

بررسی اثر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در پراکنش آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش

سید حسن موسوی^{۱*}، محمد رضا شکری^۲ و افشین دانه کار^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۶)

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی برهمکنش آبسنگ‌های مرجانی با برخی از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب (عمق، دما، شوری، کدورت، اکسیژن محلول، pH، کلروفیل a و سرعت جریان آب) و دو پارامتر شیب‌بستر و جنس‌بستر در جزیره کیش بود. منطقه مطالعاتی به ۱۹ پهنه (۸ پهنه دارای مرجان و ۱۱ پهنه فاقد مرجان) تقسیم‌بندی گردید که در هر یک از پهنه‌ها این پارامترها با مطالعه یافته‌های محققان مختلف طی سالیان گذشته و نمونه‌برداری میدانی توسط دستگاه CTD در تابستان ۱۳۸۹ گردآوری شدند. سپس جهت بررسی الگوی پراکنش آبسنگ‌های مرجانی از آزمون دسته‌بندی غیرمتریک (Non-metric Multidimensional Scaling (nMDS))، جهت تعیین درصد شباهت ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان از آزمون تحلیل خوشه‌ای و در نهایت برای تعیین پارامترهای موثر در ایجاد تفاوت بین ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان از آزمون درصد شباهت SIMPER در نرم افزار PRIMER 5 استفاده شد. نتایج آزمون دسته‌بندی غیرمتریک (nMDS) بیانگر وجود تفاوت در الگوی پراکنش مکانی هر یک از ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان بود. مطابق آزمون تحلیل خوشه‌ای نیز ایستگاه مرجانی واقع در شمال جزیره کیش (CR 6) و ایستگاه فاقد مرجان واقع در شمال شرقی جزیره کیش (NC 2)، از نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شباهت بیشتری با یکدیگر داشته و با سایر ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجانی در سطح آماری ۱ درصد تفاوت بسیاری را نشان دادند. هم‌چنین مطابق آزمون SIMPER بیشترین سهم در ایجاد عدم شباهت بین ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان را به ترتیب پارامترهای شیب بستر، شدت جریان، شوری، عمق، دمای آب و کدورت با سهمی برابر با ۲۵/۰۶، ۲۳/۳۸، ۱۳/۸۸، ۱۳/۸۲، ۸/۶۹ و ۸/۶۱ درصد دارا هستند.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب، آبسنگ‌های مرجانی، پراکنش، جزیره کیش

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shmousavi@alumni.ut.ac.ir

مقدمه

از محدوده طبیعی آب دریا (۳۲ تا ۳۵ گرم در لیتر) نمی‌باشند (۲۹). به همین سبب در نواحی مصبی دیده نمی‌شوند (۱۲). با این حال تا حدی شوری‌های بیش از اندازه طبیعی (شوری‌های بالاتر از ۵۵ گرم در لیتر در دریای سرخ و سواحل جنوبی خلیج فارس) را راحت‌تر تحمل کرده و در چنین مناطقی از رشد به نسبت مطلوبی برخوردارند (۱۷).

عمق آب نیز یکی از مهم‌ترین متغیرهای محدود کننده گسترش آبسنگ‌های مرجانی به شمار می‌رود (۲۲)، زیرا متغیرهایی چون دمای آب، میزان نفوذ نور، نرخ رسوب‌گذاری، امواج و جریان‌های دریایی و غیره با توجه به عمق آب دچار تغییر می‌شوند (۱۲). علت محدودیت عمق، به واسطه نیاز مرجان‌های آبسنگ‌ساز به نور می‌باشد، چرا که نور یکی از ضروری‌ترین عوامل بقا و هم‌چنین از مهم‌ترین عوامل محدودکننده پراکندگی آبسنگ‌های مرجانی است، به خاطر همین وابستگی شدید، آبسنگ‌های مرجانی در آب‌های کم عمق بیشترین پراکندگی را دارند (۳۰). هم‌چنین تغییر در کیفیت و کمیت نور روی غلظت کلروفیل a و در نتیجه روی میزان فتوسنتز مرجان‌ها موثر است (۱۲). فرایند آهکی شدن مرجان‌ها نیز در حضور نور خورشید و با کمک باکتری‌های فتوسنتز کننده با سرعت بیشتری انجام می‌شود (۱۸).

امواج و جریان‌های دریایی نیز از طرق مختلفی روی پراکنش و پایداری آبسنگ‌های مرجانی تأثیر گذارند. شدت جریان آب و قدرت امواج می‌تواند تعیین کننده میزان پراکنش لارو مرجان‌ها در بستر دریا باشد. به علاوه این‌که امواج به علت داشتن آب حاوی اکسیژن فراوان و مواد غذایی مانند پلانکتون‌ها و نیز دور کردن مواد زائد مانند مواد مغذی می‌توانند برای مرجان‌ها مفید هم باشند و مانع رسوب‌گذاری ذرات معلق روی مرجان‌ها شوند (۱۲). البته امواج پر انرژی می‌توانند تأثیر منفی داشته باشند و منجر به شکسته شدن مرجان‌ها شوند (۳۱). پراکنش آبسنگ‌های مرجانی به میزان زیادی به پستی و بلندی و پیچیدگی بستر دریا به دلیل تأثیر

اکوسیستم مرجانی پرتولیدترین اکوسیستم دریایی محسوب می‌شود (۱۲ و ۲۴). تولیدات اولیه این اکوسیستم‌ها بسیار بالا بوده و نسبت تولید به تنفس (P/R) در این مناطق نزدیک به ۱ است. این شرایط نشانگر آن است که اکوسیستم مرجانی تقریباً به نقطه اوج (کلیماکس) متابولیک خود نزدیک شده است (۱۲). این اکوسیستم‌ها با وجود وسعت اندک (۰/۲ درصد مساحت اقیانوس‌ها)، حدود ۲۵ درصد از تنوع زیستی دریاها، تقریباً ۳۳ درصد گونه‌های ماهیان دریایی جهان و ۱۰ درصد از ماهیانی که توسط انسان مصرف می‌شوند را در خود جای داده‌اند (۲۳ و ۲۸).

عوامل مختلفی از قبیل عوامل طبیعی و عوامل انسانی در پراکنش، سلامت و بقای آبسنگ‌های مرجانی موثر می‌باشند که از این میان پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب همچون دمای آب، شوری، کدورت، عمق آب، نور، نرخ رسوب‌گذاری، امواج و جریان‌های دریایی، توپوگرافی بستر دریا، کلروفیل a و پرتو فرابنفش از جمله مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب موثر در پراکنش، سلامت و بقای آبسنگ‌های مرجانی به شمار می‌روند (۱۰ و ۱۲).

