

مقاله علمی - پژوهشی:

بررسی روند سلامت مرجان‌های انتقال یافته در خلیج چابهار با روش Coral Mبتنی بر پارامترهای آب و هوایی Line Intercept Transect و Watch

محمد رضا علیمرادی^۱، محمد باعقیده^{*}^۲، علیرضا انتظاری^۱، محسن حمیدیان پور^۲، تیمور امینی راد^۳، علی مهدی آبکنار^۴

^{*}m.baaghideh@hsu.ac.ir

- ۱- گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
- ۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
- ۳- مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران.
- ۴- گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چابهار، چابهار، ایران

تاریخ پذیرش: تیر ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۹

چکیده

به منظور توسعه بندر شهید بهشتی چابهار، حدود ۲۰ هزار کلنی مرجانی از محدوده طرح توسعه بندر مذکور به سایت جدیدی واقع در شمال بندر شهید کلاتری منتقل گردید. پس از گذشت یک دهه از زمان انتقال مرجان‌ها، جهت تصمیم‌گیری آتی در موارد مشابه، اطلاع از روند سلامت آنها ضروری است. در این پژوهش ضمن بررسی روند دمای هوای و دمای آب خلیج چابهار، با عملیات غواصی و استفاده از روش‌های Coral و Line Intercept Transect وضعیت سلامت و پوشش مرجان‌ها به طور ماهانه طی سال‌های ۱۳۹۸-۹۰ پایش گردید. داده‌های آب و هوایی مورد نیاز این پژوهش از ایستگاه هواشناسی چابهار و پایگاه داده ماهواره‌ای مرکز ECMWF اخذ گردیدند. بررسی ارتباط بین متغیرها از طریق آزمون همبستگی پیرسون و تحلیل روند من کنдал و قابلیت نرم افزارهای SPSS و Minitab صورت گرفت. طبق نتایج، وضعیت سلامت و توسعه مرجان‌های مذکور، دارای روند کاهشی بوده تا حدی که درصد پوشش مرجان زنده از ۹۸ درصد در سال ۱۳۹۰، به ۷۱/۵ درصد در سال ۱۳۹۸ رسیده است. از سویی، نمره رنگی شاخص سلامت مرجان‌های شاخه‌ای با کسب ۶/۴ نمره از ۳/۳۱ نمره در وضعیت "خوب" و مرجان‌های توده‌ای با کسب ۳/۵۹ نمره در وضعیت "متوسط" قرار داشته است. به رغم وجود همبستگی منفی بین دما و سلامت مرجان‌ها و وجود روند افزایشی معنی‌دار در پارامتر دمای هوای، به علت عدم معنی داری روند افزایشی دمای آب، بهنظر می‌رسد عوامل دیگری به جز نوسان دمای آب، در روند کاهشی وضعیت سلامت مرجان‌ها دخیل بوده‌اند.

لغات کلیدی: جوامع مرجان، روش Coral Watch، روش Line Intercept Transect، پارامترهای آب و هوایی، خلیج چابهار

*نویسنده مسئول

۴ مقدمه

ژئومورفوسایت خلیج چابهار جهت توسعه زیستگاه‌های مرجانی و پرورش‌های انتقال مرجانی حد فاصل بندر شهید کلانتری و روستای تیس چابهار بر اساس کارکردهای مربوطه می‌باشد (علیمرادی و همکاران، ۱۳۹۳). عده مرجان‌های جزیره کیش دارای کلاد D می‌باشند. لذا، اگر استرس‌های انسانی از محیط حذف شوند، آبسنگ‌های مرجانی این ناحیه می‌توانند در آینده در مقابل تغییرات محیطی به خصوص درجه حرارت‌های بالا مقاومت کنند و به حیات خود ادامه دهند (قوام مصطفوی، ۱۳۸۵). افزایش دما تا سطح ۳۴ درجه سانتی‌گراد در محدوده بردباری مرجان‌های خلیج فارس است و مشکلی را ایجاد نمی‌کند (ولوی، ۱۳۸۸). از میان فاکتورهای فیزیکوشیمیایی دما، شوری، کدورت، میزان اکسیژن محلول و pH، تنها میان شوری آب و میزان بیوماس تر مرجان‌های زیستگاه‌های مصنوعی منطقه بحر کان همبستگی معنی‌داری وجود دارد ($R^2=0.82$) و در بین آنها pH کمترین میزان همبستگی ($R^2=0.21$) را با میزان بیوماس مرجان‌ها داراست (حیدری و همکاران، ۱۳۹۰). وضعیت پوشش مرجانی جزیره خارگ (۶۴-۷۷ درصد) مناسب‌تر از جزیره خارگو (۴۸-۶۲) درصد است و به دلیل تفاوت در نوع بستر و جهت جریانات دریایی، شاخص سلامت مرجان‌ها در جزیره خارگ در وضعیت بهتری نسبت به جزیره خارگو می‌باشد (بلوکی‌کورنده و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش دمای سطحی آب خلیج فارس طی سه دهه ۰/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و پیامدهای منفی ناشی از تغییر اقلیم بر ساختار زیستگاهی و تنوع گونه‌ای ماهیان آبسنگ‌های مرجانی در بوم سازگان‌های جزیره‌ای خلیج فارس و تنگه هرمز تأثیرگذار بوده است (عوفی و همکاران، ۱۳۹۷). به رغم این‌که کلنجهای مرجان شاخه‌ای جزیره هندورابی، کاملاً سفید شده‌اند، اما مرجان‌های توده‌ای توانسته‌اند در برابر استرس‌های دمای محیطی تاب بیاورند (بهزادی و همکاران، ۱۳۹۹). در ارتباط با اثر دما بر سلامت مرجان‌های و دستیابی به دمای مناسب رشد مرجان‌ها در سایر نقاط دنیا نتایج مختلفی کسب گردیده است، از جمله اینکه برخی از گونه‌های مرجانی همچون آبسنگ‌های مرجانی جنوب خلیج فارس در بحرین و عربستان دارای

