

بررسی پراکندگی پدیده کشند قرمز در سواحل بندرعباس

طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵

فاطمه میرزا اسماعیلی^۱، محمد صدیق مرتضوی*^۲، علی‌رضا دهقان بنادکی^۳، فرشته سراجی^۲

۱- دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست علوم و تحقیقات تهران

۲- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، بندرعباس

۳- دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس

Mseddiq1@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۰

چکیده

کشند قرمز هر ساله در مکان‌های مختلف سواحل بندرعباس گزارش می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات مکانی کشند قرمز در طی ۲۵ سال بر اساس بهترین روش زمین‌آماری است. ابتدا اطلاعات آماری کشند قرمز در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان جمع‌آوری شد و با دو معیار MAE و RMSE بهترین روش پهنه‌بندی انتخاب شد. نتایج نشان داد روش کریجینگ مدل شاخص احتمالی با $MAE=0/461$ و $RMSE=0/003$ بیشترین دقت در مدل‌سازی مکانی کشند قرمز را دارد. نتایج پهنه‌بندی نشان دادند سواحل مرکزی بندرعباس از روبروی فرودگاه تا انتهای پارک سورو در پهنه با تکرار خیلی زیاد، آبی‌پروری کولغان در شرق و بنادر شهید رجایی و باهنر در غرب بندرعباس در پهنه با تکرار زیاد کشند قرمز و مابین بندرعباس و جزیره هرمز در پهنه با تکرار متوسط بروز کشند قرمز قرار دارند. در کل می‌توان نتیجه گرفت فعالیت کانون‌های آلاینده در ساحل و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به سواحل موجب افزایش بروز کشند قرمز در نزدیکی سواحل بندرعباس شده است. تمرکز برنامه‌های پایش و مدیریت کشند قرمز در پهنه‌های با تکرار خیلی زیاد و زیاد کشند قرمز پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کشند قرمز، پهنه‌بندی، بندرعباس، جزیره هرمز، خلیج فارس

مقدمه

شکوفایی جلبکی مضر که عامیانه به‌عنوان کشند قرمز شناخته می‌شود در سال‌های اخیر در سواحل جنوبی ایران و خلیج فارس افزایش یافته است که همراه با اثرات زیان‌بار محیط‌زیستی (مرگ و میر آبزیان، سفید شدن مرجان‌ها، کاهش کیفیت آب)، اقتصادی (تعطیلی آب‌شیرین‌کن‌ها، نیروگاه‌ها و کاهش رونق گردشگری)، اجتماعی (تعطیلی مدارس، کاهش مصرف آبزیان و ترس از رفتن به ساحل) و سلامتی انسان (مسمومیت‌های حاد و حساسیت) بوده است (Burt *et al.*, 2016; Berkta, 2011; Nazzal, 2009; Saeedi *et al.*, 2011). گزارش‌های متعدد نشان می‌دهد که سواحل بندرعباس نسبت به بقیه سواحل جنوبی ایران بیشترین بروز کشند قرمز را داشته است و هر سال کشند قرمز در سواحل مشاهده شده است. سرازیر شدن حجم زیاد فاضلاب‌های شهری و صنعتی به سواحل بندرعباس مهم‌ترین دلیل افزایش بروز کشند قرمز در این ناحیه بوده است به‌گونه‌ای که مسبب اصلی ماندگاری بیش از ۹ ماه وسیع‌ترین کشند قرمز ثبت‌شده در دنیا را در سواحل بندرعباس تا تنگه هرمز را حجم زیاد نوترینت‌های قابل‌دسترس ناشی از ورود فاضلاب می‌دانند (Richlen *et al.*, 2010; Moradi and Kabiri, 2012). مطالعه روند تغییرات مکانی کشند قرمز و مشخص نمودن مکان‌هایی که بیشترین بروز کشند قرمز را داشته‌اند به‌منظور پیش‌بینی اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی کشند قرمز و کاهش اثرات اجتماعی و سلامتی انسان‌ها آن ضروری است (Wang and Wu, 2009; Shen *et al.*, 2011). سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های زمین‌آمار با توجه به بررسی پدیده‌های متغیر در زمان و مکان و تجزیه و تحلیل نقاط نمونه‌برداری شده با موقعیت‌های متفاوت به تولید یک سطح پیوسته می‌پردازند که می‌توان با اولویت‌های مختلف نشان داد که از روش‌های مفید و مناسب برای مطالعه پدیده کشند قرمز در سواحل هستند.