آبسنگ‌های مرجانی در تمام اقیانوس‌های جهان به گستره خاصی از دمای آب سازگاری پیدا کرده‌اند. آبسنگ‌های مرجانی در آب‌هایی که دمای متوسط سالانه آنها کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد باشد، تشکیل نمی‌شود. زیرا در دماهای پایین تغذیه مرجان‌ها و به ویژه فرایند رسوب کربنات کلسیم متوقف می‌شود (۱۲). مناسب‌ترین دما برای تشکیل آبسنگ‌های مرجانی، دمای میانگین سالانه بین ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (۱۲). البته اثر دمای آب روی رشد و سلامت مرجان‌ها به نوع گونه آبسنگ مرجانی نیز بستگی دارد. مثلاً در غرب خلیج فارس گونه‌های خاصی از مرجان‌ها (مانند خانواده *Porites*) دیده می‌شوند که در دمای کمتر از ۱۸ درجه سانتی‌گراد نیز بقا داشته‌اند (۱۷).

آبسنگ‌های مرجانی هم‌چنین قادر به تحمل شوری پایین‌تر

فارس (۶) می‌باشد.

در بین جزایر ایرانی خلیج فارس، جزیره کیش تنها جزیره‌ای است که در بستر مرجانی تشکیل شده است و دارای بالاترین میزان تنوع آبسنگ‌های مرجانی با ۲۸ گونه است (۲). اکوسیستم مرجانی در جزیره کیش از نظر اقتصادی، اکولوژیکی و فرهنگی از اهمیت و ارزش بسیار بالایی برخوردار است به طوری که زیر بنای بسیاری از فعالیت‌های تفریحی و توریستی در این جزیره را تشکیل می‌دهد (۱۹). اکوسیستم مرجانی در برابر آشفتگی‌های طبیعی و غیرطبیعی، حساسترین اکوسیستم در جزیره کیش به شمار می‌رود. فعالیت‌های انسانی و اثر متقابل آن با تغییرات طبیعی، عامل اصلی تخریب این اکوسیستم به شمار می‌رود. در حال حاضر اکوسیستم مرجانی در جزیره کیش یکی از مهم‌ترین مناطق دارای آبسنگ مرجانی در سواحل شمالی خلیج فارس است، از وضعیت چندان مطلوبی برخوردار نمی‌باشد (۲). این منطقه مرجانی در مقایسه با سایر مناطق شمالی خلیج فارس در معرض تخریب شدید قرار دارد و اگر وضع به همین منوال ادامه یابد تا چند سال آینده دیگر اثری از این اکوسیستم با ارزش در جزیره کیش دیده نخواهد شد (۲). از این رو توجه به این اکوسیستم و تلاش در جهت بازسازی و ترمیم آن از جمله مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران ساحلی به شمار می‌رود. لازمه مدیریت موفق چنین اکوسیستمی شناخت شرایط اکولوژیک حاکم بر این اکوسیستم به ویژه تأثیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در پراکنش آبسنگ‌های مرجانی و اثر متقابل آنها با فشارهای انسانی است (۲).

مرجان‌ها در تمام اقیانوس‌های جهان به گستره خاصی از شرایط فیزیکی و شیمیایی آب سازگاری پیدا کرده‌اند، در نتیجه دانستن این موضوع به ویژه در ارتباط با تلاش‌های حفاظتی در مورد گونه‌های مرجانی در معرض خطر ضروری است (۱۲). از این رو در این مطالعه سعی شده است تا با بررسی تغییرات چندین ساله پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در جزیره کیش و تأثیر آنها در پراکنش آبسنگ‌های مرجانی، قدم موثری در

روی جهت و شدت جریان‌های دریایی در تپه‌های کربناتی که محل سکونت آبسنگ‌های مرجانی است بستگی دارد (۲۱). این نکته از آن جهت که مرجان‌ها موجوداتی چسبیده به بستر بوده و برای تأمین بخشی از مواد غذایی خود (صید پلانکتون‌ها) به جریان‌های دریایی وابسته‌اند، از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۲).

اکوسیستم‌های مرجانی بیشتر در مناطق کم عمق گرمسیری و نیمه گرمسیری (عرض‌های پایین‌تر از ۳۰ درجه) پراکنش دارند (۱۲ و ۲۹). خلیج فارس نیز دریای حاشیه‌ای و نیمه بسته‌ای است که در محدوده عرض‌های مناطق گرمسیری کره زمین (عرض‌های ۲۵ تا ۳۰ درجه شمالی) واقع شده است و از جمله مناطق مناسب جهت رشد و بقای آبسنگ‌های مرجانی محسوب می‌شود، اما انزوای جغرافیایی خلیج فارس و شرایط اقلیمی حاکم بر آن مانند شوری زیاد آب (۳۶ تا ۴۲ گرم در لیتر)، دامنه بالای تغییرات فصلی دمای آب (۲۰ تا ۳۴ درجه سانتی‌گراد)، متوسط عمق کم (۳۵ متر) و کیفیت نسبتاً پایین آب به دلیل فعالیت‌های استخراجی نفت و گاز محدودیت‌هایی را برای گونه‌های آبی به ویژه آبسنگ‌های مرجانی به وجود آورده است که سبب بومی‌گرایی بسیاری از آبزیان در طی روند تکاملی آنها شده است (۱۷ و ۲۰). از این رو تنوع آبسنگ‌های مرجانی خلیج فارس در مقایسه با سایر مناطق مرجانی مجاور خود مانند دریای عمان، دریای سرخ و اقیانوس هند کمتر است (۱۷ و ۲۷).

سواحل ایرانی خلیج فارس نسبت به بخش‌های جنوبی گونه‌های مرجانی کمتری را در خود جای داده است. به عنوان مثال در سواحل کویت ۳۴ گونه (۱۴)، در سواحل عربستان ۵۰ گونه (۱۱) و یا ۵۵ گونه (۱۳)، در سواحل امارات ۳۴ گونه (۱۳) و در سواحل عمان ۵۳ گونه (۱۶) آبسنگ مرجانی ثبت شده است. آخرین برآوردها نشان‌دهنده وجود ۳۵ گونه آبسنگ مرجانی در جزایر لارک، فارور، بنی فارور، تنب کوچک، تنب بزرگ، هندورابی و کیش (۲)، ۲۷ گونه در خلیج ناپیند، جزیره کیش و جزیره فارور (۲۰) و ۳۰ گونه در آب‌های ایرانی خلیج

کمک به مدیریت و حفاظت این اکوسیستم با ارزش اکولوژیک برداشته شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش آب‌های ساحلی پیرامون جزیره کیش تا عمق ۱۵ متر می‌باشد. این محدوده در شمال خلیج فارس و در ۱۸ کیلومتری جنوب کرانه‌های بندر لنگه، در موقعیت جغرافیایی ۲۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی واقع است. منطقه مطالعاتی به ۱۹ پهنه تقسیم‌بندی گردید که از این میان ۸ پهنه دارای آبسنگ مرجانی و ۱۱ پهنه فاقد آبسنگ مرجانی بود (شکل ۱).