مرجان‌های دریایی در نواحی گرمسیری دنیا نقش بسیار کلیدی در پایداری حیات اقیانوس‌ها و تولیدات شیلاتی ایفاء می‌کنند و مزیت‌های فراوانی برای بومیان آن نواحی به دنبال دارند. متأسفانه مرجان‌های دریایی به دلیل توسعه روز افزون بنادر، گسترش آلودگی‌های دریایی و تغییرات اقلیمی ناشی از گرم شدن کره زمین در معرض خطر قرار دارند و زنگ خطر فاجعه زیست محیطی در حوزه دریا سال‌هاست که به صدا درآمده است. بخشی از مرجان‌های خلیج چابهار در محدوده طرح توسعه بندر شهید بهشتی قرار گرفته بودند و ضرورت توسعه این بندر باعث شد تا در سال ۱۳۹۰ اپروره انتقال مرجان‌های این بندر به منطقه‌ای در آبهای ساحلی شمال بندر شهید کلانتری عملی شود. عملیات انتقال با ۱۸ هزار کلنی در مرحله اول و ۲ هزار کلنی در مرحله دوم با ۹۸ درصد مرجان زنده با موفقیت انجام شد (اداره محیط زیست دریایی سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۰). طبق بررسی صورت گرفته مشخص گردید که تحقیقات جامع و بلند مدتی تاکنون بر وضعیت سلامت مرجان‌های انتقال یافته در خلیج چابهار انجام نشده است. اولین پژوهشی که بر مرجان‌های این سایت جدید صورت گرفته است، در خصوص موفقیت یا عدم موفقیت پژوهه و معرفی روش مناسب انتقال مرجان‌های خلیج چابهار بود و طبق این یافته علمی کوتاه دو روش انتقال مرجان با هم مقایسه شد و نتیجه گرفته شد که در روش Carrier basket حدود ۰.۲۶٪ مرجان‌ها و در روش Coral carrier حدود ۰.۹۲٪ از مرجان‌های حمل شده بقاء خود را در پایان سال اول حفظ نمودند (ازدری، ۱۳۹۷). در مطالعه دیگری با استفاده از روش Coral Watch Racket به بررسی سلامت مرجان‌ها و عوامل تأثیرگذار انسان ساخت بر رشد مرجان‌های دریایی چابهار پرداخته شده بود. در واقع، هدف اصلی تحقیق معرفی روش مذکور در زمینه پایش مرجان‌ها بود (Aminirad and Sanjani, 2010). یکی از دلایل مرگ و میر مرجان‌های خلیج چابهار، حجم بالای رسوبات بستر دریا و کدورت آب حین دوره موسمون تابستانه می‌باشد (Tehranifard et al., 2012). به منظور توسعه گردشگری دریایی، بهترین نقطه

یافته چون کلندی های مرجانی بر بلوک های 10×10 متر مجزا نصب گردیده اند. لذا، کارشناسان محیط زیست دریابی ترانسکت های خطی را طی سال های ۱۳۹۷-۹۰ (۲۰۱۸) بر ۴ بلوک ۱۰ متری به طور مجزا لحاظ کردند و نتایج بر اساس همین ۴ ترانسکت به عنوان ۴ ایستگاه ثابت (با مختصات جغرافیایی: $26^{\circ} 25' 0''$ و $36^{\circ} 56' 0''$ ؛ ایستگاه یک، $19^{\circ} 19' 0''$ و $25^{\circ} 0' 0''$ ؛ ایستگاه دو، $10^{\circ} 19' 0''$ و $25^{\circ} 0' 0''$ ؛ ایستگاه چهار) محاسبه گردیده است (شکل ۱).

وضعیت سلامت مرجان ها نیز با روش Coral Watch و دو مرحله عملیات غواصی در هر ماه (با فاصله زمانی حداقل دو هفته) و با استفاده از چهار ترانسکت دایره ای با شعاع ۵ متر در ایستگاه های ثابت مذکور بررسی گردید. در روش Line Intercept Transect منطقه ای با پوشش مناسب انتخاب گردید و سپس درصد پوشش جوامع کفرزی منطقه شامل مرجان های زنده و مرده به دست آمد و پس از آن، وضعیت مرجان ها بر اساس جدول کیفیت Loya, 1978; English *et al.*, 1997; Hill and Wilkinson, 2004 اطلاعاتی که در این روش بر اساس هدف تحقیق قابل ثبت می باشد شامل: درصد پوشش جوامع کفرزی شامل مرجان های سخت HC¹، مرجان های نرم SC²، مرجان های مرده Al³، جلبک های شاخص مواد مغذی DC⁴ و سایر موجودات OT⁵ می باشد (Idris *et al.*, 2006). در روش Coral Watch سلامت مرجان های دریابی با شاخص نشان دهنده میزان غلظت و تراکم جلبک های تک سلولی همزیست با کلندی مرجانی سنجیده می شود (Hill and Wilkinson, 2004). در این روش شاخص سلامت/کیفیت که به اختصار CQI⁶ نام گذاری شده است، بیانگر میزان تغییرات در غلظت رنگ در بافت

قدرت تحمل دما حدود $36-40$ درجه سانتی گراد می باشند (Hubbard and Pocock, 1997). دمای اپتیمم برای گسترش، رشد و بقاء مرجان ها حدود $22-28$ و در برخی منابع $23-29$ درجه سانتی گراد عنوان شده است (NOAA, 2020). در صورتی که میانگین دمای آب بالاتر از 18 درجه سانتی گراد باشد، مرجان های گرم سیری می توانند رشد و تولید مثل نمایند اما آبهای بسیار گرم برای مرجان ها نامناسب بوده و دمای بالای محدود کننده Castro (and Huber, 2003) معمولاً حدود $30-35$ درجه سانتی گراد می باشد. پژوهش حاضر در خصوص نتایج پیش مستمر وضعیت سلامت مرجان های انتقال یافته به سایت جدیدی در خلیج چابهار، طی سال های ۱۳۹۸-۹۰ (۲۰۱۱-۱۹) می باشد. وجه تمایز این پژوهش با پژوهش های قبلی در مورد مرجان های ایران، در این است که این پژوهش در مورد مرجان هایی انجام شده است که برای اولین بار در ایران به محل دیگری به جز زیستگاه اصلی خود انتقال یافته اند و آگاهی از موقوفیت پروژه انتقال قبل از اجرای پروژه های مشابه در آینده، ضروری است. اطلاع از روند دمای هوای منطقه و دمای آب خلیج چابهار و نیز بررسی میزان همبستگی بین سلامت مرجان های انتقال یافته و پارامترهای دمای محیط از اهداف دیگر این پژوهش می باشد. لذا، تحقیق پیش رو می تواند به عنوان پایه علمی و بانک داده برای پژوهش های آتی بر این اکوسیستم مرجانی محسوب گردد و نتایج پژوهش های بعدی با این پژوهش علمی مقایسه شوند.

مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، سایت جدید مرجانی جنوب شرقی خلیج چابهار در عمق کمتر از ۵ متر واقع در شمال اسکله شهید کلانتری با مختصات جغرافیایی $25^{\circ} 19' 0''$ طول شرقی و $56^{\circ} 0' 0''$ عرض شمالی می باشد (شکل ۱). در این پژوهش بررسی درصد پوشش جامعه مرجانی در بازه زمانی $1398-90$ (۲۰۱۱-۱۹) در سایت جدید مرجانی با روش Line Intercept Transect انجام گرفته است. این روش شامل یک ترانسکت خطی 100 متری موازی با ساحل است. در مورد مرجان های انتقال

¹ Hard Coral

² Soft Coral

³ Dead Coral

⁴ Algae

⁵ Nutrients Index Algae

⁶ Other fauna

⁷ Coral Quality Index

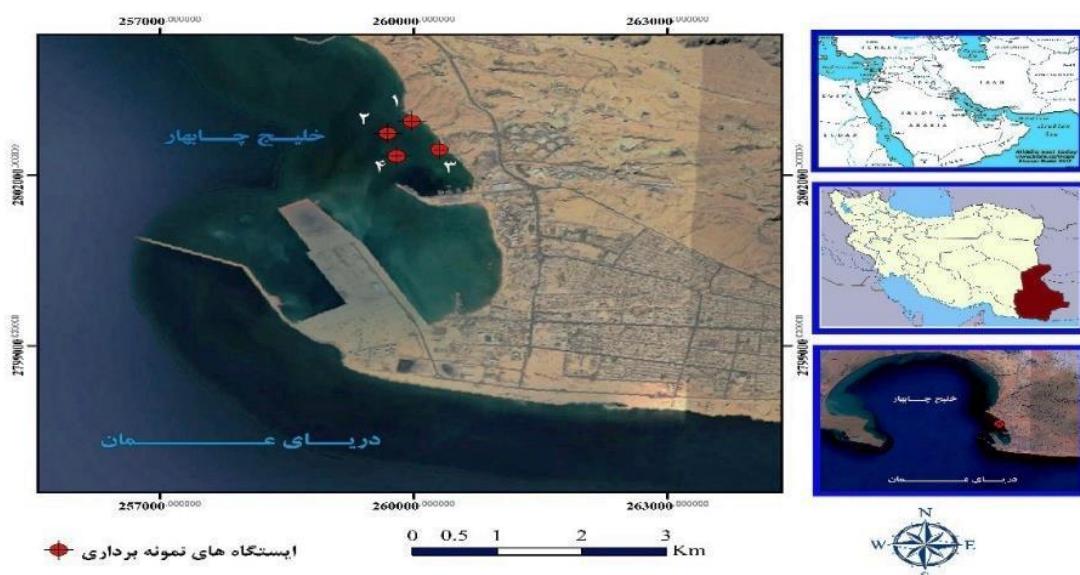
استفاده شد. میزان تراکم زوگزانتلا با مطابقت دادن جدول رنگی با کلندی‌های مرجانی به دست می‌آید. کدهایی که با عدد ۶ مشخص شده‌اند، بیانگر تیره‌ترین قسمت یا بیشترین حد همزیستی بین زوگزانتلا و پولیپ‌های مرجانی و کدهایی که با عدد ۱ مشخص شده‌اند، بیانگر کم‌رنگ‌ترین قسمت یا کمترین حد میزان همزیستی بین آنها می‌باشند. پس از تعیین میانگین نمره رنگی در هر کلندی، میانگین نمره رنگی کلندی‌ها در هر لایه از ترانسکت دایره‌ای به دست آمد و با توجه به فرمول، شاخص کیفیت داده‌گذاری و سپس میانگین لگاریتمی کل لایه‌ها به عنوان نمره رنگی نهایی در ترانسکت طبق جدول استاندارد (۱) تعیین شد (Hill and Wilkinson, 2004).

خارجی مرجان در یک سایت یا یک ترانسکت مطالعاتی خاص می‌باشد که به صورت ذیل محاسبه می‌گردد:

$$QI = \log_{10}[(\bar{x}L_1 + \bar{x}L_2 + \bar{x}L_3)/n]$$

$\bar{x}L$ = میانگین نمره رنگی در هریک از لایه‌های ترانسکت دایره‌ای، n = تعداد لایه‌های هر ترانسکت دایره‌ای در رابطه مذکور به جای سه لایه می‌توان تنها از ترانسکت با شعاع ۱۰ متر استفاده کرد و فرمول قابل اصلاح است. برای تعیین میزان غلظت رنگ در یک کلندی، از چارت Coral تعیین غلظت رنگ معرفی شده در سایت www.coralwatch.org Watch با آدرس اینترنتی

نقشه سایت مرجانی شمال بندر شهید کلانتری چابهار



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه برداری و غواصی در سایت جدید مرجانی شمال بندر شهید کلانتری چابهار، ۱۳۹۸

Figure 1: Sampling and diving stations in the new coral site north of Shahid Kalantari port in Chabahar, 2019

شده مرکز اروپایی پیش‌بینی میان‌مدت جو (ECMWF, 2020^۱) در محدوده سایت مرجانی می‌باشد. تحلیل‌های آماری، ارتباط بین متغیرها و تعیین روند پارامترهای

داده‌های دمای میانگین هوای منطقه از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک چابهار و داده‌های دمای آب که در این پژوهش استفاده شده است، حاصل میانگین‌گیری از داده‌های دمای ثبت شده به وسیله میکرو دیتالاگرهای نصب شده در بستر مرجانی و داده‌های ماهواره‌ای باز تحلیل

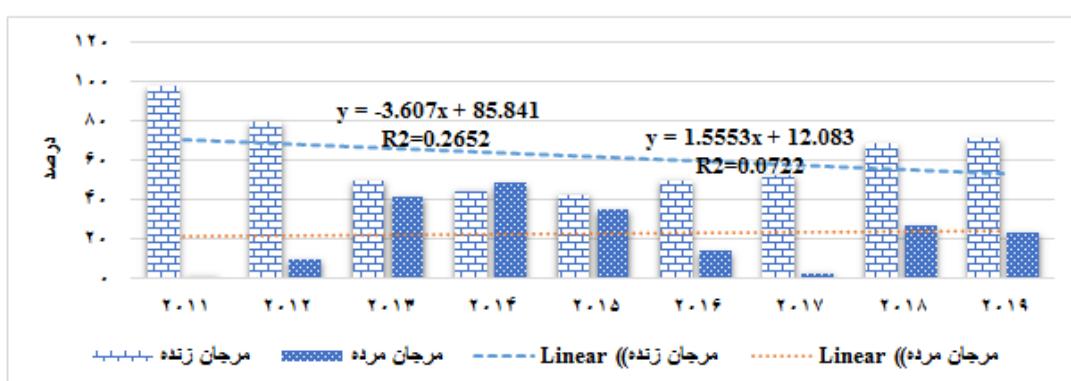
^۱ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