کاربرد انواع روش‌های مختلف درون‌یابی در شناسایی مناطق مستعد ساحلی در برابر کشند قرمز توسط بسیاری از محققان انجام شده است. Beverley و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه خود با استفاده از داده‌های چندین ساله کشند قرمز و روش‌های مختلف درون‌یابی به تعیین بهترین نقاط ساحل فلوریدا برای برنامه‌های پایش کشند قرمز پرداختند. Moanga (۲۰۱۵)، با استفاده از روش کریجینگ و وزن‌دهی معکوس فاصله شکوفایی *Karenia brevis* را در طی چند سال پهنه‌بندی کردند و نتایج نشان داد که مدل وزن‌دهی معکوس فاصله دقت بسیار مطلوبی را جهت طبقه‌بندی سواحل از لحاظ دفعات بروز کشند قرمز نشان می‌دهد. Xu و همکاران (۲۰۰۱)، با پهنه‌بندی کشند قرمز با روش وزن‌دهی معکوس (Inverse Distance Weighting, IDW) به بررسی تغییرات مکانی کشند قرمز و ارتباط آن با تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در دریاچه‌ای در چین پرداختند. Wang و Wu (۲۰۰۹)، در پژوهشی با استفاده از روش کندال و داده‌های شش‌ساله کشند قرمز به پهنه‌بندی سواحل دریای چین شرقی پرداختند. نتایج نشان داد که منطقه ساحلی زیجیانگ که مهم‌ترین منطقه شیلاتی است به‌عنوان نقطه داغ از لحاظ بیشترین دفعات بروز کشند قرمز است.

از اهداف اصلی این مطالعه بررسی بروز کشند قرمز از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ در سواحل بندرعباس و همچنین تحلیل پراکنش مکانی بروز کشند قرمز با استفاده از انواع روش‌های مختلف درون‌یابی در محیط GIS به‌منظور طبقه‌بندی نمودن نواحی ساحلی در برابر بروز کشند قرمز است تا برنامه ریزان بتوانند با شناسایی مهم‌ترین پهنه‌های ساحلی، برنامه‌های پایش متمرکز را ارائه دهند.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به‌منظور تحلیل پراکندگی مکانی کشند قرمز در سواحل بندرعباس از اطلاعات مکانی کشند قرمز در بندرعباس در طی ۲۵ سال (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵) که توسط پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان (مرتضوی و همکاران، ۱۳۸۸؛ ۱۳۹۵) ثبت‌شده، استفاده گردید. پس از کنترل و صحت اطلاعات آزمون نرمال بودن اطلاعات با استفاده از آزمون کلموگرف-اسمیرنوف در محیط SPSS، اقدام به محاسبه برازش مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضایی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار

ARC GIS10 گردید. به منظور پهنه‌بندی و تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی کشند قرمز از دو روش وزن‌دهی معکوس فاصله با سه توان ۱، ۲، ۳ از مدل‌های جبری و قطعی (Childs, 2004) و کریجینگ با مدل‌های کروی، دایره‌ای، نمایی، گوسین از مدل‌های احتمالی (ESRI, 2012) استفاده شد. به‌طور کلی نمی‌توان یکی از روش‌های پهنه‌بندی را به‌عنوان بهترین روش برای تمامی مطالعات برگزید بلکه برای هر کاربرد خاص یک روش بهینه وجود دارد. برای ارزیابی کارایی روش‌های مختلف میان‌یابی و انتخاب بهترین روش، از تکنیک‌های اعتبار سنجی توابع ریشه دوم میانگین مربع خطا (Root Mean Square Error, RMSE) و میانگین مطلق خطا (Mean Absolute Error, MAE) (Negreiros *et al.*, 2011) استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج بررسی اسناد نشان می‌دهد که از سال ۱۳۷۰ تا اسفند ۱۳۹۵ در سواحل بندرعباس ۲۱۳ بار کشند قرمز رخ داده است. به دلیل اینکه کشند قرمز سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷ سواحل جنوبی ایران بزرگ‌ترین و ماندگارترین کشند قرمز ثبت‌شده در دنیا بوده است، لذا بروز این پدیده در این دوره زمانی را کشند قرمز خلیج فارس نامیده و در این مطالعه این بازه زمانی را معیاری برای تقسیم‌بندی سیر زمانی کشند قرمز در سواحل بندرعباس معرفی می‌شود. در دوره قبل از کشند قرمز خلیج فارس در طی ۱۱ سال، ۱۲ مورد کشند قرمز ثبت‌شده است. در دوره کشند قرمز خلیج فارس، در طی یک سال، ۱۶۰ بار کشند قرمز رخ داده است و در دوره بعد از کشند قرمز خلیج فارس، ۴۱ مورد کشند قرمز در طی ۶ سال در سواحل بندرعباس گزارش شده است (جدول ۱).