جزیره کیش، جزیره‌ای با منشا مرجانی بوده و در گذشته آب‌های کم عمق ساحلی آن سراسر پوشیده از آبسنگ‌های مرجانی بوده است. ولی امروزه به دلیل تغییرات اقلیمی و فشار ناشی از عوامل انسانی بخش‌های وسیعی از این جزیره عاری از آبسنگ مرجانی گشته است. آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش از نوع آبسنگ‌های حاشیه‌ای هستند (۲۰). پراکنش آبسنگ‌های مرجانی در جزیره کیش حداکثر تا عمق ۱۵ متری می‌باشد که بیشترین حضور این گونه‌ها در عمق ۳ تا ۸ متری دیده می‌شود. بیشترین پوشش آبسنگ‌های مرجانی در بخش‌های شرقی و شمالی جزیره کیش دیده می‌شود. اما وضعیت پراکنش آبسنگ‌ها در این مناطق به دلیل تخلیه پساب مراکز مسکونی و تفریحی و وجود تأسیسات آب شیرین کن تقریباً اندک بوده به طوری که پوشش آبسنگ‌های مرجانی زنده در نزدیکی ساحل بندرگاه به ۲ تا ۳ درصد می‌رسد (۲). بزرگترین خانواده آبسنگ‌های مرجانی از نظر تنوع در جزیره کیش، خانواده *Faviidae* با ۸ گونه بوده و بعد از آن خانواده‌های *Poritidae* و *Siderastreaeidae* هر کدام با ۳ گونه مختلف می‌باشند. خانواده *Acroporidae* بیشترین فراوانی را در آب‌های اطراف جزیره کیش دارد و پس از آن خانواده

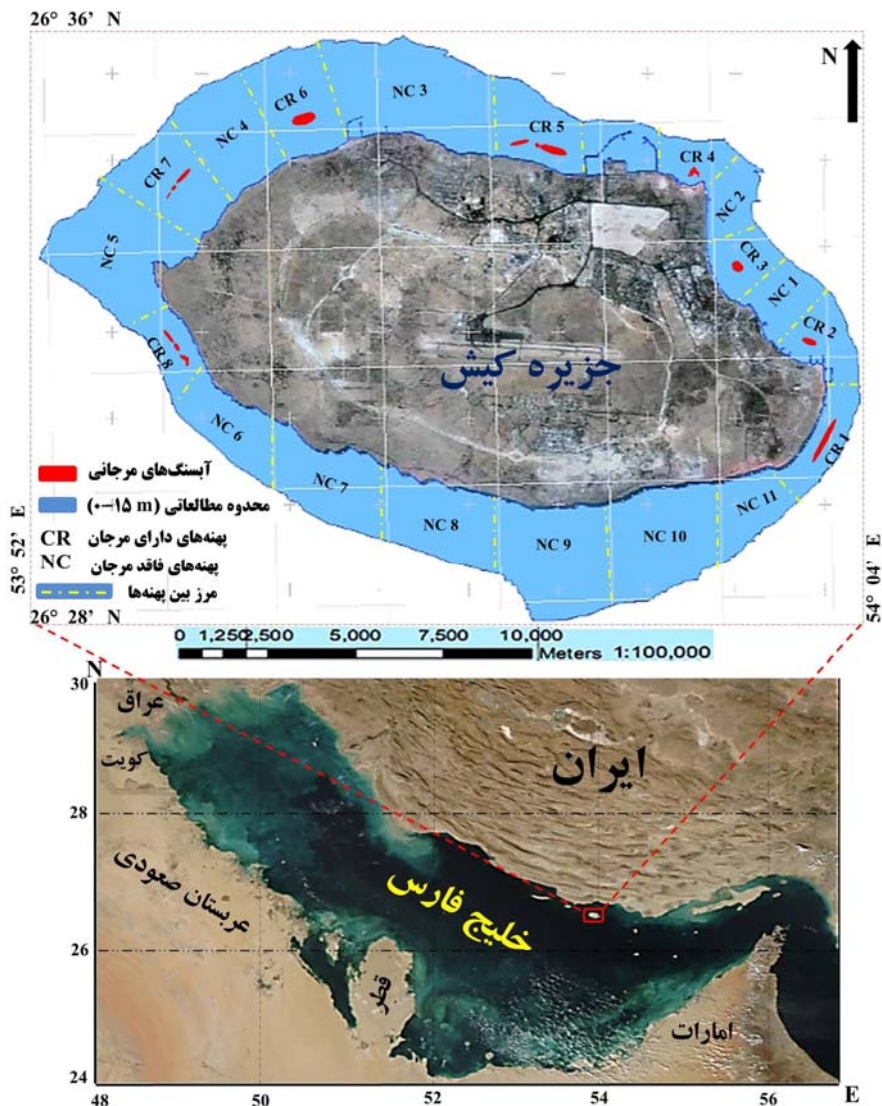
Poritidae در مرتبه دوم قرار دارد. کمترین فراوانی نیز متعلق به خانواده *Dendrophyllidae* است (۲۰).

جمع‌آوری داده‌ها

در تابستان ۱۳۸۹ پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و بستر دریا در ۳۰ ایستگاه پیرامون جزیره کیش مورد سنجش قرار گرفت. از این ۳۰ ایستگاه تعداد ۱۲ ایستگاه در ۸ پهنه دارای مرجان و ۱۸ ایستگاه در ۱۱ پهنه فاقد مرجان واقع شدند. این پارامترها شامل ۸ پارامتر فیزیکی و شیمیایی آب (عمق آب، دمای آب، شوری، کدورت، اکسیژن محلول، pH، کلروفیل *a* و سرعت جریان آب) و ۲ پارامتر فیزیکی بستر دریا (شیب بستر و جنس بستر) می‌باشند. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب توسط دستگاه CTD ثبت شدند. به دلیل پراکنش سنگفرش‌های مرجانی جزیره کیش تا عمق حداکثری ۱۲ تا ۱۵ متر، نقاط نمونه برداری حداکثر تا عمق ۱۵ متر انتخاب شدند. سرعت جریان آب نیز در نقاط تعیین شده با توجه به پروژه مدلسازی امواج ایران در منطقه خلیج فارس به ویژه جزیره کیش تعیین شد.

