گیری

از یک سو تغییرات ناشی از آنالیز مولکولی در رده‌بندی و نام‌گذاری مرجان‌ها و از سوی دیگر تغییرپذیری شکل کلنی مرجان‌ها با توجه به شرایط محیطی، شناسایی دقیق گونه را با مشکل مواجه کرده است (Forsman et al., 2009). این امر می‌تواند مانعی برای تعیین وضعیت تکامل و تنوع زیستی آن‌ها باشد. مرجان‌های خلیج فارس به علت تحمل شرایط آب و هوایی سخت در مقایسه با سایر مناطق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. این تغییرات محیطی منجر به تغییر در کلنی مرجان‌های متعلق به یک گونه می‌شود. این امر معرفی و گزارش گونه‌های مرجان را با مشکل مواجه می‌کند که گاهی با خطا همراه است. استفاده از آنالیزهای مولکولی می‌تواند راه کار مناسبی جهت تعیین مرز گونه‌ای و نشان دادن وضعیت تکاملی گونه‌های مرجان خلیج فارس در مقابل با گونه‌های مشابه در سایر مناطق باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که شناسایی مولکولی تایید‌کننده شناسایی مورفولوژی گونه *Favites pentagona* می‌باشد. همچنین گونه مذکور با گونه مشابه از اقیانوس هند در درخت فیلوژنی در یک شاخه خوهری قرار گرفتند.

منابع

- [۱]- مقصودلو، (۱۳۹۰) مرجان‌های سخت آب‌های ساحلی ایران در خلیج فارس، موسسه ملی اقیانوس‌شناسی.
- [2]- Arrigoni, R., Stephani, F., Pichon, M., Galli, P. and Benzon, F. (2012). Molecular phylogeny of the Robust clade (Faviidae, Mussidae, Merulinidae, and Pectiniidae): An Indian Ocean perspective, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Vol. 65, 183–193.
- [3]- van Oppen, M., McDonald, B., Willis, B. and Miller, D. (2001). The Evolutionary History of the Coral Genus *Acropora* (Scleractinia, Cnidaria) Based on a Mitochondrial and a Nuclear Marker: Reticulation, Incomplete Lineage Sorting, or Morphological Convergence?, *Molecular Biology Evolution*, Vol. 18, No. 7, 1315–1329.
- [4]- Vajed samiei, J., Dab, K., Ghezellou, P. and Shirvani, A. (2013). Some scleractinian corals (Scleractinia: Anthozoa) of Larak Island, Persian Gulf, *Zootaxa*, Vo. 3636, No. 1, 101–143.
- [5]- Riegl, B.M. and Purkis, S.J. (eds.), (2012). Coral Reefs of the (Persian) Gulf: Adaptation to Climatic Extremes, *Coral Reefs of the World* 3, DOI 10.1007/978-94-007-3008-3_11.
- [6]- Forsman, Z., Barshis, D., Hunter, C. and Toonen, R. (2009). Shape-shifting corals: Molecular markers show morphology is evolutionarily plastic in *Porites*, *BMC Evolutionary Biology*. Vol. 9, No. 45, doi:10.1186/1471-2148-9-45.



[7]- Romano, S. and Palumbi, S.R. (1997). Molecular evolution of a portion of the mitochondrial 16s ribosomal gene region in Scleractinian corals. *Journal Molecular Evolution*, Vol. 45, 397-411.



اثر سمیت قارچ آسپرژیلوس بر روی ترکیب بدن و پارامترهای خون‌شناسی

میگوی *Litopenaeus vannamei*

جمشیدی زاده، سارا*، امراللهی بیوکی، نرگس، یوسف‌زادی، مرتضی، آرامیده، علی

گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
sarajamshidi370@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر با توجه به توسعه سریع آبی‌پروری و هزینه بالای پودر ماهی به‌عنوان رژیم غذایی، محققان به‌طور مداوم به دنبال جایگزین‌های گیاهی به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده خوراک آبزیان هستند. با این حال منبع مورد استفاده در رژیم غذایی آبزیان خطر قرار گرفتن در معرض آفاتوکسین را افزایش می‌دهد. آفاتوکسین‌ها هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و گروه بزرگی از میکوتوکسین‌ها هستند که توسط گونه‌های خاص قارچی از جنس آسپرژیلوس تولید می‌شوند. گونه‌های گسترده و متفاوتی از آبزیان شناخته شده‌اند که از اثرات سمی آفاتوکسین در رژیم غذایی رنج می‌برند. مصداق این مسئله آفاتوکسین‌هایی است که در خوراک‌های میگو یافت شده است و به این ترتیب آلودگی غذاهای دریایی به‌واسطه بقایای این سم را سبب می‌شود. در میگوی دریایی آفاتوکسین می‌تواند موجب اختلالاتی در میزان ترکیب بدن و همچنین پارامترهای هماتولوژی گردد. به‌طور کلی در این مطالعه اثر سمیت آفاتوکسین تولیدشده توسط قارچ آسپرژیلوس بر دو گروه میگوی شاهد (تغذیه‌شده با غذای سالم) و تحت تیمار (تغذیه‌شده با غذای آلوده به آفاتوکسین با غلظت‌های متفاوت) بر روی ترکیب بدن و پارامترهای خون‌شناسی میگوی وانامی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور میگوها به تعداد مورد نیاز از مرکز پرورش میگوی بخش کلاهی جمع‌آوری شدند. در مرحله بعد، رژیم‌های غذایی آلوده به آفاتوکسین با غلظت‌های متفاوت تدوین شدند و میگوهای آزمایشی در ۶ گروه در نظر گرفته شده، به مدت ۲۸ روز تغذیه شدند. پس از گذشت مدت‌زمان آزمایش میگوها جهت انجام سنجش ترکیب بدن، فاکتورهای خون‌شناسی و مطالعات هیستوپاتولوژیکی هیپاتوپانکراس نمونه‌برداری شدند. نتایج حاصل از این مطالعه تغییرات در میزان پارامترهای ترکیب بدن شامل کاهش میزان چربی و افزایش میزان رطوبت و پروتئین در گروه‌های تیماری نسبت به گروه کنترل را نشان داده است. همچنین آنالیز آماری، اختلاف معنی‌داری را در مقدار رطوبت در میان تمامی گروه‌های آزمایشی نشان داد ($P < 0.05$) (در مقابل، اختلاف در مقدار پارامترهای پروتئین و چربی کل عضله در بین تمامی گروه‌های آزمایشی معنی‌دار نبوده است $P > 0.05$).

کلید واژه: آسپرژیلوس، آفاتوکسین، ترکیب بدن، پارامترهای خون‌شناسی، *Litopenaeus vannamei*

۱. مقدمه

در طول دهه‌های گذشته، پرورش میگو به یک صنعت بسیار مهم در سراسر جهان تبدیل شده است. امروزه توسعه این صنعت و نیاز به نظارت بر شرایط فیزیولوژیکی میگوی پرورشی به‌طور مداوم در حال افزایش است. با این اوصاف، با توجه به حضور بیماری‌ها این صنعت با مشکلات بزرگی مواجه است. با توجه به خوراک مورد استفاده در این صنعت، عواملی وجود دارد که موجب خطرات بالقوه‌ای در برداشت مناسب از آبزیان

می‌شود، مانند تهاجم قارچی که اغلب توسط جنس‌های اسپریژیلوس^۱ و فوزاریوم^۲ ایجاد می‌شود. افلاتوکسین‌ها^۳ هیدروکربن‌های اروماتیک چند حلقه‌ای و گروه بزرگی از میکوتوکسین‌ها^۴ هستند که توسط گونه‌های خاص قارچی از جنس اسپریژیلوس، به‌ویژه فلاووس^۵ و پارازیتیکوس^۶ و تعدادی از گونه‌های پنسیلیوم^۷ و ریزوپوس^۸ تولید می‌شوند [۱]. اسپریژیلوس ۴ نوع افلاتوکسین تولید می‌کند که بر اساس رنگ فلورسانس به انواع B₁ و B₂ (آبی‌رنگ)، G₁ و G₂ (سبزرنگ) تقسیم می‌شوند [۲]. در این میان، افلاتوکسین B₁ شایع‌ترین است که به‌عنوان قوی‌ترین سم کبدی، سرطان‌زا و سرکوب‌کننده ایمنی شناخته می‌شود و بیشترین سمیت را برای انسان و موجودات خشکی و آبزیان داراست و به دلیل بروز مسمومیت شدید و شیوع در سراسر جهان بزرگ‌ترین نگرانی را ایجاد کرده است [۳-۵].

در سال‌های اخیر با توجه به توسعه سریع آبی‌پروری و هزینه بالای پودر ماهی به‌عنوان رژیم غذایی، محققان به‌طور مداوم به دنبال جایگزین‌های گیاهی به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده خوراک آبزیان هستند. با این حال منبع مورد استفاده در رژیم غذایی آبزیان خطر قرار گرفتن در معرض افلاتوکسین را افزایش می‌دهد [۲]. گونه‌های گسترده و متفاوتی از آبزیان شناخته شده‌اند که از اثرات سمی افلاتوکسین در رژیم غذایی رنج می‌برند. مصداق این مسئله افلاتوکسین‌هایی است که در خوراک‌های میگو یافت شده است و به این ترتیب آلودگی غذاهای دریایی به‌واسطه بقایای این سم را سبب می‌شود. در میگوی دریایی افلاتوکسین می‌تواند موجب اختلالاتی در میزان ترکیب بدن و همچنین پارامترهای هماتولوژی گردد [۲ و ۶ و ۷]. به‌طور کلی در این مطالعه اثر سمیت افلاتوکسین تولیدشده توسط قارچ اسپریژیلوس بر دو گروه میگوی شاهد (تغذیه‌شده با غذای سالم) و تحت تیمار (تغذیه‌شده با غذای آلوده به افلاتوکسین با غلظت‌های متفاوت) بر روی ترکیب بدن و پارامترهای خون‌شناسی میگوی وانامی مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

در این مطالعه در ابتدا به‌منظور انتخاب سویه مناسب قارچ اسپریژیلوس برای مطالعه کنونی، میزان افلاتوکسین تولیدشده به‌وسیله دو سویه از قارچ اسپریژیلوس پارازیتیکوس (PTCC NO: 5004) و (PTCC NO: 5286) و اسپریژیلوس فلاووس (PTCC NO: 5018) تهیه‌شده از مرکز کلکسیون قارچ و باکتری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین ابتدا قارچ‌های مذکور در شرایط محیطی یکسان بر روی محیط کشت SDA^۹ تکثیر شدند. به‌منظور بررسی قابلیت تولید افلاتوکسین، از قارچ‌های مذکور عصاره متانولی گرفته شد. جهت تهیه عصاره متانولی، اسپورهای مربوط به هر یک از سویه‌های قارچ، از روی محیط‌های کشت جمع‌آوری و با متانول ۸۰ درصد به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد. میزان افلاتوکسین تولیدشده توسط هر یک از سویه‌های قارچ، به ازای ۵ میلی‌لیتر نمونه عصاره متانولی، با روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) اندازه‌گیری شد. بررسی کروماتوگرام‌های حاصل از جداسازی افلاتوکسین، نشان داد که سویه پارازیتیکوس به‌مراتب سم افلاتوکسین بیشتری را تولید می‌کند؛ بنابراین قارچ اسپریژیلوس پارازیتیکوس به‌منظور ادامه تحقیق، انتخاب گردید.

روش آماده‌سازی خوراک آلوده به افلاتوکسین، از مطالعات Bintvihok و همکاران (۲۰۰۶)، Casado و همکاران (۲۰۰۱) و Lim و همکاران (۲۰۰۱) گرفته شد [۸-۱۰]. اسپریژیلوس پارازیتیکوس همان‌طور که در بخش‌های قبلی شرح داده شد، بر روی محیط کشت SDA کشت داده شد و به مدت ۷ روز انکوباسیون آن انجام شد. پس از گذشت این مدت‌زمان اسپورهای قارچ در آب مقطر استریل به حالت سوسپانسیون درآمده و جمع‌آوری شدند و پس از اندازه‌گیری غلظت آن به وسیله لام هموسیتومتر و شمارش اسپورها با میکروسکوپ نوری، ۵۱ میلی‌لیتر از این

¹ *Aspergillus*

² *A. Fusarium*

³ Aflatoxin

⁴ Mycotoxin

⁵ *A. Flavus*

⁶ *A. Parasiticus*

⁷ *A. Penicillium*

⁸ *A. Rhizopus*

⁹ Sabouraud dextrose agar

محلول با غلظت 1×10^6 اسپور در هر میلی‌لیتر به ترتیب با نسبت های ۰ و ۱ و ۵ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ میلی‌لیتر به‌طور مجزا به ۱۰۰ گرم خوراک میگو مربوط به هر گروه آزمایشی که از قبل توسط دستگاه اتوکلاو استریل شده بود (در مجموع ۶۰۰ گرم) اضافه شد و به مدت ۷ روز در یک محیط استریل با دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و رژیم‌های غذایی ۶ گروه آزمایشی شامل ۱ گروه شاهد و ۵ گروه تیماری آماده گردید.

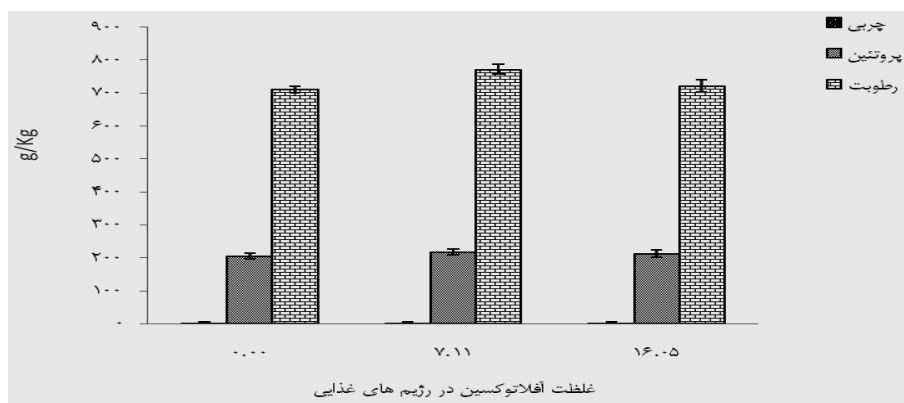
به‌منظور بررسی و مطالعه ترکیب بدن و برخی پارامترهای خون‌شناسی میگوی وانامی در اثر سمیت با آفلاتوکسین، حدود ۲۰۰ قطعه میگو با وزن متوسط ۱۰ گرم، اندازه متوسط ۸ سانتی‌متر و پرورش‌یافته در استخرهای پرورش میگوی بخش کلاهی، واقع در استان هرمزگان، به همراه غذای موردنیازشان تهیه گردید. سپس تعداد ۱۸ عدد مخزن ۱۴ لیتری که شامل ۵ گروه تحت تیمار (هر تیمار دارای ۳ تکرار) و ۳ گروه شاهد بود، تعبیه شد. به جهت اکسیژن‌دهی، هر مخزن مجهز به سنگ هوا گردید و درون هرکدام، ۱۰ قطعه میگو قرار داده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت و جایگزینی کامل میگوها غذادهی و تعویض آب شروع شد و آدپتاسیون میگوها به مدت ۲ هفته انجام گرفت. پس از گذشت مرحله آدپتاسیون، میگوها به مدت ۴ هفته با رژیم‌های غذایی متفاوت تغذیه شدند. همه گروه میگوها، ۴ بار در روز در سطح جیره ۸-۴ درصد از وزن بدن تغذیه شدند. در طول دوره آزمایش، پارامترهای محیطی شامل دما در بازه‌ای از ۲۵ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد کنترل شده، شوری حدود ۳۷ و pH ۷/۷-۸ بوده است. پس از پایان ۴ هفته آزمایش تغذیه، پس از عدم تغذیه میگو به مدت ۲۴ ساعت، اثرات آفلاتوکسین بر روی ترکیب بدن (پروتئین خام، چربی خام و رطوبت) و پارامترهای خون‌شناسی میگوی وانامی مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور پس از مدت‌زمان مشخص شده، میگوها در هر مخزن برای آنالیز نمونه‌گیری شدند. جهت آنالیز پارامترهای خون‌شناسی، همولنف‌گیری با سر سوزن شماره ۱ انجام شد. پس از آماده سازی همولنف میگوها، پارامترهای خون‌شناسی با کیت‌های تشخیصی در آزمایشگاه تشخیص طبی مورد بررسی قرار گرفتند. پروتئین خام، چربی خام و رطوبت در عضله با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین شدند [۱۱]. اندازه‌گیری رطوبت با قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و با در نظر داشتن ثابت ماندن وزن، انجام گرفت. پروتئین خام توسط دستگاه کجلدال (Kjeltec Auto Analyser) و چربی خام توسط دستگاه سوکسله (Soxtec System) تعیین شد.

۳. نتایج

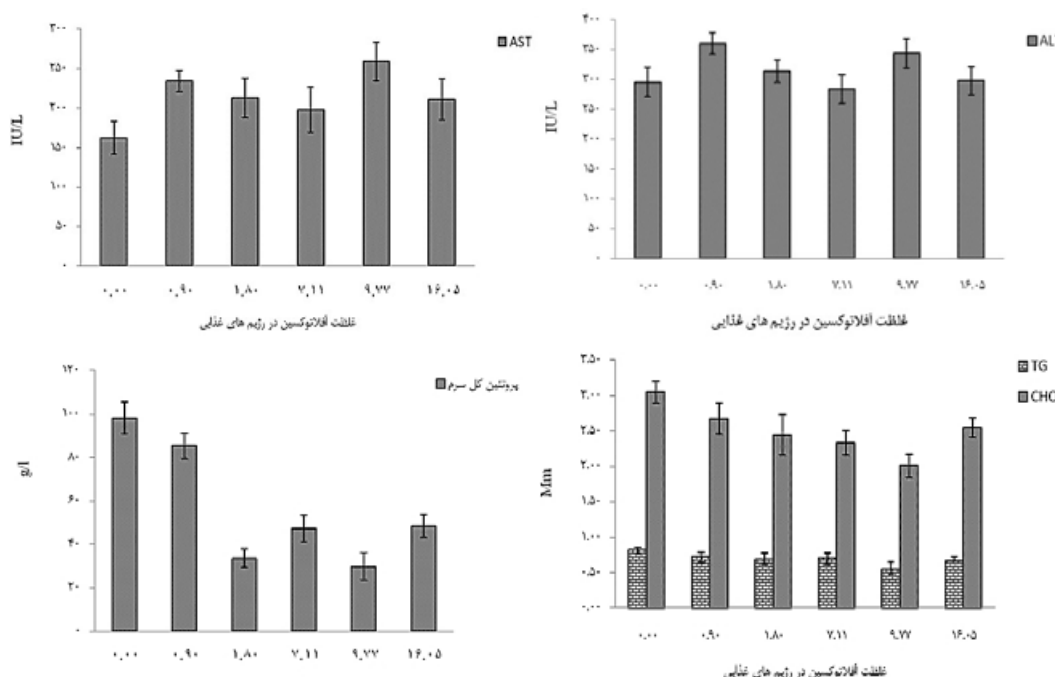
طی این آزمایش پارامترهای ترکیب بدن در گروه‌های کنترل و تیماری با غلظت‌های ۷،۱۱ و ۱۶،۰۵ ppb آفلاتوکسین سنجش گردید. نتایج حاصل از آنالیز تقریبی ترکیب شیمیایی بدن شامل رطوبت، پروتئین کل و چربی کل در جدول ۱ و شکل ۱ نشان داده شده است. به طوری که با افزایش غلظت آفلاتوکسین در رژیم‌های غذایی، میزان پروتئین کل و رطوبت عضله افزایش و میزان چربی کل عضله کاهش یافته است. نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way Anova) نشان داد که تنها، اختلاف در میزان رطوبت در میان گروه‌های آزمایشی معنی‌دار بوده است ($P < 0.05$). نتایج حاصل از سنجش پارامترهای خون‌شناسی نیز نشان داد که میزان فعالیت آنزیم‌های ترانس‌آمیناز در سرم همولنف میگوهای آزمایشی با افزایش غلظت آفلاتوکسین در رژیم‌های غذایی افزایش و در مقابل میزان پروتئین و چربی کل سرم کاهش یافته است (شکل ۲) و طبق نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه این اختلاف در میزان پارامترهای خون‌شناسی، در میان تمامی گروه‌های آزمایشی معنی‌دار بوده است ($P < 0.05$).

جدول ۱: نتایج سنجش پارامترهای ترکیب بدن میگوهای آزمایشی

گروه‌های آزمایشی	پارامترهای ترکیب بدن		
	رطوبت	چربی کل	پروتئین کل
گروه شاهد	$71/06 \pm 0/061$	$0/50 \pm 0/034$	$20/58 \pm 0/052$
تیمار ۱۰	$77/21 \pm 0/079$	$0/47 \pm 0/072$	$21/74 \pm 0/043$
تیمار ۲۰	$72/11 \pm 0/062$	$0/49 \pm 0/020$	$21/26 \pm 0/030$



شکل ۱: مقدار چربی، پروتئین و رطوبت در عضله میگوهای آزمایشی پس از چهار هفته تغذیه با رژیم‌های غذایی آلوده به آفلاتوکسین



شکل ۲: مقادیر پارامترهای خون‌شناسی شامل فعالیت آنزیم‌های ترانس آمیناز (AST و ALT)، میزان پروتئین و چربی کل (تری‌گلیسیرید و کلسترول) در سرم میگوهای آزمایشی پس از چهار هفته تغذیه با رژیم‌های غذایی آلوده به آفلاتوکسین

۴. نتیجه گیری

در بررسی‌های انجام شده در این مطالعه نشان داده شد که میگوی وانامی به حضور آفلاتوکسین در رژیم‌های غذایی در سطوح فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پاسخ می‌دهد. کاهش چربی کل سرم در گروه‌های تیماری، طبق گفته Joner در سال ۲۰۰۰ می‌تواند مربوط به مهار سنتز لیپید بر اثر عارضه آفلاتوکسیکوسیس ایجاد شده در میگوهای آزمایشی باشد. کاهش پروتئین کل سرم و چربی کل عضله نیز می‌تواند بر اثر افزایش نیاز بدن به انرژی و مصرف منابع انرژی باشد که خود به واسطه استرس ایجاد شده از حضور آفلاتوکسین اتفاق افتاده است و همچنین به دلیل رها شدن کاتکول آمین و کورتیزول و شروع فرایند کاتابولیسم پروتئین باشد. افزایش پروتئین کل عضله به دلیل تخریب روند بیوسنتز پروتئین پلاسما و جبران این نقص از جانب هیپاتوپانکراس به عنوان مکانیسم سازگاری موجود برای مقابله با استرس و تامین منابع انرژی رخ داده است. افزایش آنزیم‌های AST و ALT می‌تواند به دلیل نکرورز بافت هیپاتوپانکراس و تغییر نفوذپذیری غشای آن و به دنبال آن آزاد شدن این آنزیم‌ها در همولنف میگوهای گروه‌های تیماری باشد. نتایج حاصل از این مطالعه با دیگر مطالعات همچون Boonyaratpalin و همکاران (۲۰۰۱)، Deng و همکاران (۲۰۱۳) و Zeng و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشته است.

منابع

- [1]- HAN, D., XIE, S., ZHU, X., Yang, Y., Guo, Z. 2010. Growth and hepatopancreas performances of gibel carp fed diets containing low levels of aflatoxin B1. *Aquaculture nutrition*, 16(4), 335-342.
- [2]- Zeng S.L., Long W.Q., Tian L.X., Xie S.W., Chen Y.J., Yang H.J., Liang G.Y. & Liu Y.J. (2016) Effects of dietary aflatoxin B1 on growth performance, body composition, haematological parameters and histopathology of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition* 22, 1152–1159.
- [3]- Deng, S. X., Tian, L. X., Liu, F. J., Jin, S. J., Liang, G. Y., Yang, H. J., ... and Liu, Y. J. 2010. Toxic effects and residue of aflatoxin B1 in tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) during long-term dietary exposure. *Aquaculture*, 307(3), 233-240.
- [4]- Do, J. H., Choi, D. K. 2007. Aflatoxins: detection, toxicity, and biosynthesis. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 12(6), 585-593.
- [5]- El-Sayed, Y. S., Khalil, R. H. 2009. Toxicity, biochemical effects and residue of aflatoxin B 1 in marine water-reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L). *Food and chemical toxicology*, 47(7), 1606-1609.
- [6]- Boonyaratpalin, M., Supamattaya, K., Verakunpiriya, V. & Suprasert D. (2001) Effects of aflatoxin B1 on growth performance, blood components, immune function and histopathological changes in black tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius). *Aquacult. Res.*, 32, 388–398.
- [7]- Ghaednia, B., Bayat, M., Sohrabi Haghdooost, I., Motallebi, A. A., Sepahdari, A., Mirbakhsh, M., Mehrabi, M. R. 2013. Effects of aflatoxin B1 on growth performance, health indices, phagocytic activity and histopathological alteration in *Fenneropenaeus indicus*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(4)723-737.
- [8]- Bintvihok, A., Kositcharoenkul, S., 2006. Effect of dietary calcium propionate on performance, hepatic enzyme activities and aflatoxin residues in broilers fed a diet containing low levels of aflatoxin B1. *Toxicon* 47, 41–46.
- [9]- Casado, J.M., Theumer, M., Masih, D.T., Chulze, S., Rubinstein, H.R., 2001. Experimental subchronic mycotoxicoses in mice: individual and combined effects of dietary exposure to fumonisins and aflatoxin B1. *Food Chem. Toxicol.* 39, 579–586.
- [10]- Lim, H.A., Ng, W.K., Lim, S.L., Ibrahim, C.O., 2001. Contamination of palm kernel meal with *Aspergillus flavus* affects its nutritive value in pelleted feed for tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Aquac. Res.* 32, 895–905.
- [11]- A.O.A.C. (2005). Official methods of analysis 18th edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington D. C. U.S.A.



بررسی تغییرات زمانی و اثر سطح بستر بر نشست دوکفه‌ای در سواحل ایرانی *Mytilaster lineatus* دریای خزر

گلی نیا، پریسا^{۱*}، نصرالهی، علی^۲، حیدری، الهه^۳، پازوکی، جمیله^۴

۱. دانشجوی دکتری زیست‌شناسی دریا گرایش جانوران دریا، گروه زیست فناوری دریا و آبزیان، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران

۲. استادیار گروه زیست فناوری دریا و آبزیان - دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران

۳. فارغ التحصیل دوره کارشناسی ارشد زیست‌شناسی دریا گرایش جانوران دریا، دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید

بهشتی تهران، ایران

۴. استاد گروه زیست فناوری دریا و آبزیان - دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران

parissagolinia_1370@yahoo.com

چکیده

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه جهان و دارای گونه‌های ارزشمندی است. در آغاز قرن بیستم با باز شدن کانال ولگا گونه‌های غیر بومی از راه‌های مختلف وارد دریای خزر شده‌اند یکی از آنها، دوکفه‌ای *Mytilaster lineatus* است که به صورت گونه‌ای مهاجم توسط کشتی از دریای سیاه وارد دریای خزر شده است. در این مطالعه که از مرداد ۱۳۹۲ تا تیر ۱۳۹۳، در حوضه جنوبی خزر (بندر امیرآباد) صورت گرفت، تغییرات زمانی و اثر سطح بستر بر نشست دوکفه‌ای *M. lineatus* با استفاده از پنل‌های PVC بررسی شد. در این مطالعه پنل‌ها (۱۰×۱۰×۰/۳ سانتی‌متر) با ۱۰ تکرار به صورت افقی از بدنه اسکله آویزان و در عمق یک متری آب قرار داده شدند و هر چهار ماه از آب برداشت و با پنل‌های جدید جایگزین شدند. تراکم و میزان زیتوده دوکفه‌ای‌های روی دوسطح پنل محاسبه شد. برای تحلیل داده‌ها، از آزمون واریانس دوطرفه (TWO-WAY ANOVA) در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد اثر زمان بر تراکم و زیتوده معنی‌دار بوده اما سطح بستر و اثر متقابل زمان و سطح، اثر معنی‌داری نداشته‌اند. بیش‌ترین تراکم و زیتوده دوکفه‌ای‌ها در ماه‌های مرداد-آبان مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش دما می‌تواند باعث افزایش تراکم و زیتوده *M. lineatus* شود. با توجه به افزایش ساختارهای انسان‌ساز در محیط‌های دریایی، همچنین افزایش اثرات گرمایش جهانی بر گونه‌های بیوفولینگ، بررسی گونه‌های مهاجم از جمله *Mytilaster lineatus*، حائز اهمیت است. در نتیجه نتایج این مطالعه و مطالعات گسترده‌تر در آینده برای مدیریت اثرات ناشی از پدیده بیوفولینگ مفید می‌باشد.

کلیدواژه: *Mytilaster lineatus*، تغییرات زمانی، سطح بستر، بیوفولینگ، دریای خزر

۱. مقدمه

دریای خزر بزرگ‌ترین دریاچه جهان بوده و دارای گونه‌های ارزشمندی از نظر زیستی و اقتصادی است. در آغاز قرن بیستم با باز شدن کانال ولگا، گونه‌های غیر بومی از راه‌های مختلف وارد دریای خزر شده‌اند که ۹ تاکسون از گونه‌های معرفی شده از دریای سیاه و آروف، جزء گونه‌های چسبنده زیست^۱ هستند. دوکفه‌ای *Mytilaster lineatus* یکی از این گونه‌های مهاجم بوده که توسط کشتی از دریای سیاه وارد دریای خزر

¹ Biofouling

شده است [1]. این گونه به همراه دو گونه *Nereis diversicolor* و *Amphibalanus improvisus*، ۶۰-۷۰ درصد از زیتوده کفزیان این دریا را تشکیل می‌دهند [2].

عوامل غیرزیستی و زیستی مختلفی نظیر زمان (فصل)، سطح و جهت‌گیری بستر، انتخاب بستر مناسب، دما، شوری، ذخیره لاروی [5]-[3]. بر ساختار جوامع بی‌مهرگان تاثیر می‌گذارد. با توجه به توسعه روزافزون صنعت کشتی‌رانی، بررسی نشست دوکفه‌ای *Mytilaster lineatus* به عنوان یک گونه مهاجم از جوامع چسبنده در دریای خزر، دارای اهمیت است. در این مطالعه، تغییرات زمانی و اثر سطح بستر بر نشست دوکفه‌ای *M. lineatus* با استفاده از پنل‌های PVC، در سواحل ایرانی دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در حوضه جنوبی دریای خزر در منطقه بندر امیرآباد صورت گرفت (شکل ۱). بندر امیرآباد در طول و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه و ۳۶ ثانیه شمالی و ۵۳ درجه و ۲۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی واقع شده است.



شکل ۱: موقعیت مکانی ایستگاه نمونه‌برداری واقع در بندر امیرآباد-سواحل ایرانی دریای خزر

مطالعه حاضر از مرداد ۱۳۹۲ تا تیر ۱۳۹۳، جهت تعیین میزان تراکم و میزان زیتوده دوکفه‌ای *Mytilaster lineatus* انجام شد. در این مطالعه یک سری از پنل‌های PVC (با ابعاد ۱۰×۱۰×۰/۳ سانتی‌متر) با ۱۰ تکرار به صورت افقی از بدنه اسکله آویزان و در عمق یک متری آب قرار داده شدند. این پنل‌ها هر چهار ماه یک‌بار از آب برداشت و با پنل‌های جدید جایگزین شدند. پس از برداشت هر سری از پنل‌ها، از هر دو سطح رویی و زیرین پنل‌ها عکس‌برداری صورت گرفت.

۲-۲. عملیات آزمایشگاهی

پس از انتقال پنل‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌ها ابتدا به آرامی در آب شسته شده تا گل و لای آن‌ها حذف شود. سپس تعداد دوکفه‌ای‌های چسبیده شده روی هر دو سطح رویی و زیرین پنل‌ها زیر استریومیکروسکوپ شمارش شدند. بعد از شمارش، دوکفه‌ای‌های با استفاده از کاردک برای محاسبه وزن خشک از سطح پنل‌ها جدا شدند. تراکم دوکفه‌ای‌های برای محاسبات آماری در واحد سطح (یک مترمربع) محاسبه شد.

۲-۳. محاسبه زیتوده

دوکفه‌ای‌های هر پنل پس از شمارش و جدا شدن از پنل، درون فویل‌های آلومینیومی کد‌گذاری شده، قرار داده شد. سپس نمونه‌ها درون آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند [6]. در نهایت، نمونه‌ها با دقت ۰/۰۰۱ گرم برای محاسبه وزن خشک (زیتوده) اندازه‌گیری شدند.

۲-۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Kolmogorov-Smirnov در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ بررسی شد. برای استفاده از آزمون واریانس دوطرفه (TWO-WAY ANOVA) در صورت نرمال نبودن داده‌ها، از آزمون‌های نرمال سازی (تبدیل لگاریتمی) در این نرم افزار استفاده شد. در آزمون واریانس دوطرفه، فاکتورهای زمان و سطح بستر به عنوان فاکتور ثابت (Fixed) و تراکم و زیتوده به عنوان فاکتور متغیر (Variable) بررسی شد.

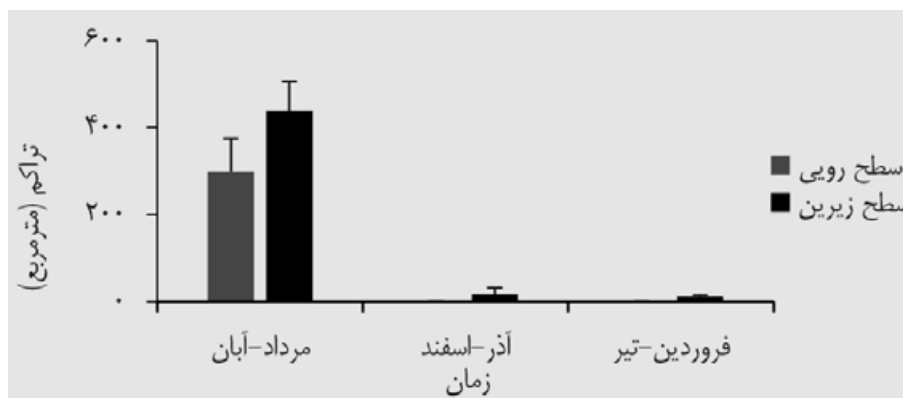
۳. نتایج

در این مطالعه در مجموع ۳۰ پنل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که اثر زمان بر تراکم و زیتوده دوکفه‌ای‌ها معنی‌دار بوده اما سطح بستر و اثر متقابل زمان و سطح، اثر معنی‌داری بر تراکم و زیتوده نداشته‌اند. (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین تراکم دوکفه‌ای‌ها به ترتیب در چهارماهه اول (مرداد-آبان) و چهارماهه سوم (فروردین-تیر) و بیش‌ترین و کم‌ترین میزان زیتوده به ترتیب در چهارماهه اول (مرداد-آبان) و چهارماهه دوم (آذر-اسفند) بوده است (شکل ۲ و ۳).

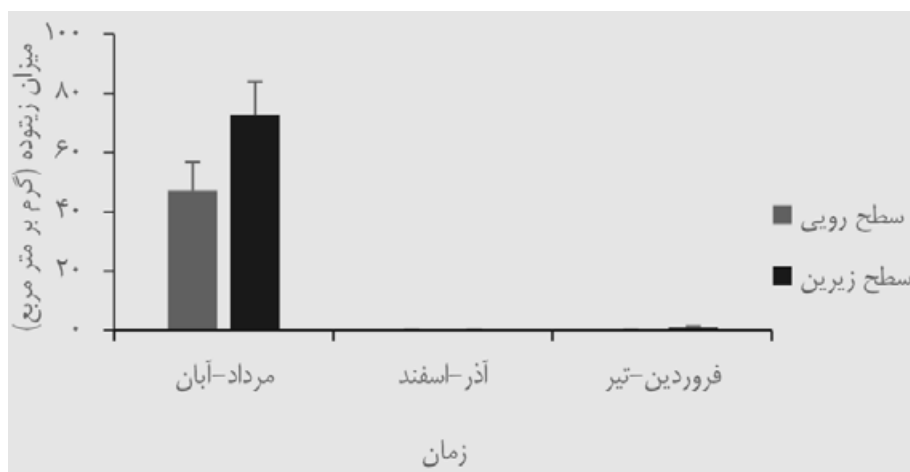
جدول ۱: نتایج حاصل از آنالیز واریانس دوطرفه برای تراکم و زیتوده در دوکفه‌ای *Mytilaster lineatus*

زیتوده			تراکم			درجه آزادی	
F	MS	SS	F	MS	SS	منبع تغییرات	
۶۴/۷۲۳*	۲۳۷۷۴/۹۸۷	۴۷۵۴۹/۹۴۷	۴۸/۹۶۰*	۸۷۱۹۷۴/۶۰۰	۱۷۴۳۹۴۹/۲۰۰	زمان	۲
۳/۱۹۵	۱۱۷۳/۶۸۷	۱۱۷۳/۶۸۷	۲/۵۷۲	۴۵۸۱۶/۰۶۷	۴۵۸۱۶/۰۶۷	سطح بستر	۱
۲/۹۰۳	۱۰۶۶/۵۳۰	۲۱۳۳/۰۶۰	۱/۴۸۶	۲۶۴۶۶/۰۶۷	۵۲۹۳۲/۱۳۳	زمان × سطح بستر	۲
		۹۵۰۵۹/۲۶۸			۳۷۷۹۸۱۶/۰۰۰	کل	۶۰

* تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد: SS: مجموع مجذورات، MS: میانگین مجذورات



شکل ۲: میانگین (± خطای استاندارد) تراکم دوکفه‌ای *Mytilaster lineatus* در ماه‌های مختلف



شکل ۳: میانگین ($\pm$ خطای استاندارد) زیتوده دوکفه‌ای *Mytilaster lineatus* در ماه‌های مختلف

۴. بحث و نتیجه‌گیری

از ویژگی‌های مهم جوامع بیوفولینگ می‌توان به تغییرات مداوم در ترکیب و ساختار جمعیت با گذشت زمان اشاره کرد که این تغییرات می‌توانند متأثر از عوامل زیستی و غیر زیستی باشند [7]. در این مطالعه تأثیر زمان (فصل) غرقاب سازی و سطح بستر بر نشست دوکفه‌ای *Mytilaster lineatus* توسط پنل‌های PVC مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که بالاترین تراکم و زیتوده در اواسط تابستان و اوایل پاییز بوده است. تغییر عوامل محیطی از جمله دما می‌تواند باعث ایجاد تغییرات زمانی در ترکیب و فراوانی جوامع بیوفولینگ شود [7]. دمای بالا در فصول گرم عموماً باعث تسریع بلوغ تولید مثلی در بسیاری از بی‌مهرگان دریایی می‌شود [8]. مطالعات مختلفی تأثیر دما را بر تراکم و حضور دوکفه‌ای‌ها بررسی کرده‌اند [9]–[12]. در این مطالعه کم‌ترین میزان تراکم و زیتوده در فصولی با دمای پایین‌تر مشاهده شد. کمبود منابع غذایی و در نتیجه تغذیه کم‌تر و همچنین پایین بودن نرخ متابولیسم در دماهای پایین و از سویی دیگر، طوفان و باران‌های سنگین در فصل زمستان می‌تواند موجب کاهش نشست و زیتوده موجودات بیوفولینگ طی ماه‌های سرد سال شود [13].

با وجود معنی دار نبودن تفاوت نشست بین دو سطح رویی و زیرین، میزان تراکم و زیتوده در سطح زیرین پنل‌ها بیش‌تر از سطح رویی بوده است. بالا بودن میزان نشست موجودات بیوفولینگ در سطح زیرین بسترهای مختلف نسبت به سطح رویی آن‌ها در مطالعات گوناگونی نشان داده شده است [14]–[16]. کم بودن میزان بارش رسوبات بر سطح زیرین پنل‌ها، فضای محافظت شده‌تری را برای موجودات به خصوص گونه‌های فیلترکننده فراهم می‌آورد و به همین دلیل نشست دوکفه‌ای‌ها بیش‌تر در این سطح مشاهده می‌شود [16].

با توجه به توسعه کشتی‌رانی و افزایش ساختارهای انسان‌ساز در محیط‌های دریایی و همچنین افزایش اثرات ناشی از گرمایش جهانی بر گونه‌های بیوفولینگ، بررسی و مطالعه گونه‌های مهاجم بیوفولینگ از جمله *Mytilaster lineatus*، حائز اهمیت است. در نتیجه نتایج این مطالعه برای مدیریت اثرات ناشی از پدیده بیوفولینگ مفیده بوده و همچنین مطالعات بیش‌تری برای بررسی جوامع بیوفولینگ ضروری است.

منابع

- [1]- Shiganova, T. A., Musaeva, E. I., Pautova, L. A. & Bulgakova, Y. V. (2005), The problem of invaders in the Caspian Sea in the context of the findings of new zoo-and phytoplankton species from the Black Sea, *Biology Bulletin*, Vol. 32, No. 1, 65–74
- [2]- Karpinsky, M. G. (2010), On peculiarities of introduction of marine species into the Caspian Sea, *Russian Journal of Biological Invasions*, Vol. 1, No. 1, 7–10 .

- [3]- Sutherland, J. P. & Karlson, R. H. (1977), Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina, *Ecological Monographs*, Vol. 47, No. 4, 425–446.
- [4]- Minchinton, T. E. & Scheibling, R. E. (1991), The influence of larval supply and settlement on the population structure of barnacles, *Ecology*, Vol. 72, No. 5, 1867–1879.
- [5]- Anderson, M. J. & Underwood, A. J. (1994), Effects of substratum on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 184, No. 2, 217–236.
- [6]- Canning-clode, J., Sugden, H. (2014), Assessing fouling assemblages. In: Biofouling Methods, S. Dobertsov, J. Thomason, D. Williams (eds). No. 252-270.
- [7]- Pati, S. K. *et al.* (2015), Spatial and temporal changes in biofouling community structure at Visakhapatnam harbour, east coast of India, *Tropical Ecology*, Vol. 56, No. 2, 139–154.
- [8]- Olive, P. J. W. (1995), Annual breeding cycles in marine invertebrates and environmental temperature: probing the proximate and ultimate causes of reproductive synchrony, *Journal of Thermal Biology*, Vol. 20, No. 1, 79–90.
- [9]- Theisen, B. F. (1968), Growth and mortality of culture mussels in the Danish Wadden Sea, *Andr. Fred* Vol. 6, No. 47-78.
- [10]- Hickman, R. W. (1979), Allometry and growth of the green-lipped mussel *Perna canaliculus* in New Zealand, *Marine Biology*, Vol. 51, No. 4, 311–327.
- [11]- Ursin, E. (1963), On the Incorporation of Temperature in the Von Bertalanffy Growth Equation, Vol. 4, No. 1-15.
- [12]- Braby, C. E. & Somero, G. N. (2006), Following the heart: temperature and salinity effects on heart rate in native and invasive species of blue mussels (genus *Mytilus*), *Journal of Experimental Biology*, Vol. 209, No. 13, 2554–2566.
- [13]- Pechenik, J. A. (1990), Delayed metamorphosis by larvae of benthic marine invertebrates: does it occur? Is there a price to pay? *Ophelia*, Vol. 32, No. 1-2, 63–94.
- [14]- Hatcher, A. M. (1998), Epibenthic colonisation patterns on slabs of stabilised coal-waste in Poole Bay, UK. *Hydrobiologia*, Vol. 367, No. 1-3, 153–162.
- [15]- Thomason, J. C., Letissier, M. D. A., Thomason, P. O. & Field, S. N. (2002), Optimising settlement tiles: the effects of surface texture and energy, orientation and deployment duration upon the fouling community, *Biofouling*, Vol. 18, No. 4, 293–304.
- [16]- Boaventura, D. *et al.* (2006), Macrobenthic colonisation of artificial reefs on the southern coast of Portugal (Ancão, Algarve), *Marine Biodiversity*, Vol. 183, No. 335–343.



تأثیر ریزپوشانی باکتری *Lactobacillus rhamnosus* بر شاخص‌های رشد، هماتولوژی و فلور باکتریایی

دستگاه گوارش قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss*

هوشیار، یلدا^{۱*}، عابدیان کناری، عبدالمحمد^۲، گندمی نصرآبادی، حسن^۳

۱. دانشجوی دکتری، تکثیر و پرورش آبزیان، شیلات، منابع طبیعی و علو دریایی، تربیت مدرس، نور، ایران

۲. استاد، تکثیر و پرورش آبزیان، شیلات، منابع طبیعی و علو دریایی، تربیت مدرس، نور، ایران

۳. دانشیار، بهداشت و کنترل مواد غذایی، دامپزشکی، تهران، تهران، ایران

y.hooshyar@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه تأثیر باکتری *Lactobacillus rhamnosus* ریزپوشانی شده بر شاخص‌های رشد، فاکتورهای خونی و فلور باکتریایی روده قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تعداد ۱۰۸ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی $5/10 \pm 2/2$ به صورت تصادفی در ۳ تیمار (سه تکرار برای هر تیمار) به مدت ۶۰ روز مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارها شامل تیمار شاهد (فاقد پروبیوتیک)، تیمار حاوی باکتری پروبیوتیک *L.rhamnosus* ریزپوشانی شده و تیمار شامل این باکتری بدون ریز پوشش بود. در انتهای دوره، میزان افزایش وزن و طول بچه ماهیان محاسبه شد و پس از خونگیری، پارامترهای خونی اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی نشان داد شاخص وزن نهایی، ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه در تیمارهای مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد به صورت معناداری بهتر می‌باشد ($P \leq 0.05$). همچنین در تیمار حاوی باکتری ریزپوشانی شده نسبت به سایر تیمارها بهترین عملکرد در روند پرورش دیده شد. تعداد کل گلبولهای قرمز (RBC)، میزان هماتوکریت (Ht)، هموگلوبین (Hb) و تعداد گلبولهای سفید (WBC) در تیمار تغذیه شده با باکتری ریزپوشش دار افزایش معناداری را نشان داد ($P \leq 0.05$). بیشترین مقادیر فاکتورهای ایمنی خون شامل لیروزیم، IGM و کمپلمان متعلق به تیمار تغذیه شده با باکتری ریزپوششش دار و پایین تر مقادیر آن متعلق به گروه شاهد بود ($P \leq 0.05$). تعداد باکتری اسید لاکتیک در هر دو تیمار نسبت به تیمار شاهد به طور معنا داری بالاتر بود ($P \leq 0.05$). نتایج این تحقیق نشان داد که ریزپوشانی نمودن باکتری تا حد زیادی سبب حفظ باکتری و جایگزینی در دستگاه گوارش و بدنبال آن اثرگذاری مثبت بر رشد و فاکتورهای ایمنی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طول دوره پرورش می‌گردد.

کلیدواژه: قزل‌آلای رنگین‌کمان، ریزپوشانی، رشد، ایمنی، فلور دستگاه گوارش

۱. مقدمه

بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از پروبیوتیک‌ها در جیره غذایی آبزیان تأثیرات مثبتی بر فلور باکتریایی دستگاه گوارش آبزیان بر جای گذاشته و باعث بهبود شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه، ایمنی و بازماندگی در آبزیان مختلف شده است [۲]. اما بهره‌مندی از مزایای باکتری‌های پروبیوتیک به سطح دوز مصرفی و توان زنده ماندن باکتری در طول پردازش، ذخیره‌سازی و هضم غذا بستگی دارد [۳، ۴]. از اینرو زنده ماندن باکتری‌های پروبیوتیک در دستگاه گوارش ماهی از اهمیت بالقوه‌ای برخوردار است. یکی از روش‌ها برای افزایش قابلیت زنده ماندن باکتری‌های پروبیوتیک استفاده از تکنولوژی انکپسولاسیون (ریزپوشانی) می‌باشد. ریزپوشانی کردن باکتری برای حفظ زنده ماندن پروبیوتیک

ها در غذای انسانی به میزان زیادی استفاده می‌شود اما نیاز است که سودمندی تکنیک‌های ریزپوشانی کردن در غذای حیوانات از جمله آبزیان نیز مورد بررسی قرار گیرد. ریزپوشانی تکنولوژی می‌تواند از پروبیوتیک‌ها محافظت کرده و سبب بهبود ثبات و زنده‌مانی آن‌ها در جیره غذایی شده و علاوه بر این تحویل و آزادسازی هدفمند پروبیوتیک‌ها را در مکان و زمان مناسب در پی داشته باشد [۵،۴]. در این مطالعه به بررسی ایمنی زایی پروبیوتیک *Lactobacillus rhamnosus* به صورت ریزپوشش دار شده بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین با هدف حفظ و زنده‌مانی باکتری و تاثیر بر رشد و فاکتورهای خونی و شاخص‌های ایمنی پرداخته می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور آماده‌سازی باکتری و فرآیند ریزپوشانی در ابتدا بعد از تهیه باکتری لاکتوباسیلوس رامنسوس (PTCC 1637) به صورت لیوفیلیزه از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران در ۲۰ میلی لیتر محیط کشت MRS براث (Merck Germany) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه قرار داده شد. بعد از تلقیح نمونه بیومس حاصله به وسیله سانتریفیوژ ۱۵۰۰g به مدت ۱۵ دقیقه جداسازی و در دو مرحله با محلول استریل آب پپتونه ۰/۱ درصد شستشو صورت گرفت. برای انجام فرایند ریزپوشانی ابتدا تمامی مواد و وسایل آزمایشگاهی در دمای ۱۲۱ درجه به مدت ۱۵ دقیقه استریل شدند. برای ریزپوشانی به طور خلاصه ۳۰ گرم آلژینات سدیم (Sigma-Aldrich) در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شده و پس از آن با ۲۰ گرم نشاسته مقاوم ذرت و ۱ میلی لیتر از سوسپانسیون میکروبی *L. rhamnosus* مخلوط شد [۶]. برای تشکیل امولسیون، ۵۰۰ میلی لیتر از مخلوط حاصله را به ۲ لیتر روغن کانولا حاوی ۰/۲ درصد توئین ۸۰ (Sigma-Aldrich) اضافه نموده و با سرعت ۹۰۰ rpm به مدت ۲۰ دقیقه هم زده تا امولسیون یکنواختی تشکیل شود. به منظور تشکیل کپسول‌ها به محلول مورد نظر کلرید کلسیم ۰/۱ مولار اضافه و پس از ۳۰ دقیقه کپسول‌ها ته نشین می‌شوند که به منظور جداسازی کپسول‌ها از سانتریفیوژ ۳۵۰g به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. در نهایت کپسول‌های جدا شده دو بار با آب مقطر شسته شدند [۸،۷].

به منظور تهیه غذا و ماهی مواد اولیه مورد استفاده در جیره شامل پودر ماهی، آرد گندم، روغن ماهی، روغن سویا و سایر افزودنی‌ها از کارخانه دام و طیور و آبزیان ساری تهیه و جیره غذایی پایه با استفاده از نرم افزار جیره نویسی لیندو فرموله و تهیه شد. باکتری ریزپوشانی شده در حین ساخت غذا به سایر مواد افزوده شد و باکتری آزاد به صورت اسپری به غذای خشک شده افزوده شد. جهت یکسانی شرایط بر روی جیره گروه شاهد آب مقطر و روغن اسپری شد. پلت‌های تهیه شده بعد از خشک شدن و بسته بندی در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

تعداد ۱۰۸ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزنی $10/65 \pm 2/24$ گرم بعد از طی کردن دوره آداباسیون در ۳ تیمار مختلف و سه تکرار برای هر تیمار (۱۲ ماهی در هر مخزن) به مخازن ۳۰۰ لیتری طبق روش توزیع کاملاً تصادفی معرفی شدند. به مدت ۸ هفته با غذای (۳ بار در روز) غذادهی شدند. تیمارها شامل: تیمار کنترل (فاقد پروبیوتیک)، تیمار حاوی باکتری پروبیوتیک *L. rhamnosus* ریزپوشانی شده و تیمار حاوی باکتری *L. rhamnosus* به صورت آزاد، بود. بعد از پایان دوره پرورش و ۲۴ ساعت قطع غذادهی، زیست سنجی انجام و شاخص‌های رشد شامل وزن نهایی، طول کل، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، ضریب تبدیل غذا (FCR) و نرخ رشد ویژه (SGR) محاسبه گردید [۹].

$$\text{Feed conversion ratio (FCR)} = \text{Feed intake (g)} / (W_t - W_0) \quad (1)$$

$$\text{Specific growth rate (SGR \% d}^{-1}\text{)} = (\text{Ln } W_t - \text{Ln } W_0) \times 100 / t \quad (2)$$

$$\text{Percent body weight increase (BWI\%)} = (W_t - W_0) / W_0 \times 100 \quad (3)$$

W_0 و W_t به ترتیب وزن نهایی و اولیه ماهی، t تعداد روزهای انجام آزمایش می‌باشد. برای تعیین شاخص‌های خونی به طور تصادفی از هر تانک ۳ ماهی صید شده و پس از بیهوش سازی با پودر گل میخک (غلظت ۱۰۰ ppm) خونگیری از ساقه دمی صورت گرفت. برای اندازه گیری فاکتورهای ایمنی خون به ویال‌های آغشته به هپارین انتقال داده و پلاسما جداسازی شد. فاکتورهای خونی مورد مطالعه در این تحقیق شامل تعداد گلبول‌های قرمز خون (RBC)، گلبول سفید (WBC)، هماتوکریت (HCT)، هموگلوبین (Hb)، حجم متوسط گلبولی (MCV)،

هموگلوبین متوسط گلبولی (MCH)، غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (MCHC) بود. میزان لایزوزیم با روش [۱۰] و میزان کمپلمان (ACH50) با استفاده از همولیز گلبول های قرمز خرگوش (RaRBC) و به کمک روش [۱۱] اندازه گیری گردید.

به منظور بررسی تغییرات فلور باکتریایی روده در ابتدا، میانه و انتهای دوره فلور باکتریایی روده سنجیده شد. بطور تصادفی ۲ ماهی از هر تکرار صید شد. برای شمارش تعداد کل باکتری های اسید لاکتیک، یک گرم از روده با ۹ میلی لیتر محلول نمکی استریل مخلوط و سپس یک سریال رقیق سازی از 10^{-1} تا 10^{-7} تهیه شد و کشت سطحی از هر رقت بر روی پلیت حاوی محیط کشت اختصاصی باکتری های اسیدلاکتیک (MRS Agar) (برای هر رقت دو تکرار) صورت گرفت. پلیت ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد انکوباسیون شدند. میانگین تکرارهای هر تیمار به عنوان لگاریتم تعداد کلونی های تشکیل (log CFU) شده به ازای هر گرم از نمونه بیان شد [۹].

۳. نتایج

L. rhamnosus دارای خواص پروبیوتیکی در ماهی قزل آلائی رنگین کمان است و باعث بهبود رشد و ایجاد تعادل باکتریایی روده شد و همچنین این باکتری با افزایش فعالیت لیزوزیم، کمپلمان سرم قدامی سبب تحریک ایمنی ذاتی ماهی قزل آلائی رنگین کمان می شود [۱۲، ۱۳].

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با وجود عدم تفاوت معنی دار در وزن اولیه ماهیان، در پایان ۶۰ روز و در آخرین مرحله زیست سنجی افزایش وزن و طول قابل توجهی در تیمارهای تغذیه شده با پروبیوتیک ریزپوشانی شده و آزاد در مقایسه با شاهد صورت گرفت که معنی دار بود ($P \leq 0.05$) (جدول شماره ۱).

جدول ۱: شاخص های رشد ماهی قزل آلائی رنگین کمان تغذیه شده با *L. rhamnosus* ریزپوشانی شده (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

پارامترها	شاهد	<i>L. rhamnosus</i> آزاد	<i>L. rhamnosus</i> ریزپوشانی شده
وزن نهایی (گرم)	$77/50 \pm 4/94^b$	$90/27 \pm 7/73^b$	$111/08 \pm 9/07^a$
طول کل (سانتیمتر)	$19/75 \pm 0/43^b$	$20/67 \pm 0/58^{ab}$	$21/92 \pm 0/52^a$
افزایش وزن بدن (درصد)	$66/76 \pm 3/1^b$	$75 \pm 4/5^b$	$80/78 \pm 7/3^a$
نرخ رشد ویژه (درصد)	$1/8 \pm 0/1^b$	$2/2 \pm 0/1^{ab}$	$2/4 \pm 0/2^a$
ضریب تبدیل غذا	$2/1 \pm 0/8^a$	$1/6 \pm 0/3^{ab}$	$1/2 \pm 0/1^b$

*اعداد دارای حروف یکسان در هر ردیف فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح $P \leq 0.05$ می باشند.

نتایج سنجش شاخص های خون شناسی در جدول شماره (۲) نشان داده شده است. در تعداد گلبول های قرمز و سفید خون و مقدار هماتوکریت، هموگلوبین اختلاف معناداری بین تیمارها دیده می شود ($P \leq 0.05$) به گونه ای که بیشترین مقدار مربوط به گروه تغذیه شده با جیره حاوی باکتری پوشش دار می باشد. در خصوص MCV، MCH و MCHC تفاوت معنا داری بین تیمارها دیده نشد ($P \geq 0.05$).

جدول ۲: مقایسه شاخص های هماتولوژی و بیوشیمیایی قزل آلائی رنگین کمان در تیمارهای مورد آزمایش

شاخص	شاهد	<i>L. rhamnosus</i> آزاد	<i>L. rhamnosus</i> ریزپوشانی شده
گلبول قرمز ($\times 10^6$ میکرولیتر)	$1/1 \pm 136^b$	$1/5 \pm 34^{ab}$	$1/9 \pm 196^a$
گلبول سفید ($\times 10^3$ میکرولیتر)	$7/3 \pm 251^b$	$8/1 \pm 57^b$	$9/8 \pm 317^a$
هموگلوبین (گرم بر دسیلیتر)	$7/5 \pm 0/12^b$	$9/5 \pm 0/12^a$	$10/3 \pm 0/17^a$
هماتوکریت (درصد)	$42/33 \pm 0/58^b$	$54/51 \pm 0/67^{ab}$	$59/12 \pm 0/41^a$
میانگین هموگلوبین گلبولی MCH (پیکوگرم)	$64/54 \pm 2/30^a$	$70/36 \pm 1/93^a$	$68/00 \pm 0/69^a$
غلظت متوسط هموگلوبین داخل گلبول قرمز MCHC (گرم در دسی لیتر)	$16/9 \pm 0/15^a$	$19/2 \pm 0/42^a$	$18/8 \pm 0/1^a$
متوسط حجم هر گلبول قرمز MCV (فمتولیترا)	$381 \pm 15/3^a$	$406 \pm 18/7^a$	$401 \pm 9/85^a$
ایمونوگلوبولین (mg/dl)	$18 \pm 5/51^c$	$28 \pm 7/02^b$	$38 \pm 2/65^a$
لیزوزیم (u/ml/min)	$17/33 \pm 5/13^c$	$29/25 \pm 2/08^b$	$34/67 \pm 2/51^a$
کمپلمان (u%)	$115/33 \pm 3/46^b$	$126/65 \pm 8/67^{ab}$	$134 \pm 1/3^a$

*اعداد دارای حروف یکسان در هر ردیف فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح $P \leq 0.05$ می باشند.

نتایج شمارش باکتریایی روده در جدول (۳) آمده است. باکتریهای اسید لاکتیک در ابتدای دوره پرورش در روده ماهی قزل آلا رنگین کمان دیده نشد، اما در میانه و پایان دوره پرورش تعداد آنها افزایش یافته و بین تیمارهای بررسی شده و تیمار شاهد اختلاف معناداری دیده شد ($P \leq 0.05$). همچنین شمارش کلی باکتریایی نیز بین تیمارها در پایان دوره پرورش دارای اختلاف معناداری بود ($P \leq 0.05$).

جدول ۳: مقایسه کشت باکتریایی روده ماهی قزل آلا رنگین کمان در تیمارهای مورد آزمایش

بakteri	زمان بررسی	Log CFUg ⁻¹	شاهد	<i>L. rhamnosus</i> آزاد	<i>L. rhamnosus</i> ریزپوشانی شده
باکتری اسید لاکتیک	ابتدای دوره	صفر	صفر	صفر	صفر
	روز ۳۰	۱±۰/۰ ^b	۱/۷۸±۰/۲۸ ^{ab}	۲/۱۲±۰/۴۶ ^a	
	روز ۶۰	۱±۰/۰ ^b	۱/۴۶±۰/۰۲ ^{ab}	۲/۶۸±۰/۱ ^a	
توتال کانت باکتری	ابتدای دوره	۵±۰/۱۸	۵±۰/۱۸	۵±۰/۱۸	
	روز ۳۰	۵/۴±۰/۲۳ ^a	۶/۴۲±۰/۴۲ ^a	۷/۸۵±۰/۶۷ ^a	
	روز ۶۰	۶/۳۶±۰/۰۷ ^b	۸/۱±۰/۱۷ ^{ab}	۹/۱۳±۰/۰۵ ^a	

*اعداد دارای حروف یکسان در هر ردیف فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح $P \leq 0.05$ می باشند.

۴. بحث و نتیجه گیری

افزایش شاخص های رشد در این مطالعه دیده شد که این نتایج با تحقیقات Nayak و همکاران [۱۴] مطابقت داشت. افزودن پروبیوتیک ها به جیره غذایی ماهی باعث ایجاد تعادل میکروبی روده، ساختن ترکیبات مفید از جمله ویتامین ها و برخی از آنزیم ها، تحریک و افزایش کارایی سیستم ایمنی، افزایش فعالیت های گوارشی و آنزیمی باعث افزایش قابلیت هضم مواد غذایی و تجزیه ترکیبات غیر قابل هضم شده و در نتیجه سبب افزایش اشتها در ماهی و به دنبال آن افزایش رشد و توسعه غذایی می شود [۱۲].

در تیماری که ماهیان با غذای حاوی پروبیوتیک تغذیه شده بودند فاکتورهای خونی نتایج خوبی برجای گذاشته بودند. در مطالعه صورت گرفته توسط Panigrahi و همکاران [۱۲] نتایج مشابه حاصل شد. در واقع یکی از شاخص های مهم و قابل اطمینان در بررسی وضعیت سلامتی و فیزیولوژی ماهیان، سنجش شاخص های خونی آنان می باشد، که تحت تاثیر تغذیه، عوامل محیطی و سن آن هاست [۳]. افزایش تعداد گلبول های سفید در تیمارهای تغذیه شده با پروبیوتیک بخصوص پوشش دار دیده می شود که این خود بیانگر تحریک سیستم ایمنی بدن ماهی توسط پروبیوتیک می باشد. این افزایش می تواند به عنوان یک واکنش سیستم ایمنی غیر اختصاصی مطرح باشد که نشانه ای از مصرف پروبیوتیک هاست [۱۴]. لیزوزیم و کمپلمان از فاکتورهای مهم ایمنی می باشند که در این آزمایش مقادیر بالایی را در تیمارهای حاوی پروبیوتیک نشان می دهند که با بالا بودن گلبول های سفید و ارتباط آن ها با تقویت ایمنی ماهی با استفاده از باکتری کاملاً همخوانی دارد.

فلور باکتریایی در ماهیان تغذیه شده با پروبیوتیک کپسوله شده به میزان قابل توجهی بهبود یافته بود. پوشش آلژینات در برابر اسید معده مقاوم بوده و بعد از عبور از آن در انتهای روده شکسته شده و باکتری را رها می سازد، بدین طریق باکتری به همان میزان مطلوب اولیه که به غذا اضافه شده است وارد روده شده و اثرات مطلوبی را برجای می گذارد [۱۷،۸]. نشاسته مقاوم ذرت بوسیله آنزیم آمیلاز در روده کوچک هضم نمی شود، از این رو می تواند به روده بزرگ رسیده و در آنجا تخمیر شود. این ویژگی مشخصه خوبی برای تحویل پروبیوتیک ها در اندام هدف می باشد و علاوه بر این نشاسته مقاوم ذرت یک سطح ایده آل برای پیوستگی سلول های پروبیوتیک بوده و نقش پری بیوتیک داشته که سبب افزایش زنده مانده پروبیوتیک و یک حالت فعال متابولیکی در روده می شود [۱۷،۱۵،۵].

نتیجه گیری: در مجموع نتایج این تحقیق کاملاً بر این موضوع صحت میگذارد که تکنیک پوشش دار کردن باکتری با استفاده از آلژینات می تواند سبب حفاظت باکتری در پروسه ساخت و در برابر اسیدیته معده شده و باکتری را به میزان مناسبی در اختیار آبی قرار دهد، که این موضوع منجر می شود که باکتری پروبیوتیک اثرگذاری مطلوبی بر رشد، فاکتورهای خون و بهبود عملکرد سیستم ایمنی و فلور باکتریایی دستگاه گوارش داشته باشد. بنابراین استفاده از این تکنیک و ورود آن به صنعت آبی پروری جهت استفاده بهینه از میزان باکتری مورد استفاده به عنوان پروبیوتیک، توصیه می شود.

- [1]-Citarasu T. (2010), Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, Vol. 18, No. 3, 403–414.
- [2]-Nikoskelainen S., Ouwehand A.C., Bylund G., Salminen S and Lilius E.M. (2003), Immune enhancement in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by potential probiotic bacteria (*Lactobacillus rhamnosus*). *Fish and Shellfish Immunology*, Vol. 15, No. 5, 443-452.
- [3]-Irianto, A. and Austin, B. 2002. Probiotics in aquaculture (Review). *Journal of Fish Diseases*, Vol. 25, No. 11, 633-642.
- [4]-Huq, T., Khan, A., Khan, R., Riedl, B., Lacroix, M. (2013), Encapsulation of Probiotic Bacteria, in Biopolymeric System, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 53, No. 9, 909–916.
- [5]-Ariful M.I., Yun C.H., Choi Y.J., Cho C.S. (2010), Microencapsulation of live probiotic bacteria, *Journal of Microbiology and Biotechnology*, Vol. 20, No. 10, 1367–1377.
- [6]-Anal A.K., Singh H. (2007). Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 18, No. 5, 240–251.
- [7]-Hansen L.T., Allan-Wojtas P.M., Jin Y.L., Paulson A.T. (2002). Survival of Ca-alginate microencapsulated *Bifidobacterium* spp. in milk and simulated gastrointestinal conditions, *Food Microbiology*, Vol. 19, No. 1, 35–45.
- [8]-Anal A.K., Singh H. (2007), Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 18, No. 5, 240–251.
- [9]- Ng W.K., Koh C.B., Sudesh K., Siti-Zahrah A. (2009). Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.*, and subsequent survival during a challenge test with *Streptococcus agalactiae*, *Aquaculture Research*, Vol. 40, No. 13, 1490–1500.
- [10]-Rehulka, J. (2000). Influence of astaxanthin on growth rate, condition and some blood indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, No. 190, 27-47.
- [11]-Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S., Okamoto, N., Watanabe, T. (2000), Effect of dietary β -carotene on the immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, Vol., No. 66, 1068-1075.
- [12]-Panigrahi A., Kiron V., Kobayashi T., Puangkaew J., Satoh S., Sugita H. (2004), Immune responses in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* induced by a potential probiotic bacteria *Lactobacillus rhamnosus* JCM 1136. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, Vol. 102, No. 4, 379-388.
- [13]-Gatesoupe F.J. (1999), Review: The use of probiotics in aquaculture, *Aquaculture*, Vol. 180, No. 1-2, 147-165.

- [14]- Nayak, S. K., Swain, P. and Mukherjee, S. C. 2007. Effect of dietary supplementation of probiotic and vitamin C on the immune response of Indian major carp *Labeo rohita* (Ham.). *Fish and Shellfish Immunology*, Vol. 23, No. 4, 892-896.
- [15]-Cordero H.E., Guardiola F.A., Tapia-Paniagua S.T., Cuesta A., Meseguer J.E., Balebona M.C., Mori-nigo M.A., Esteban M.A. (2015), Modulation of immunity and gut microbiota after dietary administration of alginate encapsulated *Shewanella putrefaciens* Pdp11 to gilthead seabream (*Sparus aurata* L.), *Fish and Shellfish Immunology*, Vol. 45, No. 2, 608-618.
- [16]-Krasaekoopt W., Bhandari B., Deeth H.C. (2006), Survival of probiotics encapsulated in chitosan-coated alginate beads in yoghurt from UHT- and conventionally treated milk during storage, *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 39, No. 2, 177-183.
- [17]-Vivek, K.B. (2013), Use of encapsulated probiotics in dairy based foods, *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, Vol. 3, No. 2, 188-199.



تغییرات بیان star و cyp1 طی مراحل رسیدگی جنسی در ناس ماهی استرلیاد

رعناى اخوان، سبحان^۱، سلاطی، امیر پرویز^{۱*}، جلالی، امیر حسین^۲، فلاحتکار، بهرام^۳

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان

۳. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

apsalati@kmsu.ac.ir

چکیده

در این مطالعه میزان mRNA سیتوکروم P450 (cyp19a) و پروتئین تنظیم کننده استروئیدونیک حاد (star) در فولیکول‌های تخمدان ماهی استرلیاد، *Asipenser ruthenus* از مرحله ویتلوزنیک تا آترزی به روش real time PCR مورد بررسی قرار گرفت. میزان بیان star و cyp1 تحت تاثیر تکامل گنادی قرار گرفت. نسخه های star تخمدانی در مرحله پس از ویتلوزن به میزان زیادی افزایش یافت. نتایج این مطالعه ارتباط بین بیان ژن های مرتبط با استروئیدوزن با تکامل گنادی وجود دارد.

کلید واژه: استرلیاد، گناد، cyp1 star

۱. مقدمه

به‌طور کلی، بیوسنتز کورتیکوستروئیدها و هورمون‌های جنسی از کلسترول به عنوان پیش ساز مشترک آغاز می‌شود. در آغاز روند استروئیدسازی کلسترول به غشای داخلی میتوکندری انتقال پیدا می‌کند. این گام ابتدایی مرحله کلیدی و محدود کننده در مسیر استروئیدسازی به حساب می‌آید که به وسیله پروتئین تنظیمی استروئیدسازی حاد (Star) تنظیم می‌شود و این پروتئین، کلسترول را از غشای خارجی میتوکندری به غشای داخلی انتقال می‌دهد. سیتوکروم آروماتاز P450 آنزیم شبکه اندوپلاسمی است که در کاتالیز استروژن‌ها از آندروژن‌ها نقش ایفا می‌نماید. به دلیل تولید استرادیول، آروماتاز P450 نقش مهمی در تداوم تولید مثل دارد. در مهره‌داران و در بسیاری از گونه‌های ماهیان تلئوست دو فرم تخمدانی (cyp19a) و فرم مغزی (cyp19b) یافت شده است. این در حالی است که تنها فرم تخمدانی (cyp19a) آن در ماهیان غیر تلئوست یافت می‌شود. هم چنین نقش cyp19a در تمایز و توسعه تخمدانی و فرایند گامتوژنیزس شناخته شده است. بیان آروماتاز در گناد گام کلیدی در روند سنتز استروئیدها می‌باشد که این امر نقش کلیدی در رسیدگی گنادی و تولید مثل در ماهیان ماده دارد (۱).

۲. مواد و روش‌ها

طراحی پرایمر بر اساس نواحی مشابه در توالی‌های تاسماهی سبیری (GenBank: JX027376.1)، تاسماهی اطلس (GenBank: HQ439361.1)، تاسماهی سفید (GenBank: FJ205611.1)، تاسماهی چینی (GenBank: AJ745100.1) و تاسماهی آمور به وسیله نرم افزار پرایمر ۳ (Ver. 4.0) طراحی شد. مضاعف‌سازی و کشف محصول خاص با استفاده از سیستم PCR نسخه برداری معکوس تک مرحله ای (شکل ۳-۹، Life Technologies, Carlsbad, California, USA)، کیت مسترمیکس سایبر گرین (Life Technologies, Carlsbad, California, USA) و پرایمرهای خاص انجام گرفت. اندازه کلیه محصولات PCR با بررسی منحنی تفکیکی و الکتروفورز ژل تایید

شد. در این رساله، ژن بتا اکتین به عنوان یک ژن رفرنس غیر تنظیمی به کار گرفته شد و مشاهده شد که تغییرات بیان این ژن ثابت است. پایدار بودن ژن بتا-اکتین به وسیله شیوه ΔCt مورد تایید قرار گرفت. سپس نتایج اطلاعات mRNA ژن-ها به وسیله ژن کنترل داخلی بتا اکتین نرمال گردید. تفاوت در مقادیر Ct ژن رفرنس و ژن هدف برای هر کدام از mRNA ها با مقایسه میانگین Ct از دو نمونه واکنش هر نمونه و تفریق آن از Ct واکنش-های ژن رفرنس بدست آمد ($\Delta Ct \text{ stage} = Ct_{\text{target gene}} - Ct_{\text{reference gene}}$). کلیه نمونه-ها سپس به کمک مقادیر ΔCt کالیبراتور برای به دست آوردن مقدار ΔCt نرمال شدند ($\Delta Ct_{\text{target}} - \Delta Ct_{\text{calibrator}}$). برای ارزیابی بیان mRNA می مختلف از ژن های هدف نمونه های مرحله زرده سازی به صورت تصادفی به عنوان نمونه های کالیبراتور انتخاب شدند. بیان کمی نسبی با استفاده از شیوه $2^{-\Delta\Delta Ct}$ مورد سنجش قرار گرفتند.

۳. نتایج

در تاس‌ماهیان استرلیاد میزان بیان تخمدانی star به میزان قابل توجهی در ماهیان مرحله پس از زرده‌سازی افزایش پیدا کرد. این طور می‌توان نتیجه گرفت که بیان بالاتر star مسئول مکانیزم‌های درگیر در فراهم نمودن سازگاری برای افزایش تقاضای کلسترول برای روند استروئیدسازی است (۲). افزایش بیان mRNA یی star پیش از این در مراحل میانه تا پایان زرده سازی ماهیان باس دریایی اروپایی گزارش شده است (۳). پروفایل بیانی star در طول چرخه تولید مثلی در بسیاری از مهره داران غیر پستاندار گزارش شده است. در ماهیان زبرا بیان star در طول مراحل ابتدایی توسعه گنادی و زرده سازی بدون تغییر باقی ماند و پس از آن کاهش معنی داری در طول رسیدگی جنسی نشان داد (۴). افزایش بیان ژن های درگیر در استروئیدسازی در مرحله پس از زرده سازی به میزان زیادی مشابه الگوی پروفایل استروئیدهای جنسی پلاسما بود. به-طور جالبی، ارتباط مثبت بین سطوح mRNA یی star و سطوح استروئیدی پلاسما در طول توسعه گنادی مشابه مطالعات پیشین در مارماهی باله کوتاه، مارماهی باله بلند و مارماهی ژاپنی (۵، ۶ و ۷) است.

نتایج این مطالعه تفاوت معنی‌داری به لحاظ میزان بیان ژن cyp19a را در تاس‌ماهیان ماده استرلیاد نشان داد. سطوح mRNA یی cyp19a در فولیکول‌های تخمدانی ماهیان مراحل زرده‌سازی و پس از زرده‌سازی بالاتر بود که تایید کننده نقش مهم این آروماتاز در تولید استروژن در طول توسعه گنادی در ماهیان ماده استرلیاد است. افزایش بیان cyp19a در فولیکول‌های مرحله زرده سازی پیش از این در ماهیان باس دریایی اروپایی، گربه ماهی کانالی، کفشک زبانی نیمه صاف و تیلاپای نیل (Oreochromis niloticus) گزارش شده بود.

۴. نتیجه‌گیری

در مجموع، افزایش کلی در میزان بیان ژن-های درگیر در استروئیدسازی به سمت مراحل پایانی استروئیدسازی در این رساله را می‌توان به ظرفیت بالای star و cyp19a برای سنتز استروژن-ها مرتبط دانست، از آن-جاییکه استروئیدهای جنسی برای تکمیل زرده‌سازی مورد نیاز هستند و توسعه مراحل بعدی گنادی را تنظیم می‌نمایند، از اینرو درک بیان ژن-های star و cyp19a برای مشخص شدن عوامل تاثیرگذار در روند توسعه گنادی ضروری می‌باشد.

منابع

- [1]- Guiguen, Y., Fostier, A., Piferrer, F., Chang C.F., 2005. Ovarian aromatase and estrogens: a pivotal role for gonadal sex differentiation and sex change in fish. Gen. Comp. Endocrinol, 165:352–366.
- [2]- Asturiano, J. F., Sorbera, L. A. Ramos, J. Kime, D. E. Carrillo, M. and Zanuy, S., 2002. Group-synchronous ovarian development, ovulation and spermiation in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) could be regulated by shifts in gonadal steroideogenesis. Sci. Mar, 66: 273–282.

- [3]- Lopez, A.G., Sanchez-Amaya, M.I. and Prat, F., 2011. Targeted gene expression profiling in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) follicles from primary growth to late vitellogenesis. *Comp Biochem Physio*, 160: 374-380.
- [4]- Ings, J.S., and Van der Kraak, G.J., 2006. Characterization of the mRNA expression of StAR and Characterization of the mRNA expression of StAR and steroidogenic enzymes in zebrafish ovarian follicles. *Mol. Reprod. Develop*, 73: 943–954.
- [5]- Reid, P. M., Divers, S. L. Zadmajid, V. Alqaisi, K. M. Lokman, P. M., 2013. Steroidogenic acute regulatory protein transcript abundance in the eel, *Anguilla australis*: Changes during the induced reproductive cycle and effects of follicle-stimulating hormone during previtellogenesis. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology*, 138: 464– 470.
- [6]- Lokman, P.M., Wass, R.T. Suter, H. C. Scott, S. G. Judge, K. F. and Young, G., 2001. Changes in steroid hormone profiles and ovarian histology during salmon pituitary-induced vitellogenesis and oogenesis in female New Zealand longfinned eels, *Anguilla dieffenbachii* Gray. *Journal of Experimental Zoology*, 289: 119–129.
- [7]- Matsubara, H., Lokman, P. M. Kazeto, Y. Adachi, S. and Yamauchi, K., 2005. Serum steroid profiles in artificially maturing female Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, 243: 393–402.



اثرات تغییر ناگهانی شوری محیطی بر برخی شاخص‌های خون‌شناسی شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*)

فرشادیان، رضا^۱، سلاطی، امیرپرویز^۲، کیوان شکوه، سعید^۱، پاشازانوسی، حسین^۲

۱- گروه شیلات، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲- گروه فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
apsalati@kmsu.ac.ir

چکیده

تعداد ۱۰۸ قطعه ماهی شانک زردباله با وزن تقریبی 110 ± 20 گرم را با بیومس یکسان، در ۹ تانک ۳۰۰ لیتری قراردادیم. در این آزمایش ۳ تیمار شوری ۵، ۱۲ و ۳۴ قسمت در هزار و برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. پس از وارد کردن ماهیان به تانک‌های جدید در زمان‌های ۱۰، ۲۴، ۴۸ ساعت، از هر تانک ۱ قطعه ماهی (۳ ماهی از هر تیمار) به طور تصادفی صید گردید. پس از مواجهه ماهی شانک زردباله با تغییر ناگهانی شوری محیطی، در تیمار مواجهه شده با شوری ۱۲ ppt، میزان هماتوکریت با روندی روبه افزایش، تا حدود ۲۴ ساعت پس از انتقال روبرو بوده و پس از آن به حالت عادی و زمان صفر برگشت. در سایر تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. پس از شمارش افتراقی تعداد نوتروفیل‌ها در تیمارهای روبرو شده با شوری ۱۲ ppt و ۳۴ ppt، پس از گذشت ۱۰ ساعت از لحظه انتقال، تغییرات معنی‌دار افزایشی ثبت گردید. همچنین در مورد مونوسیت‌ها در تمامی تیمارها تغییرات معنی‌دار کاهشی مشاهده گردید.

