بررسی ارتباط عوامل زیست محیطی با توزیع آبسنگ‌های مرجانی (مطالعه موردی: جزیره کیش)

سیدحسن موسوی[۱]، محمدرضا شکری[۲]، هادی پورباقر[۳]، افشین دانه‌کار[۴*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: shmousavi@alumni.ut.ac.ir

۲- عضو هیأت علمی‌گروه زیست شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، پست الکترونیکی: shokri.mr@gmail.com

۳- عضو هیأت علمی‌گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: poorbagher@ut.ac.ir

۴- عضو هیأت علمی‌گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: a_danehkar@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۵ * نویسنده مسوول تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۶

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

در این مطالعه بررسی ارتباط عوامل زیست‌محیطی با توزیع آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش (خلیج فارس- ایران) مد نظر قرار گرفت و سپس مهم‌ترین این عوامل شناسایی گردید. عوامل زیست‌محیطی آب شامل عمق، دمای آب، شوری، کدورت، اکسیژن محلول، اسیدیته و کلروفیل a در ستون آب توسط دستگاه CTD در ۳۰ ایستگاه در تابستان ۱۳۸۹ ثبت گردید. همچنین در هر یک از ایستگاه‌ها دانه‌بندی رسوبات بستر با نمونه‌برداری تعیین گردید، شیب بستر از روی نقشه عمق سنجی استخراج شد و سرعت جریان آب از پروژه مدل‌سازی امواج ایران به‌دست آمد. تفاوت میانگین عوامل زیست محیطی توسط آزمون آنالیز واریانس بررسی شد. سپس مهم‌ترین عوامل موثر در توزیع آبسنگ‌های مرجانی توسط آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) شناسایی گردیدند. نتایج آزمون آنالیز واریانس نشان داد که متغیرهای عمق آب، اکسیژن محلول و شیب بستر در دو منطقه مرجانی و شاهد دارای اختلاف معنی‌دار ($P <۰/۰۵$) می‌باشند. طبق نتایج PCA، سه مولفه (PC) مستقل از هم شناسایی شدند که در مجموع ۷۳/۱۵۷ درصد از کل تغییرات را در بر می‌گرفتند. همچنین نتایج همبستگی بالایی بین عوامل کدورت، عمق آب و کلروفیل a با مولفه اول، شوری، جنس بستر و شیب بستر با مولفه دوم و دمای آب و اکسیژن محلول با مولفه سوم نشان داد. نتایج این مطالعه نشان داد تاثیر معنی‌داری بین عوامل ذکر شده با توزیع آبسنگ‌های مرجانی در جزیره کیش وجود دارد.

کلمات کلیدی: عوامل زیست محیطی، آبسنگ‌های مرجانی، PCA، جزیره کیش، خلیج فارس.

۱. مقدمه

آبسنگ‌های مرجانی تقریبا در یک ششم مناطق ساحلی کم عمق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، در آب‌های ساحلی بالغ بر ۱۰۰ کشور دنیا یافت می‌شوند (Sorokin, 1993; Birkeland, 1997; Spalding and Grenfell, 1997). خلیج فارس نیز با وجود قرار گرفتن در مناطق نیمه‌گرمسیری (عرض‌های بالاتر از استوا) از جمله مناطق مستعد حضور آبسنگ‌های مرجانی به شمار می‌رود.

انزوای خلیج فارس و شرایط محیطی حاکم بر آن در مقایسه با سایر اقیانوس‌ها و دریاها باعث شده است تا آبسنگ‌های مرجانی در این منطقه از پراکنش و تنوع کمتری برخوردار باشند (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹).