بررسی جنس رسوبات بستر نیز با استفاده از گرب نمونه‌برداری (با ۳ تکرار در هر ایستگاه) و تعیین جنس و دانه‌بندی آنها در محیط آزمایشگاهی صورت گرفت. از هر یک از ایستگاه‌ها نمونه‌ای به وزن تقریبی ۵۰۰ گرم برداشت شد که پس از خشک شدن، الک شدن و تعیین وزن، درصد دانه‌بندی رسوبات مشخص شد. در این بررسی درصد رسوبات با دانه‌بندی بزرگ‌تر از ۱۶ میلی‌متر (قلوه سنگی و صخره‌ای) برای هر ایستگاه در تحلیل‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت. شیب بستر در هر یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری از روی نقشه عمق سنجی مشخص شد.

در نهایت از آنجایی که تغییرات یک فصل نمی‌تواند به‌طور دقیق بیانگر تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در یک منطقه باشد، اقدام به گردآوری تغییرات ثبت شده توسط محققان مختلف طی سالیان گذشته گردید که با ایستگاه‌های



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی و پهنه‌های دارا و فاقد آبسنگ مرجانی (موقعیت آبسنگ‌های مرجانی برگرفته از مطالعه رضائی و همکاران، ۱۳۸۹ است)

بر اساس فاکتورهای زیست محیطی اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون دسته‌بندی غیرمتریک (nMDS) از ماتریس Euclidean distance ترسیم گردید. از آنجایی که فاکتورهای زیست محیطی مذکور از واحدهای متفاوتی برخوردار بودند. لذا قبل از انجام آزمون به منظور حذف اثر مقیاس (واحد) تمامی داده‌های فاکتورهای مذکور (از طریق کسر مقدار هر مشاهده از میانگین و تقسیم آن بر انحراف معیار) استاندارد شدند. هم‌چنین در ادامه با استفاده از تحلیل خوشه‌ای

نمونه برداری این مطالعه همپوشانی داشتند. در نهایت از میانگین سالانه این داده‌ها برای هر یک از پارامترها در تجزیه و تحلیل استفاده شد. جدول ۱ منابع مورد استفاده برای تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و جدول ۲ مقادیر این پارامترها طی سالیان گذشته در پیرامون جزیره کیش را نشان می‌دهند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

الگوی پراکنش ایستگاه‌های دارای مرجان و فاقد مرجان

جدول ۱. منابع مورد استفاده جهت تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

پارامترها	منابع مورد استفاده	توضیحات
عمق آب	(۷)، (۸)	برگرفته از نقشه عمق سنجی و نتایج CTD
دمای آب	(۱)، (۲)، (۴)، (۷)، (۸)، (۹)	میانگین ۹ ساله (۱۳۸۰-۸۹)
شوری	(۱)، (۲)، (۴)، (۷)، (۸)	میانگین ۹ ساله (۱۳۸۰-۸۹)
کدورت	(۲)، (۷)، (۸)	میانگین ۳ ساله (۱۳۸۶-۸۹)
اکسیژن محلول	(۲)، (۴)، (۷)	میانگین ۹ ساله (۱۳۸۰-۸۹)
pH آب	(۲)، (۴)، (۷)	میانگین ۹ ساله (۱۳۸۰-۸۹)
کلروفیل <i>a</i>	(۲)، (۳)، (۷)	میانگین ۳ ساله (۱۳۸۶-۸۹)
شدت جریان آب	(۵)، (۸)	برگرفته از میانگین سرعت جزرومد و امواج
شیب بستر	(۸)	برگرفته از نقشه عمق سنجی
جنس بستر	(۲)، (۷)	نمونه‌برداری با گرب و آنالیز دانه‌بندی رسوب

نتایج

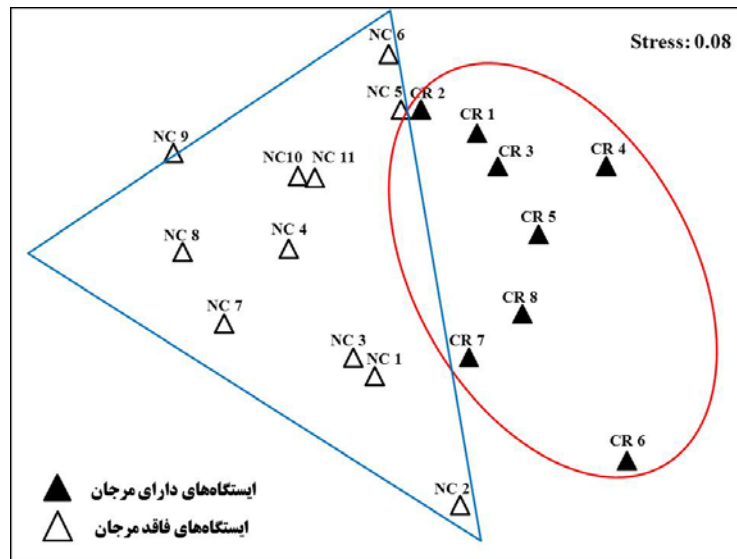
الگوی پراکنش مکانی ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان

نتایج نمودار دسته‌بندی (nMDS) با استفاده از ماتریس Euclidean distance براساس فاکتورهای زیست محیطی اندازه‌گیری شده، نشان‌دهنده بروز تغییر در پراکنش مکانی هر یک از ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان بود به طوری که ایستگاه‌های دارای مرجان از ایستگاه‌های فاقد مرجان جدا شده‌اند (شکل ۲). هم‌چنین میزان شباهت ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان در جزیره کیش براساس پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب با استفاده از تحلیل خوشه‌ای صورت گرفت که نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است.