رنگی ۳/۸۷ مربوط به سال ۱۳۹۳ (۲۰۱۴) و بالاترین مقدار آن ۴/۷۵ در سال ۱۳۹۱ (۲۰۱۲ میلادی) ثبت گردیده است. برای مرجان‌های توده‌ای نیز پایین‌ترین نمره رنگی شاخص سلامت (۳/۶۹) مربوط به سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵ میلادی) و بالاترین مقدار آن (۴/۶) متعلق به سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ (۲۰۱۳ و ۲۰۱۲ میلادی) می‌باشد. از سویی، نتایج نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۳۹۷-۹۸ (۲۰۱۸ میلادی) سلامت مرجان‌های شاخه‌ای رو به بهبودی بوده است. سلامت مرجان‌های شاخه‌ای و توده‌ای بر اساس نمره رنگی شاخص سلامت مرجان، در پایان سال ۱۳۹۸ (۲۰۱۹ میلادی) طبق جدول طبقه‌بندی (۱) به ترتیب در وضعیت "خوب" و "متوسط" بوده است (شکل ۳). طبق بررسی‌ها وضعیت سلامت هر دو تیپ مرجان در ماه‌های فصل پاییز و زمستان بهتر از سایر فصول سال بوده و اواخر فصل بهار و فصل تابستان [در ماه‌های مه تا زوئیه (اواخر خرداد لغایت مرداد)، نمره رنگی شاخص سلامت آنها کاهشی بوده است (شکل ۴)]. در مرحله بعد با آزمون من کندا، روند تغییرات نمره رنگی جلبک‌های همزیست مرجان که بهنوعی شاخص سلامت کلنجی‌های مرجانی است، بررسی گردید. نتایج آزمون نشان داد که سلامت هر دو تیپ مرجانی توده‌ای و شاخه‌ای طی سال‌های ۱۳۹۰-۹۸ (۲۰۱۱-۱۹ میلادی) روند کاهشی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ داشته‌اند (شکل ۵ و جدول ۲).

اقلیمی و سلامت مرجان‌ها با استفاده از روش همبستگی پیرسون و آزمون تعیین روند من کندا از طریق نرم افزارهای SPSS و Minitab انجام شد. آزمون من کندا برای تعیین روند داده‌های آب و هواسناسی کاربرد گسترده‌ای دارد. Mann (۱۹۴۵) ابتدا این آزمون را ارائه داده و سپس Kendall (۱۹۷۵) آن را توسعه داد.

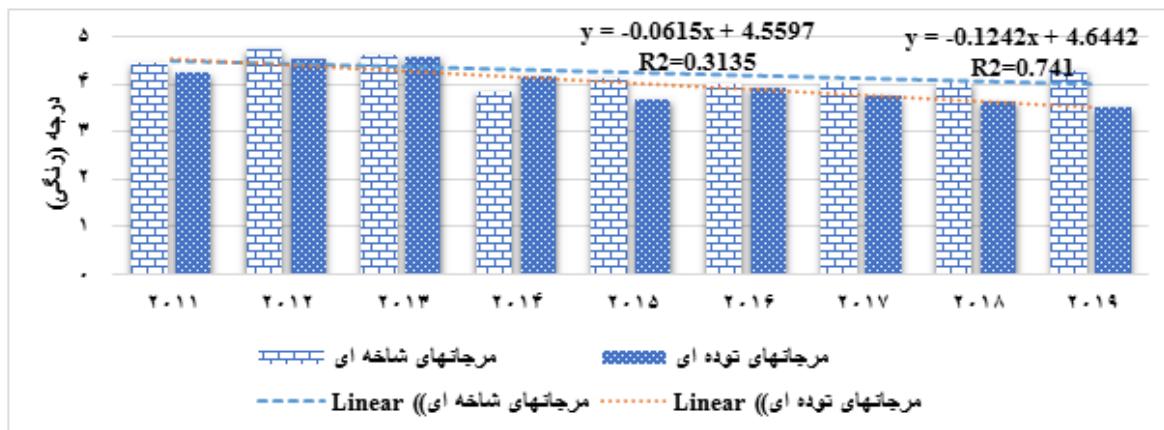
نتایج

نتایج پایش سایت جدید نشان داد که درصد پوشش مرجان‌های زنده نسبت به مرجان‌های مرده، طی سال‌های ۱۳۹۰-۹۴ (۲۰۱۱-۱۵) کاهشی بوده است، ولی از سال ۱۳۹۵ (۲۰۱۶) روند بر عکس شد بهطوری‌که تا سال ۲۰۱۹ روند افزایشی درصد پوشش مرجان زنده نسبت به مرجان‌های مرده، ادامه داشته است. در واقع، درصد پوشش مرجان‌های مرده طی سال‌های ۱۳۹۲-۹۴ (۲۰۱۳-۱۵ میلادی) افزایش داشته است، اما مجدداً پس از آن مرجان‌ها احیاء شده‌اند و دارای وضعیت بهتری بوده‌اند (شکل ۲). طبق بررسی به عمل آمده در خصوص وضعیت سلامت مرجان‌ها طی سال‌های ۱۳۹۰-۹۸ (۲۰۱۱-۱۹ میلادی) مشخص گردید که مرجان‌های شاخه‌ای به استثناء سال ۲۰۱۴ از سلامت بهتری نسبت به مرجان‌های توده‌ای برخوردار بوده‌اند (شکل ۳). پایین‌ترین نمره رنگی جلبک‌های همزیست مرجان که به عنوان شاخص سلامت مرجان محسوب می‌شود، برای مرجان شاخه‌ای (نمره



شکل ۲: درصد پوشش مرجان‌های زنده و مرده خلیج چابهار طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۹

Figure 2: Percentage coverage of live and dead corals of Chabahar Bay (2011-2019)



شکل ۳: وضعیت سلامت مرجان‌های شاخه ای و توده ای خلیج چابهار طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۹

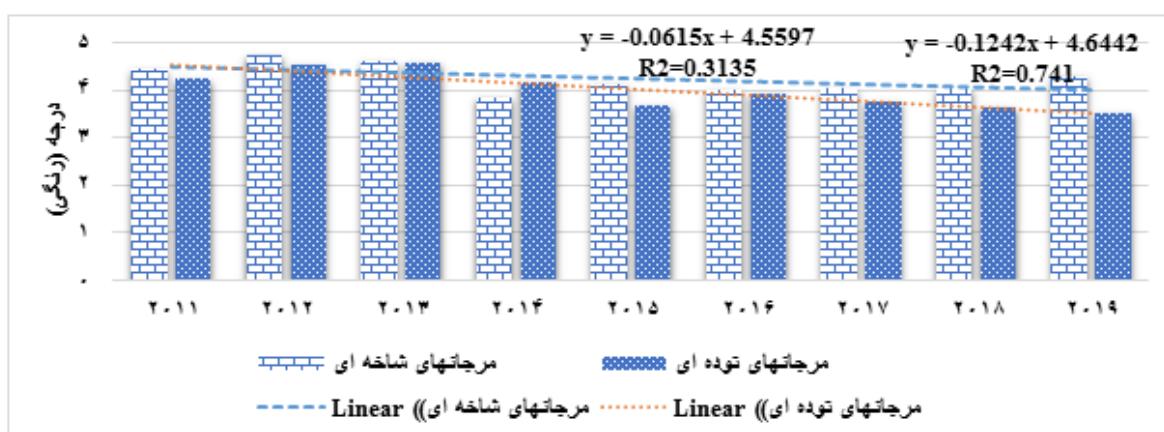
Figure 3: The health status of branching and massive corals of Chabahar Bay (2011-2019)