عوامل مختلفی در پراکنش، سلامت و بقای آبسنگ‌های مرجانی موثر هستند که از این میان عوامل محیط زیستی آب همچون دمای آب، شوری، کدورت، عمق آب، نور، نرخ رسوب گذاری، امواج و جریان‌های دریایی، توپوگرافی بستر دریا، کلروفیل a و تابش اشعه فرابنفش از جمله مهم‌ترین عوامل به‌شمار می‌روند (Birkeland, 1974; Ammar and Montaser, 2006). آبسنگ‌های مرجانی در تمام اقیانوس‌های جهان به گستره خاصی از دمای آب سازگاری پیدا کرده‌اند. دانستن این موضوع به ویژه در ارتباط با تلاش‌های حفاظتی در مورد گونه‌های مرجانی در معرض خطر ضروری است (Birkeland, 1997). مناسب‌ترین دما برای تشکیل آبسنگ‌های مرجانی، دمای میانگین سالانه بین ۲۳ تا ۲۵ درجه سانتیگراد است (Harvell et al., 2002). آبسنگ‌های مرجانی در آب‌هایی که دمای متوسط سالانه آنها کمتر از ۱۸ درجه سانتیگراد باشد، تشکیل نمی‌شوند. زیرا در دماهای پایین تغذیه مرجان‌ها و به‌ویژه فرایند رسوب کربنات کلسیم متوقف می‌شود (Birkeland, 1997). البته اثر دمای آب روی رشد و سلامت مرجان‌ها به گونه آبسنگ مرجانی نیز بستگی دارد. برای مثال، در غرب خلیج فارس گونه‌های خاصی از مرجان‌ها (جنس *Porites*) دیده می‌شوند که در دمای کمتر از ۱۸ درجه سانتیگراد نیز بقا داشته‌اند (Coles and Fadlallah, 1991).

آبسنگ‌های مرجانی قادر به تحمل شوری پایین‌تر از محدوده طبیعی آب دریا (۳۲ تا ۳۵ گرم در لیتر) نیستند (Sorokin, 1993). به همین سبب در نواحی مصبی دیده نمی‌شوند (Lukens and Selberg, 2004; Rousseau, 2006; Tittensor et al., 2009). 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 برخوردار هستند (Coles and Fadlallah, 1991).

عمق آب نیز یکی از مهمترین متغیرهای محدود کننده گسترش آبسنگ‌های مرجانی به‌شمار می‌رود (Leverette, 2005; Dawson et al., 2009)، زیرا متغیرهایی چون دمای آب، میزان نفوذ نور، نرخ رسوب گذاری، امواج و جریان‌های دریایی و غیره با توجه به عمق آب دچار تغییر می‌شوند (Done, 1995). علت محدودیت عمق، به واسطه نیاز مرجان‌های آبسنگ‌ساز به نور است، چرا که نور یکی از ضروری‌ترین عوامل بقا و همچنین از مهم‌ترین عوامل محدود کننده‌ی پراکندگی آبسنگ‌های مرجانی است. به خاطر همین وابستگی شدید، آبسنگ‌های مرجانی در آب‌های کم عمق بیشترین پراکندگی را دارند (Spieler et al., 2001). تغییر در کیفیت و کمیت نور بر روی غلظت کلروفیل a و در نتیجه روی میزان فتوسنتز مرجان‌ها تاثیر دارد (Birkeland, 1997). فرایند آهکی شدن مرجان‌ها نیز در حضور نور خورشید و با کمک باکتری‌های فتوسنتز کننده با سرعت بیشتری انجام می‌شود (Crossland, 1984).

امواج و جریان‌های دریایی نیز از طرق مختلفی روی توزیع و پایداری آبسنگ‌های مرجانی تاثیر گذارند. شدت جریان آب و قدرت امواج می‌تواند تعیین کننده میزان پراکنش لارو مرجان‌ها در بستر دریا باشد. به‌علاوه اینکه امواج به‌علت داشتن آب حاوی اکسیژن فراوان و مواد غذایی مانند پلانکتون‌ها و همچنین با دور کردن مواد زائد مانند مواد مغذی، می‌توانند برای مرجان‌ها مفید هم باشند و مانع رسوب‌گذاری ذرات معلق بر روی مرجان‌ها شوند (Birkeland, 1997). البته امواج پر انرژی می‌توانند تاثیر منفی داشته باشند و منجر به شکسته شدن مرجان‌ها گردند (Armono, 1999). توزیع آبسنگ‌های مرجانی به میزان زیادی به پستی و بلندی و پیچیدگی بستر دریا که روی جهت و شدت جریان‌های دریایی در تپه‌های کربناتی که محل سکونت آبسنگ‌های مرجانی است، تاثیر می‌گذارد؛ بستگی دارد (Wilson et al., 2007; Guinan et al., 2009). این نکته از آن جهت که مرجان‌ها موجوداتی چسبیده به بستر بوده و برای تامین بخشی از مواد غذایی خود (صید پلانکتون‌ها) به جریانات دریایی وابسته‌اند از اهمیت زیادی برخوردار است (Birkeland, 1997).