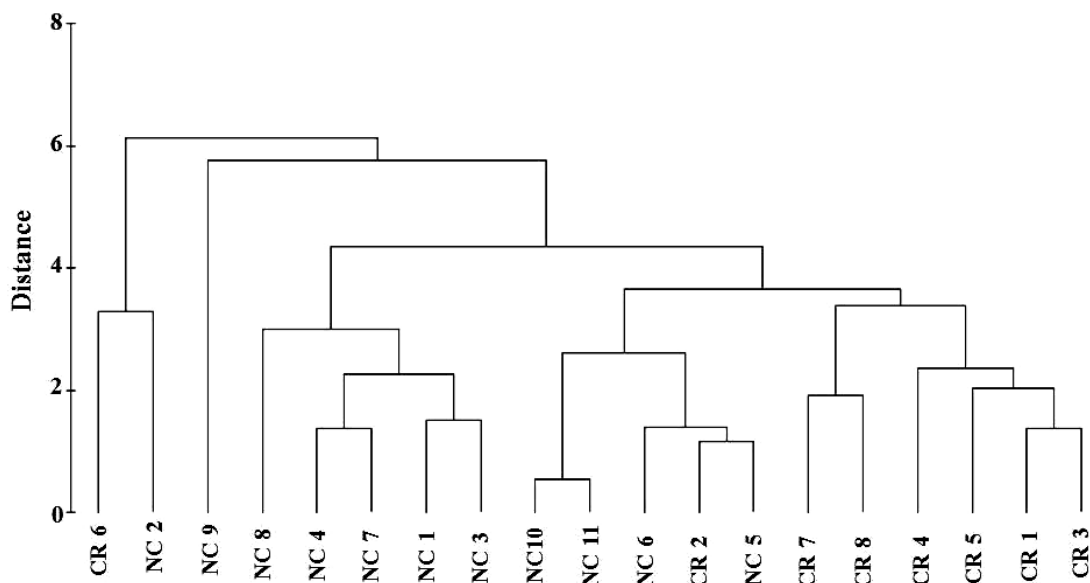
مطابق شکل ۳، ایستگاه مرجانی شماره ۶ (CR 6) واقع در شمال جزیره کیش در غرب اسکله میرمنا و هم‌چنین ایستگاه فاقد مرجان شماره ۲ (NC 2) واقع در شمال شرقی جزیره کیش، از نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شباهت بیشتری به یکدیگر داشته و با سایر ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجانی تفاوت بسیاری را نشان می‌دهند.

(Cluster analysis) درصد شباهت ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان براساس فاکتورهای زیست محیطی اندازه‌گیری شده مورد بررسی قرار گرفت. در تحلیل خوشه‌ای شاخص تشابه Euclidean مورد استفاده قرار گرفت.

برای تعیین پارامترهایی که بیشترین تأثیر را در ایجاد تفاوت بین ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان ایجاد می‌کنند، آزمون درصد شباهت (SIMPER: Similarity Percentage) در نرم افزار PRIMER 5 مورد استفاده قرار گرفت (۱۵). ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (K-S) و تساوی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لیون مورد سنجش قرار گرفت. این آزمون پارامترها را براساس اهمیت آنها در ایجاد تفاوت بین زون‌های مرجانی و فاقد مرجان از زیاد به کم مرتب می‌کند. در این روش سهم مشارکت هر یک از پارامترها به صورت درصد ارائه می‌شود. از این آزمون به ترتیب برای تعیین درصد شباهت بین ایستگاه‌های مرجانی و ایستگاه‌های فاقد مرجان هر یک به صورت جداگانه و هم‌چنین برای تعیین میزان شباهت ما بین ایستگاه‌های مرجانی با ایستگاه‌های فاقد مرجان استفاده شد.



شکل ۲. نمودار دسته‌بندی (nMDS) با استفاده از ماتریس Euclidean distance براساس پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده



شکل ۳. نتایج تحلیل خوشه‌ای ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان براساس پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

با استفاده از این آزمون، پارامترهایی که در مجموع بیشتر از ۹۲ درصد مسؤل شباهت بین ایستگاه‌های مرجانی بوده‌اند در جدول ۳ نشان داده شده‌اند. مطابق این جدول شوری با سهم مشارکتی برابر با ۳۲/۰۴ درصد از مجموع ۹۲/۲۰ درصد بیشترین سهم و سپس دمای آب، شدت جریان، عمق آب، pH

پارامترهای مؤثر در الگوی تغییرات پراکنش مکانی ایستگاه‌های دارای مرجان و فاقد مرجان آزمون SIMPER به ترتیب برای تعیین درصد شباهت بین ایستگاه‌های مرجانی، ایستگاه‌های فاقد مرجان و هم‌چنین ایستگاه‌های مرجانی با ایستگاه‌های فاقد مرجان استفاده گردید.

جدول ۳. پارامترهای مؤثر در شباهت بین ایستگاه‌های مرجانی با ارائه درصد مشارکتشان در این شباهت (۹۶/۳۳ = میانگین شباهت)

پارامترها	میانگین فراوانی	میانگین شباهت	انحراف معیار شباهت	درصد مشارکت	میزان تجمعی
شوری	۳۸/۸۵	۳۰/۸۶	۳۱/۷۱	۳۲/۰۴	۳۲/۰۴
دمای آب	۲۷/۰۸	۲۱/۵۸	۴۰/۹۶	۲۲/۴۰	۵۴/۴۴
شدت جریان	۲۴/۳۳	۱۹/۱۰	۲۸/۹۹	۱۹/۸۳	۷۴/۲۷
عمق آب	۸/۴۰	۶/۴۳	۱۰/۱۰	۶/۶۷	۸۰/۹۴
pH	۷/۸۰	۶/۲۴	۴۷/۹۰	۶/۴۸	۸۷/۴۲
اکسیژن محلول	۵/۸۳	۴/۶۰	۱۳/۲۷	۴/۷۸	۹۲/۲۰

جدول ۴. پارامترهای مؤثر در عدم شباهت بین ایستگاه‌های فاقد مرجان با ارائه درصد

مشارکتشان در این شباهت (۹۶/۰۳ = میانگین شباهت)

پارامترها	میانگین فراوانی	میانگین شباهت	انحراف معیار شباهت	درصد مشارکت	میزان تجمعی
شوری	۳۸/۵۹	۳۰/۴۵	۳۸/۸۶	۳۱/۷۱	۳۱/۷۱
دمای آب	۲۷/۶۰	۲۱/۷۹	۴۰/۸۲	۲۲/۶۹	۵۴/۴۰
شدت جریان	۲۷/۰۹	۲۰/۹۵	۱۶/۷۷	۲۱/۸۱	۷۶/۲۱
عمق آب	۹/۸۴	۷/۱۰	۱۰/۱۵	۷/۴۰	۸۳/۶۱
pH	۷/۹۶	۶/۲۹	۴۱/۶۴	۶/۵۵	۹۰/۱۶

جدول ۵. درصد مشارکت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در ایجاد تفاوت ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان. میانگین فراوانی هر پارامتر

روی هر نوع ایستگاه نشان داده شده است (۴/۹۱ = میانگین عدم شباهت).