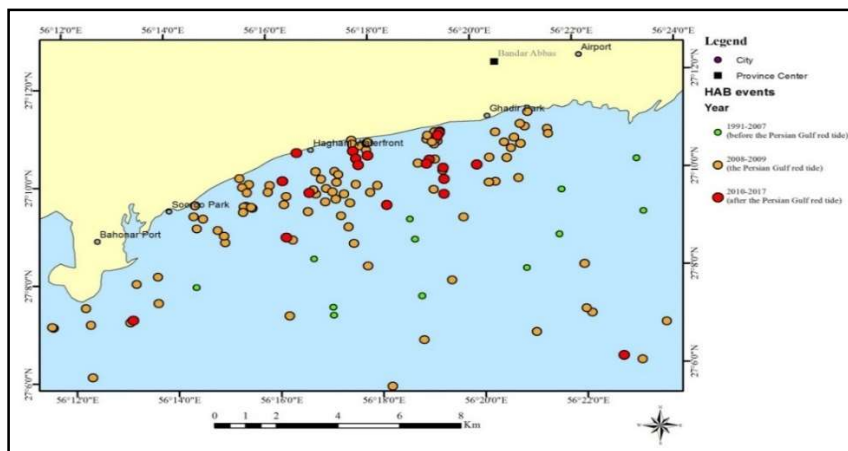
جدول ۱. تغییرات زمانی کشند قرمز در سواحل بندرعباس در سه دوره زمانی (۱۳۷۰-۱۳۹۵)

نام دوره	قبل از کشند قرمز خلیج فارس	دوره کشند قرمز خلیج فارس	بعد از کشند قرمز خلیج فارس
زمان	۱۳۷۰-۱۳۸۱	۱۳۸۷-۱۳۸۸	۱۳۸۹-۱۳۹۵
تعداد بروز کشند قرمز	۱۲	۱۶۰	۴۱

پراکنش جغرافیایی کشند قرمز در سه دوره زمانی در شکل ۱ نشان داده شده است که هر نقطه نماینده یک پهنه کشند قرمز با مساحت از یک مترمربع تا چند ده مترمربع است.

نتایج اعتبار سنجی روش‌های مختلف پهنه‌بندی کشند قرمز در سواحل بندرعباس در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج ارزیابی بر اساس روش‌های اعتبار سنجی نشان داد روش کریجینگ مدل شاخص احتمالی مناسب‌ترین روش جهت برآورد پراکنش جغرافیایی کشند قرمز در سواحل بندرعباس است زیرا دارای کمترین مقدار $RMSE=0/0003$ و $MAE=0/061$ نسبت به بقیه مدل‌های کریجینگ و IDW است. در شکل ۲ مدل بهینه پهنه‌بندی کشند قرمز در سواحل بندرعباس بر اساس مدل شاخص احتمالی بر اساس پنج کلاس دفعات تکرار ارائه شده است. پراکنش جغرافیایی کشند قرمز (شکل ۱) در این سه دوره در بندرعباس نشان می‌دهد که سرتاسر سواحل بندرعباس شاهد بروز کشند قرمز بوده است.

اغلب کشندهای قرمز در کمتر از ۵۰۰ متری سواحل بندرعباس خیلی نزدیک به ساحل رخ داده‌اند و هر ساله دفعات بروز کشند قرمز افزایش می‌یابد. بیشترین بروز کشند قرمز مربوط به سال ۸۸-۱۳۸۷ است که به دلیل شکوفایی و ماندگاری گونه غیربومی *Cochlodinium polykrikoides* در طی ۹ ماه در این منطقه می‌باشد (Hamzehei *et al.*, 2009).