جدول ۱: پارامترهای کیفی و مقادیر شاخص تغییرات CCI^۱ و کیفیت CQI^۲ به منظور پایش اکوسیستم مرجانی

Table 1: Qualitative parameters and values of change index (CCI) and quality (CQI) for monitoring coral ecosystem

پارامتر کیفیت	CCI درصد	CCI مقیاس	CQI نمره رنگی	CQI مقیاس
خیلی ضعیف	<۲۰	<۰/۲۵	۱/۲-۱	<۰/۳۰۱
ضعیف	۴۰-۲۱	۰/۰-۲۶۵/۶۶۶	۲/۳-۱	۰/۰-۳۲۲/۴۷۷
متوسط	۶۰-۴۱	۰/۱-۶۹۴/۵	۳/۴-۱	۰/۰-۴۹۱/۶۰۲
خوب	۸۰-۶۱	۱/۴-۵۶۴	۴/۵-۱	۰/۰-۶۱۲/۶۹۸
خیلی خوب	>۸۱	>۴/۲۶۳	۵/۶-۱	>۰/۷۰۷

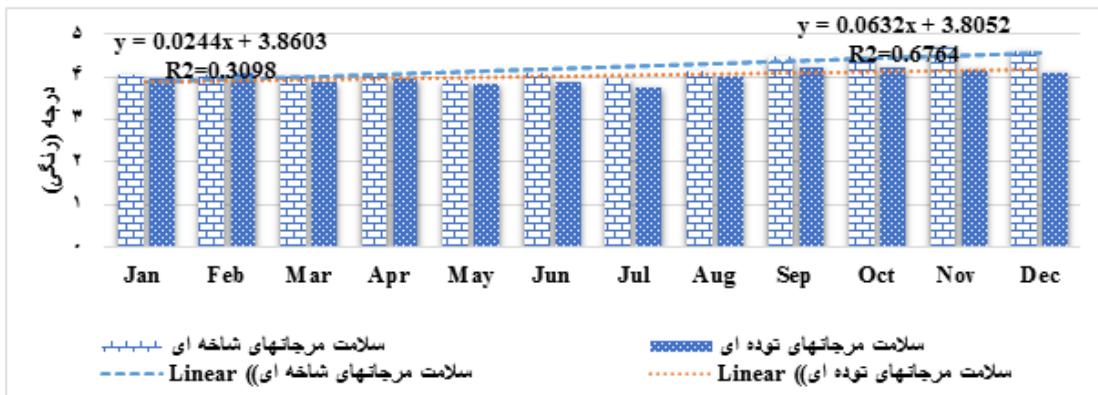
منبع: (Idris et al., 2006)



شکل ۳: وضعیت سلامت مرجان‌های شاخه ای و توده ای خلیج چابهار طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۹

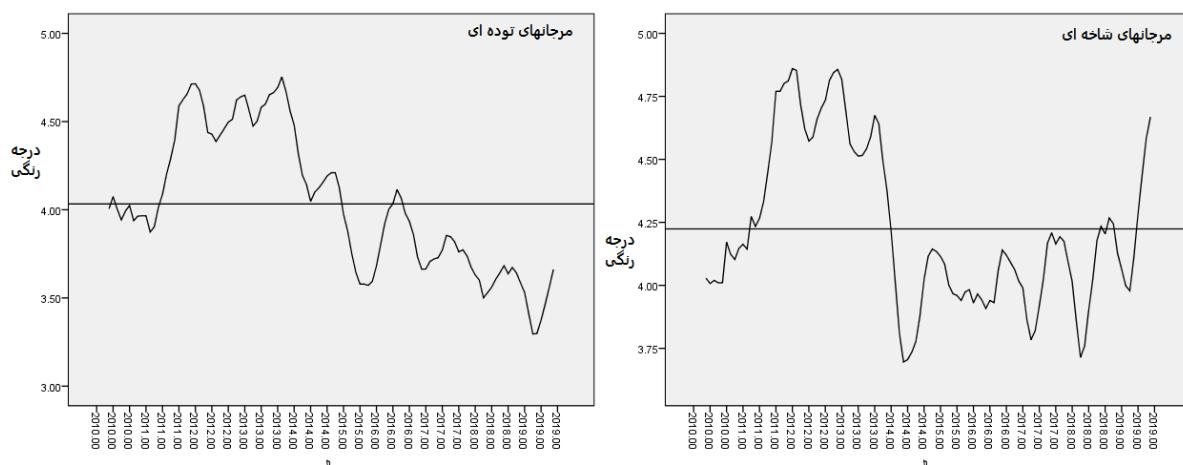
Figure 3: The health status of branching and massive corals of Chabahar Bay (2011-2019)

¹ Coral Change Index² Coral Quality Index



شکل ۴: وضعیت سلامت مرجان‌های شاخه‌ای و توده‌ای خلیج چابهار در ماه‌های مختلف طی سال‌های ۲۰۱۱-۱۹

Figure 4: The health status of branching and massive corals of Chabahar Bay in different months (2011-2019)



شکل ۵: روند وضعیت سلامت مرجان‌های شاخه‌ای (سمت راست) و توده‌ای (سمت چپ)

Figure 5: The health status trend of branching (right) and massive (left) corals

جدول ۲: روند نمره رنگی شاخص سلامت مرجان‌های خلیج چابهار

Table 2: The health index color score trend of Chabahar Bay corals

نوع پارامتر	Z	p-value $\alpha = 0.05$	معادله متناظر	نرخ تغییر در دوره	روندهای تغییرات آماری
نمودهای رنگی مرجان‌های شاخه‌ای	-۱/۷۲۱۶۰	۰/۰۴۲۵۷	$Y=71.97-0.034X$	کاهش $0/۳۴$ درجه	کاهشی معنی‌دار
نمودهای رنگی مرجان‌های توده‌ای	-۵/۶۶۶۵۳	۰/۰۰۰۰۰	$Y=186.74-0.091X$	کاهش $0/۹۱$ درجه	کاهشی معنی‌دار

معنی‌داری یا عدم معنی‌داری روند افزایشی یا کاهشی در سال‌های گذشته، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از وجود روند افزایشی معنی‌دار در دمای میانگین هوا و روند