پارامترها	میانگین فراوانی در ایستگاه‌های مرجانی	میانگین فراوانی در ایستگاه‌های فاقد مرجان	میانگین عدم شباهت	انحراف معیار عدم شباهت	درصد مشارکت	میزان تجمعی
شیب بستر	۵/۶۰	۳/۲۳	۱/۲۳	۱/۴۰	۲۵/۰۶	۲۵/۰۶
عمق آب	۲۴/۳۳	۲۷/۰۹	۱/۱۵	۱/۶۰	۲۳/۳۸	۴۸/۴۴
شدت جریان	۳۸/۸۵	۳۸/۵۹	۰/۶۸	۱/۴۷	۱۳/۸۸	۶۲/۳۱
شوری	۸/۴۰	۹/۸۴	۰/۶۸	۰/۹۲	۱۳/۸۲	۷۶/۱۳
دمای آب	۲۷/۰۸	۲۷/۶۰	۰/۴۳	۱/۲۹	۸/۶۹	۸۴/۸۲
کدورت	۴/۱۹	۳/۱۸	۰/۴۲	۲/۶۸	۸/۶۱	۹۳/۴۳

برابر با ۳۱/۷۱ درصد از مجموع ۹۰/۱۶ درصد مهم‌ترین عامل شباهت بین ایستگاه‌های فاقد مرجان است. در ادامه پارامترهای دمای آب، شدت جریان، عمق آب و pH به ترتیب با ۲۲/۶۹، ۲۱/۸۱، ۷/۴۰ و ۶/۵۵ درصد از مجموع ۹۰/۱۶ درصد از اهمیت کمتری برخوردارند.

و اکسیژن محلول به ترتیب با ۲۲/۴۰، ۱۹/۸۳، ۶/۶۷، ۶/۴۸ و ۴/۷۸ درصد عامل شباهت بین ایستگاه‌های مرجانی هستند. هم‌چنین پارامترهایی که مسئول شباهت بین ایستگاه‌های فاقد مرجان بوده‌اند نیز در جدول ۴ ارائه شده‌اند. مطابق این جدول همانند ایستگاه‌های مرجانی، شوری با سهم مشارکتی

جریان‌ات دریایی است. بسترهای شیب‌دار به دلیل ناپایداری رسوبات، اغلب از نرخ رسوب گذاری پائین تری برخوردار بوده و دارای جنس بستر دانه درشت تر و صخره‌ای می‌باشند که از شرایط مطلوبتری جهت استقرار لارو مرجان‌ها و رشد کلونی‌های مرجانی برخوردار است (۲۵). لارو مرجان‌ها در شرایط فیزیکی پایدار همچون نرخ رسوب گذاری پایین و وجود بسترهای محکم در یک منطقه از نرخ استقرار بالایی برخوردار بوده و تشکیل کلنی‌های جدیدی را می‌دهند (۲۵). هم‌چنین مناطق شیب‌دار به میزان زیادی روی جهت و شدت جریان‌ات دریایی در تپه‌های کربناتی که محل سکونت آبسنگ‌های مرجانی است تأثیرگذار هستند. این نکته از آن جهت که مرجان‌ها موجوداتی چسبیده به بستر بوده و برای تامین بخش عمده‌ای از مواد غذایی خود (صید پلانکتون‌ها) به جریان‌ات دریایی وابسته‌اند از اهمیت زیادی برخوردار است (۲۱).

پس از شیب بستر پارامترهای عمق آب و شدت جریان آب به ترتیب با ۲۳/۳۸ و ۱۳/۸۸ درصد از جمله مهم‌ترین شاخص‌های عدم شباهت بین دو ایستگاه مرجانی و فاقد مرجان در جزیره کیش بودند. مطابق این بررسی میانگین عمق آب در ایستگاه‌های مرجانی (۷/۳۹ متر) در مقایسه با ایستگاه‌های فاقد مرجان (۹/۸۴ متر) به مراتب کمتر است. مهم‌ترین دلیل این امر بالاتر بودن شدت نور در مناطق کم عمق تر می‌باشد. به خاطر ماهیت فتوسنتز کنندگی آبسنگ‌های مرجانی، این موجودات وابستگی شدیدی به شدت نور دارند (۳۰). از سوی دیگر تغییر در کیفیت و کمیت نور، بر روی غلظت کلروفیل *a* و در نتیجه روی میزان فتوسنتز آبسنگ‌های مرجانی تأثیر گذار است (۱۲). هم‌چنین فرایند آهکی شدن آبسنگ‌ها نیز در حضور نور خورشید و با کمک باکتری‌های فتوسنتزکننده با سرعت بیشتری انجام می‌شود (۱۸).

از این رو مناسب‌ترین عمق در ارتباط با بقای آبسنگ‌های مرجانی عمقی است که در آن شدت نور به ۱ تا ۲ درصد شدت نور در سطح آب کاهش یافته باشد (۱۲). در مناطق

در نهایت با استفاده از آنالیز SIMPER پارامترهایی که در مجموع بیشتر از ۹۳ درصد در ایجاد عدم شباهت بین ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان نقش داشتند با ارائه درصد مشارکتشان در این عدم شباهت مشخص شدند (جدول ۵). با توجه به جدول ۵ بیشترین سهم در ایجاد عدم شباهت بین دو گروه ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان را پارامتر شیب بستر با ۲۵/۰۶ درصد دارا بود و به دنبال آن پارامترهای شدت جریان، شوری، عمق، دمای آب و کدورت به ترتیب با سهمی برابر با ۲۳/۳۸، ۱۳/۸۸، ۱۳/۸۲، ۸/۶۹ و ۸/۶۱ درصد در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار داشتند.

بحث و نتیجه‌گیری

این بررسی با هدف بررسی میزان شباهت پهنه‌های مرجانی و فاقد مرجان جزیره کیش با توجه به داده‌های چند ساله پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب و شکل بستر صورت گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که پهنه‌های مرجانی از نظر شرایط فیزیکی و شیمیایی آب و جنس بستر با پهنه‌های فاقد مرجانی متفاوت هستند. با توجه به جدول ۵، پارامترهای شیب بستر، عمق آب، شدت جریان، شوری، دمای آب و کدورت در مجموع بیش از ۹۳ درصد مسئول تفاوت بین دو گروه ایستگاه‌های مرجانی و فاقد مرجان بودند که از این میان سه پارامتر شیب بستر، عمق آب و شدت جریان بیش از ۲/۳ (بیش از ۶۲ درصد) مجموع مشارکت را در ایجاد عدم شباهت بین دو گروه ایستگاه مرجانی و فاقد مرجان نشان دادند. در بین دو گروه بررسی شده پارامتر شیب بستر با بیش از ۲۵ درصد بیشترین سهم را در این عدم شباهت دارا بود. میانگین شیب بستر در ایستگاه‌های دارای مرجان، ۵/۵۹ درجه و در ایستگاه‌های فاقد مرجان، ۳/۲۲ درجه بود. این موضوع بیانگر این واقعیت است که آبسنگ‌های مرجانی در پیرامون جزیره کیش مناطق شیب‌دار را در مقایسه با بسترهای کم شیب و هموار برای استقرار ترجیح می‌دهند که این امر به دلیل ناپایداری رسوبات در چنین بسترهایی و جابجایی آنها توسط