ساختار زمین‌شناختی بستر دریا نیز با تاثیر روی پراکنش و ثبات رسوبات ته‌نشین شده بر توزیع، استقرار و بقای لارو مرجان‌ها در بوم‌سازگان‌های مرجانی موثر است. بستر دریا هرچه دارای شیب تندتری باشد، به‌دلیل عدم ثبات رسوبات در محل از شرایط مطلوب‌تری برای سکونت مرجان‌ها برخوردار خواهد بود. آبسنگ‌های مرجانی اغلب مناطق شیب دار با پستی و بلندی و پیچیدگی زیاد و صخره‌ای را برای سکونت ترجیح می‌دهند (Guinan et al., 2009).

کدورت نیز از جمله عوامل محیط زیستی موثر بر رشد و بقای آبسنگ‌های مرجانی به‌شمار می‌رود. عواملی از قبیل تخلیه رواناب

رودخانه‌ها به دریا و شکوفایی جلبک‌ها به‌علت افزایش مواد مغذی رواناب‌ها، افزایش میزان جامدات معدنی معلق، سرعت رسوب‌گذاری بالا باعث افزایش کدورت آب می‌شوند. افزایش کدورت آب از نفوذ نور تا اعماق بیشتری از آب دریا و در نتیجه فتوسنتز آبسنگ‌های مرجانی جلوگیری کرده، باعث مسدود کردن دهانه پولیپ مرجان‌ها شده و در نهایت به مرگ آنها ختم می‌شود (Birkeland, 1997).

همان‌گونه که پیش‌تر نیز ذکر شد عوامل محیط زیستی مختلفی در رشد، سلامت و توزیع آبسنگ‌های مرجانی در مناطق ساحلی موثر هستند که لازم است در مطالعات مربوط به آبسنگ‌های مرجانی در نظر گرفته شوند. با توجه به هزینه‌بر و زمان بر بودن مطالعات دریایی به‌خصوص در ارتباط با مرجان‌ها، هدف از این مطالعه شناسایی مهمترین این عوامل است تا در چنین مطالعاتی به‌جای توجه به تمامی این عوامل، برخی از مهمترین آنها با هدف صرفه‌جویی در هزینه‌ها و زمان، مورد بررسی قرار گیرند. از این رو هدف از این مطالعه بررسی عوامل محیط زیستی آب موثر روی توزیع آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش، به‌عنوان یکی از جزایری است که دارای تنوع و فراوانی گونه‌ای قابل توجهی است.