شکل ۱. نقشه پراکنش جغرافیایی کشند قرمز در سواحل بندرعباس در سه دوره زمانی (۱۳۷۰-۱۳۹۵)

نتایج به دست آمده از بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی شده نشان می‌دهد که سواحل مرکزی از لحاظ دفعات بروز کشند قرمز شرایط یکسانی ندارند و با فاصله گرفتن از ساحل میزان دفعات بروز کشند قرمز کاهش یافته است به گونه‌ای که پهنه‌هایی در فاصله ۵۰۰ متری از سواحل مرکزی بندرعباس از روبروی فرودگاه بندرعباس تا انتهای پارک سورو در پهنه با تکرار خیلی زیاد بیش از ۱۳۰ بار دفعات بروز کشند قرمز قرار دارند. دلیل تجمع کشند قرمز در این پهنه از ساحل به خصوص در مکان‌هایی مانند ساحل سورو، اسکله شیلات، پارک دولت و خور سوزان را می‌توان به محل ورودی فاضلاب‌های شهری به دریا ربط داد که با مطالعات Wang و Wu (۲۰۰۹) و Shen و همکاران (۲۰۱۱)، در سواحل چین مطابقت دارد. مطالعات نشان می‌دهد که NO_3 و PO_4 فاضلاب‌های ورودی به دریا عامل اصلی ماندگاری و بروز کشند قرمز در اغلب موارد است (Gobler et al., 2008; Lee and Lee., 2006; Anderson et al., 2002).

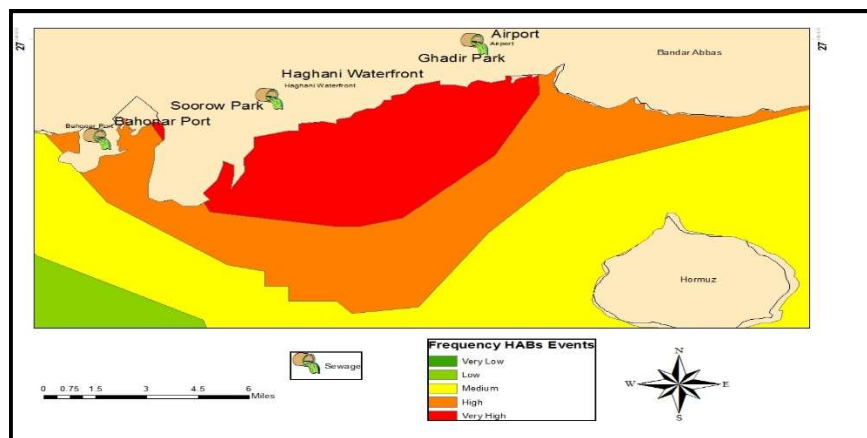
عامل ماندگاری بیش از نه ماه شکوفایی *C. polykrikoides* در سال ۸۸-۱۳۸۷ در سواحل بندرعباس نوترینت‌های فاضلاب‌های ورودی به ساحل و دریا است (Matsuoka et al., 2010; Fatemi et al., 2012; Devlin et al., 2015). در حال حاضر روزانه حدود ۵۷۰۰۰ مترمکعب پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بندرعباس از طریق کانالی به خور گور سوزان و در نهایت به آب‌های ساحلی شهر بندرعباس تخلیه می‌گردد (مرکز سنجش آلودگی و امور آزمایشگاه، ۱۳۹۵). نتایج حاصل از بررسی پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب بندرعباس حاکی از آن است که پساب خروجی تصفیه‌خانه فاقد شرایط زیست‌محیطی استاندارد جهت تخلیه است. هیچ‌گونه روند بهبود در وضعیت تصفیه پساب خروجی تصفیه‌خانه انجام نشده است. چنانچه روند تخلیه به همین صورت انجام گردد احتمال بروز کشند قرمز ناشی از پدیده یوتروفیکاسیون دور از ذهن نیست (اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان هرمزگان، ۱۳۹۲).

سواحل شرقی بندرعباس از آبی‌پروری کولغان تا اسکله باهنر، ناحیه صنعتی بندرعباس و بندر شهید رجایی در سواحل غربی بندرعباس در پهنه با تکرار زیاد کشند قرمز از ۸۰ تا ۱۳۰ بار تکرار قرار دارند. یکی از دلایل تکرار زیاد بروز کشند قرمز در سواحل شرقی بندرعباس را می‌توان به فعالیت‌های رو به رشد آبی‌پروری دانست که این نتیجه با نتایج Buschmann و همکاران (۲۰۰۶)، در شیلی مطابقت دارد.