زائد مانند نوترینت‌ها با توجه به ماهیت ساکن بودن آبسنگ‌های مرجانی می‌توانند برای مرجان‌ها مفید هم باشد و مانع رسوب‌گذاری ذرات معلق روی مرجان‌ها شود (۱۲). البته امواج پرنرژی می‌توانند تأثیر منفی داشته باشند و منجر به شکسته شدن مرجان‌ها گردند (۳۱). از سوی دیگر جریان‌های دریایی با شدت کم (کمتر از 10 cm/s) نیز به دلیل پایین بودن کارایی ورود آب حاوی اکسیژن محلول و مواد غذایی همچون فیتوپلانکتون‌ها و خروج مواد زائد همچون نوترینت‌ها تأثیرات نامطلوبی بر سلامت اکوسیستم‌های مرجانی بر جا می‌گذارد (۲۲ و ۳۲).

مطابق این بررسی می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که توجه به پارامترهای شیب بستر، عمق آب و شدت جریان در درجه نخست و سپس پارامترهای شوری، دمای آب و کدورت در درجه بعدی اهمیت می‌تواند شاخص خوبی برای بررسی پراکنش آبسنگ‌های مرجانی پیرامون جزیره کیش باشد. نگاهی به پارامترهای فیزیکی و شیمیایی که توسط محققان مختلف برای مطالعه آبسنگ‌های مرجانی مد نظر قرار گرفته است، تأییدکننده نتایج حاصل از این پژوهش است. به عنوان مثال طی مطالعه‌ای روی آبسنگ‌های مرجانی جزایر ایرانی خلیج فارس به ویژه جزیره کیش (۲)، پارامترهایی مانند دمای آب، عمق آب، شوری، کدورت، اکسیژن محلول و کلروفیل a به عنوان مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب مد نظر قرار گرفت. نتیجه تحقیق (۱۰)، پارامترهای جریان‌های دریایی، دمای آب، شوری، کدورت، اکسیژن محلول و pH آب را به عنوان مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در مطالعه آبسنگ‌های مرجانی سواحل دریای سرخ در کشور مصر مورد توجه قرار داد. در منطقه صخره‌های بزرگ مرجانی استرالیا، متغیرهای دمای آب، شوری، کدورت، عمق آب و کلروفیل a علاوه بر متغیرهایی مانند N ، P و C در بررسی کیفیت آب مورد توجه قرار گرفت (۲۶).

توجه و شناخت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب معرفی

استوایی به دلیل تابش عمود نور خورشید، عمده پراکنش آبسنگ‌های مرجانی تا اعماق ۲۵ تا ۳۰ متر نیز دیده می‌شود (۱۲)، اما در جزیره کیش و سایر نقاط خلیج فارس به دلیل قرار گرفتن در نواحی نیمه استوایی و تابش مایل نور خورشید، پراکنش آبسنگ‌های مرجانی محدود به اعماق کمتری شده است. آبسنگ‌های مرجانی در جزیره کیش حداکثر تا عمق ۱۱ متر پراکنش دارند (۱۹ و ۲۰)، که عمده پراکنش آنها در دامنه عمقی ۳ تا ۸ متر (۲۰) است. طبیعتاً هر چه عمق آب کمتر باشد، به دلیل افزایش شدت نور، آبسنگ‌های مرجانی در جزیره کیش نیز بایستی از پراکنش بالاتری برخوردار باشند. اما امروزه در جزیره کیش به دلیل شدت بالای فعالیت‌های تفریحی (غواصی، قایق سواری و ماهیگیری) و صیادی مخرب، عمده پراکنش آبسنگ‌های مرجانی به مناطق عمیق‌تر آب (۸-۶ متر) محدود گشته است.

هم‌چنین در این بررسی مشخص شد که میانگین سرعت جریان آب در ایستگاه‌های مرجانی ($24/33 \text{ cm/s}$) در مقایسه با ایستگاه‌های فاقد مرجان ($27/09 \text{ cm/s}$) از میزان کمتری برخوردار است. با این وجود آب‌های ساحلی پیرامون جزیره کیش در مقایسه با نتایج به دست آمده در سایر نقاط جهان (۲۲، ۲۶ و ۳۲) از شدت جریان مطلوبی برای بقاء و سلامت آبسنگ‌های مرجانی برخوردار است. مناسب‌ترین سرعت جریان آب در اکوسیستم‌های مرجانی، حداکثر 75 cm/s (۳۲) و 60 cm/s (۲۲) گزارش شده است و اعتقاد بر این است که شدت جریان بیش از این مقدار می‌تواند بر پایداری آبسنگ‌های مرجانی و استقرار لارو مرجان‌ها آثار زیانبار داشته باشد. هم‌چنین حداقل سرعت جریان آب برای سلامت اکوسیستم‌های مرجانی، 10 cm/s گزارش شده است (۲۶). پارامتر شدت جریان آب از این جهت برای سلامت و بقای آبسنگ‌های مرجانی با اهمیت است که می‌تواند تعیین‌کننده میزان پراکنش لارو مرجان‌ها در بستر دریا باشد (۲۲). به علاوه این‌که جریان‌های دریایی به علت داشتن آب حاوی اکسیژن فراوان و مواد غذایی مانند پلانکتون‌ها و نیز دور کردن مواد

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله وظیفه خود می‌دانند تا از همکاری آقایان دکتر دانیال اژدری رئیس مرکز تحقیقاتی شیلات آب‌های دور-چابهار و محمود ابراهیمی کارشناس پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند. هم‌چنین از سازمان منطقه آزاد کیش به خاطر حمایت و پشتیبانی مالی این تحقیق تشکر می‌شود.