کلیدواژه: شوری، خون‌شناسی، شانک زردباله

۱. مقدمه

یکی از شاخص‌های مهم و قابل اطمینان در بررسی وضعیت سلامتی و فیزیولوژی ماهیان سنجش پارامترهای خون آنان می‌باشد که تحت تأثیر تغذیه، عوامل محیطی و سن آنها است [۱]. خون، مهم‌ترین بافت در تعیین سلامت یک ارگانیسم بوده و بررسی دقیق شاخص‌های خون‌شناسی و سلول‌های خونی و واکنش‌های سیتوشیمیایی این سلول‌ها در پی‌بردن به وضعیت عملکرد موجود و ماهیت حقیقی گلبول‌های سفید، چگونگی عملکرد و شرکت در حفظ ایمنی بدن و همچنین توانایی آن‌ها در پاسخ‌های ایمنی ماهی‌ها بسیار ارزشمند است [۲]. بدین دلیل که سیستم گردش خون و محیط خارجی، با هم در ارتباط هستند، مطالعه متغیرهای خونی در تشخیص اثرات عوامل تنش‌زا و استرس‌زا استفاده می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات شوری یکی از عوامل تنش‌زای رایج در آبی‌پروری می‌باشد که بر ماهیان اثر می‌گذارد و ماهیان در تلاش برای جبران آن دستخوش یکسری تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک از قبیل تغییر ترکیب خون و مکانیسم‌های ایمنی می‌گردد و از این طریق با تنش مقابله می‌کند. مطالعات گذشته روی سایر گونه‌ها نشان داده که یکی از شاخص‌های خونی مناسب در تشخیص تنش‌های محیطی، بررسی خصوصیات سلول‌های خونی (تعداد، شکل، ترکیب و ...) است [۳].

۲. مواد و روش‌ها

ماهیان نابالغ شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*) مورد نیاز با وزن تقریبی 110 ± 20 گرم از تالاب مصنوعی نیشکر (خرمشهر، ایران) تهیه گردید. به محض ورود ماهیان از محیط وحشی به محیط آزمایشگاهی، به مدت ۵ دقیقه در آب شیرین و سپس با اکسی‌تتراسایکلین (۰/۴ میلی‌گرم در لیتر) به مدت ۱۲ ساعت در آب ۲۰ ppt، ضدعفونی شدند.

سپس ۱۰۸ قطعه ماهی شانک زردباله را با بیومس یکسان، در ۹ تانک توزیع شدند. در این آزمایش ۳ تیمار شوری ۵، ۱۲ و ۳۴ قسمت در هزار و برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. پس از وارد کردن ماهیان به تانک‌های جدید در زمان‌های ۱۰، ۲۴، ۴۸ ساعت از هر تانک ۱ قطعه ماهی (۳ ماهی از هر تیمار) به طور تصادفی، صید شده و جهت خون‌گیری با ۲-فنوکسی اتانول ۲٪ [۱۴] نیمه‌بیهوش شدند. در این مطالعه برخی پارامترهای خونی شامل میزان هماتوکریت (Hct یا PCV) و شمارش افتراقی گلوبول‌های سفید (لنفوسیت، مونوسیت و نوتروفیل) مورد بررسی قرار گرفتند. هماتوکریت به روش میکرو تعیین گردید و برای شمارش افتراقی گسترش تهیه شده با گیمسا رنگ آمیزی شد. کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS 22 آنالیز شد و نیز جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Office Excel 2013 استفاده شد.

۳. نتایج

در این مطالعه نشان داده شد پس از مواجهه ماهی شانک زردباله با تغییر ناگهانی شوری محیطی، در تیمار مواجهه شده با شوری ۱۲ ppt، میزان هماتوکریت با روندی روبه افزایش، تا حدود ۱۰ ساعت پس از انتقال روبرو بوده و پس از آن کاهش یافته و به حالت عادی بازگشت. همچنین در مقابل آن در تیمار مواجهه شده با شوری ۳۴ppt، سطح هماتوکریت بطور معنی‌داری در زمان ۲۴ ساعت افت داشته است. بعلاوه در تیمار ۵ppt، کاهش غیرمعنی‌دار مشاهده کردیم.

به طور کلی، محدوده هماتوکریت از ۲۰ تا ۴۵ درصد متغیر می‌باشد و گونه‌های فعال ماهی معمولاً دارای بالاترین میزان هماتوکریت می‌باشند. میزان هماتوکریت می‌تواند به صورت کاذب در اثر انقباض طحال و هم چنین تورم گلوبول‌های قرمز افزایشیابد. در مطالعه Imsland و همکاران (۲۰۰۸)، مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت ماهی هالیبوت اقیانوس اطلس پس از پرورش ماهی در شوری‌های مختلف تغییر نیافت. در مطالعه Lim و همکاران در سال ۲۰۰۶، میزان هماتوکریت خون با افزایش شوری، کاهش یافت [۵]. در مطالعه روضاتی و همکاران در سال ۱۳۹۲ روی بچه ماهی کپور تغییرات معنی‌دار هماتوکریت بین تیمارهای مختلف در ارتباط با شوری مشاهده شد [۶].

در رابطه با گلوبول‌های سفید، در ماهیانی که تحت تأثیر تنش قرار گرفته‌اند، معمولاً کاهش تعداد (به ویژه کاهش لنفوسیت‌ها) [۷] و برخی مواقع افزایش سلول‌های فاگوسیت‌کننده رخ می‌دهد که این امر معمولاً هم کاهش فعالیت لنفوسیت‌ها و هم کاهش فعالیت فاگوسیت‌ها را به همراه دارد. همچنین محققین به این نتیجه رسیدند که تنش‌های محیطی باعث نوسان سطوح کورتیزول و کتکول آمین‌ها می‌شوند که این هورمون‌ها مسئول سرکوب ایمنی در ماهی هستند [۸]. کاهش تعداد گلوبول‌های سفید تحت تأثیر تنش‌های محیطی پیش از این در مورد ماهیان دیگر نیز گزارش شده است [۹]. مطالعات گذشته نشان داد که نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها نقش مهمی در ایجاد فعالیت‌های سیستم ایمنی بدن ایفا می‌نمایند و کورتیکواستروئیدها تأثیر زیادی بر نوسان تعداد این سلول‌ها دارند به طوری که در زمان بروز تنش و ترشح کورتیکواستروئیدهایی نظیر کورتیزول با پدیده‌های کاهش لنفوسیت‌ها و افزایش نوتروفیل‌ها مواجه می‌شویم که این تغییرات با نوسانات سطوح کورتیزول خون دقیقاً مطابقت دارد. پدیده نوتروفیلی در پستانداران توسط یک عامل آزادکننده نوتروفیل کنترل می‌شود.

۳. نتیجه‌گیری

بروز تغییرات عمیق در هماتوکریت و درصد گلوبول‌های سفید خون در گونه شانک زردباله در برابر تغییر ناگهانی شوری محیطی، حاکی از این است که این تغییرات شدید و سریع در شوری محیط به عنوان عاملی تنش‌زا برای این گونه محسوب می‌شود و باعث کاهش درصد لنفوسیت‌ها و افزایش درصد نوتروفیل‌ها می‌گردد. با اینحال این تنش در حدی نیست که مسبب کاهش رشد و تغییر در سطوح انرژی در این گونه شود [۳۵]. همچنین با توجه به عدم مشاهده تغییرات معنی‌دار در غلظت کورتیزول پلاسما [۳۶]، شاخص بهتری برای بروز تنش می‌باشد.

منابع

- [1]- Farzanfar, A. (2006) The use of probiotics in shrimp aquaculture. *Pathogens and Disease*, 48, 2, 149-158.
- [2]- Joshp, P., Bose, M., Harish, D. (2002) Changes in certain haematological parameters in a siluroid cat fish *Clarias batrachus* (Linn) exposed to cadmium chloride. *Pollution Research*, 21, 2, 129-131.
- [3]- Mekkawy, I. A., Mahmoud, U. M., Sayed, A. E.-D. H. (2011) Effects of 4-nonylphenol on blood cells of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Tissue and cell*, 43, 4, 223-229.
- [4]- Imsland, A. K., Gústavsson, A., Gunnarsson, S., Foss, A., Árnason, J., Arnarson, I., Jónsson, A. F., Smáradóttir, H., Thorarensen, H. (2008) Effects of reduced salinities on growth, feed conversion efficiency and blood physiology of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 274, 2, 254-259.
- [5]- Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Welker, T., Veverica, K. (2006) Effect of feeding duration of sodium chloride-containing diets on growth performance and some osmoregulatory parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, after transfer to water of different salinities. *Journal of applied aquaculture*, 18, 4, 1-17.
- [۶] - روضاتی، س. ع.، حق، ن.، آورجه، س. (۱۳۹۲) اثرات استرس شوری و دما بر فاکتورهای خونی بچه ماهی کپور (*Cyprinus carpio*). نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۱، ۲، ۹۵-۱۱۳.
- [7]- Ellsaesser, C., Clem, L. (1986) Haematological and immunological changes in channel catfish stressed by handling and transport. *Journal of Fish Biology*, 28, 4, 511-521.
- [8]- Yada, T., Nakanishi, T. (2002) Interaction between endocrine and immune systems in fish. *International review of cytology*, 220, 35-92.
- [9]- Weyts, F., Flik, G., Verburg-van Kemenade, B. (1998) Cortisol inhibits apoptosis in carp neutrophilic granulocytes. *Developmental & Comparative Immunology*, 22, 5, 563-572.



بررسی وجود ترکیبات جاذب اشعه فرابنفش در ماکرو جلبک‌های دریایی

Hypnea musciformis (Wulfen) J.V. Lamouroux و

Caulerpa sertularioides (S.G. Gmelin) M. Howe forma *farlowii*

کوکبی، مریم، یوسف زادی، مرتضی *

گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
morteza110110@gmail.com

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی وجود ترکیبات جاذب فرابنفش در دو گونه ماکرو جلبک دریایی از دو گروه تاکسونومیکی مختلف بود. جلبک قرمز *Hypnea musciformis* از خانواده Cystocloniaceae و جلبک سبز *Caulerpa sertularioides* forma *farlowii* از خانواده Caulerpacaeae که هردو از سواحل جزیره قشم در استان هرمزگان جمع‌آوری شدند. جلبک‌های خشک شده با متانول ۲۰ درصد در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت عصاره‌گیری شدند. نتایج حاصل از اسپکتروفتومتری عصاره‌ها نشان داد که نمونه جلبک قرمز حاوی ترکیبات جاذب فرابنفش (احتمالاً palythine) می‌باشد در حالی که نمونه جلبک سبز فاقد این ترکیبات بود.

کلید واژه: ماکرو جلبک، میکوسپورین، جاذب فرابنفش، قشم

۱. مقدمه

جلبک‌ها در طول ۲/۵ میلیارد سال تکامل خود، با تولید طیف وسیعی از ترکیبات و متابولیت‌های ثانویه برای دفاع شیمیایی به انواع محیط‌های سخت و رقابتی سازگار شده‌اند. این ترکیبات می‌توانند در مواد آرایشی بهداشتی، دارویی و غذایی استفاده شوند. بنابراین نیاز به تحقیقات زیادی برای کشف، شناسایی و کاربرد این ارگانیزم‌های دریایی وجود دارد [2].

از جمله این ترکیبات آمینواسیدهای میکوسپورین و سیتونمین هستند که از جلبک‌های مختلف گزارش شده‌اند و نقش حیاتی در مقابله با پرتوهای مضر خورشیدی دارند. آمینواسیدهای شبه-میکوسپورین^۱ ترکیبات آب دوست کوچکی هستند که از گروه‌های مختلف تاکسونومیکی گزارش شده‌اند. ویژگی‌هایی همچون: قابلیت بالای جذب اشعه UV، مقاومت به انواع فاکتورهای غیرزنده و پایداری نوری^۲ باعث افزایش پتانسیل آنها به عنوان محافظت کنندگان نوری طبیعی^۳ شده است. این مولکول‌ها در طیف گسترده‌ای از میکروارگانیزم‌های پروکاریوت (از جمله سیانوباکتری‌ها)، و یوکاریوت (میکرو جلبک‌ها، مخمرها و قارچ‌ها)، انواع مختلفی از ماکرو جلبک‌های دریایی، مرجان‌ها و سایر ارگانیزم‌های دریایی یافت می‌شوند [3]. امروزه MAAs جدا شده از جلبک‌ها به دلیل خاصیت قوی جذب UV (حداکثر بین ۳۰۷ و ۳۶۲ نانومتر) و خواص آنتی اکسیدانی، به یکی از قابل اطمینان‌ترین فرآورده‌های طبیعی در زمینه تحقیقات بیوتکنولوژی و زیست دارویی تبدیل شده‌اند و تاحدودی از سلول‌ها در برابر اثرات مخرب پرتوهای فرابنفش محافظت می‌کنند [4].

¹ Mycosporine-like amino acids

² Photostability

³ Natural photoprotectants

۲. مواد و روش‌ها

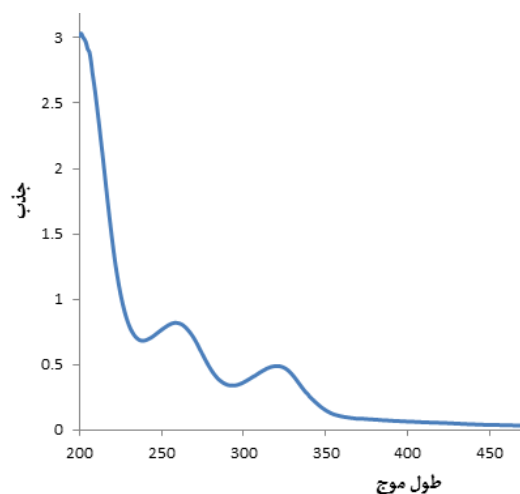
جلبک قرمز *Hypnea musciformis* و جلبک سبز *Caulerpa sertularioides* forma *farlowi* از سواحل جزیره قشم در زمان بیشینه جزر جمع‌آوری و در کمترین زمان به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها با آب لوله‌کشی شسته و در سایه و دمای اتاق خشک و سپس توسط آسیاب پودر شدند. به منظور عصاره‌گیری، مقدار ۲۰ میلی گرم نمونه‌ی خشک ماکرو جلبک با ۴ میلی لیتر متانول ۲۰ درصد مخلوط گردید. نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در بن ماری با دمای ۴۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سپس به منظور جداسازی مواد جامد معلق از فاز مایع، نمونه‌ها، به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و سوپرناتانت حاوی عصاره ماکرو جلبک از کاغذ صافی عبور داده شد.

محلول به دست آمده، به میکروتیوپ جدید منتقل و حلال آن به وسیله هوادهی در محیط تاریک حذف و عصاره خشک شد. عصاره حاصل، پس از اندازه‌گیری وزن آن، با غلظت 1 mg/ml با آب دیونیزه حل شد. عصاره نسبتاً خالص به دست آمده، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV/VIS DOUBLE BEAM SPECTROPHOTOMETER) اسکن و ماکزیمم جذب آن ثبت شد.

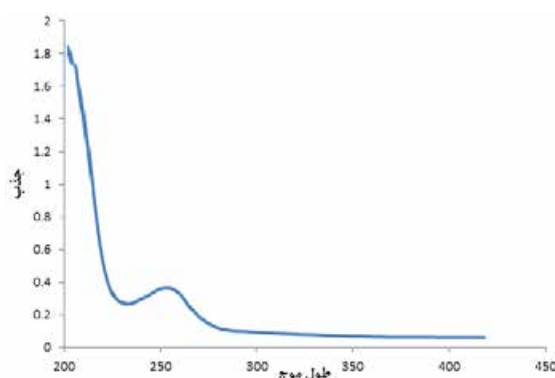
دستگاه اسپکتروفتومتر روش تجزیه دستگاهی است که در آن تابش الکترومغناطیسی در ناحیه مرئی و ماورابنفش جذب ماده می‌شود و از روی شدت جذب، مقدار ماده تعیین می‌شود. در این مطالعه، پیک جذبی ترکیبات جاذب فرابنفش در محدوده‌ی ۳۰۷ و ۳۶۲ نانومتر قرار دارد. به عبارتی عصاره‌هایی که در این محدوده طول موج دارای ماکزیمم جذب باشند حاوی ترکیبات جاذب فرابنفش می‌باشند.

۳. نتایج

در این تحقیق امکان وجود ترکیبات جاذب فرابنفش در عصاره‌های یک ماکرو جلبک سبز و یک ماکرو جلبک قرمز بررسی شد. نتایج حاکی از وجود این ترکیبات در جلبک قرمز و عدم وجود آن در گونه جلبک سبز بود. به این ترتیب که، برای جلبک قرمز جذب ماکزیمم در طول موج ۳۲۰ مشاهده شد (شکل ۱) و برای جلبک سبز، در محدوده فرابنفش طول موجی ثبت نگردید (شکل ۲).



شکل ۱: نمودار جذب جلبک قرمز *Hypnea musciformis* توسط دستگاه اسپکتروفتومتر



شکل ۲: نمودار جذب جلبک سبز *Caulerpa sertularioides* forma *farlowi* توسط دستگاه اسپکتروفتومتر

۴. بحث و نتیجه‌گیری

ماکرو جلبک‌های دریایی که در نواحی ساحلی زیست می‌کنند در معرض شدت‌های مختلفی از تابش‌های خورشیدی از جمله تابش‌های مضر فرابنفش قرار دارند که برای موجودات زنده بسیار کشنده است. بنابراین، آنها استراتژی‌های مختلفی برای کاهش آسیب‌های ناشی از تابش‌های فرابنفش اتخاذ کرده‌اند که یکی از این استراتژی‌ها، تجمع اسیدهای آمینه شبه-مایکوسپورین (MAAs) می‌باشد [5]. وجود ترکیبات MAAs در بسیاری از سیانوباکتری‌ها، میکرو جلبک‌ها، ماکرو جلبک‌های دریایی، مرجان‌ها و سایر ارگانیسم‌های دریایی گزارش شده است [6,7]. با این حال، وجود این ترکیبات در ماکرو جلبک‌های دریایی ایران تا کنون بررسی نشده است. این تحقیق با هدف تعیین وجود ترکیبات جاذب فرابنفش در دو گونه ماکرو جلبک دریایی از دو گروه تاکسونومیکی مختلف انجام گرفت. جلبک قرمز *Hypnea musciformis* از خانواده Cystocloniaceae جزو گونه‌های اقتصادی است که در جهان به منظور تغذیه و همچنین منبع کاراژینان کشت می‌شود و در ایران در سواحل جزایر قشم و هرمز در ناحیه بین جزر و مدی رشد می‌کند. جلبک‌های قرمز جزو قدیمی‌ترین گروه‌های جلبک‌های یوکاریوتی هستند و به نظر می‌رسد که از سیانوباکتری‌ها مشتق شده باشند [۱]. جلبک سبز *Caulerpa sertularioides forma farlowi* از خانواده Caulerpaceae می‌باشد که در بیشتر سواحل جزایر استان هرمزگان یافت می‌شود. این جلبک نیز در برخی کشورهای جهان استفاده خوراکی برای انسان و دام دارد. در بین گروه‌های جلبکی، جلبک‌های سبز بیشترین شباهت را به گیاهان عالی دارند و اعتقاد بر این است که گیاهان عالی امروزی از جلبک‌های سبز منشأ گرفته‌اند [۱].

نتایج این تحقیق نشان داد که جلبک قرمز *Hypnea musciformis* با ماکزیمم جذب در طول موج ۳۲۰، دارای ترکیبات جاذب فرابنفش و جلبک سبز *Caulerpa sertularioides forma farlowi* فاقد این ترکیبات است. اگر چه گزارشی درباره ترکیبات شبه مایکوسپورین در جنس *Hypnea* یافت نشد اما مطالعات مشابه بر روی برخی جلبک‌های قرمز نشان می‌دهد که ترکیبات shinorine، 334-porphyrin و 330-asterina، رایج‌ترین ترکیبات شبه مایکوسپورین در جلبک‌های قرمز بررسی شده بوده‌اند [8]. در تحقیق حاضر با توجه به طول موج ثبت شده در گونه *Hypnea musciformis* (۳۲۰ نانومتر)، به نظر می‌رسد مایکوسپورین موجود در این گونه، palythine باشد که طبق گزارشات منتشر شده [9] بیشترین جذب را در همین طول موج نشان داده است.

این حقیقت که فیکوبیلیزوم‌ها (PBSs) که مهم‌ترین رنگیزه‌های جمع‌آوری‌کننده نور در جلبک‌های قرمز هستند، نسبت به تابش‌های فرابنفش بسیار حساس و تخریب‌پذیر هستند [5]؛ تولید و تجمع اسیدهای آمینه شبه-مایکوسپورین را برای جذب و دفع تابش‌های فرابنفش، به عنوان یک مکانیسم حفاظت نوری در جلبک‌های قرمز توجیه می‌کند. این در حالی است که جلبک‌های سبز احتمالاً از مکانیسم‌های دیگری برای دفع پرتوهای مضر بهره‌می‌برند. باید توجه داشت که ترکیبات MAAs در گیاهان خشکی یافت نشده‌اند و عمل محافظت نوری در برابر تابش‌های فرابنفش در این گیاهان به وسیله ترکیبات فنولیک از قبیل فلاونوئیدها و اسیدهای فنولی صورت می‌گیرد [8]. این مساله می‌تواند در جلبک‌های سبز نیز به عنوان اجداد باستانی گیاهان سبز امکان‌پذیر باشد. به عبارتی عدم وجود ترکیبات MAAs در جلبک سبز *C. sertularioides* در این تحقیق (علاوه بر وجود تابش‌های فرابنفش در زیستگاه آن) می‌تواند به دلیل وجود ترکیبات جایگزین در آن باشد که استخراج و شناسایی آنها مستلزم مطالعات آتی می‌باشد.

منابع

- [۱]- یوسف زادی، م، کوبکی، م، (۱۳۹۵). ماکرو جلبک‌های دریایی ایران؛ ویژگی‌ها و کاربردها. انتشارات دانشگاه هرمزگان. ۲۴۸ ص.
- [2]- Wang, H.M.D., Chen, C.C., Huynh, P., Chang, J.S. (2015), Exploring the potential of using algae in cosmetics, *Bioresource Technology*, Vol. 184, 355-362.
- [3]- Kim, S.K., Ravichandran, Y.D., Khan, S.B., Kim, Y.T. (2008), Prospective of the cosmeceuticals derived from marine organisms. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, Vol. 13, No. 5, 511-523.

- [4]- Rastogi, R.P., Incharoensakdi, A.(2014), UV radiation-induced biosynthesis, stability and antioxidant activity of mycosporine-like amino acids (MAAs) in a unicellular cyanobacterium *Gloeocapsa* sp. CU2556, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Vol.130, 287-92.
- [5]- Pandey, A., Pandey, S., Rajneesh, Pathak, J., Ahmed, H., Singh, V., Singh, S.P., Sinha, R.P. (2017), Mycosporine-Like Amino Acids (MAAs) Profile of Two Marine Red Macroalgae, *Gelidium* sp. and *Ceramium* sp. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, Vol. 5, No. 1, 12.
- [6]- Arbeloa, E.M., Carignan, M.O., Acuña, F.H., Churio, M.S., Carreto, J.I. (2010), Mycosporine-like amino acid content in the sea anemones *Aulactinia marplatensis*, *Oulactis muscosa* and *Anthothoe chilensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 156, No. 3, 216-221.
- [7]- Rastogi, R.P., Sonani, R.R., Madamwar, D., Incharoensakdi, A.(2016), Characterization and antioxidant functions of mycosporine-like amino acids in the cyanobacterium *Nostoc* sp. R76DM, *Algal Research*, Vol. 16, 110-118.
- [8]- Torres, P.B., Chow, F., Ferreira, M.J.P., dos Santos, D.Y.A.C. (2015), Mycosporine-like amino acids from *Gracilariopsis tenuifrons* (Gracilariales, Rhodophyta) and its variation under high light. *Journal of Applied Phycology*, Vol. 28, No.3, 2035-2040.
- [9]- Rastogi, R.P., Sonani, R. R., Madamwar, D. (2017), UV Photoprotectants From Algae-Synthesis and Bio-Functionalities. In *Algal Green Chemistry*, Elsevier: Amsterdam, pp. 17-38.



مطالعه‌ی مقایسه‌ای ساختار بافتی کلیه در خانواده‌های غالب ماهیان شمال غرب خلیج فارس

اسلامی، مریم^۱، موحدی‌نیا، عبدالعلی^{۲*}، رونق، محمد تقی^۳، سلامت، نگین^۴

۱. کارشناس ارشد گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران

۲. دانشیار گروه زیست دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۳. دانشیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران

۴. استادیار گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران
amovahedinia@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق ساختار بافتی کلیه در قسمت‌های رأس و تنه در ۲۱ گونه از ماهیان شمال غرب خلیج فارس معرفی شده است. جهت مطالعه بافتی کلیه در گونه‌های مختلف، پس از صید ماهیان از صیدگاه‌های حاشیه‌ای خلیج فارس و بی‌هوشی کامل ماهی و انجام بیومتری، بلافاصله کلیه همراه با ستون مهره‌ها جدا و جهت تثبیت در محلول ثبوتی بوئن قرار داده شد. از نمونه‌ها به روش معمول پارافینه، برش‌های میکروسکوپی به ضخامت ۵ میکرومتر تهیه شده و مورد رنگ آمیزی هماتوکسیلین-ئوزین قرار گرفتند. نتایج مطالعات میکروسکوپی نشان داد کلیه در گونه‌های ماهی مورد مطالعه، از دو ساختار شاخص شامل بافت‌های خون‌ساز و دفعی تشکیل شده است. رأس کلیه دارای نقش خون‌ساز می‌باشد، ولی قسمت‌های مختلف نفرون نیز در آن مشاهده شد. سلول‌های خونی در بخش رأسی کلیه که شامل گلبول قرمز، لنفوسیت، مونوسیت و گرانولوسیت، همچنین پلاسماسل، سلول‌های رتیکولار و ماکروفاژ هستند، در این بخش مشاهده گردید. در برخی از گونه‌ها، در بافت خون‌ساز کلیه، مراکز ملانوماکروفاژی نیز وجود داشت. بخش دفعی کلیه‌ی گونه‌های مورد مطالعه از گلومرول و لوله‌های ادراری تشکیل شده است. لوله‌های ادراری شامل قطعه‌ی گردنی، لوله پروکسیمال شامل قطعات I و II، لوله دیستال و لوله‌های جمع‌کننده می‌باشند. در گربه کوسه لکه دار و ماهی پودوخار که جزء ماهیان غضروفی هستند به علت شرایط تکاملی، بخش‌های مختلف نفرون بسیار بزرگ‌تر از ماهیان استخوانی مورد مطالعه بود.

کلیدواژه: ماهی‌شناسی، بافت‌شناسی، سیستم دفعی، نفرون، خلیج فارس

۱. مقدمه

اندام‌های مختلفی در تنظیم اسمزی و تعادل هیدرومینرال دخالت دارند. یکی از این اندام‌ها کلیه است [۷]. با توجه به شرایط تکاملی و زیستی، در ساختار کلیه ماهیان، تغییراتی از نظر بافتی به وجود آمده است. به طوری که در برخی از ماهیانی که در آب‌های شور زندگی می‌کنند، بخش‌هایی از نفرون حذف شده است و در برخی از ماهیان آب شیرین بخش‌هایی از نفرون توسعه بیشتری داشته است [۳]. اندام کلیه در بسیاری از ماهیان، باریک، طویل و به رنگ قرمز تیره است که در امتداد ناحیه پشتی دیواره‌ی بدن، درست در زیر ستون مهره‌ها کشیده شده است [۱۰، ۱۴]. واحد ساختمانی کلیه، نفرون است که شامل جسمک کلیوی و مجاری ادراری است. جسمک کلیوی، از یک کپسول بومن، دو دیواره و یک گلومرول تشکیل شده است [۸]. مجاری شامل لوله‌های پروکسیمال (قطعات I و II) و لوله دیستال است [۱۶]. در این مقاله سعی شده، ساختار بافتی کلیه در گونه‌های مورد مطالعه بررسی شود. بررسی بافت‌شناسی و تعیین ساختارهای پایه کلیه ماهیان می‌تواند اهمیت

فراوانی در مطالعات تشخیص آسیب شناسی و پیشگیری از بیماری‌ها داشته باشد. لذا آگاهی از ساختمان بافت شناسی طبیعی کلیه در ماهیان قبل از بررسی ضایعات پاتولوژیک و بیماری‌ها ضروری است، تا از این طریق تغییرات ایجاد شده در بافت‌ها را مورد ارزیابی قرار داد.

۲. مواد و روش‌ها

در مطالعه‌ی حاضر، ۲۱ گونه ماهی از صیدگاه‌های حاشیه‌ی خلیج فارس شامل خوریات ماهشهر (خور سماعیلی)، بندر صیدگاهی چوئیده (دهانه‌ی بهمن شیر)، خوریات بندر امام خمینی، صید شدند. جدول ۱ گونه‌های مورد مطالعه و شکل ۱ موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه برداری را نشان می‌دهد. جهت نمونه برداری از بافت کلیه، بلافاصله ماهی را با ضربه زدن به سر بی‌هوش نموده و حفره‌ی شکمی باز و کلیه‌ها از بدن جدا گردید. کلیه برای مطالعات بافت شناسی همراه با ستون مهره‌ها جدا و بلافاصله برای تثبیت کردن درون محلول ثبوت بوئن قرار داده شد. نمونه‌ها پس از ۷۲-۴۸ ساعت و تکمیل فرایند تثبیت از محلول بوئن خارج و تا زمان انجام مراحل بعدی در الکل ۷۰٪ نگه‌داری شدند [۱۵].

جدول ۱: گونه‌های ماهی مورد مطالعه

ردیف	نام علمی	نام فارسی
۱	<i>Tenualosa ilisha</i>	صبور
۲	<i>Nematalosa nasus</i>	گواف رشته دار
۳	<i>Ilisha megaloptera</i>	شمسک بزرگ
۴	<i>Cynoglossus arel</i>	کفشک زبان گاوی
۵	<i>EurGLOSSa orientalis</i>	کفشک گرد
۶	<i>Pseudorhombus arsis</i>	کفشک چپ گرد
۷	<i>Liza abu</i>	بیاج
۸	<i>Liza khunzingeri</i>	مید
۹	<i>Platycephalus indicus</i>	زمین کن دم نواری
۱۰	<i>Otolithes ruber</i>	شوریده
۱۱	<i>Johnius belangerii</i>	شبه شوریده دهان کوچک
۱۲	<i>Acanthopagrus latus</i>	شاک زرد باله
۱۳	<i>Sparidentex hasta</i>	صبیتی
۱۴	<i>Scombromorus commerson</i>	شیر
۱۵	<i>Sillago sihama</i>	شورت
۱۶	<i>Saurida tumbil</i>	کیچار بزرگ
۱۷	<i>Leiognathus bindus</i>	پنجزاری باله نارنجی
۱۸	<i>Epinephelus bleekeri</i>	هامور خال نارنجی
۱۹	<i>Triacanthus biaculeatus</i>	سه خار پوزه کوتاه
۲۰	<i>Chiloscyllium griseum</i>	گره کوسه لکه دار
۲۱	<i>Himantura walga</i>	پودو خار



شکل ۱: نقشه‌ی مناطق نمونه برداری برگرفته از Google Earth

۲-۱. مطالعه هیستولوژیک کلیه

پس از انجام مراحل معمول بافت شناسی (آب گیری، شفاف سازی، نفوذ پارافین، قالب گیری) از بافت کلیه برش‌هایی با ضخامت ۵ میکرون تهیه و با هماتوکسیلین و ائوزین رنگ آمیزی شدند [۱۲]. لام‌های رنگ آمیزی شده با استفاده از میکروسکوپ نوری بررسی و تصاویر مناسب

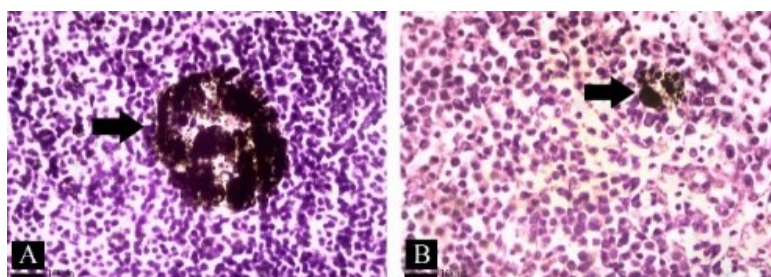
توسط دوربین نصب شده بر روی میکروسکوپ Dinolite Digital Microscope و سیستم رایانه ای متصل به دوربین مجهز به نرم افزار Dino capture تهیه شد.

۳. نتایج

۱-۳. مطالعات میکروسکوپی کلیه

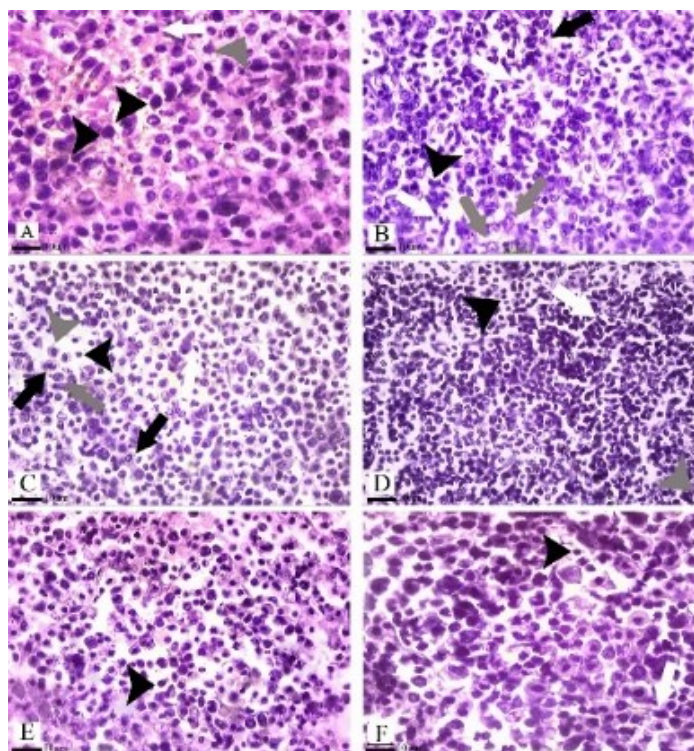
رأس کلیه

در پژوهش حاضر، در ماهیان مورد مطالعه، بافت لنفوییدی تا کلیه میانی و خلفی کشیده شده است. اما توزیع آن در این قسمت ها کمتر است، لوله های کلیوی در تمام قسمت ها از جمله بخش رأسی کلیه دیده شد. در برخی از گونه ها مانند شوریده، بیاچ، شانک زرد باله و صبیتی مراکز ملانوماکروفاژی در ناحیه ی قدامی کلیه مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۲: تصاویر میکروسکوپ نوری از بخش رأس کلیه (A ماهی صبیتی (B ماهی شانک زرد باله مراکز ملانوماکروفاژی (پیکان سیاه)، (H&E;×2900).

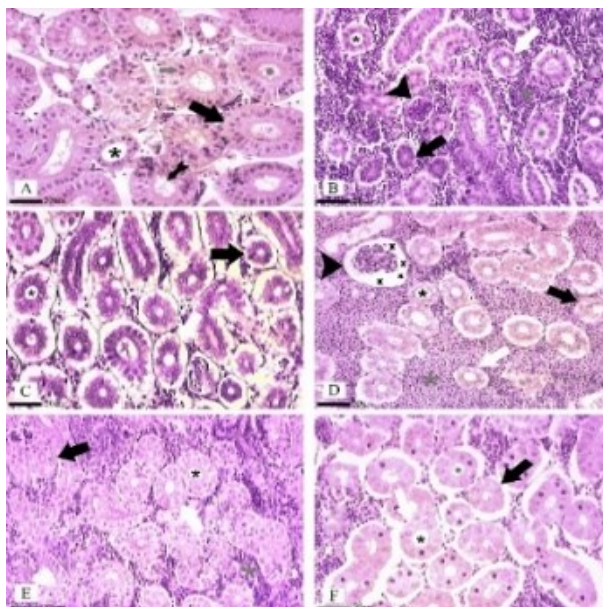
سلول های خونی در بخش رأسی کلیه شامل گلبول قرمز، لنفوسیت، مونوسیت و گرانولوسیت است. همچنین پلاسماسل، سلول های رتیکولار و ماکروفاژ هم در این بخش مشاهده شد (شکل ۳).



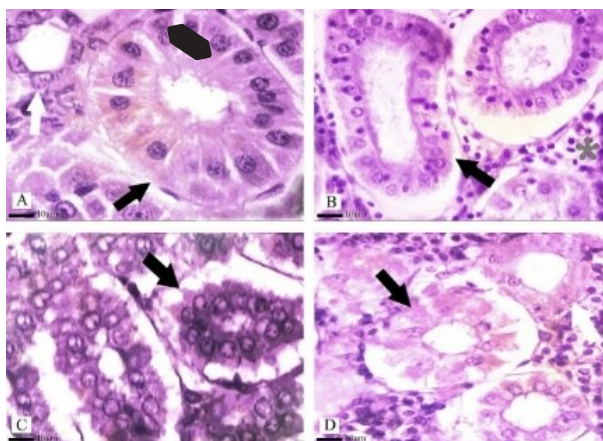
شکل ۳: تصاویر میکروسکوپ نوری از بخش رأس کلیه (A ماهی گربه گوسه لکه دار، (B ماهی بیاچ، (C ماهی شوریده، (D ماهی صبیتی، (E ماهی کفشک چپ گرد، (F ماهی کبچار بزرگ، ماکروفاژ (پیکان سیاه)، گلبول قرمز (پیکان سفید)، سلول رتیکولار (پیکان خاکستری)، لنفوسیت (سر پیکان سیاه)، پلاسماسل (سر پیکان خاکستری). (H&E;×2900).

بخش تنه‌ی کلیه

در بخش تنه‌ی کلیه در ماهی‌های مورد مطالعه، بخش‌های مختلف نفرون مانند لوله‌های پروکسیمال و دیستال و قسمت‌های مختلف آن‌ها، جسمک کلیوی و بافت لنفوئیدی مشاهده شد (شکل ۴)



شکل ۴: تصاویر میکروسکوپ نوری از بخش تنه‌ی کلیه (A) ماهی گربه‌گوسه لکه دار، (B) ماهی صبور، (C) ماهی شیر، (D) ماهی کفشک گرد، (E) ماهی شانک زرد باله (F) ماهی هامور خال نارنجی، لوله پروکسیمال (پیکان سیاه)، لوله دیستال (پیکان سفید)، جسمک کلیوی (سر پیکان سیاه)، بافت لنفوئیدی (ستاره خاکستری)، فضای داخلی لوله دیستال (ستاره سیاه)، فضای داخلی لوله پروکسیمال (دایره خاکستری)، بافت پوششی استوانه‌ای پوشاننده لوله پروکسیمال (پیکان سیاه دو سر)، فضای ادراری (علامت ضربدر سیاه)، (H&E;×725).



شکل ۵: تصاویر میکروسکوپ نوری از بخش تنه‌ی کلیه (A) ماهی گربه‌گوسه لکه دار، (B) ماهی صبور، (C) ماهی شیر، (D) ماهی کفشک گرد، لوله پروکسیمال (پیکان سیاه)، بافت پوششی استوانه‌ای پوشاننده لوله پروکسیمال (پیکان سیاه دو سر)، لوله دیستال (پیکان سفید)، بافت پوششی مکعبی پوشاننده لوله دیستال (پیکان سفید دو سر)، بافت لنفوئیدی (ستاره خاکستری)، (H&E;×2900).

۴. نتیجه‌گیری

با بررسی‌های بافتی کلیه در گونه‌های مورد مطالعه مشخص شد همانند گونه‌های مختلف ماهیان، نفرون‌ها واحدهای سازنده کلیه می‌باشند. هر نفرون در قسمت ابتدایی شامل گلومرول است که توسط کپسول بومن احاطه شده است و جسمک کلیوی را تشکیل می‌دهند. یک قطعه‌ی گردنی کوتاه، لوله پروکسیمال شامل قطعات I و II، لوله دیستال و لوله جمع‌کننده بخش‌های بعدی نفرون را تشکیل می‌دهند که در سرتاسر بافت کلیه قابل مشاهده بود که با مطالعات آورچه و همکاران (۱۳۹۳)، فکوری و همکاران (۱۳۹۲) و Jasim (۲۰۱۳) مطابقت داشت [۹، ۱۰، ۱۱]. ساختار جسمک‌های کلیوی ماهیان مورد مطالعه در این تحقیق متشکل از گلومرول و کپسول بومن است. چنین ساختاری در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، سگ ماهی خاردار (*Squalus acanthias*) و ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*) توصیف شده است [۵، ۱۱، ۹].

کپسول بومن در کلیه ماهیان مورد مطالعه از دو لایه ی سلولی که هر کدام از این دو لایه از سلول های پوششی سنگ فرشی تشکیل شده اند. این دو لایه عبارتند از لایه ی داخلی یا احشایی که کلاف مویرگی گلومرول را احاطه کرده است. فضای بین این دو لایه نیز فضای ادراری نامیده می شود. نتایج مربوط به این قسمت با بررسی انجام شده بر روی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، ماهی هامور معمولی و سگ ماهی خاردار (*Squalus acanthias*) مطابقت دارد [۵،۲،۱۱]. در بررسی لوله پروکسیمال در ماهیان مورد مطالعه مشخص شد که حاشیه ی مسواکی در داخل لومن دارای میکروویلی است. سلول های لوله دیستال مکعبی و فاقد حاشیه ی مسواکی بودند. هسته آن ها نیز تقریباً گرد و در وسط سلول مشاهده شد. در سایر ماهیان از جمله ماهی شیریت (*Barbus grypus*) و صیبتی (*Sparidentex hasta*) همانند آن چه در ماهیان مورد مطالعه مشاهده شده است وجود دارد [۴،۶]. در این پژوهش، در نمونه های بافتی مشاهده شده، بخش های مختلف نفرون در ماهیان غضروفی مانند ماهی گربه کوسه لکه دار و ماهی پودوخار نسبت به ماهیان استخوانی بسیار بزرگ تر بود. به طور کلی در الاسموبرانش ها برخلاف بیشتر ماهی های آب شور بخش های مختلف نفرون بسیار بزرگ است و مقدار نسبتاً زیادی آب دفع می کنند.

منابع

- [۱]- آورجه، س.، حیدری، ب.، تقوی جلودار، ح.، ۱۳۹۳. اثر تغییرات توأم تدریجی شوری و دما بر بافت آبشش و کلیه ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* مجله فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، سال دوم، شماره ۲، صفحات ۹۴-۸۰.
- [۲]- رومیانی، ا.، ۱۳۹۰. مکان یابی آنزیم $ATPase+K/+Na$ و مطالعه تغییرات فیزیولوژیک در سلول های غنی از میتوکندری لوله های کلیوی بچه هامور معمولی *Epinephelus coioides* طی روند سازگاری با شوری های مختلف. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته بافت شناسی آبزیان، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۹۷ صفحه.
- [۳]- ستاری، م.، شاهسونی، د.، شعبانی پور، ن.، شفیعی، ش.، ۱۳۸۱. ماهی شناسی (۱) تشریح و مورفولوژی. انتشارات نقش مهر و دانشگاه گیلان، ۶۵۹ صفحه.
- [۴]- فکوری حاجی یار، ر.، خاکساری مهابادی، م.، مروتی، ح.، ۱۳۹۲. مطالعه آناتومی و بافت شناسی کلیه ماهی شیریت *Barbus grypus*. پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید چمران، ۸۰ صفحه.
- [۵]- موحدی نیا، ع.، لقمانی، م.، قاسمی، ا.، کوچک نژاد، ع.، ایزدیان، م.، اسفندیاری، ا.، ۱۳۹۳. مطالعه ی اثرات بنزوالفاپایرن بر بافت های کلیوی ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio*. مجله فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، سال دوم، شماره ۲، صفحات ۴۵-۳۲.
- [۶]- میرعالی، آ.، ۱۳۹۰. مطالعه ی سازش های فیزیولوژیک و بافتی کلیه ماهی صیبتی *Sparidentex hasta* در پاسخ به شوری های مختلف. پایان نامه ی کارشناسی ارشد، رشته بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۵۹ صفحه.
- [۷]- عمادی، ح.، ۱۳۹۳. سیستماتیک و رده بندی ماهی ها. انتشارات علمی آبزیان، ۳۲۲ صفحه.
- [8]- Drummond, I.A. and Davidson, A.J., 2016. Zebrafish kidney development. *Methods in cell biology*.
- [9]- Jasim, B.M., 2013. Structural changes in the kidney of *Barbus sharpeyi* (Cyprinidae) youngs adapted to brackishwater. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, pp 357-363.
- [10]- Kobelkowsky, A., 2013. Morphology and dissection technique of the kidney of the grey snapper *Lutjanus griseus* (Teleostei: Lutjanidae). *International Journal of Morphology*, 31(2), pp.553-561.
- [11]- Mcmillan, B., Henderson, I.W., O'Toole, L.B, and Hazon, N., 2012. Kidney function. In *Squalus acanthias*. Vol. 1. New York: Academic Press, pp. 201-214.

- [12]- Movahedinia, A.; Abtahi, B. and Bahmani, M., 2012. Gill histopathological lesions of the sturgeons (*Acipenser persicus* and *A. stellatus*). Asian Journal of Animal and Veterinary Advances. 7(8): 710-717.
- [13]- Movahedinia, A.; Savari, A.; Morovvati, H.; Kochnian, P.; Marammazi, J.G.; and Nafisi, M., 2009. The Effects of Changes in Salinity on Gill Mitochondria-Rich Cells of Juvenile Yellowfin Seabream, *Acanthopagrus latus*. Journal of Biological Sciences, 9(7): 710-720.
- [14]- Salamat, N., Etemadi-Deylami, E., Movahedinia, A., Mohammadi, Y. 2014. Heavy metals in selected tissues and histopathological changes in liver and kidney of common moorhen (*Gallinula chloropus*) from Anzali Wetland, the south Caspian Sea, Iran. Ecotoxicology and environmental safety. 298-307.
- [15]- Velma, V., and Tchounwou, P.B., 2010. Chromium-induced biochemical, genotoxic and histopathologic effects in liver and kidney of goldfish, *Carassius auratus*. Mutation Research, 698: 43-51.
- [16]- Zwollo, P., Mott, K. and Barr, M., 2010. Comparative analyses of B cell populations in trout kidney and mouse bone marrow establishing B cell signatures. Developmental & Comparative Immunology, 34(12): 1291-1299.



شناسایی و بررسی تأثیرات بایوفولینگ‌های بر اسکله‌های بتنی بندر خرمشهر

بسحاق، مهدیه^۱، سالاری علی‌آبادی، محمد علی^{۲*}، دوست شناس، بابک^۲، سواری، احمد^۲، جهان پناه، معصومه^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲- هیئت علمی گروه بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۳- مشاور ریاست اداره بنادر و دریانوردی خرمشهر

salari1346@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی تأثیرات ماکروفولینگ‌های بر روی ساختارها و سازه‌های ساحلی بندر خرمشهر می‌باشد. نمونه‌برداری در دی ماه ۱۳۹۴ و خرداد ۱۳۹۵ از پایه‌های موجود در ناحیه جزر و مدی اسکله با کمک کوادرات ۱۵×۱۵ سانتی‌متر صورت گرفت. پس از شناسایی و بررسی گونه‌های رسوب‌کننده، به‌طور کلی ۱۱ گونه متعلق به ۱۰ خانواده که به ترتیب تراکم شامل آرواره پایان ۷۹ درصد، دوکفه‌ای‌ها ۵ درصد، سخت‌پوستان عالی و جلبک‌های سبز ۴ درصد، خزہ سانان ۳ درصد و پرتاران ۱ درصد محاسبه شد. گونه غالب منطقه *Amphibalanus amphitrite* با تراکم ۴۲۶۱ فرد در واحد سطح بود. بیشترین میزان تخریب پایه‌های اسکله توسط سایر عوامل محیطی می‌باشد و تأثیرات ماکروفولینگ‌ها بسیار سطحی و به وسیله زوائد آرواره ایزوپودها و یا ترشحات تولید شده از جلبک‌ها و دوکفه‌ای‌ها که باعث هضم زیستی ساختارها بتنی شده است. به دلیل غیریکخوانی درصد پوشش بارناکل‌ها بر روی سطوح بتنی، نه تنها مانع از عملکرد عایقی این موجودات شده، بلکه باعث تشدید خوردگی و فرسایش در سطوح برهنه از بارناکل گشته است.

کید واژه: شناسایی، بایوفولینگ، تخریب، اسکله بندر، ارونرود

۱. مقدمه

فولینگ‌های زیستی گروه‌های جانوری و گیاهی هستند که بر روی بدن موجودات دریایی و یا ساختارهایی که به دست بشر در محیط‌های دریایی ساخته شده‌اند، قرار گرفته و از آن‌ها به عنوان بستر و گاهی همچون پناهگاه و منبع تغذیه استفاده می‌کنند [۱]. به‌طور کلی اغلب سازه‌های دریایی اعم از ساکن و متحرک پس از مدتی قرار گرفتن در آب دریا با پدیده فولینگ‌های زیستی روبرو می‌شوند که ناشی از رشد لایه بایوفیلم و قرارگیری میکروفولینگ‌ها و ماکروفولینگ‌ها می‌باشد [۲]. فولینگ‌های زیستی قادر به اتصال و تخریب اشیاء با مواد گوناگون هستند. فرایند تخریب فلزات، بتن و چوب به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است. تخریب زیستی^۱، یک عامل تخریبی مهم برای تجهیزات و سازه‌های آبی می‌باشد که در نتیجه‌ی فرآیندهای الکتروشیمیایی و بیوشیمیایی ارگانیزم‌های ناشی می‌شود [۳]. ترک‌خوردگی در سازه‌های بتنی مشکل پر هزینه و عمومی در مناطق ساحلی سراسر جهان است. علل متعددی برای فرایند خوردگی وجود دارد، مانند قدمت، نفوذ عناصر خوردنده به بتن، مانند کلرید و تخریب زیستی می‌باشد. تخریب زیستی بتن از تجزیه‌ی مواد ناشی از عمل بیوژن^۲ (تولیدات توسط موجودات زنده و یا فرآیندهای بیولوژیکی) رخ می‌دهد. به‌طور رسمی، بیشترین تخریب زیستی سازه‌های بتنی مربوط به میکروارگانیزم‌ها (باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک و گل‌سنگ)

^۱ Biodeterioration

^۲ Biogenic

می‌باشد؛ اما می‌تواند به استقرار موجودات میکروسکوپی مانند صدف‌ها [۴] و یا سایر موجودات که باعث فرسایش و سوراخ کردن بتن می‌شوند، همانند سخت‌پوستان اشاره کرد [۵]. به‌طور کلی تحقیقات نشان داده جلبک‌های سبز، سیانوباکتری‌ها و صدف را می‌توان عوامل میکروبیولوژی تحریک‌کننده فرسایش مواد سازها دانست [۶]. اگرچه سهم میکروارگانیسم‌ها در خوردگی بتن به‌طور کلی ممکن است در محدوده ۳۰ درصد باشد [۷]، اما توجه کمی نسبت به اثر تخریب زیستی بر بتن شده است، احتمالاً دلیل عدم توجه به فرایند تخریب زیستی، تمایز بین آن با سایر فرآیندهای آسیب ساز بسیار دشوار باشد و همچنین تأثیر آن در طول یک دوره مشخص به‌طور مداوم و پیوسته نمی‌باشد و مهندسان با تأثیرات این فرآیند آشنایی ندارند [۸]؛ با این حال، درک مکانیسم تخریب زیستی بر بتن به منظور، طراحی یک استراتژی بهتر برای بازرسی، حفاظت و تعمیر سازه‌های بتنی در مناطق ساحلی مؤثر می‌باشد. بررسی بر روی جوامع رسوب‌کننده بر روی بسترهای مختلف و ساختارهای متنوع بنادر، سازه‌های ساحلی، ساخت‌وسازهای آبی در طول چهار دهه گذشته صورت گرفته است [۹]. مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور بر روی فولینگ‌کنندگان زیستی صورت گرفته که شماری از آن‌ها شامل [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]، [۱۴]، [۱۵] و [۹] می‌باشد. هدف از این بررسی شناسایی و تأثیر ماکروفولینگ بر روی سازه‌های فراساحلی بود و همچنین بررسی تغییرات صورت گرفته بر روی سطوح این سازه‌ها می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در دی ماه ۱۳۹۴ به عنوان فصل سرد و در خرداد ماه ۱۳۹۵ به عنوان فصل گرم در ابتدای مصب اروندرود در محدود بندر خرمشهر از پایه‌های بتنی اسکله در ۳ ایستگاه بر روی ۹ پایه بتنی با کمک کوادرات (۱۵×۱۵ سانتی متر) صورت گرفت. (جدول ۱) (شکل ۱). جهت بررسی برای شمارش در محیط عکس‌برداری صورت گرفت. جداسازی نمونه‌ها با کاردک و تثبیت با فرمالین ۴ درصد انجام گردید. فاکتورهای محیطی با کمک مولتی متر در محیط صورت گرفت. برای بررسی تأثیر ماکروفولینگ بعد از جداسازی نمونه‌ها از سطوح عکس‌برداری شد. شناسایی و شمارش نمونه‌ها با کمک میکروسکوپ و لوپ انجام شد برای سنجش وزن خشک از آون و ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد و برای بررسی درصد پوشش از کاغذ شطرنجی استفاده گردید. شناسایی با کمک کلیدهای شناسایی معتبر صورت گرفت. تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار spss 16 و سنجش تأثیر فاکتورهای محیطی از برنامه Minitab 16 استفاده شد.

جدول ۱: مختصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در بندر خرمشهر

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	A	۳۰°۱۸' ۲۶"N	۴۸°۵۳' ۰۸"E
۲	B	۳۰°۲۰' ۲۶"N	۴۸°۴۹' ۰۸"E
۳	C	۳۰°۲۲' ۲۶"N	۴۸°۴۴' ۰۸"E



شکل ۱: موقعیت ایستگاه مورد مطالعه در بندر خرمشهر

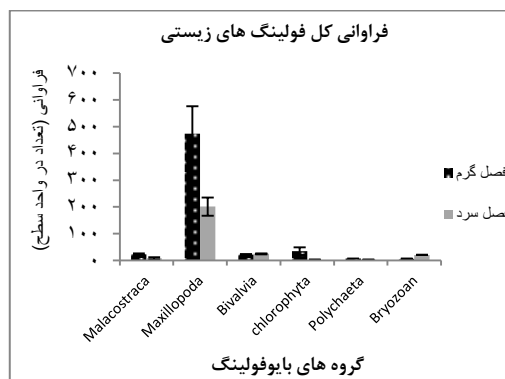
۳. نتایج

میانگین دما در فصل تابستان ۲۷/۷ و در فصل زمستان ۱۳/۶ درجه سانتی‌گراد؛ میانگین اکسیژن محلول در فصل تابستان ۷/۵۶ و در فصل زمستان ۸/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر؛ میانگین شوری در فصل تابستان ۲/۲۹ و در فصل زمستان ۱/۱ قسمت در هزار، میانگین هدایت در فصل تابستان ۴/۲۴ و در فصل زمستان ۲/۹۸ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر و همچنین میانگین اسیدیته در فصل تابستان ۸/۰۹ و در فصل زمستان ۸/۰۲ اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس یک طرفه نشان می‌دهد که تغییرات فاکتورها در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری ندارد در صورتی که میان دو فصل اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/05$).

در طی دوره مطالعاتی که در ابتدای مصب اروندرود انجام گرفت، به‌طور کلی ۱۱ گونه متعلق به ۱۰ خانواده که مربوط به ۷ شاخه که ۴ گونه متعلق به شاخه بندپایان، ۴ گونه که متعلق به شاخه نرم‌تنان، ۱ گونه متعلق به شاخه بویوزوآ (خزه سانان)، ۲ گونه از ۲ خانواده متعلق به شاخه کرم‌های حلقوی، یک گونه از شاخه جلبک‌های سبز شناسایی شد. گونه *Balanus amphitrite* از گروه سخت‌پوستان با تراکم ۴۷۳/۴۴ فرد در واحد سطح در فصل تابستان و ۲۰۱/۳۳ فرد در واحد سطح در فصل زمستان به عنوان گونه غالب در منطقه شناسایی و شمارش گردید. (شکل ۲). در فصل تابستان بیشترین درصد فراوانی نسبی به ترتیب تراکم شامل آرواره پایان ۷۹ درصد، دوکفه‌ای‌ها ۵ درصد، سخت‌پوستان عالی و جلبک‌های سبز ۴ درصد، خزه سانان ۳ درصد و پرتاران ۱ درصد محاسبه شد (شکل ۳).



شکل ۳: درصد فراوانی نسبی گروه‌های شناسایی شده ماکروفولینگ اسکله بندر خرمشهر، سال ۱۳۹۴-۹۵



شکل ۲: فراوانی نسبی گروه‌های شناسایی شده ماکروفولینگ اسکله بندر خرمشهر، سال ۱۳۹۴-۹۵

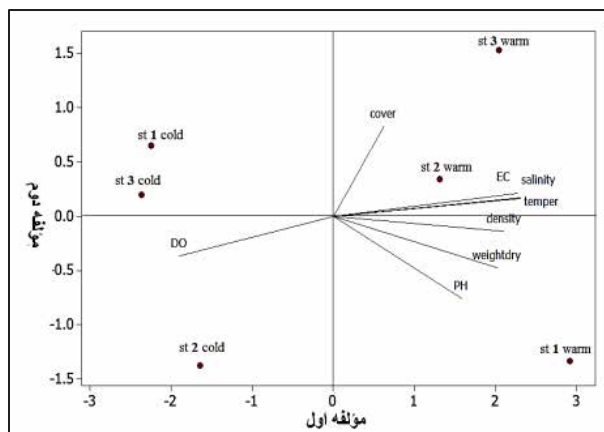
میانگین وزن خشک فولینگ‌های زیستی در فصل گرم و فصل سرد به ترتیب $22/77 \pm 2/81$ و $14/27 \pm 1/56$ گرم در واحد سطح بود. در مجموع، بیشترین میانگین وزن خشک در فصل گرم و در ایستگاه ۱ (A) به میزان $28/76 \pm 4/04$ گرم در واحد سطح مشاهده شد. کمترین میانگین وزن خشک نیز در فصل سرد و در ایستگاه ۳ با مقدار $14/16 \pm 2/81$ گرم در واحد سطح به دست آمد. میانگین درصد پوشش فولینگ‌های زیستی در فصل گرم و فصل سرد به ترتیب $58/04 \pm 13/21$ و $50/61 \pm 11/41$ درصد در واحد سطح بود. در مجموع، بیشترین میانگین درصد پوشش در فصل گرم و در ایستگاه ۳ (C) به میزان $66/97 \pm 17/65$ درصد در واحد سطح مشاهده شد. کمترین میانگین درصد پوشش نیز در فصل سرد و در ایستگاه ۲ (B) با مقدار $31/97 \pm 17/07$ گرم در واحد سطح به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴: میزان فراوانی، وزن خشک و درصد پوشش فولینگ‌های زیستی در اسکله بندر خرمشهر، زمستان ۱۳۹۴- تابستان ۱۳۹۵

	درصد پوشش		وزن خشک		فراوانی	
	فصل سرد	فصل گرم	فصل سرد	فصل گرم	فصل سرد	فصل گرم
ایستگاه ۱	$11/04 \pm 63/81$	$4/95 \pm 56/94$	$10/57 \pm 15/79$	$4/4 \pm 28/76$	$19/97 \pm 26/44$	$52/23 \pm 68/56$
ایستگاه ۲	$17/7 \pm 31/97$	$17/03 \pm 50/2$	$1/31 \pm 18/96$	$2/93 \pm 17/83$	$11/1 \pm 14/39$	$32/61 \pm 42/61$
ایستگاه ۳	$6/12 \pm 55/1$	$17/56 \pm 66/97$	$2/81 \pm 14/16$	$1/47 \pm 21/7$	$18/45 \pm 21/3$	$30/98 \pm 40/69$

در نمودار PCA میزان تأثیر فاکتورهای محیطی بر فراوانی، وزن خشک و درصد پوشش می‌باشد بیشترین میزان در مؤلفه اول در فاکتورهای محیطی دما، شوری و هدایت و در فاکتورهای زیستی فراوانی و وزن خشک مشاهده شد. مؤلفه دوم میزان اسیدیته و اکسیژن محلول دو فاکتور

محیطی و درصد پوشش فاکتور زیستی بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند. اکسیژن محلول، فراوانی، درصد پوشش بیشترین میزان در مؤلفه سوم دارند. بیشترین تأثیر بر تراکم گونه دما، شوری و هدایت و بر درصد پوشش اکسیژن محلول و اسیدیته مشخص گردید.



منظور از (station) st: ایستگاه، cover: درصد پوشش، weightdry: وزن خشک و density: فراوانی

شکل ۴: نمودار میزان همبستگی فاکتورهای غیر زیستی و زیستی در آزمون تحلیل مؤلفه‌ای اصلی (PCA) در تحقیق حاضر

۴. بحث و نتیجه گیری

بیشترین عامل مؤثر بر فراوانی، فاکتور دما، شوری و هدایت می‌باشد؛ که بر میزان بندپایان، پرتاران و جلبک‌ها تأثیر مثبتی نشان می‌دهد [۹]. در مطالعات انجام شده مشخص شد که سازه‌های در محیط‌های ساحلی و کم‌عمق به دلیل وجود شرایط محیطی ناپایدار و وجود آشفته‌گی‌های محیطی از رشد و حضور متنوع ماکروارگانیزم‌ها جلوگیری می‌کند و در این شرایط گونه‌های فرصت طلب و مقاوم افزایش می‌یابند [۱۶]؛ که در مطالعه حاضر گونه‌ی *Amphibalaus amphitrite* با وجود شرایط نامطلوب گونه‌ی غالب شده است (شکل ۲). در این تحقیق سایر گونه‌ها با تغییرات فصلی افزایش و کاهش یافته‌اند؛ ولی گونه بارناکل همچنان غالب محیط است. در رقابت بر سر فضا گونه‌های ماسل‌ها و بارناکل‌ها بیشترین موفقیت را داشته و باعث جابه‌جایی سایر گونه‌ها می‌شوند [۱۷]. شوری و دما دو فاکتور مؤثر بر تراکم بارناکل می‌باشند و تراکم این گونه در تابستان افزایش یافته؛ می‌توان به تولید مثل آن‌ها در فصول گرم مرتبط باشد [۹]. با توجه به نتایج [۱۸] در سواحل خوزستان میزان بارناکل در زمستان ۸۶ درصد و در تابستان به میزان ۹۳ درصد از تراکم کل جمعیت‌های سازه‌ها را شامل می‌شود. وجود شرایط محیطی مطلوب جهت گسترش این گونه همچنین عدم وجود رقیب برای رقابت بر سر فضا و توانایی وسیعی در تحمل رنج تغییرات فاکتورهای محیطی باعث غالبیت این گونه در رودخانه اروند گشته است [۱۹].

با توجه به ارزیابی صورت گرفته محیط مورد مطالعه منطقه مناسب جهت نشست گونه‌های رسوب‌کننده مناسب می‌باشد. در طی بررسی صورت گرفته با توجه به عکس‌برداری‌های انجام شده میزان قطر پایه‌ها از انتها کاهش یافته، در سطح حفرهای ریزی و پوشیدگی سطحی مشاهده می‌شود. بیشترین خوردگی و فرسایش در چهارگوشه‌ی ستون مشاهده شد، اما پوشیدگی بسیار سطحی در سطوح آن اتفاق افتاده بود. با توجه به اینکه بیشترین میزان تخریب سطحی در پایه‌های بتنی به میزان و شدت جریان آب و به فاکتورها شیمیایی آب ارتباط دارد. همچنین به دلیل وجود جریان‌ات جزر و مدی در منطقه قرارگیری پایه‌های اسکله و تر و خشک شدن متوالی پایه‌ها، همچنین تغییرات درجه حرارت آب و میزان اسیدیته از عوامل ایجاد ترک در پایه اسکله می‌باشد که این ترک‌خوردگی‌ها به دلیل وجود جریان‌ات شدید ناشی از حرکات شناورها و جزر و مد ریزش کرده و باعث کاهش قطر پایه‌ها می‌گردد [۲۰]. سطوح بتنی به‌طور طبیعی دچار هوازدگی می‌شوند و این مسئله باعث نابودی کریستال‌های پرتلند درون آن‌ها می‌شود [۲۱].

به دلیل حضور بسیار بالای بارناکل‌ها بر روی سطوح بتنی اسکله بنابراین بیشترین سهم تأثیر در سطوح اسکله دارند. بارناکل‌ها در مراحل لاروی خود با تولید یک قطره روغن باعث پاک کردن محل استقرار خود و با تولید چسب فسفوپروتئینی و ترکیب شدن با روغن آزاد شده یک چسب بسیار قوی ایجاد می‌کند که از زوال و پوشیدگی سطح سازه جلوگیری می‌کند؛ همچنین وجود اسکلت سخت بارناکل‌ها همانند عایقی در برابر شدت حرارات آرم. م. باشد. د. محدوده به‌شده شده از نا، ناکا، ها مک‌ها، گانه‌ها، احادکننده ها، دگ، ته‌انار، دست سر، به سطح تن.

را نمی‌یابند. با توجه به بررسی صورت گرفته ساختارهای بتنی پوشیده شده به وسیله بارناکل افزایش و کاهش دما را تنها ۲۰ درصد، افزایش و کاهش اسیدیته و شوری نیز بر سطح بتن ۳۴-۴۲ درصد تأثیر بر سطح بتن را نشان می‌دهد؛ بنابراین می‌تواند عایق خوبی برای سطوح بتنی و افزایش قوام آن‌ها باشند [۱۷]. استقرار یکنواخت بارناکل‌ها و پوشش سرتاسری یک ساختار بتنی می‌تواند از خوردگی و زوال ساختار جلوگیری کند و مانند یک محافظ عمل می‌کند؛ در صورت غیریکنواخت بودن استقرار باعث تشدید فرآیند خوردگی و ایجاد حفره‌های در محل پوشیده نشده می‌شود [۱۳]. با توجه به اندازه‌گیری صورت گرفته در میزان درصد پوشش، هیچ سطوحی به صورت کامل با موجودات زنده پوشیده نشده بود و پوسته‌ی به جا مانده از بارناکل‌ها محل مناسبی برای حضور گونه‌های همزیست به‌ویژه گونه *Sphaeroma annandale* بر روی سطوح شده است. به همین دلیل نه تنها حالت عایقی نداد بلکه باعث تشدید خوردگی در نواحی پوشیده نشده می‌شود. بعد از جداسازی بستر یک سری حفرات ایجاد شده در بستر مشاهده شد که در شکل کاملاً مشخص می‌باشد، به دلیل ویژگی‌های گونه *Sphaeroma annandalei* احتمالاً حاصل فعالیت‌ها و نقب زدن‌های این گونه در مدت طولانی باشد. این موجود برای پناه گرفتن و فرار از دست دشمنان سنگ‌ها و صخره‌های آب‌های کم‌عمق را به شدت سوراخ و شکننده و در نتیجه باعث ایجاد فرسایش و تولید شن و ماسه می‌شود [۲۲]. طبق توافق نامه‌ای گونه‌های جنس *Sphaeroma* به عنوان گونه فرساینده زیستی^۱ که قادر به فرسایش و تخریب سازه‌های دریایی می‌باشد و برخی تالاب‌های کالیفرنیا را به شدت آلوده و فرسایش حاصل از فعالیت آن از یک متر در سال تجاوز می‌کند [۲۳] و [۲۴]. حضور آن در رودخانه شط العرب گزارش شده است [۲۵]. جلبک‌های سبز توانای هضم زیستی عناصر مختلفی به عنوان مثال، کلسیم، آلومینیوم، سیلیکون، آهن و غیره دار بوده، انجام هضم زیستی به وسیله فعالیت‌های متابولیکی و تولید اسیدهای آلی صورت می‌گیرد [۲۶]، [۲۷] و [۲۸]. تجزیه و تحلیل سطوح نشان می‌دهد که خوردگی زیستی (تخریب زیستی)، ممکن است از طریق مکانیسم هضم زیستی که به وسیله تولید اسیدها از جلبک سبز (Chlorophyta) صورت گرفته باشد. نتایج بررسی سطح کاهش قابل توجهی از میزان سیلیس و کلسیم در ساختارهای بتنی نشان داد. همچنین کریستال‌های پرتلند^۲ که در ساختار بتن به کار می‌روند در محل اتصال جلبک‌های سبز حذف شده بودند که حاصل فعالیت‌های متابولیکی این جلبک‌ها بر روی بستر می‌باشد؛ همچنین، جلبک از کلسیم بتن برای سوخت و ساز بدن خود برای تولید اسیدهای آلی استفاده می‌کنند که منجر به فروپاشی بتن می‌شود [۲۹]. صدف ممکن است سطح ساختار بتن حمله کنند و باعث ایجاد شکاف شوند بر روی سطح بتن شوند که این امر باعث جدا شدن ترکیبات بتن و ورود آسان‌تر شدن ورود آب و باعث افزایش خوردگی می‌شود. صدف همچنین می‌تواند باعث کاهش کریستال سیمان، کاهش غلظت کلسیم در مناطق ساکن شده، شوند و بر تخریب فیزیکی ساختار بتن بسیار تأثیرگذار است [۴]. تخریب ناشی از صدف Oyster، تنها آسیب سطحی در لایه‌های سطحی بستر است زیرا آن‌ها از یک سمت به بستر متصل می‌شوند و باعث ورقه شدن سطح بستر و بتن می‌شوند [۳۰].

نتیجه‌گیری: به دلیل عدم پوشش سراسری بارناکل‌ها و ترکیبات ماکروفولینگ‌های نشست کرده بر روی پایه‌های بتنی، این ارگانیزم‌ها بر پایه‌های تأثیرات نامطلوبی گذاشته و باعث خوردگی سطحی بتن و تخلیه عناصری همچون کلسیم، سیلیس و کریستال‌های پرتلند می‌شوند، هرچند عامل اصلی تخریب پایه‌ها قرارگیری در محل وقوع جزر و مد، تر و خشک شدن متوالی و وجود جریان‌های شدید آب ناشی از مانور و پهلوگیری شناورها در اطراف اسکله می‌باشد.

با تشکر فراوان و قدر دانی از حمایت و پشتیبانی مادی و معنوی کادر اداره بنادر و دریانوردی خرمشهر و همچنین یاری و راهنمایی اساتید گرانقدر دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.

منابع

- [۱] خدابخش، ا.، نبوی، س. م. ب.، قبادی، ش.، خدابخش، ا. و خدابخش، ح.، (۱۳۸۷). بررسی تأثیر فاکتورهای محیطی بر تنوع بایوفولینگ‌ها در اسکله‌های بندر امام خمینی. مجله شیلات، شماره ۲، دوره ۲، صفحات ۳۹-۴۸.

¹ Bioeroding
² Portlandite

- [۲] دمان، م، (۱۳۸۹). مطالعه اجتماعات رسوب کنندگان زیستی (زیست مزاحمان) رودخانه های اروند و بهمنشیر (منطقه شرکت پالایش نفت آبادان)، پایان نامه کارشناسی ارشد بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۵۸ صفحه.
- [۳] موری بازفتی، ه، (۱۳۹۰). مطالعه زمانی و مکانی اجتماعات زیست مزاحمان سازه‌های دریایی پتروشیمی بندر امام خمینی(ره)، پایان نامه کارشناسی ارشد بیولوژی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۱۱۵ صفحه.
- [۴] اسکندری، غ. ر، اسماعیلی، ف، دهقان مدیسه، س. و سبزی زاده س.، (۱۳۸۹). ساختار جمعیتی موجودات چسبنده در منطقه سازه‌های مصنوعی احداث شده در سواحل شمال غربی خلیج فارس، دوره ۱، شماره ۲، صفحات ۱۷-۲۶.
- [5]- Railkin, A. I. (2003). Marine biofouling: colonization processes and defenses. CRC Press, Washington D.C, p. 303.
- [6]- Callow, M. E., and Callow, J. A., (2002). Marine biofouling a sticky problem. *Biologist*. Vol. 1, No. 49, pp. 1-5.
- [7]- Janqueira, A. O., (2003). Macrofouling communities in Brazil. *Marine pollution*, No. 46, 802-821.
- [8]- Perez, M., Garcia, M., Transversa, L., and Stupak, M., (2003). Concrete deterioration by golden bivalve. Conference on microbial impact on building materials, Lisbon, Portugal, p. 11.
- [9]- Gaylarde, C., Silva, M. R., and Warscheid, T., (2003). Microbial impact on building materials: an overview. *Materials and Structures*, No.36, pp. 342-352.
- [10]- Silva, M. R., and Naik, T. R., (2014). Biodeterioration of Concrete Structures in Coastal Zone. Third international conference on sustainable construction materials and technologies, 8p.
- [11]- Sand, W., (2001). Microbial corrosion and its inhibition. *Biotechnology*. H. J. Rehm. Weinheim, Wiley-VCH Verlag. Vol.10, pp. 267-316.
- [12]- Sanchez-Silva, M., and Rosowsky, D. V., (2008). Biodeterioration of construction materials: state of the art and future challenges. *Journal of Materials in Civil Engineering*, No.20, pp. 352-365.
- [13]- Pati, S. K., Rao, M. V., and Balaji, M., (2015). Spatial and temporal changes in biofouling community structure at Visakhapatnam harbour, east coast of India. *Tropical Ecology*, Vol.2, No. 56, pp. 139-154, 2015.
- [14]- Patil, B.T., Gajendragad, M.R., Ranganna, G., Wagh, A. B., and Sudhakaran, T., (1994). Impact of biofouling on corrosion resistance of reinforced concrete. pp.429-439.
- [15]- Krohling, W., Brotto, D.S., and Zalmon, I.R., (2006). Functional role of fouling community on an artificial reef at the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, Vol.4, No.54, pp. 183-191.
- [16]- Satheesh, S., and Godwin, S., (2008). Seasonal variability in the recruitment of macrofouling community in Kudankulam waters, east coast of India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, No.79, pp. 518-524.

- [17]- Little, B. J., and Wagner, P., (1997). The role of metal-reducing bacteria in microbiologically influenced corrosion: Houston. Texas, Corrosion, National Association of Corrosion Engineers, No. 97, p. 215.
- [18]- Coombes, M. A., Viles, H. A., Naylor, L. A., and La Marca, E. C., (2016). Cool barnacles: Do common biogenic structures enhance or retard rates of deterioration of intertidal rocks and concrete?. *Science of The Total Environment* , pp. 211-221.
- [19]- Naser, M.D., Son, M.O. Yasser, A. G., (2011). Assessing the risks of invasions of aquatic invertebrates in the Shatt Al-Arab River. *Russian Journal of Biological Invasions*, No.1, pp. 77–85.
- [20]- Wen_xue, D. U., and Jing_yan, Z. U. O., (2003). Analysis and control of the destruction mechanism of the durability of the concrete structure. *Coal Technology*, No. 12:, p. 67.
- [21]- Abdo, T., (2015). The Effects of Different Types of Concrete Compositions on Benthic Organisms under an Ecodock. *Marine Biology Research Program*, New York Harbor School, pp. 1-17.
- [22]- Mohamad, K. M., (2014). Existence and Ecology of the Burrowing Isopod *Sphaeroma annandalei* Stebbing, 1911 (Crustacea, Isopoda; Sphaeromatidae) in Lake Razzaza, Kerbala Province, Central Iraq. *Advances in Bioresearch. Society of Education, India*, Vol. 1, No.5, pp. 178-184.
- [23]- Talley, T. S., Crooks, J. A., and Levin, L. A., (2001). Habitat utilization and alteration by the invasive burrowing isopod. *Sphaeroma quoyanum*, in California salt marshes. *Mar Bio*, No.138, pp. 561-557.
- [24]- Chilton, C., (1991). Destructive boring crustacea in New Zealand. *N Z J Sci Tech*, 2: 115p. coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanogr. Mar. Biol.: Ann. Rev.* No. 36, pp. 127–178.
- [25]- Ahmed, A. A., (1971). New isopoda (Flabellifera) from Iraq and Persian Gulf. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin*, Vol.1, No. 46, pp. 77-83.
- [26]- Warscheid, T., and Braams, J., (2000). Biodeterioration of stone. A review. *International Biodeterioration and Biodegradation*, No.46, pp. 343–368.
- [27]- Warscheid, T., and Krumbein, W. E., (1996). General aspects and selected cases. In: Heitz, E, Flemming, H. C., Sand, W. (Eds.), *Microbially Influenced Corrosion of Materials*. 1324-1311 pp.
- [28]- Sand, W., (1997). Microbial Mechanism of Deterioration of Inorganic Substrates a General Mechanistic Overview. *International Biodeterioration and Biodegradation*, pp, 183-190.
- [29]- Jayakumar, S., Saravanane, R., and Sundararajan, T., (2010). Detrimental effects on coastal concrete structures by *Chaetomorpha Antennina*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol.9, pp. 858-864.
- [30]- Lejart, M., and Hily, C., (2011). Differential response of benthic macrofauna to the formation of novel oyster reefs (*Crassostrea gigas*, Thunberg) on soft and rocky substrate in the intertidal of the Bay of Brest, France. *Journal of Sea Research*, Vol.1, pp. 84-93.



تأثیر پلی‌ساکارید سولفات‌هاستخراج شده از *Ulva.intestinalis* بر پاسخ ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

Oncorhynchus mykiss

صفوی، سید وحید^{۱*}، عابدیان کناری، عبدالمحمد^۲، طبرسا، مهدی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲. استاد، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۳. استادیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

vsafavi1371@gmail.com

چکیده

در این مطالعه تأثیر باکتری *Lactobacillus rhamnosus* ریزپوشانی شده بر شاخص‌های رشد، فاکتورهای خونی و فلور باکتریایی روده قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تعداد ۱۰۸ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی 24.2 ± 5.1 گ/ب به صورت تصادفی در ۳ تیمار (سه تکرار برای هر تیمار) به مدت ۶۰ روز مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارها شامل تیمار شاهد (فاقد پروبیوتیک)، تیمار حاوی باکتری پروبیوتیک *L.rhamnosus* ریزپوشانی شده و تیمار شامل این باکتری بدون ریز پوشش بود. در انتهای دوره، میزان افزایش وزن و طول بچه ماهیان محاسبه شد و پس از خونگیری، پارامترهای خونی اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی نشان داد شاخص وزن نهایی، ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه در تیمارهای مورد بررسی در مقایسه با تیمار شاهد به صورت معناداری بهتر می‌باشد ($P \leq 0.05$). همچنین در تیمار حاوی باکتری ریزپوشانی شده نسبت به سایر تیمارها بهترین عملکرد در روند پرورش دیده شد. تعداد کل گلبولهای قرمز (RBC)، میزان هماتوکریت (Ht)، هموگلوبین (Hb) و تعداد گلبولهای سفید (WBC) در تیمار تغذیه شده با باکتری ریزپوشش دار افزایش معناداری را نشان داد ($P \leq 0.05$). بیشترین مقادیر فاکتورهای ایمنی خون شامل لیروزیم، IgM و کمپلمان متعلق به تیمار تغذیه شده با باکتری ریزپوششش دار و پایین‌ترین مقادیر آن متعلق به گروه شاهد بود ($P \leq 0.05$). تعداد باکتری اسید لاکتیک در هر دو تیمار نسبت به تیمار شاهد به طور معنا داری بالاتر بود ($P \leq 0.05$). نتایج این تحقیق نشان داد که ریزپوشانی نمودن باکتری تا حد زیادی سبب حفظ باکتری و جایگزینی در دستگاه گوارش و بدنبال آن اثرگذاری مثبت بر رشد و فاکتورهای ایمنی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طول دوره پرورش می‌گردد.