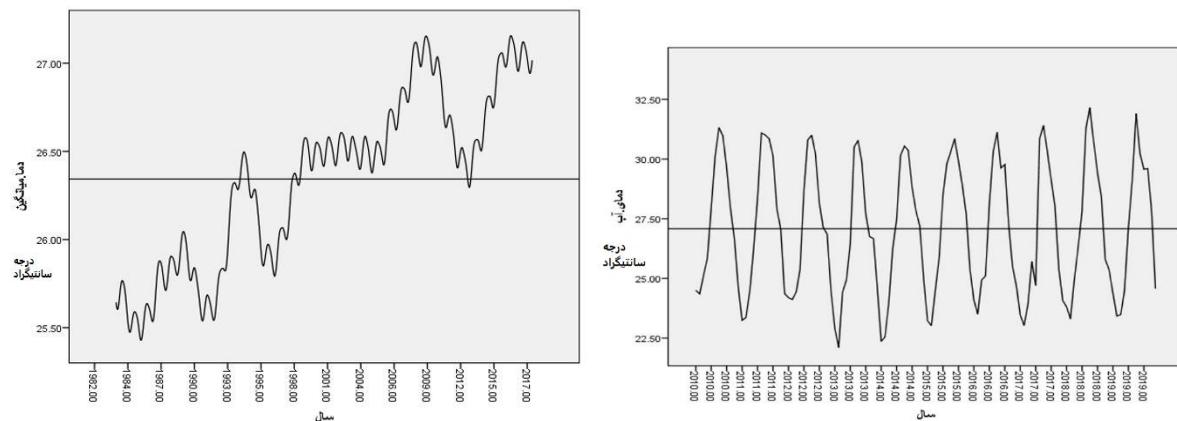
در گام بعدی با آزمون تعیین روند من کندا، داده‌های بلندمدت دمای میانگین هوای منطقه (۱۹۸۳-۲۰۱۹) و داده‌های دمای آب خلیج چابهار (۲۰۱۱-۱۹) به لحاظ

افزایشی غیر معنی‌دار دمای آب در سطح ۰/۰۵ داشت (جدول ۳ و شکل ۶).

جدول ۳: روند دمای هوا و دمای آب خلیج چابهار

Table 3. Air temperature trend and Water temperature of Chabahar Bay

روند	p-value ($\alpha=0.05$)	Z	نوع پارامتر
افزایشی معنی‌دار	۰/۰۰۰۰۰۶	۵/۱۱۳۸۴	دمای میانگین هوا
افزایشی غیر معنی‌دار	۰/۴۴۰۴۹۵	۰/۱۴۹۷۱۳	دمای آب



شکل ۶: روند دمای میانگین هوا (سمت چپ) و دمای آب (سمت راست) خلیج چابهار

Figures 6: The trend of average air temperature (left) and water temperature (right) of Chabahar Bay

هم‌زمان مقایسه گردید. نتایج نشان داد مرجان‌های دریایی انتقال یافته با یک گام تأخیر زمانی با دمای میانگین هوا و چابهار همبستگی منفی در سطح ۰/۰۱ و با دمای سطح آب همبستگی منفی در سطح ۰/۰۵ دارند (جدول ۴). هم‌زمان آزمون همبستگی بین پارامترهای دمای هوا و دمای آب نیز اجرا شد که دمای آب با دمای هوای منطقه همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ با ضریب همبستگی بالا (۰/۸۸۹**) را نشان داد.

در نهایت برای بررسی اثر دمای هوا و دمای سطح آب بر سلامت مرجان‌ها باید میزان همبستگی بین پارامترهای دما و نمره رنگی شاخص سلامت مرجان محاسبه شود که از آزمون پیرسون استفاده شد. با توجه به اینکه مرجان‌های دریایی نیز مانند سایر موجودات زنده به علت خصوصیات بیولوژیک خود با یک گام تأخیر زمانی، به تغییرات محیطی پاسخ می‌دهند، لذا همبستگی پیرسون با یک گام تأخیر زمانی نیز بررسی و نتیجه با داده‌های

جدول ۴: ضرایب همبستگی بین سلامت مرجان‌های انتقال یافته و پارامترهای دما

Table 4: Correlation coefficients between relocated coral health and temperature parameters

نموداری همبستگی	نموداری همبستگی	نموداری همبستگی	نموداری همبستگی	نموداری همبستگی
شاخه ای با یک گام	ای هم‌زمان با داده دما	توده ای با یک گام تأخیر	توده ای با داده دما	نموداری همبستگی
-۰/۲۲۱**	-۰/۱۰۱	-۰/۲۱۷*	-۰/۱۳۸	-۰/۰۶۱

** معنی‌داری همبستگی در سطح ۰/۰۱ و * معنی‌داری همبستگی در سطح ۰/۰۵

بحث

حاضر می‌باشد. کاهش بیشتر وضعیت سلامت مرجان‌ها در ماههای مه لغایت ژوئیه (واخر خرداد لغایت مرداد) به علت هم‌زمانی با فصل مونسون تابستانه است که علاوه بر افزایش شدت باد، جهت وزش بادها نیز بر عکس و از سمت دریا به خشکی می‌وزد. در این مدت دریا موج و متلاطم و استرس‌های محیطی از جمله افزایش کدورت آب بر مرجان‌ها بیشتر می‌باشد و نتیجه مطالعات Tehranifard و همکاران (۲۰۱۲) بر مرجان‌های خلیج چابهار مبنی بر کاهش سلامت و درصد پوشش مرجان‌ها در فصل تابستان تحت تأثیر بادهای مونسون نیز در تأیید نتایج این پژوهش است. نتایج آزمون تعیین روند نشان داد که دمای هوای چابهار، روند افزایشی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ را تجربه نموده است (جدول ۳). لذا، فرضیه افزایش دما در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای در این منطقه نیز همچون سایر نقاط کره زمین تأیید می‌گردد. نتایج آزمون همبستگی پیرسون، وجود همبستگی مثبت قوی در سطح ۰/۰۱ بین دمای میانگین هوای منطقه و دمای آب خلیج چابهار (با ضریب همبستگی ۰/۸۸۹) را اثبات نمود، اما نتایج آزمون تعیین روند، عدم معنی‌داری در روند افزایشی دمای آب خلیج چابهار را نشان داد (جدول ۳)، این بدان معناست که به رغم افزایش دمای هوا در طول دوره آماری، دمای آب خلیج چابهار به علت ظرفیت گرمایی ویژه آب، تبادل دمای سطح آب با لایه‌های پایینی و مجاور، تلاطم امواج و اختلاط آب دریای عمان و خلیج چابهار طی سال‌های ۲۰۱۱-۱۹ افزایش معنی‌داری نداشته تا حدی که در گرمترین ماه سال دمای آب از ۳۱ درجه سانتی‌گراد فراتر نرفته است (شکل ۶). نتایج مطالعات عوفی و همکاران (۱۳۹۷) نیز افزایش تنها ۰/۲ درجه سانتی‌گراد دمای سطح آب طی سه دهه در خلیج فارس را تأیید نموده است، اگر چه این میزان افزایش دما در محدوده قابل تحمل مرجان‌های گرمسیری قرار دارد (Hubbard, 1997; Castro & Huber, 2003). لذا، وقتی دمای آب روند افزایشی نداشته است، نمی‌توان آن را به عنوان عامل محدود کاهش سلامت مرجان‌های خلیج چابهار محسوب کرد و این روند کاهشی باید دلایل دیگری به جز افزایش دما داشته باشد. در تحقیقات حیدری و