شده در این پژوهش با توجه به این‌که روی فرایندهای زیستی آبسنگ‌های مرجانی نیز تأثیرگذار می‌باشند، در کنار توجه به عوامل انسانی موثر بر سلامت مرجان‌ها مانند پساب مراکز مسکونی و تفرجی (به ویژه در سواحل شرقی و شمالی) از اهمیت بسیار زیادی در موفقیت برنامه‌های حفاظت از اکوسیستم‌های مرجانی در آب‌های ساحلی جزیره کیش برخوردار است.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی، م. ۱۳۸۵. مطالعات مستمر هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس و تنگه هرمز در محدوده آب‌های استان هرمزگان. گزارش پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، بندر عباس.
۲. رضائی، ح. ک. صمیمی، ک. کبیری، پ. غفاری، م. جلیلی، م. هشترودی، پ. قوام مصطفوی و م. غواصی. ۱۳۸۹. بررسی زیست بوم شناسی سواحل دریایی جزیره کیش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). گزارش موسسه ملی اقیانوس‌شناسی، تهران.
۳. شگری، ن. ۱۳۸۵. اندازه‌گیری میزان کلروفیل a در مرجان‌های جزیره کیش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، نور.
۴. عمیدی، ر. ۱۳۸۰. بررسی و اندازه‌گیری عناصر سنگین (نیکل و وانادیوم) و هیدروکربن‌های نفتی در صدف خوراکی *Saccostrea cucullata* در محدوده جزرومدی جزیره کیش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آلودگی و حفاظت محیط زیست دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران.
۵. فرزین گهر، م. ۱۳۷۷. پیش‌بینی جزرومد در جزیره کیش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور.
۶. مقصدولو، ع. پ. اقتصادی عراقی و م. جلیلی. ۱۳۹۰. مرجان‌های سخت آب‌های ساحلی ایران در خلیج فارس. مؤسسه ملی اقیانوس‌شناسی، تهران.
۷. موسوی، س. ح. ۱۳۸۹. مکانیابی استقرار زیستگاه‌های مصنوعی دریایی با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره SMCE- (مطالعه موردی آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش). پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.
۸. مهندسین مشاور سازه‌پردازی ایران. ۱۳۸۶. طرح جامع مدیریت سواحل و محیط زیست جزیره کیش. سازمان منطقه آزاد کیش، جزیره کیش، فصل سوم، صفحات ۵۶-۵۹.
۹. ناظم السادات، س. م. ج. و ا. شیروانی. ۱۳۸۴. پیش‌بینی دمای سطح آب خلیج فارس با استفاده از رگرسیون چندگانه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۹(۳): ۱-۱۲.
10. Ammar, M. S. A. and M. A. Mahmoud. 2006. Effect of physicochemical factors and human impacts on coral distribution at Tobia Kebir and Sharm el Loly, Red sea- Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 32: 184-197.
11. Basson, P. W., J. E. Burchard, J. T. Hardy and A. R. G. Price. 1977. Biotopes of the Western Arabian Gulf: Marine Life and Environments of Saudi Arabia, Aramco, Dhahran, Saudi Arabia, pp. 80.
12. Birkeland, C. 1997a. Life and Death of Coral Reefs. Chapman and Hall, New York, pp. 536.
13. Burchard, J. E. 1979. Coral Fauna of the Western Arabian Gulf. Aramco, Dhahran, Saudi Arabia, pp. 50.

14. Carpenter, K. E., P. L. Harrison, G. Hodgson, A. H. Saffar and S. H. Hazeem. 1997. The Corals and Coral Reef Fishes of Kuwait. Fahed Al Marouk Press Est. Kuwait, pp. 120.
15. Clarke, K. R. and R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd ed., PRIMER-E, Plymouth, pp.150.
16. Coles, S. L. 1997. Reef corals occurring in a highly fluctuating temperature environment at Fahal Island, Gulf of Oman (Indian Ocean). *Coral Reefs* 16: 69-272.
17. Coles, S. L. and Y. H. Fadlallah. 1991. Reef coral survival and mortality at low temperatures in the Persian Gulf: new species-specific lower temperature limits. *Coral Reefs* 9: 231-237.
18. Crossland, C. J. 1984. Seasonal variations in the rates of calcification and productivity in the coral *Acropora formosa* on a high-latitude reef. *Marine Ecology Progress Series* 15: 135-40.
19. Eghtesadi-Araghi, P. 2011. Coral reefs in the Persian Gulf and Oman Sea – An integrated perspective. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 6: 48-56.
20. Fatemi, M. R. and M. R. Shokri. 2001. Iranian coral reefs Status white particular reference to Kish Island, Persian Gulf. International coral reef initiative Indian Ocean Regional Workshop, Maputo, Mozambique, 26-28 November, 524-536pp.
21. Guinan, J. C., C. Brown, M. F. Dolan and A. J. Grehan. 2009. Ecological niche modeling of the distribution of cold-water coral habitat using underwater remote sensing data. *Ecological Informatics* 4: 83-92.
22. Leverette, T. and M. Anna. 2005. Predicting habitat for two species of deep-water coral on the Canadian Atlantic continental shelf and slope. PP. 457-479. *In: Freiwald, A. and J. M. Roberts. (Eds.), Cold-water Corals and Ecosystems. Springer-Verlag Pub., Berlin.*
23. Newton, K., I. M. Cote, G. M. Pilling, S. Jennings and N. K. Dulvy. 2007. Current and future sustainability of island coral reef fisheries. *Current Biology* 17: 655-658.
24. Pandolfi, J. M. 2002. Coral community dynamics at multiple scales. *Coral Reefs* 21:13-23.
25. Petersen, D. and R. Tollrian. 2001. Methods to enhance sexual recruitment for restoration of damaged reefs. *Bulletin of Marine Science* 69: 989-1000.
26. Pradal, M. A. and B. Millet. 2005. Hydrodynamics modeling applied to reaching optimal functioning of the largest French artificial reef site. Proc. 14th Biennial Coastal Zone Conf. New Orleans, Louisiana, USA, July 17-21, pp 432-445.
27. Sheppard, C. R. C. and A. L. S. Sheppard. 1991. Corals and coral communities of Arabia. *Fauna of Saudi Arabia* 12: 3-170.
28. Snelgrove, P. V. R. 1998. The biodiversity of macro faunal organisms in marine sediments. *Biodiversity and Conservation* 8: 1123-1132
29. Sorokin, Y. I. 1993. Coral Reef Ecology, Ecological Studies. Springer Verlag Pub., Berlin.
30. Spieler, R. E., D. S. Gilliam and R. L. Sherman. 2001. Artificial substrate and coral reef restoration: what do we need to know to know what we need? *Bulletin of Marine Science* 69: 1013-1030.
31. Tomascik, T. 1991. Settlement patterns of Caribbean scleractinian corals on artificial substrata along an eutrophication gradient, Barbados, West Indies. *Marine Ecological Progress Series* 77: 261-269.
32. Tseng, C. C., C. Huang and C. Liu. 2001. GIS-assisted site selection for artificial reefs. *Fisheries Science* 67: 1015-1022.