کلیدواژه: *U.intestinalis*، پلی‌ساکارید سولفات‌ها، پاسخ ایمنی، قزل‌آلای رنگین‌کمان

۱. مقدمه

انواع مختلفی از جلبک‌های دریایی و عصاره‌های آنها درخوراک ماهیان پرورشی گنجانیده شده است. تقریباً تمام جلبک‌های دریایی این پتانسیل را دارند که به عنوان مواد افزودنی در خوراک استفاده شوند [۱]. جلبک‌های دریایی دارای ترکیبات زیستی فعالی از قبیل پلی‌فنول‌ها، پپتیدها، پلی‌ساکاریدها و ... می‌باشند. بسیاری از این ترکیبات فعال، دارای عملکردی مفید با خواص درمانی متعدد می‌باشند [۲]. یکی از ترکیبات زیست فعالی که اخیراً توجه پژوهشگران را به خود جلب نموده است پلی‌ساکاریدهای سولفات‌ها می‌باشند. مطالعات *in vitro* و *in vivo* نشان داده است که این پلی‌ساکاریدهای سولفات‌ها دارای خواص ضد ویروسی، ضد باکتریایی، ضد انعقادی، ضد توموری، ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی و تنظیم‌کننده سیستم ایمنی می‌باشند [۳، ۴، ۵، ۶، ۷]. از این رو در سالهای اخیر محققین آبی‌پروری استفاده از این ترکیبات را به منظور تقویت سیستم ایمنی

آبزیان پرورشی (ماهی و میگو) موضوع مطالعات خود قرار داده‌اند [۸،۹،۱۰،۱۱]. ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از گونه‌های پرورشی مهم ایران محسوب می‌شود. بر طبق آخرین آمار سازمان فائو در سال ۲۰۱۶ میزان تولید قزل‌آلای رنگین کمان در ایران ۱۲۶۵۱۵ تن بوده است [۱۲]. با توجه به تولید بالای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در ایران و شیوع انواع بیماری‌ها در پرورش این ماهی استفاده از مواد تقویت‌کننده ایمنی جهت پیشگیری از بروز بیماری‌ها امری ضروری است. بنابراین این تحقیق به بررسی تأثیر پلی‌ساکاریدهای سولفات ه ماکرو جلبک دریایی سبز (*Ulva intestinalis*) بر عملکرد پاسخ ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان می‌پردازد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. جمع‌آوری نمونه جلبک، انجام عمل استخراج و شرایط پرورش ماهی

نمونه‌های جلبک *U. intestinalis* از امتداد سواحل دریای خزر شناسایی و جمع‌آوری شده و پس از شستشو در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ روز قرار داده شد تا کاملاً خشک شوند. نمونه‌های خشک شده تا حد امکان پودر شدند و تا زمان انجام آزمایش و استخراج پلی‌ساکاریدها از آن در کیسه‌های پلاستیکی و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری گردید.

استخراج به روش Tabarsa و همکاران [۱۳] انجام گرفت. مختصراً ابتدا نمونه‌های پودر و خشک شده جلبکی با اتانول ۸۰ درصد رنگ زدایی گردیدند. سپس جهت استخراج پلی‌ساکاریدهای سولفات به نسبت (۲۰:۱) در آب مقطر قرار داده شد و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد استخراج صورت گرفت. در نهایت با استفاده از اتانول ۷۰٪ پلی‌ساکاریدها رسوب دهی و جداسازی شدند.

کار پرورش در بهار سال ۱۳۹۶ با انتقال بچه ماهیان از شهرستان چالوس به کارگاه تحقیقات آبزیان دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس آغاز گردید. پس از انجام مرحله سازگاری، ۹۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزنی 15 ± 0.8 گرم به‌طور تصادفی انتخاب و در ۹ تانک فایبرگلاس (۱۰۰ لیتری) با حجم آب ۸۰ لیتر به میزان ۱۰ عدد در هر تانک توزیع گردیدند و به مدت ۸ هفته مورد تغذیه قرار گرفتند. غذادهی ۳ وعده در روز (ساعت ۹، ۱۴ و ۱۸) و در حد سیری انجام گرفت. در طی دوره آزمایش عوامل کیفی آب به طور روزانه اندازه‌گیری می‌گردید.

۲-۲. تیمارهای غذایی

پلی‌ساکارید سولفات استخراج شده از *U. intestinalis* در مقادیر ۵۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا، به جیره‌های غذایی افزوده گردید [۱۴، ۱۵]. در این مطالعه از یک جیره غذایی بدون مکمل پلی‌ساکارید نیز استفاده گردید که به عنوان جیره غذایی شاهد در نظر گرفته شد. بنابراین در این تحقیق ۳ تیمار وجود داشت که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد.

۲-۳. پارامترهای ایمنی

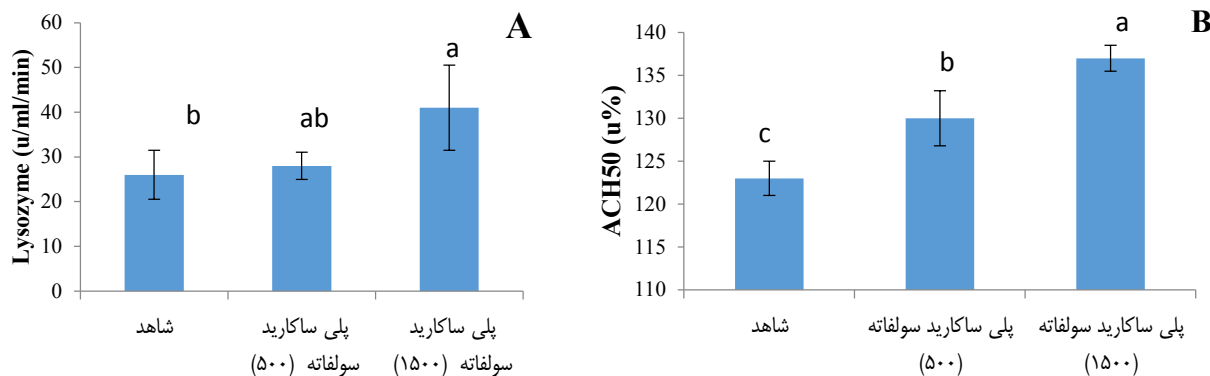
در انتهای آزمایش از هر تکرار ۳ قطعه ماهی جدا و خون ماهیان پس از بیهوشی با سرنگ ۳ سی‌سی غیرهپارینه استحصال شد. سپس سرم آنها با استفاده از سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه، ۱۰ دقیقه) جدا گردید. فعالیت لیزوزیم سرم بر مبنای لیز باکتری گرم مثبت حساس به آنزیم لیزوزیم یعنی میکروکوکوس لیزودیکتکوس و براساس روش Sankaran و Gurnani [۱۶] و فعالیت کمپلمان با استفاده از همولیز گلبول‌های قرمز خرگوش (RaRBC) و به کمک روش Amar و همکاران [۱۷] اندازه‌گیری گردید.

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون One-way ANOVA انجام گرفت.

۳. نتایج

شکل (۱) نتایج مربوط به فعالیت آنزیم لیزوزیم و فعالیت همولیتیک کمپلمان (ACH50) را نشان می‌دهد که میزان فعالیت لیزوزیم سرم در تیمارهای مختلف معنی‌دار می‌باشد ($p < 0.05$). به طوری که بیشترین و کمترین میزان فعالیت لیزوزیم به ترتیب مربوط به تیمارهای حاوی ۱۵۰۰ میلی‌گرم پلی‌ساکارید سولفات *U. intestinalis* و شاهد می‌باشد. همچنین میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان سرم در تیمارهای مختلف نیز

معنی دار بود ($p < 0.05$)، به طوری که بیشترین و کمترین میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان سرم به ترتیب مربوط به تیمارهای حاوی ۱۵۰۰ میلی گرم پلی ساکارید سولفات *U. intestinalis* و کمترین مربوط به شاهد می‌باشد.



شکل ۱: میزان فعالیت آنزیم لیروزیم (A) و فعالیت همولیتیک کمپلمان (B) ماهی قزل آلا رنگین کمان تحت تأثیر افزودنی غذایی پلی ساکاریدهای سولفات

* داده‌ها به صورت $ME \pm SD$ بیان شده‌اند. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است ($P < 0.05$).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد میزان فعالیت لیروزیم در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت، بیشترین میزان فعالیت لیروزیم سرم در تیمار حاوی ۱۵۰۰ میلی گرم پلی ساکارید سولفات *U. intestinalis* و کمترین میزان فعالیت لیروزیم سرم در شاهد مشاهده گردید، و تیمار حاوی ۵۰۰ میلی گرم پلی ساکارید سولفات *U. intestinalis* با تیمار حاوی ۱۵۰۰ میلی گرم پلی ساکارید سولفات تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین در این آزمایش میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد، بیشترین میزان فعالیت همولیتیک کمپلمان در تیمار حاوی ۱۵۰۰ میلی گرم پلی ساکارید سولفات *U. intestinalis* و کمترین میزان در شاهد مشاهده گردید، همچنین تیمار حاوی ۵۰۰ میلی گرم پلی ساکارید سولفات دارای تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد بود. این نتایج مطابقت داشت با مطالعه Cheng و همکاران [۸]، در این مطالعه فعالیت لیروزیم و همولیتیک کمپلمان به طور معناداری در ماهی گروپر (*Epinephelus fuscoguttatus*) تغذیه شده با آلژینات سدیم و κ -کاراجینان (پلی ساکاریدهای جلبکی) افزایش پیدا کرد. همچنین در مطالعه صورت گرفته توسط Kakuta [۱۸]، پلی ساکارید سولفات (فوکوئیدان) به دست آمده از ماکرو جلبک دریایی منجر به افزایش پارامترهای ایمنی از جمله لیروزیم در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) گردید.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان داد تیمارهای غذایی حاوی پلی ساکارید سولفات *U. intestinalis* می‌توانند منجر به بهبود عملکرد سیستم ایمنی در ماهی قزل آلا رنگین کمان گردد، اما تیمار غذایی حاوی ۱۵۰۰ میلی گرم پلی ساکارید سولفات بیشترین تأثیر را در افزایش پارامترهای ایمنی ماهی داشت. بنابراین پیشنهاد می‌گردد استفاده از دوز ۱۵۰۰ میلی گرم پلی ساکارید سولفات *U. intestinalis* در جیره غذایی می‌تواند منجر به عملکرد بهتر سیستم ایمنی در ماهی قزل آلا رنگین کمان گردد.

منابع

- [1]-Nakagawa H., Sato M., Gatlin III D.M., Montgomery L.W. (2007), Dietary supplements for the health and quality of cultured fish, Cabi, 257p.
- [2]-Wijesinghe W.A.J.P., Jeon Y.J. (2012), Biological activities and potential industrial applications of fucose rich sulfated polysaccharides and fucoidans isolated from brown seaweeds: A review, *Carbohydrate Polymers*, Vol. 88, No. 1, 13-20.

- [3]-Chiu, Ya-Huang., Yi-Lin Chan., Tsung-Lin Li., Chang-Jer Wu. (2012), Inhibition of Japanese encephalitis virus infection by the sulfated polysaccharide extracts from *Ulva lactuca*, *Marine biotechnology*, Vol. 14, No. 4, 468-478.
- [4]-Vijayabaskar, P., Vaseela, N., Thirumaran, G. (2012), Potential antibacterial and antioxidant properties of a sulfated polysaccharide from the brown marine algae *Sargassum swartzii*. *Chinese journal of natural medicines*, Vol. 10, NO. 6, 421-428.
- [5]-Gan, D., Ma, L., Jiang, C., Xu, R., Zeng, X. (2011), Production, preliminary characterization and antitumor activity in vitro of polysaccharides from the mycelium of *Pholiota dinghuensis* Bi. *Carbohydrate Polymers*, VOL. 84, NO. 3, 997-1003.
- [6]-Chaves, L. D. S., Nicolau, L. A. D., Silva, R. O., Barros, F. C. N., Freitas, A. L. P., Aragão, K. S., Medeiros, J. V. R. (2013), Antiinflammatory and antinociceptive effects in mice of a sulfated polysaccharide fraction extracted from the marine red algae *Gracilaria caudata*. *Immunopharmacology and immunotoxicology*, Vol. 35, No. 1, 93-100.
- [7]-Ewart, H. S., Zhang, J., Jiao, G., Yu, G. (2011), Chemical structures and bioactivities of sulfated polysaccharides from marine algae. *Marine Drugs*, Vol. 9, NO. 2, 196-223.
- [8]-Cheng, A. C., Chen, Y. Y., Chen, J. C. (2008), Dietary administration of sodium alginate and κ -carrageenan enhances the innate immune response of brown-marbled grouper *Epinephelus fuscoguttatus* and its resistance against *Vibrio alginolyticus*. *Veterinary immunology and immunopathology*, VOL. 121, NO. 3, 206-215.
- [9]-Yeh, S. T., Chen, J. C. (2008), Immunomodulation by carrageenans in the white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against *Vibrio alginolyticus*. *Aquaculture*, Vol. 276, No. 1, 22-28.
- [10]-Immanuel, G., Sivagnanavelmurugan, M., Marudhupandi, T., Radhakrishnan, S., Palavesam, A. (2012), The effect of fucoidan from brown seaweed *Sargassum wightii* on WSSV resistance and immune activity in shrimp *Penaeus monodon* (Fab). *Fish and shellfish immunology*, Vol. 32, No. 4, 551-564.
- [11]-Fujiki, K., Shin, D.H, Nakao, M, Yano, T. (1997), Effects of kappa-carrageenan on the non-specific defense system of carp *Cyprinus carpio*. *Fisheries Sci* 63: 934–938.
- [12]-FAO. (2016), The State of the World Fisheries and Aquaculture. FAO, Rome, Italy.
- [13]-Tabarsa, M., Karnjanapratum, S., Cho, M., Kim, J. K., You, S. (2013), Molecular characteristics and biological activities of anionic macromolecules from *Codium fragile*. *International journal of biological macromolecules*, 59, 1-12.
- [14]-Traifalgar, R.F., Kira, H., Thanh, Tung, H., Raafat, Michael, F., Laining, A., Yokoyama, S., Corre, V. (2010), Influence of dietary fucoidan supplementation on growth and immunological response of juvenile (*Marsupenaeus japonicas*), *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 41, No. 2, 235-244.

- [15]-Sivagnanavelmurugan, M., Thaddaeus, B.J., Palavesam, A., Immanuel, G. (2014), Dietary effect of Sargassum wightii fucoidan to enhance growth, prophenoloxidase gene expression of *Penaeus monodon* and immune resistance to *Vibrio parahaemolyticus*, *Fish and shellfish immunology*, Vol. 39, No. 2, 439-449.
- [16]-Sankaran, K., Guranani, S. (1972). On the variation in the catalytic activity of lysozyme in fish, *Indian Journal Biochem Biophys*, Vol. 9, No. 2, 162 - 165.
- [17]-Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S., Watanabe T. (2000), Effects of dietary B-carotene on the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Fisheries Science*, Vol. 66, No. 6, 1068 -1075.
- [18]- Kakuta, I. (2004), Enhancement of the biodefense activity and improvement of physiological condition of fish by oral administration of algae fucoidan, Suisanzoshoku (Japan).



بررسی تأثیر پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* بر فراسنجه‌های همولف و آنزیم‌های گوارشی بچه شاه میگوی آب شیرین (*Astacus leptodactylus*)

واعظی، میرآرمان^{۱*}، فریدونی، اسماعیل^۲، مناف فر، رامین^۳، امینی، کوروش^۴

۱- دانشجوی دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲- دانشیار گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۴- استادیار مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی، گرگان.

armanvaezi1396@gmail.com

چکیده

در این پژوهش تأثیر چهار سطح از پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* در جیره غذایی بچه شاه میگوی آب شیرین *Astacus leptodactylus* بر برخی پارامترهای خونی و سیستم ایمنی و آنزیمی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور بچه شاه میگوهای آزمایشی با وزن ۱۰ تا ۲۰ گرم، در ۴ گروه تیماری از غلظت‌های پروبیوتیک و یک گروه شاهد با سه تکرار در مدت ۸۴ روز تغذیه شدند. در انتهای دوره آزمایش از همولف به منظور اندازه‌گیری شاخصهای ایمنی و آنزیمی همولف و از روده میگو به منظور بررسی آنزیمهای گوارشی نمونه برداری انجام شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که پس از پایان دوره آزمایش در همه تیمارها و شاهد بیشترین تا کمترین هموسیت به ترتیب متعلق به هموسیت‌های نیمه دانه دار، دانه دار بزرگ و هیالین بود. پس از تغذیه با پروبیوتیک تعداد کلی هموسیتها، هموسیت‌های نیمه دانه دار، دانه دار بزرگ و هیالین در تیمارهای حاوی پروبیوتیک افزایش معنادار آماری نشان دادند (P).

کلیدواژه: *Astacus leptodactylus*، *Pediococcus acidilactici*، پروبیوتیک، شاخصهای ایمنی، آنزیم‌های گوارشی

۱. مقدمه

افزایش بهره‌وری در آبزیان با اثرات زیست محیطی از جمله ظهور انواع مختلف پاتوژن‌ها و مقاومت به باکتری همراه است. این تأثیرات بخشی به دلیل استفاده بی‌رویه از داروهای شیمیایی به عنوان یکی از شیوه‌های مدیریت در چرخه‌های تولید است (۱). در سال‌های اخیر استفاده از پروبیوتیک‌ها به عنوان جایگزینی برای روش‌های درمانی قبلی مطرح گردیده که به نظر می‌رسد میتواند بسیاری از مشکلات را مرتفع سازد (۲). بنابراین، تحقیق در مورد استفاده از پروبیوتیک برای آبی پروری با افزایش تقاضا برای آبی پروری پایدار سازگار با محیط‌فرونی یافته است. مزایای این مکمل‌ها عبارتند از: ارزش بهبود یافته خوراک، اشتراک آنزیمی در هضم، مهار میکروارگانیسم‌های بیماریزا، فعالیت ضد جهش‌زا و ضد سرطان‌زا و افزایش پاسخ ایمنی. این پروبیوتیک‌ها باکتری‌های بی‌ضرر هستند که به سلامت جانور میزبان کمک می‌کنند و به طور مستقیم یا غیر مستقیم به محافظت از میزبان در برابر پاتوژن‌های مضر باکتریایی کمک می‌کنند. استفاده از پروبیوتیک‌ها در حوزه آبزیان در سالهای اخیر آغاز شده و به همین دلیل است که فلور میکروبی گوارشی موجودات آبی به خوبی شناخته نشده و اثرات آنها به طور گسترده مورد مطالعه قرار نگرفته است (۳).

۲. مواد و روش‌ها

بچه شاه میگوهای آزمایشی با وزن ۱۰ تا ۲۰ گرم از دریاچه سد ارس صید و به محل انجام آزمایش در ایستگاه تخصصی مرکز تحقیقات ذخایر آبهای داخلی (گرگان) انتقال یافت. یک هفته پس از انتقال به استرس زدایی و سازگاری با محیط آزمایش سپری شد. در این تحقیق از ۱۵ مخزن ۱۲۰ لیتری مدور هر کدام مجهز به هوادهی دائمی استفاده شد. ۶ عدد بچه شاه میگوی ۱۰ تا ۲۰ گرمی بعد از زیست‌سنجی به صورت کاملاً تصادفی در هر مخزن قرار گرفت. بچه شاه میگوها روزانه به میزان ۳ درصد از وزن بدن و در ۲ نوبت به مدت ۹۱ روز غذادهی شدند. در تمام مخازن از لوله پولیکا برای پناهگاه به تعداد شاه میگوها پرورشی استفاده شد. منبع آب از آب چاه تامین شد. تحقیق در ۴ گروه تیماری و یک گروه شاهد با سه تکرار در مدت ۸۴ روز صورت گرفت. در انتهای دوره آزمایش نمونه برداری از همولف به منظور اندازه‌گیری شاخصهای ایمنی و آنزیمی همولف و آنزیمهای روده میگو انجام شد (۴). به منظور آماده‌سازی ترکیب جیره غذایی ابتدا محتویات اولیه جیره شامل پودر ماهی، آرد گندم، آرد سویا، روغن ماهی، ژلاتین، مخلوط ویتامین و مواد معدنی همراه با دیگر محتویات جیره به مقدار مناسب تهیه شد. جیره پایه با افزودن پروبیوتیک *P. acidilactici* در چهار سطح غنی‌سازی شده آماده شد تا جیره‌های آزمایشی مورد نظر به دست آید (جدول ۱).

جدول ۱: غلظتهای مورد استفاده از پروبیوتیک در تیمارها

غلظت پروبیوتیک	
بدون پروبیوتیک (کنترل)	جیره ۱:
جیره با 1×10^9 cfu/g <i>P. acidilactici</i>	جیره ۲:
جیره با 2×10^9 cfu/g <i>P. acidilactici</i>	جیره ۳:
جیره با 3×10^9 cfu/g <i>P. acidilactici</i>	جیره ۴:
جیره با 4×10^9 cfu/g <i>P. acidilactici</i>	جیره ۵:

به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های ایمنی همولف ۳۰۰ میکرولیتر همولف با استفاده از سر سوزن G25 و سرنگ یک میلی لیتری از سینوس شکمی هر شاه میگو خارج گردید (شکل ۱) و سپس به دو طریق ذخیره‌ی شد: ابتدا ۱۰۰ میکرولیتر همولف در میکروتیوب‌های یک میلی لیتری بدون وجود محلول ضد انعقاد ذخیره‌ی شد؛ از این سوسپانسیون برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنل اکسیداز استفاده گردید (محلول A). در بخش دوم ۲۰۰ میکرولیتر باقیمانده از همولف در میکروتیوب‌های حاوی ۰/۴ میلی لیتر از محلول ضد انعقاد آلزوبر (۱۱۵ میلی مول گلوکز، ۳۳۶ میلی مول سدیم کلراید، ۲۷ میلی مول سیترات سدیم و ۹ میلی مول اتیلن دی‌آمین تترا استیک اسید با pH = ۷) ذخیره‌ی شد؛ ۱۰۰ میکرولیتر از این سوسپانسیون برای تعیین تعداد هموسیت کلو شمارش تقریبی هموسیت‌ها استفاده شد (محلول B). سوسپانسیون باقی مانده در سانتریفیوژ با سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفت تا هموسیت‌ها از پلاسما جدا گردند و مایع رویی انباشته شده برای تعیین آنزیم‌های پلاسما استفاده شد (محلول C). برای سنجش تعداد هموسیت کل ۵۰ میکرولیتر از محلول B بر روی لام هموسیتمتر قرار گرفت و تعداد هموسیت‌ها در زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی $400\times$ شمارش گردید (۵). به منظور تعیین تابلوی هموسیتی یا شمارش افتراقی هموسیت‌ها، پس از تهیه گسترش همولف و خشک شدن کامل گسترش‌ها در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد)، به مدت ۳۰ ثانیه الی ۱ دقیقه در متانول فیکس گردید و سپس به روش می-گرانوالد-گیمسا رنگ آمیزی شد و توسط میکروسکوپ نوری، تعداد ۲۰۰ سلول هموسیت شمارش شد و تعداد هموسیت‌های دانه دار، نیمه دانه دار و هیالین تعیین گردید (۶). آنزیم فنل اکسیداز به روش اسپکتروفوتومتری و به کمک ثبت تشکیل دوپاکروم از L-دی هیدروکسی فنیل آلانین انجام گرفت (۷). سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به روش اسپکتروفوتومتری از طریق سنجش مهار احیای فری سیتوکروم C در طول موج ۵۵۰ نانومتر انجام گرفت (۸). پس از کالبدشکافی، هپاتوپانکراس خارج شد و توسط آب مقطر شستشو گردید و سپس توسط دستمال کاغذی خشک شد. سنجش آنزیم‌های آمیلاز، لیپاز و پروتئاز به روش اسپکتروفوتومتری و هریک به ترتیب در طول موج ۵۵۰، ۵۴۰، ۳۶۶ نانومتر و به ترتیب با استفاده از دستورالعمل‌های (۹) انجام گرفت. برای داده‌های غیر همگن از آزمون غیر پارامتریک کروسکال-والیس استفاده گردید که معنی دار بودن گروه‌های مورد بررسی با استفاده از من-ویتنی در سطح احتمال ۰/۰۵ مشخص گردید. نرم افزار آماری SPSS Version 19 برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و نرم افزار Excel 2007 برای رسم نمودارها به کار برده شدند.

۳. نتایج

نتایج حاصل از بررسی شاخصهای ایمنی همولنف استخراج شده از شاه میگوی آب شیرین پس از دوره تغذیه و پرورش آن با غلظتهای متفاوت جیره دارای پروبیوتیک نشان داد که در شاخص تعداد کلی هموسیت همه تیمارهای تغذیه شده با غلظتهای متفاوت پروبیوتیک افزایش معنادار با روند صعودی مشخص با افزایش غلظت پروبیوتیک بکار رفته در جیره غذایی نشان دادند. همین روند در شاخصهای تعداد هموسیت های دانه دار، نیمه دانه دار و هیالین بطور کاملاً مشابه مشاهده شد (جدول ۲). سنجش فعالیت آنزیمی از شاه میگوهای شاهد نشان داد که فعالیت آنزیمهای فنل اکسیداز در شاه میگوهای تغذیه شده با همه جیره های حاوی پروبیوتیک افزایش معناداری یافته است. بیشترین میزان فعالیت آنزیم فنل اکسیداز در تیمار جیره ۳ و کمترین آن در شاهد مشاهده شد. همچنین سنجش فعالیت آنزیمی سوپراکسید دیسموتاز نشان داد که کلیه تیمارهای مورد بررسی نسبت به شاهد افزایش معناداری در فعالیت این آنزیم تجربه کرده اند و بیشترین فعالیت این آنزیم در تیمار جیره ۲ و کمترین آن در گروه شاهد مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۲: تاثیر پروبیوتیک بر شاخصهای ایمنی همولنف

غلظت پروبیوتیک	تعداد کلی هموسیت های	هموسیت نیمه دانه دار	هموسیت دانه دار بزرگ	هیالین
cell/ml $\times 10^5$	cell/ml $\times 10^5$	cell/ml $\times 10^5$	cell/ml $\times 10^5$	cell/ml $\times 10^5$
جیره ۱: بدون پروبیوتیک (کنترل)	۷۴/۲۶ ^a	۸۱/۲۴ ^a	۲۸/۳۱ ^a	۲۴/۲۳ ^a
جیره ۲: $\times 10^9$ cfu/g با P.acidilactici ^۱	۸۲/۲ ^b	۸۵/۳۱ ^b	۳۴/۲۰ ^b	۲۵/۴۹ ^b
جیره ۳: $\times 10^9$ cfu/g با P.acidilactici ^۲	۸۷/۳۳ ^c	۹۱/۱۹ ^c	۸۰/۶ ^c	۲۸/۱۷ ^c
جیره ۴: $\times 10^9$ cfu/g با P.acidilactici ^۳	۹۱/۲۸ ^d	۹۵/۲۳ ^d	۴۰/۲۳ ^d	۳۱/۲۴ ^d
جیره ۵: $\times 10^9$ cfu/g با P.acidilactici ^۴	۹۳/۶۱ ^e	۹۸/۲۰ ^e	۴۳/۲۱ ^e	۳۳/۲۶ ^e

حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنادار آماری است ($P < 0.05$)

سنجش میزان فعالیت آنزیمهای گوارشی آمیلاز، لیپاز و پروتئاز در پایان دوره آزمایش طبق آزمون چند وجهی دانکن (Duncan) و به منظور مقایسه دو به دو میانگین گروهها با یکدیگر، در بیشتر موارد اختلاف معنی دار بین همه تیمارها با هم و با نمونه شاهد مشاهده شد. تنها در بررسی فعالیت آنزیم لیپاز مشاهده شد که تیمار جیره ۳ و جیره ۵، همچنین تیمار جیره ۴ و شاهد (جیره ۱) تفاوت معنادار آماری نداشتند. بیشترین فعالیت آنزیم آمیلاز در جیره ۲ و کمترین آن در جیره شاهد، بیشترین فعالیت آنزیم لیپاز در جیره ۲ و کمترین آن در جیره شاهد و جیره ۴، بیشترین فعالیت آنزیم پروتئاز در جیره ۴ و کمترین آن در جیره شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۳: تاثیر پروبیوتیک بر شاخصهای آنزیمی همولنف

غلظت پروبیوتیک	فعالیت آنزیم فنل اکسیداز	فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز
U/L	U/L	U/L
جیره ۱: بدون پروبیوتیک (کنترل)	۰/۲۸۸	۲/۰۵
جیره ۲: $\times 10^9$ cfu/g با P.acidilactici ^۱	۰/۳۲۸	۳/۳۳
جیره ۳: $\times 10^9$ cfu/g با P.acidilactici ^۲	۰/۳۵۸	۲/۸۷
جیره ۴: $\times 10^9$ cfu/g با P.acidilactici ^۳	۰/۳۵۳	۳/۲۸
جیره ۵: $\times 10^9$ cfu/g با P.acidilactici ^۴	۰/۳۱۲	۲/۴۱

حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنادار آماری است ($P < 0.05$)

۴. نتیجه‌گیری

مطالعات متعددی در سال‌های اخیر نقش مفید پروبیوتیک‌ها در تغذیه و همچنین تاثیر حفاظتی آنها در برابر عوامل پاتوژن را مشخص نموده‌اند (۱۰). در تحقیق حاضر افزودن پروبیوتیک پدیوکوکوس اسیدی لاکتیسی به جیره غذایی بچه شاه میگوی آب شیرین به افزایش چشمگیر شاخص‌های ایمنی همولف و آنزیم‌های گوارشی منجر شد که این افزایش بویژه در مورد شاخص هموسیت در همولف چشمگیر بود و بیشترین افزایش با روندی صعودی در بالاترین غلظت پروبیوتیک (جیره ۵) مشاهده شد. مطالعات نشان می‌دهد که هموسیت‌ها (سلولهای خونی) در شاه میگوی آب شیرین همانند سایر سخت پوستان نقش مهمی را پاسخ‌های ایمنی میزبان ایفا می‌کند (۱۱). در این تحقیق بیشترین تعداد هموسیت‌ها به ترتیب مربوط به هموسیت‌های نیمه دانه دار، دانه دار بزرگ و هیالین بود. مطالعات متعددی نیز اکثریت غالب هموسیت‌های نیمه دانه دار را در همولف میگوی آب شیرین تایید می‌کند. در مطالعه‌ای که بر هموسیت همین گونه *Astacus leptodactylus* انجام شد نیز بیشترین و کمترین تراکم سلولی همولف به ترتیب مربوط به هموسیت‌های نیمه دانه دار و هیالین بود (۱۲). در تحقیقی که به بررسی تاثیر پروبیوتیک *P. acidilactici* بر دفاع آنتی اکسیدانی و وضعیت استرس اکسیداتیو در میگوی *L. stylirostris* پرداخته، سطوح بالای آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در همولف و غدد گوارشی این میگو پس از تغذیه با رژیم غنی شده با این پروبیوتیک گزارش شد (۱۳). بررسی اثر جیره‌های با غلظت‌ها متفاوت از پروبیوتیک *P. acidilactici* در تغذیه بچه شاه میگوی آب شیرین پس از ۸۵ روز، مشخص شد که استفاده از این مکمل می‌تواند اثرات مثبت قابل توجهی بر شاخص‌های ایمنی همولف مانند تعداد انواع سلولهای هموسیت هیالین، هموسیت نیمه دانه دار و دانه دار بزرگ و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز و فنول اکسیداز داشته باشد.

جدول ۴: تاثیر پروبیوتیک بر شاخص آنزیم‌های گوارشی روده بچه شاه میگو

غلظت پروبیوتیک	فعالیت آنزیم آمیلاز U/L	فعالیت آنزیم لیپاز U/L	فعالیت آنزیم پروتئاز U/L
جیره ۱: بدون پروبیوتیک (کنترل)	۱۱۵۶۰	۴۱	۹۷۷
جیره ۲: جیره با 1×10^9 cfu/g <i>P. acidilactici</i>	۱۶۸۲۵	۴۹	۱۴۱۱
جیره ۳: جیره با 2×10^9 cfu/g <i>P. acidilactici</i>	۱۵۰۲۰	۳۶	۱۲۰۸
جیره ۴: جیره با 3×10^9 cfu/g <i>P. acidilactici</i>	۱۶۰۸۵	۴۱	۱۴۲۲
جیره ۵: جیره با 4×10^9 cfu/g <i>P. acidilactici</i>	۱۴۸۷۵	۳۵	۱۱۹۵

حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار آماری است ($P < 0.05$)

منابع

- [1]-Balcázar J. L., Blas I. d., Ruiz-Zarzue I., Cunningham D., Vendrell D., Múzquiz. 2006. The role of probiotics in aquaculture. Vet Microbiol. 31; 114(3-4):173-86
- [2]- Vazquez J.A., Gonzalez M.P., and Murado, 2005. Effects of lactic acid bacteria cultures on pathogenic microbiota from fish. Aquaculture, 245: 149-161.
- [3]- Pandiyan P., Balaraman D., Thirunavukkarasu R., George E. G., Subaramaniyan K., Manikkam S., Sadayappan B. Probiotics in aquaculture. Drug Invention Today. 5(1). 55-59.
- [4]-Valipour, A., Shariatmadari, F., Abedian, A., Seyfabadi, S. J. and Zahmatkesh, A., 2011. Growth, Molting and Survival Response of Juvenile Narrow Clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus*, Fed Two Sources of Dietary Oils. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 10(3), 505-518.

- [5]- Jiang, G., Yu, R., Zhou, M., 2004. Modulatory effects of ammonia-N on the immune system of *Penaeus japonicus* to virulence of white spot syndrome virus. *Aquaculture* 241, 61–75.
- [6]- Pousti, I., Adib Moradi, M., 2004. *Comparative Histology and Histotechnology*. 4th ed. University of Tehran Publishing (610 pp.).
- [7]- Hernandez-Lopez, J., Gollas-Galvan, T., Vargas-Albores, F., 1996. Activation of the prophenoloxidase system of the Brown Shrimp (*Penaeus californiensis* Holmes). *Comp. Biochem. Physiol. C* 113, 61–66.
- [8]- Cooper, R.U., Clough, L.M., Farwell, M.A., West, T.L., 2002. Hypoxia-induced metabolic and antioxidant enzymatic activities in the estuarine fish *Leiostomus xanthurus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 279, 1–20.
- [9]- Coccia E., Varricchio E., Paolucci M. 2011. Digestive Enzymes in the Crayfish *Cherax albidus*: Polymorphism and Partial Characterization. *International Journal of Zoology*. p:9.
- [10]- Yanbo, W., Zirong, X. (2006): Effect of probiotic for common carp (*Cyprinu carpio*) based on growth performance and digestive enzymes activities. *J. Ani. feed sci. Tech.* 127(3-4): 283-292.
- [11]- Jiravanichpaisal, P., Lee, B.L. and Soderhall, K. 2006a. cell – mediated immunity in arthropods: Hematopoiesis, coagulation, melanization and opsonization. *Immunol.* 211:213-236.
- [12]- Samnejhad A., Afsharnasab M., Kakoolaki S. 2016. Effect of water temperature on hemocytes and histopathological findings in freshwater Crayfish (*Astacus leptodactylus*). *Iranian Journal of Aquatic Animal Health*. 2 (1). 45-53.
- [13]- Castex, M., Lemaire, P., Wabete, N., Chim, L. (2009): Effect of dietary probiotic *Pediococcus acidilactici* on antioxidant defences and oxidative stress status of shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *J. Aqua.* 294(3-4): 306-313.



مروری بر صد سال مطالعات انجام شده روی سخت پوستان خلیج فارس و دریای عمان

ممتازی، فرزانه^{۱*} و مقصودلو، عبدالوهاب^۱

گروه علوم زیستی دریا، پژوهشکده علوم زیستی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
momtazi.f@gmail.com

چکیده

قدمت مطالعات تنوع زیستی سخت پوستان انجام شده در منطقه خلیج فارس و دریای عمان به حدود صد سال پیش بازمی‌گردد. در راستای جمع‌آوری داده‌های تنوع زیستی خلیج فارس و دریای عمان و استاندارد سازی این داده‌ها در قالب فرمت OBIS (Ocean Biogeographic Information System) در سال ۱۳۹۲، مجموعه مطالعات انجام شده در زمینه سخت پوستان منطقه مورد بررسی و استاندارد سازی قرار گرفت. در این مطالعه داده‌های تنوع زیستی از منابع اطلاعاتی مختلف استخراج شد و با الگوی ارایه شده از سوی سیستم اطلاعات جغرافیای زیستی اقیانوسی (<http://www.iobis.org/node/305>) وارد نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ گردید. صحت داده‌های تنوع گونه‌ای استخراج شده از مقایسه با پایگاه‌های داده جهانی مرتبط همچون پایگاه ثبت جهانی گونه‌های دریایی (WORMS.com) و در مواردی سامانه جامع اطلاعات تاکسونومیک (<http://www.itis.gov>) مشخص و تصحیح گردید. بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه در مجموع ۶۴۰۸ رکورد از سخت پوستان تا سال ۱۳۹۴ ثبت شده است که متعلق به ۴ رده، ۲۹ راسته، ۱۸۲ خانواده، ۳۹۴ جنس و ۶۴۲ گونه معتبر می‌باشد. اولین داده ثبت شده در سال ۱۹۱۶ و ثبت گونه *Pontocaris affinis* بوده است. در مجموع بیشترین تعداد گونه‌ها از رده *Malacostraca* با حدود ۶۷ درصد کل گونه‌ها ثبت شده است. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین رکوردهای ثبت شده به ترتیب متعلق به گونه‌های *Aglaioocypris pellucida*، *Alpheus lobidens*، *Metapograpsus messor* و *Nanosesarma sarii* می‌باشد. بررسی منابع حاکی از توصیف ۲۴ گونه جدید سخت پوست از منطقه خلیج فارس و دریای عمان تا سال ۲۰۱۴ دارد. نتایج مطالعه حاضر از تمرکز مطالعاتی بر روی گروه‌های معدودی از سخت پوستان گزارش می‌کنند و از سویی شناسایی گونه‌های جدید متعدد از این گروه، نشانگر ظرفیت‌های مطالعاتی متعدد در این گروه از جانوران می‌باشد.

کلید واژه: سخت پوستان، خلیج فارس، دریای عمان، *Aglaioocypris pellucida* *Malacostraca*

۱. مقدمه

بشر برای تغذیه، سلامت، رفاه و تفریح وابسته به سیستم‌های زیستی است. به همین منظور شناسایی، درک روابط و حفظ این سیستم‌های زنده مهمترین هدف بشر است [۱]. بشر بخشی از سیستم‌های زیستی است نه جدا از آن و بوسیله تغییراتی که در اکوسیستم - در ترکیب گونه‌ها و تغییرات ژنتیکی آنها- اتفاق می‌افتد تحت تاثیر قرار می‌گیرد. امروزه اهمیت اعتبار داده‌های تنوع زیستی برای مدیریت منابع و تصمیم‌گیری‌های کلان توسط محققان تاکید میشود [2]. از سویی بررسی جامع مطالعات انجام شده در زمینه تنوع زیستی امکان مشخص شدن خلاهای مطالعاتی را فراهم می‌کند و به مطالعات سمت و سویی هدفدار می‌بخشد.

سخت پوستان به عنوان یکی از متنوع‌ترین گروه‌های جانوری در سیستم‌های آبی شناخته می‌شوند که علاوه بر تعداد زیاد و بیومس بالا دارای نقش‌های متنوعی در ساختار اکوسیستم‌های آبی می‌باشند. امروزه سخت پوستان به عنوان یکی از منابع مهم تغذیه انسان و سایر جانوران دریایی، پالایشگرهای زیستگاه، نشانگرهای سلامت زیستگاه می‌باشد

قدمت مطالعات تنوع زیستی سخت پوستان انجام شده در منطقه خلیج فارس و دریای عمان به حدود صد سال پیش بازمی‌گردد. در راستای جمع‌آوری داده‌های تنوع زیستی خلیج فارس و دریای عمان و استاندارد سازی این داده‌ها در قالب فرمت OBIS (Ocean Biogeographic Information System) در سال ۱۳۹۲، مجموعه مطالعات انجام شده در زمینه سخت پوستان منطقه مورد بررسی و استاندارد سازی قرار گرفت. در این مطالعه تمامی کتاب‌ها، مقالات، پایان‌نامه‌ها و سایر منابع علمی بررسی شدند و ۶۴۰۸ رکورد از سخت پوستان شامل ۶۴۲ گونه از این منابع استخراج شدند.

۲. مواد و روش‌ها

الف) استخراج داده‌ها از منابع مختلف اطلاعاتی

در این مطالعه داده‌های ثبت شده در زمینه سخت پوستان از پایان‌نامه‌های چاپ شده توسط موسسات آموزش عالی و دانشگاه آزاد، مقالات چاپ شده در مجلات داخلی و خارجی، گزارشات در دسترس موسسات تحقیقاتی و نهایتاً کتابهای چاپ شده در داخل کشور استخراج گردید.

ب) رقومی کردن داده‌ها

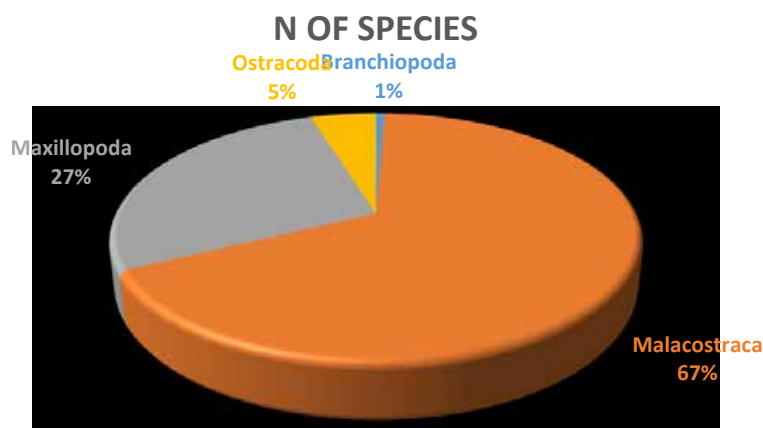
در این مرحله داده‌های استخراج شده از منابع اطلاعاتی مختلف مطابق با الگوی ارایه شده از سوی سیستم اطلاعات جغرافیای زیستی اقیانوسی (<http://www.iobis.org/node/305>) وارد نرم افزار اکسل ویرایش ۲۰۰۷ گردید. با توجه به اهداف مطالعه حاضر ستون‌هایی همچون کد ناشر، نوع منبع اطلاعاتی، مخفف منبع اطلاعاتی، مرجع گزارش، اعتبار تاکسونومیک، سطح شناسایی صورت گرفته، نام صحیح فعلی گونه و همنامی نیز به الگوی متادیتای OBIS اضافه گردید.

ج) تصحیح، استاندارد و یکسان سازی داده‌ها

صحت داده‌های تنوع گونه‌ای استخراج شده از مقایسه با پایگاه‌های داده جهانی مرتبط همچون پایگاه ثبت جهانی گونه‌های دریایی (WORMS.com) و در مواردی سامانه جامع اطلاعات تاکسونومیک (<http://www.itis.gov/>) مشخص و تصحیح گردید.

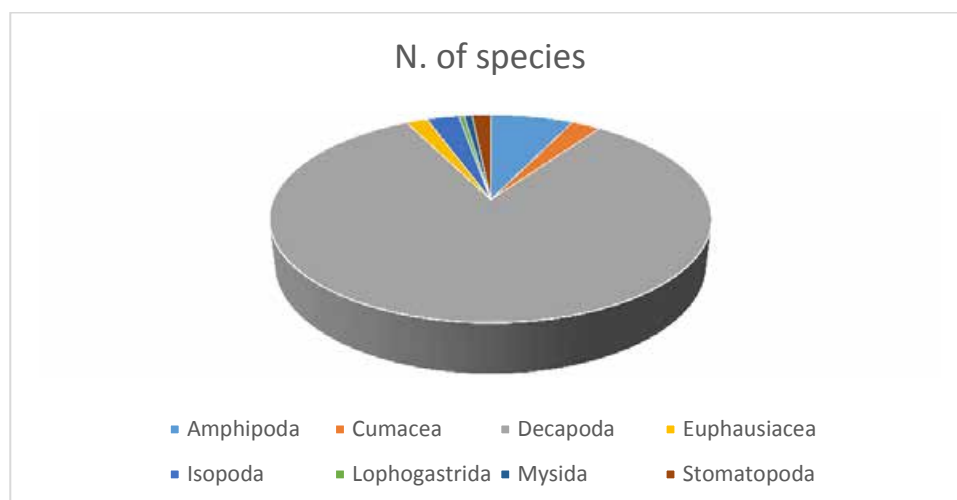
۳. نتایج

بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه، ثبت داده‌های تنوع زیستی سخت پوستان در منطقه مورد مطالعه به سال ۱۹۱۶ و ثبت گونه *Pontocaris affinis* از منطقه گوردم از توابع سیستان و بلوچستان بر می‌گردد. در مجموعه مطالعات انجام شده در حدود یک سده گذشته ۶۴۰۸ رکورد از سخت پوستان در منابع مختلف ثبت شده است که متعلق به ۴ رده، ۲۹ راسته، ۱۸۲ خانواده، ۳۹۴ جنس و ۶۴۲ گونه معتبر می‌باشد. در مجموع بیشترین تعداد گونه‌ها از رده Malacostraca با حدود ۶۷ درصد کل گونه‌ها ثبت شده است (شکل ۱).



شکل ۱: درصد تعداد گونه های هر رده از سخت پوستان که از منطقه مورد مطالعه گزارش شده است

بررسی جزئی تر داده ها نشان می دهد که بخش اصلی مطالعات انجام شده بر روی راسته Decapoda با ۳۵۶ گونه بوده است (شکل ۲). همچنین بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین رکوردهای ثبت شده به ترتیب متعلق به گونه های *Agelaiocypris pellucida*، *Alpheus lobidens*، *Metapograpus messor* و *Nanosesarma sarii* می باشد.



شکل ۲: درصد تعداد گونه های هر راسته از Malacostraca که از منطقه مورد مطالعه گزارش شده است.

بررسی منابع تا سال ۲۰۱۴ نشان می دهد ۲۴ گونه جدید سخت پوست از منطقه خلیج فارس و دریای عمان تا به امروز معرفی شده است که بخش اصلی گونه های جدید معرفی شده در منطقه را شامل می شوند.

۴. نتیجه گیری

با وجود آنکه سخت پوستان بخش اصلی تنوع زیستی شناخته شده خلیج فارس و دریای عمان را تشکیل می دهند، نتایج مطالعه حاضر از تمرکز مطالعاتی بر روی گروه های معدودی از سخت پوستان گزارش می کنند و از سویی شناسایی گونه های جدید متعدد از این گروه، نشانگر ظرفیت های مطالعاتی متعدد در این گروه از جانوران می باشد.

منابع

[1] Chivian E (2002) *Biodiversity: Its Importance to Human Health*. Center for Health and the Global Environment. Harvard Medical School.



- [2] Turnhout, E., Lawrence, A., & Turnhout, S. (2016). Citizen science networks in natural history and the collective validation of biodiversity data. *Conservation Biology*, Vol. 30, No. 3, 532-539.

مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی اقیانوس‌شناسی غرب آسیا
۸ و ۹ آبان‌ماه ۱۳۹۶ (ایران - تهران)



کاربردهای مخمر پروسل در آبی‌پروری

اسلامی زاده حسین^{۱*}، قائنی منصوره^۲، مژده چله مال^۲

دانشجوی کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
h.eslami58@yahoo.com

چکیده

امروزه مکمل‌های غذایی مانند پریبیوتیک‌ها و محرک‌های ایمنی به عنوان یک جایگزین قوی برای آنتی‌بیوتیک‌ها برای ارتقای سلامت و ایجاد مقاومت در برابر بیماری‌ها در آبی‌پروری به کار می‌روند. استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد شیمیایی برای برطرف نمودن مشکلات آبی‌پروری علاوه بر دارا بودن عوارض جانبی و هزینه بالا موجب انباشتگی مواد شیمیایی در محیط و ماهی می‌شود. در این مقاله ضمن معرفی پریبیوتیک پروسل، مزایا و کاربرد آن در آبی‌پروری ارائه شده است.

کلید واژه: آبی‌پروری، مخمر، پریبیوتیک

۱. مقدمه

استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به عنوان یک افزودنی به جیره غذایی ماهیان پس از سال‌ها مشکلات عدیده‌ای از جمله مقاوم شدن عوامل بیماری‌زا، مسائل زیست محیطی، بازماندگی در گوشت آبی‌پروری و کاهش مصرف غذا بدلیل تغییر طعم غذا و متعاقب آن خطرات انسانی و ... را به وجود آورده است و در نهایت استفاده از این مکمل در بسیاری از کشورها ممنوع و یا محدود شده است. (Sealy and Gatlin, 2001) استفاده از پریبیوتیک‌ها روشی نوین است که از طریق آن می‌توان جمعیت میکروبی دستگاه گوارش را به صورت دلخواه تعیین کرد. پریبیوتیک‌ها عناصر غذایی غیر قابل هضمی ((Non-Digestible Carbohydrate (NDC هستند که از طریق تحریک رشد یا فعال کردن یک یا تعداد محدودی از گونه‌های باکتریایی که در روده وجود دارند، اثرات سودمندی بر میزبان داشته و سلامتی آن را بهبود می‌بخشند (Gibson & Roberfroid, 1995).

۲. مواد و روش‌ها

استفاده از پریبیوتیک‌ها به معنی افزایش هزینه پرورش است، بخصوص زمانی که پری بیوتیک وارداتی بوده و هزینه خرید بالایی داشته باشد. یکی از انواع پری بیوتیک‌های خارجی مورد استفاده، سلمانکس است، که نوع ایرانی آن تحت عنوان پروسل نیز ساخته شده است. هر دو نوع این پریبیوتیک‌ها در بردارنده مخمر ساکارومایسس سرویزیا (*Saccharomyces cerevisiae*) هستند، گونه مهمی از میکروارگانیسم‌های زیست یار که به عنوان مکمل غذایی برای جانوران مختلفی استفاده شده است (Hoseinifar et al., 2010).

۱. نتایج

عملکرد پریبوتیک حاصل از مخمر ساکارومایسس سرویزیه

پریبوتیک حاصل از مخمر نانوبی حاوی ترکیبات محرک ایمنی مختلفی مانند گلوکان ها، اسیدهای نوکلئیک، گلوتامات، الیگوساکاریدهای مانان و کیتین و اینوزیتول بوده که سبب بهبود رشد، تقویت پاسخ های ایمنی و افزایش مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی گونه های مختلف آبزیان می شود:

۱- بتاگلوکان و مانان الیگوساکارید موجود در آن، دارای اثر مستقیم محدودکننده بر عوامل بیماریزا بوده و از طرف دیگر دارای تأثیرات غیرمستقیم بر سلامتی میزبان از طریق کمک به افزایش جمعیت میکروبی مفید در روده می باشد. به عبارتی این پریبوتیک با در اختیار گذاشتن مواد مغذی از جمله مانان و بتاگلوکان سبب فعالیت و افزایش تکثیر باکتری های مفید روده از جمله لاکتوباسیلوس و اسید لاکتیک و بیفیدو باکتر شده و در نهایت سبب کاهش باکتری های بیماری زا خواهد شد.

۲- پریبوتیک ها با اتصال به گیرنده های شبه لکتین روی لکوسیت ها و افزایش تکثیر ماکروفاژها سبب تحریک سیستم ایمنی شده و از ابتلا به بیماری های عفونی جلوگیری کرده و در نتیجه افزایش رشد و بازماندگی آبزیان می شود.

۳- مقاومت آبزیان در برابر استرس های دمایی و اسیدی از طریق بهبود تغذیه، چسبیدن به موکوس روده و تولید پلی آمین ها در اثر وجود پریبوتیک افزایش خواهد یافت. اصولاً وجود پلی آمین ها سبب افزایش مقاومت میزبان در مقابله با استرس های محیطی خواهد شد.

۴- وجود مانان الیگوساکارید و بتاگلوکان، مانع از جذب مایکوتوکسین های جیره غذایی در دستگاه گوارش شده و بدین ترتیب سبب افزایش قابلیت هضم پذیری برخی از ترکیبات مفید بر بدن آبزی تأثیرگذار خواهد بود.

۵- وجود نوکلئوتید موجود در پریبوتیک سبب رشد بهتر دستگاه گوارشی و بهبود متابولیسم نیتروژن شده و تکامل بافت هایی که رشد سریع دارند را سبب می شود.

۶- اینوزیتول موجود در پریبوتیک، سبب تنظیم هورمون ها و عملکرد مطلوب سیستم ایمنی، مغز و سایر عضلات بدن ماهیان می شود.

۷- اسید گلوتامیک موجود پریبوتیک، سبب خوش خوراکی جیره غذایی مصرفی آبزیان می شود.

۸- اسید آمینه و پپتیدهای ضروری موجود در پریبوتیک، سبب هضم اجزای پروتئینی جیره در بدن آبزی و بهبود تغذیه بچه ماهیان که دستگاه گوارش تکامل نیافته ای دارند می شود.

برخی مطالعات صورت گرفته در خصوص تاثیر پارامترهای مفید در پریبوتیک

مخمر هیدرولیز شده منبع مناسبی از ویتامین به شمار میرود که برخی از این ویتامینها نقش کوآنزیمی دارند و علاوه بر بهبود عملکرد هضم و جذب میتوانند محرک هورمون رشد نیز باشند (تکمه چی و بندینی 2012). مانان الیگوساکاریدها به عنوان محرک های ایمنی غیراختصاصی می توانند فعالیت بیگانه خواری و دیگر بخش های سیستم ایمنی اولیه را در ماهیان افزایش دهند. (Couso et al 2003) مانان الیگوساکارید استخراج شده از دیواره سلولی مخمر آب جو باعث بالا بردن رشد باکتری های مفید اسید لاکتیک در روده می شود Andrews et al 2009. بتا گلوکانها گلبول های قرمز خون ماهیان را افزایش می دهند. (Klesius Duncan 1996, Andrews et al 2009). وجود بتاگلوکان در مخمر در بدن ماهی موجب تحریک سیستم ایمنی خواهد شد (لی و همکاران 2004). بتاگلوکان ها باعث بالا بردن غلظت آنتی بادی ها در ماهیان می شوند. (Ainsworth, Chen 1992). استفاده از محرک های ایمنی مانند بتاگلوکان ها میزان ایمونوگلوبولین سرم خون ماهیان را افزایش می دهد. (Gatesoupe, 2007)

آرتمیا و روتیفر:

مخمرها از دسته قارچ‌های تک سلولی اند که به علت قطر سلولی مناسب، ترکیب و ارزش غذایی مطلوب (منبع مناسبی از پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، نوکلئیدها و پلی‌ساکاریدها)، تهیه آسان و قیمت مناسب کاربرد روز افزونی در پرورش آبزیان خصوصاً آرتمیا یافته‌اند. James and (Makkeya 1981; Sajeewan *et al.*, 2006)

مانوپروتئین موجود در لایه خارجی دیواره سلولی مخمرها احتمالاً مانع اصلی هضم آن در آرتمیا محسوب شده و به همین علت ارزش غذایی مخمرها با از بین بردن این لایه بهبود خواهد یافت. با توجه به نامطلوبی نتایج در تغذیه آرتمیا با مخمر زنده به تنهایی، تحقیقات دامنه داری درباره استفاده از جلبک‌ها در کنار مخمرها یا غنی‌سازی و دست‌کاری لازمه بر مخمرها انجام شده و به نظر می‌رسد که می‌بایست روش‌های مختلف غنی‌سازی با اسیدهای چرب یا حذف لایه مانوپروتئین را به منزله بهترین راهکارها در استفاده از مخمر نانوائی در تغذیه آرتمیا پذیرفت. Marques *et al.*, 2005; Gunasekara *et al.*, 2012) افزایش میزان بازماندگی و بهبود قابلیت تغذیه ای آرتمیا در صورت استفاده از مخمر هیدرولیز شده و حذف دیواره سلولی مخمر نتیجه‌ای است که توسط محققان داخلی و خارجی به ثبت رسیده است. Coutteau *et al.*, 1992) مطالعات نشان دادند که مخمر نانوائی زنده بدون هیچ دستکاری و یا افزودنی اثر تغذیه‌ای کمی بر رشد روتیفر داشت اما افزودن روغن و ویتامین‌های گروه B به آن سبب افزایش رشد گونه مورد بحث شد (طالبی و همکاران، ۱۳۹۲).

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان:

تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با عصاره و پودر مخمر به صورت ترکیبی می‌تواند سبب بهبود شاخص‌های رشد و افزایش مقاومت در برابر استرس و بیماری گردد. (تکمه چی و بندینی، ۱۳۹۲)

استفاده از مکمل‌های پری‌بیوتیکی به صورت معنی‌داری باعث بهبود شرایط رشد و تغذیه، از جمله ضریب تبدیل غذایی در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان گردید (اکرمی و همکاران، ۱۳۹۲). این امر می‌تواند به دلیل نقش ترکیبات پری‌بیوتیکی در اصلاح فلور میکروبی روده باشد. زیرا اثبات شده که باکتری‌های مفید دستگاه گوارش با تولید آنزیم‌های و مواد متابولیکی باعث تسهیل هضم و جذب غذا و افزایش ارزش غذایی آن و کاهش مصرف انرژی می‌گردند (گنسه و همکاران، ۲۰۰۷). بطورکل ترکیبات پری‌بیوتیکی به صورت غیرمستقیم از طریق اصلاح فلور میکروبی دستگاه گوارش و به صورت مستقیم با افزایش حجم روده و کاهش pH باعث افزایش هضم و جذب غذا می‌گردند. این امر می‌تواند باعث افزایش جذب ویتامین‌ها و مواد معدنی به خصوص کلسیم و فسفر شود که منجر به تناسب رشد وزنی و طولی ماهی‌ها شده است. (مقیمی حاجی، ۱۳۹۱)

در مطالعه‌ای دیگر پورامینی و همکاران در سال ۱۳۸۷ با استفاده از مقادیر مختلف مخمر مقاومت بچه ماهیان نوره قزل‌آلای رنگین‌کمان را در برابر تنش شوری ۱۰ و ۱۵ گرم در لیتر) افزایش و ثابت کردند که میزان بازماندگی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده از جیره غذایی آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد به طوری معناداری افزایش یافته است. همچنین تکمه چی و بندینی (۲۰۱۲) با استفاده از عصاره مخمر رشد و مقاومت لارو قزل‌آلای رنگین‌کمان را مورد ارزیابی قرار دادند.

کپور ماهیان:

تأثیر پروبیوتیک در مقادیر مختلف پروبیوتیک به ازای کیلوگرم غذای خشک در مقایسه با غذای شاهد (بدون پروبیوتیک) بر عوامل رشد و کارایی تغذیه در بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) به طور وسیع مورد مطالعه قرار گرفته است. در تمامی کارها در گروه ماهیانی که پروبیوتیک دریافت کرده بودند، شاخص‌های رشد و راندمان غذایی آنها مانند افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، کارایی پروتئین، ضریب تبدیل غذا و درصد بقا سطح بالاتر و مطلوبتری را نسبت به گروه ماهیانی که جیره آنها فاقد پروبیوتیک بودند نشان دادند. تمامی جیره‌های مکمل شده با پروبیوتیک منجر به راندمانهای رشد و مصرف غذایی بهتری در مقایسه با جیره پایه در گروه شاهد شدند. نتایج مشابهی توسط Swain *et al.*, 1996) بر روی کپورهای هندی مشاهده شد. به نظر می‌رسد که افزایش رشد به دلیل افزایش اشتها و ترشح

آنزیم یا بهبود سلامتی ماهی در نتیجه کنترل عفونت و افزایش قابلیت هضم مواد غذایی باشد (Ringo and Gatesoupe ۱۹۹۸)، (مجازی امیری و همکاران، ۱۳۹۳) پربیوتیک با چسبیدن به جدار روده و تحریک و افزایش آنزیمهای گوارشی و افزایش اسیدیتة لوله گوارش ماهی کپور معمولی، سبب بهبود فاکتورهای رشد، ایمنی و مقاومت شده و با کاهش تلفات، تولید بیشتری را در زمان کوتاhter به دست خواهد داد (حسینی فر، ۱۳۸۶) جیره ماهیان مکمل شده با پروبیوتیک، رژیم غذایی و هضم پروتئین را بهبود میبخشد که این امر رشد بیشتر و ضریب تبدیل غذایی بهتر را توجیه می‌کند (Wache et al 2006).

در مطالعه ای دیگر Bogut و همکاران اثرات سطوح مختلف مکمل در تغذیه ماهی کپور معمولی بررسی شد که شامل آنتی بیوتیکها، مخمر و باکتریها بود که بهترین رشد و زنده مانی با مکمل پربیوتیک مشاهده گردید. Noveirian and Nasrollahzadeh (2012) اثر بیوژن پروبیوتیک را بر شاخصهای رشد و ترکیب بدن بچه ماهی کپور معمولی در سه تیمار مختلف همراه با تیمار شاهد بدون پروبیوتیک را به مدت ۶۰ روز مورد بررسی قرار دادند. در پایان آزمایش عوامل رشد و راندمان غذایی آنها مانند افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، کارایی پروتئین، ضریب تبدیل غذایی و درصد بقا بالاتر و مطلوبتری را در کپور ماهیان جوان که با جیره حاوی پروبیوتیک مورد تغذیه قرار گرفتند نشان داد.

ماهی تیلاپیا:

مطالعات Flores-Lara و همکاران (۲۰۰۳) بر روی تیلاپای نیل، غذای مکمل شده با پروبیوتیک *S. cerevisiae* بهترین FCR مشاهده شد و پیشنهاد شد که بهره برداری از غذا حتی در شرایط استرس توسط پروبیوتیکها افزایش یابد.

منابع

- [۱] - پورامینی، م.، کمالی، ا.، حاجی مرادلو، ع. م.، قربانی، ر.، علیزاده، م.، ۱۳۸۷، بررسی تغذیه با مخمر ساکارومایسس سروزیا به عنوان پروبیوتیک، بر مقاومت در برابر تنش با شوری و بافت شناسی دستگاه گوارش بچه ماهیان نورس قزل آلاهی رنگین کمان.
- [۲] - تاجدار نصرآبادی م.، اکرمی ر.، ۱۳۹۲، تاثیر مکمل غذایی فروکتوالیگوساکارید و مانان الیگوساکارید به تنهایی ترکیبی بر عملکرد رشد، میزان بازماندگی، ترکیب بیوشیمیایی بدن و میزان مقاومت بچه ماهی کلمه دریای خزر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر.
- [۳] - تکمه چی الف، بندبنی م.، ۱۳۹۱، تاثیر مکمل مخمري بر رشد و ایمنی ماهی قزل آلاهی رنگین کمان، دانشگاه ارومیه، ایران
- [۴] - جعفریان ج.، سهندی ج. و جعفریان س.، ۱۳۹۲، مطالعه کارایی جیره غذایی مکمل سازی شده با عصاره مخمر *Saccharomyces cerevisiae* در افزایش رشد، بقاء و مقاومت ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در برابر عوامل استرسزا، دانشگاه گنبد کاووس
- [۵] - طالبی ف.، اسماعیلی فریدونی الف، عبدی ج.، منافی فر ر.، ۱۳۹۲، تأثیرات جانشینی مخمر نانوائی صنعتی دست کاری شده به جای مخمر *Lansy PZ* در شاخصه های رشد و بازماندگی دو گونه *Artemia urmiana* و *Artemia franciscana*، دانشگاه ارومیه
- [۶] - قبادی ش.، توکلی ح.، مجازی امیری ب.، ۱۳۹۳، اثر سطوح مختلف پروبیوتیک باکتوسل بر برخی شاخص های رشد، بازماندگی و ترکیبات بدن بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل
- [۷] - کرپور بهشت آباد، ا.، ۱۳۹۰، تأثیر سطوح مختلف پربیوتیک مانان الیگوساکارید بر شاخص های رشد، بازماندگی و ترکیب لاشه بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر.

- [8]- Coutteau, P., Lavens, P., Sorgeloos, P., (1990) Beakers yeast as a potential substitute for livealgae in aquaculture diets:*Artemia* as a case atudy. Journal of the World Aquaculture Society 21, 1-9.
- [9]- Gatesoupe, F.J. 1999. The use of probiotics in Aquaculture. Aquaculture, 180, 147-165.
- [10]- Nikkhoo, M., Yousefian, M., Safari, R. and Nikkhoo, M. 2010. The influence of probiotic qualase on the survival, growth, intestinal microflora and challenge infection in wild carp (*Cyprinus carpio*), Res. J. Fishe. Hydro. 5(2): 168-172.
- [11]- Noveirian, H.A., Nasrollahzadeh, A., 2012. The effects of different levels of biogen probiotic additives on growth indices and body composition of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). Caspian Journal of
- Stones, C.S. and Mills, D.V. 2004. The use of live yeast and yeast culture products in aquaculture. Int. Aquafeed. 7: 28-34
- [12]- Waché, Y., Auffray, F., Gatesoupe, F.J., Zambonino, J., Gayet, V., Quentel, C., 2006. Cross effects of the strain of dietary *Saccharomyces cerevisiae* anrearing conditions on the onset of intestinal microbiota and digestive enzymes in Rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*), fry. Aquacult, 258, 470–478
- [13]- Wang Yanbo , Xu Zirong, 2005, Effect of probiotics for common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities Environmental Sience, 10(1), 115- 121.
- [14]- Yamada, E.A., and Sgarbieri, V.C., 2005. Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) protein concentrate: preparation, chemical composition and nutritional and functional properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53, 3931-3936

فنی و مهندسی دریا



امکان سنجی ساخت موج شکن مرکب با توجه به شرایط ژئوتکنیکی محل

(مطالعه موردی: بندر سیریک در خلیج فارس)

پورعلی، خالد^۱، پطروسیان، آرنو^۲، کتابداری، محمدجواد^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۳. دانشیار، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

ketabdar@aut.ac.ir

چکیده

موجشکن یکی از سازه‌های مفید در جهت توسعه‌ی محیطی امن و آرام برای پهلوگیری شناورها است. از جمله انواع این سازه‌ها موج شکن‌های مرکب یا کیسونی هستند. یکی از علت‌های استفاده از موج شکن مرکب صرفه جویی در هزینه‌های اجرای موجشکن و همچنین استفاده از قابلیت پهلوگیری شناورهای کوچک در بدنه‌ی داخلی موجشکن است. بنابراین در این مقاله امکان سنجی احداث موجشکن از نوع مرکب در بندر سیریک با در نظرگیری شرایط ژئوتکنیکی محل، بحث و بررسی شده است

کلید واژه: بندر سیریک، موج شکن مرکب، امکان‌سنجی، مطالعات ژئوتکنیکی، روانگرایی

۱. مقدمه

موجشکن یکی از سازه‌های مفید در جهت توسعه‌ی محیطی امن و آرام برای پهلوگیری شناورها است. از جمله انواع این سازه‌ها موج شکن‌های مرکب یا کیسونی هستند. یکی از علت‌های استفاده از موج شکن مرکب صرفه جویی در هزینه‌های اجرای موجشکن و همچنین استفاده از قابلیت پهلوگیری شناورهای کوچک در بدنه‌ی داخلی موجشکن است. بنابراین در این مقاله امکان سنجی احداث موجشکن از نوع مرکب در بندر سیریک با در نظرگیری شرایط ژئوتکنیکی محل، بحث و بررسی شده است.

۲. معرفی بندر سیریک

سیریک یکی از شهرهای استان هرمزگان در جنوب ایران و شرق این استان است. از طریق راه اصلی در ۷۰ کیلومتری میناب و ۱۵۰ کیلومتری جاسک قرار دارد. بندر چند منظوره سیریک در سواحل شهر سیریک واقع شده، که مختصات جغرافیایی آن در جدول ۱ آورده شده است. کار احداث این بندر از سال ۱۳۸۵ آغاز و در سال ۱۳۸۹ پایان یافت [۱].

جدول ۱: مختصات موقعیت بندر سیریک

نام بندر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بندر سیریک	57.081953°	26.528299°

۳. مطالعات ژئوتکنیکی بندر سیریک

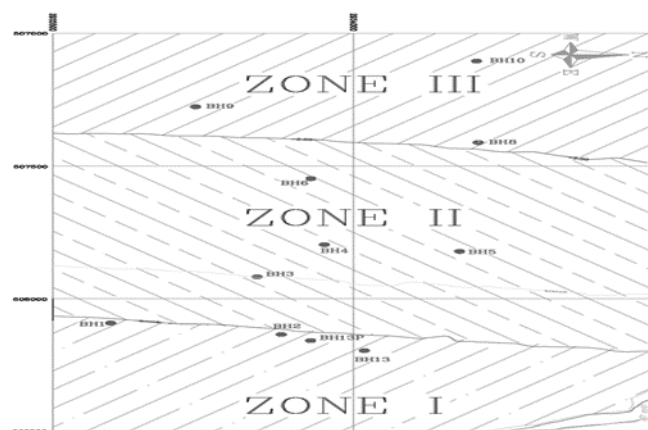
عملیات ژئوتکنیک بندر سیریک شامل عملیات حفاری و نمونه برداری، انجام آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی توسط مهندسين مشاور ایران خاک به منظور شناسایی بافت تحت الارضی در محل پیش‌بینی شده جهت احداث بندر سیریک انجام گرفته است. در این گزارش بر اساس مشاهدات و نتایج آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی، بافت تحت الارضی تعیین و پارامترهای ژئوتکنیکی مورد نیاز برای طراحی سازه‌های پیش‌بینی شده در محل ارائه شده است. عملیات صحرایی شامل حفر ۷ گمانه دریایی و ۴ گمانه خشکی با حداکثر عمق ۴۵ متر بوده که مختصات حفر گمانه‌ها و همچنین نوع و روش حفر آنها نیز در جدول ۲ آمده است [۲].

جدول ۲: مختصات گمانه‌های حفاری شده در محل بندر سیریک

شماره گمانه	مختصات گمانه (بر اساس مختصات جهانی)		عمق گمانه	روش حفاری	نوع گمانه
	Y	X			
BH-1	2933596	508092	21	شستشویی	خشکی
BH-2	2933880	508135	20	شستشویی	خشکی
BH-3	2933840	507920	20	شستشویی	دریایی
BH-4	2933950	507800	35	مغزه‌گیری ممتد	دریایی
BH-5	2934180	507820	40	شستشویی	دریایی
BH-6	2933930	507410	35	شستشویی	دریایی
BH-8	2934210	507410	40	شستشویی	دریایی
BH-9	2933740	507280	20	شستشویی	دریایی
BH-10	2934200	507100	20	شستشویی	دریایی
BH-13P	2933929	508158	14-	شستشویی	خشکی
BH-13	2934018	508196	45	شستشویی	خشکی

۴. تحلیل نتایج حاصل از مطالعات ژئوتکنیک

بر اساس مشاهدات انجام گرفته در حین حفر گمانه‌ها و بررسی آزمایشات صحرایی و نتایج آزمایشهای شناسایی، بافت تحت الارضی در محدوده مورد مطالعه یکسان نبوده و با حرکت به سمت دریا ضخامت لایه‌ها و میزان تراکم و یا سفتی آنها تغییر می‌یابد. لذا با تقسیم این محدوده به سه ناحیه I، II و III، برای هر یک بافت تحت الارضی جداگانه‌ای در نظر گرفته می‌شود. ناحیه I که گمانه‌های خشکی (BH13) محدود به سه ناحیه I، II و III، را شامل می‌شود، مناطق خشکی با تراز بیش از $2/6+$ نسبت به CD را در بر می‌گیرد. ناحیه II، مناطق ساحلی با تراز بین $2/5-$ تا $2/61+$ نسبت به CD را شامل می‌شود. گمانه‌های BH3، BH4، BH5 و BH6 در این ناحیه واقع هستند. ناحیه III نیز قسمتهای دور تر از ساحل با تراز بستر پایینتر از $2/5-$ نسبت به CD را شامل می‌گردد که گمانه‌های BH8، BH9 و BH10 را در بر می‌گیرد. محدوده هر یک از نواحی در شکل ۱ نشان داده شده است. در ادامه بافت تحت الارضی بیان شده و برای هر یک از ناحیه‌ها پارامترهای ژئوتکنیکی ارائه می‌گردد.



شکل ۱: محدوده‌های ژئوتکنیکی بندر سیریک

۴-۱. لایه سطحی:

این لایه که در برخی گمانه‌ها مشاهده شده است، از نهشته‌های بسیار نرم تشکیل شده و دارای ضخامت کمتر از یک متر است. این در نواحی II و III مشاهده شده و با توجه به شرایط ژئوتکنیکی بسیار ضعیف، مقاومت خاصی برای این لایه متصور نیست.

۴-۲. لایه اول:

پس از لایه سطحی، لایه اول که عمدتاً از ماسه ریز لای دار (SM) و بعضاً ماسه لای دار و رس دار تشکیل شده، مشاهده گردیده است. در میان این لایه ماسه‌ای، بقایای صدفی نیز مشاهده شده است. ضخامت و تراکم این لایه در نواحی مختلف متغیر است. در ناحیه I ضخامت آن از ۱۸ تا ۲۱/۵ متر بوده و تا تراز متوسط ۱۵- متر نسبت به CD ادامه دارد. در ناحیه II ضخامت این لایه ۷ تا ۱۶ متر بوده و تراز انتهای آن در حدود ۱۱- متر نسبت به CD است. اما در ناحیه III ضخامت این لایه کاهش یافته و به ۴ تا ۸ متر می‌رسد. تراز انتهای این لایه در ناحیه III بطور متوسط ۸- متر نسبت به CD است.

۴-۳. لایه دوم:

در زیر لایه اول، لایه‌ای از جنس رس لاغر (CL) وجود دارد که در آن، بعضاً میان لایه‌های ماسه‌ای مشاهده گردیده است. این لایه تا انتهای گمانه‌ها ادامه دارد. بر اساس آزمایش‌های شناسایی، مقدار درصد ریزدانه در این لایه بطور متوسط حدود ۹۰ درصد است. همچنین مقدار میانگین درصد رطوبت، حد روانی و حد خمیری در این لایه به ترتیب ۳۳، ۴۲ و ۲۳ است. بر این اساس مقدار وزن مخصوص مرطوب این لایه ۱/۸۹ تن بر متر مکعب محاسبه شده است.

بر اساس نتایج آزمایش‌های SPT سختی این لایه در محدوده‌های مختلف متفاوت بوده و با عمق نیز متغیر است. مقادیر PT، در ناحیه I از ۱۰ تا ۱۸ اندازه‌گیری شده است. لذا در این محدوده، خاک لایه دوم در گروه رس‌های متوسط تا سفت طبقه‌بندی می‌گردد. در نواحی II و III، مقادیر SPT تا تراز ۲۵- متر نسبت به CD بین ۲ تا ۸ و در ترازهای پایینتر از آن، بین ۸ تا ۱۷ اندازه‌گیری شده است. لذا از این لحاظ، خاک این لایه در محدوده‌های II و III تا تراز ۲۵- متر نسبت به CD در گروه رس‌های نرم تا متوسط و در ترازهای پایینتر از آن در گروه رس‌های متوسط تا سفت طبقه‌بندی می‌گردد.

۵. بررسی وقوع پدیده روانگرایی

همانگونه که در بخش‌های قبل بیان گردید بافت تحت‌الارضی تا عمق قابل توجهی از ماسه لای دار سست تا متوسط تشکیل شده است. بر این اساس در این بخش، لایه ماسه‌ای از نظر پتانسیل روانگرایی مورد بررسی قرار گرفته و چنانچه احتمال وقوع این پدیده قابل توجه باشد راهکارهایی جهت مقابله با آن و بهسازی خاک ارائه خواهد گردید.

جهت بررسی پدیده روانگرایی، روش توصیه شده در CEER، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش ابتدا نسبت تنشهای برشی ایجاد شده در اثر زلزله به تنش موثر قائم که «نسبت تنش برشی سیکلی معادل ناشی از زلزله» یا CSR_{Eq} نامیده می‌شود، محاسبه می‌گردد. در این روش همچنین مقاومت خاک در برابر روانگرایی، که «نسبت تنش برشی سیکلی مولد روانگرایی» یا $CSRLiq$ نامیده می‌شود تعیین می‌گردد. پتانسیل روانگرایی با مقایسه بین این نسبتها قابل بررسی است.

نسبت تنش برشی سیکلی معادل ناشی از زلزله (CSR_{Eq})، را می‌توان مطابق رابطه سید و ادریس محاسبه نمود [۳]:

$$CSR_{Eq} = \left(\frac{\tau_{eye}}{\sigma_v} \right) = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma_v} r_d \quad (1)$$

در رابطه فوق t_{cyc} تنش برشی سیکلی معادل ناشی از زلزله، a_{max} شتاب ماکزیمم سطح زمین در اثر زلزله، S_v تنش قائم کل، S_v تنش قائم موثر و r_d ضریب کاهش تنش است که بصورت تقریبی بر حسب عمق، z ، از رابطه (۲) قابل محاسبه است [۴]:

$$r_d = \begin{cases} 1.0 & 0.00765z \text{ for } z \leq 9.15m \\ 1.174 & 0.0267z \text{ for } 9.15m < z \leq 23m \end{cases} \quad (2)$$

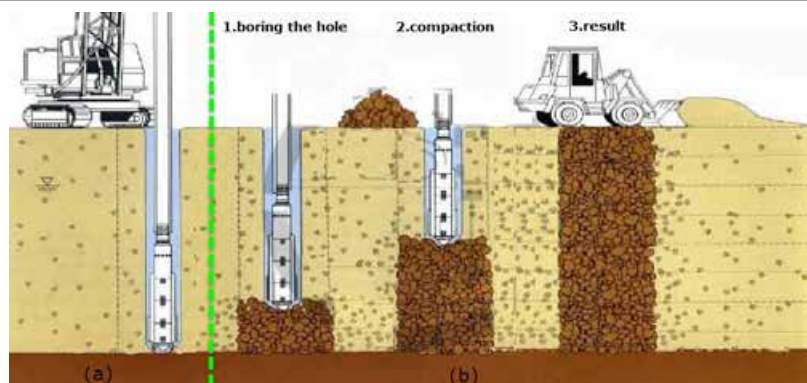
با توجه به مطالب ذکر شده، ضریب اطمینان در برابر روانگرایی در گمانه‌های مختلف برای زلزله سطح بهره برداری (زلزله با دوره بازگشت ۷۵ سال) مطابق رابطه (۳) محاسبه شده است. ضرایب اطمینان کوچکتر از یک نشان دهنده پتانسیل وقوع روانگرایی است.

$$FS_{Liq} = \frac{CSRLiq}{CSR_{Eq}} \quad (3)$$

بر این اساس ملاحظه می‌گردد که وقوع روانگرایی در گمانه‌های واقع در ناحیه I، تقریباً غیر محتمل است. در نواحی II و III احتمال وقوع روانگرایی نسبتاً افزایش یافته؛ بطوریکه در برخی اعماق، ضریب اطمینان روانگرایی کمتر از یک است. این شواهد بیانگر آنست که روانگرایی در این نواحی بصورت موضعی رخ خواهد داد و با حرکت به سمت ناحیه III احتمال آن افزایش می‌یابد.