نتایج این پژوهش نشان داد که درصد پوشش مرجان‌های زنده انتقال یافته نسبت به مرجان‌های مرده از سطح ۹۸/۴۳ در سال ۱۳۹۰ (۲۰۱۱ میلادی) به سطح ۴۳/۲ درصد در سال ۱۳۹۴ (۲۰۱۵ میلادی) رسیده‌اند اما از سال ۱۳۹۵ (۲۰۱۶) لغایت پایان سال ۱۳۹۸ (۲۰۱۹ میلادی) مجددًا جوامع مرجانی در سایت جدید احیاء شده به‌طوری‌که در انتهای دوره زمانی این پژوهش به سطح پوشش ۷۱/۵ درصد مرجان زنده رسیده‌اند (شکل ۲). در بررسی نمره رنگی شاخص سلامت جلبک‌های همزیست با مرجان‌ها نتایج حاکی از وجود روند کاهشی معنی‌دار وضعیت سلامت مرجان‌های انتقال یافته در طول دوره آماری این تحقیق دارد که البته شیب این روند کاهشی در مرجان‌های توده‌ای (با کاهش ۹۱/۰ درجه در دوره آماری) بیشتر از مرجان‌های شاخه‌ای (با کاهش ۰/۳۴ درجه در دوره آماری) بوده است (جدول ۲). وجود روند کاهشی Sanjani سلامت مرجان‌ها در تحقیقات Aminirad و (۲۰۱۰) در مورد مرجان‌های طبیعی خلیج چابهار و نیز مطالعات بلوکی کورنده و همکاران (۱۳۹۷) در مورد مرجان‌های جزیره خارگو در تأیید نتایج این پژوهش می‌باشد. در برخی از سال‌های دوره آماری همچون ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) شیب این روند کاهشی سلامت مرجان‌ها شدیدتر بوده است و یکی از دلایل آن می‌تواند شروع عملیات ساختمانی توسعه موج شکن‌های بندر شهید بهشتی و لاپرواپی اسکله مذکور طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ (۲۰۱۴ و ۲۰۱۵) باشد (اداره محیط زیست دریایی سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۸). از آن جایی که وجود یک جریان دریایی ملائم باعث زدودن رسوبات از روی کلی مرجانی خواهد شد، لذا اختلال در جهت جریانات طبیعی آب خلیج چابهار (جریانات ورودی از شرق خلیج چابهار) و افزایش کدورت آب و ذرات معلق ناشی از لاپرواپی و ساخت و ساز بندر شهید بهشتی می‌تواند به عنوان یکی از دلایل روند کاهش وضعیت سلامتی مرجان‌ها عنوان گردد. نتایج مطالعات Aminirad و Sanjani (۲۰۱۰) مبنی بر اثر ساخت و سازهای ساحلی خلیج چابهار بر سلامت مرجان‌ها در تأیید نتایج پژوهش

منابع

- اداره محیط زیست دریایی سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۰-۱۳۹۸. گزارشات نظارت و پایش مرجان‌های خلیج چابهار. ازدری، ۵. ۱۳۹۷. معرفی دستگاه جدید انتقال مرجان‌ها (Carrier) و مقایسه آن با دستگاه (basket). مجله علمی شیلات ایران، ۲۷ (۴): ۵۷-۶۶. (DOI): 10.22092/ISFJ.2018.117724
- بلوکی کورنده، م.، نبوی، س.، ب.، شکری، م. و غانمی، ک.، ۱۳۹۷. بررسی وضعیت سلامت آبسنگ‌های مرجانی جزایر خارگ و خارگو، فصلنامه اقیانوس‌شناسی، سال نهم، ۳۴: ۱۱-۱۷. (DOR): 98.1000/1562-1057.9.11.0. 34.1576.1608
- بهزادی، س.، رامشی، ح.، سالارپوری، ع.، درویشی، م.، پور مظلوم، س.، صیدمرادی، ش. و همکاران، ۱۳۹۹. یافته علمی کوتاه: بررسی علل سفید شدگی مرجان‌های شاخ گوزنی (*Acropora spp.*) جزیره هندوراسی. مجله علمی شیلات ایران، ۲۹ (۳): ۱۹۱-۱۹۶. (DOR): 20.1001.1.10261354.1399.29.3.1.3
- حیدری، ف.، سواری، ا.، دهقان مدیسه، س. و نبوی، س.، ب.، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر برخی پارامترهای محیطی بر بیوماس مرجان‌ها در زیستگاه‌های مصنوعی منطقه بحرکان (شمال خلیج فارس)، مجله زیست‌شناسی دریا (بیولوژی دریا)، ۲ (۶): ۳-۱۱. id=145186
- (DOI): 10.22113/JMST.2019.119999.2127
- علیمرادی، م.، میری، غ. و انوری، م. ر.، ۱۳۹۳. بررسی سایت‌های مناسب در خلیج چابهار جهت احیای اکوسیستم‌های مرجانی با هدف توسعه اکوتوریسم با استفاده از مدل شاخص مرکریت وزنی. اولین کنگره ملی آمیش سرزمین در هزاره سوم با تاکید بر جنوب شرق ایران، ۲۶ و ۲۷ آذرماه ۹۳. دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان.
- عوفی، ف.، ربانی‌ها، م.، بهزادی، س. و مهردوست، م.، ۱۳۹۷. پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم بر ساختار