جدول ۲. نتایج اعتبار سنجی روش‌های مختلف درون‌یابی کشند قرمز

MAE	RMSE	نوع خروجی سطح	مدل	روش
۱/۴۸	۵۴/۹۱	۹/۶۰۹	۱	IDW
۰/۹۱	۵۱/۰۱	۴/۰۶	۲	
۴/۲۳	۴۷/۱۲۳	۰/۷۶۱	۳	
۴۷/۸۶۹	۳/۳۴۳	Prediction	Simple	
۴۷/۸۶۹	۳/۳۴۳	Quantile		
۰/۴۸۵	۰/۰۰۱۹	Probability		
۴۷/۸۶۹	۳/۳۴۳	Prediction Standard Error		
۵۱/۱۲۳	۰/۱۲۹	Prediction	Ordinary	
۵۱/۱۲۳	۰/۱۲۹	Quantile		
۰/۴۷۳	۰/۱۲۶	Probability		
۵۱/۱۲۳	۰/۱۲۹	Prediction Standard Error		
۵۱/۱۲۳	۰/۱۲۹	Prediction	Universal	Kriging
۵۱/۱۲۳	۰/۱۲۹	Quantile		
۰/۴۷۳	۰/۱۲۶	Probability		
۵۱/۱۲۳	۰/۱۲۹	Prediction Standard Error		
۰/۴۶۱	۰/۰۰۰۳	Probability	Indicator	
۰/۴۶۱	۰/۰۰۰۳	Standard Error of Indicators		
۰/۴۶۳	۰/۰۱۲	Probability	Probability	
۰/۶۳	-۰/۰۶۶	Standard Error of Indicators		
۴۸/۳۴۳	۴/۱۱۷	Prediction	Disjunctive	
۰/۴۸۷	-۰/۰۰۰۲	Probability		
۴۸/۳۴	۴/۱۱۷	Prediction Standard Error		
۰/۵۳۸	-۰/۰۶۶	Standard Error of Indicators		

مطالعات گوناگون نشان می‌دهد که مکان‌های آبی‌پروری به دلیل ورود پساب‌های مغذی (مواد نیترونی) به محیط دریا یکی از عوامل مؤثر در بروز کشند قرمز تا فاصله ۵ کیلومتری می‌باشند (Rhodes *et al.*, 2001; Soto and Norambuena, 2004; Chopin *et al.*, 2001). سایت پرورش میگوی کولغان بندرعباس در مساحت ۴۰۰ هکتار در ۵۰ کیلومتری شرق شهرستان بندرعباس از سال ۱۳۹۳ فعال است (اداره کل شیلات استان هرمزگان، ۱۳۹۶). هنوز گزارشی از میزان پساب تولیدی و میزان نوترینت‌ها در دسترس نیست. پیشرفت سرمایه‌گذاری در بخش پرورش آبزیان و بهره‌برداری کامل از سایت پرورش میگوی کولغان در بندرعباس، منجر به افزایش ورود پساب‌های غنی محیط‌های پرورش آبزیان به دریا و افزایش احتمال بروز کشند قرمز می‌شود.



شکل ۲. نقشه درون‌یابی کشند قرمز در سواحل بندرعباس از ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵

تخلیه آب توازن در بندر شهید رجایی را می‌توان یکی از دلایل تکرار زیاد کشند قرمز در سواحل غربی بندرعباس شمرد. مجتمع شهید رجایی در ۲۰ کیلومتری غرب شهرستان بندرعباس است. از نظر موقعیت دریایی در دهانه ورودی خلیج فارس، ابتدای تنگه هرمز و شمال جزیره قشم واقع شده است. بندر شهید رجایی با وسعت ۳۲/۵ کیلومترمربع دارای اسکله‌ای به طول ۵ کیلومتر است که در آن انواع متعددی از کشتی‌ها و تانکرهای نفت کش تخلیه و بارگیری می‌کنند (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). جلبک‌های غیربومی و مهاجمی که از طریق آب توازن منتقل می‌شوند عامل شکوفایی‌های جلبکی مضر و ماندگار در اکثر آب‌های دنیا هستند (Barry et al, 2008; Ruiz et al., 1997; Smayda, 2007). هنوز نحوه ورود گونه غیربومی *C. polykrikoides* که عامل بزرگ‌ترین و ماندگارترین شکوفایی جلبکی ثبت شده در دنیا در سواحل بندرعباس و تنگه هرمز است به منطقه خلیج فارس ناشناخته است هر چند فرضیه‌های متفاوتی از نحوه ورود این گونه از طریق آب توازن مطرح می‌شود (Tayebi and Saradjia., 2013; Richlen et al., 2010). تاکنون اقداماتی در جهت مدیریت آب توازن کشتی‌ها در خلیج فارس صورت گرفته است و ایران تنها کشور در منطقه است که به کنوانسیون مدیریت آب توازن کشتی‌ها پیوسته است که این مسئله گام مثبتی برای مقابله با این معضل زیست‌محیطی و کنترل آن خواهد بود. بر اساس این قانون کشتی‌ها موظف هستند تا آب توازن خود را قبل از ۲۰۰ مایلی ساحل تخلیه کنند و مجهز به سیستم تصفیه شوند. هنوز این قانون به صورت کامل اجراء نشده است و کشتی‌ها به صورت کامل مجهز به سیستم تصفیه نشده‌اند (سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۹۷).