۶. راهکارهای مقابله با روانگرایی و بهسازی خاک

جهت مقابله با روانگرایی می‌توان از روش جایگزینی یا اصلاح خاک استفاده نمود. در روش جایگزینی، لایه روانگرا شونده برداشته شده و با مصالح مناسب جایگزین می‌شود. با توجه به حجم قابل توجه لایروبی و مصالح جایگزین، این روش هزینه قابل توجهی در بر خواهد داشت که بیشتر از هزینه احداث موج شکن خواهد بود. روش دیگری که برای از بین بردن پتانسیل روانگرایی بکار می‌رود بهسازی خاک است. بر اساس شرایط ژئوتکنیکی و اجرایی، روشهای مختلفی جهت اصلاح خاک وجود دارد که به دو طریق یکی افزایش تراکم خاک و دیگری ایجاد شرایط تسریع کننده زهکشی می‌توان پتانسیل روانگرایی را کاهش داد. از این جمله می‌توان به روش های تراکم دینامیکی و احداث ستون های سنگی و یا شنی اشاره نمود. در بندر سپریک با توجه مغروق بودن محل بهسازی، روش تراکم دینامیکی اجرایی نیست. احداث ستون های سنگی یا شنی نیز با ایجاد تمهیدات خاص قابل اجرا است که این کار هم بسیار پرهزینه خواهد بود [5, 6].



شکل ۲: تجهیزات نصب و روش اجرای ستون‌های سنگی (a) تجهیزات ایجاد سوراخ (b) مراحل تشکیل ستون سنگی

راهکار دوم در این زمینه، احداث موجشکن بدون بهسازی خاک و پذیرفتن مخاطرات ناشی از نشست‌ها و خرابی‌های موضعی موجشکن است. با توجه به چیدمان عناصر بندر و نیز نوع کاربری آن، وقوع خرابی‌های موضعی در موجشکن، عواقب پر خطری برای کل بندر در بر نخواهد داشت و از این نظر پذیرفتن ریسک وقوع چنین خرابی‌هایی نه از جنبه عواقب کلان انسانی و اقتصادی دراز مدت (خسارات جانی و یا از کار افتادن بندرگاه بمدت طولانی)، بلکه تنها از جنبه اقتصادی کوتاه مدت (تخریب موضعی) مطرح می‌گردد. از آنجائیکه خرابی و نشست‌های پیش‌بینی شده در موجشکن‌ها بصورت موضعی است و نیز هزینه‌های بهسازی خاک در سرتاسر طول موجشکن مقدار قابل توجهی بوده و به مراتب از هزینه‌های تعمیر و ترمیم موضعی موجشکن بیشتر خواهد شد. لذا پذیرفتن مخاطرات خرابی‌های موضعی منطقی بوده و جهت استفاده در این بندرگاه توصیه می‌گردد.

۷. نتیجه‌گیری

بندر سیریک در منطقه‌ای احداث شده است که دارای بستر مناسبی جهت احداث موج شکن مرکب نیست و قبل از احداث آن نیاز به بهسازی بستر دارد. هزینه بهسازی بستر جهت ساخت موج شکن مرکب بسیار بیشتر از هزینه ساخت موج شکن مرکب خواهد شد. همچنین این بندر بندری با سطح اهمیت کم است و از حجم ترافیک کمی برخوردار است. لذا نیازی به پهلوی‌گیری شناور کنار موج شکن نیست. از طرفی دیگر با توجه به فاصله ۶۰ کیلومتری آن از معدن سنگ، اجرای موجشکن مرکب در این بندر مقرون به صرفه نیست و مناسب‌ترین نوع موج شکن برای آن، موج شکن توده سنگی است.

۸. تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم میدانند مراتب سپاس خود را از شرکت سازه پردازی ایران بخاطر در اختیار قراردادن اطلاعات ژئوتکنیک محل ابراز نمایند.

منابع

- [۱] ویکی‌پدیا دانشنامه آزاد (<https://fa.wikipedia.org/wiki/سیریک#note-1-cite>)
- [۲] شرکت سازه پردازی ایران، (۱۳۸۴)، مطالعات مرحله اول احداث بندر چند منظوره سیریک (گزارش تفسیری ژئوتکنیک)، ۲۵-۲۹.
- [۳]-طهماسبی، ا. (۱۳۸۵)، روانگرایی و بررسی روشهای مقابله با روانگرا شدن خاک، سیزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، کرمان، ۵۷۵-۵۷۴
- [۴]-یحیی پور، د. (۱۳۹۳)، بررسی و مقایسه اقتصادی و مدیریتی روش‌های مقابله با روانگرایی مطالعه موردی پروژه طرح و توسعه مجتمع بندری شهید رجایی، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل، ۴۲۸-۴۲۵



-
- [5] Seed, H.B., and Idriss, I.M. (1971), Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, J. of the Soil Mechanics and Found. Div., ASCE, 97 (SM9), 1249-1273.
- [6] Idriss, I.M and Boulanger, R.W. (2004), Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes 11 th ICSDEE & 3 th ICEGE, 32-56.



نقش گلایدرهای زیرسطحی در تحقیقات اقیانوس‌شناسی (مطالعه موردی: دریاهای ایران)

سهرابی، سید حمید^۱، کتابداری، محمدجواد^۲

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲. دانشیار، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

ketabdar@aut.ac.ir

چکیده

امروزه گلایدرهای زیرسطحی یکی مهمترین ارکان تحقیقات دریایی در حوزه زیرسطح به حساب می‌آیند. فعالیتهای تحقیقاتی حوزه اقیانوس‌شناسی و مطالعات مربوط به انواع جریان‌های زیرسطحی، آبزیان و نیز حوزه مطالعات نظامی از مهمترین زمینه‌های بکارگیری گلایدرهای دریایی هستند. گلایدرها دارای یک سیستم خود اتکا در رانش به کمک تغییر شناوری هستند که همین امر باعث کاهش وابستگی آنها به انرژی الکتریکی باتری و در نتیجه باعث افزایش زمان حضور آنها در زیرسطح می‌شود. همچنین رشد تحقیقات کاربردی در حوزه موتورهای شناوری حرارتی باعث کاهش بیشتر وابستگی به انرژی الکتریکی و افزایش خوداتکایی شناور شده است. در این مقاله این شناورهای کوچک اما فوق العاده مهم از نقطه نظر تکنولوژیک و استراتژیک بررسی گردیده‌اند. سپس وضعیت کشور از نظر طراحی، ساخت و امکان بکارگیری این شناورها مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان بر اهمیت سرمایه‌گذاری بر روی طراحی و ساخت اینگونه شناورها جهت کاهش هزینه‌های سنگین داده برداری توسط شناورهای تحقیقاتی حوزه مطالعات اقیانوس‌شناسی، تاکید گردیده است

کلیدواژه: اقیانوس‌شناسی، داده برداری از زیرسطح، گلایدرهای زیرسطحی، موتورهای شناوری، دریاهای ایران

۱. آشنایی با گلایدرهای زیرسطحی

جمع‌آوری داده‌های مربوط به پارامترهای فیزیکی محیط اقیانوس از جمله، میزان دما، شوری، هدایت الکتریکی و جریان‌های سطحی و زیرسطحی اهمیت فوق‌العاده‌ای برای درک تحقیقات مربوط به اقیانوس و دینامیک آن دارد. تغییر پارامترهای فیزیکی مذکور در راستای افقی به نسبت بسیار کمتر از راستای عمود بوده و در واقع تابعی از عمق است. به همین دلیل مطالعه در زمینه فعالیت‌های اقیانوس‌شناسی نیازمند پروفایل داده‌های مذکور بر حسب عمق‌های مختلف است. از طرفی اندازه‌گیری و ارسال داده‌ها در اعماق اقیانوس‌ها نیز با مشکلاتی روبرو است زیرا تنها در سطح آب امکان مخابره اطلاعات وجود دارد. لذا می‌بایست توسط سنسورهایی خاص در اعماق اقیانوس‌ها داده‌های مورد نیاز استخراج شده و در سطح آب اطلاعات توسط سیستم‌های مخابراتی جهت استفاده کاربر ارسال شوند. گلایدرهای زیرسطحی^۱ از جمله جدیدترین و کم هزینه‌ترین وسایل برای این کار بوده که برای حرکت رو به جلو نیاز به نیروی پیشران موتوری نداشته و نیروی لازم برای حرکت خود را با استفاده از تغییر خاصیت شناوری^۲ خود بدست می‌آورند. تغییر شناوری (مثبت و یا منفی) با حرکت یک پیستون و یا با پر و خالی شدن یک کیسه روغن خارجی متصل به گلایدر تأمین می‌شود. نیروی شناوری باعث حرکت گلایدر در راستای عمود شده و با وجود دو بال در دو طرف بدنه این حرکت در راستای عمودی مقداری نیز حرکت روبه جلو نیز نتیجه داده و شناور در یک الگوی مسیر داندانه‌ای^۳ حرکت خواهد کرد. شناوری

¹¹ Underwater Glider

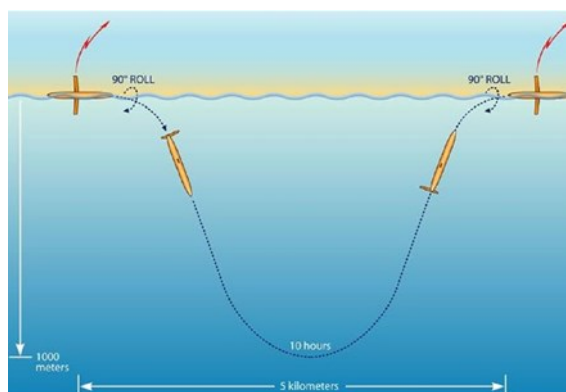
² Buoyancy

³ Sawtooth

منفی این وسیله بسمت پایین حرکت داده و در حالت شناوری مثبت شناور به سمت بالا حرکت می‌کند [۱]. شیب^۴ حرکت گلايدر در الگوی دندان‌اره‌ای، با کنترل مرکز ثقل وسیله توسط یک جسم متحرک در داخل خود وسیله، کنترل می‌شود [۲]. گلايدهای زیرسطحی به دلیل استفاده از نیروی پیشران مبتنی بر خاصیت شناوری به جای موتور الکتریکی، به اندازه شناورهای زیرسطحی هوشمند^۵ (AUV) سریع نیستند. همین امر عامل افزایش پایداری این شناورها در مقایسه با شناورهای زیرسطحی هوشمند است. مدت زمان استخراج داده‌های مربوط به پارامترهای فیزیکی اقیانوس‌ها از چندین ساعت به چندین هفته و یا حتی ماه‌ها افزایش یافته است. بر همین اساس نیاز به یک شناور با توانایی خوداتکایی برای این مدت زمان در زیر آب یک امر ضروری است. گلايدهای تحقیقاتی مسافت‌های طولانی طی می‌کنند. این شناورها در هر مرحله که به سطح آب می‌آیند اطلاعات جمع‌آوری شده توسط سنسورها را به صورت زمان واقعی^۶ به کاربر مخابره و همچنین دستورات جدید برای تغییر پارامترهای مأموریت (زاویه غوص و صعود، ماکزیمم عمق نفوذی) دریافت می‌کنند (شکل ۱). ویژگی‌های ذکر شده در شناورهای زیرسطحی هوشمند تحقیقاتی، وجود ندارد. از دیگر ویژگی‌های بارز این شناورها، می‌توان به هزینه به نسبت کمتر نمونه‌برداری و استخراج داده توسط گلايدها در مقایسه با سایر روش‌ها، گستره زیاد عمق عملیاتی از ۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متر و پایداری بالای آنها که ناشی از مصرف پایین انرژی و سرعت کم (به طور میانگین ۲۵ سانتی‌متر در ثانیه یا ۰/۵ نات) آنها اشاره نمود. جدول ۱ مشخصات گلايدر Spray را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات فنی گلايدر Spray

مشخصه	مقدار	واحد
وزن	۵۱٫۸	kg
قطر بدنه فشار	۰٫۲	m
طول بدنه	۲٫۰	m
پهنای بال	۱٫۱	m
ماکزیمم عمق	۱۵۰۰	m
سرعت	۰٫۲۵ - ۰٫۳۰	m/s
برد	۳۵۰۰ - ۴۷۰۰	km
زاویه گلايد	۱۹ - ۲۵	Degree



شکل ۱: نحوه عملکرد و برقراری ارتباط ماهواره‌ای گلايدر Spray در یک سیکل حرکتی

۲. تاریخچه طراحی، ساخت و پیشرفت گلايدهای زیرسطحی

استفاده از مفهوم خاصیت شناوری اشیاء به منظور اندازه‌گیری جریان‌های زیرسطحی اقیانوس به طور همزمان و مستقل از هم در اواسط سال ۱۹۵۰ توسط Stommel در آمریکا و Swallow در انگلیس مطرح گردید [۳]. به دنبال آن در سال ۱۹۶۰ شناور SOFAR^۷ توسط Webb و Rossby طراحی شد [۴]. نمونه دیگر که جهت تعیین عمق کانال صوتی عمیق مورد استفاده قرار گرفت، شناور RAFOS بود. شناورهای فوق

^۴ Pitch

^۵ Autonomous Underwater Vehicle

^۶ Real-Time

^۷ Sound Fixing and Ranging

رنج عملکردی محدودی داشتند [۳]. این مشکل با ابداع شناورهای ALACE^۸ و PALACE^۹ که امکان ارتباط ماهواره‌ای داشتند، برطرف شد. کار طراحی و ساخت شناور ALACE در اواخر سال ۱۹۸۰ توسط گروه Profiling ALACE در موسسه اقیانوس‌شناسی Scripps (SIO) انجام شد [۵].

برای بیان برخی از رویدادهای تاریخی مهم در روند توسعه گلایدرهای زیرسطحی، به صورت خلاصه می‌توان به مواردی اشاره نمود. در ۱۹۷۰، ساخت شناور SOFAR به منظور اندازه‌گیری جریان‌های اقیانوسی انجام گردید [۴]. در ۱۹۸۹ در تحقیقی روی شناور Slocum چشم-انداز چندین ساله‌ای (تا سال ۲۰۲۱) از این نوع شناورها بیان شد که در آن یک ناوگان^{۱۰} متشکل از ۱۰۰۰ شناور با سیستم پیش‌رانش ناشی از تغییر شناوری به کمک گرادیان دمایی اقیانوس، وجود داشت [۶]. نظریه ایجاد یک ربات زیرآبی متکی به خود را اولین بار Stommel در سال ۱۹۸۹ ارائه داد [۷]. Webb و Stommel در سال ۱۹۸۸ ایده خود درباره گلایدر گرمایی را بیان نمودند. در سال ۱۹۹۰ قرارداد طراحی نمونه اولیه گلایدر Slocum با استفاده از یک سیستم شناوری شامل باتری، یک پمپ بالاست پیستونی و یک جسم متحرک داخلی برای کنترل شیب و چرخش بسته شد [۸]. در همان سال اولین گلایدر خودکار ALACE که توسط Davis در مجموعه تحقیقاتی SIO در مرکز تحقیقات WRC ساخته شده بود، در برنامه آرگو بکار گرفته شد [۳]. در ۱۹۹۱ گلایدر Spray تحت تست‌های اولیه دریاچه قرار گرفت [۵]. در ژانویه سال ۱۹۹۱ مرکز تحقیقات WRC اولین تست گلایدر Slocum الکتریکی را در آبهای Wakulla Springs انجام داد. در این آزمایش گلایدر مذکور موفق به انجام ۲۹ غوص و صعود تا عمق ۲۰ متری شد. همچنین نمونه اولیه این گلایدر توان الکتریکی در Wakulla Springs در فلوریدا با استفاده از یک اتوپالوت و ثبت‌کننده، طراحی و آزمایش شد [۹]. در ۱۹۹۲ گلایدر (ALBAC) که یک گلایدر از نوع شاتلی بود در دانشگاه توکیو در آزمایشگاه طراحی و ساخته شد و سپس یک شبکه نمونه‌برداری توسط شناورهای زیرسطحی هوشمند شرح داده شد. همچنین موسسه تحقیقاتی WRC محفظه گلایدر Spray در سال ۱۹۹۵ مورد تست قرار گرفت [۵]. در همین سال یک وسیله با پروفایل حرکت عمودی که توسط نیروی محرکه گرمایی تغذیه می‌شد در دریای Sargasso بکار گرفته شد [۹]. طراحی دقیق گلایدر Spray در ۱۹۹۷ آغاز شد [۵]. در ۱۹۹۸ یک گلایدر با موتور گرمایی در دریاچه Seneca نیویورک بر مبنای خاصیت ترموکلین بکار گرفته شد [۹]. پس از این رویداد در ۱۹۹۹ فاز اول شبکه‌های نمونه‌برداری اقیانوسی هوشمند (AOSN) در خلیج Monterey توسط گلایدرهای Spray انجام گرفت. نمونه اولیه این گلایدر توانست ۱۱ روز در محیط دریا پایداری داشته باشد و موفق به استخراج ۱۸۲ پروفایل دمایی و رسانایی گردید [۵]. یکی دیگر از برترین دستاوردها در گلایدرها در سال ۲۰۰۰ بود که گلایدرهای Slocum، Spray و سیگلایدر موفق به انجام ماموریت‌های ۱۰ روزه شدند. افزایش بعد عملیاتی گلایدرها به همین جا ختم نگردید تا اینکه در سال ۲۰۰۱ گلایدر Spray ۲۸۰ کیلومتر را از San Diego تا عمق دریا طی کرد. یکسال بعد یعنی در ۲۰۰۲ سیگلایدر بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر دور از ساحل واشنگتن را طی کرد. همچنین یکی دیگر از این نوع گلایدر برای یک ماه برای اندازه‌گیری جریان‌های اقیانوسی در دریاچه آوارگان آلاسکا بکار رفت. در ژانویه ۲۰۰۳ سه گلایدر Slocum توسط موسسه WHOI در Bahamas بکار گرفته شد. آزمایش نمونه اولیه Slocum گرمایی نیز در همان زمان در موسسه WRC انجام گرفت. همچنین در فوریه همین سال موسسه SPAWAR و نیروی دریایی کانادا آزمایشی را در خلیج مکزیک با سه گلایدر Slocum الکتریکی که مجهز به مودم آکوستیک بودند، انجام داد. علاوه بر اینها در آگوست و سپتامبر ۲۰۰۳، فاز دوم شبکه‌های نمونه‌برداری اقیانوسی هوشمند در خلیج مونتری انجام گرفت [۱۰]. در سپتامبر و نوامبر ۲۰۰۴ گلایدر Spray عرض گلف استریم را طی کرد. شروع مسیر حرکت آن از تقریباً ۱۰۰ مایلی جنوب Nantucket بود و در نزدیکی برمودا پایان یافت. این سفر نزدیک به یک ماه به طول انجامید. گلایدر ۶۰۰ مایل را با سرعت حدود ۰/۵ مایل بر ساعت (۱۲ مایل در روز) طی کرد [۱۱]. در ۲۰۰۴ سیگلایدر در اقیانوس آرام شمالی رها گردید و در ساحل Kauai هاوایی از آب گرفته شد [۱۲]. در بازه زمانی از ۲۰۰۴ تاکنون بیشتر روی مشخصاتی از گلایدرهای دریایی همچون اتوماسیون، کنترل پذیری، موتورهای حرارتی جدید و نیز شناسایی مسیر بهینه، فعالیت شده و پلتفرم‌ها اساساً با گلایدرهای قبل تفاوت چندانی ندارد. استفاده از شناورها در شبکه آرگو از سال ۲۰۰۰ آغاز شده و تا سال ۲۰۱۱ تعداد ۳۳۰۸ شناور در این شبکه مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۳].

^۸- Autonomous Lagrangian Circulation Explorer

^۹- Profiling ALACE

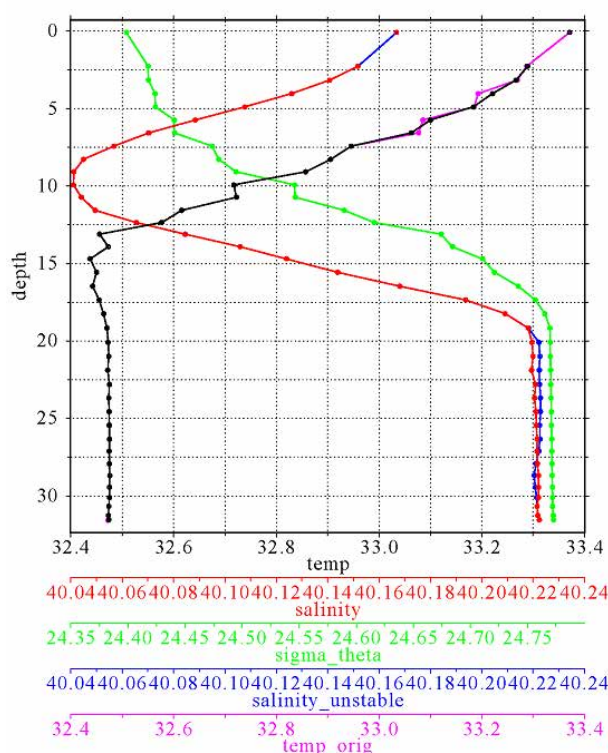
^{۱۰}- fleet

۳. نحوه عملکرد گلایدرهای زیرسطحی

از سال ۲۰۰۳، سه گلایدر زیرسطحی تحقیقاتی Spray, Slocum و سیگلایدر به طور وسیع در برنامه‌های اقیانوس‌شناسی آمریکا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به همین دلیل در این مقاله به دلیل قرار گرفتن اکثر گلایدرهای مهم دنیا در محدوده مشخصات فنی این سه گلایدر، به بررسی مکانیزم عملکردی این سه گلایدر توجه شده است. گلایدر Slocum الکتریکی به منظور انجام ماموریت در آبهای کم عمق و یا آبهای ساحلی تا عمق ۲۰۰ متری طراحی شده است. گلایدر Slocum گرمایی نیز جهت انجام ماموریت و استخراج داده در آبهای عمیق طراحی و ساخته شده است. این گلایدرها ویژگی‌های بارزی مثل هزینه عملیاتی پایین، رنج مسافتی و ماندگاری بالا به علت مصرف نسبتاً پایین انرژی، مقاومت بسیار خوب به علت طراحی مناسب، نویز و لرزش پایین و عملکرد خودکار، نسبت به سایر شناورهای تحقیقاتی دیگر دارند. تجمع کردن سنسورها در گلایدر اغلب نیازمند تنظیم سنسورها و قرار دادن مناسب آنها در کنار یکدیگر برای بدست آوردن توان، فضا و نیازهای هیدرودینامیکی است. گلایدرها پس از جمع‌آوری اطلاعات به سطح می‌آیند و زمانی که به موقعیت ثابت در سطح رسیدند، توسط سیستم ارتباطی ماهواره یا امواج رادیویی داده‌های استخراج شده را مخابره می‌کنند. سه گلایدر ذکر شده دارای اندازه و مشخصات کلی بسیار شبیه به هم هستند. آنها از بال‌های ثابت در طرفین محفظه و سکان هدایت در انتها و از یک جسم متحرک برای کنترل شیب و چرخش خود استفاده می‌کنند. این گلایدرها برای خوداتکایی در عملکرد طی یک دوره طولانی مدت برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی محیط اقیانوس طراحی شده‌اند. مدت ماموریت آنها می‌تواند از چند هفته تا چند ماه و رنج عملکردی آنها، از چند صد تا چند هزار کیلومتر باشد و می‌توانند با سرعتی در حدود ۰/۲۵ متر بر ثانیه (۰/۵ نات) حرکت کنند. برد و سرعت گلایدرها با فاکتورهایی مانند زاویه گلاید^{۱۱}، سرعت، عمق عملیاتی و میزان بار ناشی از وزن سنسورها تغییر می‌کند. برد مورد انتظار در گلایدر موسوم به سیگلایدر در حدود ۶۰۰۰ کیلومتر یا ۹۰۰ سیکل تا عمق ۱۰۰۰ متری با سرعت ۲۵ سانتی متر بر ثانیه است. همچنین رنج مسافتی مورد انتظار شناور Spray در حدود ۴۰۰۰ کیلومتر با سرعت ۳۵ سانتی‌متر بر ثانیه است. در گلایدرهای سیگلایدر و Spray از یک سیستم تغییر شناوری استفاده می‌شود که در آن روغن بین مخزن داخلی و مخزن انعطاف‌پذیر^{۱۲} خارجی توسط پمپ جابجا می‌شود. لازم به ذکر است که بیشتر انرژی گلایدر صرف انتقال روغن بین مخزن داخلی و خارجی و برعکس می‌شود. گلایدرهای مربوط به فعالیتهای اقیانوس‌شناسی در ویژگی‌هایی همچون طراحی برای انجام ماموریت‌های طولانی مدت، حرکت با سرعت نسبتاً پایین، شکل ایرودینامیکی مناسب، قرار داشتن آنتن در قسمتی از وسیله، جسم داخلی متحرک برای کنترل شیب و چرخش شناور، سیستم بالاست و طراحی متقارن گلایدهای دریایی، با هم تشابه دارند. زیرسیستمهای گلایدرهای مخصوص حوزه اقیانوس‌شناسی عبارتند از سیستم سازه و بدنه مقاوم در برابر فشار عمق، سیستم تاسیساتی جابجایی سیال، سیستم ارتباطات ماهواره‌ای، سیستم‌های سوناری، سیستم‌های کنترلی و سنسورینگ و تجهیزات اندازه‌گیری و داده برداری. در شکل ۲ نمونه‌ای از کاربرد گلایدر S1113 در استخراج پارامترهای خلیج فارس نشان داده شده است. اندازه‌گیری‌ها مربوط به تابستان است و در واقع پارامترهای استخراج شده از آبهای کم عمق را نشان می‌دهد [۱۴].

¹¹ - Glide angle¹² Bladder

Glider: s1113 Project: GL_PersianGulf
Mission Number = 000 Segment Number = 029 Profile 32 of 32



شکل ۲: نمودارهای نشان دهنده تغییرات شوری برحسب دما اندازه گیری شده توسط گلايدر S1113، برای ابهای کم عمق خلیج فارس [۱۴]

۴. بررسی وضعیت کشور ایران در حوزه بکارگیری، طراحی و ساخت گلايدهای زیرسطحی

با توجه مرزهای گسترده آبی ایران، از نظر تحقیقاتی جهت مطالعه حوزه های دریایی کشور، همچنین بررسی منابع تامین مواد غذایی دریایی در شمال و جنوب کشور، بررسی های مربوط به حوزه نظامی و همچنین مطالعات و تحقیقات اقیانوس شناسی جهت کنترل بقاء گونه های مهم دریایی کشور، نیاز مبرم به تهیه، طراحی و ساخت و بکارگیری گلايدهای زیرسطحی امری واضح به نظر می رسد. با استفاده از این گلايدها به راحتی و با سرعت مناسب می توان به اعماق و مسافتهای طولانی دست یافت و اطلاعات مورد نیاز را دریافت کرد. استفاده از نیروی انسانی کمتر، کاهش زمان و هزینه های انجام عملیات در مقایسه با روشهای مرسوم از جمله مزایای این شناورهای زیرسطحی است. با استفاده از گلايدهای زیرسطحی می توان سطح بسیار وسیعی از دریاها و اقیانوس ها را پایش کرد، که انجام این فعالیتها با استفاده از کشتی تحقیقاتی هزینه های بسیار زیادی را در بر خواهد داشت. یک کشتی تحقیقاتی مدرن، روزی حدود ۳۰۰ هزار دلار هزینه دارد که این هزینه شامل هزینه های وسایل و تجهیزات علمی، دانشمندان و محققین و هزینه خود تحقیقات نمی شود. خرید یک گلايدر زیرسطحی با سطح متوسط حدود ۱۵۰ هزار دلار هزینه دارد که این مقدار تنها در حدود هزینه سه روز یک شناور زیرسطحی دارای خدمه و یا یک کشتی تحقیقاتی کوچک و نه مدرن است [۱۵]. از طرف دیگر یک کشتی تحقیقاتی تنها بخش بسیار اندکی از اقیانوس را می تواند پوشش دهد. در طی یک سال مداوم کاری در دریا و بدون هیچ وقفه ای جهت سوخت گیری و تعویض خدمه، یک کشتی تحقیقاتی به تنهایی فقط ۳٪ از یک فاصله ۱ درجه و با یک سرعت ۱۰ نات و با توقف های ۲ ساعته را می تواند پوشش دهد. این محدوده حدود ۹,۷ میلیون کیلومتر مربع می شود که هزینه ای در حدود ۱۵ میلیون دلار را برای یک شناور در پی خواهد داشت. مقایسه هزینه ها کاملاً نشان می دهد که سرمایه گذاری روی طراحی، ساخت و تست گلايدها به چه میزان صرفه اقتصادی برای کشور ایران دارد [۱۵].

اما با توجه به نو بودن تکنولوژی طراحی و ساخت این شناورها، مخصوصاً در صورت تجهیز به موتورهای گرمایی، بحث طراحی و ساخت این شناورها در کشور هنوز به بلوغ خود نرسیده و تنها در چند موسسه داخلی نمونه های اولیه ای از این شناورها در مرحله طراحی است. هزینه های سنگین استفاده از کشتی های تحقیقاتی جهت تحقیقات اقیانوس شناسی و اندازه گیری پارامترهای فیزیکی دریا، هزینه های سنگین تعمیر و

نگهداری این شناورها و محدودیتهای مشخص شده این روش از اندازه‌گیری، نشان دهنده اهمیت سرمایه‌گذاری روی طراحی و ساخت گلایدرهای دریایی و صرفه‌جویی‌های اقتصادی آن بوده و از نظر تکنولوژیک ایران را در زمره چند کشور دارای این تکنولوژی قرار خواهد داد. هم‌اکنون تنها در دانشگاه صنعتی مالک اشتر یک نمونه اولیه که قابلیت مانورهای ساده را دارد، طراحی گردیده و یک نمونه کوچک برای عمق‌های کم نیز توسط دانشکده دریایی همین دانشگاه در سال ۱۳۸۸ در دریاچه ذوب آهن اصفهان تست گردید.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد تا به صورت کاملاً خلاصه شده، شناختی کلی از گلایدرهای زیرسطحی ارایه شود. در ادامه تاریخچه بسیار مختصری از روند توسعه، طراحی و تست و بکارگیری این گلایدرها در دنیا بیان شد. در بخش بعدی این مقاله نحوه عملکرد گلایدرهای زیرسطحی به صورت عمومی و کلی، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در پایان نیز وضعیت کشور در این حوزه به صورت مختصر و با اطلاعات بسیار کمی که در دسترس است، بیان شد. با توجه به مطالب ارایه شده در بالا، می‌توان اهمیت بکارگیری و سرمایه‌گذاری روی توسعه طراحی، ساخت و تست این شناورهای کوچک در کشور را نتیجه گرفت. همچنین با توجه به منابع تحقیقاتی محدود کشور برنامه ریزی برای کاهش هزینه‌های بسیار سنگین استفاده از روشهای معمول، و مهیا نمودن زیرساخت‌های نوین در آینده نه چندان دور را برای کشور را در دستور کار قرار داد.

منابع

- [1] Bachmayer, R., Ehrich Leonard, N., Graver, J., Fiorelli, E., Bhatta, P. and Paley, D., (2004), Underwater Gliders: Recent Developments and Future Applications, report, Department of Mechanical and Aerospace Engineering Princeton University, Princeton, NJ 08544, USA.
- [2] Graver, J.G., (2005), Underwater Gliders: Dynamics, Control and Design, Dissertation, Princeton University, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, May, 2005.
- [3] Meyer, D., (2016), Glider Technology for Ocean Observations: A Review, J of Ocean Sci. Discuss., Vol. 12, No. 2.
- [4] Rossby, T., and Webb, D., (1970), Observing abyssal motions by tracking Swallow floats in the SOFAR channel, Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, Vol. 17, 359–365.
- [5] Sherman, J., Davis, R.E., Owens, W.B., and Valdes, J., (2001), The autonomous underwater glider spray, IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 26, No. 4, 437- 446.
- [6] Stommel, H., (1989), The Slocum Mission, Oceanography, Vol. 2, No. 1, 22–25.
- [7] Stommel., H., (1955), Direct measurement of subsurface currents. Deep-Sea Research, Vol. 2, No. 4, 284– 285.
- [8] Mohd, F. B. S., (2010), Design and Development an Underwater Glider Using PIC, Thesis for Bachelor Of Mechatronic Engineering, Faculty of Electrical Engineering, University Teknikal Malaysia.
- [9] Webb, D.C., Simonetti, P.J., and Jones, C.P., (2001), Slocum: An underwater glider propelled by environmental energy, IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 26, No. 4, 447–452.
- [10] Woods hole oceanographic institution, (2007), <http://www.whoi.edu/>.
- [11] <http://www.whoi.edu/main/spray-glider>.



- [12] University of Washington Applied Research Laboratory Seaglider Fabrication Center, (2008), <http://www.apl.washington.edu/projects/seaglider/specifications.html>.
- [13] Roemmich, D., Boehme, L., Claustre, H., Freeland, H., Fukasawa, M., Goni, G., Gould, W. J., Gruber, N., Hood, M., Kent, E., (2009), integrating the ocean observing system: mobile platforms, Proceedings of Ocean Observations, Vol. 9.
- [14] Zdenka S. W., (2016), Manual for Quality Control of Temperature and Salinity Data Observations from Gliders, U.S. IOOS Program Office.
- [15] Lauro, F. M., Sensi, S. J., Cullen, J., (2014), The Common Oceanographer: Crowdsourcing the Collection of Oceanographic Data, PLoS Biol journal, Vol. 12, No. 9, 1-5.



مطالعه عددی ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها در سکوی اسپار

خوارزمی، رامین^۱، کتابداری، محمدجواد^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲. دانشیار، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

ketabdar@aut.ac.ir

چکیده

ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها در سکوی اسپار پدیده‌ای مهم در طراحی سیستم‌های مهار و رابزرهای سکوی اسپار به شمار می‌رود. در مرحله طراحی، جزئیات این ارتعاشات با استفاده از تست مدل هیدرودینامیکی ارزیابی می‌شود. اساس آزمایش مدل هیدرودینامیکی، حفظ تشابه پارامترهای دینامیکی و هندسی بین مدل و نمونه اصلی است. عدد رینولدز و فرود دو مقیاس وابسته به این آزمایش هستند. هرچند که استفاده همزمان از این دو مقیاس در عمل غیر ممکن است. این امر تردیدهای بین تست مدل با مقیاس عدد رینولدز و پیش‌بینی شرایط طراحی در مقیاس کامل را از بین می‌برد و همچنین برای اندازه‌گیری پاسخ در مقیاس کامل، اطلاعات ارزشمندی برای اعتبار سنجی مفروضات طراحی فراهم می‌کند. در این تحقیق مقایسه بین نتایج حاصل از تست آزمایشگاهی و شبیه‌سازی عددی در مقیاس کوچک صورت گرفته و پیش‌بینی‌ها برای رفتار مقیاس کامل با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی و شبیه‌سازی گردابه‌های منفصل انجام شده است. سپس نتایج مدلسازی‌های عددی با مدل آزمایشگاهی مقایسه شد. با مقایسه نتایج مشخص شد که مدل دارای جزئیات دقیق و شبکه بندی مناسب تر پاسخ دقیق تری بدست می‌دهد

کلیدواژه: ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها، سکوی اسپار، دینامیک سیالات محاسباتی، شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ

۱. مقدمه

سکوی اسپار همواره در معرض ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها قرار دارد. ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها^{۱۳} در نتیجه قرار در معرض جریان قوی مانند جریان گردابه‌ای برگشتی می‌تواند رخ دهد. این گردابه‌ها یکی از عوامل حساس در طراحی سیستم مهاربندی و رابزرهای سازه‌های فراساحلی آب عمیق مانند اسپارها و ستون‌های شناور آب عمیق^{۱۴} هستند. این ارتعاشات تاثیر قابل توجهی در طول عمر خستگی این سازه‌ها دارند. به طور خاص مهارهای فولادی^{۱۵} که از شناورها در سطح آب تا کف دریا معلق می‌شود شدیداً نسبت به خستگی ناشی از ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها حساس هستند. در طول طراحی، پارامترهای این مساله توسط آزمایش‌های هیدرودینامیکی روی مدل به دست می‌آید. آزمایش هیدرودینامیکی بر اساس تشابه پارامترهای هندسی و دینامیکی بین مدل و نمونه اصلی محاسبه می‌شود. عدد رینولدز و فرود دو مقیاس عددی وابسته برای آزمایش پارامترهای مدل ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها هستند. هرچند که عملاً این مقیاس بر اساس عدد رینولدز و فرود همزمان امکان‌پذیر نیست، اما برای اندازه‌گیری پاسخ در مقیاس کامل، اطلاعات ارزشمندی برای اعتبار سنجی مفروضات طراحی فراهم می‌کند. در حال حاضر صنعت برای پیش‌بینی ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها به ساخت مدل‌های آزمایشگاهی متکی است. با این حال ساختار این آزمایش‌ها در پیش‌بینی و تعیین ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها بسیار محدود است،

¹³ Vortex-Induced Vibrations (VIV)

¹⁴ multi-column Deep Draft Floaters (DDFs)

¹⁵ Steel Catenary Risers (SCRs)

زیرا آن‌ها به طور کلی نمی‌توانند مقیاس کامل اعداد رینولدز را نشان دهند و همچنین نمی‌توانند به طور کلی تاثیر امواج، رفتار سیستم‌های مهار غیر خطی یا جریان‌های ناپایدار اقیانوسی را نشان دهند.

استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی^{۱۶} برای ارزیابی واکنش ارتعاشات خودمحرک ناشی از گردابه‌ها در مراحل اولیه طراحی یک گزینه موثر برای طراحی ایمن تر و اقتصادی تر از بدنه و سیستم‌های مهار و رایزها است. CFD می‌تواند واقع‌گرایانه‌ترین شرایط عدد رینولدز، سیستم مهار، تاثیر امواج و جریان‌های اقیانوسی را نسبت به آزمایش‌های مدل فیزیکی مقیاس نماید.

۲. جزییات مدل

سکوی مدل شده از کار آزمایشگاهی DTMB^{۱۷} استخراج شده است [۱]. قطر مدل سکوی اسپار ۱,۷۵ متر که در مقیاس ۱:۲۲,۳ با نمونه اصلی آن که قطر ۳۹ متر دارد ساخته شده است آبخور آن ۲,۹۵ متر در مقابل آبخور نمونه اصلی ۶۵,۸ متر است. این ابعاد از سکوه‌های اسپار در خلیج مکزیک کاملاً رایج است. بدنه ی سکو از زنجیر، لوله و آند پوشیده شده است که برای این نوع سکوها کاملاً رایج است. این سکو دارای سه طوقه^{۱۸} است که ارتفاع آنها ۱۳٪ قطر بدنه سکو است و گام آن ۴:۱ است. مدل سکو در مرکز قرار دارد و با چهار خط با زاویه ی ۴۵ درجه به محیط مهار شده است. این خطوط از سه مقطع تشکیل شده است. یک کابل، یک فتر و یک کابل دیگر. برای رسیدن به یک سختی فتر متقارن آن‌ها در زاویه ی ۴۵ درجه قرار گرفته اند.

جزئیات کامل این مدل در **Error! Reference source not found.** و **Error! Reference source not found.** قابل مشاهده است.

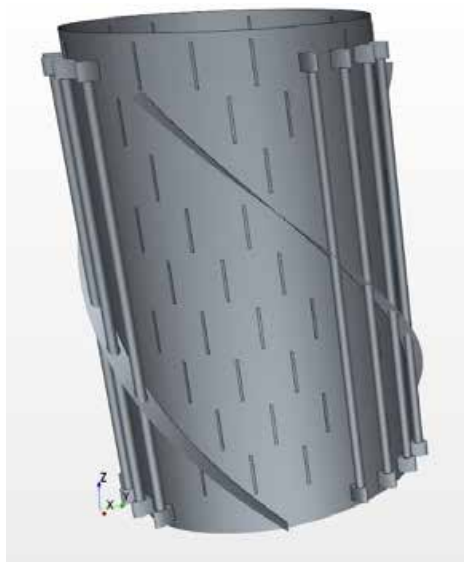
جدول ۱: جزییات مدل DTMB

پارامتر	مقدار
قطر D	۱,۷۵ متر
ارتفاع H	۲,۹۵ متر
طوقه هلالی	۳ رگه - ارتفاع D % ۱۳
وزن M	۷۰۸۸,۱ کیلوگرم
ضریب میرایی	۱,۱۰ %
میرایی بحرانی	۲۵۵,۲ کیلوگرم بر ثانیه
دما	۲۰ درجه سلسیوس
پریود طبیعی مدل T _n	۱۴ ثانیه
مقیاس	۱:۲۲,۳
سختی فتر	۲۱۱۱,۳ نیوتن بر متر
زبری	۰,۰۰۰۱

^{۱۶} Computational Fluid-Dynamics (CFD)

^{۱۷} David Taylor Model Basin

^{۱۸} Strake



شکل ۱: جزییات مدل DTMB

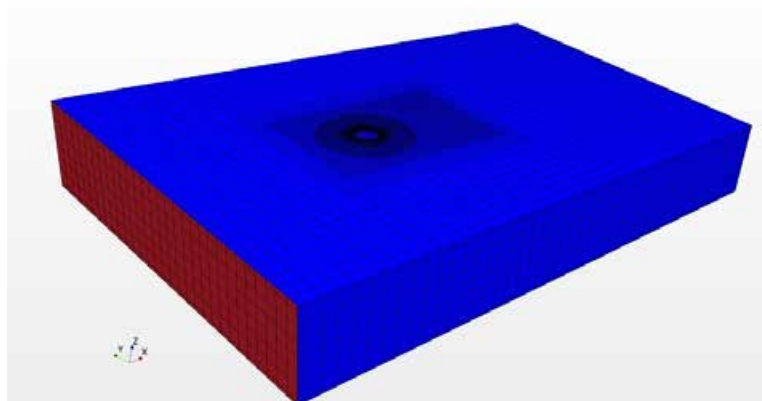
۳. دامنه حل مساله

در آزمایشگاه دیوید تیلور مدل DTMB در تانکی با طول ۴۵ متر عرض ۳۰ متر و ارتفاع ۹٫۷ متر آزمایش شد که عمق آب درون آن ۶٫۷ متر بود، بنابراین در نرم افزار هم ابعاد دامنه به همین ترتیب یعنی ۴۵ متر طول و ۳۰ متر عرض و عمق ۶٫۷ متر انتخاب شده است. در نرم افزار با عنوان ناحیه ی پیش زمینه که ثابت است، تعریف شده است. اما به دلیل استفاده از روش فراشبکه^{۱۹}، ناحیه ای دیگر با عنوان فراشبکه تعریف شده که قابلیت جابه جایی دارد و مدل اسپار نیز از این ناحیه کم شده است. این ناحیه استوانه ای شکل دارای شعاع ۳٫۵ متر و عمق ۳٫۵ متر است.

۳-۱ شبکه بندی مدل محاسباتی

شبکه بندی به دو ناحیه تقسیم شده است.

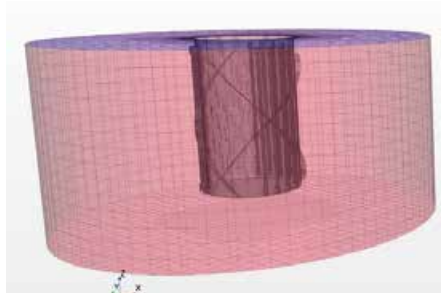
۱. **Error! Reference source not found.** ناحیه ی پس زمینه^{۲۰}
۲. **Error! Reference source not found.** ناحیه ی فراشبکه



شکل ۲: ناحیه ی پس زمینه

¹⁹ Overset Mesh

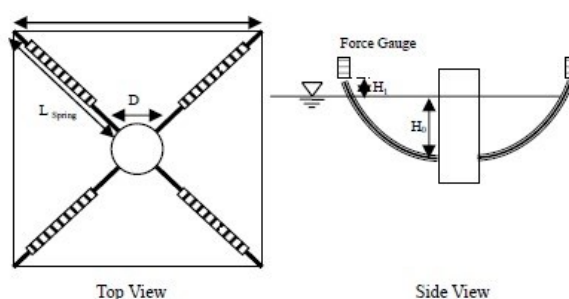
²⁰ Background Mesh



شکل ۳: ناحیه ی فراشبکه

۴. اثر متقابل دینامیکی جسم و سیال

این یک روش مدل سازی در نرم افزار STAR CCM+ است که بیشتر در زمینه های دریایی به کار می رود که در آن باید حرکت چرخشی جسم کوچک باشد. در این روش مدل در یک حجم بزرگتر شبکه بندی شده محاصره شده است که تمام این شبکه بندی همراه مدل حرکت می کند بدون آنکه اختلالی در آن به وجود آید. همچنین در این قسمت از نرم افزار می توان یک جسم با ۶ درجه آزادی را تعریف کرد. برای شبیه سازی سیستم مهاربندی سکو در این قسمت از سیستم فنر خطی^{۲۱} استفاده می شود که شماتیک آن در Error! Reference source not found آمده است.



شکل ۴: شماتیک سیستم فنربندی [۹]

۵. روش شبیه سازی گردابه های مجزا (DES)^{۲۲}

به طور کلی دو دسته روش LES و RANS برای شبیه سازی جریان آشفته وجود دارد که تفاوت آنها در نوع میانگین گیری از معادله ناویر-استوکس است. در دسته روش های LES از میانگین گیری مکانی با استفاده از فیلتر و در دسته روش های RANS از میانگین گیری زمانی استفاده می شود. روش DES یک روش ترکیبی LES-RANS است که به طور خودکار در نزدیکی مرز تبدیل به روش RANS شده و در نواحی دورتر شبیه یک مدل LES یک معادله ای عمل می کند. در حالتی که سیال تراکم ناپذیر باشد معادلات پیوستگی و ناویر-استوکس میانگین گیری میشوند.

۶. نتایج

برای محاسبه پاسخ رفتار مدل اسپار، ۲۵ سیکل آخر حرکت مدل بررسی و از سیکل های اولیه چشم پوشی شده است. با در نظر گرفت A^* بصورت مقابل:

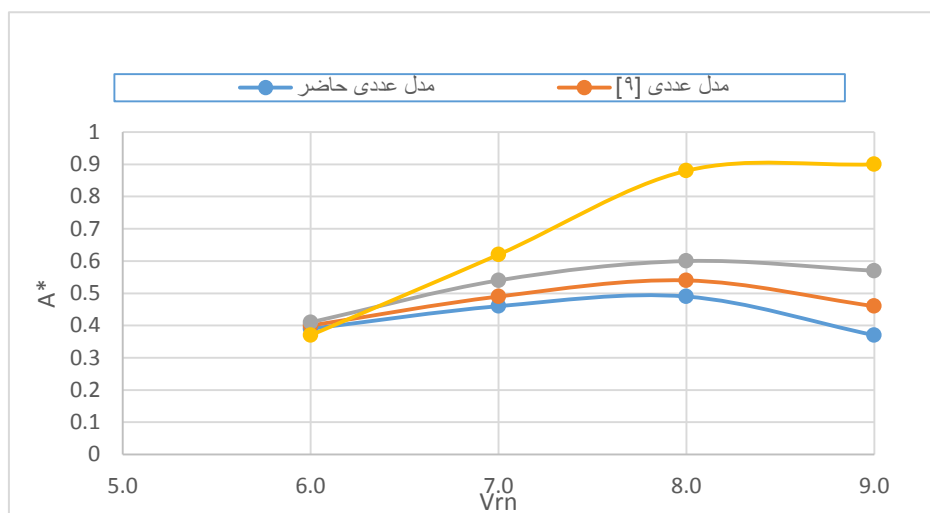
$$A^*: \text{Nominal non-dimensional maximum, } \sqrt{2} \text{ RMS } (A/D)$$

که در آن A دامنه حرکت عرضی و D قطر سکو این پارامتر برای ۲۵ سیکل محاسبه شده است و این فرایند، برای حالت ۳۰ درجه انجام گرفته است. برای این زاویه ی برخورد ر سرعت های کاهش یافته V_m مختلف نیز استفاده شده است. مدل در ۱۴ ثانیه ی نخست ثابت است و اجازه حرکت ندارد تا جریان اطراف آن شکل و اثرات لازم را ایجاد کند. بعد از آن اجازه دارد در راستای محور Y آزادانه حرکت کند. نتایج به

²¹ Liner Spring

²² Detached Eddy Simulation

دست آمده زاویه برخورد ۳۰ درجه با کارهای آزمایشی پیشین مقایسه و در **Error! Reference source not found.** نمایش داده شده است. خطای متوسط مدل مرجع ۷ و مدل موجود و مدل مرجع ۹ به ترتیب ۳۲ و ۱۲ و ۶ درصد است.



شکل ۵: مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی پیشین با نتایج مدل موجود در زاویه برخورد ۳۰ درجه سیال به مدل

۷. نتیجه گیری

در این مقاله نتایج مدل آزمایشگاهی و مدلسازی های عددی از شبیه سازی گردابه های مجزا DES با عملکرد دیواره و همچنین شبکه بندی مناسب برای به حداقل رساندن هزینه های محاسباتی مقایسه شد. همچنین با مقایسه نتایج مشخص شد که هر چه مدل دارای جزئیات دقیق تری باشد، چه در مدل آزمایشگاهی و چه CFD و همچنین شبکه بندی مناسب تر پاسخ دقیق تری حاصل می شود.

منابع

- [1] Finnigan, T., Roddier, D., (2007) , Spar VIM Model Tests at Supercritical Reynolds Numbers, Proc. of the 26th Int. OMAE Conf., OMAE-2007-29160
- [2] Halkyard, J., Atluri, S., Srinivas, S., (2006), "Truss Spar Vortex Induced Motions: benchmarking of CFD and Model Tests, OMAE2006-92673.
- [3] Holmes, S., (2008), Predicting Spar VIM Using CFD," OMAE2008-57706.
- [4] Irani, M., Perryman, S., Brewer, J., McNeill, S., (2008), Vortex Induced Motions of the Horn Mountain Truss Spar, OMAE2008-57992.
- [5] Mercier, R. S. and E. G. Ward, (2004), Spar Vortex Induced Motions,) Proceedings of MMS/OTRC Workshop.
- [6] Oakley, O. H., Constantinides, Y., C. Navarro, C. Holmes, S., (2005), Modeling Vortex Induced Motions of Spars in Uniform and Stratified Flows, OMAE200567238.
- [7] Oakley, O., Constantinides, Y., (2007), CFD Truss Spar Hull Benchmarking Study, Proc. of the 26th Int. OMAE Conf., OMAE2007-29150.
- [8] Roddier, D., Finnigan, T., Liapis, S., (2009) , Influence of the Reynolds Number on Spar Vortex Induced Motions (VIM): Multiple Scale Model Test Comparisons , OMAE2009-79991.



[9] Lefevre, C., Constantinides, Y., Kim, J. W., Henneke, M., Gordon, R., Jang, H., Wu, G., (2013), Guidelines for CFD Simulations of Spar VIM, ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering.



بررسی عوامل موثر بر رسوب‌گذاری کانال دسترسی و حوضچه آرامش بنادر (مطالعه موردی: بندر نوشهر)

کمالی، صادق^۱، رجائی، مریم^۲، کتابداری، محمدجواد^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سواحل، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سواحل، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۳. دانشیار، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

ketabdar@aut.ac.ir

چکیده

بنادر جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد هر کشور دارند. در دهه‌های گذشته رویکرد توجه به حفظ سواحل و بنادر، مساله انتقال رسوب را به عنوان عاملی تاثیرگذار بر از دست رفتن سواحل و بنادر عنوان نموده است. این پژوهش به منظور بررسی، شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر رسوب‌گذاری بندر نوشهر، که یکی از بنادر مهم شمال ایران است، هم چنین به منظور شناسایی تاثیر تغییرات تراز آب دریای خزر بر رفتار رسوب در اطراف بندر و رسوبگذاری در دهانه‌ی آن انجام شده است. روند تغییرات خط ساحلی اطراف بندر و آمار سالانه لایروبی و هیدروگرافی‌های سالانه دهانه بندر، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. آنگاه تاثیر کاهش و افزایش تراز آب دریای خزر در چند دهه گذشته بر تغییر ظرفیت انبار طبیعی رسوب مقابل ساحل غربی و همچنین تاثیر آن بر کنارگذاری رسوب از مقابل هد موج‌شکن اصلی مطالعه شده است. تاثیر تغییرات ایجاد شده در طرح بندر بر گردش آب اطراف آن و امکان انتقال رسوب از ساحل شرقی به دهانه نیز بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش تراز آب دریا در طی سالهای ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۴ مانع بروز مشکل رسوبی قابل توجه برای بندر بوده است. از طرف دیگر در سال‌هایی که کنارگذاری رسوب از مقابل هد موج‌شکن برقرار بوده، کاهش تراز آب باعث شدت گرفتن کنارگذاری رسوب شده است. هم چنین رسوبات ورودی رودخانه‌های بالا دست به دریا از جمله عوامل مهم در رسوب‌گذاری این بندر معرفی شده است

کلیدواژه: بندر، موج‌شکن، حوضچه آرامش، کانال دسترسی، رسوب‌گذاری

۱. مقدمه

یکی از مهمترین پدیده‌های دریایی در سواحل پدیده رسوب‌گذاری دریایی است [۱]. تعیین میزان و نحوه رسوب‌گذاری و پیش‌بینی صحیح تغییر شکل ساحل خصوصا در بنادر کوچک نظیر بنادر صیادی با عمق آب‌خور محدود بسیار حساس و با اهمیت است. با این وجود و علی‌رغم پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در دهه‌های اخیر، تخمین کمی مقادیر رسوب‌گذاری همچنان از مباحث غامض و پیچیده مهندسی سواحل به‌شمار می‌رود. لایروبی کانال‌های ناوبری بنادر، ساخت جت‌ها و موج‌شکن‌ها و دیوارهای ساحلی اغلب باعث بازتوزیع جدید رسوبات و ماسه در سواحل محل پروژه می‌شوند [۲]. دهانه بندر نوشهر تا پیش از سال ۱۳۳۲ نیاز به لایروبی نداشت و پس از آن تا سال‌ها نرخ متوسط لایروبی کانال دسترسی در حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ هزار مترمکعب در سال بود اما در چهار سال اخیر نرخ لایروبی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته و به حدود ۲۰۰ هزار مترمکعب در سال رسیده است [۳]. تراز آب خزر در فاصله سالهای ۱۳۰۸ تا ۱۳۵۶ بیش از ۳ متر کاهش یافته و پس از آن تا سال ۱۳۷۴ در حدود ۲٫۵ متر افزایش پیدا کرده است. یک مطالعه جدید نشان داد که نمی‌توان سابقه ترسیب و لایروبی در دهانه بندر نوشهر را بدون

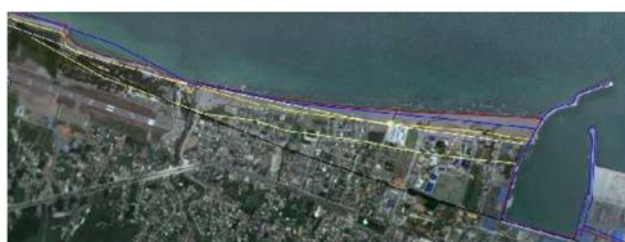
در نظر گرفتن اثر تغییرات تراز آب دریا توضیح داد. تاثیر متوقف شدن روند افزایشی تراز آب دریای خزر در سال ۱۳۷۴ بر نرخ رسوب عبور کننده از مقابل موج‌شکن اصلی در سال‌های بعد از آن چشمگیر تشخیص داده شده است [۴].

۲. مطالعه موردی

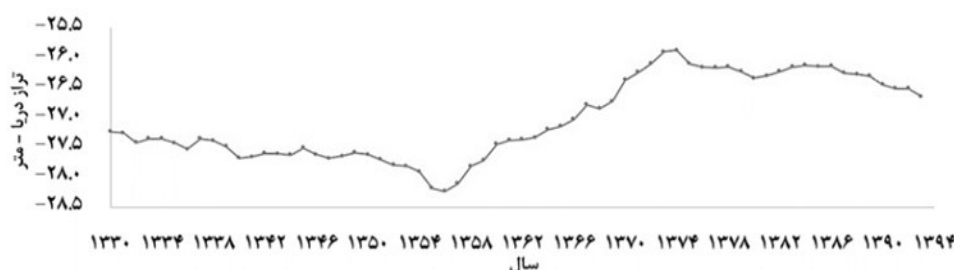
ساخت بندر نوشهر در سال ۱۳۰۹ هجری شمسی آغاز و در سال ۱۳۱۸ هجری شمسی راه اندازی شد. در طی این مدت، ساحل غربی بندر دچار رسوب‌گذاری شده و به طور قابل توجهی پیشروی کرده است. در طی ۵۰ سال اول، گزارشی از مزاحمت رسوبگذاری در دهانه بندر در دسترس نبوده است. اما طی ۲۰ سال اخیر هر ساله مقداری بین ۱۰ تا ۲۰ هزار متر مکعب لایروبی انجام گرفته است [۵]. آمار لایروبی سالهای گذشته بندر نوشهر، نشان می‌دهد رسوب زیادی از کانال دسترسی بندر عبور کرده و حجم لایروبی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. این افزایش رسوب علاوه بر انجام لایروبی‌های مکرر و هزینه بر، باعث کاهش عمق آب‌خوری شناورها و کارایی و درآمد بندر شده است. سابقه پیشروی ساحل شرقی پس از حذف اثر تغییرات تراز آب دریا یعنی بطور خالص ناشی از به تله افتادن رسوب در پشت بندر مطابق با شکل ۱ بوده است. این اطلاعات از عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هیدروگرافی برداشت شده اند.

۲-۱ عوامل موثر بر رسوب‌گذاری بندر نوشهر

بررسی‌ها نشان می‌دهد سطح آب دریای خزر، علاوه بر تغییرات چند ساله و فصلی، دارای تغییرات ناگهانی با تداوم‌های ساعتی و روزانه بوده که بر اثر الگوهای گردشی جو و برخی عوامل انسانی ایجاد می‌شوند. در برخی مواقع این نوسانات آنقدر شدید است که خسارات سنگینی را به فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی نواحی ساحلی وارد آورده است [۱]. در طی سال‌های احداث بندر نوشهر تراز آب دریای خزر سیر نزولی داشت و حدود ۱,۵ متر کاهش پیدا کرد از (۲۵,۳- به ۲۷-). پس از آن دریا تا سال ۱۳۷۴ بالا آمد و به تراز ۲۶- رسید (۲,۵ متر افزایش). سپس تا سال ۱۳۸۰ مجدداً اندکی پایین رفت و به ۲۶,۵- رسید (۰,۵ متر کاهش). از آن زمان تا کنون تراز آب خزر تغییر قابل توجهی نکرده است [۳]. یادآوری می‌شود که تراز آب دریا در طی سال ثابت نبوده و معمولاً در حدود چند ده سانتیمتر نوسان می‌کند و کمترین تراز آب در فصل زمستان رخ می‌دهد. آخرین وضعیت نوسانات و میانگین تراز آب دریای خزر بر اساس تحلیل داده‌های دریافتی از ایستگاه‌های ترازسنجی مستقر در سواحل دریای خزر در سال آبی ۹۱-۹۲ حاکی از آن است که میانگین تراز آب برابر ۲۶,۵۹- متر بوده که نسبت به سال آبی گذشته ۴ سانتیمتر و نسبت به سه سال گذشته ۳۴ سانتیمتر کاهش را نشان می‌دهد. (شکل ۲)



شکل ۱: موقعیت ساحل مجاور نوشهر در سال‌های مختلف پس از حذف اثر تغییرات تراز آب (تمام خطوط به فرض تراز ۲۶,۵) (خط سیاه: ۱۳۱۵، زرد کم رنگ: ۱۳۳۴، سفید: ۱۳۴۲، زرد پررنگ: ۱۳۶۸، آبی: ۱۳۸۰، قرمز: ۱۳۸۹)



شکل ۲: مولفه‌های تراز آب خزر در سال ۱۳۹۳

همانطور که در شکل ۳ مشخص است در چند سال اخیر تراز آب دریای خزر از یک روند کاهشی برخوردار بوده است. همواره این تغییرات در حدود ۵ سانتیمتر در سال بوده ولی نکته حائز اهمیت در نمودار فوق کاهش ناگهانی تراز آب دریای خزر در سال ۸۹-۹۰ نسبت به سال آبی قبل خود است که پس از افت ۲۴ سانتیمتری در این سال روند نزولی تراز آب با شیب کمتر ادامه یافته که بیانگر کاهش دامنه نوسانات سطح آب دریای خزر در سال‌های اخیر است.

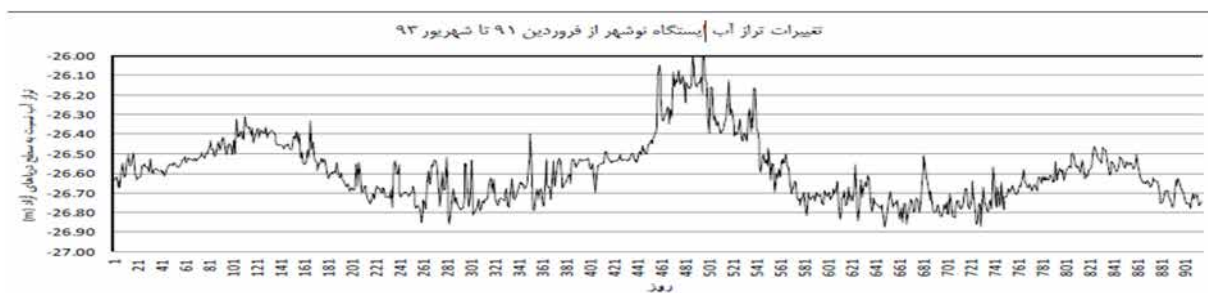


شکل ۳: نمودار تغییرات تراز آب دریای خزر در سال‌های آبه ۸۶ تا ۹۳

به منظور شناخت تغییرات فصلی، تراز آب در بای خزر در نمودار ۲، نمودار نوسانات ماهیانه آب در ایستگاه بندر نوشهر ترسیم شده است. **Error!**

Error! Reference source Error! Reference source not found. Reference source not found.

not found. شکا, ۴)



شکل ۴: نمودار تغییرات تراز آب دریای خزر در سال ۹۱ تا ۹۳- بندر نوشهر

۲-۲ تحلیل نتایج تاثیر تغییرات تراز آب:

تغییرات تراز آب دریای خزر در چند ده سال گذشته تاثیر مستقیم و قاطعی بر رفتار رسوبی بندر نوشهر داشته است، بطوریکه بدون در نظر گرفتن آن نمی‌توان سابقه رسوبی بندر را توضیح داد. افزایش تراز آب دریا تا سال‌ها مانع بروز مشکل رسوب برای دهانه این بندر بوده است. ضمناً کاهش تراز آب در جهت عکس عمل می‌کرده است. انتظار می‌رود که بنادر دیگری از حاشیه دریای خزر نیز، اگر به مرحله کنارگذری رسوب رسیده باشند، با وضعیت مشابهی روبرو بوده باشند. اگر در سال‌های آینده نیز تراز آب دریا تغییر کند مجدداً بر رفتار رسوبی بندر تاثیر خواهد گذاشت. از مهمترین نتایج این تحلیل می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- آخرین وضعیت نوسانات و میانگین تراز آب دریای خزر در سال آبی ۹۱-۹۲ که بر اساس تحلیل داده‌ای دریافتی از ایستگاه‌های ترازسنجی مستقر موجود در سواحل دریای خزر استخراج شده حاکی از آن است که میانگین تراز آب برابر ۲۶,۵۹- متر است که نسبت به سال آبی گذشته ۴ سانتی‌متر و نسبت به سه سال گذشته ۳۴ سانتی‌متر کاهش داشته است. میانگین تراز آب خزر در سال ۹۳ معادل ۲۶,۶۴- متر است که نسبت به سال ۹۲ دارای ۵ سانتی‌متر کاهش داشته است. و این بدین معنی است که روند کاهش تراز خزر متوقف نشده و همواره ادامه دارد.

۲- با توجه به نمودار رسم شده و داده‌های ثبت شده از بنادر انزلی و نوشهر، میانگین تراز آب در شش ماهه دوم سال ۹۲ به ترتیب ۲۶٫۶۸- و

۲۶,۶۷- متر پایین‌تر نسبت به صفر مینا (بندر شهید رجایی) است. این میزان در سال ۹۳ برای انزلی ۲۶,۵۷- متر پایین‌تر نسبت به صفر مینا و

برای نوشهر و ایستگاه امیر آباد ۲۶,۶۸- متر پایین تر نسبت به صفر مینا است.

۳- با رسم نمودار تراز آب دریای خزر با استفاده از داده‌های ترازسنجی بندر انزلی در سال ۹۲ مشاهده می‌شود حداکثر میزان ۲۶,۲۲- متر و حداقل میزان ۲۶,۷۳- متر بوده لذا در این دوره بیشترین دامنه تغییر تراز در طول یک سال حدود ۵۱ سانتی‌متر ثبت شده است. میزان کمینه و بیشینه تراز خزر در سال ۹۳ به ترتیب ۲۶,۸۲- متر و ۲۶,۴۳- متر ثبت گردیده است.

از جمله دلایل کاهش تراز آب ادامه روند خشکسالی و کاهش میزان بارش و آبدهی رودخانه‌ها در حوضه آبریز دریای خزر بوده است. وقوع خشکسالی در حوضه آبریز دریای خزر، کاهش تراز آب به میزان ۸۵ سانتی‌متر در ۱۷ سال اخیر را همراه داشته است [۶].

۳-۲ رسوب‌گذاری رودخانه‌های اطراف بندر نوشهر

بیان رسوبی موثر بر بندر نوشهر تحت تاثیر دو نوع منشأ قرار دارد یکی آورد رسوب از رودخانه‌ها و دیگری انتقال رسوب ساحلی در سواحل بالادست (غرب) بندر. رودخانه‌ها به عنوان یکی از منابع اصلی رسوبات شناخته می‌شوند. رودخانه‌های اطراف بندر نوشهر از غرب به شرق عبارتند از سردآبرود، چالوس، کورکورسر، سنگ تجن و ماشلک [۲]. مهمترین رودخانه بالادست بندر، رودخانه چالوس است که رسوب آن باید مورد توجه قرار گیرد. این رودخانه بزرگترین حوضه‌ی آبریز استان مازندران را داراست. با تحلیل اطلاعات لایروبی بندر از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۹ می‌توان به این نتیجه رسید که به طور متوسط، حجم رسوبات لایروبی شده در این سال‌ها برابر ۱۱۵۰۰۰ مترمکعب در سال و به طور متوسط طبق جدول ۲ رسوبات منتقل شده به پشت موج‌شکن غربی برابر ۵۳۰۰۰ مترمکعب در سال بوده است. بدین ترتیب میزان آورد رسوب که برابر مجموع رسوبات لایروبی شده و رسوبات به تله افتاده می‌باشد، برابر ۱۶۸۰۰۰ مترمکعب در سال خواهد بود. البته این مطلب را نیز باید در نظر گرفت که ممکن است بخشی از رسوبات به دلیل قرار گرفتن بندر در منطقه‌ی خیزاب ساحلی از جلوی بندر عبور کنند. شکل ۵ هیستوگرام لایروبی ناحیه ورودی و حوضچه‌ی بندر نوشهر را نشان می‌دهد [۲].



شکل ۵: هیستوگرام لایروبی بندر نوشهر

۳-۴ تغییرات خط ساحلی اطراف بندر نوشهر

تغییرات خط ساحل بندر نوشهر با استفاده از عکس هوایی سال ۱۳۶۲ و تصویر ماهواره‌ای سال ۱۳۹۱ بررسی شد که مشخص شد طی این بازه زمانی ۲۹ ساله، ضلع غربی بندر نوشهر دارای رسوب‌گذاری و خشکی‌زایی بوده‌است اما ضلع شرقی آن دچار فرسایش و خوردگی ساحل شده است. علت این تغییرات عمدتاً به خاطر تغییرات سطح آب بوده است. با وجود افزایش زیاد سطح آب در این دوره، پیشروی آب در سمت غربی بندر در مقایسه با قسمتهای دیگر کمتر بوده است. این مسئله فعالیت بالای رسوبی قسمت غربی بندر را نشان می‌دهد. البته در حاشیه شرقی موج‌شکن تا فاصله ۵۵۰ متری از بندر، خشکی‌زایی صورت گرفته است [۷].

۳. نتیجه‌گیری

پس از بررسی موارد متعدد مقالات و مطالعات بعمل آمده در بندر نوشهر، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های آماری توسط فرآیند سلسله مراتبی به شرح ذیل بدست آمد:

- ترتیب رتبه بندی شاخصهای مربوط به عوامل موثر بر رسوب‌گذاری کانال دسترسی و حوضچه آرامش بندر به صورت زیر است: تغییرات سطح آب دریا با میزان ۳۳۳/۰ دارای بیشترین تاثیر، و تغییرات خط ساحلی اطراف بندر با میزان ۲۳۲/۰، جابجایی رسوبات ساحلی با میزان ۲۳۲/۰، موقعیت مکانی بندر ۲۲۲/۰، اجرای پروژه‌های طرح توسعه بندر با رتبه ۲۲۱/۰، در اولویتهای بعدی قرار دارند.

- ترتیب رتبه بندی شاخصهای مربوط به عوامل موثر بر تغییرات سطح آب دریا به صورت زیر است: طوفان با میزان ۲۰۲/۰، دارای بیشترین تاثیر و تغییرات دبی رودخانه‌های منتهی به دریا با رتبه ۲۳۴/۰، میزان بارش بر سطح دریا با رتبه ۲۳۴/۰، گرم شدن کره زمین با رتبه ۲۳۲/۰، میزان تبخیر از سطح دریا با رتبه ۲۰۰/۰، تغییرات تراز بستر با رتبه ۰۳۳/۰ و جزر و مد با رتبه ۰۰۲/۰ در اولویتهای بعدی قرار دارند.

- ترتیب رتبه بندی شاخصهای مربوط به عوامل موثر بر تغییرات خط ساحلی اطراف بندر به صورت زیر است: بالا و پایین آمدن آب در ساحل با رتبه ۰۳۳/۰ دارای بیشترین تاثیر، پیش‌روی ساحل از غرب با رتبه ۲۲۲/۰ و ساخت و سازهای ساحلی با رتبه ۲۰۳/۰ در اولویتهای بعدی قرار دارند.

- ترتیب رتبه بندی شاخصهای مربوط به عامل جابجایی رسوبات ساحلی به صورت زیر است: شکست موج با رتبه ۳۱۱/۰ دارای بیشترین تاثیر، عمق آب با رتبه ۳۴۳/۰ و جنس رسوب با رتبه ۲۳۰/۰ در اولویتهای بعدی قرار دارند.

- ترتیب رتبه بندی شاخصهای مربوط به عامل موقعیت مکانی بندر به صورت زیر است: رودخانه‌های اطراف بندر با میزان ۳۱۱/۰ دارای بیشترین تاثیر، و قرارگیری کانال دسترسی بندر در کنارگذری رسوبات ساحلی با رتبه ۳۰۴/۰ موجب‌بودن سواحل اطراف بندر با رتبه ۲۱۳/۰ در اولویتهای بعدی قرار دارند.

منابع

- [۱] نورمند، ب. مصطفایی، م. (۱۳۹۳)، بررسی عوامل موثر بر رسوب‌گذاری کانال دسترسی و حوضچه آرامش بندر"، اولین کنگره سراسری فناوری های نوین، بنادر و سازه‌های دریایی،
- [۲] خاکپور، ا. مصطفایی، عجمی، م. (۱۳۹۱)، تاثیر تغییرات تراز آب دریای خزر بر رسوب‌گذاری در بندر نوشهر"، دهمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، تهران.
- [۳] کمالیان، ر. صفری، ح. (۱۳۹۱)، تاثیر تغییرات تراز آب دریای خزر بر رسوب‌گذاری در بندر نوشهر، دهمین کنفرانس بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، (ICOPMAS, ۲۰۱۲)، تهران.
- [۴] حبیبی گیلاکجانی، م. (۱۳۹۴)، "بررسی مورفولوژی و الگوی رسوبی در سواحل و محدوده دریایی شهرستان نوشهر"، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه گیلان. گیلان.
- [۵] کمالیان، ر. "نتایج مطالعات هیدرودینامیک و رسوبگذاری نوشهر"، شرکت مهندسين مشاور تهران برکلی.
- [۶] اداره کل مهندسی سواحل و بنادر (۱۳۹۳)، معاونت توسعه و تجهیز بنادر، سازمان بنادر و دریانوردی، وزارت راه و شهرسازی، گزارش تحلیلی بر نوسانات تراز آب دریای خزر و اثرات آن بر سواحل شمالی کشور.
- [۷] پویا طرح پارس، مهندسين مشاور، (۱۳۹۳)، پایش و مطالعات شبیه سازی سواحل شمالی کشور، گزارش فاز ۱۲ بندر نوشهر (مناطق خاص)، موجود در اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، معاونت توسعه و تجهیز بنادر، سازمان بنادر و دریانوردی.



بررسی کیفی عملکرد مدل عددی SWASH در شبیه‌سازی شکست امواج در سواحل جنوبی خزر

محموداف، سید مسعود

استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، پژوهشکده فناوری و مهندسی دریا، تهران، ایران

m_mahmoudof@inio.ac.ir

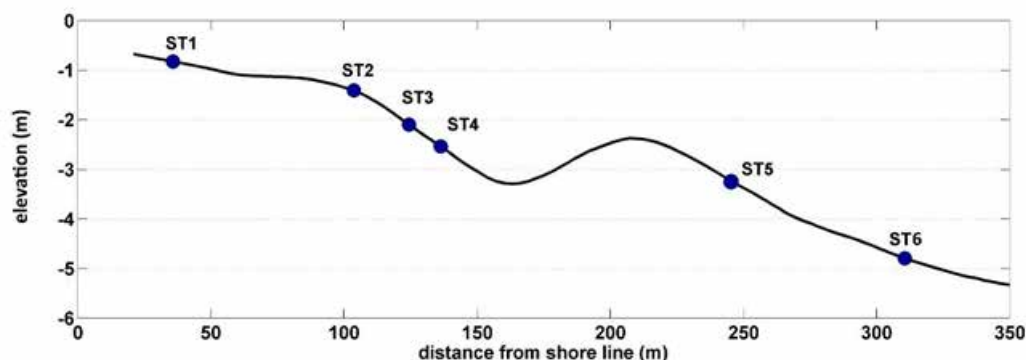
کلیدواژه: مدل SWASH، شکست موج، تحلیل طیفی، تحلیل زمانی، مشخصات موج، دریای خزر

۱. معرفی

پدیده‌های مربوط به تغییر شکل امواج و مشخصات امواج در آب‌های کم‌عمق در نوع خود بسیار متنوع هستند. یکی از شناخته شده‌ترین و در عین حال بحث‌برانگیزترین این پدیده‌ها شکست موج است که دارای عوارض قابل توجهی است. از سوی دیگر به کارگیری انواع مدل‌های عددی به منظور شناخت و پیش‌بینی این پدیده‌ها رواج قابل توجهی پیدا کرده‌اند. در این مطالعه سعی بر آن است تا عملکرد و توانایی مدل عددی SWASH در شبیه‌سازی طوفان در جنوب سواحل دریایی خزر به کمک داده‌های میدانی به طور کیفی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. SWASH یک مدل غیرهیدرواستاتیکی و غیرخطی آب کم عمق مبتنی بر حل معادلات ناویر-استوکس است [1]. پیش از این توانایی این مدل در خصوص شبیه‌سازی پدیده‌هایی نظیر شکست موج، دینامیک امواج فروگرانشی و دینامیک امواج غیرخطی در برخی مطالعات موردی نشان داده شده است [2,3,4]. البته کارایی این مدل در خصوص پدیده‌های مذکور تابع ویژگی‌های خاص منطقه از جمله اقلیم موج، شیب و پروفیل بستر است.

۲. داده‌های میدانی

داده‌های میدانی مورد استفاده در این مطالعه شامل نوسانات تراز سطح آب بر روی یک پروفیل عمود بر ساحل در سواحل ماسه‌ای غرب بندر نوشهر است. با توجه به اینکه مشخصات امواج شامل ارتفاع موج مشخصه، دوره‌ی تناوب موج غالب و شکل طیف توزیع انرژی در تمامی ایستگاه‌ها در بازه‌ی زمانی 11:00 2013/03/13 لغایت 5:00 2013/03/14 از یک طوفان مشاهداتی-تفصیلات-شایسته-مانند (stationary) بوده است، لذا این مدت زمان به منظور بررسی توانمندی مدل SWASH در این مطالعه برگزیده شده است. شیب بستر در ایستگاه ST5 (non-locally generated) بوده و امواج تا پیش از رسیدن به عمیق‌ترین ایستگاه (ST6) هرگز شکست را تجربه نکرده بودند. مشخصات مربوط به پروفیل بستر و مشخصات ایستگاه‌های اندازه‌گیری در شکل ۱ و جدول ۱ نشان داده شده است. فقط در ایستگاه ST5 در حین وقوع طوفان مذکور داده‌برداری انجام نشده است.