همکاران (۱۳۹۰) از بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی دریا، شوری آب به عنوان عامل اصلی در کاهش سلامت و بیوماس مرجان‌های بحرکان خلیج فارس اعلام شده است. البته نتایج نشان‌دهنده وجود همبستگی منفی بین سلامت مرجان‌های چابهار (با یک گام تأخیر زمانی) با پارامترهای دمای آب و دمای هوای منطقه بود. مرجان‌های شاخهای با دمای میانگین هوا (با ضریب همبستگی: -۰/۳۲۱) در سطح ۰/۰۱ و با دمای آب (با ضریب همبستگی: -۰/۲۰۰) در سطح ۰/۰۵ همبستگی منفی دارند. در مورد مرجان‌های توده‌ای، همبستگی منفی معنی‌دار با پارامتر دمای میانگین هوا (با ضریب همبستگی: -۰/۲۱۷) در سطح ۰/۰۵ وجود داشته در حالی که همبستگی معنی‌داری با دمای آب نداشتند (جدول ۴). از مقادیر متفاوت ضرایب همبستگی منفی بین دو تیپ مرجانی می‌توان نتیجه گرفت که مرجان‌های شاخهای به علت بیش‌تر بودن ضرایب همبستگی منفی، زودتر از مرجان‌های توده‌ای به نوسانات دمای محیط پاسخ می‌دهند. اما از آنجایی که نوسانات دمای آب در محدوده دمای قابل تحمل مرجان‌های مناطق گرمسیری می‌باشد، لذا این همبستگی منفی مرجان‌های شاخهای با پارامتر دمای آب (-۰/۲۰۰) آنقدر قوی نیست که باعث از دست دادن کامل جلبک‌های همزیست و سفید شدگی بدون بازگشت کلنی مرجان شاخهای شود و در مورد مرجان توده‌ای که کلاً منتفی است. زیرا همبستگی منفی معنی‌داری بین دمای آب و مرجان توده‌ای وجود نداشت. نتایج مطالعات Hubbard و Pocock Castro (۱۹۹۷)، و لولی (۲۰۰۳) و قوام مصطفوی (۱۳۸۸) در تأیید نتایج این پژوهش است. لذا، پیشنهاد می‌شود تا سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب (شوری، هدایت الکتریکی، دورت، اسیدیته و...)، در قالب مطالعات جداگانه در دوره آماری این پژوهش بررسی گردد تا علت اصلی روند کاهشی سلامت مرجان‌ها به طور دقیق مشخص گردد.

- Resources, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia, 378 P.
- Hill, J. and Wilkinson, C., 2004.** Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs. *Townsville: Australian Institute of Marine Science Press*, 1-117.
- Hubbard, J.A. and Pocock, Y., 1997.** Sediment rejection by re-cent scleractinian corals: a key to paleoenvironmental reconstruction. *Geol Rundsch*, 61: 598-626.
- Idris, M.H., Muta Harah, Z. and Arshad, A., 2006.** Status of coral reefs species at Patricia Shoals. Bintulu. Sarawak. Malaysia. *Journal of Applied Sciences Research*, 2 (10): 816-820.
- Kendall, M.G., 1975.** "Rank Correlation Measures". Charles Griffin. London Mann H. B. 1945. Nonparametric Tests against Trend. *Econometrica*, 13: 245-259.
- Loya, Y., 1978.** Plotless and transect methods. In D. R. S. and R. E. Johannes (Ed.). Monographs on Oceanic Methodology. *Coral Reefs*, 5: 197-218.
- NOAA, 2020.** National Oceanic and Atmospheric Administration, 1401 Constitution Avenue NW, Room 5128, Washington, DC 20230, <https://www.noaa.gov/>.
- Tehranifard, A., Farhadi M. and Aminirad, T., 2012.** Health Status of Coral Reefs in Chabahar Bay. Iran. *International Journal of Bioscience. Biochemistry and Bioinformatics*, 2(1): 27-30. ISSN: 2010-3638, DOI: 10.7763/IJBBB.2012.V2.63.
- زیستگاهی و تنوع گونه ای ماهیان آبسنگ های مرجانی در بوم سازگان های جزیره ای خلیج فارس، اولین همایش ملی توسعه پایدار خلیج فارس (اکوسیستم های حساس)، ۷ آذر ۹۷، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، <https://civilica.com/doc/908451> COI: PGSD01_073 .
- قوام مصطفوی, پ., ۱۳۸۵.** بررسی و شناسایی مولکولی جلبک های همزیست زوگسانتله با مرجان های آبسنگ ساز غالب جزیره کیش، رساله دکتری رشته بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ۹۷ COI: NBCI04_097
- ولوی, ح., ۱۳۸۸.** تعیین پتانسیل و کارایی نشانگرهای زیستی در آبسنگ های مرجانی شمال خلیج فارس. پایان نامه دکتری رشته بیولوژی دریا رشته جانوران دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی
- Aminirad, T. and Sanjani, M.S., 2010.** Status of Coral reef species at Chabahar bay. Sistan and Baluchestan. Iran. *Pakistan journal of Biological Sciences*. 13, 8, pp. 369-374, ISSN: 1028-8880, DOI: 10.3923/pjbs.2010.369.374.
- Castro, P. and Huber, H.M.E., 2003.** Marine Biology. McGraw-Hill Science /Engineering/Math, UK, 170p.
- CoralWatch, 2008.** Online website and database of bleaching observations. Queensland Brain Institute, the University of Queensland St Lucia, Qld 4072 Australia <http://www.coralwatch.org>, Cited in 2002.
- ECMWF, 2020.** European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Shinfield Park, Reading, RG2 9AX, UK, <https://www.ecmwf.int>. Cited in 1975.
- English, S., Wilkinson, C. and Baker, V., 1997.** Survey Manual for Tropical Marine

Evaluation of health trends of relocated corals in Chabahar Bay by Coral Watch and Line Intercept Transect method based on climatic parameters

Alimoradi M.R.¹; Baaghideh M.^{1*}; Entezari A.R.¹; Hamidianpour M.²; Aminirad T.³; Abkenar A.M.⁴

*m.baaghideh@hsu.ac.ir

1-Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, University of Hakim Sabzevari, Sabzevar, Iran.

2-Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

3- Offshore Fisheries Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension Organization(AREEO), Chabahar, Iran.

4-Department of Fisheries, Chabahar Branch, Islamic Azad University, Chabahar, Iran.

Abstract

In order to develop Shahid Beheshti port of Chabahar, about 20,000 coral colonies were moved from the port development plan to a new site located in the north of Shahid Kalantari port. A decade after the corals were transferred, it is essential to know their health in order to make future decisions in similar cases. In this study, while examining the trend of air temperature and water temperature of Chabahar Bay, by diving operations and using Line Intercept Transect and Coral Watch methods, the health status and coverage of corals was monitored monthly from 2011 to 2017. Climatic data required for this study were obtained from Chabahar Meteorological Station and the satellite database of ECMWF Center. The relationship between the variables was examined through Pearson correlation test and Man Kendall trend analysis and the capability of SPSS and Minitab software. According to the results, the health status and development of the mentioned corals has a decreasing trend to the extent that the percentage of live coral coverage has increased from 98% in 1390 to 71.5% in 1398. On the other hand, the color degree of the health index of branched corals with a score of 4.31 out of 6 was in the "good" condition and mass corals with a score of 3.59 points were in the "average" condition. Despite the negative correlation between temperature and health of corals and the existence of a significant upward trend in the parameter of air temperature, due to the insignificance of the upward trend of water temperature, it seems that other factors besides water temperature fluctuations in the downward trend of health of corals have been involved.

Keywords: Coral, Coral Watch Method, Line Intercept Transect Method, Climate parameters Chabahar Bay

*Corresponding author