فاضلاب‌های غنی از نوترینت‌ها از صنایع مختلف یکی از عوامل مؤثر بروز کشند قرمز در خلیج فارس هستند (ROPME., 2006; Rajan and Al-Abdessalaam., 2010). تمرکز و پیشرفت صنایع در غرب بندرعباس در سال‌های اخیر و در آینده احتمال بروز کشند قرمز از طریق ورود روان آب‌های فاضلاب‌های صنایع به دریا را افزایش می‌دهد. آب‌شیرین‌کن‌ها و صنایع پتروشیمی و پالایشگاه مهم‌ترین منابع تولیدی فاضلاب‌های صنعتی در غرب بندرعباس شناخته می‌شوند (اداره کل محیط‌زیست استان هرمزگان، ۱۳۹۵). قرار گرفتن ناحیه صنعتی غرب بندرعباس در پهنه‌های با تکرار زیاد بروز کشند قرمز می‌تواند نشان‌دهنده تفش فاضلاب‌های صنعتی در بروز کشند قرمز دانست. بافاصله گرفتن از ساحل و تأثیر کانون‌های آلاینده دفعات بروز کشند قرمز کاهش می‌یابد به گونه‌ای که مابین بندرعباس و جزیره هرمز تا جزیره لارک تکرار وقوع کشند قرمز در پهنه‌هایی با تکرار متوسط ۸۰-۴۰ بار در طی ۲۵ سال اخیر قرار می‌گیرد.

توصیه ترویجی

با توجه به هم‌پوشانی کانون‌های آلاینده با پهنه‌های با تکرار خیلی زیاد و زیاد کشند قرمز نمایانگر تأثیر فعالیت‌های کانون‌های آلاینده در ساحل در بروز کشند قرمز است. مدیریت و کاهش ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به دریا، روان آب‌های آبی‌پروری و اجرای قانون تخلیه آب توازن کشتی‌ها علاوه بر آن که منجر به کاهش مواد مغذی به دریا می‌شود، از بروز و ماندگاری کشند قرمز خواهد کاست. تمرکز برنامه‌های پایش بر کانون‌های آلاینده در پهنه‌هایی با تکرار خیلی زیاد و زیاد کشند قرمز منجر به شناسایی سریع بروز کشند قرمز، امکان پیش‌بینی شکوفایی با خطای کمتر و کاهش هزینه‌های برنامه‌های پایش می‌شود.

تشکر و قدردانی

مقاله ارائه شده بخشی از نتایج پایان‌نامه دکتری مدیریت محیط‌زیست دانشگاه منابع طبیعی و محیط‌زیست علوم و تحقیقات تهران است. بدین‌وسیله از همکاری‌های بخش شکوفایی جلبکی در پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان جهت در اختیار قرار دادن اطلاعات پایه تشکر می‌گردد.