شکل ۱: پروفیل بستر و موقعیت قرارگیری ایستگاه‌های اندازه‌گیری

جدول ۱- مشخصات مکانی و اندازه‌گیری داده‌های میدانی

ایستگاه	دستگاه اندازه‌گیری	سرعت نمونه‌برداری	عمق (متر)	فاصله تقریبی از خط ساحل (متر)
ST1	RBRvirtuoso	4 Hz	۰٫۸	۳۵
ST2	RBRvirtuoso	4 Hz	۱٫۴	۱۰۳
ST3	DST-centi Star-Oddi	1 Hz	۲٫۰	۱۲۴
ST4	DST-centi Star-Oddi	1 Hz	۲٫۵	۱۳۶
ST5	DST-centi Star-Oddi	1 Hz	۳٫۲	۲۴۵
ST6	ADCP	2 Hz	۴٫۸	۳۱۰

۳. تنظیم مدل

فاصله‌ی مکانی در راستای عمود بر ساحل ۰٫۵ متر انتخاب شده تا بنا بر توصیه‌های صورت گرفته در مطالعات پیشین [5,6] در هر طول موج مربوط به امواج با $3f_p$ حداقل ۱۵ گره محاسباتی وجود داشته باشد و بدین صورت از صحت عملکرد مدل در شبیه‌سازی خصوصیات موج مورد نظر اطمینان حاصل شود. سایر مشخصات تنظیم مدل شامل شفافیت مکانی، تعداد گره‌ها، لایه‌های راستای قایم و ضرایب شکست در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات تنظیم مدل عددی SWASH

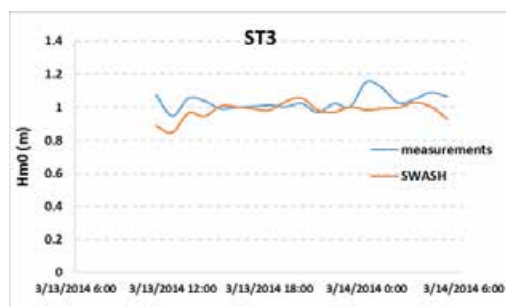
coordinate	Δx (m)	Δy (m)	n_x	n_y	n_p	$n\sigma$	Δt	$\alpha 1$	$\alpha 2$
Cartesian	0.8	0.5	600	750	450000	6	0.01	0.6	0.3

۴. تحلیل داده‌های مدل

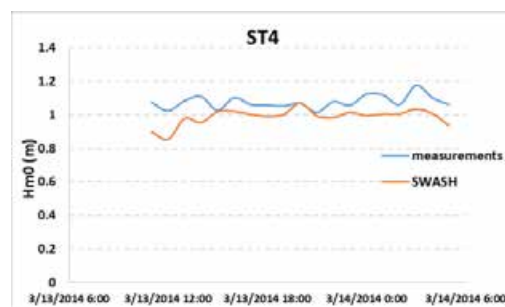
بر روی نتایج به دست آمده از مدل در نقاط متناظر با ایستگاه‌های اندازه‌گیری تحلیل‌های در حوزه‌ی فرکانس و زمان به عمل آمده که در ادامه به آن‌ها پرداخته شده است. به طور کلی هنگامی که امواج بر روی شیب ملایم دچار شکست می‌شود، انتظار داریم علاوه بر کاهش ارتفاع موج مشخصه، انرژی قابل توجهی به فرکانس‌های پایین به دلیل پدیده‌ی شکست تصادفی موج منتقل شود به طوری که در منطقه‌ی آبشستگی (swash) فرکانس غالب در محدوده‌ی امواج فروگرانشی قرار گیرد [7]. از سوی دیگر به دلیل تشکیل تعداد قابل توجه امواج بسیار کوتاه ناشی از شکست، تعداد امواج در تحلیل سری زمانی افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد و به همین دلیل دوره‌ی تناوب متوسط امواج کاهش قابل توجهی داشته باشد [8]. از سوی دیگر بر اثر شکست، افزایش سطح انرژی امواج فرکانس بالا امری بدیهی خواهد بود.

۱-۴. تحلیل در حوزه‌ی فرکانس

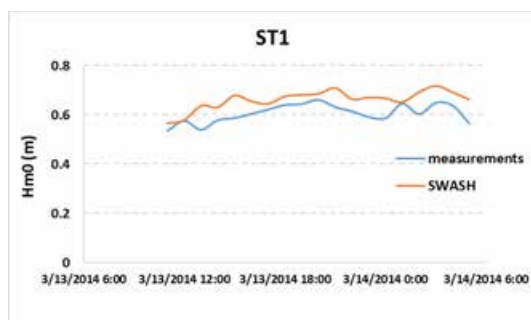
به منظور تحلیل در حوزه‌ی فرکانس، هر دو گروه داده‌های میدانی و نتایج مدل عددی را به بلوک‌های ۲۶۵ ثانیه‌ای تقسیم شده و نتایج تحلیل طیفی برای هر بلوک اصلی (burst) متوسط‌گیری شده است (D.O.F=16). سپس سری زمانی ارتفاع موج مشخصه (H_{m0}) مربوط به داده - های میدانی و نتایج مدل با یکدیگر در ۴ ایستگاه مقایسه شده است (شکل‌های ۲ تا ۵). همچنین با توجه به شرایط تقریباً ثابت موج و عدم اختلاف قابل توجه بین طیف‌های توزیع انرژی در طول ۱۹ ساعت، از این طیف‌ها برای هر ایستگاه متوسط‌گیری شده و طیف‌های میانگین مربوط به داده‌های میدانی و نتایج مدل عددی با یکدیگر مقایسه شده است (شکل‌های ۶ تا ۹).



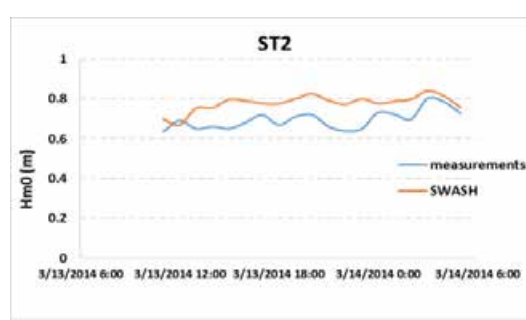
شکل ۳- مقایسه بین H_{m0} داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST3



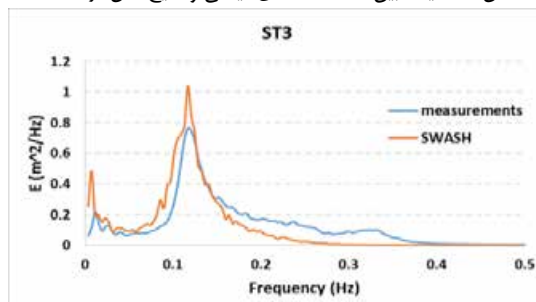
شکل ۲- مقایسه بین H_{m0} داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST4



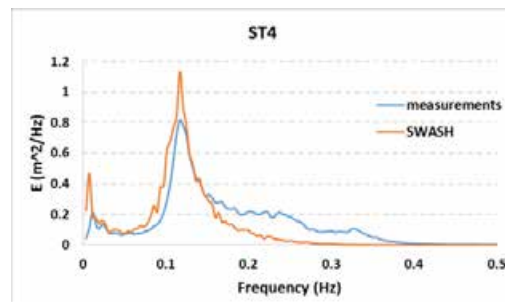
شکل ۵: مقایسه بین H_{m0} داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST1



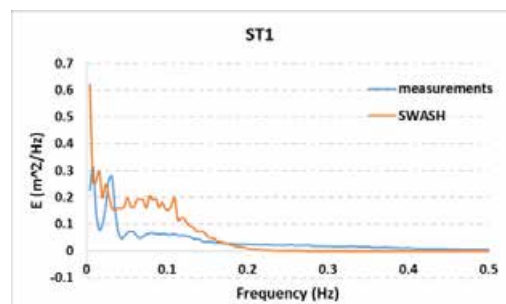
شکل ۴: مقایسه بین H_{m0} داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST2



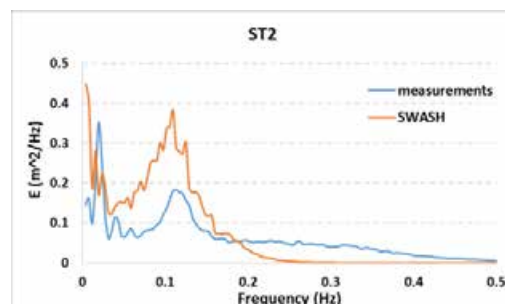
شکل ۷: مقایسه طیف انرژی داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST3



شکل ۶: مقایسه طیف انرژی داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST4



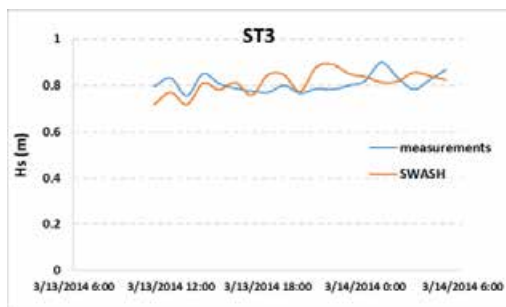
شکل ۹: مقایسه طیف انرژی داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST1



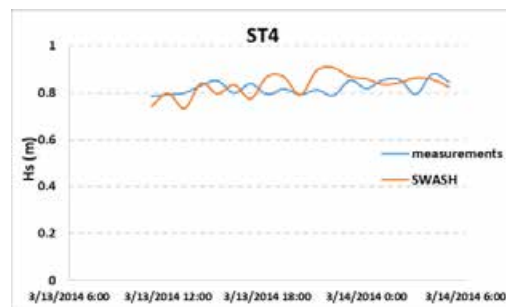
شکل ۸: مقایسه طیف انرژی داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST2

۴-۲. تحلیل در حوزه‌ی زمان

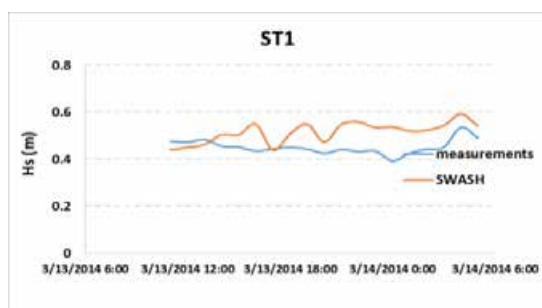
با انجام تحلیل در حوزه‌ی زمان بر روی داده‌های میدانی و نتایج مدل عددی SWASH مقایسه‌ی متغیرهای مربوط به ارتفاع (H_s) و زمان (T_{mean}) در شکل‌های ۱۰ تا ۱۷ انجام شده است.



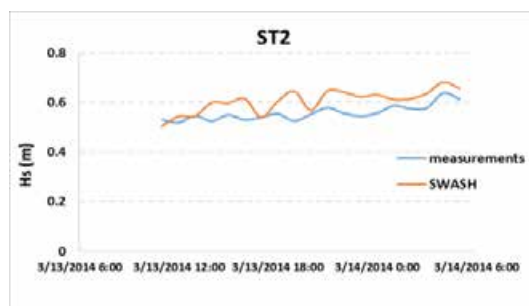
شکل ۱۱: مقایسه بین داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST3



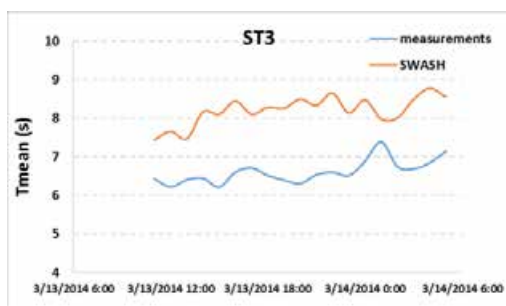
شکل ۱۰: مقایسه بین داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST4



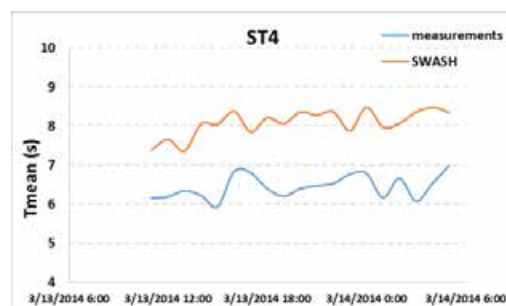
شکل ۱۳: مقایسه بین داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST1



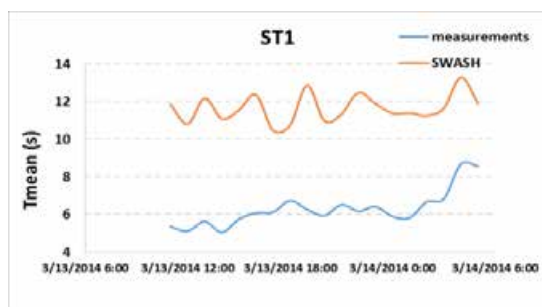
شکل ۱۲: مقایسه بین داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST2



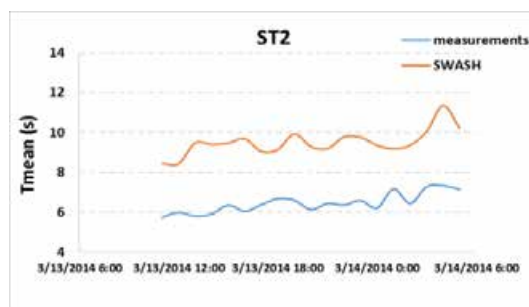
شکل ۱۵: مقایسه بین داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST3



شکل ۱۴: مقایسه بین داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST4



شکل ۱۷: مقایسه بین داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST1



شکل ۱۶: مقایسه بین داده‌های میدانی و نتایج مدل در ST2

۵. نتیجه‌گیری

با انجام شبیه‌سازی طوفان در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل عددی SWASH و انجام تحلیل نتایج مدل در حوزه‌های زمان و فرکانس در این مطالعه، توانایی مدل مذکور در پیش‌بینی متغیرهای ارتفاعی مانند H_S و H_{m0} به هنگام شکست موج به طور کیفی در منطقه-ی مورد مطالعه بسیار مطلوب ارزیابی می‌شود. از سوی دیگر مدل فرکانس غالب را به خوبی در محدوده‌ی مورد نظر تشخیص داده و شبیه‌سازی می‌نماید. از توانمندی‌های قابل ملاحظه‌ی مدل، انتقال انرژی به فرکانس‌های پایین و تقویت امواج فروگرانشی در اثر شکست موج و همچنین دینامیک فعال این گروه امواج است. اما به نظر می‌رسد عملکرد مدل در تشکیل امواج کوتاه در اثر شکست و افزایش تعداد قابل توجه امواج چندان مناسب نیست. به همین دلیل در تحلیل طیفی نتایج مدل، شاهد اختلاف نسبی زیاد سطح انرژی در فرکانس‌های بالا با داده‌های میدانی هستیم (هر چند که میزان مطلق این انرژی بسیار ناچیز است). از سوی دیگر در تحلیل حوزه‌ی زمانی، تعداد امواج افزایش چندانی نداشته و در نتیجه دوره‌ی تناوب متوسط کاهش مورد انتظار را نشان نمی‌دهد.

منابع

- [1] Zijlema, M., G. Stelling, and P. Smit, 2011. Swash: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters, *Coastal Eng.*, 58, 992–1012.
- [2] Smit, P., M. Zijlema, and G. Stelling, 2013. Depth-induced wave breaking in a non-hydrostatic, near-shore wave model, *Coastal Eng.*, 76, 1–16.
- [3] Rijnsdorp, D. P., B. G. Ruessink, and M. Zijlema, 2015. Infragravity-wave dynamics in a barred coastal region, a numerical study, *J. Geophys. Res. Oceans*, 120, 4068–4089.
- [4] Smit, P., T. Janssen, L. Holthuijsen, and J. Smith, 2014. Non-hydrostatic modeling of surf zone wave dynamics, *Coastal Eng.*, 83, 36–48.
- [5] de Bakker, A. T. M., M. F. S. Tissier, and B. G. Ruessink, 2016. Beach steepness effects on nonlinear infragravity-wave interactions: A numerical study, *J. Geophys. Res. Oceans*, 121, 554–570.
- [6] Rijnsdorp, D. P., G. Ruessink, and M. Zijlema, 2015. Infragravity-wave dynamics in a barred coastal region, a numerical study, *J. Geophys. Res. Oceans*, 120, 4068–4089.
- [7] Marshall, R.J., Stephenson, W.J., 2011. The morphodynamics of shore platforms in a micro-tidal setting: Interactions between waves and morphology. *Marine Geology* 288, 18-31.
- [8] Masselink G., 1998. Field investigation of wave propagation over a bar and the consequent generation of secondary waves. *Coastal Engineering*, 33(1), 1-9.



مطالعه‌ی اندرکنش‌های غیرخطی موج-موج مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در نزدیکی شرق سواحل ایرانی مکران

محموداف، سید مسعود^۱، باقری، محمد^۲

۱- استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، پژوهشکده فناوری و مهندسی دریا، تهران، ایران

m_mahmoudof@inio.ac.ir

۲- کارشناس ارشد مهندسی سازه‌های دریایی، سازمان بنادر و دریانوردی، اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، تهران،

ایران mbagheri@pmo.ir

چکیده

مثبت و منفی بین مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در سواحل شرقی مکران در سه ایستگاه بريس، رمين و پسابندر با استفاده از تحلیل مرتبه دوم فوریه (Bispectral) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که شدیدترین اندرکنش‌های تجمعی بین مؤلفه‌های روزانه و پس از آن بین مؤلفه‌های روزانه شکل گرفته اند. البته اندرکنش‌های تجمعی بین مؤلفه‌های نیم روزانه قابل توجه و شدید هستند. از سوی دیگر مؤلفه‌ی روزانه‌ی S2 از یک سو و دو مؤلفه‌ی روزانه‌ی P1 و K1 از سوی دیگر شدیدترین اندرکنش تقاضی را از خود نشان می‌دهند. به منظور انجام مطالعه، ضروری است ابتدا با استفاده از تحلیل کمترین مربعات و بر اساس طول مدت زمان داده‌های جزر و مدی، الویت مؤلفه‌های جزر و مدی و معیار رابلی مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در منطقه‌ی مورد مطالعه تعیین شوند. سپس با انجام تحلیل فوریه، فرکانس مؤلفه‌های فوریه‌ی متناظر با مؤلفه‌های جزر و مدی تعیین و با تعیین مقادیر بیشینه‌ی Bicoherence مؤلفه‌های اصلی اندرکنش کننده مشخص خواهند شد. تحلیل Bispectral با ۳ درجه آزادی ۱۶، ۳۲ و ۶۴ انجام شده و اندرکنش‌هایی محسوب می‌شوند که در هر ۳ درجه آزادی تکرار پذیر بوده و جفت فرکانس‌های اندرکنش کننده در محدوده‌ی فرکانس‌های متناظر با فرکانس مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی باشند

کلیدواژه: مکران، جزر و مد، اندرکنش غیرخطی، Bicoherence، تحلیل کمترین مربعات

۱. معرفی

نوسانات تراز سطح آب‌های آزاد، در اثر نیروهای گرانشی سماوی خورشید، ماه و از سوی دیگر چرخش کره زمین، جزر و مد نامیده می‌شود. اثر هر یک از حرکات و یا نیروهای مذکور با یک مؤلفه‌ی جزر و مدی شناخته می‌شود. هر مؤلفه دارای دوره‌ی تناوب، دامنه‌ی نوسان و فاز مشخص بوده که دوره‌ی تناوب آن در تمامی گستره‌ی کره زمین ثابت بوده ولی دامنه و فاز هر مؤلفه در آب‌های عمیق تابع مکان مورد نظر است. در آب‌های کم عمق اثرات بستر و توپوگرافی هم در تغییرات مشخصات مؤلفه‌های جزر و مدی از جمله دامنه‌ی نوسان مؤثر هستند. یکی دیگر از پدیده‌های مؤلفه‌های جزر و مدی در آب‌های کم عمق اندرکنش غیرخطی سه تایی موج-موج (triad) است. شدت این اندرکنش‌ها و مؤلفه‌هایی که دچار اندرکنش می‌شوند، جزو مشخصات خاص مکانی هر منطقه است.

۲. روش انجام مطالعه

به طور کلی اولین اثر مشهود اندرکنش‌های غیرخطی موج-موج سه‌گانه در محدوده‌ی آب‌های کم‌عمق، غیرخطی و نامتقارن شدن پروفیل موج است. اصولاً اندرکنش غیرخطی سه‌تایی موج-موج عبارت است از انتقال انرژی بین سه همساز (Harmonic) که اعداد موج (k_i) و سرعت زاویه‌ای (ω_i) آن‌ها در روابط زیر صادق باشد [1].

$$f_1 \pm f_2 = f_3 \quad (1)$$

$$k_1 \pm k_2 = k_3 \quad (2)$$

رابطه‌ی پراکنش خطی (۳) برای دو مؤلفه‌ی اولیه حاکم است، در حالی که مؤلفه‌ی سوم ممکن است در این رابطه صادق نباشد.

$$\omega^2 = gk \tanh kd \quad (3)$$

در این رابطه g شتاب گرانشی و d عمق آب است. اگر رابطه‌ی پراکنش غیر خطی برای مؤلفه‌ی نتیجه حاکم باشد، اندرکنش از نوع تشدید یافته و در غیر این صورت اندرکنش از نوع مقید است.

بهترین ابزار به منظور مطالعه‌ی اندرکنش‌های غیرخطی سه‌تایی موج-موج تحلیل Bispectral است. متغیر Bispectrum به عنوان کواریانس مرتبه‌ی دوم تبدیل فوریه تعریف می‌شود و به شکل ریاضی زیر شناخته می‌شود [2]:

$$B(f_1, f_2) = E[X(f_1)X(f_2)X^*(f_1 \pm f_2)] \quad (4)$$

که در آن $E[\cdot]$ امید ریاضی، $X(f_i)$ فرم مختلط مؤلفه‌ی نام تبدیل فوریه و X^* فرم مزدوج X است. شکل نرمال شده‌ی متغیر Bispectrum با عنوان Bicoherence به شکل زیر تعریف می‌شود [3]:

$$b^2(f_1, f_2) = \frac{|B(f_1, f_2)|^2}{E[|X(f_1)X(f_2)|^2]E[|X(f_1 \pm f_2)|^2]} \quad (5)$$

متغیر Bicoherence مقداری بین ۰ تا ۱ به ترتیب به معنای حداقل و حداکثر شدت اندرکنش دارد. این متغیر نشان دهنده میزان انرژی منتقل شده حاصل از اندرکنش غیرخطی، به کل انرژی موجود در فرکانس همساز حاصل است [4]. اگر حاصل اندرکنش دو مؤلفه در فرکانس جمع آن‌ها مد نظر باشد به آن اندرکنش تجمعی (super-harmonic) و در صورتی که در فرکانس تفاضل آن‌ها مورد نظر باشد به آن اندرکنش تفاضلی اطلاق می‌شود (sub-harmonic). سطح معناداری ۹۵٪ متغیر Bicoherence به شکل زیر تعریف می‌شود [5]:

$$b_{95\%}^2 = 6/d.o.f. \quad (6)$$

که در آن d.o.f درجه‌ی آزادی تحلیل فوریه و یا Bispectral است. در این مطالعه پدیده‌ی اندرکنش غیر خطی سه‌تایی موج-موج مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در محدوده‌ی جغرافیایی نزدیک به سواحل شرقی منطقه‌ی مکران در ۳ ایستگاه در محدوده‌ی آب‌های سرزمینی جمهوری اسلامی ایران مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور فرضیات اساسی زیر در مطالعه مد نظر قرار گرفته است:

۱- با توجه به فاصله ناچیز ایستگاه‌های مورد مطالعه، مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در این ایستگاه‌ها یکسان هستند.

همچنین اندرکنش‌های غیر خطی جفت فرکانس‌هایی قابل توجه هستند که:

۲- مقدار Bicoherence مربوط به آن فرکانس‌ها به میزان قابل توجهی بزرگ‌تر از سطح معناداری ۹۵٪ این متغیر باشد.

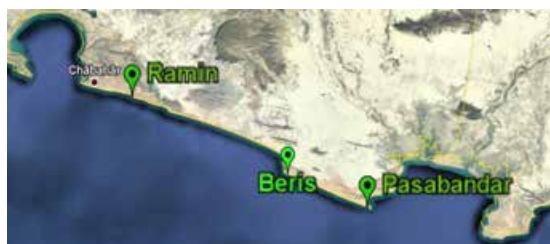
۳- مقادیر قابل توجه Bicoherence، در تحلیل‌هایی با درجه آزادی‌های مختلف در یک ایستگاه تکرارپذیر باشند.

۴- هر دو فرکانس اندرکنش کننده در محدوده‌ی فرکانس‌های مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی باشند.

۳. نتایج

۳-۱. تعیین مؤلفه‌های اصلی جزر و مد منطقه‌ی مورد مطالعه

داده‌های نوسانات جزر و مدی در سه ایستگاه در نزدیکی سواحل بريس، رمين و پسابندر همگی در شرق خلیج چابهار مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته‌اند (شکل ۱). مدت زمان تقریبی داده‌های پیوسته مربوط به این ۳ ایستگاه که در این مطالعه بررسی شده‌اند به ترتیب عبارتند از ۵، ۷ و ۴ ماه بوده است.



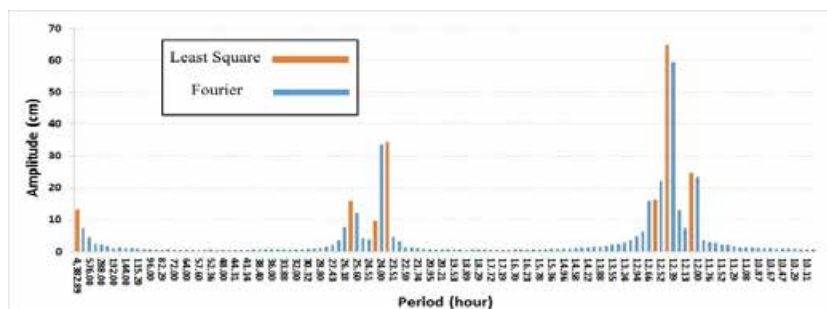
شکل ۱: محدوده‌ی جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

لذا با توجه به طول مدت زمان بیشتر داده‌های موجود و همچنین فرض ثابت بودن مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در این ۳ ایستگاه، از داده‌های ایستگاه بريس به منظور تعیین مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی استفاده شده است. برای این منظور با در نظر گرفتن الویت مؤلفه‌های بر اساس معیار رایلی و همچنین ضریب دامنه‌ی جزر و مدی بالقوه (tidal potential amplitude) و با استفاده از تحلیل کمترین مربعات ۳۴ مؤلفه انتخاب می‌شوند [6] که نتیجه حاصل در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به نتیجه‌ی به دست آمده و بزرگی دامنه‌ی نوسان، ۷ مؤلفه‌ی SSA، M2، S2، N2، O1، K1 و P1 مؤلفه‌های اصلی این منطقه هستند که در جدول ۱ با قلم ضخیم و زیرخط نشان داده شده‌اند.

جدول ۱: تعیین مشخصات مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در منطقه‌ی مورد مطالعه

Cons.	SS A	MS M	M M	MS F	M F	M2	S2	N2	ETA 2	EPS 2	MU 2	L2	MK S2	K2	MS N2	K1	O1
Period (h)	4383	763.5	661.3	354.7	327.9	12.42	12.00	12.66	11.75	13.13	12.87	12.19	12.39	11.97	11.79	23.93	25.82
Amp (cm)	13.24	2.03	0.86	0.85	1.27	64.82	24.44	16.23	0.91	0.52	1.45	1.20	6.45	2.91	0.51	34.16	15.79
Cons.	OO 1	2Q1	Q1	NO 1	J1	UPS 1	ALP 1	TA U1	BET 1	P1	PHI 1	SO1	M3	MK 3	MO 3	SK3	SO 3
Period (h)	22.31	28.01	26.87	24.83	23.10	21.58	29.07	25.67	24.97	24.07	23.80	22.42	8.28	8.18	8.39	7.99	8.19
Amp (cm)	1.06	0.56	3.27	2.60	2.43	0.27	0.19	1.15	0.12	9.68	2.18	0.49	0.81	0.09	0.15	0.74	0.17

در ادامه تحلیل فوریه بر روی همین داده‌های نوسانات جزر و مدی با ۱۶ درجه آزادی انجام شده است. نتایج حاصل در شکل ۲، از دامنه‌هایی با فرکانس پایین تا فرکانس‌های متناظر با مؤلفه‌های جزر و مدی نیم روزانه نشان داده شده است. همچنین در این شکل علاوه بر دامنه‌ی نوسان مؤلفه‌های فوریه، دامنه‌ی نوسان مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی حاصل از تحلیل کمترین مربعات با رنگ متفاوت نشان داده شده است. در این نمودار مؤلفه‌های مورد نظر بر حسب دوره‌ی تناوب از بزرگ به کوچک از چپ به راست مرتب شده‌اند. از آنجایی که مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی و مؤلفه‌های فوریه به لحاظ فرکانس هرگز بر روی یکدیگر منطبق نمی‌شوند، انرژی مؤلفه‌های جزر و مدی بین مؤلفه‌های فوریه که در مجاورت آن‌ها قرار دارند، توزیع شده است. لذا رعایت شاخص محتوای انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [7].



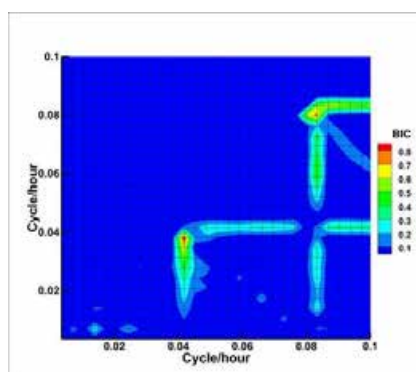
شکل ۲: طول دامنه‌ی نوسان مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی و فوریه با ۱۶ درجه آزادی

۲-۳. تحلیل Bispectral

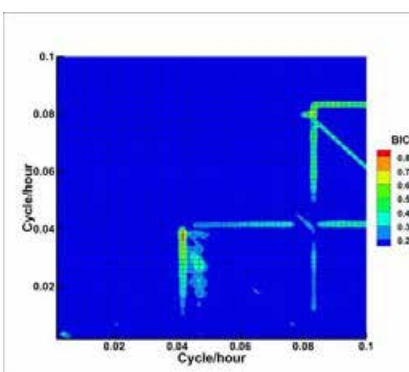
به منظور تعیین شدت اندرکنش‌های غیرخطی مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در منطقه‌ی مورد مطالعه، ۳ درجه‌ی آزادی ۱۶، ۳۲ و ۶۴ در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر کل داده‌های جزر و مدی در هر ایستگاه را به ۸، ۱۶ و ۳۲ بلوک داده با ۵۰٪ هم‌پوشانی از بالادست و پایین دست تقسیم شده‌اند. سطح ۹۵٪ معناداری برای این ۳ درجه آزادی به ترتیب برابر با ۰،۳۷۵، ۰،۱۸۷۵ و ۰،۰۹۳۷ می‌شود. این روش تحلیل داده برای هر دو گروه اندرکنش‌های تجمعی و تفاضلی اعمال می‌شود.

با توجه به اینکه فرکانس مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی و مؤلفه‌های فوریه هرگز و تحت هیچ شرایطی بر روی یکدیگر منطبق نمی‌شوند، لذا تفسیر نتایج تحلیل Bispectral و شناسایی مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی از روی نتایج مؤلفه‌های فوریه متناظر با مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این فرآیند به کمک شکل ۲ انجام خواهد شد.

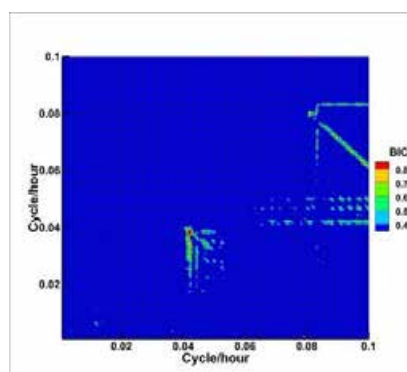
به عنوان مثال نتایج تحلیل Bispectral داده‌های جزر و مدی در ایستگاه بریس برای اندرکنش‌های تجمعی و تفاضلی با ۳ درجه آزادی مذکور در محدوده‌ی فرکانسی مؤلفه‌های اصلی ($f_i \leq 0.1 \text{ Cycle/hour}$) در شکل‌های ۳ تا ۸ نشان داده شده است. همانطور که در شکل‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است، شدیدترین اندرکنش‌های تجمعی مربوط به فرکانس‌های ۰،۴۱۷ و ۰،۳۸۲ است که مقدار متوسط Bicoherence آن در هر ۳ درجه آزادی، حدوداً برابر ۰،۹ است که اختلاف بسیار زیادی با سطح ۹۵٪ معناداری هر ۳ درجه آزادی اعمال شده دارد (از این به بعد، از عبارت کوتاه Bic به جای متوسط مقادیر Bicoherence در نتایج حاصل از تحلیل Bispectral با ۳ درجه آزادی استفاده شده است). با استفاده از شکل ۲ می‌توان دریافت که این دو فرکانس متناظر با مؤلفه‌های P1 و O1 است. همچنین شدت اندرکنش‌های (K1,P1) و (K1,O1) در مرتبه‌های بعدی و با مقادیر Bic نزدیک به ۰،۹ قرار دارند. پس از این جفت مؤلفه‌ها شدت اندرکنش (M2,N2) و خود اندرکنشی مؤلفه‌ی M2 از مؤلفه‌های نیم‌روزانه با بزرگی متغیر Bic نزدیک به ۰،۷ قابل توجه است. از گروه مؤلفه‌های نیم‌روزانه، اندرکنش‌های (M2,S2) و (S2,S2) به ترتیب با مقادیر Bic زیر ۰،۷ و ۰،۶۵ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همان‌طور که در شکل‌های ۶ تا ۸ نشان داده شده است، در خصوص اندرکنش‌های تفاضلی در ایستگاه بریس شدت اندرکنش غیر خطی جفت مؤلفه‌های (S2,P1) و (S2,K1) و همچنین (M2,K1) به ترتیب با مقادیر Bic حدود ۰،۹ و ۰،۸۵ و ۰،۸ بیش از سایر اندرکنش‌ها قابل توجه هستند.



شکل ۳: نتیجه اندرکنش تجمعی، DOF=16



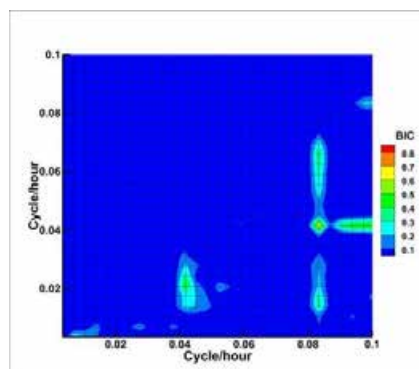
شکل ۴: نتیجه اندرکنش تجمعی، DOF=32



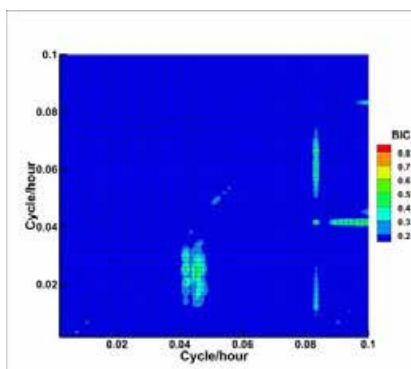
شکل ۵: نتیجه اندرکنش تجمعی، DOF=64

در ایستگاه پسابندر شرایط کمی با ایستگاه بريس متفاوت است. در این ایستگاه شدیدترین اندرکنش‌ها به ترتیب مربوط به خود اندرکنشی مؤلفه‌ی S2، (O1,P1)، (K1,O1) با مقادیر Bic حدود ۰,۹ و پس از آن‌ها (M2,S2) با مقدار Bic حدود ۰,۷۵ است. در اندرکنش‌های تفاضلی شرایط شبیه به ایستگاه بريس بوده و جفت مؤلفه‌های (S2,P1) و (S2,K1) شدیدترین اندرکنش‌های تفاضلی را از خود نشان می‌دهند.

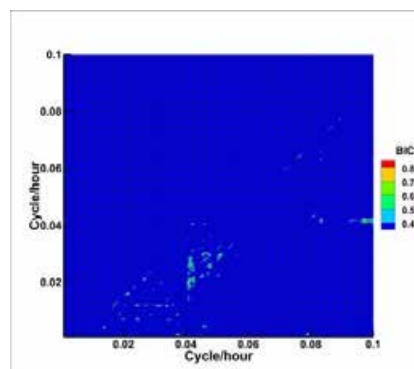
در ایستگاه رمین در بخش اندرکنش‌های تجمعی شدیدترین اندرکنش‌ها به ترتیب مربوط به جفت مؤلفه‌های (O1,P1) و (K1,O1) با مقادیر Bic حدود ۰,۹۵ است و پس از آن جفت مؤلفه‌های (M2,S2) اندرکنش قابل توجهی با مقدار Bic نزدیک به ۰,۸ از خود نشان داده‌اند. همانند دو ایستگاه دیگر در ایستگاه رمین نیز جفت مؤلفه‌های (S2,P1) و (S2,K1) شدیدترین اندرکنش‌های تفاضلی را دارند.



شکل ۸: نتیجه اندرکنش تفاضلی، DOF=64



شکل ۷: نتیجه اندرکنش تفاضلی، DOF=32



شکل ۶: نتیجه اندرکنش تفاضلی، DOF=16

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه اندرکنش‌های غیر خطی سه‌تایی موج-موج تجمعی و تفاضلی مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در ۳ ایستگاه بريس، رمین و پسابندر با درجه آزادی‌های ۱۶، ۳۲ و ۶۴ مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. ابتدا با استفاده از تحلیل کمترین مربعات و طول مدت زمان داده‌های موجود ۷ مؤلفه SSA، M2، S2، N2، K1، O1 و P1 به عنوان مؤلفه‌های اصلی جزر و مدی در منطقه‌ی مورد نظر شناسایی شدند. با انجام تحلیل Bispectral مشخص شد که به طور عمده شدیدترین اندرکنش‌های غیرخطی تجمعی بین ۳ مؤلفه‌ی اصلی روزانه در منطقه به وقوع پیوسته است. با وجود آنکه شدت اندرکنش‌های مشاهده شده بین مؤلفه‌های نیم روزانه قابل توجه بوده و بسیار بزرگ‌تر از مقادیر ۹۵٪ معناداری متغیر Bicoherence هستند، ولی شدت آن از اندرکنش‌های مؤلفه‌های روزانه کم‌تر است. همچنین نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که شدیدترین اندرکنش‌های غیرخطی تفاضلی بین مؤلفه‌ی S2 از مؤلفه‌های نیم‌روزانه از یک سو و دو مؤلفه‌ی P1 و K1 از گروه مؤلفه‌های روزانه از سوی دیگر به وقوع پیوسته است.

منابع

- [1] Armstrong, J., Bloembergen, N., Ducuing, J., Pershan, P., 1962. Interactions between light waves in a nonlinear dielectric. Physical Review, Vol. 127, 1918-1939.
- [2] Hasselmann, K., Munk, W., MacDonald, G., 1963. Bispectra of ocean waves, Proc., Symp. on Time Series Analysis. Wiley, New York.
- [3] Kim, Y.C., Powers, E.J., 1979. Digital bispectral analysis and its applications to nonlinear wave interactions. Plasma Science, IEEE Transactions on 7, 120-131.
- [4] Eldeberky, Y., 1996. Nonlinear transformation of wave spectra in the nearshore zone. Delft University of Technology, Delft, Netherland.

- [5] Haubrich, R.A., 1965. Earth noise, 5 to 500 millicycles per second: 1. Spectral stationarity, normality, and nonlinearity. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 70, 1415-1427.
- [6] Foremen, M.G.G., 2004. Revised manual for tidal heights analysis and prediction. Institute of Ocean Sciences. Patricia Bay, Sidney, B.C.
- [7] Mahmoudof, M., Banijamali, B., Chegini, V., 2012. Least square analysis of noise-free tides using energy conservation and relative concentration of periods criteria. *Journal of Persian Gulf*. Vol. 3(8), 13-24.



مطالعه عددی تغییر شکل موج با استفاده از یک مدل کاملاً دینامیکی در حوزه زمان: مطالعه موردی

بندر نوشهر

یوسفی، ابوالفضل^۱، بدیعی، پیمان^۲، محموداف، سیدمسعود^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران
abolfazl.yousefi@ut.ac.ir

۲- دانشیار، سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران
pbadie@ut.ac.ir

۳- استادیار، پژوهشکده فناوری و مهندسی دریا، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
m_mahmoudof@inio.ac.ir

چکیده

تحلیل و تفسیر داده‌های میدانی به طور مستقل و یا همراه با شبیه‌سازی عددی می‌تواند چشم انداز مناسبی از کمیت‌های اقیانوس‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه را ارائه نماید. در این راستا تعیین الگوی عمومی امواج، توزیع آماری ارتفاع و دوره تناوب، به منظور دستیابی به مقاصد مدیریتی مهندسی سواحل و احداث سازه‌های ساحلی و فراساحلی ضروری است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی عملکرد یک مدل کاملاً دینامیکی موج در حوزه زمان در تعیین ارتفاع موج مشخصه و همچنین دوره تناوب غالب در حین خزش و شکست می‌باشد. بدین منظور نتایج حاصل از مدلسازی عددی تغییر مشخصات امواج در نزدیکی ساحل با نتایج داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده در بندر نوشهر، مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است.

کلیدواژه: روش عددی، شبیه‌سازی امواج، بندر نوشهر، ارتفاع مشخصه موج، دوره‌ی تناوب غالب

۱. مقدمه

تحلیل و تفسیر داده‌های میدانی به طور مستقل و یا همراه با شبیه‌سازی عددی می‌تواند چشم انداز مناسبی از کمیت‌های اقیانوس‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه را ارائه نماید. در این راستا تعیین الگوی عمومی امواج، توزیع آماری ارتفاع و دوره تناوب، به منظور دستیابی به مقاصد مدیریتی مهندسی سواحل و احداث سازه‌های ساحلی و فراساحلی ضروری است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی عملکرد یک مدل کاملاً دینامیکی موج در حوزه زمان [1] در تعیین ارتفاع موج مشخصه^{۲۳} و همچنین دوره تناوب غالب^{۲۴} در حین خزش^{۲۵} و شکست می‌باشد. بدین منظور نتایج حاصل از مدلسازی عددی تغییر مشخصات امواج در نزدیکی ساحل با نتایج داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده در بندر نوشهر، مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است.

²³ Characteristic Wave Height

²⁴ Peak Period

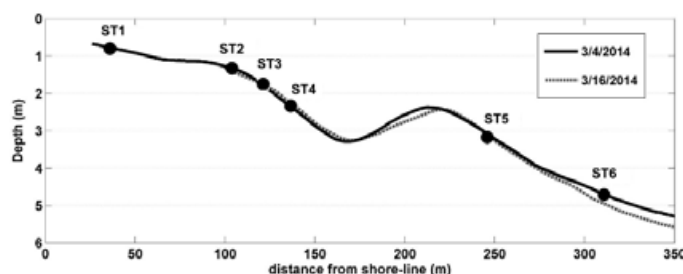
²⁵ Shoaling

۲. محدوده مورد مطالعه

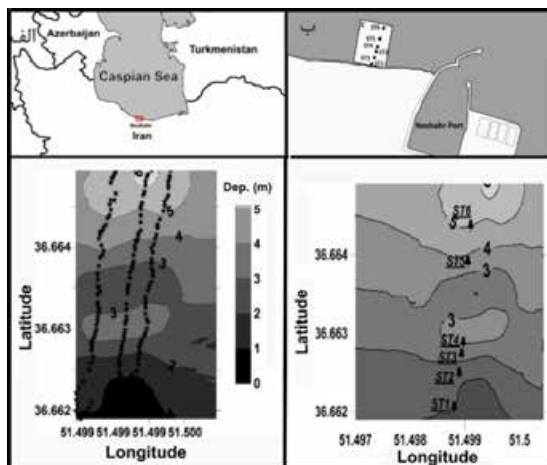
عملیات میدانی با اندازه‌گیری نوسانات تراز سطح آب طی مدت دو هفته در ۶ ایستگاه (جدول ۲) بر روی یک مقطع عمود بر ساحل از عمق ۵ تا ۰٫۸ متری (شکل ۵) در سواحل ماسه‌ای غرب بندر نوشهر (شکل ۶) انجام شده است. داده‌های مربوط به وقوع دو طوفان و سه دوره‌ی امواج ملایم مورد استفاده قرار گرفته است [2].

جدول ۲: مشخصات دقیق اندازه‌گیری نوسانات تراز سطح آب در ۶ ایستگاه میدانی [2].

ایستگاه	دستگاه اندازه‌گیری	سرعت نمونه‌برداری	عمق (متر)	فاصله تقریبی از خط ساحل (متر)	توضیحات
ST1	RBRvirtuoso	4 Hz	۰٫۸	۳۵	ثبت داده به صورت پیوسته
ST2	RBRvirtuoso	4 Hz	۱٫۴	۱۰۳	ثبت داده به صورت پیوسته
ST3	DST-centi Star-Oddi	1 Hz	۲٫۰	۱۲۴	ثبت داده به صورت ۳ دوره ۲ روزه
ST4	DST-centi Star-Oddi	1 Hz	۲٫۵	۱۳۶	ثبت داده به صورت ۳ دوره ۲ روزه
ST5	DST-centi Star-Oddi	1 Hz	۳٫۲	۲۴۵	ثبت داده به صورت ۱ دوره ۲ روزه
ST6	ADCP	2 Hz	۴٫۸	۳۱۰	ثبت داده به صورت پیوسته



شکل ۵: عمق نصب دستگاه‌ها و روند تغییرات بستر در طول اندازه‌گیری [2].



شکل ۶: محدوده‌ی مورد مطالعه. الف) شهر نوشهر در دریای خزر ب) محدوده‌ی دقیق مورد مطالعه نسبت به بندر نوشهر ج) نقاطی که عمق آن‌ها برداشت شده‌است د) موقعیت ایستگاه‌ها و نقاط هم عمق [2].

۳. معادلات عمومی حاکم

معادلات حاکم برای شبیه‌سازی جریان سطح آزاد، معادلات ناویر استوکس متوسط‌گیری شده رینولدز یا RANS دو بعدی در شکل تراکم ناپذیر و غیر دائمی می‌باشد:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (۱)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uw}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \quad (۲)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial w^2}{\partial z} + \frac{\partial wu}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} = \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} - g \quad (۳)$$

که در اینجا P فشار کل، ρ چگالی، g شتاب ثقل، t زمان و u, w مولفه‌های سرعت در جهت های x, z هستند.

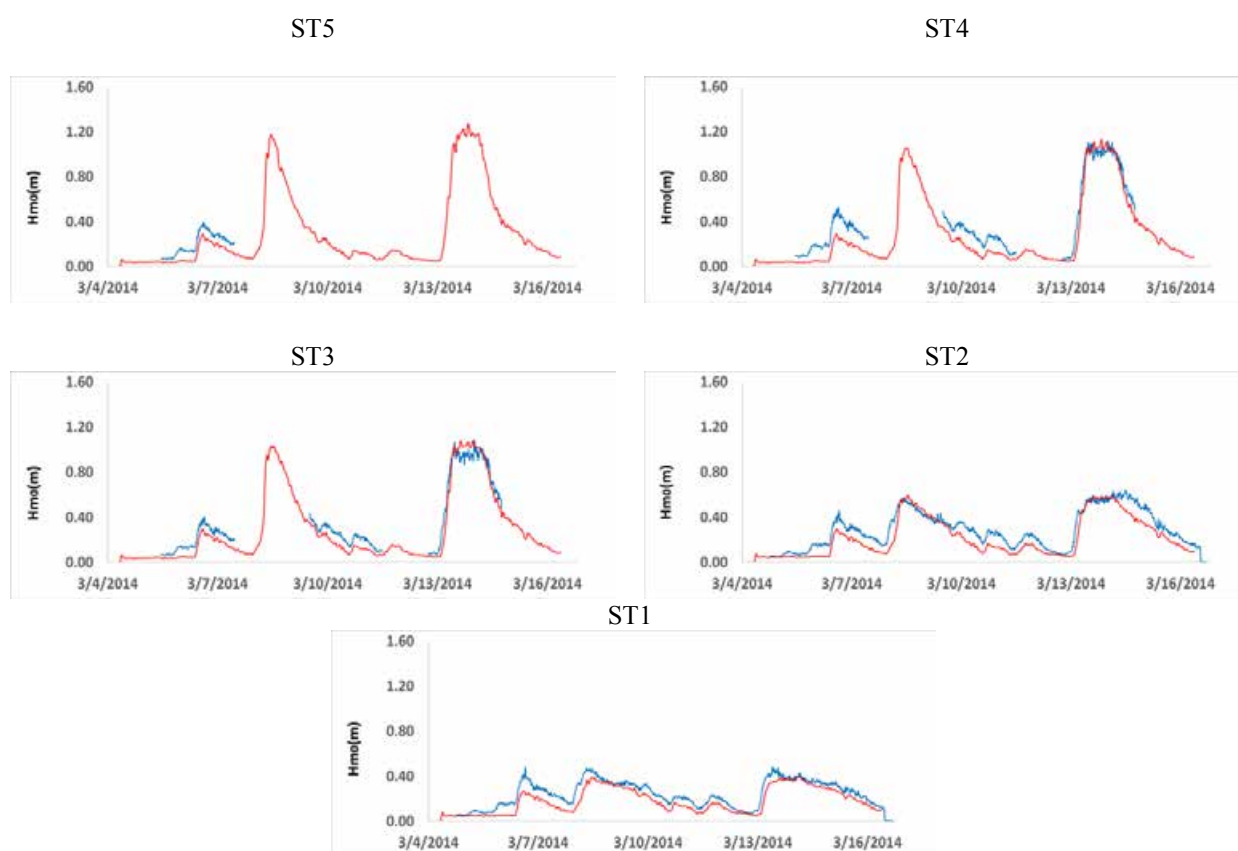
در مدل ریاضی، شکل کامل معادلات دو بعدی ناویر استوکس متوسط‌گیری شده رینولدز بر اساس روش احجام محدود، بر روی شبکه‌ی محاسباتی جابجا شده استاندارد با ترکیب سلول‌های محاسباتی متعامد در صفحه افقی و سیستم شبکه‌ی منحنی‌الخط منطبق بر مرزهای بستر و سطح آب در صفحات قائم، گسسته‌سازی می‌شود. یکی از مهمترین دستاوردهای مدل مذکور ارائه روش‌هایی برای کاهش هزینه محاسبات و افزایش سرعت اجرای مدل بدون کاهش دقت در نتایج بوده که بارزترین آن‌ها بکارگیری تعداد لایه‌های قائم کم (دو تا پنج لایه) و کاهش مؤلفه‌های ماتریس ضرایب حل دستگاه فشار در مدل دو بعدی قائم می‌باشد [1].

۴. مدل‌سازی عددی

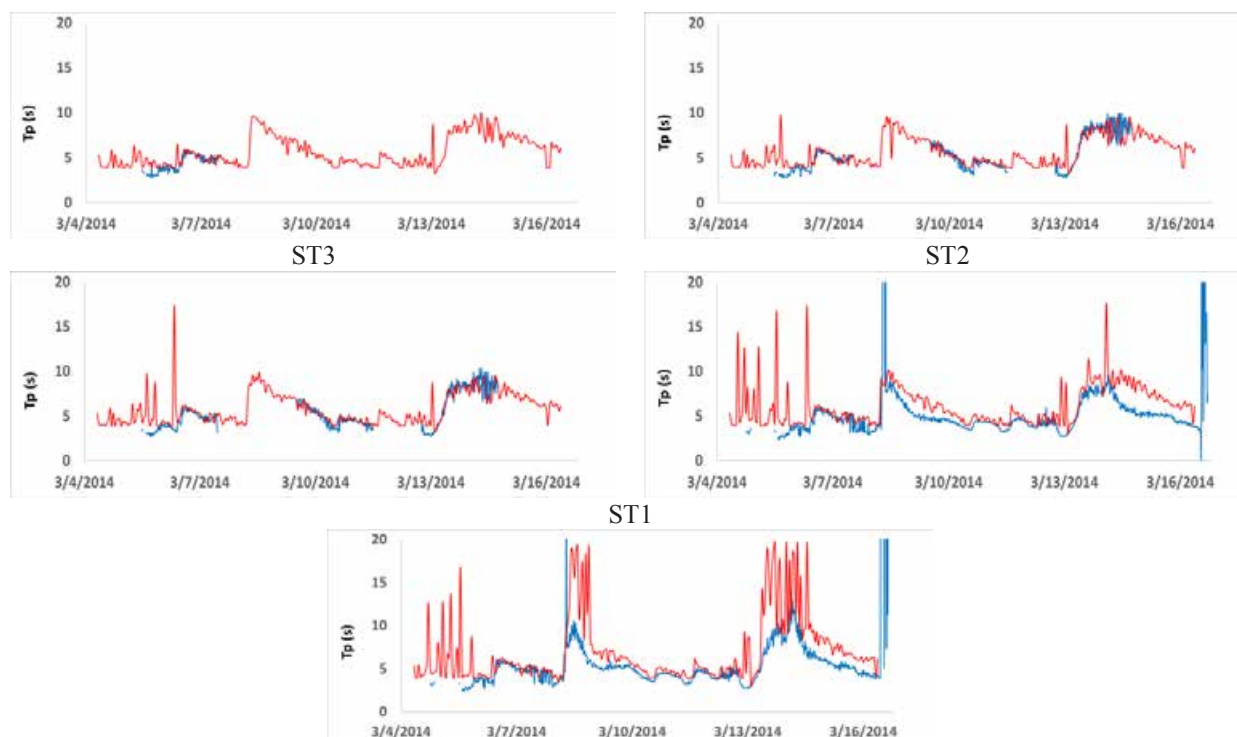
ابعاد شبکه در جهت افقی $\Delta x = 0.5 \text{ m}$ و در راستای قائم از چهار لایه با اندازه مساوی استفاده شده است. مدت دوره شبیه‌سازی دو هفته و گام زمانی برابر $\Delta t = 0.01 \text{ s}$ می‌باشد. ضریب زبری مانیگ معادل 0.02 و مقدار ضریب تیزی برابر $\alpha = 0.6$ لحاظ می‌گردد. برای مرز بالادست توزیع دبی در عمق به عنوان شرایط مرزی لحاظ می‌گردد و برای مرز پایین‌دست شرایط مرز متحرک یا تر و خشک شونده برقرار است.

۵. نتایج:

به طور معمول خروجی‌های مدل به صورت سری زمانی تراز سطح آب می‌باشد که این سری زمانی با استفاده از آنالیز طیفی (تبدیل فوریه) به ارتفاع موج مشخصه متناظر تبدیل می‌شود. همچنین دوره تناوب متناظر با انرژی بیشینه در منحنی طیف انرژی (دوره تناوب غالب) از روی طیف فوریه سری زمانی تراز سطح آب بدست می‌آید. مقایسه ارتفاع موج مشخصه و دوره‌ی تناوب غالب داده‌های میدانی و مقادیر شبیه‌سازی شده با توجه به زمان‌های برداشت داده‌های میدانی (جدول ۲) در ایستگاه‌های ST1 تا ST5 انجام شده است.



شکل ۷: - مقایسه نتایج مدل‌سازی عددی (خط قرمز) و داده‌های میدانی (خط آبی) ارتفاع موج مشخصه در ۵ ایستگاه در راستای عمود بر ساحل در طول مدت اندازه‌گیری موج



شکل ۸: مقایسه نتایج مدل‌سازی عددی (خط قرمز) و داده‌های میدانی (خط آبی) دوره‌ی تناوب غالب در ۵ ایستگاه در راستای عمود بر ساحل در طول مدت اندازه‌گیری موج

۶. نتیجه‌گیری

با انجام این مطالعه مشخص شد که مدل ریاضی مورد استفاده در این مطالعه تنها با چهار لایه قائم و هزینه محاسباتی کم تخمین قابل قبولی از ارتفاع مشخصه موج داشته است. هرچند که ارتفاع موج مشخصه برای داده‌های میدانی و مقادیر مدل شده در شرایط طوفانی امواج، انطباق بهتری نسبت به شرایط ملایم امواج دارا می‌باشد.

انطباق بین دوره تناوب غالب شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های ST5 تا ST3 بسیار خوب است لیکن در ایستگاه ST2 در شرایط طوفانی، مقادیر شبیه‌سازی شده از اندازه‌گیری میدانی فزونی می‌یابد و در ایستگاه ST1 در نتایج بدست آمده از مدل ریاضی، امواج با دوره تناوب‌های بالایی دیده می‌شود که در اندازه‌گیری میدانی مشاهده نشده است.

در نهایت پس از صحت‌سنجی با داده‌های میدانی می‌توان نتیجه گرفت که مدل ریاضی بکار گرفته شده در این تحقیق قادر است تنها با تعداد محدودی لایه قائم و هزینه محاسباتی کم پدیده‌هایی مانند انتشار موج کوتاه در آب عمیق، خزش و شکست موج را در حد بسیار قابل قبولی پیش‌بینی نماید. در حقیقت می‌توان اینگونه بیان کرد که مدل قادر است انتشار امواج از آب عمیق تا خط ساحل را با دقت مناسب، هزینه و زمان محاسباتی مطلوب شبیه‌سازی نماید.

منابع

- [1]- Shirkavand, A., Badiei, B. (2014), The application of a Godunov-type shock capturing scheme for the simulation of waves from deep water up to the swash zone, Coastal Engineering Journal, Vol. 45, 1-9.
- [2]- Mahmoudof, S.M, et al. (2016), Observing and estimating of intensive triad interaction occurrence in very shallow water, Continental Shelf Research Journal, Vol. 94, 68-76.



توزیع دمای سطح آب ساحلی دریای خزر با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸

(مطالعه موردی محدوده کانال برگشت آب گرم نیروگاه نکا و دریای خزر)

اسفندیارنژاد، امیر^{۱*}، کمالیان، رضا^۲، فقیهی‌راد، شروین^۳

۱. کارشناس ارشد پژوهشی مؤسسه تحقیقات آب، تهران، ایران

۲. هیئت عملی دانشکده مهندسی سواحل، قم، ایران

۳. هیئت علمی مؤسسه تحقیقات آب، تهران، ایران

amir_esfand@yahoo.com

چکیده

به منظور عملیات خنک‌کاری در تأسیسات و توربین‌های نیروگاه نکا از آب دریا استفاده می‌شود. سپس خروجی آبگرم از طریق کانال دوباره به دریا بازگردانده می‌شود. آب گرم خروجی باعث مشکلاتی در محیط آبیگری و مسائل زیست‌محیطی شده است. در این تحقیق به منظور بررسی الگوی دمایی سطح آب تصاویر حرارتی سطح آب ((Sea Surface Temperature-SST در محدوده نیروگاه نکا تولید شده است. محاسبات با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ در تعیین دمای سطح زمین (Land Surface Temperature- LST) و الگوریتم پنجره مجزا بر پایه باندهای ۱۰ و ۱۱ و ضرایب گسیلمندی آب (Emissivity water) صورت پذیرفته است. همچنین نتایج با داده‌های هم‌زمان SST ماهواره مودیس مقایسه و ارزیابی شده است. تحلیل نتایج اطلاعات مفیدی را برای قضاوت مهندسی در انتشار دمایی آبگرم خروجی نیروگاه ارائه کرده است. که عبارتند از: - پخش شدگی حرارتی در محدوده نیروگاه تحت تأثیر جریان عمومی دریا با تابعیت از جریان غالب آب بوده است. - بیشترین اختلاف دمایی بین کانال آب برگشتی با محیط دریا ۳ درجه سانتیگراد در ۹۴/۵/۲۳ و کمترین آن نیز با ۱ درجه سانتیگراد در ۹۴/۸/۲ بوده است. - بیشترین مقدار دمای سطح آب با ۳۲/۵ درجه سانتیگراد در مردادماه ۱۳۹۴ و کمترین مقدار آن ۲۴/۵ درجه در آبان‌ماه ۱۳۹۴ در خروجی کانال برگشتی آبگرم بوده است. در طراحی نیروگاه، حداکثر دمای آب دریا معادل با ۲۷ الی ۲۸ درجه منظور شده است. بنابراین اسکله صدرا در ماندگاری گرمایی در حوضچه آبیگیر اثر محسوسی ندارد

کلیدواژه: دمای سطح آب، دمای آب خزر، دریای خزر، داده‌های ماهواره ای، باند حرارتی لندست ۸

۱. مقدمه

نیروگاههای ساحلی به دلیل دسترسی آسان به آب دریا و استفاده از آن در خنک‌کاری تأسیسات، امتیاز ویژه ای دارند. نیروگاه نکا در شمال شرقی ایران در حد فاصل بندر امیرآباد و خزرآباد در سواحل جنوبی دریای خزر قرار دارد. این نیروگاه نیز برای خنک کردن توربین‌ها، آب دریا را از طریق لوله وارد حوضچه آبیگیر شده سپس بوسیله پمپ وارد نیروگاه می‌شود و خروجی آب گرم از طریق یک کانال به دریا انتقال پیدا می‌کند. از مسائل و مشکلات مهم نیروگاه به‌غیر از انتقال و انباشت رسوب به داخل حوضچه، نحوه انتشار آب گرم خروجی از نیروگاه می‌باشد که هم در در سیکل گردش ورودی آب و هم از نظر مسائل زیست‌محیطی بسیار حائز اهمیت است.

در چند سال اخیر جهت مطالعه منابع زمینی و آبی مانند مطالعه تغییرات دریاچه‌های فصلی، تهیه نقشه حرارتی آنها، مناطق جزر و مد، کیفیت آب و ... از داده‌های ماهواره‌ها استفاده می‌نمایند. در این تحقیق برای محاسبه توزیع و پخشیدگی دمای سطح آب دریا در محدوده نیروگاه نکا

در دریای خزر از داده‌های باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ Thermal Infrared Sensor (TIRS) تصاویر ماهواره لندست ۸ در سال ۱۳۹۴ در محیط Envi 5.1 و Arcmap و برای مقایسه آن از داده‌های زمینی و تصاویر حرارتی سطح آب Modis از طریق نرم افزار PanoplyWin-4.5.1 استفاده گردیده که مراحل انجام آن در زیر ارائه شده استفاده نموده است. نتایج بدست آمده نشان دهنده نرخ و توزیع دمایی محیط آبیگری و برگشت آبگرم به دریاست که برای مدیریت نیروگاه در مواقع گرم سال ضروری بنظر می‌رسد. ضمن اینکه الگوی عمومی جریان سطح آب در سواحل نیروگاه نکا نیز استخراج گردید.

۲. مواد و روشها

هدف اصلی این تحقیق بدست آوردن نرخ و توزیع دمایی سطح آب از طریق تصاویر ماهواره‌ای است. ابتدا تصاویر حرارتی باند ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸ در محیط Envi 5.1 لود گردید. در این نسخه نرم‌افزار محاسبات رادیانس، بازتاب سیاره‌ای و دمای روشنایی با انتخاب آپشن در تصویر اعمال گردید. در مرحله بعد دمای سطح زمین بر اساس الگوریتم پنجره مجزا و اطلاعات تصویر مرجع با اعمال ضریب گسیلمندی آب محاسبه و فایل تصویر جدید ذخیره گردید. همچنین با داده‌های مودیس و اطلاعات زمینی مقایسه و با بدست آوردن منحنی رگرسیون که تطبیق خوبی داشته نقشه دمای سطح آب دریا در محیط Arcmap بدست آمد.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه سواحل نیروگاه نکا و دریای خزر می‌باشد، (شکل ۱). همانطور که بیان گردید علت احداث نیروگاه تولید برق نکا در مجاورت دریای

خزر به جهت استفاده از آب دریا برای خنک کردن تاسیسات نیروگاه بوده است، به همین منظور حوضچه‌ی بزرگ آب آرام در ساحل دریا برای آن ایجاد شد تا آب از طریق لوله‌هایی به داخل این حوضچه هدایت شود و تأمین آب مورد نیاز نیروگاه از این منبع صورت گیرد.



شکل شماره ۱: محدوده مورد مطالعه سواحل نکا

داده‌ها

در این مطالعات از اطلاعات و داده‌های که در زیر ارائه شده استفاده گردید:

– اطلاعات اندازه‌گیری شده در محدوده نیروگاه نکا از ۳ الی ۲۰۱۴/۹/۱۹

– اطلاعات اندازه‌گیری شده بویه بندر امیر آباد از مرداد تا آبان ۱۳۹۴

– داده‌های حرارتی ماهواره لندست ۸ از سایت <http://earthexplorer.usgs.gov>

– داده‌های حرارتی سطح آب از ماهواره مودیس

داده های حرارتی ماهواره های مودیس و لندست بر اساس تاریخ های اندازه گیری دمای سطح آب از بویه امیر آباد و نیروگاه نکا انتخاب گردیده است. همچنین بدلیل عدم تصاویر ماهواره لندست در همه تاریخ های اندازه گیری شده زمینی فقط از داده های هم زمان استفاده شده است.

محاسبه دمای سطح آب

برای بدست آوردن دمای سطح آب دریا محدوده نیروگاه نکا در دریای خزر ابتدا می‌بایست دمای سطح زمین land surface temperature (Lst) با ضریب گسیلمندی آب با داده های باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ تصاویر ماهواره لندست ۸ محاسبه گردد. خلاصه‌ای از مشخصات تصاویر ماهواره فوق در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: مشخصات سنجده لندست ۸

سنسور	باند طیفی	طول موج (μm)	قدرت تفکیک (M)
ETM ⁺	مادون قرمز	۰/۶۳۰-۰/۶۸۰	۳۰
	مادون قرمز نزدیک	۰/۸۴۵-۰/۸۸۵	
TIRS	حرارتی ۱۰	۱۰/۳۰-۱۱/۳۰	۱۰۰
	حرارتی ۱۱	۱۱/۵۰-۱۲/۵۰	

همچنین برای محاسبه دمای سطح زمین Lst از داده های حرارتی نیاز به روابط و فاکتورهای است که در زیر لیست گردیده است. [۱]

- باز کردن فایل های حرارتی باند ۱۰ و ۱۱ (در محیط، envi کلاسیک بصورت فایل tiff و landsat)

- محاسبه رادیانس یا تشعشع

- محاسبه Reflectance یا بازتاب سیاره ای

- محاسبه دمای روشنایی Brightness Temperature

۱. این فاکتورها که ضرایب تبدیل آن در متادیتا تصویر وجود دارد از طریق نرم افزار envi 5.1 که بطور اتوماتیک با اعمال آپشن متفاوت بدست می آید، استخراج گردیده است. بعبارت دیگر از طریق envi غیر کلاسیک ، Radiometric Correction و Radiometric Calibration فایل mlt باز شده و باندهای حرارتی استخراج شده برای هر یک از فاکتورها فایل جدید ذخیره می گردد.

۲. بعد از مراحل فوق تولید نقشه های دمای سطح زمین است. برای محاسبه Lst الگوریتم های مختلفی وجود دارد که در این تحقیق از روش پنجره مجزا برای حذف اثر جو با ترکیب خطی یا غیر خطی از درجه روشنایی حرارتی دو کانال مجاور ۱۱ و ۱۲ میکرو متر استفاده شده است.

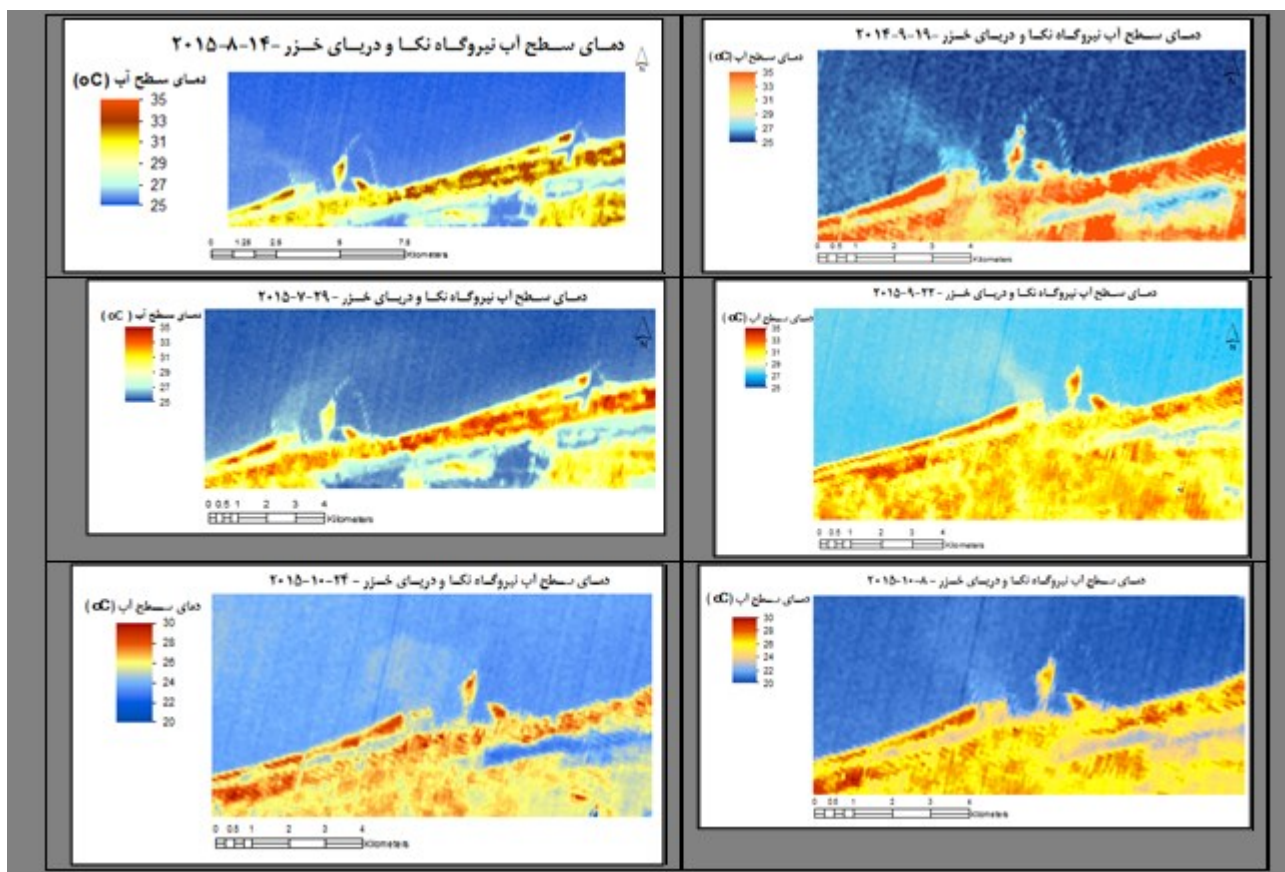
۳. یکی دیگر از معیارهایی که برای محاسبه دمای سطح زمین الزم و ضروری می باشد برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین است. که این معیار بصورت جدا گانه در هر دو باند حرارتی ماهواره لندست ۸ برای گیاه، خاک آب محاسبه شد.

روابط لازم برای محاسبه Lst:

$$LST = T_i + C_1 (T_{Bi} - T_{Bj}) + C_2 (T_i - T_j)^2 + C_0 + (C_3 + C_4 W) (1 - \varepsilon) + (C_5 + C_6 w) \Delta \varepsilon$$

$$C_0 = -0.268, C_1 = 1.378, C_2 = 0.183, C_3 = 54.30, C_4 = -2.238, C_5 = -129.20, C_6 = 16.40$$

$$\varepsilon_{water} = TIRSi = 0.991, TIRSi = 0.986$$



$$e_{water} = 0.5(e_i + e_j) = 0.5 * (0.991 + 0.986) = 0.9885$$

$$\Delta e_{water} = (e_i - e_j) = 0.991 - 0.986 = 0.005$$

$$W = \text{Atmospheric water-vapour content} = 0.013$$

تبدیل به درجه سانتیگراد

$$(b_1 + 1.378 * (b_1 - b_2) + 0.183 * (b_1 - b_2)^2 + (-0.268) + (54.30 + (-2.238 * 0.013)) * (1 - 0.9885) + (-129.20 + (16.40 * 0.13)) * 0.005) - 273.15$$

نتایج حاصل از محاسبه دمای سطح زمین I_{st} در سواحل حوضچه نیروگاه نکا در جدول ۲ زیر ارائه شده است.

جدول ۲: دمای آب اندازه‌گیری، دمای سطح آب از ماهواره مودیس و دمای سطح زمین در محدوده سواحل نیروگاه نکا

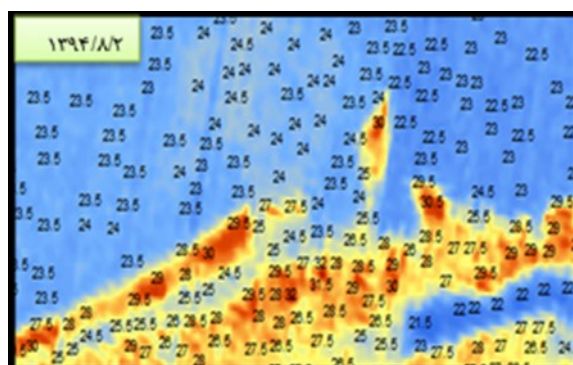
ردیف	تاریخ دمای آب محدوده سواحل نکا ۲۰۱۵	دمای آب (درجه سانتیگراد)				
		داده های زمینی (اندازه‌گیری شده)	مودیس	I_{st} لندست ۸	درصد تطبیق (I_{st} با مودیس)	درصد تطبیق (I_{st} با داده زمینی)
۱	2015-10-24T13:37	۲۳/۱	۲۲	۲۰/۸	۹۸/۸	۹۷/۷
۲	2015-10-08T13:37	۲۷	۲۵	۲۴/۸	۹۹/۸	۹۷/۸
۳	2015-10-01T13:35	۲۷/۱	۲۶	۲۵/۹	۹۹/۹	۹۸/۸
۴	2015-09-22T14:35	۲۷/۷	۲۷/۶	۲۶/۲	۹۸/۶	۹۸/۵
۵	2015-08-14T14:38	۳۰/۲۵	۲۹/۸	۲۸/۵	۹۸/۷	۹۸/۲۵
۶	2015-07-29T14:36	۲۹/۲	۲۹/۳	۲۷/۷	۹۸/۴	۹۸/۵
۷	2014/09/19 14:30	۲۹/۶	۲۷/۳	۲۷/۱	۹۹/۸	۹۷/۴

بر اساس منحنی رگرسیون بین دمای اندازه‌گیری شده و دمای سطح زمین، که مقدار معادله و ضریب رگرسیون خطی آن برابر با $R^2 = ۰/۹۶۱۱$ و $y = ۱/۰۳۵۵ X - ۲/۸۴۸$ می‌باشد که عملاً نشان دهنده عملکرد خوب الگوریتم استفاده شده است، ضریب دمای واقعی محاسبه و نقشه‌های

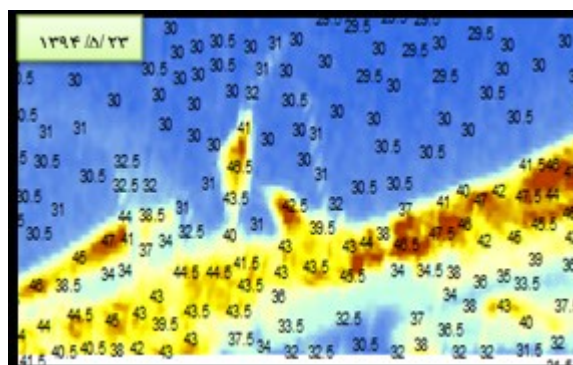
دمای سطح آب SST، الگوی دمایی محدوده مورد مطالعه در محیط Arcmap حاصل گردیدند. خلاصه نتایج برداشت شده از در جدول ۳ و شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: دمای سطح آب و مسیر جریان آب دریا در محدوده حوضچه نیروگاه نکا

تاریخ	دمای سطح آب (oC)					مسیر جریان آب دریا
	شمال (داخل دریا)	خروجی کانال	داخل حوضچه	شرق حوضچه	شرق موج_شکن صدرا	
۹۴/۸/۲	۲۳/۵	۲۴/۵	۲۴	۲۳/۵	۲۳	شرق به غرب
۹۴/۷/۱۶	۲۶/۵	۲۸/۵	۲۷/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	غرب به شرق
۹۴/۷/۹	۲۶/۵	۲۸/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	۲۶/۵	شرق به غرب
۹۴/۶/۳۱	۲۸	۳۰-۲۹/۵	۲۸/۵	۲۸	۲۷/۵	شرق به غرب
۹۴/۵/۲۳	۲۹/۵	۳۲/۵	۳۱	۳۰/۵	۳۰	شرق به غرب
۹۴/۵/۷	۲۸/۵	۳۱-۳۰/۵	۲۹/۵	۲۹/۵	۲۸/۵	غرب به شرق



شکل ۲: دمای سطح آب در محدوده ساحلی نکا بر اساس تحلیل تصاویر لندست ۸



شکل ۳: نمونه‌ی پخش دمای سطح آب در محدوده ساحلی نکا بر اساس تحلیل تصاویر لندست ۸

۳. ارائه نتایج

نتایج بدست آمده از نقشه‌های دمای سطح آب در محدوده ساحلی نیروگاه نکا نشان می‌دهد که:

- پخش شدگی حرارتی در محدوده نیروگاه تحت تأثیر جریان عمومی دریا با تابعیت از جریان غالب آب بوده است.
- بیشترین اختلاف دمایی بین کانال آب برگشتی با محیط دریا ۳ درجه سانتیگراد در ۹۴/۵/۲۳ و کمترین آن نیز با ۱ درجه سانتیگراد در ۹۴/۸/۲ بوده است.

- بیشترین مقدار دمای سطح آب با ۳۲/۵ درجه سانتیگراد در مردادماه ۱۳۹۴ و کمترین مقدار آن ۲۴/۵ درجه در آبان‌ماه ۱۳۹۴ در خروجی کانال برگشتی آبگرم بوده است. در طراحی نیروگاه، حداکثر دمای آب دریا معادل با ۲۷ الی ۲۸ درجه منظور شده است. بنابراین اسکله صدرا در ماندگاری گرمایی در حوضچه آبگیر اثر محسوسی ندارد.

منابع

[1] <https://landsat.usgs.gov>, Using the USGS Landsat 8 Product

[2] Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat8 TIRS Sensor, European Space Agency
2014

تقدیر و تشکر؛ از آقایان مهندس اخلاقی و مهندس شعبانی مدیران نیروگاه شهید سلیمی نکا، آقای دکتر کریمی و خانم مهندس بنی‌هاشمی برای همکاری در این تحقیق تشکر و قدردانی می‌نماید.



بررسی به‌آب‌اندازی سکوی ستونی خریایی از طریق بارج به‌آب‌اندازی

خلیفه‌ای، مجتبی^{۱*}، صادقی، کیوان^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه‌های دریایی، دانشگاه هرمزگان، ایران

۲. استادیار مرکز آموزش عالی فنی و مهندسی بوئین‌زهره، قزوین، ایران

mojtaba.mcengineer@gmail.com

چکیده

تحلیل دینامیکی فرآیند به‌آب‌اندازی سکوی ستونی خریایی با کمک بارج به‌آب‌اندازی، هدف اساسی این مقاله است. در فرآیند به‌آب‌اندازی لازم است با مدل‌سازی صحیح، کلیه نیروهای موجود در طی فرآیند حرکت‌های سکو و بارج بررسی شود تا از بروز مشکلاتی مانند: واژگونی سکو یا بارج، برخورد سکو به بارج و یا برخورد سکو به بستر دریا پیشگیری شود. با مدل‌سازی در نرم‌افزار موسز فرآیند به‌آب‌اندازی شبیه‌سازی شده است. نتایج این مدل‌سازی عددی، تاریخچه زمانی حرکت سکوی ستونی خریایی و بارج و نیروهای واردشده بر آن‌ها است. نمودارهای خروجی نرم‌افزار موسز، در هر مرحله رفتار سکوی ستونی خریایی و بارج برای هر نیرو و لنگر را نشان می‌دهد. با توجه به مقایسه نتایج حاصل از روش‌های عددی با نتایج نرم‌افزار موسز، تحلیل دینامیکی حاصله به‌صورت کاربردی است که به فرآیند به‌آب‌اندازی سکوی ستونی خریایی به‌عنوان بحرانی‌ترین مرحله در نصب آن کمک خواهد کرد.

کلید واژه: به‌آب‌اندازی، سکوی ستونی خریایی، موسز، المان مرزی، تحلیل دینامیکی، بارج به‌آب‌اندازی

۱. مقدمه

توسعه روزافزون فناوری و همین‌طور افزایش فزاینده جمعیت بشر، موجب استفاده بیش از پیش از منابع انرژی شده است. استفاده از منابع سوخت‌های فسیلی در مناطق خشکی و دریاهای کم عمق که دسترسی به آنها راحت‌تر است جوابگوی تقاضا برای این منابع در آینده نخواهد بود. همگام با پیشرفت‌های به‌دست‌آمده در تکنولوژی مهندسی دریا، حوزه فعالیت‌های فراساحلی در زمینه سکوه‌های دریایی به آب‌های عمیق کشیده شده است. در چنین شرایطی، سکوه‌های رایج در آب‌های کم‌عمق، هم به لحاظ اقتصادی و هم به لحاظ اجرایی، قابل‌استفاده نیستند. به همین دلیل در سال‌های اخیر، سکوه‌های آب عمیق به‌عنوان یکی از پیشگامان صنعت فراساحل، نقش قابل‌توجهی در توسعه اکتشافات نفت و گاز از ژرفای دریاهای عمیق داشته‌اند.

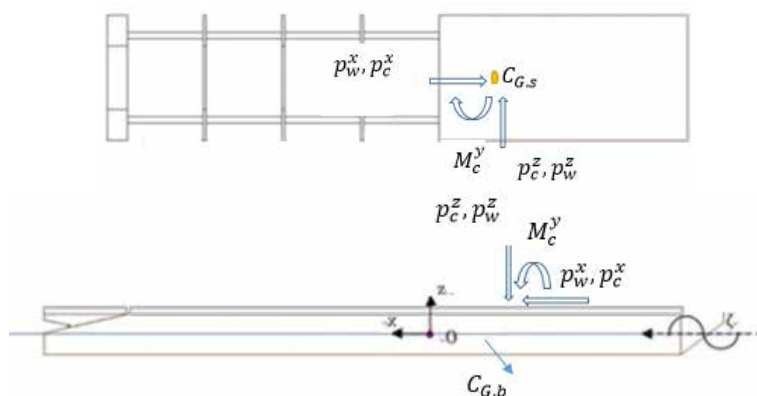
با توجه به ویژگی‌های سکوه‌های ستونی در آب‌های عمیق، صنایع فراساحل در دنیا توجه خاصی به این سکوها نموده و در دهه‌های اخیر با انجام تحقیقات و آزمایش‌های گوناگون انواع مختلف پیکربندی این سازه‌ها ساخته شده و در حال بهره‌برداری و توسعه بوده است. امروزه سکوی ستونی به‌عنوان یک سکوی شناور قابل‌رقابت و حتی پیشی گرفته از سکوه‌های تطبیقی مانند سکوی پایه کششی، به‌عنوان یک سکوی اقتصادی و پایدار و ایمن جایگاه ویژه‌ای در بین سکوه‌های آب عمیق دارد. با توجه به منابع نفتی موجود در دریای خزر و عمق این دریا در نواحی متعلق به ایران، احتمال استفاده از این نوع سکوها در آینده وجود دارد. در نتیجه آشنایی با به‌آب‌اندازی این سکوها می‌تواند مفید باشد.

بهترین نوع عملیات به‌آب‌اندازی برای سکوهاى دریایی بزرگ، به‌آب‌اندازی از طریق بارج است [۴-۱] که اخیراً استفاده از این روش برای به‌آب‌اندازی سکوهاى ستونی نیز رایج شده است [۵۰۶]. مزیت‌های روش به‌آب‌اندازی به‌وسیله بارج برای سکوهاى بزرگ مانند سکوى ستونی خریایی، نسبت به روش شناورسازی سکو و حمل آن به‌وسیله یدک‌کش عبارت‌اند از :

۱. بدنه سکوى ستونی خریایی برای بلند کردن بسیار سنگین است و جابجایی آن نیازمند جرثقیل‌های شناور بسیار بزرگ است که در صورت وجود هم هزینه زیادی دربر خواهد داشت.
۲. بارج انتقال‌دهنده علاوه بر اینکه در زمان نسبتاً کوتاه‌تری نسبت به یدک‌کش‌ها بدنه سکو را حمل می‌کند، بدون نیاز به کشتی‌های جرثقیل دار بزرگ می‌تواند به‌آب‌اندازی سکو را به‌تنهایی انجام دهد [۱].

معادلات حرکت نیوتن-اولر

برای توصیف حرکت سکوى ستونی خریایی و بارج مطابق شکل ۱ از یک دستگاه مختصات کارترین استفاده می‌شود که مبدأ آن روی سطح آزاد آب و درست بالای مرکز ثقل بارج (در هنگام سکون) قرار دارد. با فرض اینکه دو جسم مورد نظر یعنی سکوى ستونی خریایی و بارج انتقال‌دهنده آن، هر دو صلب هستند، موقعیت هر جسم با توجه به مرکز ثقل آن مشخص می‌شود.



شکل ۱: عکس‌العمل نیروها و گشتاورهای وارد بر سکوى ستونی خریایی از طرف بارج و نیروها و گشتاورهای وارد بر بارج از طرف سکو

مطابق شکل ۱ با مستقل در نظر گرفتن سکوى ستونی خریایی و بارج و نیروهای هیدرو مکانیک، وینچ و عکس‌العمل برای هرکدام از دو جسم، سه معادله حرکت خواهیم داشت:

$$m_s \ddot{x}_s = p_c^x + p_w^x + f_{f.s}^x \quad (۱-۲)$$

$$m_s \ddot{z}_s = p_c^z + p_w^z + f_{f.s}^z - w_s \quad (۲-۲)$$

$$I_s \ddot{\theta}_s = M_c^y + M_{f.s}^y + (p_c^x + p_w^x) \times (z_c - z_s) - (p_c^x + p_w^x) \times (z_c - z_s) - (p_c^z + p_w^z) \times (x_c - x_s) \quad (۳-۲)$$

$$m_b \ddot{x}_b = -p_c^x - p_w^x + f_{f.b}^x \quad (۴-۲)$$

$$m_b \ddot{z}_b = -p_c^z + p_w^z + f_{f.b}^z - w_b \quad (۵-۲)$$

پارامترهای بکار رفته در معادلات فوق در جدول زیر معرفی شده‌اند.

جدول ۱: پارامترهای بکار رفته

جرم سکوی ستونی	m_s	جرم سکوی ستونی	m_s
مولفه افقی نیروی وینچ	p_c^x	مولفه افقی نیروی وینچ	p_c^x
مولفه Z نیروی عکس‌العمل	p_c^z	مولفه Z نیروی عکس‌العمل	p_c^z
مولفه قائم مرکز ثقل سکوی ستونی خرابایی	z_s	مولفه قائم مرکز ثقل سکوی ستونی خرابایی	z_s
مولفه Z نیروی وزن	p_w^z	مولفه Z نیروی وزن	p_w^z
مولفه Z مختصات مرکز ثقل	z_c	مولفه Z مختصات مرکز ثقل	z_c
شتاب زاویه‌ای سکوی ستونی	$\ddot{\theta}_s$	شتاب زاویه‌ای سکوی ستونی	$\ddot{\theta}_s$
مولفه X نیروی هیدرودینامیک سکوی ستونی	$f_{f,s}^x$	مولفه X نیروی هیدرودینامیک سکوی ستونی	$f_{f,s}^x$
ممان اینرسی جرمی سکو حول مرکز ثقل حول محوری به موازات y	I_s	ممان اینرسی جرمی سکو حول مرکز ثقل حول محوری به موازات y	I_s
مولفه X شتاب سکوی ستونی	$\ddot{x}_s$	مولفه X شتاب سکوی ستونی	$\ddot{x}_s$
مولفه افقی نیروی وزن	p_w^x	مولفه افقی نیروی وزن	p_w^x
وزن سکوی ستونی	w_s	وزن سکوی ستونی	w_s
مولفه افقی مرکز ثقل سکوی ستونی خرابایی	x_s	مولفه افقی مرکز ثقل سکوی ستونی خرابایی	x_s
مولفه Z شتاب سکو	$\ddot{z}_s$	مولفه Z شتاب سکو	$\ddot{z}_s$
مولفه X مرکز ثقل	x_c	مولفه X مرکز ثقل	x_c
شتاب زاویه‌ای بارچ	$\ddot{\theta}_b$	شتاب زاویه‌ای بارچ	$\ddot{\theta}_b$
مولفه X نیروی هیدرودینامیک سکوی ستونی	$f_{f,s}^x$	مولفه X نیروی هیدرودینامیک سکوی ستونی	$f_{f,s}^x$
مولفه y لنگر نیروی هیدرو مکانیک	$M_{f,s}^y$	مولفه y لنگر نیروی هیدرو مکانیک	$M_{f,s}^y$

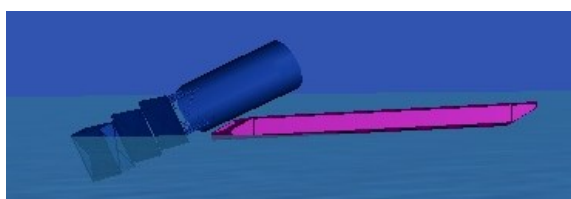
در جدول فوق متغیرهای با اندیس b مربوط به بارچ و متغیرهای با اندیس s مربوط به سکو هستند.

۲. مراحل به‌آب‌اندازی سکوی ستونی خرابایی

مدل سازی سکوی ستونی خرابایی در نرم افزار موسز مطابق جدول ۲ بر اساس اطلاعات سکوی اسپار خرابایی کیکه^{۲۶} [۷] انجام شده است. این سکو اولین سکوی ستونی خرابایی است که خارج از خلیج مکزیک و در میدان کیکه در سواحل مالزی نصب شده است.

جدول ۲: اطلاعات مربوط به سکوی کیکه [۷] و بارچ به‌آب‌اندازی

کل طول بدنه سکو	۱۴۱ متر	وزن بارچ	۲۴۰۰۰ تن
کل آب‌خور	۱۳۱ متر	طول بارچ	۱۸۰ متر
قطر استوانه اصلی	۲۳/۳ متر	ارتفاع بارچ	۱۱ متر
طول استوانه هارد تانک	۶۷ متر	عرض بارچ	۳۸ متر
طول استوانه مخزن تعادل	۱۱ متر	مرکز گرانش بارچ	۹۰ متر
کل طول بخش خرابایی	۶۴ متر	سرعت وینچ	۰/۵ متر بر ثانیه
تعداد صفحات هیو	۲	ارتفاع تیر حائل	۲/۶ متر
وزن بدنه سکو	۶۸۰۰ تن	زاویه اولیه سکو	۱/۶۹ درجه
فاصله مرکز گرانش از پاشنه	۸۱/۷۲ متر	ضریب درگ	۱



Time = 94.62 s

شکل ۲: مدل به‌آب‌اندازی سکوی ستونی خرابایی در نرم افزار موسز

شبیه‌سازی به‌آب‌اندازی سکوی ستونی خرابایی در شرایط آب آرام (بدون موج و شرایط آرام جوی) شامل ۸ مرحله است که در هر زمان موقعیت سکو و بارچ را نسبت به هم و همچنین تغییرات سرعت، شتاب و نیروها و لنگر حاصل از آن‌ها را مشخص می‌کند. مراحل به‌آب‌اندازی در ذیل به طور خلاصه بیان شده اند:

مرحله ۱: در این مرحله ابتدا با استفاده از مخازن تعادل بارچ، زاویه‌تیریم برای بارچ برابر ۱/۶۹ درجه تنظیم می‌شود که با توجه به سرعت وینچ، تعادل بارچ و ضریب اصطکاک دینامیکی ۴٪ بین بارچ و ریل لغزنده تعیین شده است.

مرحله ۲: برای شروع لغزش سکوی ستونی خرابایی باید سکو بوسیله وینچ های نصب شده روی بارج کشیده شود تا بر نیروی اصطکاک ایستایی بین ریل لغزنده و بارج غلبه کند. از ثانیه ۱ تا ثانیه ۴۶ که نیروی وینچ صفر می شود جزء مرحله ۲ به حساب می آید.

مرحله ۳: سکوی ستونی خرابایی تحت اثر وزن خودش به لغزش روی ریل ها ادامه داده و چون سرعت سکو از سرعت وینچ بیشتر شده است نیروی وینچ صفر می شود. این مرحله از ثانیه ۴۶ شروع شده و تا ثانیه ۷۸ یعنی زمانی که اولین عضو سکوی ستونی وارد آب می شود ادامه دارد.

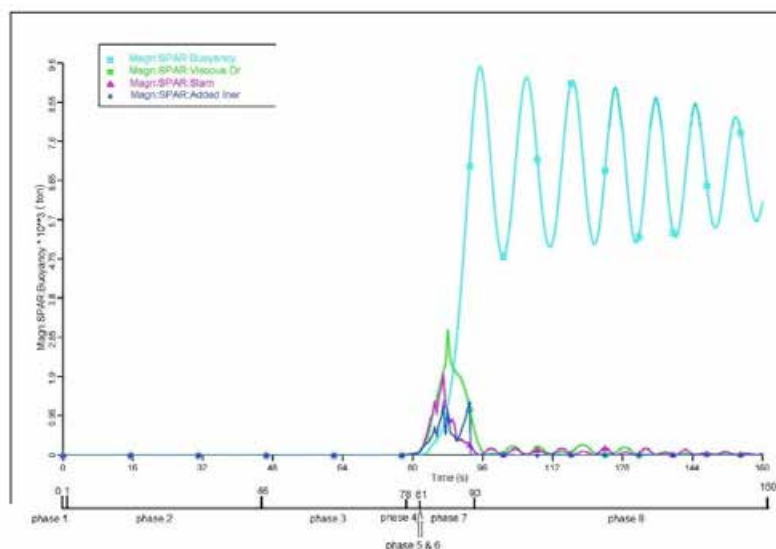
مرحله ۴: این مرحله از زمانی است که اولین عضو سکوی ستونی وارد آب شده و تا زمانی که مرکز گرانش سکوی ستونی بالای مرکز گرانش بازوی چرخان قرار می گیرد ادامه دارد. در این مرحله سکو مسافتی برابر ۵۲/۸۵ متر را طی می کند. از لحاظ زمانی شروع این مرحله از ثانیه ۷۸ بوده و تا ثانیه ۸۱ ادامه دارد.

مرحله ۵: این مرحله در یک لحظه (ثانیه ۸۱) اتفاق می افتد که مرکز گرانش سکو بر روی مرکز گرانش بازوی چرخان قرار گرفته و این لحظه به دلیل اینکه حرکت دورانی سکو پس از آن رخ می دهد اهمیت دارد.

مرحله ۶: در مرحله ۶ حرکت دورانی سکو بر روی بازوی چرخان تا حدی که به زاویه بیشینه چرخش برسد ادامه دارد. در ثانیه ۸۱ زاویه بیشینه دورانی بازوی چرخان به دست آمده و برابر ۳/۹۹ درجه است.

مرحله ۷: لحظه ای که مرکز گرانش سکو از مرکز گرانش بازوی چرخان عبور کرده و مرکز گرانش سکوی ستونی خرابایی وارد آب شده است. از ثانیه ۸۱ شروع شده و تا ثانیه ۹۳ ادامه دارد. در این مرحله زاویه تریم بارج در حال کاهش و زاویه تریم سکوی ستونی در حال افزایش است.

مرحله ۸: مرحله نهایی جدایی کامل سکوی ستونی خرابایی و بارج از یکدیگر است که از ثانیه ۹۳ شروع شده و تا ثانیه ۱۶۰ ادامه دارد و به صورت دو جسم مستقل رفتار می کنند که به دلیل در نظر گرفتن امواج، حرکات سکوی ستونی خرابایی نوسانی بوده و از بارج دور می شود.



شکل ۳: نمودار نیروهای وارد شده بر سکوی ستونی خرابایی در مراحل به آب اندازی

۳. نتیجه گیری

بزرگ ترین نیروی وارد بر سکوی ستونی در فرآیند به آب اندازی، نیروی شناوری است و نیروی درگ بعد از نیروی شناوری بزرگ ترین نیرو است. پس از به آب اندازی سکوی ستونی خرابایی، به دلیل شناور شدنش در دریا، نمودار تاریخچه زمانی آن به صورت نوسانی درمی آید. بیشترین مقدار نیروهای شناوری، درگ، جرم افزوده و ورود به آب در فاز ۷ (بحرانی ترین فاز به آب اندازی) بر سکوی ستونی خرابایی وارد می شوند.

منابع

- [۱]. سیف، م.س.، داستان دیزناب، م.ع.، احمدی، ع.، آبایی، م.م.، ۱۳۹۳، *اصول طراحی و تحلیل سازه های فراساحلی*، تهران، صنعتی شریف، اول.
- [2]-Jong-Hyun, Lee, (2011), Analytical Approach of Sliding Installation Method with Spar Structure, *Journal of Navigation and Port Research International Edition*, Vol. 35, No. 7 pp. 575-580.
- [3]- Jo, C.H., Kim, K.S., Lee, S.H., "Parametric study on offshore jacket launching" , *Ocean Engineering*, 2002, No. 29, pp. 1959-1979
- [4]-. Chakrabarti, S.K., 2005, *Handbook of offshore engineering*, Vol. 1, Elsevier Oxford UK
- [5]- Gerwick, B.C., 2007, *Construction of marine and offshore structures*, Third Edition, California United States of America
- [6]- <http://www.api.org/offshoreaccess>, 2014.
- [7]- Kurain, V.J, Wong, B.S., Montasir, O.A.A.,(2008), Frequency Domain Analysis of Truss Spar Platform, *ICBT (International Conference On Construction And Building Technology)*, C-21, PP. 235-244.

مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی اقیانوس‌شناسی غرب آسیا
۸ و ۹ آبان‌ماه ۱۳۹۶ (ایران - تهران)



بررسی پارامترهای موثر روی ارتعاشات رشته حفاری به روش تحلیلی و شبیه‌سازی عددی اجزای محدود

نورآبادی، میلاد^{۱*}، نوبختی، عباس^۲، اسکندری جم، جعفر^۱

۱- کارشناس ارشد مهندسی مواد مرکب مرکز تحقیقات کامپوزیت تهران

۲- عضو هیئت علمی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

milad.noorabadi@gmail.com

چکیده

رشته حفاری جزء اصلی عملیات حفاری در صنعت نفت و گاز می‌باشد که وظیفه انتقال گشتاور به مته حفاری را بر عهده دارد. هدف اصلی عملیات حفاری، حفر چاه توسط مته به منظور دسترسی به منابع نفت و گاز می‌باشد. در این تحقیق تاثیر پارامترهای موثر (استابیلایزر، گل حفاری) روی فرکانس‌های طبیعی ساختار رشته حفاری به روش تحلیلی و عددی بررسی شده است. ابتدا معادلات حاکم بر رشته حفاری و ارتعاش ساختاری آن ارائه می‌گردد. در ادامه یک نمونه رشته حفاری با مشخصات هندسی معین در نرم افزار اجزای محدود شبیه‌سازی شده و تاثیر پارامترهای مختلف روی ارتعاشات ساختار بررسی می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی اجزای محدود با نتایج روش تحلیلی DQM مقایسه می‌گردد. نتایج بصورت کانتور و گراف نمایش داده می‌شود.

کلیدواژه: رشته حفاری، استابیلایزر، گل حفاری، اجزای محدود، روش DQM

۱. مقدمه

رشته حفاری بطور کلی از دو قسمت لوله‌های حفاری و کولار حفاری تشکیل شده است. وجود پدیده‌های نامطلوب ارتعاشی که در این گونه سیستم‌ها رخ می‌دهد موجب بروز اختلال در فرآیند حفاری و ایجاد صدمات زیاد به بخش‌های مختلف سیستم و همچنین دیواره چاه می‌گردد. ارتعاشات رشته حفاری می‌تواند نرخ نفوذ را کاهش و در نتیجه، زمان و قیمت حفاری را افزایش دهد، همچنین می‌تواند خسارات دائمی را به دیواره چاه وارد نموده و خرابی زود هنگام مته و سایر تجهیزات حفاری شود. علاوه بر آن، ارتعاشات می‌تواند در عملکرد وسایل اندازه‌گیری تأثیر گذاشته و باعث ناپایداری در فرآیند حفاری چاه شود. اگر این پدیده‌های ارتعاشی به طور دقیق شناخته شده، و کنترلی دقیق روی نحوه کار حفاری اعمال گردد، باعث کاهش هزینه‌ها، کوتاه شدن زمان حفاری و در مجموع باعث بالا رفتن بازده حفاری می‌شود. اولین مطالعات در مورد ارتعاشات رشته حفاری توسط فینی و بیلی [۱] انجام شده است. خان [۲] تحلیل مودال را برای ارتعاشات محوری و پیچشی رشته حفاری با استفاده از روش اختلاف محدود انجام داد. ری [۳] معادلات دیفرانسیل ارتعاشات عرضی BHA در فاصله بین مته و معادلات زاویه دار بودن چاه و عدم انطباق مرکز جرم لوله‌ها با محور را حل نمود. بیرد و همکاران [۴] یک برنامه کامپیوتری به نام GEODYN2 را به روش اجزاء محدود برای تحلیل سه بعدی مجموعه پایین رشته (BHA) در حالت گذرا، تهیه نموده‌اند. راجانوس در سال ۲۰۱۲ [۵] کاهش ارتعاشات پیچشی دریلینگ و بهینه‌سازی آن را به روش تجربی بررسی نمود. هان و همکارانش در سال ۲۰۱۳ [۶] پاسخ هارونیک طولی یک دریل استرینگ را با استفاده از نرم افزار انسیس تحلیل نمودند. بو و همکارانش در سال ۲۰۱۵ [۷] پاسخ ارتعاشی بوسیله تحریک هارمونیک را روی یک رشته حفاری انعطاف پذیر مطالعه نمودند. در این مطالعه تاثیر پارامترهای موثر روی ارتعاشات سازه رشته حفاری به روش عددی و تحلیلی بررسی می‌گردد.

۲. فرمولاسیون

در این بخش ارتعاشات آزاد رشته حفاری بررسی می گردد. برای دستیابی به معادلات حاکم بر رشته حفاری، بایستی با محاسبه روابط انرژی جنبشی و پتانسیل المان و نیروهای وارد بر المان، معادلات حاکم بر المان را تعیین نمود. با توجه به اینکه رشته حفاری شامل لوله های حفاری، لوله های وزنه، پایدارکننده ها و مته می باشد، هنگام مدلسازی مسأله معادلات بکار رفته برای هر منطقه بصورت جداگانه بسط داده شده اند. به منظور فرمول بندی مساله هر یک از بخش های دریل استرلینگ به صورت تیر مدلسازی می شود [۸].

$$\varepsilon_k = \varepsilon_0^k - x \kappa^k \quad k=1, \dots, m$$

$$\varepsilon_0^k = \frac{du_k}{dz} + \frac{1}{2} \left(\frac{dw_k}{dz} \right)^2 \quad (1)$$

در معادله بالا w و u به ترتیب جابجایی محوری و تغییر شکل جانبی می باشند. با استفاده از تئوری کلاسیک تیر معادلات تعادل برای هر ناحیه بصورت زیر نوشته می شود:

$$\frac{P_k}{dz} = -P_k$$

$$\frac{d^2 M_k}{dz^2} - \frac{d \left(P_k \cdot \frac{dw_k}{dz} \right)}{dz} = f_k \quad k=1, \dots, m \quad (2)$$

در معادله بالا P_k و f_k بارهای محوری و عرضی در واحد طول هستند. همچنین فضای بین قطر خارجی استرلینگ و borehole به صورت زیر محاسبه می شود.

$$gap = w - [v - tol_k], v = -\frac{F_n}{K} \quad (3)$$

tol_k اختلاف شعاعی بین استرلینگ و دیواره borehole می باشد. v تغییر شکل دیواره می باشد. همچنین F_n نیروی تماس عمودی می باشد. فرکانس های طبیعی عرضی، پیچشی، محوری دریل استرلینگ با استفاده از معادلات موج در هر جهت قابل استخراج است. معادلات دیفرانسیل پیچشی، محوری حرکت به صورت زیر قابل نوشتن است.

$$\frac{\partial^2 u_k}{\partial z^2} - \frac{1}{c_a^2} \frac{\partial^2 u_k}{\partial t^2} = 0 \quad c_a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad k=1, \dots, m, \quad \frac{\partial^2 \theta_k}{\partial z^2} - \frac{1}{c_t^2} \frac{\partial^2 \theta_k}{\partial t^2} = 0 \quad c_t = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad k=1, \dots, m \quad (4)$$

در معادله بالا θ چرخش پیچشی، ρ دانسیته جرمی، G مدول برشی، c_a و c_t به ترتیب سرعت انتشار موج محوری و پیچشی می باشد. با استفاده از روش جداسازی متغیرها و بکارگیری روش DQM رابطه زیر استخراج می گردد:

$$\left(\frac{L}{l_k} \right)^2 \sum_{j=1}^{N_k} C_{ijk}^{(2)} U_{jk} = -\lambda_i U_{ik}, \quad k=1, \dots, m \quad i=2, 3, \dots, N_k-1, \quad \left(\frac{L}{l_k} \right)^2 \sum_{j=1}^{N_k} C_{ijk}^{(2)} \Theta_{jk} = -\lambda_i \Theta_{ik}$$

$$k=1, \dots, m \quad i=2, 3, \dots, N_k-1$$

$$\left(\frac{A}{A_k} \right) \left(\frac{I_k}{I} \right) \left(\frac{L}{l_k} \right)^4 \sum_{j=1}^{N_k} C_{ijk}^{(4)} W_{jk} + i \left(\frac{A}{A_k} \right) \left(\frac{(TOB)L^4}{I_k^3} \right) \sum_{j=1}^{N_k} C_{ijk}^{(3)} W_{jk}$$

$$+ \frac{\rho A g L^4 h \cos \phi}{E I l_k} \left[(l_{ek} - Z_{ik}) \sum_{j=1}^{N_k} C_{ijk}^{(2)} W_{jk} - \sum_{j=1}^{N_k} C_{ijk}^{(1)} W_{jk} \right] = \lambda_i W_{ik} \quad k=1, \dots, m \quad i=3, 4, \dots, N_k-2 \quad (5)$$

شرایط مرزی به منظور حل مساله به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

الف- ارتعاشات پیچشی و محوری:

at the bit ($z=0$): $u=0, T=0$ at the bit ($z=L$): $P=0, \theta=0$

at the interface: $u_i = u_{i+1}, P_i - P_{i+1} = 0, \theta_i = \theta_{i+1}, T_i - T_{i+1} = 0$

ب- ارتعاشات عرضی

at the bit ($z=0$): $w=0, M=0$ at the interface: $w_i = w_{i+1}, w_{i,z} = w_{i+1,z}, M_i - M_{i+1} = 0, Q_i - Q_{i+1} = 0$ [1]

۳. راستی آزمایی

به منظور حل مسئله به روش DQM و کدنویسی در نرم افزار Matlab استفاده شده است. همچنین در روش FEM، ارتعاش رشته حفاری با استفاده از نرم افزار ANSYS مورد تحلیل قرار گرفته است. در این مدل از زاویه انحراف چاه برابر با صفر و از اثرات وزن مته و گشتاور روی مته صرف نظر شده است. به عبارت دیگر $WOB = TOB = 0$ می باشد. حفاری از جنس فولاد می باشد. چگالی، ضریب پواسون و مدول الاستیسیته به ترتیب برابر ۷۸۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ۰٫۳ و ۲۱۴ گیگاپاسکال در نظر گرفته شده است. همچنین برای لوله حفاری طول، قطر داخلی و خارجی به ترتیب برابر ۲۲۸/۶ متر، ۳۳/۵ میلیمتر و ۷۹/۴ میلیمتر می باشد. برای کولار مشخصات بالا به ترتیب برابر ۱۸۴۴ متر، ۴۸/۵ میلیمتر و ۵/۹ میلیمتر می باشد. در جدول ۱ نتایج تحلیل با استفاده از دو روش FEM و DQM برای سه مود ارتعاشی محوری، پیچشی و خمشی آورده شده است. ملاحظه می شود که نتایج حاصل از این دو روش با یکدیگر تطابق و همخوانی دارد.

جدول ۱: مقایسه نتایج روش DQM و FEM

Method	Natural Frequency (Hz)		
	Axial Vibration	Torsional Vibration	Transverse Vibration
FEM	0.379e-3	0.418e-2	0.303e-2
DQM	0.369e-3	0.409e-2	0.253e-2

۴. نتایج و بحث

در این بخش نتایج حاصل از روش عددی اجزای محدود ارائه شده و تاثیر پارامترهای مختلف بررسی می گردد. مشخصات ابعاد رشته حفاری مطابق با جدول ۲ می باشد.

جدول ۲: مشخصات رشته حفاری

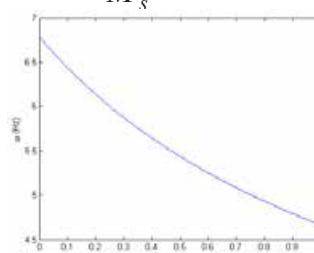
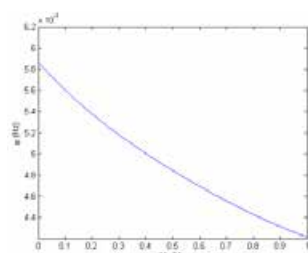
طول (m)	قطر داخلی (mm)	قطر خارجی (mm)	
۳۷/۲	۵۲/۳	۸۸/۹	لوله حفاری
۱۶۱/۳	۵۷/۲	۱۲۰/۷	کولار حفاری
۲	۵۷/۲	۱۲۰/۷	استابلایزر
۹/۴	۵۷/۲	۱۲۰/۷	کولار حفاری
۱/۹۵	۵۷/۲	۱۲۰/۷	استابلایزر
۱	۰	۱۵۸/۸	مته

جهت مدل نمودن رشته حفاری در نرم افزار ANSYS از المان های Beam188 استفاده شده است. در جدول ۳ فرکانس های چهار مود اول خمشی در دو حالت بدون پایدار کننده و با پایدار کننده صلب، با یکدیگر مقایسه شده است. مشاهده می شود که بیشتر تاثیر پایدار کننده ها بر روی فرکانس طبیعی مود اول می باشد و برای مودهای بعدی، تاثیر پایدار کننده ها کاهش می یابد. در واقع در هر شکل مود خمشی، هرچه نسبت طول نیم موج خمشی به فاصله استابلایزرها عدد بزرگتری باشد، میزان تاثیر پذیری فرکانس طبیعی نیز چشمگیرتر خواهد بود و از آنجا که با افزایش شماره مودها، طول هر یک از نیم موج های خمشی کاهش می یابد، بنابراین میزان تاثیر پذیری فرکانس مودهای بالاتر نیز کاهش می یابد.

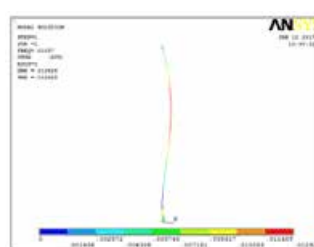
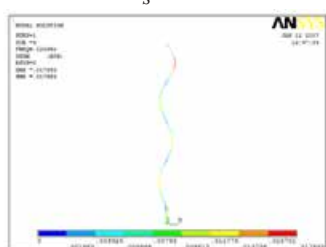
جدول ۳: فرکانس‌های ارتعاشات خمشی

Mode Number	Natural Frequency (Hz)	
	Without Stabilizers	With Rigid Stabilizers
1	5.8685e-3	1.0370e-2
2	2.2444e-2	3.2208e-2
3	5.0405e-2	6.8392e-2
4	9.1898e-2	1.2036e-1

با در نظر گرفتن جرم گل حفاری بصورت نسبتی از وزن رشته حفاری ($\frac{M_m}{M_s}$) که بر روی طول رشته توزیع شده است تغییرات فرکانس طبیعی اول برای مودهای خمشی و محوری نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد فرکانس طبیعی در مود پیچشی ثابت است اما فرکانس‌های خمشی و محوری با افزایش نسبت $\frac{M_m}{M_s}$ کاهش می‌یابند.



شکل ۱) تغییرات فرکانس مود اول محوری (سمت راست)، مود اول خمشی (سمت چپ) با نسبت $\frac{M_m}{M_s}$



شکل ۲: شکل مود اول (راست) و چهارم (چپ) خمشی با در نظر گرفتن استابلیزرها بصورت صلب

۵. نتیجه‌گیری نهایی

در این مقاله تاثیر پارامترهای استابیلایزر و گل حفاری روی ارتعاشات آزاد رشته حفاری بررسی و تحلیل گردید. ابتدا معادلات حاکم بر رشته حفاری به روش DQM ارائه شده است. در ادامه با ایجاد یک مدل اجزای محدود نتایج با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در تحلیل ارتعاشی سازه رشته حفاری نتایج زیر حاصل می‌گردد:

- نتایج نشان می‌دهد که تاثیر پایدار کننده‌ها بر روی فرکانس طبیعی مود اول می‌باشد و برای مودهای بعدی، تاثیر پایدار کننده‌ها کاهش می‌یابد.
- در حالتی که استابیلایزرها بصورت یک المان فنی در نظر گرفته شده اند نتایج نشان می‌دهد که با کاهش پارامتر K ، مقادیر فرکانس‌ها به سمت حالت بدون استابیلایزر میل می‌کنند و همچنین با افزایش پارامتر K به سمت حالت تکیه‌گاه صلب نزدیک می‌شوند.
- با در نظر گرفتن اثر گل حفاری نتایج نشان می‌دهد که فرکانس طبیعی در مود پیچشی ثابت است اما فرکانس‌های خمشی و محوری با افزایش نسبت $\frac{M_m}{M_s}$ کاهش می‌یابند.

- [1]. Baily, J. J. and Finnie, I. (1960). "An experimental study of drill-string vibration." J. of Engineering for Industry, Transaction of the ASME, PP. 129-135.
- [2]. Khan, K. Z. (1986). Longitudinal and Torsional Vibration of DrillStrings, Master's Thesis, Department of Ocean Engineering, Massachusetts Institute of Technology
- [3]. Ray, O. F. (1983). Dynamics of Unbalanced Drill Collars in a Slanted Hole. Master's Thesis, Department of Ocean Engineering , Massachusetts Institute of Technology
- [4]. Baird, J.A., Caskey, B.C., Wormley, D.N. and Stone, C.M., 1985, "GEODYN2: A Bottomhole Assembly/Geological Formation Dynamic Interaction Computer Program" SPE 14328, Presented the 60th Annual Technical Conference of SPE, Lasvegas.
- [5]. Jerome Rajnauth, Tennyson Jagai, Reduce Torsional Vibration and Improve Drilling Operations (2012), International Journal of Applied Science and Technology, Vol. 2 No. 7.
- [6]. Chunjie Han, Tie Yan, Yiyong Zhang and Qiang Wang, Longitudinal Harmonic Response Analysis of Drill String in Deep Well by Using ANSYS, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 6(20): 3815-3819.
- [7]. Changgen Bu, Long Sun, Yuanbiao Hu and Bairu Xia, RESEARCH ON FLEXIBLE DRILL STRING VIBRATION INDUCED BY SONIC HARMONIC EXCITATION,(2015), Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, Vol. 39.
- [8]. H. Hakimi, S. Moradi, "Drillstring vibration analysis using differential quadrature method", Journal of Petroleum Science and Engineering 70 (2010) 235–242



پایش سرعت جریان در ساحل دریای خزر با استفاده از فناوری برش‌نگاری صوتی

محتشم، کمال^۱، بحرینی مطلق، مسعود^۲، راهی، مهدی^{۳*}، اسدزاده، عباس^۴

۱. شرکت توسعه دانش هوا دریای آسیا، شیراز، ایران

۲. پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب، موسسه تحقیقات آب، تهران، ایران

۳. دانش آموخته دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

۴. دانشجوی دکتری برق دانشگاه امام حسین(ع)، تهران، ایران

mehdi.rahi@yahoo.com

چکیده

سرعت صوت و سرعت جریان در دریا از مهم‌ترین پارامترهایی هستند که در اکثر فعالیت‌های میدانی مورد نیاز بوده و در بسیاری از کارهای تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه دانش سنجش‌ازدور به‌عنوان ابزاری کارآمد جهت پایش پارامترهای محیطی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماهواره‌ها با به کارگیری امواج الکترومغناطیس، جریان‌ات سطحی آب را در مقیاس بزرگ اندازه‌گیری می‌کنند. اما امواج الکترومغناطیس درون آب به سرعت تضعیف‌شده و قادر به نفوذ در محیط آبی نیستند. درحالی‌که امواج صوتی (Acoustic) قادر به پیمودن هزاران کیلومتر درون آب هستند. ازاین‌رو محققان شاخه‌ای از دانش سنجش‌ازدور را ابداع کردند که با استفاده از ارسال امواج صوتی درون آب، پارامترهای جریان آب در اعماق مختلف را اندازه‌گیری می‌کند. برش‌نگاری صوتی (Acoustic Tomography) شاخه‌ای از دانش سنجش‌ازدور است که جهت پایش خصوصیات جریان مثل سرعت صوت در آب، دمای آب، سرعت جریان، شوری و جهت جریان آب در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳]. دانش برش‌نگاری صوتی توسط والتر مونک و همکاران در سال ۱۹۷۹ جهت پایش دما و سرعت جریان‌های اقیانوسی ابداع گردید [۴] [۵]. دستگاه Ocean Acoustic Tomography Systems (OAT) با ارسال بسامدهای پایین امواج صوتی (کمتر از ۱ kHz) جهت اندازه‌گیری سرعت صوت، دما و سرعت جریان‌های اقیانوسی در مقیاس Mesoscale و در ابعاد ۱۰۰۰ km به کار برده می‌شود [۶] [۷] [۸] [۹]. محققان ژاپنی، نمونه‌ی اولیه‌ی دستگاه Coastal Acoustic Tomography System (CATS) مناسب جهت اندازه‌گیری جریان‌های دریایی در فواصل کمتر از ۱۰۰ km را در سال ۱۹۹۷ طراحی و ابداع کردند [۱۰]. مطالعات زیادی جهت اندازه‌گیری جریان، دما، تغییرات جهت جریان و..... با استفاده از CATS انجام پذیرفته است [۱۱] [۱۲] [۱۳] [۱۴] [۱۵] [۱۶] [۱۷]. سپس در سال ۲۰۱۰، دستگاه Fluvial Acoustic Tomography System (FATS) مناسب جهت استفاده در فواصل کمتر از ۱۰۰۰ m طراحی و ابداع گردید [۱۸]. در سال‌های گذشته مطالعات زیادی توسط FATS انجام پذیرفته است [۱۹] [۲۰] [۲۱] [۲۲] [۲۳] [۲۴] [۲۵]. در این مطالعه نحوه‌ی تجزیه و تحلیل محاسبه‌ی سرعت صوت و سرعت جریان آب با استفاده از FATS در ساحل دریای خزر ارائه می‌گردد

کلید واژه: فناوری برش‌نگاری صوتی، سرعت جریان آب، دریای خزر

۱. مقدمه

سرعت صوت و سرعت جریان در دریا از مهم‌ترین پارامترهایی هستند که در اکثر فعالیت‌های میدانی مورد نیاز بوده و در بسیاری از کارهای تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه دانش سنجش‌ازدور به‌عنوان ابزاری کارآمد جهت پایش پارامترهای محیطی به‌طور گسترده

مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماهواره‌ها با به‌کارگیری امواج الکترومغناطیس، جریانات سطحی آب را در مقیاس بزرگ اندازه‌گیری می‌کنند. اما امواج الکترومغناطیس درون آب به‌سرعت تضعیف شده و قادر به نفوذ در محیط آبی نیستند. درحالی‌که امواج صوتی (Acoustic) قادر به پیمودن هزاران کیلومتر درون آب هستند. ازاین‌رو محققان شاخه‌ای از دانش سنجش‌ازدور را ابداع کردند که با استفاده از ارسال امواج صوتی درون آب، پارامترهای جریان آب در اعماق مختلف را اندازه‌گیری می‌کند.

برش‌نگاری صوتی (Acoustic Tomography) شاخه‌ای از دانش سنجش‌ازدور است که جهت پایش خصوصیات جریان مثل سرعت صوت در آب، دمای آب، سرعت جریان، شوری و جهت جریان آب در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و اقیانوس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳]. دانش برش‌نگاری صوتی توسط والتر مونک و همکاران در سال ۱۹۷۹ جهت پایش دما و سرعت جریان‌های اقیانوسی ابداع گردید [۴] [۵]. دستگاه Ocean Acoustic Tomography Systems (OAT) با ارسال بسامدهای پایین امواج صوتی (کمتر از 1kHz) جهت اندازه‌گیری سرعت صوت، دما و سرعت جریان‌های اقیانوسی در مقیاس Mesoscale و در ابعاد 1000km به‌کاربرده می‌شود [۶] [۷] [۸] [۹]. محققان ژاپنی، نمونه‌ی اولیه‌ی دستگاه Coastal Acoustic Tomography System (CATS) مناسب جهت اندازه‌گیری جریان‌های دریایی در فواصل کمتر از 100km را در سال ۱۹۹۷ طراحی و ابداع کردند [۱۰]. مطالعات زیادی جهت اندازه‌گیری جریان، دما، تغییرات جهت جریان و..... با استفاده از CATS انجام پذیرفته است [۱۱] [۱۲] [۱۳] [۱۴] [۱۵] [۱۶] [۱۷]. سپس در سال ۲۰۱۰، دستگاه Fluvial Acoustic Tomography System (FATS) مناسب جهت استفاده در فواصل کمتر از 1000m طراحی و ابداع گردید [۱۸]. در سال‌های گذشته مطالعات زیادی توسط FATS انجام پذیرفته است [۱۹] [۲۰] [۲۱] [۲۲] [۲۳] [۲۴] [۲۵]. در این مطالعه نحوه‌ی تجزیه‌وتحلیل محاسبه‌ی سرعت صوت و سرعت جریان آب با استفاده از FATS در ساحل دریای خزر ارائه می‌گردد.

۲. روش تحقیق

۲-۱. ارسال دوسویه‌ی امواج صوتی در محیط آبی (Reciprocal Sound Transmission)

انتشار امواج صوتی در محیط آبی تابع سرعت صوت $C(x,y,z)$ و سرعت جریان آب $u(x,y)$ در آن محیط است. بنابراین زمان طی شده‌ی امواج صوتی بین دو ایستگاه بالادست و پایین‌دست که به‌صورت هم‌زمان ارسال گردیده‌اند بدین صورت محاسبه می‌گردد [۱۰]:

$$t_{Down} = \frac{L}{C_m + u_m} \quad (1)$$

$$t_{Up} = \frac{L}{C_m - u_m} \quad (2)$$

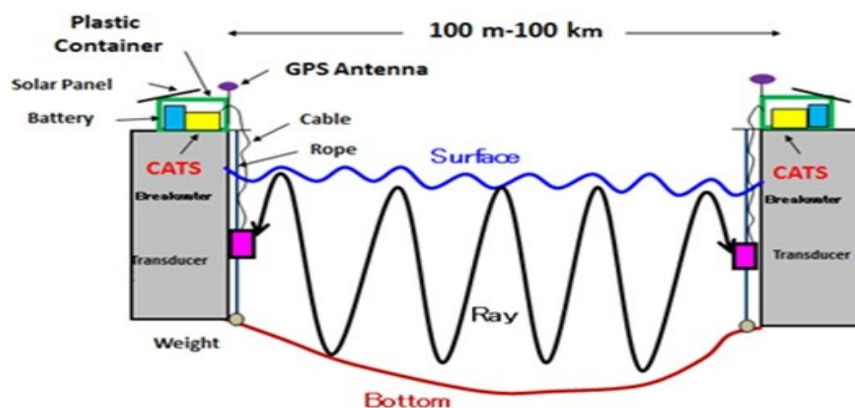
و با حل دو معادله‌ی فوق سرعت متوسط جریان آب و سرعت صوت حاصل خواهد شد:

$$\begin{cases} c_m = \frac{L}{t_m} \\ u_m = \frac{c_m^2}{2L} \Delta t \end{cases} \quad (3)$$

که L فاصله‌ی افقی بین دو ایستگاه صوتی، $t_m = \frac{t_{up} + t_{down}}{2}$ و $\Delta t = t_{up} - t_{down}$ است.

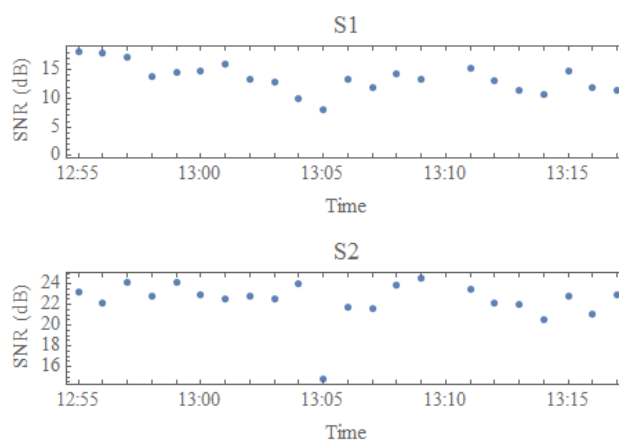
۲-۲. نتایج آزمایش

این آزمایش در ساحل دریای خزر مورخ ۱۳۹۶/۶/۵ به مدت ۲۳ دقیقه انجام شد. ایستگاه اول در کنار ساحل و ایستگاه دوم توسط یک قایق در فاصله‌ی ۳۷۰ متری به‌طور ثابت قرار گرفت. شکل شماتیک برش‌نگاری صوتی در (شکل ۱) نشان داده‌شده است.



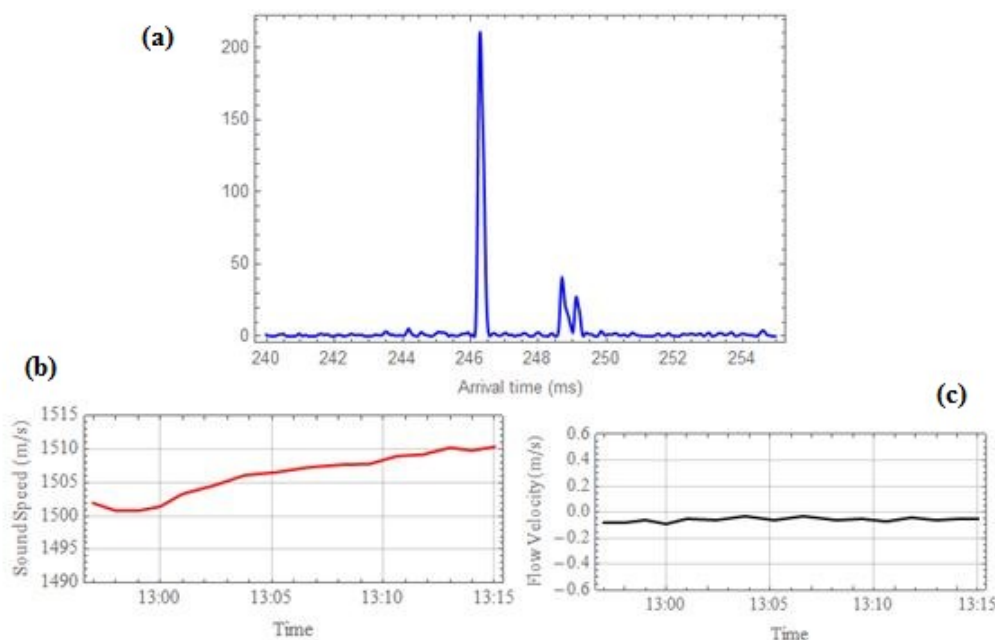
شکل ۱: طرح شماتیک ارسال امواج

هر دو ایستگاه بایستی هم‌زمان سیگنال‌های صوتی را ارسال کنند. هم‌زمان‌سازی ایستگاه‌ها توسط ماهواره‌های GPS با دقت 10MHz انجام می‌شود، از این رو خطای زمانی فناوری برش‌نگاری صوتی بسیار ناچیز است. در این آزمایش امواج صوتی با بسامد 30kHz و در بازه‌ی زمانی ۶۰ ثانیه‌ای ارسال گردید. یکی از مشکلات ارسال و دریافت امواج صوتی در زیرآب، هرزآوای محیط (Ambient Noise) است که باعث تضعیف سیگنال‌های دریافتی می‌گردد. در فناوری برش‌نگاری صوتی سیگنال‌های ارسالی با رشته اعدادی به نام M-Sequence کدگذاری می‌گردند که باعث افزایش قابل‌توجه SNR (Signal to Noise ratio) سیگنال‌های دریافتی به میزان $20 \log \sqrt{2^M - 1}$ می‌گردد. در این مطالعه از M-Sequence درجه ۹ استفاده شده است که باعث افزایش 27 dB سیگنال‌های دریافتی شد. SNR برای ایستگاه اول و دوم در (شکل ۲) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار SNR برای ایستگاه اول و دوم به ترتیب حدود 15dB و 24dB بود.



شکل ۲: SNR ایستگاه اول و دوم

زمان رسیدن یک موج صوتی در ایستگاه دوم در (شکل ۳ a) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود موج ارسالی از ایستگاه اول در زمان ۲۴۶,۳ میلی‌ثانیه به ایستگاه دوم رسیده است. با اندازه‌گیری زمان رسیدن امواج در هر دو ایستگاه و با استفاده از فرمول‌های ذکر شده، سرعت صوت و سرعت جریان آب قابل‌محاسبه است. سرعت صوت اندازه‌گیری شده بین ۱۵۰۰ تا ۱۵۱۰ متر بر ثانیه متغیر بود (شکل ۳ b). سرعت جریان آب نیز بین ۰/۱- تا ۰/۱- متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد (شکل ۳ c). منفی بودن سرعت نشانگر آن است که جهت جریان از ایستگاه دوم به سمت ایستگاه اول است.



شکل ۳: زمان رسیدن یک موج صوتی، سرعت صوت، سرعت جریان

۲. نتیجه‌گیری

پایش عوامل محیطی با استفاده از روش‌های سنتی هزینه‌بر و زمان‌بر است. از این‌رو در سال‌های اخیر محققان به سمت استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور روی آورده‌اند. دو بخش اصلی سنجش‌ازدور، استفاده از امواج الکترومغناطیس در فضا و استفاده از امواج صوتی درون آب است. یکی از مهم‌ترین شاخه‌های سنجش‌ازدور درون آب روش برش‌نگاری صوتی است که مطالعات زیادی درباره‌ی کاربرد این روش توسط محققان ژاپنی و آمریکایی انجام شده است. در این مطالعه سرعت صوت و سرعت جریان آب در ساحل دریای خزر با استفاده از فناوری برش‌نگاری صوتی اندازه‌گیری شد. در بازه‌ی زمانی آزمایش، سرعت صوت بین ۱۵۰۰ تا ۱۵۱۰ متر بر ثانیه متغیر بود و سرعت جریان آب نیز بین ۰/۱- تا ۰/۱+ متر بر ثانیه از سمت ایستگاه دوم به سمت ایستگاه اول محاسبه گردید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش و مطالعات انجام گرفته توسط محققان خارجی، پیشنهاد می‌گردد که پایش پیوسته‌ی پارامترهای فیزیکی آب در خلیج فارس و دریای خزر توسط فناوری برش‌نگاری صوتی انجام گیرد.

منابع

- [1] L. Cutroneo, G. Ferretti, D. Scafidi, G.D. Ardizzone, G. Vagge, M. Capello. (2017), Current observations from a looking down vertical V-ADCP: interaction with winds and tide. The case of Giglio Island (Tyrrhenian Sea, Italy), *Oceanologia*. 59 139–152. doi:10.1016/j.oceano.2016.11.001.
- [2] W. Laenen, A and Smith. (1983), Acoustic systems for the measurement of streamflow, *US Geol. Surv. Water-Supply Pap.* 2213 26.
- [3] M. Bahreinimotlagh, K. Kawanisi, M.M. Danial, M.B. Al Sawaf, J. Kagami. (2016), Application of shallow-water acoustic tomography to measure flow direction and river discharge, *Flow Meas. Instrum.* 51 (2016) 30–39. doi:10.1016/j.flowmeasinst.08.010.
- [4] W. Munk, C. Wunsch. (1979), Ocean acoustic tomography: a scheme for large scale monitoring, *Deep Sea Res. Part A. Oceanogr. Res. Pap.* 26 123–161. doi:10.1016/0198-0149(79)90073-6.

- [5] W.H. Walter H. Munk, P. Worcester, C. Wunsch. (1995), Ocean acoustic tomography, Cambridge University Press,.
- [6] D. Behringer, T. Birdsall, M. Brown, B. Cornuelle, R. Heinmiller, R. Knox, K. Metzger, W. Munk, J. Spiesberger, R. Spindel, D. Webb, P. Worcester, C. Wunsch. (1982), A demonstration of ocean acoustic tomography, *Nature*. 299 121–125. doi:10.1038/299121a0.
- [7] B.M. Howe, P.F. Worcester, R.C. Spinde. (1987), Ocean acoustic tomography: Mesoscale velocity, *J. Geophys. Res.* 92 3785. doi:10.1029/JC092iC04p03785.
- [8] B.D. Cornuelle, P.F. Worcester, J.A. Hildebrand, W.S. Hodgkiss, T.F. Duda, J. Boyd, B.M. Howe, J.A. Mercer, R.C. (1993), Spindel, Ocean acoustic tomography at 1000-km range using wavefronts measured with a large-aperture vertical array, *J. Geophys. Res.* 98 16365. doi:10.1029/93JC01246.
- [9] N. Taniguchi, C.-F. Huang, A. Kaneko, C.-T. Liu, B.M. Howe, Y.-H. Wang, Y. Yang, J. Lin, X.-H. Zhu, N. Gohda. (2013), Measuring the Kuroshio Current with ocean acoustic tomography, *J. Acoust. Soc. Am.* 134 3272. doi:10.1121/1.4818842.
- [10] Y.T. and A.K. HONG ZHENG, NORIAKI GOHDA, HIDEAKI NOGUCHI, TOSHIMICHI ITO, HARUHIKO YAMAOKA, TADASHI TAMURA. (1997), Reciprocal Sound Transmission Experiment for Current Measurement in the Seto Inland Sea , Japan, *J. Oceanogr.* 53 117–127.
- [11] J. Park, A. Kaneko. (2000), Assimilation of coastal acoustic tomography data into a barotropic ocean model, *Geophys. Res. Lett.* 27 3373–3376. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2000GL011600/full>.
- [12] H. Yamoaka, A. Kaneko, J.H. Park, H. Zheng, N. Gohda, T. Takano, X.H. Zhu, Y. Takasugi. (2002), Coastal acoustic tomography system and its field application, *IEEE J. Ocean. Eng.* 27 283–295. doi:10.1109/JOE.2002.1002483.
- [13] Y. Adityawarman, A. Kaneko, K. Nakano, N. Taniguchi, K. Komai, X. Guo, N. Gohda. (2011), Reciprocal sound transmission measurement of mean current and temperature variations in the central part (Aki-nada) of the Seto Inland Sea, Japan, *J. Oceanogr.* 67 173–182. doi:10.1007/s10872-011-0016-5.
- [14] X. Zhu, Z. Zhu, Y. Ma, X. Fan, Y. Long. (2015), Measuring tidal and residual currents and volume transport through a wide strait by use of the coastal acoustic tomography system, *Cont. Shelf Res.* 17. doi:10.1016/j.csr.2015.08.016.
- [15] C.-F. Huang, N. Taniguchi, Y.-H. Chen, J.-Y. Liu. (2016), Estimating temperature and current using a pair of transceivers in a harbor environment, *J. Acoust. Soc. Am.* 140 EL137-EL142. doi:10.1121/1.4959069.
- [16] Z.-N. Zhu, X.-H. Zhu, X. Guo. (2016), Coastal tomographic mapping of nonlinear tidal currents and residual currents, *Cont. Shelf Res.* doi:10.1016/j.csr.2016.06.014.
- [17] C. Zhang, A. Kaneko, X.-H. Zhu, B.M. Howe, N. Gohda. (2016), Acoustic measurement of the net transport through the Seto Inland Sea, *Acoust. Sci. Technol.* 37 10–20. doi:10.1250/ast.37.10.
- [18] K. Kawanisi, M. Razaz, S. Watanabe, A. Kaneko, T. Abe. 2010, An innovative methodology / technology for streamflow observation, in: *River Flow - Dittrich, Koll, Aberle Geisenhainer - © 2010 Bundesanstalt Für Wasserbau*, 2010: pp. 1741–1748.

- [19] K. Kawanisi, M. Razaz, A. Kaneko, S. Watanabe. (2010), Long-term measurement of stream flow and salinity in a tidal river by the use of the fluvial acoustic tomography system, *J. Hydrol.* 380 74–81. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.10.024.
- [20] K. Kawanisi, A. Kaneko, S. Nigo, M. Soltaniasl. (2010), New acoustic system for continuous measurement of river discharge and water temperature, *Water Sci. Eng.* 3 47–55. doi:10.3882/j.issn.1674-2370.2010.01.005.
- [21] K. Kawanisi, M. Razaz, K. Ishikawa, J. Yano, M. Soltaniasl. (2012), Continuous measurements of flow rate in a shallow gravel-bed river by a new acoustic system, *Water Resour. Res.* 48 1–10. doi:10.1029/2012WR012064.
- [22] K. Kawanisi, M. Razaz, J. Yano, K. Ishikawa. (2013), Continuous monitoring of a dam flush in a shallow river using two crossing ultrasonic transmission lines, *Meas. Sci. Technol.* 24 55303. doi:10.1088/0957-0233/24/5/055303.
- [23] M. Soltaniasl, K. Kawanisi, J. Yano, K. Ishikawa. (2013), Variability in salt flux and water circulation in Ota River Estuary, Japan, 6 283–295. doi:10.3882/j.issn.1674-2370.2013.03.005.
- [24] M. BahreiniMotlagh, K. Kawanisi, X. Zhu. (2015), Acoustic Investigations of Tidal Bores, *J. Japan Soc. Civ. Eng. Ser. B1 (Hydraulic Eng.* 71 139–144.
- [25] K. Kawanisi, M. BahrainiMotlagh, M. AlSawaf, M. Razaz. (2016), High-frequency streamflow acquisition and bed level/flow angle estimates in a mountainous river using shallow-water acoustic tomography, *Hydrol. Process.* n/a-n/a. doi:10.1002/hyp.10796.

مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی اقیانوس‌شناسی غرب آسیا
۸ و ۹ آبان‌ماه ۱۳۹۶ (ایران - تهران)



ارزیابی صحت زمانی مکانی منابع سنجش سرعت باد دریای خزر در محیط GIS

رحیمی ملکشان، میلاد^{۱*}، غلامعلی فرد، مهدی^۱، رشیدی ابراهیم حصاری، اکبر^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش ارزیابی محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس

۲. استاد یار گروه محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس

۳. استادیار گروه فیزیک دریا دانشگاه تربیت مدرس

miladrhime@yahoo.com

چکیده

دریای خزر بزرگترین پهنه آبی بسته دنیا دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشد. باد بعنوان یکی از پارامترهای مطالعه ویژگی‌ها و تغییرات حائز اهمیت می‌باشد. لذا تغییرات زمانی و مکانی سبب تغییر در صحت و دقت منابع مختلف آن می‌شود. بنابراین در مطالعه حاضر هدف ارزیابی و همخوانی منابع مختلف ECMWF و ماهواره‌های QuickScat و RapidScat در خلال زمان ماموریت این ماهواره‌ها به ترتیب از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ می‌باشد. بنابر نتایج حاصله تغییرات ماهانه و مکانی بر صحت و همخوانی داده‌ها اثر دارد. در نهایت همخوانی مکانی داده‌های موجود برای سه بخش دریای خزر ارزیابی شد که در بخش شمال با ضریب تغییرات ۵۹/۰ کمترین مقدار و در بخش میانی با ضریب تغییرات ۸۵/۰ بیشترین همخوانی را دارا می‌باشد

کلیدواژه: QuickScat, RapidScat, سرعت باد، دریای خزر

۱. مقدمه:

دریاها یکی از بزرگ‌ترین منابع حیات بشمار می‌روند. امروزه می‌توان اظهار داشت که بیش از نیمی از شهرهای پرجمعیت جهان در کنار دریاها قرار دارند. بی‌شک دریاها خدمات فراوانی را در اختیار ما قرار می‌دهند که بهره‌گیری از این خدمات همراه است با داشتن دانش از چگونگی شرایط دریاها و پارامترهای تأثیرگذار بر آن‌ها می‌باشد [۱]. یکی از این پهنه‌های مهم دریای خزر می‌باشد که به‌عنوان بزرگ‌ترین حوزه آبی بسته دنیا دارای شرایط اکولوژیکی و فیزیکی خاص خود می‌باشد. کشیدگی این دریا و تغییرات پارامترهای مختلف سبب شده که محققان برای مطالعه مناسب‌تر آن را به سه قسمت مختلف تقسیم کرده‌اند. یکی از عوامل مؤثر در این شرایط باد می‌باشد. بادها در ایجاد تغییرات عوامل فیزیکی (امواج، استرس، اختلال لایه‌ها و...) و اکولوژیکی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم مؤثر واقع می‌گردند [۲] دامنه اثر آن نیز حتی بیشتر بر ایجاد و مدیریت سازه‌های آبی، حمل‌ونقل و بسیاری از کاربری‌های دیگر اثر می‌گذارند [۳]. لذا اهمیت موضوع سبب شده که ابزارهای فراوانی برای مطالعه این پدیده بکار گرفته شود. این ابزارها را به سه دسته: ایستگاه‌های سینوپتیک، سنجش‌ازدور و مدل‌های عددی تقسیم‌بندی کرد [۴]. تنوع در منابع ارزیابی سرعت باد توجه به صحت و دقت این منابع را افزایش می‌دهد. اما نقطه حساس در مورد این ارزیابی‌ها توجه به مناطق فراساحلی می‌باشد قطعاً بافاصله گرفتن از سواحل بر نامعلومی‌ها و عدم قطعیت منابع مختلف افزوده می‌شوند. لذا در اینجا همخوانی و صحت منابع بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند [۵]. در بحث سنجش‌ازدور و مدل‌های عددی مهم است که بدانیم این پروژه‌ها به‌صورت جهانی به اجرا درمی‌آیند لذا در صحت محلی آن‌ها باید بازبینی صورت گیرد حال این موضوع در مورد دریای خزر با شرایط جغرافیایی خاص خودش بیشتر اهمیت پیدا می‌کند.

۲. مواد و روش‌ها:

منابع

منابع مورد استفاده شده در این تحقیق در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: منابع مورد استفاده

[۲] منبع	[۳] طول دوره مطالعه	[۴] دقت مکانی	[۵] دقت زمانی	[۶] تعداد داده‌ها
QuickScat (V3) [۷]	[۸] ۲۰۰۹/۱۱/۳۰-۲۰۰۰/۰۱/۰۱	[۹] ۱۲/۵ کیلومتر	[۱۰] هر ۶ ساعت	[۱۱] ۱۰۷۷۷
ERA-Intrem [۱۲]	[۱۳] ۲۰۰۹/۱۱/۳۰-۲۰۰۰/۰۱/۰۱	[۱۵] ۰/۱۲۵ درجه	[۱۶] هر ۶ ساعت	[۱۷] ۱۴۶۰۰
	[۱۴] ۲۰۱۶/۰۸/۳۰-۲۰۱۴/۱۰/۰۱			[۱۸] ۲۷۶۰
RapidScat(V1) [۱۹]	[۲۰] ۲۰۱۶/۰۸/۲۵-۲۰۱۴/۱۰/۰۱	[۲۱] ۱۲/۵ کیلومتر	[۲۲] هر ۳ ساعت	[۲۳] ۳۶۴۴

۲-۲. پیش‌پردازش داده‌ها

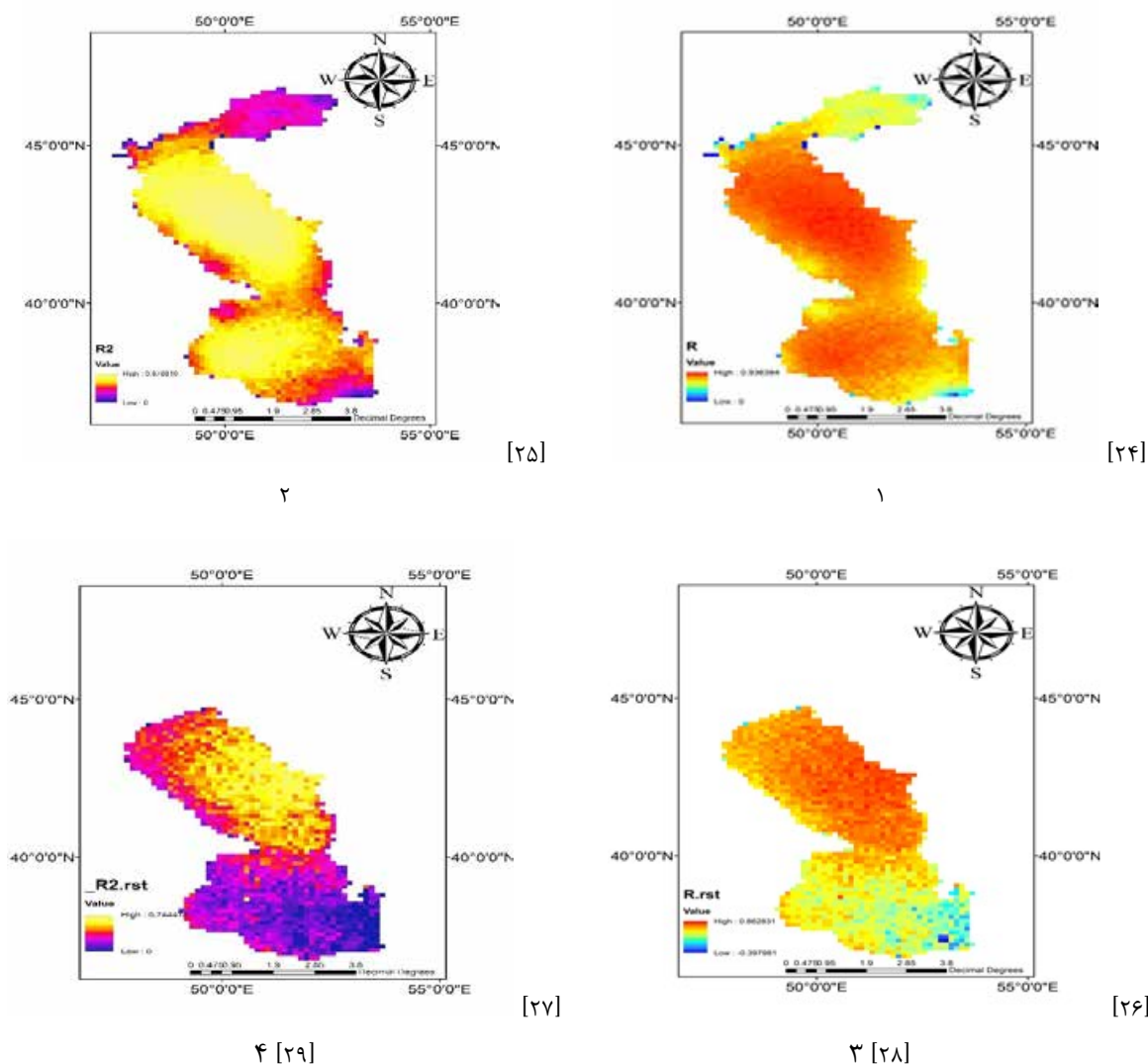
از آنجاکه داده‌های سنجش‌ازدوری باد در دریای خزر به صورت ناپیوسته بوده و بزرگ‌نمایی متفاوتی با داده‌های ECMWF دارد. در گام اول نیاز به تولید داده پیوسته می‌باشد و با توجه به ماهیت داده‌ها می‌توان از میانگین ماهانه استفاده کرد تا تعداد سلول‌های برداشت‌شده توسط سنجنده در دریای خزر به تکرار مناسب خود رسیده و بازگوکننده صحت مناسب برای جامعه آماری خود باشد. در گام دوم لازم است که همه متغیرها دارای شرایط یکسانی از لحاظ مکانی برخوردار باشند که در این بخش با ReProject کردن داده‌های سنجنده‌ها با داده‌های ECMWF و باز نمونه‌گیری داده‌ها بر اساس نزدیک‌ترین همسایه اقدام شد.

۲-۳. برازش داده‌ها

جهت مطالعه تأثیر پارامترهای سالانه و ماهانه بر میزان همبستگی داده‌های سنجش‌ازدوری و مدل‌های عددی می‌توان از آنالیز واریانس استفاده کرد. آنالیز واریانس یک روش بسیار کارآمد در مقایسه میانگین صفت‌های کمی تغییرهای مقوله‌ای است. جهت آنالیز میانگین یک صفت کمی در بیش از یک گروه می‌توان از آزمون‌های آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده کرد.

۲. نتایج:

روند همبستگی مکانی داده‌های سنجش‌ازدور در یک سری زمانی مربوط به هریک از فعالیت سنجنده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت که در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱: شماره ۱ و ۲ نشان‌دهنده آماره R و R2 برای دو داده ECMWF و QuickScat می‌باشد. شماره ۳ و ۴ نشان‌دهنده آماره R و R2 برای دو داده RapidScat و ECMWF بدون قسمت شمالی می‌باشد.

برای بررسی روند همبستگی از مقایسه آماره‌ها برای هر بخش از دریای خزر استفاده شد که در جدول (۲ و ۳) ارائه شده است.

جدول ۲: آماره‌های سری زمانی QuickScat و ECMWF از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۰۹

[۳۱] بخش	[۳۲] نوع داده	[۳۳] میانگین [۳۴] (m/s^{-1})	[۳۵] انحراف معیار [۳۶] (m/s^{-1})	[۳۷] کمترین ارزش [۳۸] (m/s^{-1})	[۳۹] بیشترین ارزش [۴۰] (m/s^{-1})	[۴۱] ضریب همبستگی
[۴۲] جنوبی	QuickScat [۴۳]	5.26 [۴۴]	0.48 [۴۵]	3.08 [۴۶]	8.93 [۴۷]	0.75 [۴۸]
	ECMWF [۴۹]	4.37 [۵۰]	0.43 [۵۱]	2.7 [۵۲]	5.82 [۵۳]	
[۵۴] میانی	QuickScat [۵۵]	6.56 [۵۶]	0.6 [۵۷]	4.29 [۵۸]	8.85 [۵۹]	0.83 [۶۰]
	ECMWF [۶۱]	5.84 [۶۲]	0.53 [۶۳]	4.13 [۶۴]	6.69 [۶۵]	
[۶۶] شمالی	QuickScat [۶۷]	6.45 [۶۸]	0.6 [۶۹]	0 [۷۰]	10.35 [۷۱]	0.59 [۷۲]
	ECMWF [۷۳]	6.09 [۷۴]	0.55 [۷۵]	5.35 [۷۶]	6.65 [۷۷]	

جدول ۳: آماره‌های سری زمانی RapidScat و ECMWF از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶

[۷۸] آماره [۷۹] بخش	[۸۰] نوع داده	[۸۱] میانگین [۸۲] (m/s-1)	[۸۳] انحراف معیار [۸۴] (m/s-1)	[۸۵] کمترین ارزش [۸۶] (m/s-1)	[۸۷] بیشترین ارزش [۸۸] (m/s-1)	[۸۹] ضریب همبستگی
[۹۰] جنوبی	RapidScat [۹۱]	5.22 [۹۲]	0.85 [۹۳]	3.67 [۹۴]	7.2 [۹۵]	0.37 [۹۶]
	ECMWF [۹۷]	4.61 [۹۸]	0.51 [۹۹]	3.71 [۱۰۰]	5.84 [۱۰۱]	
[۱۰۲] میانی	RapidScat [۱۰۳]	6.41 [۱۰۴]	1.54 [۱۰۵]	3.97 [۱۰۶]	8.60 [۱۰۷]	0.67 [۱۰۸]
	ECMWF [۱۰۹]	6.15 [۱۱۰]	0.89 [۱۱۱]	4.43 [۱۱۲]	7.52 [۱۱۳]	

۳. نتایج:

در مطالعه ما از دریای خزر با استفاده از دو نوع داده مدل عددی و سنسور از دور در بعد مکان و زمان به این امر رسیدیم که همخوانی داده‌ها در ECMWF و QuickScat از لحاظ زمانی تحت تأثیر فصول مختلف بوده و پدیده فصل بر این همخوانی بسیار تأثیرگذار است و در این حالت تغییرات سالیانه بر صحت و همخوانی داده‌ها اثر معنی‌داری نداشته است. اما حالت جغرافیای منطقه چه تأثیری بر این همخوانی دارد. داده‌های سنسور از دوری از باند Ku رادار استفاده می‌کنند و با نزدیک شدن به سواحل و کمتر شدن عمق خطای آن‌ها بیشتر می‌شود از همین رو تنها قادر به برداشت اطلاعات حداقل تا ۱۵ متری آب نزدیک به خشکی‌ها را دارا می‌باشند [۶]. با توجه به شکل ۲ نیز می‌توان مشاهده کرد که با نزدیک شدن به سواحل و کرانه‌ها ضریب همبستگی کاهشی می‌باشد. به علاوه این بحث در هر دو سنسور QuickScat و RapidScat با عبور به سمت شمالی و وجود لایه‌های یخ و عمق کم آب در این بخش (میانگین ۵۰ متر) سبب بالا رفتن خطای محاسباتی سنسور در دریافت امواج باز پراکنش شده از سوی سطح شده است. این خطا علی‌رغم تصحیح با استفاده از الگوریتم جهانی که در داده‌های ورژن ۳ دیده می‌شود همچنان بالا می‌باشد.

۴. نتیجه‌گیری:

صحت داده‌های باد در دریای خزر وابسته به عمق و اقلیم می‌باشد. یکی از دلایل عدم همخوانی بیشتر داده‌ها در خزر شمالی وجود همین دو پارامتر تأثیرگذار بر دقت داده‌های سنسور از دوری است. حتی با اصلاح و استفاده از الگوریتم‌های جهانی ورژن ۳ باز هم برای این بخش مناسب نبوده و نیاز می‌باشد که مطالعات به‌سوی ارائه یک الگوریتم محلی برای شرایط خاص جغرافیای دریای خزر باشد. در همین راستا مطالعه [۷] در مورد اصلاح و ارائه الگوریتم جهانی برای بالا بردن صحت داده‌های QuickScat در مناطق یخ‌زده با استفاده از باند شناسگر یخ این سنسور را برای دریای خزر مناسب ارزیابی نمی‌شود.

منابع:

- [1]- Mazaheri, S., Kamranzad, B., & Hajivalie, F. (2013). Modification of 32 years ECMWF wind field using QuikSCAT data for wave hindcasting in Iranian Seas. *Journal of Coastal Research*, 65(sp1), 344-349.
- Chelton, D. B., & Freilich, M. H. (2005). Scatterometer-based assessment of 10-m wind analyses from the operational ECMWF and NCEP numerical weather prediction models. *Monthly Weather Review*, 133(2), 409-429.
- [2]-Stoffelen, A., & Anderson, D. (1997). Scatterometer data interpretation: Estimation and validation of the transfer function CMOD4. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 102(C3), 5767-5780.
- Signell, R. P., Carniel, S., Cavaleri, L., Chiggiato, J., Doyle, J. D., Pullen, J., & Sclavo, M. (2005). Assessment of wind quality for oceanographic modelling in semi-enclosed basins. *Journal of Marine Systems*, 53(1), 217-233.

[3]-Lungu, T., & Callahan, P. S. (2006). QuikSCAT science data product user's manual: Overview and geophysical data products. D-18053-Rev A, version, 3, 91.

[4]-Martin, S. (2014). An introduction to ocean remote sensing. Cambridge University Press.

[5]-Ruti, P. M., Marullo, S., D'Ortenzio, F., & Tremant, M. (2008). Comparison of analyzed and measured wind speeds in the perspective of oceanic simulations over the Mediterranean basin: Analyses, QuikSCAT and buoy data. *Journal of Marine Systems*, 70(1), 33-48.

[6]-Kamranzad, B., Etemad-Shahidi, A., Chegini, V., & Hadadpour, S. (2013). Assessment of CGCM 3.1 wind field in the Persian Gulf. *Journal of Coastal Research*, 65(sp1), 249-253.

[7]-Hasager, C. B., Barthelmie, R. J., Christiansen, M. B., Nielsen, M., & Pryor, S. C. (2006). Quantifying offshore wind resources from satellite wind maps: study area the North Sea. *Wind Energy*, 9(1-2), 63-74.



تخمین عمق در اطراف آبگیر پره‌سر با استفاده از تکنیک سنجش از دور

امامی حمزه‌کلایی رضا^{۱*}، سیادت‌موسوی سید مصطفی^۲، مجردی برات^۳

۱. کارشناسی ارشد عمران گرایش سواحل بنادر و سازه‌های دریایی دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۲. استادیار عمران گرایش سواحل بنادر و سازه‌های دریایی دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۳. -استادیار عمران گرایش راهسازی دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

rezaemamihamze@yahoo.com

چکیده

یکی از عوامل تاثیرگذار در تحقیقات، مدیریت و پایش مناطق ساحلی و دریایی برآورد مناسب عمق در این مناطق است. با گسترش فعالیت اقتصادی در مناطق دریایی، تهیه نقشه‌های عمق‌سنجی در بازه‌های زمانی کوتاه مدت و با صرف هزینه‌ی حداقلی بسیار حائز اهمیت است؛ بدین جهت استفاده از روش سنجش از دور در سال‌های اخیر در بسیاری از تحقیقات برای تخمین عمق مورد توجه قرار گرفته است. در واقع اندازه‌گیری‌های دوره‌ای در مناطق ساحلی به روش‌های عمق‌سنجی دریایی و هوایی بسیار هزینه‌بر بوده و زمان زیادی را در گستره‌ی مکانی نسبتاً محدودی به خود اختصاص می‌دهد، اما روش‌های عمق‌سنجی سنجش از دور، با توجه به قابلیت تعدد زمانی، در اختیار گذاشتن اطلاعات مکانی وسیع و در نهایت هزینه‌های مختصر، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این مهم به خصوص در مناطق کم‌عمق که دسترسی برای اندازه‌گیری دستی به راحتی میسر نبوده، و عمق کافی برای شناور نیز وجود ندارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا بخش قابل توجهی از رسوبات ساحلی در این بخش فعال ساحل در حال حرکت هستند. در این تحقیق، الگوریتم‌های عمق‌سنجی لایزنگا و استامپ که در تحقیقات گذشته کارایی مناسبی برای مناطق مختلفی در دنیا داشته‌اند برای منطقه‌ی پره‌سر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم لایزنگا روش قابل قبولی برای تخمین عمق و دستیابی به اطلاعات دوره‌ای عمق است. در حالی که نتایج بد الگوریتم استامپ، نشان دهنده‌ی حساسیت این الگوریتم نسبت به غلظت مواد محلول موجود در آب است.

کلید واژه: عمق‌سنجی، سنجش از دور، پره‌سر، تصاویر ماهواره‌ی لندست.