منابع

- ۱- اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان هرمزگان، ۱۳۹۲. سومین نشست تخصصی کارگروه مخاطرات زیست‌محیطی. بررسی وضعیت فاضلاب ورودی به آب‌های ساحلی بندرعباس. مرکز سنجش آلودگی و امور آزمایشگاه‌ها. ۴۵ صفحه.
- ۲- اداره کل شیلات استان هرمزگان، ۱۳۹۶. سایت‌های بهره‌برداری شده پرورش میگو. معاونت آبی‌پروری.
- ۳- اداره کل محیط‌زیست استان هرمزگان، ۱۳۹۵. گزارش تحلیلی، بررسی اثرات زیست‌محیطی آب‌شیرین‌کن‌ها در استان هرمزگان. ۱۲ صفحه.
- ۴- اسماعیلی، ع.، ۱۳۹۱. ارزیابی خسارت اقتصادی مستقیم و کوتاه مدت پدیده کشند قرمز بر ماهیگیری دریایی در استان‌های هرمزگان و بوشهر. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۸۴ صفحه.
- ۵- رضایی، ا.، کاظمیان، م.، عوفی، ف.، شاپوری، م.، ۱۳۸۹. بررسی تنوع زئوپلانکتون‌های منتقل شده توسط آب توازن در بندر تجاری شهید رجایی. مجله بیولوژی دریا، شماره ۵، صفحات ۸۰-۷۰.
- ۶- زرشناس، غ.ع.، مطلبی، ع.، محسنی‌زاده، ف.، دهقان، س.، سراجی، ف.، روحانی، ف.، ۱۳۹۳. بررسی شکوفایی پلانکتونی مضر (کشند قرمز)، در آب‌های خلیج فارس (سال‌های ۹۰-۱۳۸۹). مجله علمی شیلات ایران، سال ۲۳، شماره ۴، صفحات ۶۱-۴۹.
- ۷- سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۹۷. سامانه‌های مدیریت آب توازن بر روی کشتی‌ها. محیط‌زیست دریایی.
- ۸- مرتضوی، م.ص.، سراجی، ف.، اکبرزاده، غ.، ۱۳۹۵. گزارش پدیده کشند قرمز در سواحل استان هرمزگان بعد از کشند قرمز ۱۳۸۸. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، بندرعباس، ۷۵ صفحه.
- ۹- مرتضوی، م.ص.، سراجی، ف.، بهپوری، ع.، ابراهیمی، م.، جوکار، ک.، اکبرزاده، غ.، ۱۳۸۸. گزارش شش ماهه پایش کشند قرمز در آب‌های استان هرمزگان. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، بندرعباس، ۵۰ صفحه.
- ۱۰- مرکز سنجش آلودگی و امور آزمایشگاه، ۱۳۹۵. اقدامات ساماندهی سواحل: پایش آلودگی میکروبی در آب‌های ساحلی و مناطق تفریحی دریایی استان هرمزگان. ۷۰ صفحه.

11- Anderson D., Gilbert P.M., Burkholder J.M., 2002. Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, 25: 704-726.

- 12- Barry, S. C., Hayes, K. R., Hewitt, C. L., Behrens, H. L., Dragsund, E., Bakke, S. M., 2008. Ballast water risk assessment: principles, processes, and methods. – *ICES Journal of Marine Science*, 65: 121–131.
- 13- Berktaý, A., 2011. Environmental approach and influence of red tide to desalination process in the Middle East region. *Int. J. Chem. Environ. Eng.* 2 (3), 183–188.
- 14- Beverley A. Anderson-Abbs, Meredith Howard, Karen M. Taberski, Karen R. Worcester., 2016. California Freshwater Harmful Algal Blooms Assessment and Support Strategy, California State Water Resources Control Board. 33.
- 15- Burt, J.A., Coles, S., van Lavieren, H., Taylor, O., Looker, E., Samimi-Namin, K., 2016. Oman's coral reefs: a unique ecosystem challenged by natural and man-related stresses and in need of conservation, *Mar. Pollut. Bull.* 105 (2), 498–506.
- 16- Buschmann, A. H., Riquelme, V. A., Herna'ndez-Gonzá'lez, M. C., Varela, D., Jime'nez, J. E., Henri'quez, L. A., Vergara, P. A., Gu'n'ez, R., and Filu'n, L. 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal*:23,45-66.
- 17- Childs, C., 2004. Interpolation surfaces in ArcGIS spatial analyst. ESRI Educational China Sea. *Science of the Total Environment*: 407, 4012-4021
- 18- Chopin, T., Buschmann, A. H., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., Kraemer, G. P., Zertuche-Gonzá'lez, J. A., Yarish, C., and Neefus, C., 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. *Journal of Phycology*: 37, 975-986.
- 19- Devlin, M.J., et al., 2015. Changes in the water quality conditions of Kuwait's marine waters: Long term impacts of nutrient enrichment, *Marine Pollution Bulletin*. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.022>.
- 20- ESRI. 2012. ArcGIS Resources. How Kriging works. Retrieved from: http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/How_Kriging_works/0
- 21- Fatemi, S.M.R., Nabavi, S.M.B., Vosoghi, G., Fallahi, M., Mohammadi, M., 2012. The relation between environmental parameters of Hormuzgan coastline in Persian Gulf and occurrence of the first harmful algal bloom of *Cochlodinium polykrikoides* (Gymnodiniaceae). *Iranian J. Fish. Sci.* 11, 475–489.
- 22- Gobler, C.J., Berry, D.L., Anderson, O.R., Burson, A., Koch, F., odgers, B.S., Moore, L.K., Goleski, J.A., Allam, B., Bowser, P., 2008. Characterization, dynamics, and ecological impacts of harmful *Cochlodinium polykrikoides* blooms on eastern Long Island, NY, USA. *Harmful Algae* 7: 293-307.
- 23- 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. Eng. Appl. Sci.* 3 (12), 1100–1107.
- 24- Jinhui Wang a,c, Jianyong Wu., 2009. Occurrence and potential risks of harmful algal blooms in the East China Sea.
- 25- Lee, Y.S., Lee, S.Y. 2006. Factors affecting outbreaks of *cochlo-dinium polykrikoides* blooms in coastal areas of Korea. *Marine Pollution Bulletin*: 52, 626-634.
- 26- Matsuoka, K., Takano, Y., Kamrani, E., Rezai, H., Puthiyedathu, S.T., Al Gheilani, H.M., 2010. Study on *Cochlodinium polykrikoides* Margalef (Gymnodinales Dinophyceae) in the Oman Sea and the Persian Gulf from August 2008 to August 2009. *Curr. Dev. Oceanogr.* 1 (3), 153–171.