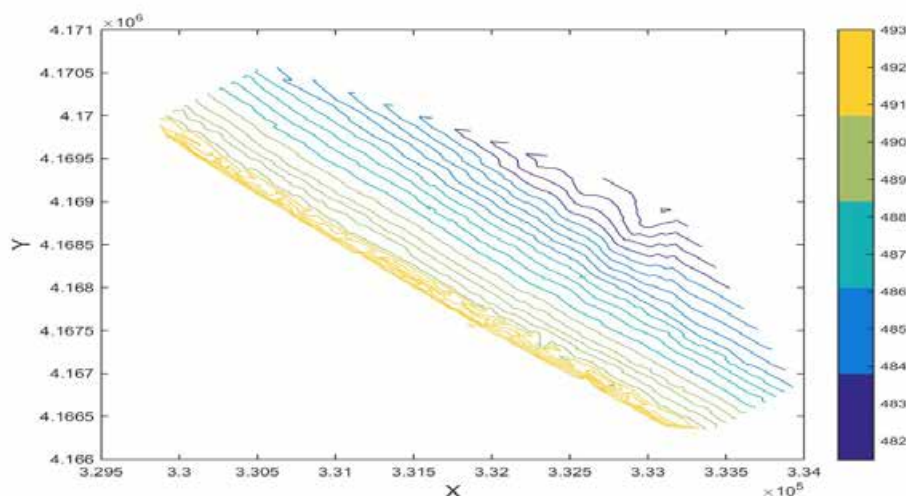
۱. مقدمه

اندازه‌گیری‌های دوره‌ای در مناطق ساحلی به روش‌های عمق‌سنجی دریایی (سونار) و هوایی (لیدار) بسیار هزینه‌بر بوده و زمان زیادی را در گستره‌ی مکانی نسبتاً محدودی به خود اختصاص می‌دهد، اما روش‌های عمق‌سنجی سنجش از دور، با توجه به قابلیت تعدد زمانی، در اختیار گذاشتن اطلاعات مکانی وسیع و در نهایت هزینه‌های مختصر، بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱]. لایزنگا در سال ۱۹۷۸ با استفاده از اطلاعات یک باند سنجنده توانست یک رابطه‌ی خطی میان میزان بازتاب ستون آب و عمق آب در منطقه‌ای که ویژگی‌های اپتیکی بازتاب آب و بازتاب بستر ثابت بود، به دست آورد. او برای به دست آوردن این رابطه دو فرض اساسی داشت. اول اینکه ویژگی آب در تمام تصویر یکنواخت است (ضریب میرایی نور در آب ثابت است) و فرض دوم این که میرایی نور در ستون آب به صورت نمایی (قانون فیزیکی بیر) تغییر می‌کند. او در سال ۱۹۸۵ توانست برای مناطقی که ویژگی‌های اپتیکی و بازتاب بستر ثابت ندارند یک الگوریتم خطی جدید با استفاده از اطلاعات دو باند ارائه کند. در سال ۱۹۸۳ بنی و داوسون با سه فرض تضعیف نمایی نور در ستون آب، ضریب میرایی ثابت در تمام تصویر و همچنین خصوصیت

بازتابی ثابت بستر در تمام تصویر توانست الگوریتمی ارائه کنند. در این الگوریتم نور دریافت شده در سنجنده از یک مسیر خاص و مشخص در ستون آب عبور می‌کند. در سال ۱۹۸۸ جاپ با همان سه فرض الگوریتم بنی و دوسون، و با این ایده که تابش با نرخ‌های متفاوتی در آب میرا می‌شود روشی ارائه کرد که در ابتدا برای هر طول موج محدوده‌ای به نام محدوده‌ی نفوذ تعیین می‌شود، و در مرحله‌ی دوم با توجه به میزان مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی تابش برای هر پیکسل توسط سنجنده، محدوده‌ی مورد نظر برای درونیابی عمق تعیین و در انتها مقدار عمق به دست می‌آید. گرین و همکاران در سال ۲۰۰۰ دقت این سه روش را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی لندست برای ۷۵۰ نقطه در منطقه‌ای در ترکیه مورد بررسی قرار دادند. آنها روش جاپ را برای مناطقی که جنس بستر متفاوت دارند، بسیار مناسب یافتند [۲]. استامپ در سال ۲۰۰۳ به دنبال حل مشکل الگوریتم‌های گذشته در مناطقی با بازتاب بستر متفاوت، الگوریتم جدیدی ارائه کرد. او در تحقیق خود با استفاده از تصویر ماهواره‌ی IKONOS به مقایسه‌ی روش خود با الگوریتم لایزنگا به عنوان یک الگوریتم مناسب پرداخت. نتایج تحقیق او بر روی مرداب مرجانی با شفافیت آب مناسب در منطقه‌ی شمال غربی هاوایی نشان می‌دهد که الگوریتم استامپ تا عمق حدود ۲۵ متری دارای خطای RMSE نرمالیزه شده حدود ۰/۳ و الگوریتم لایزنگا تا عمق حدود ۱۵ متری دارای خطای RMSE نرمالیزه شده ۰/۴ است [۳].

۲. روش تحقیق

در این تحقیق برای برآورد عمق در حوالی آبگیر پره‌سر از دو الگوریتم لایزنگا و استامپ که در تحقیقات گذشته کارایی مناسبی داشتند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال ۱۳۸۶ برای مطالعات اولیه نیروگاه سیکلی_ترکیبی بندر پره‌سر، شرکت مهندسين مشاور سازه‌پدازی ایران عملیات هیدروگرافی برای ۱۸۸۵۵ نقطه انجام داد، که در شکل زیر کانتورهای تراز عمق با توجه به هیدروگرافی انجام شده آورده شده است.



شکل ۱: کانتورهای تراز عمق

لایزنگا با فرض تضعیف نمایی نور در آب، الگوریتم خطی زیر را برای برآورد عمق پیشنهاد داد [۴ و ۵].

$$Z = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i \quad (1)$$

$$X_i = \ln(R_w(\lambda_i) - R_\infty(\lambda_i)) \quad (2)$$

در روابط فوق Z عمق، R_∞ میزان بازتابش ستون آب در منطقه‌ی عمیق آب از احاطا اپتیکی، R_w میزان بازتابش در منطقه‌ی مورد مطالعه، a_0 و a_i ضرایب به دست آمده از رگرسیون خطی و λ باندهای مورد استفاده در آزمون عمق‌سنجی است. استامپ با استفاده از اطلاعات دو باند الگوریتم زیر را ارائه کرد.

$$Z = m_1 \frac{\ln(nR_w(\lambda_i))}{\ln(nR_w(\lambda_j))} + m_0 \quad (3)$$

در رابطه‌ی فوق m_1 ثابت قابل تنظیم برای مقیاس نمودن عمق است، m_0 ضریب برای عمق صفر است و n یک ضریب ثابت برای همه مناطق است تا اطمینان حاصل شود که عمق برای همه شرایط مثبت است که مشابه با تحقیق استامپ در این تحقیق هم از $n=1000$ استفاده می‌شود.

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ی لندست به دلیل رایگان بودن تهیه‌ی آنها استفاده می‌شود و با توجه به دوره‌ی انجام هیدروگرافی تصویر ماهواره‌ی لندست ۵ انتخاب می‌شود. از آنجا که با افزایش طول موج میزان میرایی نور در عمق افزایش می‌یابد، در این تحقیق برای انجام عملیات عمق‌سنجی با استفاده از الگوریتم لایزنگا از اطلاعات ۳ باند اول ماهواره که در محدوده‌ی مرئی قرار دارد استفاده می‌شود و برای الگوریتم استامپ از اطلاعات دو باند اول ماهواره‌ی لندست ۵ استفاده می‌شود. در لندست ۵، باندهای آبی (۰/۴۵ - ۰/۵۲)، سبز (۰/۵۲ - ۰/۶۳) و قرمز (۰/۶۳ - ۰/۶۹) بر حسب میکرومتر باندهای مرئی هستند. در این تحقیق ابتدا بررسی می‌شود که مقادیر بازتاب‌های به دست آمده چه میزان با فرض تضعیف نمایی نور در عمق مطابقت دارد. سپس الگوریتم لایزنگا و استامپ برای قسمت شرقی شکل ۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد و ضرایب رگرسیون خطی برای هر مدل به دست می‌آید و برای قسمت غربی شکل ۱ صحت‌سنجی می‌شوند و در مورد توانایی هر الگوریتم در سنجش عمق بحث می‌شود. به منظور تعیین دقت الگوریتم‌ها با مقادیر اندازه‌گیری میدانی از شاخص‌های ضریب همبستگی (R) و جذر میانگین مربع خطاها (RMSE) استفاده می‌شود (روابط ۴ و ۵) و برای تعیین میزان همگرایی مقادیر بازتاب‌ها با تابع نمایی از ضریب تعیین (R^2) استفاده می‌شود (مجذور رابطه‌ی ۵).

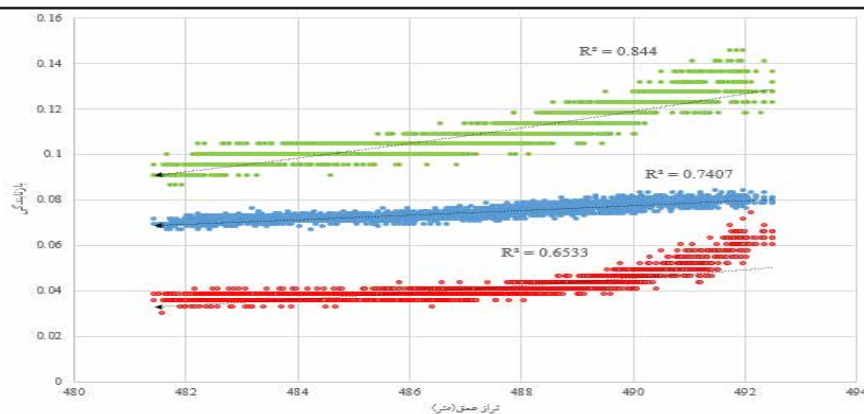
$$Rmse = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (4)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

در روابط فوق n تعداد داده‌ها، x_i مقادیر اندازه‌گیری شده، y_i مقادیر پیش‌بینی شده، $\bar{x}$ مقدار متوسط اندازه‌گیری شده و $\bar{y}$ مقدار متوسط پیش‌بینی شده است.

۳. نتایج

در شکل ۲ نتایج مقادیر بازتابندگی برای باندهای مرئی در ترازهای عمقی مختلف آورده شده است. مطابق شکل، مقادیر بازتابندگی در باند سبز بیشتر از باند آبی است، که این موید وجود مواد محلول در آب است، چرا که در آب شفاف میزان جذب نور در آب، با افزایش طول‌موج افزایش خواهد یافت.



شکل ۲: مقادیر بازتابندگی برای سه باند اول لندست-۵.

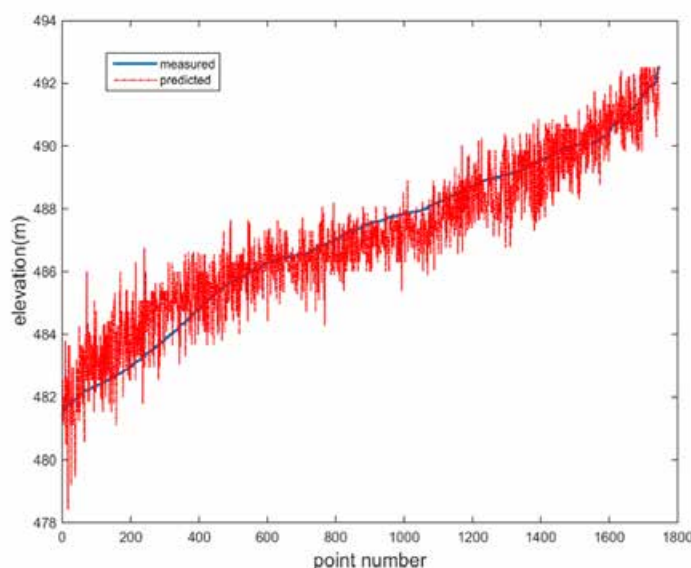
با انجام رگرسیون خطی برای بخش شرقی شکل ۱ با استفاده از الگوریتم لایزنگا معادله‌ی زیر برای تخمین عمق به دست آمده است.

$$Z = 516.88 + 1.88B1 + 4.95B2 + 0.68B3 \quad (۴)$$

B1, B2 و B3 به ترتیب مقادیر بازتابش در باندهای اول تا سوم لندست-۵ هستند. شکل ۳ مقایسه‌ی مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر به دست آمده از رابطه‌ی (۴) را نشان می‌دهد. جذر میانگین مربع خطاها برای قسمت شرقی برای سال ۱۳۸۶ برابر ۰/۹۱ متر و ضریب همبستگی برابر ۰/۹۴ است. با انجام صحت‌سنجی رابطه‌ی (۴) بر روی قسمت غربی جذر میانگین مربع خطاها و ضریب همبستگی به ترتیب برابر ۰/۸۱ و ۰/۹۵ می‌شود که نتایج بهتر قسمت غربی، احتمالاً به دلیل نقاط کمتر این بخش برای انجام آزمون است. با پیاده کردن الگوریتم استامپ بر روی داده‌های شرقی سال ۱۳۸۶ این الگوریتم نتایج بسیار ناامید کننده‌ای برای پیش‌بینی ترازهای عمق دارد و خطای RMSE ۲/۴۹ متر و ضریب همبستگی ۰/۴۳ نشان‌دهنده‌ی ضعف این الگوریتم در برآورد عمق آب‌های دارای ذرات رسوبی است.

۴. نتیجه‌گیری

از میان دو الگوریتمی که در آزمون عمق‌سنجی مورد بررسی قرار گرفتند، نتایج الگوریتم استامپ نشان می‌دهد که این الگوریتم به میزان غلظت کلروفیل در آب حساس است (هر چند مطالعات میدانی از کیفیت آب و همچنین مواد محلول در آن، در سال ۸۶ وجود ندارد، اما میزان بازتابندگی باندها در آن سال نشان دهنده‌ی وجود کلروفیل در آب است) و به همین دلیل نتایج این روش در سال ۸۶ قابل استناد نیست. اما نتایج الگوریتم لایزنگا نسبتاً خوب و قابل استناد برای آگاهی از شرایط دوره‌ای منطقه است.



شکل ۳: مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر پیش‌بینی شده در الگوریتم استامپ در قسمت شرقی.

- [1]- Alsubaie, N. M. (2012). The Potential of Using Worldview-2 Imagery for Shallow Water Depth Mapping, University of Calgary.
- [2]- Green, E. P., Mumby, P. J., Edwards, A. J., Clark, C. D., & Edwards, J. (2000). Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management; UNESCO.
- [3]- Stumpf, R.P., K. Holderied, and M. Sinclair, Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. Limnology and Oceanography, 2003. 48(1; NUMB 2): p. 547-556.
- [4]- Lyzenga, D. R. (1978). Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features. Applied optics, 17(3), 379-383.
- [5]- Lyzenga, D. R. (1985). Shallow-water bathymetry using combined lidar and passive multispectral scanner data. International Journal of Remote Sensing, 6(1), 115-125.

مخاطرات دریایی



بررسی چرخه زندگی گونه *Akashiwo sanguinea* (Dinophyceae) جدا شده

از رسوبات سواحل خلیج چابهار با پتانسیل تشکیل بلوم جلبکی مضر

عطاران فریمان گیلان، پرواز، الهام*

۱. زیست‌شناسی دریا، علوم دریایی، دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران

elhamparvaze@yahoo.com

چکیده

Akashiwo sanguinea از گونه‌های بدون پوشش و متعلق به داینوفلاژله‌ها می‌باشد این گونه پراکنش جهانی دارد و پتانسیل تشکیل شکوفایی جلبکی مضر را در مناطق ساحلی از آب‌های معتدله تا گرمسیری دارد. این گونه تأثیر منفی بر دیگر ارگانیسم‌ها و سلامت انسان دارد. *Akashiwo sanguinea* در طول چرخه‌ی زندگی سیستم در حال استراحت تولید می‌کند. تولید سیستم می‌تواند نقشی کلیدی در گسترش جغرافیایی داینوفلاژله‌ها و شروع شکوفایی جلبکی مضر ایفا کند. در این مطالعه، رسوبات از خلیج چابهار جمع‌آوری شد و تک سیستم‌ها از رسوبات جدا شدند و در ظرف حاوی محیط کشت تحت شرایط مناسب انکوبه شدند. مورفولوژی سیستم و سلول‌های پلانکتونی شکوفا شده مورد بررسی قرار گرفت. بررسی چرخه‌ی زندگی میکروجلبک‌ها، از جمله تولید سیستم آنها بسیار حائز اهمیت است و می‌تواند زمینه ساز تحقیقات بعدی باشد.

کلید واژه: خلیج چابهار، *Akashiwo sanguinea*، شکوفایی جلبکی مضر، سیستم

۱. مقدمه

۱-۱. شکوفایی جلبکی مضر

خلیج چابهار بزرگ‌ترین خلیج در ایران است که در حاشیه دریای عمان قرار گرفته و نزدیک‌ترین آبراه به اقیانوس هند است. این خلیج آب و هوایی گرمسیری دارد و بادهای مانسون زمستانه (NE) و تابستانه (SW) در این منطقه می‌وزند. هر ساله وقوع شکوفایی فیتوپلانکتونی از این منطقه در طول و همچنین پس از مانسون شمال شرق گزارش شده است. [۱] شکوفایی فیتوپلانکتون‌ها پدیده‌ای گذرا است و عمدتاً در مناطق ساحلی و دریاچه‌ها رخ می‌دهد. افزایش آلودگی آب‌های ساحلی به وسیله منابع شهری و کشاورزی، به ویژه مواد مغذی، موجب افزایش جهانی شکوفایی مضر فیتوپلانکتون در طول ۲۰ سال گذشته شده است. [۲] توسعه لایه‌های نازک فیتوپلانکتون در سطح آب می‌تواند اکولوژی ساحلی اقیانوس از جهات مختلفی مانند تغییر الگوی تولید اولیه، ساختار اجتماع پلانکتون‌ها و انتقال منابع غذایی تحت تأثیر قرار دهد. از بین رفتن زئوپلانکتون‌ها و لارو ماهی‌ها نیز از نتایج شکوفایی جلبکی مضر می‌باشد. [۳] شکوفایی جلبکی مضر، شکوفایی جلبکی که باعث اثر منفی بر روی دیگر ارگانیسم می‌شود و از طریق تولید سم طبیعی بالاتر از سطح مجاز باعث آسیب مکانیکی به ارگانیسم‌ها و دیگر منابع می‌شود. [۴]

۲-۱. داینوفلاژله‌ها

داینوفلاژله‌ها به عنوان دومین گروه غالب بعد از دیاتومه‌ها در آب‌های ساحلی یکی از مهم‌ترین گروه‌های میکروجلبک‌هایی هستند که دارای حدود ۲۰۰۰ گونه می‌باشند [۵] و در حدود ۲۰۰ گونه از آنها سیستم تولید می‌کنند و بیش از ۲۰ نوع از داینوفلاژله‌هایی که تولید سیستم می‌کنند موجب

شکوفایی جلبکی مضر می‌شوند. [۶] اکثر داینوفلاژله‌ها قادرند موقعیت خود را با شنا سریع تنظیم کنند. داینوفلاژله‌ها نسبتاً بزرگ هستند و می‌توانند سریع حرکت کنند و دارای ماهیت فتوتاکسی (نورگرایی) می‌باشند. [۷] برخی از داینوفلاژله‌ها علاوه بر مرحله‌ی حرکتی در طول چرخه‌ی زندگی‌شان سیست در حال استراحت^۱ (موقت) تولید می‌کنند. [۸] این سیست‌ها از لحاظ فزیولوژی و مورفولوژی از مراحل رویشی یا حرکتی متفاوت هستند. تولید resting cysts این امکان را فراهم می‌کند تا داینوفلاژله‌ها بتوانند شرایط نامساعد محیطی نظیر پیری، کمبود مواد غذایی و نوسان درجه‌ی حرارت را تحمل کنند. در مرحله‌ی تشکیل سیست فیتوپلانکتون دارای زندگی نهفته است که در طی آن سیست‌ها با کاهش متابولیسم می‌توانند در دمای خیلی کم یا زیاد، در شرایط فقدان اکسیژن یا وضعیت تاریکی زنده بمانند. [۹] ۳ تا ۱۶ درصد از داینوفلاژله‌های زنده، مرحله‌ی resting cysts بعنوان بخشی از چرخه‌ی جنسی‌شان می‌باشد. [۱۰] از سوی دیگر داینوفلاژله‌ها قادر به تولید سیست موقت هستند که مرحله‌ی نهفته نیست و یک دوره نسبتاً کوتاه بین مراحل بنتیک و پلانکتونیک می‌باشد. [۱۱] سیست‌های در حال استراحت اهمیت اکولوژیکی قابل توجهی برای گونه‌های تولید کننده سیست دارند و تضمین کننده بقا، کمک کننده به پراکندگی، تامین کننده منبع تنوع ژنتیکی و گسترش دهنده شروع شکوفایی می‌باشند. پس از تشکیل سیست، سیست‌ها در رسوبات بستر رسوب می‌کنند و برای ماه‌ها، سال‌ها و حتی بیش از یک قرن زنده باقی می‌مانند. سیست‌ها نماینده‌ای از جمعیت‌های پلانکتونی می‌باشند و در نتیجه ابزار ارزشمندی برای افزایش دانش ما در مورد توزیع و پراکنش داینوفلاژله‌ها هستند و مشکلات مربوط به ناپایداری جمعیت‌های فیتوپلانکتون را تحت تاثیر قرار می‌دهند. [۱۲] داینوفلاژله *Akashiwo sanguinea* متعلق به گونه‌ی *Akashiwo* و یک جنس از داینوفیتاهای بدون پوشش (زره) می‌باشد. *Akashiwo sanguinea* یک پلانکتون با گسترش جهانی، که قادر به زندگی در آب‌هایی با شوری متفاوت و درجه حرارت متفاوت می‌باشد و معمولاً در مناطق ساحلی و مصبی با محدوده آب و هوایی گرمسیری تا معتدله یافت می‌شود. [۱۳]

۲. مواد و روش‌ها

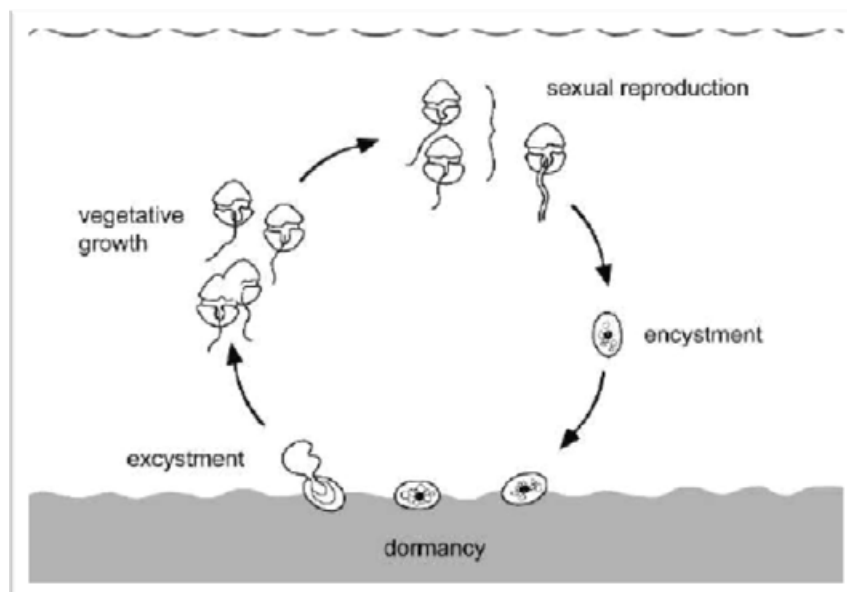
در این مطالعه، نمونه رسوب از خلیج چابهار (زمستان و بهار ۹۶) با استفاده از Van Veen Grab با سطح جمع‌کنندگی ۰,۰۲۹ متر مربع از منطقه‌ی کنارک از عمق ۲ تا ۲۰ متر جمع‌آوری شد و سپس توسط بطری‌های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل گردید. به منظور جداسازی سیست‌های داینوفلاژله، ۲ تا ۳ گرم از رسوب با آب دریا مخلوط گردید و به مدت ۲ دقیقه در دستگاه Homogenizer هموژن گردید. سپس رسوبات را به ترتیب از الک ۲۵ میکرون و ۱۲۵ میکرون عبور داده و میزان رسوب باقی مانده را با مقداری آب دریا به پتری دیش منتقل و سیست داینوفلاژله *A. sanguinea* توسط میکروسکوپ اینورت مدل Eclipse TS100 Nikon شناسایی گردید. سیست انفرادی در شرایط کاملاً استریل درون پلیت‌های ۵۰ سی سی که حاوی محیط کشت F2 در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، فشار ۱ اتمسفر، رطوبت ۲۵ و شوری ۳۵ psu کشت داده شد. برنامه نوری بصورت ۱۲:۱۲ تنظیم شد و بطور روزانه پلیت‌های حاوی سیست چک شدند. با استفاده از میکروسکوپ اینورت مدل Eclipse TS100 Nikon از سلول‌های شکوفا شده این گونه عکس برداری شد و شناسایی و بررسی مورفولوژیکی این گونه انجام شد. [۱۴]

۳. نتایج

سیست گونه *Akashiwo sanguinea* بعد از سه ماه دوره نهفتگی به صورت پلانکتون در درون پلیت مشاهده گردید. بررسی مورفولوژی استرین خالص شده گونه را در جنس *Akashiwo* قرار داد که متعلق به شاخه‌ی Miozoa و رده Gymnodiniales می‌باشد و در گروه Dinophyceae طبقه‌بندی می‌شود. اگرچه *Akashiwo sanguinea* با تولید سم در ارتباط نیست اما شکوفایی این گونه با کاهش اکسیژن محلول، مرگ و میر ماهی و صدف در بخش‌های مختلف جهان در ارتباط است. [۱۵] برای مثال شکوفایی این گونه بشدت برای اویستر بالغ و نابالغ و لارو آن سمی می‌باشد. [۱۶] *Akashiwo sanguinea* سلول‌های پلی مورفیک ایجاد می‌کند و به شکل پنج ضلعی می‌باشد و دارای اپی تکا مخروطی و هاپیو تکا دو قسمتی می‌باشد. اپی تکا و هاپیو تکا این گونه تقریباً طولی برابر با گیردل (شیار) مارپیچی بزرگ آن دارند که ۰,۲ برابر طول سلول حرکت می‌کند. شیار این گونه به داخل اپی تکا کشیده نمی‌شود اما به داخل هاپیو تکا می‌رسد. حفره اپیکالی این گونه حاوی کلروپلاست‌های

^۱ Resting cyst

متماایل به رنگ زرد و سبز متعددی می‌باشد که در ردیف‌های شعاعی از مرکز سلول توزیع شده‌اند. طول این گونه ۳۰ تا ۳۵ میکرو متر و عرض آن ۲۵ تا ۲۹ میکرو متر می‌باشد. سطح مقطع آن بصورت پستی شکمی فشرده یا دایره‌ای می‌باشد و محدوده رنگی این سلول‌ها از با رنگدانه تا بی رنگ یا زرد کم رنگ می‌باشد. [۱۷] مورفولوژی، تولید و جوانه زنی سیست در حال استراحت *Akashiwo sanguinea* نشان داد که *Akashiwo sanguinea* می‌تواند طی چرخه‌ی جنسی سیست در حال استراحت تولید بکند و این سیست طی ۱ هفته تا ۳ ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد ممکن است تبدیل به یک سلول رویشی با ۲ فلاژلا طولی گردد. (شکل ۱) کشت فیتوپلانکتون می‌تواند نقش مهمی در پیشبرد پژوهش‌های میکروبیولوژی، بیولوژی و فایکولوژی داشته باشد علاوه بر این در بررسی شکوفایی جلبکی مضر *Akashiwo sanguinea*، شناسایی ملکولی این گونه و همچنین مطالعه سموم آن، نیاز به خالص سازی و کشت این فیتوپلانکتون امری ضروری است.



شکل ۳: چرخه‌ی زندگی داینوفلاژله *Akashiwo sanguinea*

منابع

- [۱] عطاران فریمان، گ.، نورزایی، ص.، جعفری، ح.، (۱۳۹۲) نقش ویژگی‌های رسوب بر فراوانی و تنوع سیست داینوفلاژلا در خلیج چابهار، مجله علمی-پژوهشی زیست‌شناسی دریا / دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شماره ۲۰، ۲۲.
- [2] Nehring, S. (1993), Mechanisms for recurrent nuisance algal blooms in coastal zones: resting cyst formation as life-strategy of dinoflagellates. *Proceedings of the International Coastal Congress on Interdisciplinary Discussion of Coastal Research and Coastal Management Issues and Problems, Kiel Lang, Frankfurt*, 454-467.
- [3] Ryan, J.P., McManus, M.A., Paduan, J.D., Chavez, F.P. (2008), Phytoplankton thin layers caused by shear in frontal zones of a coastal upwelling system. *Marine Ecology Progress Series*, 354: 21-34, 2008
- [4] Pal, R. and Choudhury, A. K. (2014), An Introduction to Phytoplanktons: Diversity and Ecology, *Springer*. 1, 26
- [۵] عطاران فریمان، گ.، نورزایی، ص.، جعفری، ح.، (۱۳۹۲) نقش ویژگی‌های رسوب بر فراوانی و تنوع سیست داینوفلاژلا در خلیج چابهار، مجله علمی-پژوهشی زیست‌شناسی دریا / دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، شماره ۲۰، ۲۲.

- [6]- Tang, Y. Z. and Gobler, C. J. (2015), Sexual resting cyst production by the dinoflagellate *Akashiwo sanguinea*: a potential mechanism contributing to the ubiquitous distribution of a harmful alga, *Journal of phycology*, **51**(2):298-309.
- [7]- Pal, R. and Choudhury, A. K. (2014), *An Introduction to Phytoplanktons: Diversity and Ecology*, Springer, 1, 26.
- [8]- Mertens, K. N. *et al.*, (2013), A New Heterotrophic Dinoflagellate from the North-eastern Pacific,
- [9]- Attaran-Fariman, G. *et al.*, (2011), The cyst-motile stage relationship of three *Protoperidinium* species from south-east coast of Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **10**(1):1-12.
- [10]- Mertens, K. N. *et al.*, (2015), Cyst-theca relationship of a new dinoflagellate with a spiny round brown cyst, *Protoperidinium lewisiae* sp. nov., and its comparison to the cyst of *Oblea acanthocysta*. *Phycological Research*, **63**(2):110-124.
- [11]- Attaran-Fariman, G. *et al.*, (2011), The cyst-motile stage relationship of three *Protoperidinium* species from south-east coast of Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **10**(1):1-12.
- [12]- Satta, C. T. *et al.*, (2014), Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments from three shallow Mediterranean lagoons (Sardinia, North Western Mediterranean Sea). *Estuaries and coasts*, **37**(3):646-663.
- [13]- Koenig, M. *et al.*, (2014), New record of *Akashiwo sanguinea* (Dinophyta) in the tropical estuarine waters of Northeastern Brazil (Western Atlantic). *Brazilian Journal of Biology*, **74**(1):191-198.
- [14]- Attaran-Fariman, G. and Bolch, C. (2012), Morphology and phylogeny of *scrippsiella trochoidea* (dinophyceae) a potentially harmful bloom forming species isolated from the sediments of Iran's south coast. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **11**(2):252-270.
- [15]- Koenig, M. *et al.*, (2014), New record of *Akashiwo sanguinea* (Dinophyta) in the tropical estuarine waters of Northeastern Brazil (Western Atlantic). *Brazilian Journal of Biology*, **74**(1):191-198.
- [16]- Tang, Y. Z. and Gobler, C. J. (2015), Sexual resting cyst production by the dinoflagellate *Akashiwo sanguinea*: a potential mechanism contributing to the ubiquitous distribution of a harmful alga. *Journal of phycology*, **51**(2):298-309.
- [17]- Koenig, M. *et al.*, (2014), New record of *Akashiwo sanguinea* (Dinophyta) in the tropical estuarine waters of Northeastern Brazil (Western Atlantic). *Brazilian Journal of Biology*, **74**(1):191-198.



مقایسه روش‌های همگون سازی داده‌ها برای اصلاح نوسانات تراز

سطح آب ناشی از تغییرات باد و فشار هوا

افشار کاوه، نغمه^{۱*}، قاهری، عباس^۱، چگینی، وحید^۲، نظرعلی، مصطفی^۳

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۲. سازمان شیلات کشور، تهران، ایران

۳. گروه مهندسی سواحل و بنادر، مهندسین مشاور پویا طرح پارس، تهران، ایران

afshar_n@iust.ac.ir

چکیده

در مناطق ساحلی خیزاب ناشی از باد و فشار هوا اصلی‌ترین عامل تلفات جانی و تخریب در زمان وقوع یک توفان بوده و تاثیر آن حتی مخرب‌تر از بادهای و بارش‌های شدید است. لذا هر چه بتوان مکانیزم ایجاد نوسانات سطح آب ناشی از عوامل هواشناسی را با دقت بیشتری مطالعه نمود، می‌توان سامانه‌های هشدار بهتری را برای پیشگیری از وقوع حوادث ناگوار ایجاد کرد. در این تحقیق نوسانات سطح متوسط دریا در محدوده خلیج فارس با استفاده از یک مدل عددی شبیه سازی شده است. با جداسازی نوسانات جزرومدی از نوسانات غیر جزرومدی (شامل نوسانات ناشی از باد و فشار هوا)، مشخص شد که مدل هیدرودینامیک در شبیه سازی نوسانات اخیر از دقت خوبی برخوردار نیست که می‌تواند به دلیل شرایط مرزی تقریبی و سایر پارامترهای ورودی غیر دقیق باشد. به منظور بهبود پیش بینی های مدل عددی، از روش همگون سازی داده های استفاده شده است. در این روش نتایج پیش بینی مدل عددی به نحوی با اندازه گیری های میدانی تلفیق می شوند که بتوان به پیش بینی دقیق تری از نوسانات تراز سطح آب دست یافت. چهار رویکرد مختلف همگون سازی داده ها مورد بررسی قرار گرفته است که شامل درون یابی خطی، روش Cressman، روش Barnes و روش درون یابی بهینه می باشند. تفاوت بین روش های مذکور در تابع وزن به کار رفته در هر کدام از آنها می باشد. با به کار گیری روش های فوق، نوسانات غیر جزرومدی تراز سطح آب در دو ایستگاه ترازسنجی به نام های لاور و جوادالائم به بهبود داده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که از میان روش های مذکور، روش Barnes که در حقیقت یک روش درون یابی نمایی می باشد، از دقت بالاتری برای بهبود پیش بینی نوسانات تراز سطح آب ناشی از تغییرات باد و فشار هوا برخوردار است.

کلید واژه: خلیج فارس، تراز سطح آب، همگون سازی داده ها، باد، فشار هوا

مقدمه

در مناطق ساحلی خیزاب ناشی از باد و فشار هوا اصلی‌ترین عامل تلفات جانی و تخریب در زمان وقوع یک توفان بوده و تاثیر آن حتی مخرب‌تر از بادهای و بارش‌های شدید است. لذا هر چه بتوان مکانیزم ایجاد نوسانات سطح آب ناشی از عوامل هواشناسی را با دقت بیشتری مطالعه نمود، می‌توان سامانه‌های هشدار بهتری را برای پیشگیری از وقوع حوادث ناگوار ایجاد کرد.

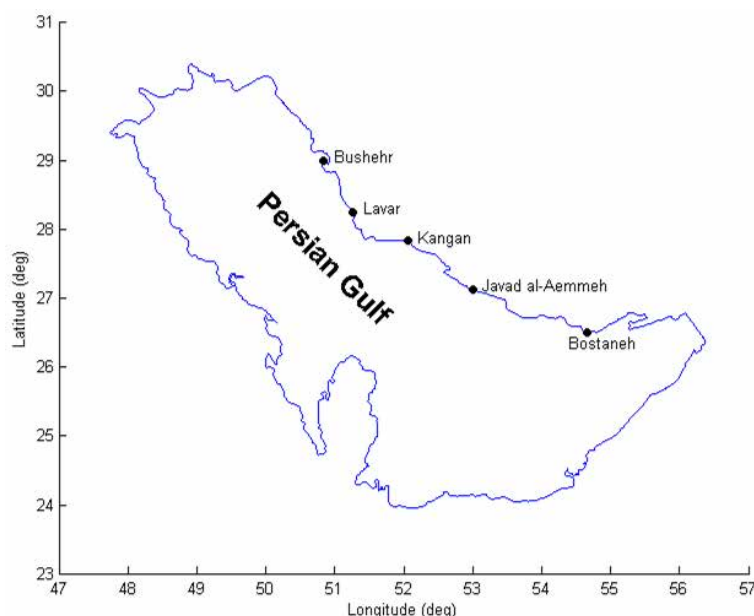
در مورد محاسبه نوسانات تراز آب ناشی از باد و فشار هوا، روش‌های تجربی بسیار ساده و سریعی وجود دارند که اکثراً دقت پائینی دارند. از سوی دیگر مدل‌های عددی هیدرودینامیک به‌عنوان ابزاری مطمئن و جامع در مقایسه روش قبل محسوب می‌شوند؛ که البته آنها نیز هنوز به‌عنوان ابزاری بدون خطا به‌شمار نرفته و به دلایل مختلفی از جمله تقریب‌های به‌کار رفته در حل معادلات، شرایط اولیه و مرزی تقریبی، منجر به نتایج دقیقی نمی‌شوند. بنابراین نیاز است که نتایج آنها بر اساس مقادیر واقعی پارامتر یا پارامترهای هدف اصلاح شوند. یکی از روش‌های موجود برای انجام این کار، اصلاح نتایج مدل عددی بوسیله ترکیب آنها با اندازه‌گیری‌های میدانی است که همگون‌سازی داده‌ها نامیده می‌شود. در این تحقیق سعی می‌شود ضمن مطالعه انواع نوسانات تراز سطح آب در خلیج فارس، با استفاده از ابزار مدلسازی عددی، مقادیر نوسانات تراز سطح آب ناشی از باد و فشار هوا در کل محدوده مطالعاتی به‌صورت دقیقی پیش‌بینی شود. در این راستا از روش‌های موجود همگون‌سازی داده‌ها استفاده شده و مناسب‌ترین روش برای اصلاح نوسانات غیرجزرومدی تراز سطح آب پیشنهاد می‌گردد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، خلیج فارس بوده که در حد فاصل عرض جغرافیایی $23^{\circ}8'$ تا $30^{\circ}7'$ درجه و طول جغرافیایی $47^{\circ}6'$ تا $56^{\circ}5'$ درجه واقع شده است. این بدنه آبی از طریق تنگه هرمز در سمت شرق خود با آب‌های آزاد شامل دریای عمان و سپس اقیانوس هند متصل است. عمق حداکثر این خلیج در حدود ۹۰ متر است، اما در تنگه هرمز عمق آن به بیش از ۱۰۰ متر نیز می‌رسد.

در این تحقیق از چند دسته اطلاعات عمق سنجی استفاده شده است که شامل چارت‌های دریایی تولید شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه‌های هیدروگرافی در نزدیکی بنادر و سازه‌های ساحلی، و داده‌های ETOPO1 با تفکیک مکانی یک دقیقه هستند. داده‌های باد و فشار هوا نیز اطلاعات ECMWF ERA INTERIM با تفکیک مکانی 0.25° درجه و گام زمانی ۶ ساعت هستند. داده‌های ثبت شده پنج ایستگاه موقت تراز سنجی در حاشیه شمالی خلیج فارس نیز از سازمان نقشه‌برداری کشور و سازمان بنادر و دریانوردی اخذ و به کار گرفته شده‌اند (شکل ۱).



شکل ۱: محدوده جغرافیایی خلیج فارس و موقعیت ایستگاه‌های ترازسنجی

۳. نتایج

۳-۱. شبیه‌سازی هیدرودینامیک

مدل عددی به کار رفته مدل FVCOM است که یک مدل سطح آزاد سه‌بعدی به شمار می‌رود [1]. این مدل به منظور شبیه‌سازی بسترهای نامنظم دریا از سیستم مختصات سیگما در بعد قائم استفاده می‌کند و در پلان برای لحاظ کردن خطوط ساحل پیچیده از سامانه‌های نامنظم مثلثی بهره می‌برد. تحلیل حساسیت نشان داد که پارامترهای ضریب اصطکاک بستر و ارتفاع زبری بستر دریا بر روی مقادیر تراز سطح آب نقش مهمی دارند. همچنین شبکه محاسباتی با 16086 المان و 9379 گره محاسباتی در اجرای مدل هیدرودینامیک استفاده شده است. پس از انجام کالیبراسیون مدل عددی، در نقاطی که ایستگاه‌های جزرومد سنجی در آنها واقع شده بود، مقایسه تراز آب شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده صورت گرفت. مطابق با این مقایسه ابتدا به نظر می‌رسید که مدل توانایی نسبتاً خوبی برای شبیه‌سازی نوسانات تراز سطح آب دارد، اما پس از جداسازی بخش جزر و مدی از نوسانات غیر جزرومدی ناشی از عوامل هواشناسی (شامل باد و فشار هوا) با کمک تحلیل هارمونیک، مشاهده شد که نتایج شبیه‌سازی تراز غیر جزرومدی سطح آب، دارای تفاوت‌های زیادی با مقادیر اندازه‌گیری است.

۳-۲. اصلاح نتایج مدل در نقاط دارای داده اندازه‌گیری میدانی

یکی از روش‌های اصلاح نتایج مدل که شبکه عصبی مصنوعی نام دارد، در این مرحله به کار گرفته شده و دقت مدل در پیش‌بینی تراز سطح آب بالاتر می‌رود. در مورد پیش‌بینی نوسانات تراز غیر جزرومدی سطح آب بر اساس مطالعه افشار کاوه و همکاران، 2016 [2]، متغیرهای موثر در این نوسانات شامل مقادیر سرعت باد در دو جهت، مدت تداوم وزش باد، نوسانات فشار هوا، مقدار نوسانات تراز آب پیش‌بینی شده توسط مدل عددی هستند. لذا بر اساس پارامترهای ورودی مذکور، مقدار تراز سطح آب غیر جزرومدی در ایستگاه‌های بوشهر، کنگان و بستانه بهبود داده می‌شوند. هدف از انجام این کار تولید داده‌های تراز آب برای زمان‌هایی است که اندازه‌گیری‌های میدانی در این نقاط وجود ندارد. شاخص‌های آماری حاصل از اعمال روش شبکه عصبی مصنوعی در سه ایستگاه تراز سنجی بوشهر، کنگان و بستانه نشان داد که این ابزار توانایی زیادی در زمینه بهبود نتایج مدل هیدرودینامیک دارد. به طوری که به عنوان مثال در ایستگاه بوشهر میزان ضریب همبستگی در مرحله آموزش شبکه از 0.75 به 0.97 افزایش یافت و متوسط مجذور مربع خطاها نیز از $7/5$ سانتیمتر به حدود $2/6$ سانتیمتر کاهش یافت. در دو ایستگاه دیگر شامل کنگان و بستانه نیز بهبود زیاد نتایج مشاهده شد. اگرچه استفاده از این روش به خوبی توانسته نتایج مدل هیدرودینامیک را بهبود ببخشد، اما این بهبود تنها در نقاط دارای اندازه‌گیری‌های میدانی صورت گرفته و همچنان در سایر نقاط محدوده محاسباتی، خطای پیش‌بینی مدل هیدرودینامیک بسیار بالا می‌باشد. لذا نیاز است که به روش همگون‌سازی داده‌ها، این اصلاح در سایر نقاط انجام شود.

۳-۳. اعمال روش‌های همگون‌سازی داده‌ها

به‌طور کلی روش‌های همگون‌سازی داده‌ها را می‌توان به چهار دسته کلی تقسیم‌بندی مختلف نمود که شامل اصلاح داده‌های ورودی مدل، اصلاح متغیرهای حالت، اصلاح پارامترهای مدل و اصلاح متغیرهای خروجی مدل هستند [3]. در این تحقیق روش آخر مورد استفاده قرار گرفته است. فرمول پایه روشهای مورد بررسی در این تحقیق به صورت معادله شماره ۱ می‌باشد که در آن X_a مقدار اصلاح شده تراز آب پس از اعمال روش همگون‌سازی است، X_f حدس اولیه مدل عددی در گره هدف، $X_{f,k}$ مقدار نتیجه مدل در نقطه دارای اندازه‌گیری میدانی، $X_{o,k}$ مقدار اندازه‌گیری شده (و یا نتیجه حاصل شده از شبکه عصبی مصنوعی) و $E_{predicted}$ خطای مدل در گره مورد نظر است. K نیز که با عنوان تابع وزن یا ماتریس بهره نامیده می‌شود، نشان‌دهنده میزان و نحوه تأثیرپذیری گره مدل از نقاط مشاهداتی اطراف خود است.

$$\begin{cases} X_a = X_f + E_{\text{predicted}} \\ E_{\text{predicted}} = K \cdot (X_{o,k} - X_{f,k}) \end{cases} \rightarrow X_a = X_f + K \cdot (X_{o,k} - X_{f,k}) \quad (1)$$

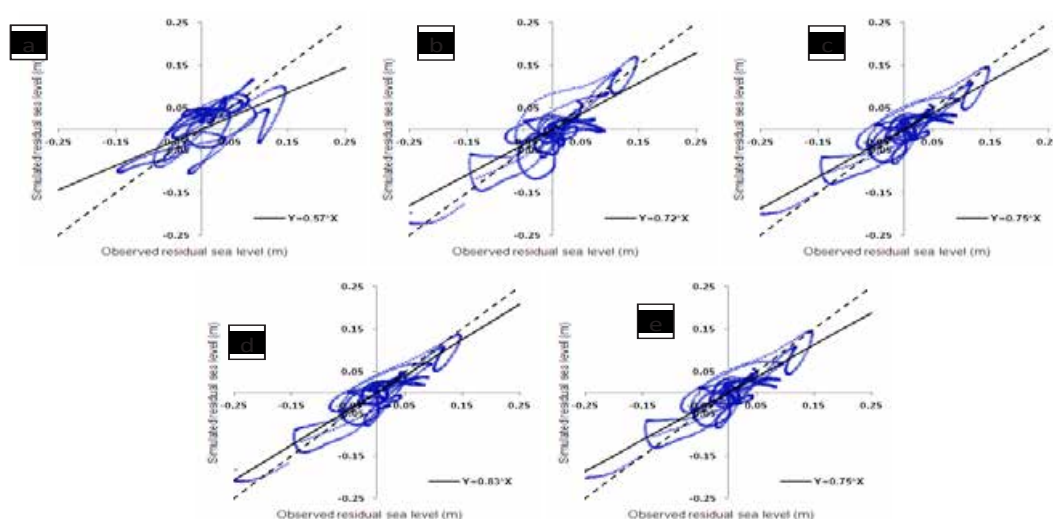
روش‌های همگون سازی مورد بررسی در این تحقیق شامل روش درون‌یابی خطی، روش Cressman، روش Barnes و روش درون‌یابی بهینه هستند [4]. در این مطالعه از میان پنج ایستگاه ترازسنجی، سه ایستگاه به‌عنوان ایستگاه‌های مرجع در نظر گرفته شده (ایستگاه‌های بوشهر، کنگان و بستانه) و از داده‌های دو ایستگاه دیگر برای کنترل میزان کارایی روش‌های همگون سازی استفاده می‌شود. با توجه به تعداد ایستگاه‌های مشاهداتی فرمول شماره ۱ به صورت زیر در می‌آید.

$$X_a = X_f + \frac{\sum_{k=1}^3 a'_k (X_{o,k} - X_{f,k})}{\sum_{k=1}^3 a'_k} \quad (2)$$

که a'_k به‌عنوان تابع وزن در روش‌های مختلف دارای فرمول‌های مختلفی می‌باشد. به‌عنوان مثال در روش درون‌یابی خطی به‌صورت $a'_k = \frac{1}{r_k}$ است که r_k فاصله نقطه مشاهداتی تا گره هدف است. در روش Cressman تابع وزن به صورت توانی است و به‌صورت معادله شماره ۳ تعریف می‌شود که در آن d به عنوان شعاع تاثیر تعریف می‌گردد.

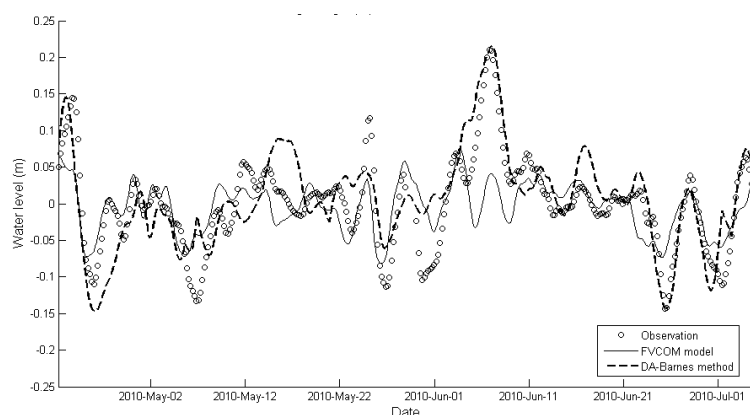
$$a'_k = \begin{cases} \frac{d^2 - r_k^2}{d^2 + r_k^2} & , \text{for } \dots r_k^2 < d^2 \\ 0 & , \text{for } \dots r_k^2 \geq d^2 \end{cases} \quad (3)$$

در روش Barnes تابع وزن به‌صورت نمایی به‌صورت $a'_k = \exp\left(-\left(\frac{r_k}{2d}\right)^2\right)$ تعریف می‌شود. در روش درون‌یابی بهینه وزن‌های متناظر با هر کدام از نقاط اندازه‌گیری طوری محاسبه می‌شوند که میزان خطای کل فرایند همگون سازی در گره‌های محاسباتی مدل به حداقل برسد. در این مطالعه مقدار بهینه شعاع تاثیر پس از انجام صحت سنجی‌های اولیه برابر با دو درجه جغرافیایی انتخاب شده است. حال هر کدام از روش‌های فوق به ترتیب برای اصلاح نتایج تراز آب در ایستگاه لاور به مدت ۵۵ روز بین تاریخ ۲۴ ژوئن تا ۱۹ آگوست ۲۰۱۰ انتخاب شده است. با استفاده از فرمول‌های فوق می‌توان تراز آب اصلاح شده در ایستگاه لاور را به ازای هر کدام از روش‌های همگون سازی محاسبه نمود. در ادامه نمودار پراکنش تراز آب اصلاح شده، نمایش داده می‌شود (شکل ۲). بر اساس این شکل مشاهده می‌شود که این روش‌ها بسته به نوع معادلات پایه آنها، تا حد بسیار مناسبی توانسته‌اند مقادیر سطح آب را اصلاح کنند.



شکل ۲: نمودار پراکنش تراز غیرجزرومدی سطح آب در ایستگاه لاور با استفاده از روش‌های (a) مدل‌سازی هیدرودینامیک، (b) درون‌یابی خطی، (c) روش Cressman، (d) روش Barnes و (e) روش درون‌یابی بهینه

نمودارهای فوق بیانگر این هستند که به‌طور کلی مدل عددی هیدرودینامیک، مقادیر تراز آب را دست پائین برآورد کرده است و روش‌های همگون‌سازی داده‌ها توانسته‌اند آنها را بهبود دهند. در این شکل مشاهده می‌شود که روش Barnes به‌طور کلی در اصلاح مقادیر تراز آب بهتر از سایر روش‌ها عمل کرده است. ضریب همبستگی بین مقادیر حاصل از مدل عددی با داده‌های مشاهداتی در ایستگاه لاور برابر با $0/66$ بوده که با به‌کارگیری رویکردهای مختلف، شاخص خطا به $0/77$ تا $0/86$ رسیده است. بیشترین میزان بهبود نیز مربوط به روش Barnes بوده که بیشتر از 20 درصد است. جذر میانگین مربعات خطا نیز با استفاده از روش مذکور به کمتر از 3 سانتیمتر تقلیل پیدا کرده است. در مورد ایستگاه جوادالائمه نیز این مراحل انجام شده است. در این ایستگاه، در ابتدا مدل هیدرودینامیک توانسته بود با ضریب همبستگی حدود $0/65$ ، نوسانات تراز آب را پیش‌بینی کند که پس از همگون‌سازی با رویکرد درون‌یابی خطی، این ضریب با حدود $0/78$ رسید و توسط بهترین رویکرد یعنی روش Barnes این مقدار به نزدیک $0/86$ افزایش پیدا کرد. در این ایستگاه نیز روش Barnes دارای برتری نسبی در مقایسه با دیگر روش‌ها است. در شکل ۳ نمودار سری زمانی تراز آب محاسبه شده به کمک روش Barnes به‌طور جداگانه ترسیم شده است.



شکل ۳: سری زمانی نوسانات غیرجزرومدی تراز سطح آب اصلاح شده در ایستگاه جوادالائمه با استفاده از روش Barnes

بنا بر ارزیابی صورت گرفته از روش‌های مختلف همگون‌سازی داده‌ها، مشخص شد که روش Barnes که در حقیقت یک نوع رابطه درون‌یابی نمایی به شمار می‌رود، نسبت به دیگر روش‌های همگون‌سازی موجود، به نحو بهتری می‌تواند تراز سطح را اصلاح کند.

۴. نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق شبیه‌سازی نوسانات تراز متوسط سطح آب ناشی از باد و فشار هوا در خلیج فارس بوده است. از آنجائیکه مدل‌های عددی هیدرودینامیک در این زمینه دارای مقداری خطا می‌باشند، می‌بایست از روش‌های دیگر این نقصان را جبران کرد. در ابتدا با استفاده از مدل عددی FVCOM به شبیه‌سازی نوسانات تراز سطح آب پرداخته شد. سپس با جداسازی نوسانات جزرومدی از نوسانات غیر جزرومدی به کمک تحلیل هارمونیک، اینطور نتیجه‌گیری شد که مدلسازی هیدرودینامیک دارای دقت کافی نبوده است. از اینرو برای بهبود نتایج بدست آمده از مدل از روش‌های مختلف همگون‌سازی داده‌ها استفاده شد تا به نحوی نتایج مدل عددی با اندازه‌گیری‌های میدانی تلفیق شده و پیش‌بینی نوسانات غیرجزرومدی در محدوده محاسباتی بهبود یابد. روش‌های همگون‌سازی مورد بررسی شامل روش درون‌یابی خطی، روش Cressman، روش Barnes و روش درون‌یابی بهینه بوده‌اند. اعمال روش‌های مذکور برای اصلاح نتایج شبیه‌سازی تراز غیر جزرومدی آب در دو ایستگاه لاور و جوادالائمه نشان داد که از میان روش‌های فوق، روش Barnes توانایی بیشتری برای بهبود پیش‌بینی‌ها دارد.

منابع

- [1] Chen, C.; Beardsley, R.C., Cowles, G. (2006). An Unstructured Grid, Finite-Volume Coastal 3 Ocean Model: FVCOM User Manual. New Bedford, Massachusetts, University of Massachusetts Dartmouth, 315p.
- [2] Afshar-Kaveh, N., Ghaheri, A., Chegini, V., Nazarali, M., (2016). Application of a Hybrid Approach for Tide-Surge Modeling in the Persian Gulf. *Journal of Coastal Research*, Vol. 32, Issue 5, 1126 – 1134.
- [3] Refsgaard, J.C., (1997). Validation and intercomparison of different updating procedures for real-time forecasting, *Hydrology Research*, Vol. Vol. 28, No. 2, 65-84.

[۴] افشار کاوه، نغمه، (۱۳۹۵). پیش‌بینی تراز سطح آب ناشی از تغییرات باد و فشار هوا در خلیج فارس، رساله دکتری، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۲۰۳

صفحه.

هواشناسی دریا



مدل سازی سطح مقطع راداری برای تفسیر باد ارتفاع سنجی ماهواره‌ای در مناطق ساحلی

فرجامی، حسین^۱، پاول گالوپکین^۲، برتراند شاپرون^۳

۱. پژوهشکده علوم جوی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
۲. آزمایشگاه اقیانوس‌شناسی ماهواره‌ای، دانشگاه دولتی هیدرومتروولوژی روسیه (RSHU)، سنت پترزبورگ، روسیه
۳. موسسه فرانسوی تحقیقاتی بهره‌برداری از دریا (IFREMER)، Plouzané، فرانسه
hfarjami@gmail.com

چکیده

در اندازه‌گیری آلتیمتری ماهواره‌ای با استفاده از سطح مقطع راداری ارتفاع موج شاخص و سرعت باد سطحی تخمین زده می‌شود. از آنجا که در مناطق ساحلی باد آلتیمتری استاندارد دارای خطا بوده بنابراین لازم است تصحیحاتی روی الگوریتم باد صورت پذیرد. در این تحقیق با استفاده از مدل‌سازی سطح مقطع راداری نشان داده شده است که سرعت باد حاصل از اندازه‌گیری آلتیمتری در مناطق ساحلی دارای خطا بوده و روشی برای تصحیح باد پیش‌نهاد گردیده است. در این روش، برای مدل‌سازی سطح مقطع راداری از پارامتر رشد موج و ارتفاع موج شاخص بی بعد با طول بادگیر محدود در مناطق ساحلی استفاده می‌شود. روش ارایه شده در این مطالعه می‌تواند در زمینه بهبود اندازه‌گیری آلتیمتری ماهواره‌ای در مناطق ساحلی مورد استفاده قرار گیرد

کلید واژه‌ها: سطح مقطع راداری، باد سطحی، ارتفاع سنجی ماهواره‌ای، مناطق ساحلی

۱. مقدمه

ارتفاع سنجی ماهواره‌ای، علاوه بر تخمین ارتفاع سطح آب این امکان را نیز فراهم می‌کند که بتوانیم به‌طور هم‌زمان ارتفاع موج شاخص و سطح مقطع راداری را اندازه‌گیری نماییم. سطح مقطع راداری^۱ تحت تاثیر حالت زبری سطح دریا می‌باشد [۱]. در بیشتر مشاهدات و آنالیزهای ماهواره‌ای، بخاطر حساسیت فرکانس‌های مختلف به ترکیبات جوی از دو باند فرکانسی متفاوت برای اندازه‌گیری ارتفاع سنجی ماهواره‌ای استفاده می‌کنند [۲ و ۳]. گوریئون و هم‌کاران در سال ۲۰۰۲ برای تخمین ارتفاع موج شاخص از دو باند فرکانسی C و Ku ماهواره TOPEX استفاده نمودند و روشی را جهت تفکیک امواج بلند از امواج کوتاه با استفاده از سطح مقطع راداری پیشنهاد دادند [۴]. اندازه‌گیری دو باند فرکانسی ارتفاع سنجی ماهواره‌ای می‌تواند جهت تخمین بهتر ارتفاع امواج کوتاه که در ارتباط مستقیم با فرایندهای فیزیکی هوا-دریا، از جمله باد محلی و نسبت مبادلات گازی در امتداد سطح دریا قرار دارد، مورد استفاده قرار گیرد [۵]. ایلفوهیلی و هم‌کاران در سال ۱۹۹۸ اولین بار روشی جهت تخمین سرعت باد سطحی (U_{10}) از ترکیب خطی اندازه‌گیری سطح مقطع راداری باند فرکانسی Ku و C برای داده‌های اندازه‌گیری ارتفاع سنجی TOPEX پیش‌نهاد دادند. آن‌ها نشان دادند اندازه‌گیری دوباند فرکانسی این امکان را فراهم می‌کند که به‌توان سرعت اصطکاکی را برای سرعت‌های باد بالاتر از ۷ متر بر ثانیه را در اندازه‌گیری ارتفاع سنجی بهبود داد [۳]. سپس نتایج به‌دست آمده را با داده‌های اندازه‌گیری

¹- Radar Cross Section

بویه مقایسه نمودند و ثابت کردند برای به‌دست آوردن سرعت باد از طریق دو باند فرکانسی بهتر از استفاده از تک فرکانس در ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای می‌باشد [۴].

در این تحقیق با استفاده از سطح مقطع راداری دو باند فرکانسی و ارتفاع موج اندازه‌گیری شده توسط ماهواره و مدل سازی آن‌ها به بررسی دقت اندازه‌گیری سرعت باد و اطلاعات وضعیت سطحی دریا در مناطق ساحلی بویژه در اقیانوس هند پرداخته شده است. برای این منظور از داده‌های ارتفاع سنجی Surface Topography Mission (OSTM)/Jason-2 and Jason-1 استفاده می‌شود. در مناطق ساحلی از ارتباط بین ارتفاع موج شاخص اندازه‌گیری شده توسط ارتفاع سنجی ماهواره‌ای و سطح مقطع راداری، می‌توان رشد موج را با افزایش طول بادگیر^۲ تفسیر نمود [۶].

۲. مواد و روش‌ها

ماهواره Ocean Surface Topography Mission (OSTM)/Jason-2 در سال ۲۰۰۸، طی عملیاتی بین سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات متحده آمریکا (NASA)، مرکز ملی مطالعات فضایی فرانسه (CNES) و اداره‌ی ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده آمریکا (NOAA) جهت ادامه اندازه‌گیری پارامترهای اقیانوسی جهت عملیاتی‌نمودن مدل‌های عددی و پیش‌بینی‌های جوی و اقیانوسی به فضا ارسال شد [۷]. ابزار اصلی روی این ماهواره، Poseidon-3 می‌باشد که راداری دو فرکانسی با باند Ku (13.575 GHz) و باند C (5.3 GHz) است. زمان تکرار اندازه‌گیری آن 9.9156 روز با نمونه فرکانس‌های ۱ هرتز و ۲۰ هرتز می‌باشد (<http://www.aviso.altimetry.fr/>). در این ماهواره دومین باند فرکانسی جهت تصحیحات اثرات یوسفر جو در نظر گرفته شده است. ماهواره Jason-1 در سال ۲۰۰۱ به فضا ارسال گردید که دارای راداری با دو باند فرکانسی می‌باشد. فرکانس‌های عملیاتی در این ماهواره نیز مانند ماهواره Jason-2 هستند. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق Geophysical Data Records (GDRs) سطح ۲ بوده که توسط NOAA فراهم شده است. منطقه مورد مطالعه در این مطالعه، مناطق ساحلی اقیانوس هند شمالی می‌باشد.

۲-۱. روش مطالعه

سرعت باد حاصل از اندازه‌گیری ارتفاع سنجی، اغلب تحت تاثیر امواج بلند قرار دارد که با باد محلی هم خوانی خوبی ندارد [۴]. این امر به ویژه در مناطق نزدیک ساحل، جایی که موج سریع رشد و توسعه پیدا می‌کند، می‌تواند اتفاق بیافتد. در چنین مواردی امواج تحت تاثیر باد نسبتاً ثابت در منطقه دور از ساحل قرار گرفته و رشد می‌نمایند. در این شرایط رشد امواج موجب گسترش طیف موج ناشی از باد شده و منجر به افزایش میانگین مربع ارتفاع امواج و همچنین افزایش شیب سطحی دریا می‌گردد (رجوع شود به شکل ۹ در [۸]). بررسی این پدیده در امتداد مسیر اندازه‌گیری ارتفاع سنجی نشان می‌دهد افزایش ارتفاع موج شاخص منجر به تغییر سطح مقطع راداری می‌گردد. اولین نتیجه این امر آن است که سرعت باد استاندارد مستخرج از الگوریتم تک فرکانس باند Ku کمتر از مقدار سرعت باد واقعی است [۶].

بر اساس اپتیک فیزیکی یا تقریب خیرشوف، سطح مقطع راداری برای ارتفاع سنجی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد [۹]:

$$\sigma_{em}^0(0^\circ) = \frac{|R_0|^2}{MSS} \exp(-4k_r^2 h_s^2) \quad (1)$$

در این رابطه R_0 ضریب فرینل و MSS میانگین مربع شیب سطحی و $\exp(-4k_r^2 h_s^2)$ تصحیحی برای تقریب پراکندگی اپتیک هندسی برای محاسبه اثر ناهمواری‌های سطحی در مقیاس کوچک می‌باشند. k_r عدد موج راداری و h_s^2 واریانس ارتفاع ناهمواری‌های سطحی است. در این معادله MSS و h_s^2 از طریق روابط زیر محاسبه می‌گردند:

$$MSS(\alpha, U_{10}, k_r) = \int_{k_d}^{k_d} B_0(\alpha, U_{10}, k) d \ln k \quad (2)$$

$$h_s^2 = \int_{k_d}^{\infty} k^{-2} B_0(\alpha, U_{10}, k) d \ln k \quad (3)$$

²- Fetch

در این روابط k عدد موج، B_0 طیف موج رشد یافته چندجهتی است. U_{10} سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح مرجع و g شتاب گرانش و α عکس سن موج^۳ می باشد. در این تحقیق از طیف موج پیش‌نهادی ایفوهیلی و هم‌کاران در سال ۱۹۹۷ [۱۰] با قانون طول بادگیر مطابق رابطه (۵) و عکس سن موج مطابق رابطه (۴) استفاده می‌شود.

$$\alpha = 0.84 \times \left\{ \tanh(\tilde{x} / \tilde{x}_0)^{0.4} \right\}^{-0.75} \quad (4)$$

که $\tilde{x}$ طول بادگیر بی بعد می باشد. $\tilde{x}_0 = 2.2 \times 10^4$. ارتفاع موج شاخص بی بعد به شکل استاندارد $\tilde{H}_s = H_s g / U_{10}^2$ به دست می آید. ارتفاع موج بی بعد از رابطه زیر تعریف می گردد:

$$\tilde{H}_s = 0.26 \times \tanh \left\{ \left(\tilde{x} / \tilde{x}_0 \right)^{0.4} \right\}^{1.25} \quad (5)$$

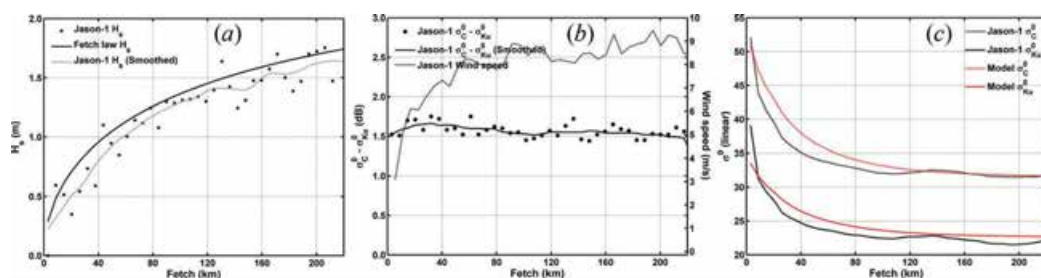
برای دست یابی به سرعت باد واقعی در مناطق ساحلی لازم است مقدار سطح مقطع راداری در امتداد مسیر اندازه گیری ارتفاع سنجی تفسیر شود برای دستیابی به این هدف بر اساس رابطه (۳) سطح مقطع راداری ماهواره را مدل سازی شد که نتایج آن در بخش بعد آورده شده است.

۳. نتایج

در این بخش در موقعیت‌های مختلف به بررسی اثر طول بادگیر در اندازه گیری ارتفاع سنجی ماهواره ای محدود پرداخته شده است. یکی از موارد آنالیز شده مربوط به Jason-1، گذر شماره ۴۵ تاریخ ۲۶ ژانویه ۲۰۱۳ در منطقه ساحلی اقیانوس هند شمالی است، در این مورد باد از سمت ساحل می‌وزد و جهت آن تقریباً هم‌راستا با مسیر اندازه گیری ارتفاع سنجی ماهواره ای است. شکل (۱) رشد ارتفاع موج شاخص را در امتداد اندازه‌گیری ارتفاع سنجی ماهواره ای از خط ساحلی که حدوداً ۲۲۰ کیلومتر است، را نشان می دهد. در این فاصله ارتفاع موج شاخص از ۰/۵ متر تا ۱/۵ متر رشد می‌کند. سطح مقطع راداری هم برای باند فرکانسی Ku و هم برای باند فرکانسی C با افزایش طول بادگیر کاهش می یابند.

همان‌طور که پیش‌بینی می شد سرعت باد حاصل از اندازه‌گیری ارتفاع سنجی برای سطح مقطع مدای باند فرکانسی Ku به‌طور پیوسته با فاصله گرفتن از خط ساحلی افزایش می‌یابد. با وجود این، اختلاف بین سطح مقطع راداری برای باند فرکانسی Ku و باند فرکانسی C در امتداد اندازه گیری ارتفاع سنجی تقریباً ثابت است. ثابت بودن اختلاف بین سطح مقطع راداری برای این دو باند فرکانسی به این معنی است که سرعت باد نیز در امتداد اندازه گیری ارتفاع سنجی نیز ثابت بوده و افزایش نمی یابد.

با استفاده از رابطه (۱) سطح مقطع راداری در امتداد اندازه گیری ارتفاع سنجی برای هر دو باند فرکانسی مدل سازی شده است. در این مدل سازی از سرعت باد ثابت ۹/۵ متر بر ثانیه استفاده نمودیم همان‌طور که نتیجه این مدل سازی به خوبی نشان می دهد مقدار سرعت باد با افزایش طول بادگیر ثابت بوده و نمی‌تواند تغییر نماید. این مدل سازی برای ۱۰ مورد اندازه گیری Jason-1 و Jason-2 مورد آزمایش قرار گرفت و همه موارد همین نتیجه را ثابت می‌کنند.



شکل ۱: اطلاعات به دست آمده از اندازه‌گیری Jason-1 برای گذر شماره ۴۵ در ۲۶ ژانویه ۲۰۱۳ در منطقه مورد مطالعه. (a) ارتفاع موج شاخص اندازه گیری شده توسط ماهواره (*)، ارتفاع موج شاخص هموار شده (نقطه چین) و ارتفاع موج حاصل از قانون طول بادگیر (خط توپر). (b) اختلاف بین سطح مقطع راداری برای باند فرکانسی Ku و باند فرکانسی C (نقاط دایره ای شکل) و مقدار هموار شده آن (خط توپر) و سرعت باد حاصل از مقادیر استاندارد ارتفاع سنجی ماهواره ای (نقطه چین). (c) سطح مقطع راداری اندازه گیری شده توسط ارتفاع سنجی ماهواره ای (خط سیاه) و سطح مقطع راداری حاصل از مدل سازی (خط قرمز).

همان‌طور که نتایج اندازه‌گیری رشد موج و مدل‌سازی نشان می‌دهد با افزایش طول بادگیر و گسترش طیف موج ناشی از باد محلی، مقدار میانگین نوسانات سطح و شیب سطحی دریا افزایش می‌یابد. نتایج مدل سطح مقطع راداری حاصل از رابطه (۱) با در نظر گرفتن طیف موج ایفوهیلی و هم‌کاران در سال ۱۹۹۷ با قانون طول بادگیر (رابطه ۵) و عکس سن موج (رابطه ۴) می‌توان نتایج اندازه‌گیری ارتفاع سنجی ماهواره ای را تفسیر نمود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد برای تفسیر اندازه‌گیری ماهواره ای در نظر گرفتن نقش توسعه موج در امتداد بادگیر در مناطق ساحلی لازم و ضروری است. بنابراین برای تنظیم داده‌های ارتفاع سنجی در مناطق ساحلی لازم است به جای استفاده از سطح مقطع راداری باند Ku که به شکل استاندارد در نظر گرفته می‌شود، از اختلاف سطح مقطع راداری دو باند فرکانسی استفاده گردد که این روش بهتر می‌تواند اثرات رشد موج را در مناطق ساحلی تفسیر نماید.

منابع

- [1] Tournadre, J., Chapron, B., and Reul N., (2011). High resolution imaging of the ocean surface backscatter by inversion of altimeter waveforms. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 28, 1050–1062. <http://dx.doi.org/10.1175/2011JTECHO820.1>.
- [2] Chapron, B., K., Katsaros, Elfouhaily T., and Vandemark D. (1995). A note on relationships between sea surface roughness and altimeter backscatter. *Remote Sensing and Global Modelling*, 869-878, 1995.
- [3] Elfouhaily, T., Vandemark, D., Gourrion, J., and Chapron, B. (1998). Estimation of wind stress using dual-frequency TOPEX data. *Journal of Geophysical Research*, 103, Issue C11, 25101–25108. <http://dx.doi.org/10.1029/98JC00193>.
- [4] Gourrion J., Vandemark D., Bailey S. and Chapron, B. (2002). Investigation of C-band altimeter cross section dependence on wind speed and sea state. *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 28, issue 3, 484-489, <http://dx.doi.org/10.5589/m02-046>.
- [5] Goddijn-Murphy L., Woolf D., Chapron B., and Queff  lou P. (2013). Improvements to estimating the air–sea gas transfer velocity by using dual-frequency, altimeter backscatter. *Remote Sensing of Environment*, Volume 139, 1–5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.07.026>.
- [6] Golubkin, P. A., B. Chapron, and V. N. Kudryavtsev. 2014. “Wind Waves in the Arctic Seas: Envisat and AltiKa Data Analysis.” *Marine Geodesy* 38 (4): 289–298. doi:10.1080/01490419.2014.990592.
- [7] Dumont, J. P., V. Rosmorduc, L. Carrere, N. Picot, E. Bronner, A. Couhert, S. Desai, et al. 2015. OSTM/ Jason-2 Products Handbook. SALP-MU-M-OP-15815-CN. Issue: 1 rev 9, NOAA/NESDIS: Polar Series/OSTM J400.
- [8] Vandemark, D., B. Chapron, J. Sun, G. H. Crescenti, and H. C. Graber. 2004. “Ocean Wave Slope Observations Using Radar Backscatter and Laser Altimeters.” *Journal of Physical Oceanography* 34: 2825–2842. doi:10.1175/JPO2663.1.
- [9] Kudryavtsev, V., D. Akimov, J. Johannessen, and B. Chapron. 2005. “On Radar Imaging of Current Features: 1. Model and Comparison with Observations.” *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978–2012) 110 (C7). doi:10.1029/2004JC002505.
- [10] Elfouhaily, T., B. Chapron, K. Katsaros, and D. Vandemark. 1997. “A Unified Directional Spectrum for Long and Short Wind-Driven Waves.” *Journal of Geophysical Research* 102: 15781–15796. doi:10.1029/97JC00467.



اندرکنش جو و اقیانوس در طوفان‌های حاره‌ای

(مطالعه موردی طوفان‌های FENGSHEN و KAMMURI در اقیانوس آرام)

رضایی مزیک، احمد^۱، شفیع فر، مهدی^۱، مقیمی، سعید^۲

۱- گروه سازه‌های هیدرولیکی و دریایی، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه پرتلند، پرتلند، آمریکا

چکیده

پیچیده بودن تعامل جو و اقیانوس، سبب گردیده است بررسی و شناخت نحوه اندرکنش مکانیسم‌های موثر در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در شرایط وقوع طوفان به دلیل شدت میدان باد، میزان انتقال شار مومنتم و حرارت بین جو و اقیانوس بسیار تغییر میکند. در مطالعه حاضر به بررسی و تحلیل اندازه‌گیری‌های میدانی پارامترهای جو و اقیانوس حاصل از ایستگاه KEO در هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای Kammuri و Fengshen در غرب اقیانوس آرام پرداخته شده است. بررسی شار حرارتی تبادلی بین جو و اقیانوس و شار بویانسی از مهمترین پارامترهای مورد بررسی است. نتایج مطالعات نشان میدهد در هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای، با توجه به شکل‌گیری جبهه سرد در سطح اقیانوس باعث کاهش دمای جو نیز میگردد که میتواند از شدت طوفانهای بعدی بکاهد.

کلیدواژه: اندرکنش جو و اقیانوس، طوفان حاره‌ای، شار تبادلی جو و اقیانوس، شار بویانسی

۱. مقدمه

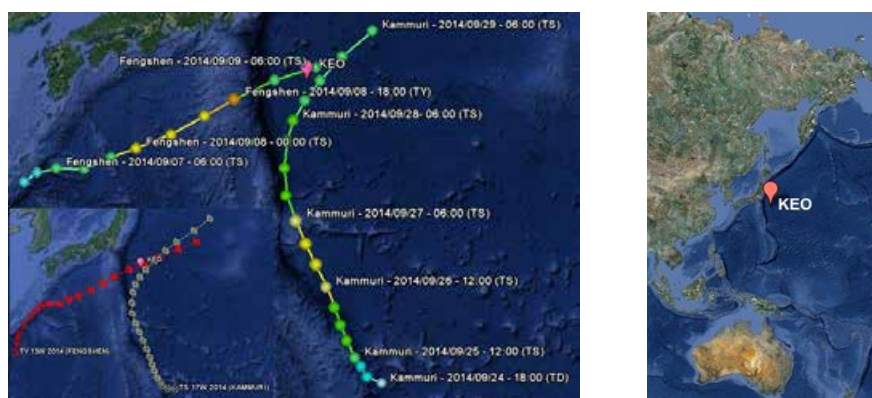
اندرکنش و نحوه انتقال شار مومنتم و حرارت بین جو و اقیانوس هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای از موضوعاتی است که در تحقیقات متعددی مورد توجه قرار گرفته است. نتایج مطالعات در دهه‌های گذشته مشخص نموده است که در نظر گرفتن اندرکنش جو و اقیانوس جهت مدلسازی شرایط طوفانی ضروری است. علت اصلی این موضوع نیز تامین انرژی طوفان توسط اقیانوس‌ها می‌باشد، به گونه‌ای که آب گرم اقیانوس سبب شدت گرفتن سریع طوفان و آب سرد دریاها سبب ضعیف شدن طوفان‌های حاره‌ای می‌گردد [۱،۳،۲]. در هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای تغییرات ایجاد شده در دمای سطح آب دریا در حدود یک ماه و یا بیشتر بسته به شدت طوفان محدوده مسیر طوفان را متأثر می‌نماید [۵،۴]. همچنین نتایج تحقیقات نشان می‌دهد، شار آنتالپی بیش از اینکه متأثر از سرعت باد باشد، از عدم تعادل بین سطح دریا و هوا نزدیک سطح تأثیر می‌پذیرد [۶]. نتایج مطالعات عددی انجام گرفته نشان می‌دهد، در نظر گرفتن شرایط اولیه متفاوت برای اقیانوس بر فشار چشمه و عدم تقارن ساختار هسته داخلی طوفان در تمامی مراحل شکل‌گیری، رشد و زوال متأثر است ولیکن تأثیر قابل توجهی بر مسیر طوفان ندارد [۸،۷]. لایه اختلاطی شکل گرفته در سطح اقیانوس ناشی از آشفتگی‌های شکل گرفته در اثر باد و بویانسی می‌باشد. تبادل حرارتی جو و اقیانوس بارش و تبخیر به ترتیب سبب شکل‌گیری نیروی بویانسی حرارتی و چگال در اقیانوس‌ها می‌گردد [۹].

در مطالعه حاضر به بررسی و تحلیل اندازه‌گیری‌های میدانی پارامترهای جو و اقیانوس حاصل از ایستگاه KEO^۱ در هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای Kammuri و Fengshen در غرب اقیانوس آرام پرداخته شده است. بررسی شار حرارتی تبادلی بین جو و اقیانوس و شار بویانسی از

مهم‌ترین پارامترهای مورد بررسی است. از اینرو در فصل دوم به معرفی محدوده مطالعات و مسیر حرکت طوفان‌های حاره‌ای و سپس در فصل سوم به تحلیل نتایج پرداخته شده است. در نهایت در فصل چهارم به ارائه نتایج کلی بررسی انجام گرفته، پرداخته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

ایستگاه اندازه‌گیری KEO در موقعیت $32/4$ درجه عرض جغرافیایی شمالی و $144/5$ درجه طول جغرافیایی شرقی و غرب اقیانوس آرام واقع شده است. این ایستگاه در نزدیکی سواحل ژاپن نصب گردیده است (شکل ۱). موقعیت و مسیر حرکت طوفان‌های حاره‌ای Kammuri و Kammuri نسبت به ایستگاه KEO بر اساس داده‌های مرکز هشدار طوفان (JTWC) (۱) در شکل ۱ نشان داده شده است [۱۰]. مشخصات سرعت و فشار طوفان‌های مورد بررسی بر اساس داده‌های JTWC در جدول ۱ ارائه گردیده است.



شکل ۱) موقعیت ایستگاه KEO و مسیر حرکت طوفان‌های Kammuri و Fengshen

جدول ۱) مشخصات سرعت و فشار طوفان‌های حاره‌ای Kammuri و Fengshen بر اساس داده‌های JTWC

KAMMURI					
	Date	Lat	Long	V_{max} -Maximum sustained wind speed (m/s)	MSLP-Minimum sea level pressure (hpa)
1	9/24/14 18:00	19	148.2	12.9	1004
2	9/25/14 6:00	19.8	147.2	15.4	1000
3	9/25/14 12:00	20.2	146.9	18.0	996
4	9/25/14 18:00	21	146.5	20.6	993
5	9/26/14 0:00	21.7	146.2	23.2	989
6	9/26/14 6:00	22.5	145.9	23.2	988
7	9/26/14 12:00	23.4	145.5	28.3	982
8	9/27/14 6:00	26.3	144	28.3	982
9	9/27/14 12:00	27.4	143.5	25.7	985
10	9/28/14 6:00	30.7	143.8	25.7	985
11	9/29/14 6:00	34.8	148.1	23.2	989

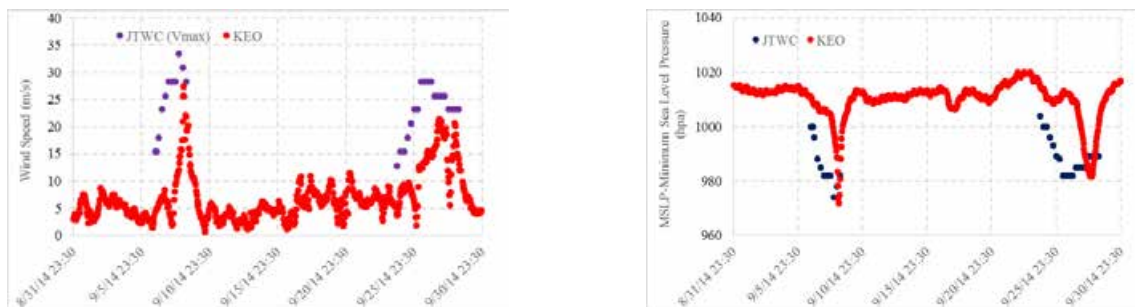
*TD=Tropical Depression
**TS=Tropical Storm

*TD=Tropical Depression
**TS=Tropical Storm
***TY=Typhoon

۳. نتایج

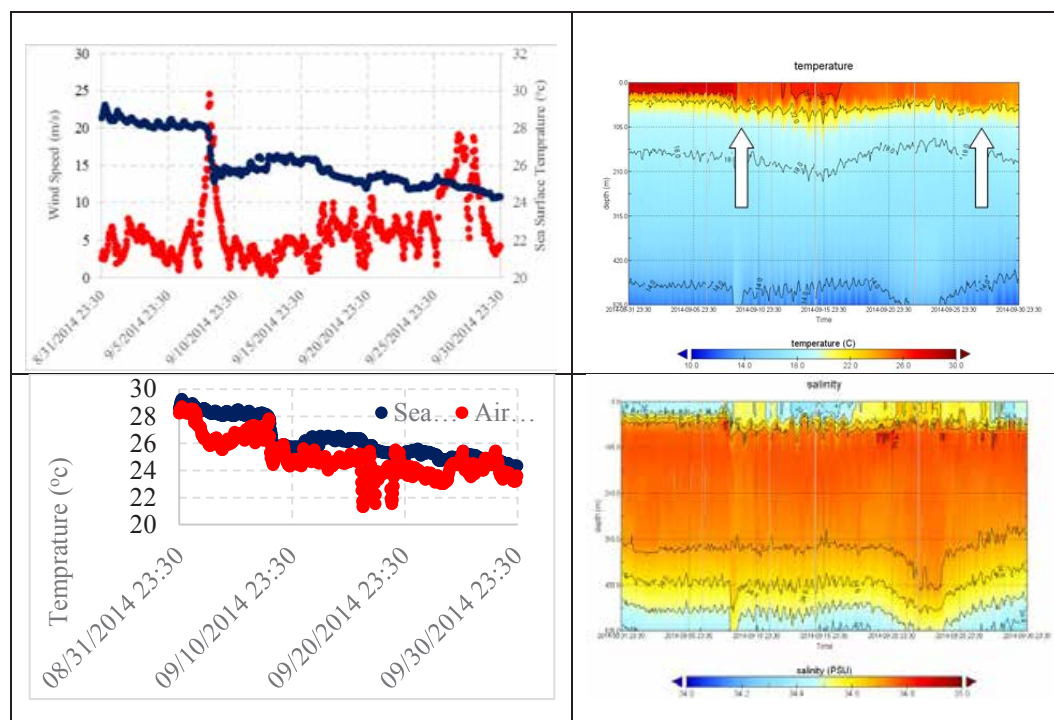
در این بخش از مطالعات به بررسی و تحلیل اندرکنش جو و اقیانوس پرداخته شده است. در شکل ۲ تغییرات سرعت باد و فشار سطح دریا در ایستگاه KEO و داده‌های JTWC در ماه سپتامبر نشان داده شده است. همانگونه که مشخص می‌باشد در هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای، سرعت باد نسبت به سایر ایام از شدت قابل توجهی برخوردار است و مقدار فشار متوسط دریا نیز به شدت کاهش یافته است. از اینرو می‌توان انتظار داشت، تبادل شار جو و اقیانوس در این زمان افزایش یابد.

¹ Joint Typhoon Warning Center (JTWC)



شکل ۲) تغییرات سرعت باد و فشار سطح دریا در ایستگاه KEO و داده های JTWC در هنگام وقوع طوفان

همچنین تاریخچه زمانی تغییرات پروفیل دما و شوری در عمق در شکل ۳ (تصاویر سمت راست) نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می گردد، در هنگام وقوع طوفان های حاره ای آب سرد و شور از اعماق به سمت سطح حرکت کرده است. حرکت آب شور و سرد از اعماق سبب کاهش دمای سطح آب می گردد. در شکل ۳ (تصاویر سمت چپ) تغییرات زمانی دمای سطح آب نسبت به سرعت باد و تغییر دمای هوا نشان داده شده است. همانگونه که مشخص است شکل گیری جبهه سرد^۲ در هنگام وقوع طوفان Fengshen در سطح اقیانوس باعث کاهش دمای جو نیز گردیده است که با توجه به شار تبدلی لایه مرزی جو نیز از این پدیده متأثر گردید است.



شکل ۳) تاریخچه زمانی تغییرات پروفیل حرارت و شوری در موقعیت ایستگاه KEO (تصاویر سمت راست) و تاریخچه زمانی تغییرات دمای سطح آب نسبت به سرعت باد و تغییرات دمای هوا (تصاویر سمت چپ)

۳-۱. شار تبدلی جو و اقیانوس

سه فرآیند اصلی تبادل جو و اقیانوس عبارتند از مومنتم، گرمای نهان و گرمای ویژه. مدل های متعددی جهت تخمین شار تبدلی وجود دارد ولیکن بر اساس مدل حجمی که در مطالعات متعددی مورد استفاده قرار گرفته است، نحوه محاسبه شار مومنتم، گرمای نهان و گرمای ویژه به صورت زیر می باشد:

$$\tau = \rho \overline{w'u'} = \rho u_*^2 = \rho_a C_d U_{z1}^2 \quad (۱)$$

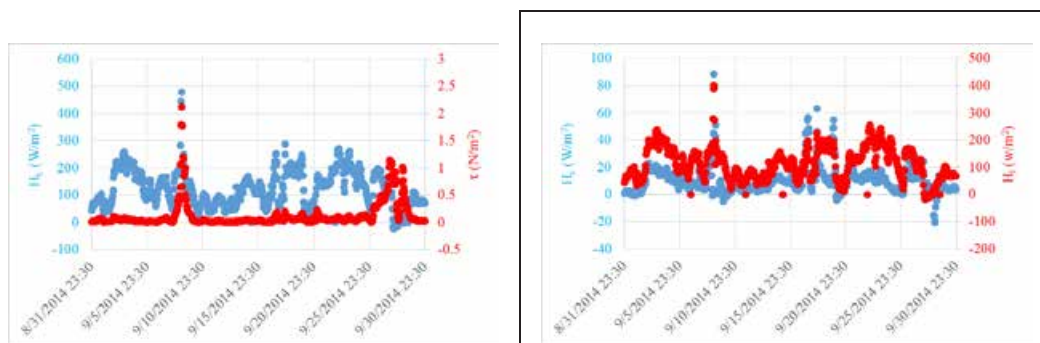
^۲ Cold wake

$$H_S = \rho c_p \overline{\omega' \theta'} = \rho_a c_{pa} C_h U_{zl} (T_s - T_r) \quad (2)$$

$$H_L = \rho L_v \overline{\omega' q'} = \rho_a L_v C_k U_{zl} (Q_s - Q_r) \quad (3)$$

که در روابط بالا ρ_a چگالی هوا، c_{pa} حرارت ویژه هوا در فشار ثابت، L_v گرمای نهان تبخیر آب، T پتانسیل حرارتی و Q رطوبت ویژه است. همچنین u^* سرعت اصطکاکی، U_{zl} سرعت باد در تراز z_l از سطح دریا است. ضرایب C_d ، C_h و C_k که به ترتیب نشان دهنده ضریب درگ و ضریب انتقال گرمای محسوس و گرمای نهان می‌باشند. البته مجموع شار گرمای ویژه و گرمای نهان ($H_h = H_l + H_s$) را به عنوان شار آنتالپی در نظر می‌گیرند.

تغییرات شار گرمای نهان و ویژه و شار مومنتم و آنتالپی در موقعیت ایستگاه KEO در شکل ۵ نشان داده شده است. همانگونه که مشخص می‌باشد، بیشترین تغییرات و تبادل شار بین جو و اقیانوس در هنگام وقوع طوفان Fengshen دیده می‌شود.



شکل ۵) تغییرات شار گرمای نهان و گرمای ویژه (شکل سمت راست) و شار مومنتم و آنتالپی (شکل سمت چپ)

۳-۲. شار بویانسی

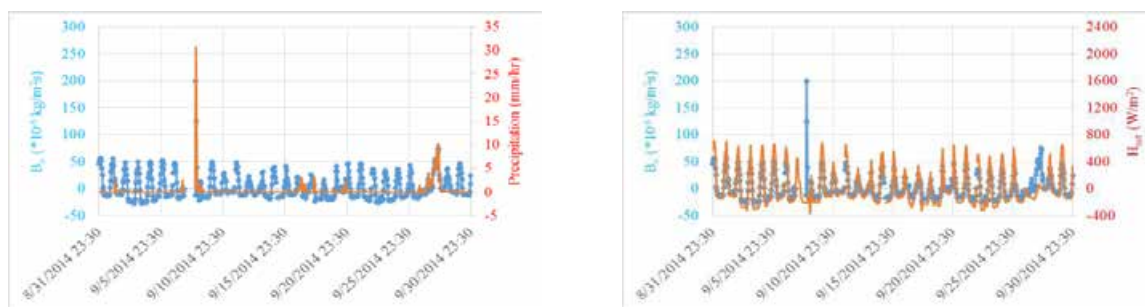
از نکات مهم دیگر در اقیانوس که سبب اختلاط در لایه‌های مختلف اقیانوس می‌شود، شار بویانسی می‌باشد. نحوه محاسبه شار بویانسی در رابطه ۴ ارائه شده است.

$$B = -g\alpha \frac{H_{net}}{\rho c_p} + g\beta(E - P)S_0 \quad (4)$$

$$H_{net} = H_h + H_{sw} + H_{lw} \quad (5)$$

که در روابط بالا g شتاب گرانش زمین، α ضریب انبساط حرارتی موثر ($-\rho^{-1} \partial \rho / \partial T$)، ضریب انقباض شوری موثر ($\rho^{-1} \partial \rho / \partial S$)، H_{net} شار خالص حرارتی سطحی تبدیلی بین جو و اقیانوس، H_{sw} شار حرارتی حاصل از تابش خورشید (امواج کوتاه) و H_{lw} شار حاصل از انعکاس انرژی از سطح اقیانوس (امواج بلند)، c_p حرارت ویژه آب در فشار ثابت، S_0 شوری سطح، E نرخ تبخیر و P نرخ بارش می‌باشد.

اعداد مثبت شار بویانسی نشان دهنده عدم پایداری در سطح اقیانوس و شدت یافتن آشفتگی می‌باشد. در شکل ۶ تغییرات شار بویانسی نسبت به شار خالص سطحی تبدیلی بین جو و اقیانوس (H_{net}) و نرخ بارش (Precipitation) نشان داده شده است. همانگونه که در شکل مشخص می‌باشد، همبستگی شار بویانسی در ایام غیر طوفانی با شار تبدیلی حرارتی سطحی و در زمان‌های طوفانی با نرخ بارش زیاد است.



شکل ۶: تغییرات شار بویانسی نسبت به شار خالص سطحی (شکل سمت راست) و نرخ بارش (شکل سمت چپ)

۴. نتیجه گیری

نتایج مطالعات نشان می‌دهد در هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای، با توجه به شدت طوفان، آب سرد و شور از عمق‌های زیاد به سطح دریا پمپ می‌گردند. شکل‌گیری جبهه سرد در سطح اقیانوس باعث کاهش دمای جو نیز می‌گردد که می‌تواند از شدت طوفان‌های بعدی بکاهد. شار حرارتی تبادلی بین جو و اقیانوس در هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای از همبستگی زیادی با شار مومنتم برخورددار است. همچنین شار بویانسی در هنگام وقوع طوفان‌های حاره‌ای با نرخ بارش همبستگی نشان می‌دهد که می‌تواند در مطالعات بعدی مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- [1]- Emanuel, K. A., (1999), Thermodynamic control of hurricane intensity, *Nature*, 401, 665–669, doi:10.1038/44326.
- [2]- Schade, L. R., and Emanuel, K. A., (1999), The ocean's effect on the intensity of tropical cyclones: Results from a simple coupled atmosphere–ocean model, *J. Atmos. Sci.*, 56, 642–651.
- [3]- Shay, L. K., 2010: Air–sea interactions in tropical cyclones. Global Perspectives on Tropical Cyclones: From Science to Mitigation, J. C. L. Chan and J. D. Kepert, Eds., World Scientific Series on Asia-Pacific Weather and Climate, Vol. 4, World Scientific, 93–131.
- [4]- Price, J. F., 1981: Upper ocean response to a hurricane. *J. Phys. Oceanogr.*, 11, 153–175, doi:10.1175/1520-0485(1981)011<0153: UORTAH.2.0.CO;2.
- [5]- Dare, R. A., and J. L. McBride, 2011: Sea surface temperature response to tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, 139, 3798–3808, doi:10.1175/MWR-D-10-05019.1.
- [6]- Jaimes, B., et al. (2015), Enthalpy and Momentum Fluxes during Hurricane Earl Relative to Underlying Ocean Features, *Monthly Weather Review* 143(1): 111-131.
- [7]- Wada, A., et al. (2013), Interactions between Typhoon Choi-wan (2009) and the Kuroshio Extension System, *Advances in Meteorology* 1-17.
- [8] Lee, C.Y., (2012), Understanding the Effects of Atmosphere-Wave-Ocean Coupling on Tropical Cyclone Structure, *Ph.D. dissertation, The University of Miami*.
- [9]- Cronin, M. F. and Sprintall, J., (2001), Wind And Buoyancy-forced Upper Ocean, 3219-3226.
- [10]- Joint Typhoon Warning Center (JTWC), (2017), Joint Typhoon Warning Center Mission Statement



تابع چگالی احتمال مشترک سرعت و مسیر باد بر فراز نیمه جنوبی دریای خزر

رضوی شریفی، سیده یسنا^{۱*}، دولتشاهی پیروز، محرم^۲، بهلولی، اصغر^۳، قادر، سرمد^۴

- ۱- منابع آب، دانشکده عمران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲- سازه‌های دریایی، دانشکده عمران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳- گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

yrazavi@ut.ac.ir

چکیده

در پژوهش حاضر مطالعه خصوصیات باد به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در بسیاری از پدیده‌های دریایی موردتوجه قرار گرفته و به تحلیل آماری مشترک سرعت و مسیر حرکت باد پرداخته می‌شود. زیرا این دو کمیت باهم در ارتباط بوده و بهترین ابزار برای بررسی تغییرات و تفسیر توأمان آن‌ها تابع چگالی احتمال مشترک می‌باشد. در این راستا Carta و همکاران یک مدل ترکیبی ارائه دادند که پارامترهای آن با استفاده از برازش منحنی محاسبه‌شده و در نتیجه سازگاری مناسبی با داده‌های مورد مطالعه دارد. به همین دلیل این مدل جهت برازش بر داده‌های باد در نیمه جنوبی دریای خزر انتخاب شده است. در کنار آن و به‌منظور مقایسه، از مدل‌های دیگری مانند مدل گوسی ایزوتروپیک Weber و McWilliam و مدل گوسی غیرایزوتروپیک Weber نیز استفاده شد. در ادامه سازگاری و درجه تناسب روش‌ها توسط کمیت R^2 یا همان ثابت تشخیص سنجیده می‌شود. لازم به ذکر است که داده‌های باد مربوط به دریای خزر، حاصل مطالعات قادر و همکاران می‌باشد که به‌وسیله مدل WRF شبیه‌سازی و صحت آن نیز توسط داده‌های مشاهده‌ای تأیید شده است.

کلیدواژه: تابع چگالی احتمال مشترک^۱، تابع گوسی ایزوتروپیک^۲، تابع گوسی غیرایزوتروپیک^۳، توزیع ترکیبی نرمال و وایبل^۴، توزیع ترکیبی وون میسنز^۵

۱- مقدمه

در پژوهش حاضر مطالعه خصوصیات باد به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در بسیاری از پدیده‌های دریایی موردتوجه قرار گرفته و به تحلیل آماری مشترک سرعت و مسیر حرکت باد پرداخته می‌شود. زیرا این دو کمیت باهم در ارتباط بوده و بهترین ابزار برای بررسی تغییرات و تفسیر توأمان آن‌ها تابع چگالی احتمال مشترک می‌باشد. بدر این راستا Carta و همکاران [۱] یک مدل ترکیبی ارائه دادند که پارامترهای آن با استفاده از برازش منحنی محاسبه‌شده و در نتیجه سازگاری مناسبی با داده‌های مورد مطالعه دارد. به همین دلیل این مدل جهت برازش بر داده‌های باد در نیمه جنوبی دریای خزر انتخاب شده است. در کنار آن و به‌منظور مقایسه، از مدل‌های دیگری مانند مدل گوسی ایزوتروپیک McWilliam [۲] و Weber [۳] و مدل گوسی غیرایزوتروپیک Weber [۴] نیز استفاده شد. در ادامه سازگاری و درجه تناسب روش‌ها توسط کمیت R^2 یا همان

¹ Joint probability density function

² Isotropic Gaussian model

³ Anisotropic Gaussian model

⁴ Normal Weibull mixture distribution

⁵ von Mises mixture distributions

ثابت تشخیص سنجیده می‌شود. لازم به ذکر است که داده‌های باد مربوط به دریای خزر، حاصل مطالعات قادر و همکاران [۵] می‌باشد که به‌وسیله مدل WRF شبیه‌سازی و صحت آن نیز توسط داده‌های مشاهده‌ای تأیید شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. مدل گوسی ایزوتروپیک

در مدل ایزوتروپیک McWilliam و Weber برای استخراج تابع چگالی احتمال یا pdf^۶ فرض بر این است که توزیع در جهت محور اصلی یا باد غالب، به‌صورت نرمال با میانگین غیر صفر و واریانس معینی برقرار بوده و در راستای عمود بر آن نیز توزیع نرمال، ولی با میانگین صفر و همان واریانس تعریف می‌شود. بر این اساس تابع چگالی احتمال مشترک در راستای محورهای اصلی به‌صورت زیر است. [۱]

$$f_{v,\theta}(v, \theta) = \frac{v}{2\pi\sigma_{y^2}} \exp\left[-\frac{\mu_{y^2}^2}{2\sigma_{y^2}^2}\right] \exp\left[-\frac{v^2 - 2\mu_{y^2}v\cos\theta}{2\sigma_{y^2}^2}\right] \quad (1)$$

در رابطه بالا کمیت‌های $v, \theta, \mu_{y^2}, \sigma_{y^2}$ به ترتیب معرف مقدار سرعت، زاویه، میانگین و هم‌چنین واریانس در راستای باد غالب (محور y) می‌باشد.

۲-۲. مدل گوسی غیر ایزوتروپیک

Weber همان رابطه گوسی ایزوتروپیک را به شکلی تعمیم داده که محدودیتی برای تغییرات نوسانات راستای اصلی و جهت عمود بر آن وجود ندارد. به عبارتی واریانس‌ها می‌توانند در جهت‌های باد غالب و عمود بر آن متفاوت باشند. بدین ترتیب رابطه تابع چگالی احتمال مشترک به‌صورت زیر تعریف می‌شود که در آن σ_{x^2} نشان‌دهنده واریانس مقادیر سرعت در راستای عمود بر راستای باد غالب خواهد بود. [۱]

$$f_{v,\theta}(v, \theta) = \frac{v}{2\pi\sigma_{x^2}\sigma_{y^2}} \exp\left[-\frac{(v\cos\theta - \mu_{y^2})^2}{2\sigma_{y^2}^2} - \frac{v^2\sin^2\theta}{2\sigma_{x^2}^2}\right] \quad (2)$$

۲-۳. مدل پیشنهادی Carta

در این مدل پیشنهادی، یک تابع انعطاف‌پذیر ارائه شده که در آن تابع چگالی احتمال باد با استفاده از یک توزیع خطی زاویه‌ای به‌صورت زیر تعریف شده است. [۱]

$$f_{v,\theta}(v, \theta) = 2\pi g(\zeta) f_v(v) f_\theta(\theta) \quad (3)$$

در این رابطه ζ یک متغیر دایره‌ای و تابع $g(\zeta)$ نیز معرف pdf آن بوده که برای محاسبه آن از توابع مشابه مسیر باد استفاده می‌شود. این مدل برای محاسبه pdf مسیر باد، توابع ترکیبی وون میسر را در نظر گرفته که برای حالت‌هایی با چندین مسیر غالب و یا به‌عبارتی نواحی با مدهای مختلف دارای انعطاف زیادی است. [۱]

$$f_\theta(\theta) = \sum_{j=1}^N \frac{\omega_j}{2\pi I_0(k_j)} \exp[k_j \cos(\theta - \mu_j)] \quad (4)$$

N تعداد توابع مورد استفاده و $I_0(k_j)$ تابع بسل اصلاح شده است. همچنین پارامترهای k_j ضریب تمرکز، μ_j میانگین مسیر و ω_j نیز ضریب وزنی بوده که مقدار آن‌ها به‌وسیله برازش منحنی و از روش حداقل مربعات مشخص می‌شود. برای محاسبه pdf سرعت نیز از یک تابع ترکیبی استفاده شده که درواقع کوتاه شده توزیع نرمال و وایل (TNW)^۷ است. [۱]

$$f_v(V) = \frac{\omega_0}{\frac{1}{\alpha} \int_0^\infty \frac{1}{\Gamma} \exp\left[-\frac{(v - \varphi_1)^2}{\gamma^2 \alpha^2}\right] \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(v - \varphi_1)^2}{2\varphi_2^2}\right] + (1 - \omega_0) \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{v}{\beta}\right)^{\alpha-1} \quad (4)$$

⁶ Probability Density function

⁷ Truncated from below Normal-Weibull mixture distribution

در قسمت اول رابطه بالا φ_1 و φ_2 پارامترهایی از جنس متغیر تصادفی موردبررسی و نیز ω_0 ضریب وزنی و یا سهم تابع نرمال در تابع چگالی احتمال می‌باشد. همچنین α پارامتر مقیاس و β نیز پارامتر شکل رابطه وایبل بوده که همگی مانند پارامترهای مربوط به توابع مسیر باد از روش حداقل مربعات تعیین می‌شود.

۳. نتایج

همان‌گونه که ذکر شد، داده‌های شبیه‌سازی شده ساعتی باد که توسط قادر و همکاران [۵] تهیه شده برای مطالعه باد در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۳ انتخاب و اطلاعات ۵ موقعیت مکانی مربوط به شکل (۱) از آن استخراج شد. در ادامه اطلاعات آماری این ایستگاه‌ها از جمله میانگین، انحراف معیار و ثابت همبستگی خطی مؤلفه‌های سرعت محاسبه و مطابق جدول (۱) تنظیم شد. بخش اول جدول مربوط به مختصات کارتزین xy ، منطبق بر جهت شمال و شرق جغرافیایی و قسمت دوم نیز مربوط به محورهای اصلی $x'y'$ می‌باشد که در راستای باد غالب و همچنین راستای عمود بر آن قرار دارد. بر طبق انتظار در هر ۵ ایستگاه مقادیر اکسترمم میانگین مربوط به مختصات محورهای اصلی است و همان‌گونه که مشاهده می‌شود انحراف معیار برخی ایستگاه‌ها نیز در دو جهت مقادیر نزدیک به هم داشته و باهم تفاوتی چندانی ندارند. این امر باعث بروز واکنش‌های خاصی در اجرای مدل‌ها شده که در جدول‌های بعدی منعکس شده است.



شکل ۱: موقعیت نقاط مورد مطالعه

جدول ۱: میانگین، انحراف معیار و ضریب همبستگی خطی سرعت باد در محورهای xy و $x'y'$

	Cartesian axes xy					Axes $x'y'$ (Prevailing Direction)				
	$\bar{v}_x (ms^{-1})$	$\bar{v}_y (ms^{-1})$	$s_x (ms^{-1})$	$s_y (ms^{-1})$	$r_{xy} (-)$	$\bar{v}_{x'} (ms^{-1})$	$\bar{v}_{y'} (ms^{-1})$	$s_{x'} (ms^{-1})$	$s_{y'} (ms^{-1})$	$r_{x'y'} (-)$
Station 1	-1.0411	-2.2140	3.8127	3.1180	-0.18	0	2.4466	3.9131	2.9910	0.0418
Station 2	-1.3521	-1.3511	2.4141	3.7603	-0.0241	0	1.9115	3.1946	3.1244	-0.4164
Station 3	-0.4460	-2.0840	3.2293	5.4552	0.2955	0	2.1312	3.0664	5.5486	0.0130
Station 4	-1.2016	-1.8351	2.9152	3.7368	-0.2115	0	2.1934	3.5001	3.1955	-0.3063
Station 5	-0.0466	-1.0729	3.2049	2.7501	-0.3211	0	1.1676	3.5377	2.4433	-0.917

در جدول‌های (۲) و (۳) درجه تناسب مدل‌های مختلف توسط کمیت R^2 نشان داده شده است. بر اساس مقادیر جدول از بین سه مدل ضریب R^2 مدل پیشنهادی Carta در تمامی موارد دارای بیشترین مقدار می‌باشد. زیرا همان‌طور که گفته شد روابط پیشنهادی بر اساس داده‌های مربوط به هر ایستگاه بهینه شده و لذا پارامترهای مدل به‌طور اختصاصی و بر اساس توزیع داده‌ها محاسبه می‌گردد. در مقایسه مدل‌های ایزوتروپیک و غیرایزوتروپیک با یکدیگر، توزیع در ایستگاه‌هایی که مقادیر انحراف معیار آن‌ها در دو جهت شبیه باشند، به توزیع همگن نزدیک‌تر بوده و مدل ایزوتروپیک به دلیل دارا بودن ضریب R^2 بالاتر برای آن‌ها مناسب‌تر است که این امر به‌خاطر استفاده از حل تقریبی در محاسبات انتگرال مدل غیرایزوتروپیک می‌باشد. با این حال در چنین مواردی نیز توابع مربوط به مدل پیشنهادی Carta ضریب تشخیص بالاتری داشته و با داده‌ها سازگاری بیشتری دارد.

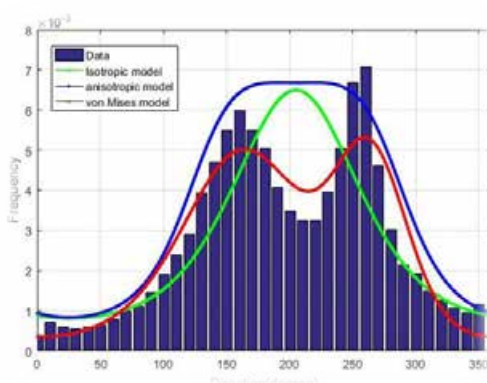
جدول ۲: میزان سازگاری روش‌های مختلف محاسبه سرعت باد به وسیله ضریب تشخیص

Speed Coefficient of determination (R^2)	Isotropic Gaussian model	Anisotropic Gaussian model	Normal truncated Weibull model
Station 1	0.9967	0.9878	0.9988
Station 2	0.9925	0.9912	0.9986
Station 3	0.9659	0.9992	0.9992
Station 4	0.9991	0.9954	0.9985
Station 5	0.9919	0.9911	0.9984

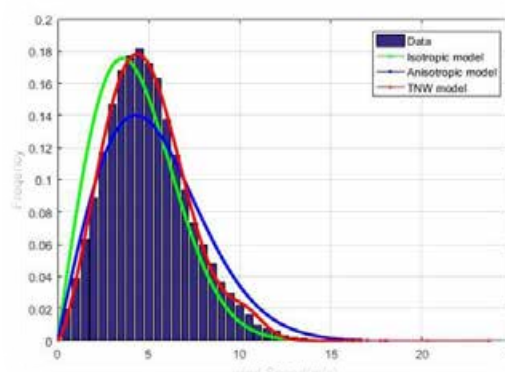
جدول ۳: میزان سازگاری روش‌های مختلف محاسبه سرعت باد به وسیله ضریب تشخیص

Direction Coefficient of determination (R^2)	Isotropic Gaussian model	Anisotropic Gaussian model	von Mises mixture model
Station 1	0.9932	0.9983	0.9989
Station 2	0.9910	0.9911	0.9993
Station 3	0.9809	0.9916	0.9977
Station 4	0.9946	0.9948	0.9994
Station 5	0.9910	0.9986	0.9993

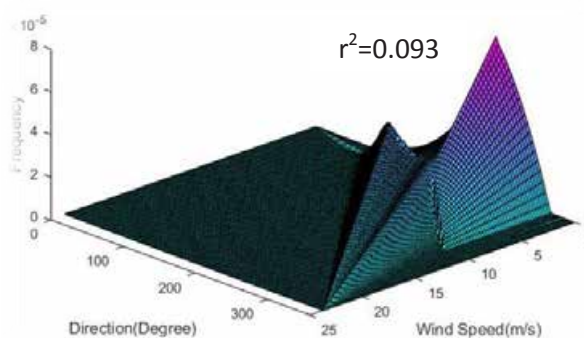
شکل‌های زیر نیز نمونه‌ای از نتایج اجرا در ایستگاه (۱) می‌باشد. با نگاهی به توابع چگالی احتمال سرعت و مسیر باد در شکل‌های (۲) و (۳) می‌توان دریافت که مدل پیشنهادی تناسب بیشتری با هیستوگرام داده‌ها داشته و قادر است در مواردی که هیستوگرام دارای دو و یا چندین پیک باشد بهتر عمل کند. در شکل (۴) نیز تابع چگالی احتمال مشترک نشان داده شده که با استفاده از توزیع حاشیه‌ای سرعت و مسیر باد، به وسیله متغیر γ و از طریق رابطه (۳) حاصل شده است. همچنین در این شکل ضریب همبستگی بین سرعت و زاویه در ایستگاه موردنظر نیز نشان داده شده که مقدار کوچک آن نشان‌دهنده همبستگی ناچیز مقادیر سرعت و مسیر باد در این ایستگاه می‌باشد. جدول (۴) نیز پارامترهای توزیع سرعت و مسیر باد را که بر اساس داده‌های این ایستگاه حاصل شده نشان می‌دهد. یکی از مواردی که از این جدول دریافت می‌شود این است که توزیع وایبل نسبت به توزیع نرمال ضریب وزنی بیشتر و به عبارتی سهم بیشتری در تشکیل توزیع حاشیه‌ای سرعت دارد.



شکل ۳: توزیع حاشیه‌ای مسیر باد ایستگاه ۱



شکل ۲: توزیع حاشیه‌ای سرعت باد ایستگاه ۱



شکل ۴: تابع چگالی احتمال مشترک سرعت و مسیر باد ایستگاه ۱

جدول ۴: پارامترهای توزیع حاشیه‌ای سرعت باد ایستگاه ۱

Normal truncated			Weibull		von Mises distributions(1)				von Mises distributions(2)		
$\phi_1(ms^{-1})$	$\phi_2(ms^{-1})$	$\omega_0(-)$	$\alpha(-)$	$\beta(ms^{-1})$	$1 - \omega_0(-)$	$\mu_1(rad)$	$k_1(-)$	$\omega_0(-)$	$\mu_2(rad)$	$k_2(-)$	$1 - \omega_0(-)$
10.3697	0.9869	0.0331	2.4570	5.4077	0.9669	2.8532	1.4451	0.6736	4.6150	3.9776	0.3264

۴. نتیجه گیری

با توجه به موارد ذکر شده این نتیجه حاصل می‌شود که تابع چگالی احتمال مشترک پیشنهاد شده نسبت به مدل‌های دیگری منعطف‌تر و کامل‌تر بوده و قادر است در مورد رژیم‌های مسیر باد در مناطقی با مدهای مختلف به‌خوبی عمل می‌کند. این مدل در مورد داده‌های دریای خزر نیز، در تمامی موارد بهتر بوده و در مقایسه با سایر مدل‌ها سازگاری بیشتری با داده‌ها دارد.

منابع

- [1]- Carta, A., Ramirez, P., Bueno, C. (2008), A joint probability density function of wind speed and direction for wind energy analysis, Energy Conversion and Management, Vol. 49, 1309–1320.
- [2]- McWilliams B, Newmann MM, Sprevak D. (1979), The probability distribution of wind velocity and direction. Wind Eng, Vol. 3, 269–73.
- [3]- Weber, R. (1977), Estimators for the standard deviation of horizontal wind direction. J Appl Meteorol, Vol. 36, 1407–15.
- [4]- Weber, R. (1991), Estimator for the standard deviation of wind direction based on moments of the Cartesian components. J Appl Meteoro, Vol. 30, 1341–53.
- [5]- ghader, S., Namin, M. Chegini F., Bohloully A., (2014), Hindcast of Surface Wind Field over the Caspian Sea Using WRF Model., in proceedings of The 11th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures (ICOPMAS 2014), Tehran, Iran, 24-26 Nov. 2014.



تحلیل موردی توفان گرد و خاک بر روی خلیج فارس با استفاده از

تصاویر ماهواره و مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا

غفاریان، پروین^{۱*}، تاج‌بخش، سحر^۲، پگاه‌فر، نفیسه^۳، مبارک‌حسن، الهام^۴

۱. گروه پیش‌بینی جوی، پژوهشکده علوم جوی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
 ۲. گروه کاوش‌های جوی، پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران
 ۳. گروه پدیده‌های هوا دریا، پژوهشکده علوم جوی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران
 ۴. گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
- p.ghafarian@inio.ac.ir

چکیده

در این تحقیق توفان گرد و خاک که در تاریخ ۱۸ و ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ بر روی خلیج فارس گسترش یافته بود، بررسی گردید. بدین منظور از داده‌های دید افقی سازمان هواشناسی کشور، تصاویر ماهواره MODIS و مدل‌های NAAPS و HYSPLIT استفاده شد. تصاویر ماهواره گسترش گرد و خاک را از روی کشور عراق و جنوب غرب ایران به سوی خلیج فارس را نشان می‌دهند. خروجی مدل NAAPS مقادیر قابل توجهی از غلظت غبار را بر روی خلیج فارس نشان می‌دهد که تراز ۸۰۰ هکتو پاسکال گسترش یافته است. مدل HYSPLIT منشأ غبار را در جنوب غرب ایران و کشور عراق نشان می‌دهد. که می‌تواند ناشی از خشکسالی‌های بلند مدت در کشورهای حاشیه خلیج فارس باشد.

کلید واژه: توفان گرد و خاک، خلیج فارس، مدل NAAPS، مدل HYSPLIT

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر تشدید خشکسالی در منطقه خاورمیانه باعث هجوم ذرات غبار توسط باد شمال به سوی ایران و عراق شده است [۱]. در تاریخ ۱۸ و ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ توفان شدید گرد و خاک بر روی کشورهای حاشیه خلیج فارس شکل گرفت و سپس به سوی خلیج فارس گسترش یافت. گرد و خاک توسط باد شمال از روی عراق و ایران به سوی دریا کشیده و دید افقی در آن منطقه به شدت کاهش یافت شد. شدت توفان به قدری بود که منجر به قطعی برق در برخی شهرهای استان خوزستان شد. دید تا حد صفر در برخی ساعت‌ها رسید. هدف از این تحقیق بررسی چشمه و تحلیل توفان گرد و خاک در این نمونه موردی با استفاده از مدل‌های عددی و تصویر ماهواره است.

۲. مواد و روش‌ها

داده‌های دید افقی از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. تصویر ماهواره‌ی مادیس برای بررسی غلظت و گسترش گرد و خاک بر منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد. همچنین دو مدل هواشناسی NAAPS و HYSPLIT برای بررسی مسیر، چشمه و غلظت غبار به کار گرفته شد. مدل NAAPS، سامانه‌ای کاربردی برای پیش‌بینی گرد و خاک، سولفات و هواویزهای دود است که در مرکز تحقیقاتی نیروی دریایی در مونتگمری کالیفرنیا تهیه شده است (<http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/>). مدل HYSPLIT مدلی است با دو رهیافت لاگرانژی و اویلری که

توسط آن می‌توان مسیر پیشین ذرات را در جو یافت [۲]. در این تحقیق برای بررسی شدت توفان از داده‌ی دید افقی و تصویر ماهواره، برای بررسی مسیر توفان از مدل HYSPLIT و برای غلظت و گسترش قائم آن در جو از مدل NAAPS استفاده شد.

۳. نتایج

جدول ۱ دید افقی را در روزهای ۱۸ و ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ در دو شهر اهواز و آبادان را نشان می‌دهد. شکل ۱ تصویر ماهواره‌ی مادیس در تاریخ ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ است که گسترش گرد و خاک را بر روی خلیج فارس نشان می‌دهد. خروجی مدل NAAPS، غلظت گرد و غبار را به میزان ۴۰۰ میکروگرم بر متر مکعب بر روی خلیج فارس را نشان می‌دهد که از سطح زمین تا ۹۰۰ هکتوپاسکال گسترش یافته است. همچنین میزان غبار تا تراز ۸۰۰ هکتوپاسکال قابل ملاحظه است. جهت باد نیز غربی و شمال غربی است (شکل ۲).

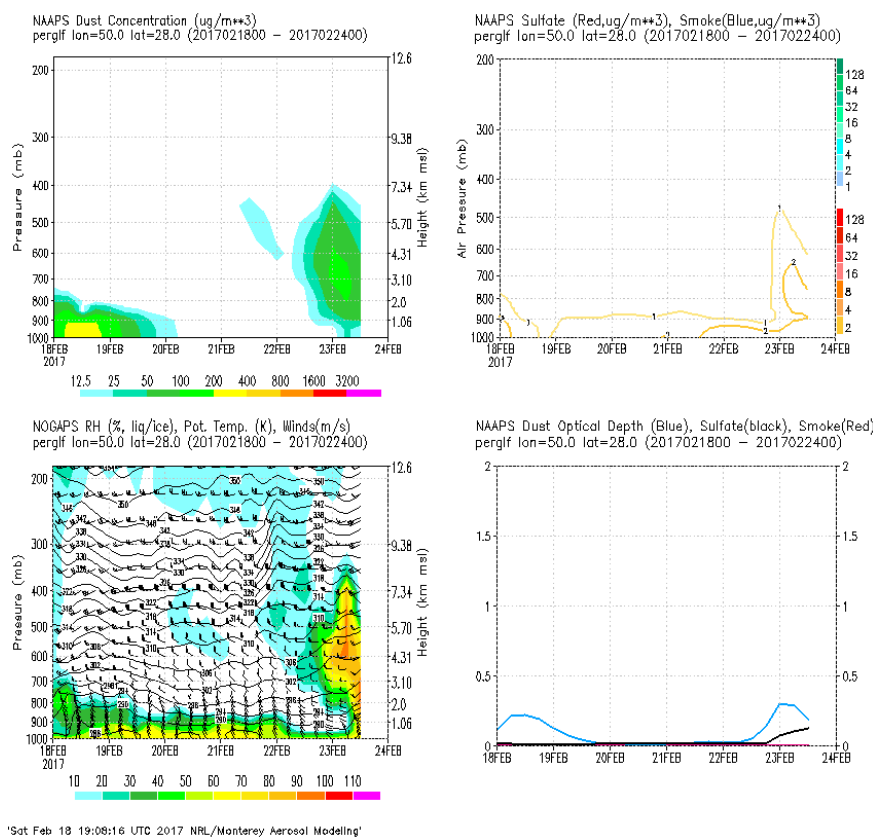
نتایج مدل HYSPLIT نشان می‌دهد که غلظت غبار بر روی خلیج فارس در تاریخ ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ قابل ملاحظه است. همچنین مسیر ورود ذرات غبار بر روی خلیج فارس را جنوب غرب و غرب ایران و کشور عراق نشان می‌دهد (شکل ۳).

جدول ۱: دید افقی به متر در تاریخ ۱۸ و ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ برای شهرهای آبادان و اهواز

ABADAN				AHVAZ			
18 FEB		19 FEB		18 FEB		19 FEB	
Hour	Visibility	Hour	Visibility	Hour	Visibility	Hour	Visibility
00	10000	00	2500	00	10000	00	1500
03	3000	03	2000	03	2500	03	1500
06	500	06	500	06	500	06	1100
09	2000	09	10000	09	500	09	2800
12	3000	12	10000	12	700	12	0
15	1800	15	10000	15	1000	15	7000
18	3000	18	10000	18	1000	18	10000
21	2500	21	10000	21	1400	21	10000



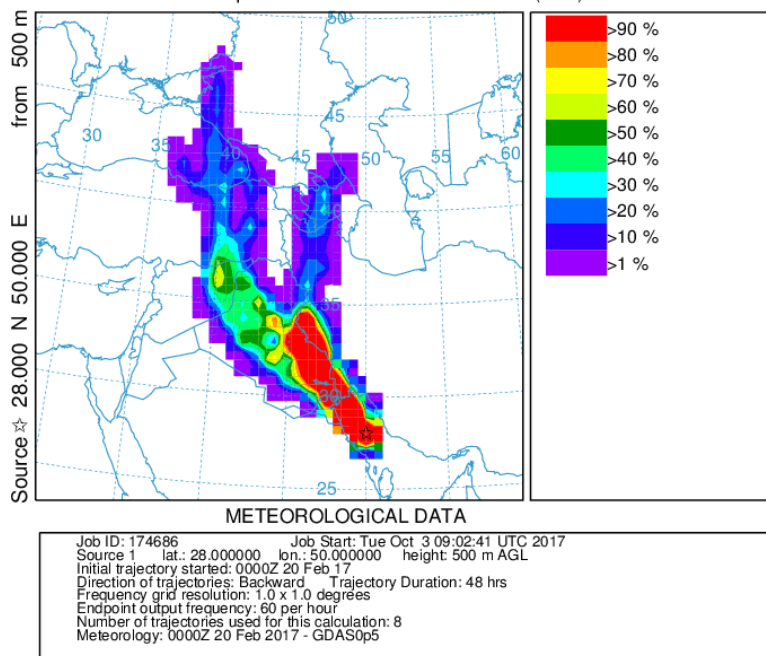
شکل ۱: تصویر ماهواره Modis در تاریخ ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ بر روی خلیج فارس



شکل ۲: خروجی مدل NAAPS برای غلظت گرد و غبار در تاریخ ۱۸ و ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ بر روی خلیج فارس

NOAA HYSPLIT MODEL - TRAJECTORY FREQUENCIES

endpts per grid sq./# trajectories (%) 0 m and 99999 m
Integrated from 0000 20 Feb to 0600 16 Feb 17 (UTC) [backward]
Freq Calculation started at 0000 00 00 (UTC)



شکل ۳: خروجی مدل HYSPLIT برای مسیر ذرات گرد و غبار در تاریخ ۱۸ و ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ بر روی خلیج فارس

۴. نتیجه گیری

شدت توفان در تاریخ ۱۸ و ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ در منطقه مورد مطالعه به حدی بود که دید افقی به شدت در شهرهای جنوب غربی ایران کاهش یافت و منجر به قطعی برق در استان خوزستان گردید. خروجی مدل های عددی وضع هوا و تصاویر ماهواره نشان داد که رخداد توفان گرد و

خاک در تاریخ ۱۸ و ۱۹ فوریه ۲۰۱۷ بر روی خلیج فارس منشا غرب و جنوب غرب ایران، همچنین کشور عراق داشته است. به دلیل وقوع خشکسالی‌های طولانی مدت در منطقه خاورمیانه، تعداد و شدت این رخدادهای سال‌های اخیر افزایش یافته است.

منابع

[۱]- نام خانوادگی، حرف اول نام، (سال چاپ) نام کامل مقاله/کتاب، نام کامل مرجع، شمارگان چاپ، شماره صفحات مربوطه.

[2]- Abdi Vishkaee, F., Flamant, C., Cuesta, J., Oolman, L., Flamant, P. and Khalesifard, H.R., (2012), Dust transport over Iraq and northwest Iran associated with winter Shamal: A case study. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D3).

[3]- Draxler, R. R., Rolph, G. D. (2012), HYSPLIT (hybrid single particle Lagrangian integrated trajectory) model access via NOAA ARL. NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.



مطالعه و بررسی داده‌های سرعت باد ECMWF در سواحل شرقی دریای خزر با استفاده از نرم‌افزار

جوی سپهر

شیعه، مریم، شیعه، میلاد

شرکت داده‌پردازان و نواندیشان اقلیمی کاسپین، مشهد، ایران

m.shica@gmail.com

چکیده

در این مطالعه، مولفه‌های افقی سرعت باد (ده متری)، داده‌های مرکز ECMWF از سری داده‌های باز تحلیل (forecast) ERA-Interim شش ساعته با قدرت تفکیک نیم درجه در محدوده دریای خزر و سواحل شرقی دریای خزر، توسط نرم‌افزار جوی سپهر (فارسی زبان) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. با استفاده از این نرم‌افزار این داده‌ها در فواصل زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ در ماه‌های گرم سال مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج خروجی‌های این نرم‌افزار نشان داده که میانگین پنج ساله (۲۰۰۰-۲۰۰۴) جهت سرعت باد غالب در ماه‌های گرم سال از شمال به سوی جنوب است که قوی‌ترین شکل این الگو در ماه جولای مشاهده شده، اما در ماه سپتامبر این الگو بسیار ضعیف شده است.

کلید واژه: ECMWF، دریای خزر، نرم‌افزار جوی سپهر، سرعت باد، الگوی باد غالب

۱. مقدمه

دریای خزر در بین عرض‌های جغرافیایی 33° تا 36° و 47° و طول‌های جغرافیایی 43° تا 52° قرار گرفته است. با توجه به محدوده عرض‌های جغرافیایی منطقه و قرارگیری بخش شمالی دریای خزر در عرض‌های جغرافیایی نسبتاً بالا، واداشتها و ویژگی‌های جوی در این منطقه دارای تغییرات مکانی و زمانی قابل ملاحظه‌ای هستند. میدان و الگوی باد نیز یکی از موثرین واداشتها برای جریان‌ات و پدیده‌های فیزیکی در این دریا به‌شمار می‌آید [۱]. به عنوان مثال از اواسط بهار تا اواخر تابستان الگوی باد تقریباً از شمال به سوی جنوب است و بیشترین سرعت باد در منطقه شرق پشته آبشوران ایجاد می‌شود که این واقعیت سبب ایجاد پدیده فراجوشی در سواحل شرقی خزر می‌شود [۲، ۳، ۴]. در این مطالعه به منظور بررسی دقیق‌تر الگوی باد در ماه‌های گرم در سواحل شرقی خزر و تأثیرات آن در این منطقه، در بازه پنج ساله (از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) به بررسی مولفه‌های باد افقی، جهت وزش باد و گل‌باد منطقه پرداخته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

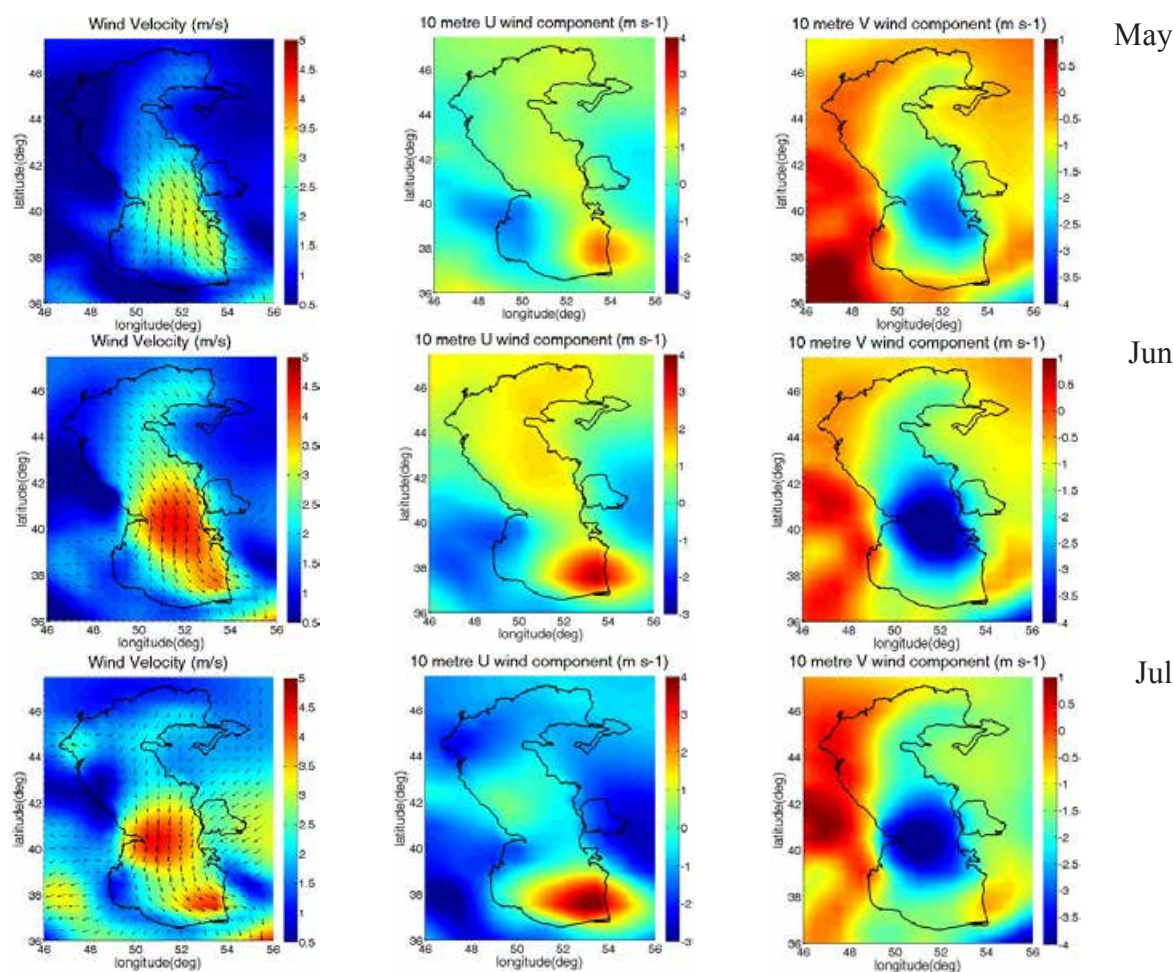
در این مطالعه در یک بازه پنج ساله (طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) به بررسی میدان و الگوی باد دریای خزر، به ویژه در فصول گرم و در سواحل شرقی خزر، توسط نرم‌افزار جوی سپهر پرداخته شده است. سپس با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای AVHRR GHRSSST level 4 سال ۲۰۰۴ طی ماه‌های جون تا آگوست دمای سواحل شرقی مقایسه‌ای با الگوی باد (حاصل از نتایج نرم‌افزار) در ماه‌های ذکر شده سال ۲۰۰۴ صورت گرفته تا اثرات الگوی باد بر دمای منطقه نشان داده شود.

۲-۱. نرم‌افزار جوی سپهر

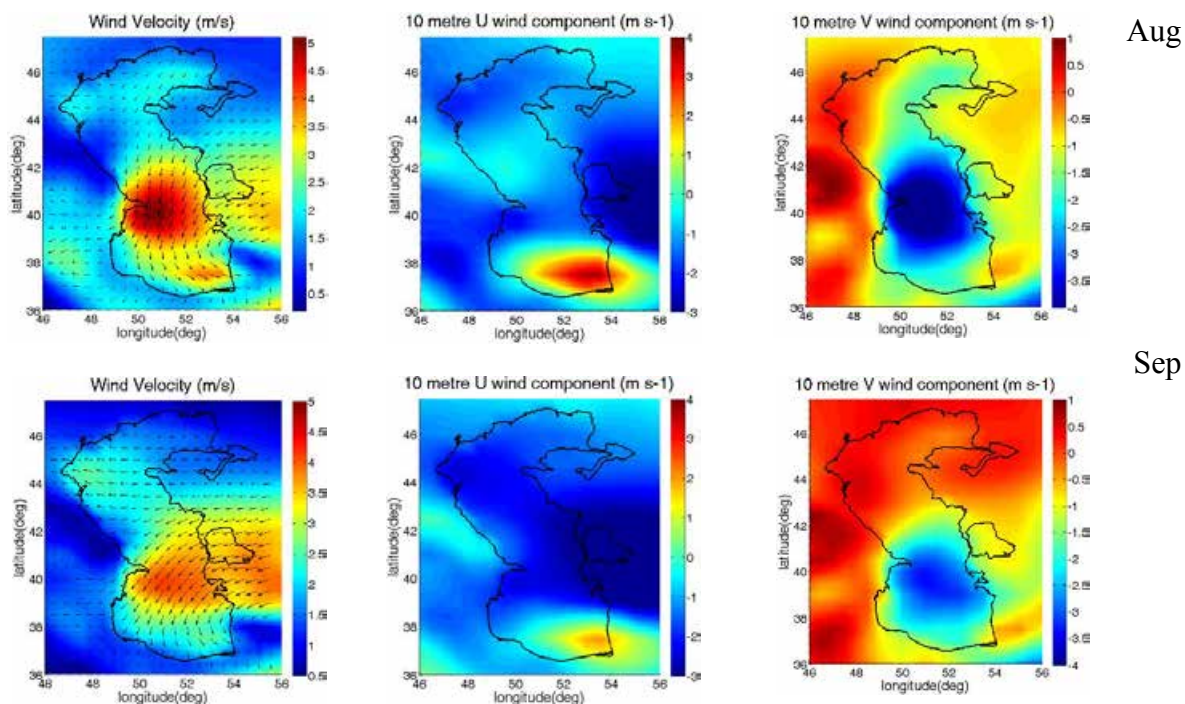
این نرم‌افزار فارسی زبان است و در شرکت داده‌پردازان و نواندیشان اقلیمی کاسپین برای محدوده ایران (البته در بخش آبی شامل تمامی حوضه‌های دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان) طراحی و تولید شده؛ نرم‌افزار سپهر توانایی انجام محاسبات آماری بر روی ۸۲ پارامتر جوی از داده‌های مرکز ECMWF از سری داده‌های باز تحلیل ERA-Interim (forecast) (شش ساعته با قدرت تفکیک نیم درجه) برای دوره ۳۸ ساله (از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۶) با سرعت عملیاتی بالا را دارد. نتایج محاسبات آماری توسط نرم‌افزار سپهر به صورت رسم شکل نمایش داده خواهد شد. عملیات و نمایش محاسبات مختلف آماری قابل اجرا توسط این نرم‌افزار شامل: ۱- رسم دوبعدی میانگین گیری ۲- رسم دوبعدی واریانس ۳- رسم دوبعدی انحراف معیار ۴- رسم دوبعدی مقادیر بیشینه/کمینه ۵- رسم سری‌های زمانی ۶- رسم گل‌بادها ۷- رسم دوبعدی بردارهای سرعت باد، است که هفت عملیات ذکر شده برای تمامی استان‌ها و حوضه‌های دریایی به صورت‌های الف) روزانه ب) ماهیانه ج) فصلی د) سالیانه ه) چند سالیانه و) ماه/ سال قابل اجرا است. جهت بررسی دقیق‌تر مناطق مورد نیاز، محدوده هریک از استان‌ها و دریاها به صورت جداگانه نمایش داده شده و خطوط مرزی استان‌ها و خطوط مرزهای ساحلی در شکل‌ها قابل رویت هستند [۵].

۳. نتایج

در شکل ۱، مولفه‌های افقی سرعت باد (U و V)، تندى و جهت سرعت باد میانگین در طول پنج سال (۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) در ماه‌های می تا سپتامبر توسط نرم‌افزار جوی سپهر نشان داده شده‌اند.

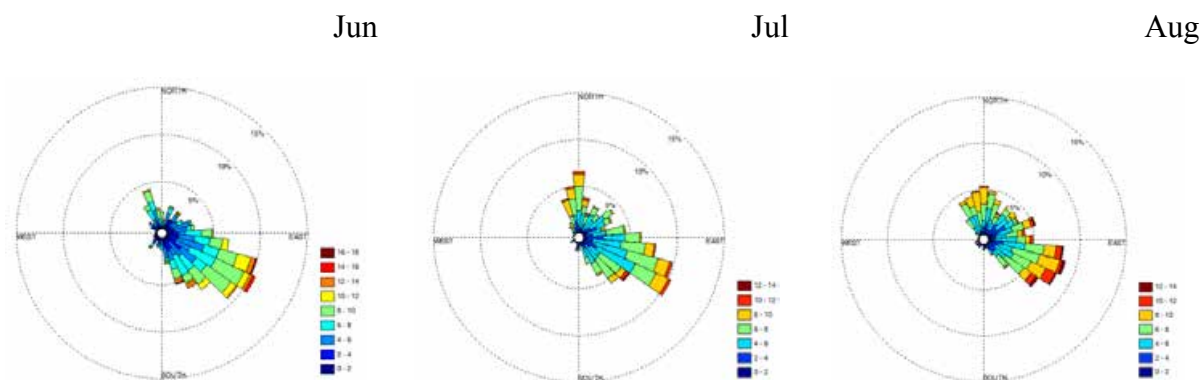


شکل ۱: میانگین پنج ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) مولفه سرعت‌های باد افقی (U) و (V) و تندى و جهت باد در ماه‌های می تا سپتامبر (محاسبه و رسم توسط نرم‌افزار جوی سپهر)



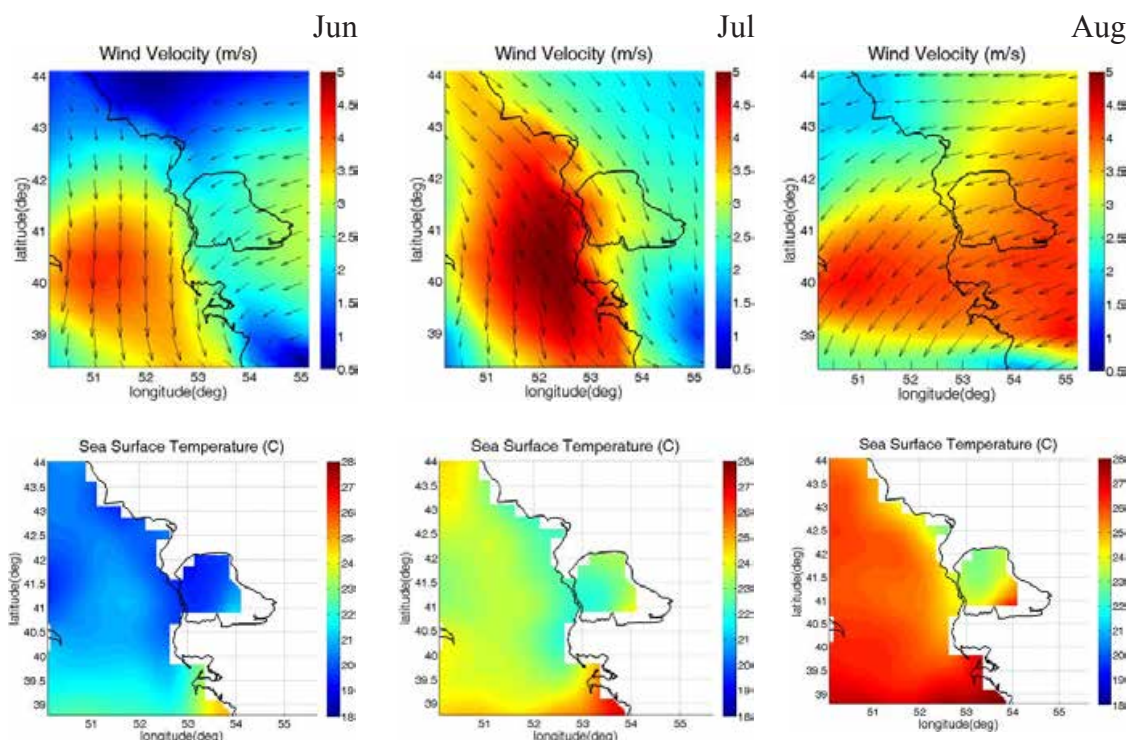
ادامه‌ی شکل ۱: میانگین پنج ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴) مولفه سرعت‌های باد افقی (U) و (V) و تندی و جهت باد در ماه‌های می تا سپتامبر (محاسبه و رسم توسط نرم‌افزار جوی سپهر)

نتایج نشان می‌دهد در این محدوده مولفه باد در راستای محور x تقریباً کمترین مقادیر را نسبت به دیگر نقاط داشته و در راستای محور y دارای مقادیر نسبتاً بیشتری است؛ این مساله سبب شده تا در سواحل شرقی خزر سرعت باد غالب تقریباً به سوی جنوب شود. همچنین در ماه جون مقدار سرعت در محور y در این ناحیه بیشترین مقادیر را داشته است. با توجه به مقادیر تندی و جهت سرعت باد در طی ماه‌های می تا سپتامبر در میانگین این بازه زمانی پنج ساله، بیشترین مقدار سرعت در ماه جون در سواحل شرقی وجود داشته و جهت باد در ماه جولای نسبت به دیگر ماه‌ها در این منطقه در بیشترین وضعیت به‌سوی جنوب بوده است. در شکل ۲، گل‌باد توسط نرم‌افزار در طی این بازه پنج ساله در سه ماه جون، جولای و آگوست در نقطه $41.5^{\circ} N$ و $52.5^{\circ} E$ مورد بررسی قرار گرفته است که نشان‌دهنده باد غالب در این نقطه است.



شکل ۲: رسم گل‌باد در ماه‌های جون، جولای و آگوست در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ (محاسبه و رسم توسط نرم‌افزار جوی سپهر)

در شکل ۳، مقایسه‌ای بین سرعت باد در منطقه و داده‌های دمای سطح آب (level 4 AVHRR GHRSSST) صورت گرفته است. با توجه به این شکل در این ناحیه جهت باد غالب سبب دور شدن آب‌های ساحلی از ساحل شده و آب‌های زیرسطحی جایگزین آب‌های سطحی ناحیه ساحلی شده و بدین ترتیب دمای سواحل شرقی خزر نسبت به دیگر نقاط مقدار کمتری را نشان می‌دهد.



شکل ۳: میانگین میدان و جهت سرعت باد (شکل‌های بالا) و میانگین دمای سطح آب (شکل‌های پایین) در ماه‌های جون، جولای و آگوست (سال ۲۰۰۴)

۴- نتیجه گیری

مطالعات و شواهد مختلف پژوهشگران در گذشته نشان داده که پدیده فراچوسی در سواحل شرقی خزر در ماه‌های گرم سال در این منطقه رخ می‌دهد. در این مطالعه، با بررسی داده‌های باد از سری داده‌های (ECMWF) در یک میانگین پنج ساله در ماه‌های می تا سپتامبر می‌توان مشاهده نمود که در این منطقه جهت باد غالب، عموماً به سوی جنوب بوده و از طرفی میانگین دمای سطح آب در این مناطق تأییدی بر تأثیر جهت وزش باد و انتقال آب از مناطق ساحل به دور از سواحل بوده، به‌طوری سبب کاهش دمای سطح آب سواحل شرقی خزر گردیده است.

تشکر و قدردانی

لازم می‌دانیم از جناب آقای پروفیسور بیدختی در ارائه نظرات و پیشنهادات ارزشمندشان در تهیه نرم‌افزار جوی سپهر قدردانی نماییم.

منابع

- [۱] شیعه، م، علی اکبری بیدختی، ع، چگینی، و، (۱۳۹۴) تعیین اثر واداشت‌های مهم بر گردش دریای خزر با استفاده از شبیه‌سازی عددی. مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۹، شماره ۳، صفحات ۱۱۸-۱۴۲.
- [۲] شیعه، م، علی اکبری بیدختی، ع، (۱۳۹۴)، مطالعه و بررسی پدیده فراچوسی در سواحل شرقی خزر میانی با استفاده از شبیه‌سازی عددی. مجله فزیک زمین و فضا، جلد ۴۱، شماره ۳، صفحات ۵۳۵-۵۴۵.
- [۳]- شیعه، م، (۱۳۹۶)، معرفی نرم‌افزار جوی سپهر، برنامه علوم و فنون دریایی، سال بیست و یکم، صفحه ۲۱.

- [4] Kosarev, A. N. and Tuzhilkin, V. S. (1995), Klimaticheskie termohalinnye polya Kaspiiskogo moray, *Moscow University Press*, Moscow, Russia.
- [5] Sur, H. I., Ozsoy, E., and Ibrayev, R. (1998) Satellite – Derived Flow Characteristics of the Caspian Sea, in: *Satellites, Oceanography and Society*, edited by: Halpern, D., *Elsevier Science B. V.*, 289–297.



راستی آزمایی منطقه ای بادهای شدید و طوفان در استان اصفهان با طرحواره های فیزیکی و گام های مکانی مختلف

لیلا امینی^۱، مجید بیجندی^۲، غلامرضا خاکیان دهکردی^۳، فاطمه زهراسیدان^۴

۱- رئیس اداره تحقیقات هواشناسی اصفهان

۲- مدیر کل هواشناسی اصفهان

۳- کارشناس هواشناسی کشاورزی اصفهان

۴- کارشناس مرکز پیش بینی اصفهان

چکیده

سامانه های جوی با توجه به اقلیم مناطق شرایط جوی خاصی را ایجاد می کنند. براین اساس ارائه پیش بینی دقیق زمانی با استناد برمدل های بزرگ مقیاس امکان پذیر نیست. مدل های میان و خرد مقیاس نیز تنها با گام های مکانی و زمانی کوتاه و تعیین طرحواره های مناسب در امر پیش بینی جوابگو می باشد. در این تحقیق، توفان تاریخ ۲۷ ژانویه و ۲۶ می ۲۰۱۵ در استان اصفهان با استفاده از مدل WRF شبیه سازی و برای هر مورد ۵ طرحواره که جمعاً ۱۰ پیکربندی موردپژوهش قرار گرفت. در مورد توفان مورخ ۲۶ می ۲۰۱۵ گام های مکانی ۵ / ۱۳ و ۵ / ۴ و درموردتوفان ۲۷ ژانویه گام مکانی ۹ و ۳ کیلومتر انتخاب گشت. در هر ۵ پیکربندی باثابت نگهداشتن شرایط و تنها تغییر شرایط میکروفیزیکی تحقیق و مقایسه انجام شد. نتایج راستی آزمایی پهنه بندی نشان داد که براساس پهنه بندی ها بیشینه باد نمایش داده شده در محدوده ۲۰ تا ۳۰ متربرثانیه می باشد که بیانگر وقوع توفان است. مکان وقوع توفان ووزش باد شدید بطور پهنه بندی بخوبی مشخص می باشدولی باتوجه به اینکه در برخی نقاطسرعت باد بیش از ۳۰ متر برثانیه گزارش شده و احتمال وقوع در نقاط کوهستانی بیشتر بوده هیچ کدام ازاین ۱۰ طرحواره میکروفیزیکی باد بیش از ۳۰ متربرثانیه را نشان نداده است.

کلیدواژه: مدل WRF، گام مکانی و زمانی، طرحواره های فیزیکی، باد شدید اصفهان، توفان اصفهان، راستی آزمایی

۱. مقدمه:

سامانه های جوی با توجه به اقلیم مناطق شرایط جوی خاصی را ایجاد می کنند. براین اساس ارائه پیش بینی دقیق زمانی با استناد برمدل های بزرگ مقیاس امکان پذیر نیست. مدل های میان و خرد مقیاس نیز تنها با گام های مکانی و زمانی کوتاه و تعیین طرحواره های مناسب در امر پیش بینی جوابگو می باشد. در این تحقیق، توفان تاریخ ۲۷ ژانویه و ۲۶ می ۲۰۱۵ در استان اصفهان با استفاده از مدل WRF، شبیه سازی و برای هر مورد ۵ طرحواره که جمعاً ۱۰ پیکربندی موردپژوهش قرار گرفت. در مورد توفان مورخ ۲۶ می ۲۰۱۵ گام های مکانی ۱۳ / ۵ و ۴ / ۵ و درموردتوفان ۲۷ ژانویه گام مکانی ۹ و ۳ کیلومتر انتخاب گشت. در هر ۵ پیکربندی باثابت نگهداشتن شرایط و تنها تغییر شرایط میکروفیزیکی تحقیق و مقایسه انجام شد. نتایج راستی آزمایی پهنه بندی نشان داد که براساس پهنه بندی ها بیشینه باد نمایش داده شده در محدوده ۲۰ تا ۳۰

متربرثانیه می باشد که بیانگر وقوع توفان است. مکان وقوع توفان ووزش باد شدید بطور پهنه بندی بخوبی مشخص می باشدولی باتوجه به اینکه در برخی نقاطسرعت باد بیش از 30 متر برثانیه گزارش شده و احتمال وقوع در نقاط کوهستانی بیشتر بوده هیچ کدام ازاین 10 طرحواره میکروفیزیکی باد بیش از 30 متربرثانیه را نشان نداده است.

۲. مواد و روش‌ها:

جهت اجرای مدل ، تعیین حوزه های مکانی از نظر طول و عرض جغرافیایی و تعیین ابعاد شبکه مهم و اساسی است. با توجه به هدف اصلی مدل که راستی آزمایی و اجرای مدل بادرجات تفکیک بالا در گام های زمانی کمتر از پنج کیلومتر می باشد ابتدا حوزه های انتخابی با توجه به شرایط استاندارد به شرح زیر انتخاب شد.

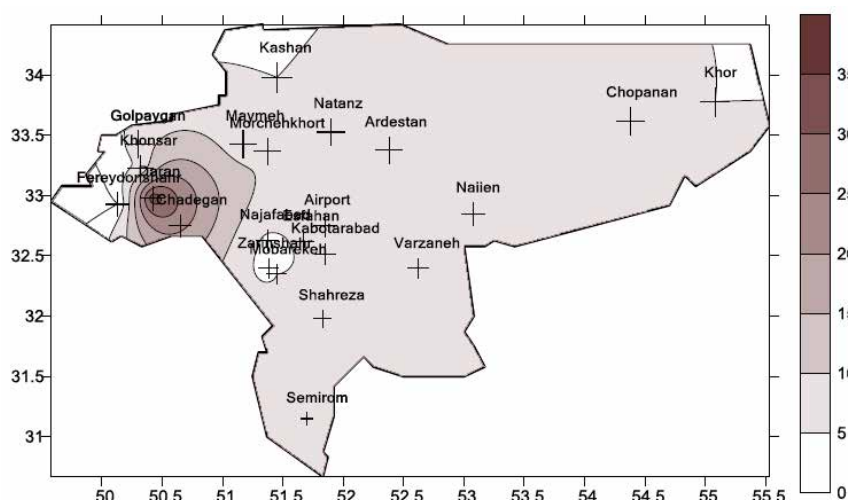
الف)حوزه ۴.۵ - ۱۳.۵ کیلومتری: در اینکار دو حوزه با گام های مکانی ۱۳.۵ و ۴.۵ انتخاب گشت. حوزه اول از ۴۵ تا ۵۹ درجه غربی طول جغرافیایی و ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی عرض جغرافیایی باگام مکانی ۱۳.۵ کیلومتر، حوزه دوم از ۴۶ تا ۵۸ درجه غربی طول جغرافیایی و ۲۸ تا ۳۶ درجه شمالی عرض جغرافیایی باگام مکانی ۴.۵ کیلومرتعیین شدند. ۵ طرحواره میکروفیزیکی از قبیل - - WSM5 - WSM3 - Lin - Kessler (new eta)FERRIER بااین دوگام مکانی مورد مقایسه با واقعیت قرار گرفتند.

ب (حوزه 3 - 9 کیلومتری

در اینکار دو حوزه با گام های مکانی 9 و 3 انتخاب گشت. حوزه اول از 44 تا 59 درجه غربی طول جغرافیایی و 28 تا 36 درجه شمالی عرض جغرافیایی باگام مکانی 9 کیلومتر، حوزه دوم از 45 تا 58 درجه غربی طول جغرافیایی و 29 تا 36 درجه شمالی عرض جغرافیایی باگام مکانی 3 کیلومتر تعین شدند. که از 5 طرحواره میکروفیزیکی Morrison - 2 momet) - Milbrant Yau - THOMPSON - Goddar - WSM 6 (2moments) جهت شبیه سازی استفاده شد. در این مقاله به خاطر محدودیت صفحات یک مورد از نتایج در زیر آورده شده است.

۳. نتایج

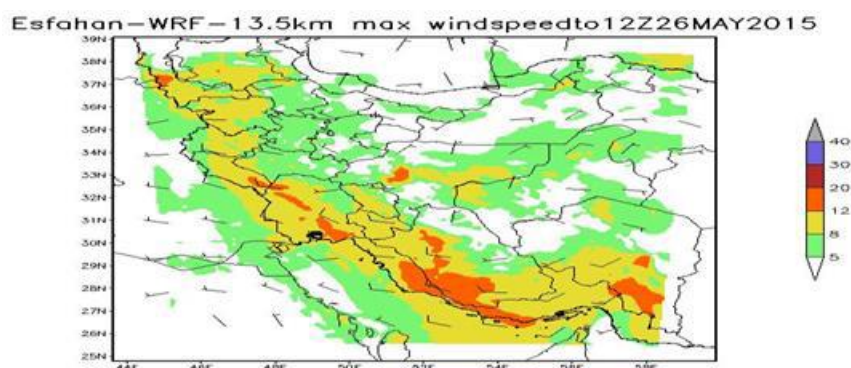
براساس پهنه بندی واقعی بارش طبق شکل (۱) نشان می دهد که درگستره طول جغرافیایی 50.2 تا 50.7 وزش باد درحد توفان بوده که با توجه به عدم ایستگاه واطلاعات خام در این مکان احتمال وقوع توفان درنقاط بدون ایستگاه و ارتفاعات نیز وجود داشته است.



شکل (۱) گره مربوط به بیشینه سرعت باد دیده بانی شده در تاریخ 2015-05-26

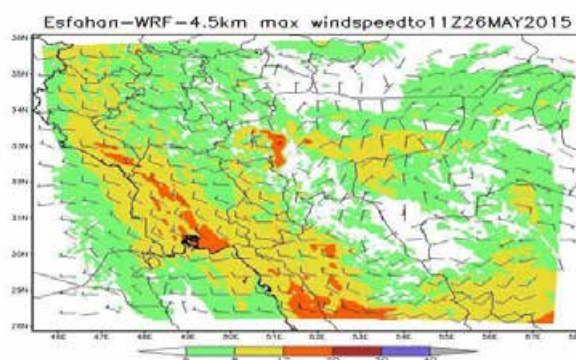
مقایسه تندی وزش باد واقعی با خروجی بیشینه تندی باد با درجه تفکیک 13.5 کیلومتر در تاریخ 20150526 با دومین طرحواره

گرته خروجی مدل با درجه تفکیک 13.5 کیلومتر برروی بیشینه سرعت باد نشان می‌دهد که درگستره طول جغرافیایی 51.5 تا 52.5 بیشینه تندی باد بین 12 تا 20 متربرثانیه بوده که در محدوده باد شدید می‌باشد و آثاری از وقوع توفان در این نقشه وجود ندارد همچنین گستره وقوع نسبت به واقعیت کوچکتر می‌باشد.



شکل (۲) خروجی بیشینه باد و درجه تفکیک 13.5 کیلومتر مورخ. 2015.05

گرته خروجی مدل با درجه تفکیک 4.5 کیلومتر برروی بیشینه سرعت باد نشان می‌دهد که درگستره طول جغرافیایی 50.5 تا 51.5 بیشینه تندی باد بین 12 تا 20 متربرثانیه بوده که در محدوده باد شدید می‌باشد و در محدوده طول جغرافیایی 51 تا 52 درجه وزش باد به 20 تا 30 متربرثانیه رسیده که نمایانگر وقوع توفان است، که می‌تواند درست باشد ولی مکان واقعی وزش باد شدید و میزان آن دقیق نیست هرچند نسبت به درجه تفکیک 13.5 کیلومتر دقت بیشتری درزمینه مکان و میزان داشته است



شکل (۲) خروجی بیشینه باد و درجه تفکیک 4.5 کیلومتر مورخ. 2015.05

۴. نتیجه گیری

با توجه به مقایسه های انجام شده بین خروجی مدل و واقعیت ناشی از پهنه بندی ها نتایج زیر حاصل گشت:

1- مدل درزمینه نشان دادن منطقه ناپایداری شدید خیلی دقیق بوده بویژه درگام های مکانی کمتر دقیق ترعمل کرده است بررسی زمانی نشان می‌دهد که زمان وقوع نیز به خوبی نشان داده شده است. باتوجهبه عدم ایستگاه در برخی مکانهای کوهستانی و ارتفاعات مسلماً مقایسه نقطه ای با خطای بیشتری همراه است هرچند مکان های درگیر با بلایا اکثر مواقع این نقاط می باشد و پهنه بندی خروجی ها گام موثری در شناخت و پیش بینی و پیشگیری این بلایا می گردد.

2- براساس پهنه بندی ها بیشینه باد نمایش داده شده در محدوده 20 تا 30 متر برثانیه می باشد که مبین وقوع توفان است ولی باتوجه به اینکه در برخی نقاط بیش از 30 متر برثانیه گزارش شده و احتمال وقوع در نقاط کوهستانی بیشتر بوده هیچ کدام از این 10 طرحواره میکروفیزیکی باد بیش از 30 متربرثانیه را نشان نداده است.

منابع

- [۱] آزادی، م.، جعفری، س. و کلاته سیفری، ز. (۱۳۸۸). "ارزیابی عملکرد مدل WRF در ایران برای پیش‌بینی بارش با استفاده از طرحواره‌های فیزیکی مختلف: مطالعه موردی"، دوازدهمین کنفرانس دینامیک شاروها، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران.
- [۲] شیرغلامی، م. (۱۳۸۹). پس‌پردازش برون‌داد مدل WRF برای بارندگی در ایران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- [3] Improvement of forecasting heavy rainfall events using Weather Research and Forecasting (WRF) model .By Mohammad Alfi Hasan.MASTER OF SCIENCE IN WATER RESOURCES DEVELOPMENT.INSTITUTE OF WATER AND FLOOD MANAGEMENT .BANGLADESH UNIVERSITY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY .November, 2014
- [4] Hsieh, W. W. and Tang, B. (1998), "Applying neural network models to prediction and data analysis in meteorology and oceanography. Bull", Amer. Meteor. Soc., 79, pp. 1855– 1

¹ Kuroshio Extension Observatory (KEO)