- 27- Moanga, D.A., 2015. *Karenia brevis* Hot Spots in the West Florida Shelf and their Associated Socio-economic Implications. University of Miami. 583p.
- 28- Moradi, M., Kabiri, K., 2012. Red tide detection in the Strait of Hormuz (east of the Persian Gulf) using MODIS fluorescence data. *International Journal of Remote Sensing* 33 (4), 1015–1028.
- 29- Nazzal, N., 2009. “Red tide” shuts desalination plant, Gulf News, Dubai, UAE, 3 March 2009. Available from http://archive.gulfnews.com/indepth/redtide/more_stories/10297763.html.
- 30- Negreiros, J., Costa, A.C., Painho, M., 2011. Evaluation of Stochastic geographical Matters: Morphologic Geostatistics, Conditional Sequential Simulation and Geographical Weighted Regression. *Trends Applied Sci. Res:* 6, 237-255.
- 31- Rajan, A. and Al-Abdessalaam, T.Z., 2006. “Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition and consequences in the Arabian Gulf bordering Abu Dhabi Emirate.” Proceedings 12th International Conference on harmful Algal Blooms, Copenhagen, 2006.
- 32- Rhodes, L. L., Mackenzie, A. L., Kaspar, H. F., Todd, K. E. 2001. Harmful algae and mariculture in New Zealand. – *ICES Journal of Marine Science:* 58, 398–403.
- 33- Richlen, M.L., Morton, S.L., Jamali, E.A., Rajan, A., Anderson, D.M., 2010. The catastrophic 2008–2009 red tide in the Arabian Gulf region with observations on the identification and phylogeny of the fish-killing dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*. *Harmful Algae* 9 (2), 163–172.
- 34- ROPME. 2010. Regional Report of the State of the Marine Environment. ROPME/GC-1 0/00 1/1. Revised by Al-Awadi A, Regional Organisation for the Protection of the Marine Environment
- 35- Ruiz, G.M., Rawlings, T.K., Dobbs, F.C., Drake, L.A., Mullady, T., Huq, A. and Colwell, R.R., 1997. Global spread of microorganisms by ships – ballast water discharged from vessels harbours a cocktail of potential pathogens. *Nature:* 408(2), 49–59.
- 36- Saeedi, H., Kamrani, E., Matsuoka, K., 2011. Catastrophic impact of red tides of *Cochlodinium polykrikoides* on the razor clam *Solen dactylus* in coastal waters of the northern Persian Gulf. *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)* 2 (6), 13–20.
- 37- Shen. L., Xu. H., Guo. X. and Li. M., 2011. Characteristics of Large-Scale Harmful Algal Blooms (HABs) in the Yangtze River Estuary and the Adjacent East China Sea (ECS) from 2000 to 2010. *Journal of Environmental Protection*, 2:1285-1294. doi:10.4236/jep.2011.210148.
- 38- Smayda, T.J., 2007. Reflections on the ballast water dispersal – harmful algal bloom paradigm. *Harmful Algae*, 6 (4), 601–622.
- 39- Soto, D., Norambuena, F., 2004. Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology:* 2 (1), 34-42.
- 40- Tayebi, E., Saradjian, M.R., 2013. Detection and monitoring of algal bloom in Persian Gulf using MODIS images. *International Geoinformatics Research and Development Journal* 4 (1), 14–21.
- 41- Xu, F., Tao, S., Dawson, R.W. and B. Li. 2001. A GIS-based method of lake eutrophication assessment. *Ecological Modelling.* 144:231-244.