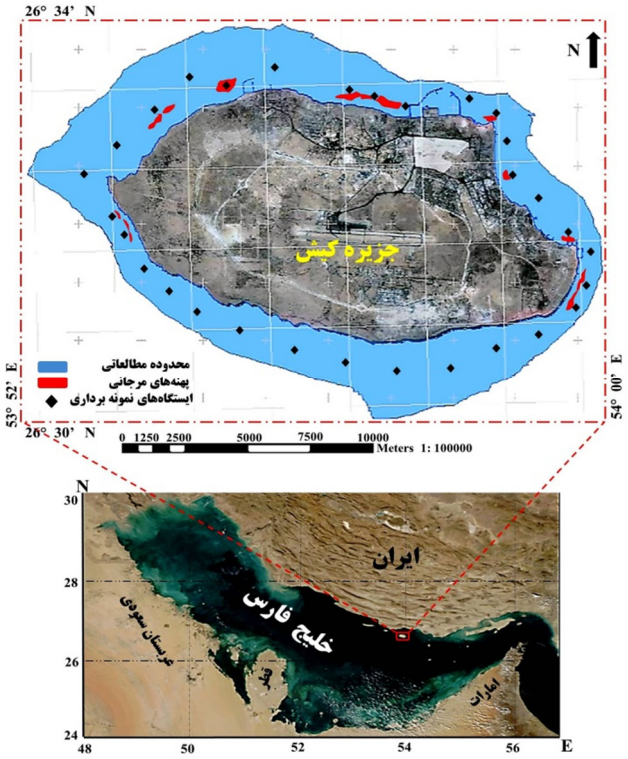
۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، آب‌های ساحلی پیرامون جزیره کیش بود که 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 شده است (شکل ۱).

۲-۲. وضعیت آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش

جزیره کیش، جزیره‌ای با منشاء مرجانی است و در گذشته آب‌های کم‌عمق ساحلی آن سراسر پوشیده از آبسنگ‌های مرجانی بوده است. ولی امروزه به‌دلیل تغییرات اقلیمی و فشار ناشی از عوامل انسانی بخش‌های وسیعی از این جزیره عاری از آبسنگ مرجانی گشته است (مقصودلو و همکاران، ۱۳۸۹). با این وجود همچنان جزیره کیش همانند بسیاری از جزایر ایرانی خلیج فارس از مناطق مهم مرجانی در آب‌های ایران محسوب می‌شود، به‌طوری که به‌عنوان سایت پایش مرجانی ایران محسوب می‌شود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۱: موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری (موقعیت پهنه‌های مرجانی برگرفته از نتایج رضایی و همکاران، ۱۳۸۹)

آخرین برآوردها بیانگر وجود حداقل ۹ خانواده و ۲۱ گونه مرجان در آب‌های ساحلی جزیره کیش است که این تعداد شامل مرجان‌های غیرآهکی نیست (مقصودلو و همکاران، ۱۳۸۹). مرجان‌های جزیره کیش اغلب از نوع آبسنگ‌ساز حاشیه‌ای بوده و تعداد معدودی از گونه‌های مرجان نرم نیز در این منطقه دیده می‌شوند. بیشترین پوشش مرجانی در بخش‌های شرقی و شمالی جزیره کیش دیده می‌شود. در شمال جزیره وضعیت پراکنش مرجان‌ها به‌دلیل وجود تاسیسات آب شیرین کن تقریبا اندک بوده به طوری که پوشش مرجان‌های زنده در نزدیکی ساحل بندرگاه به ۲ تا ۳ درصد می‌رسد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹).

پراکنش مرجان‌های جزیره کیش حداکثر تا عمق ۱۵ متری است که بیشترین حضور مرجان‌ها در عمق ۳ تا ۸ متری دیده می‌شود. بزرگ‌ترین خانواده آبسنگ‌های مرجانی از نظر تنوع در جزیره کیش، خانواده Faviidae با ۸ گونه و بعد از آن خانواده‌های Poritidae و Siderastreidae هر کدام با ۳ گونه مختلف هستند.

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 (Fatemi and Shokri, 2001).

۲-۳. جمع‌آوری داده‌ها

به‌منظور سنجش عوامل زیست محیطی آب دریا در ۳۰ ایستگاه (۱۲ ایستگاه مرجانی و ۱۸ ایستگاه فاقد مرجان) پیرامون جزیره کیش در تابستان ۱۳۸۹ از دستگاه CTD[1] استفاده گردید. عوامل زیست‌محیطی آب شامل عمق، دما، شوری، کدورت، اکسیژن محلول، اسیدیته، میزان کلروفیل a، چگالی[2]، هدایت الکتریکی[3] و سرعت صوت[4] هستند. به‌دلیل توزیع آبسنگ‌های مرجانی تا عمق حداکثری ۱۲ تا ۱۵ متر در جزیره کیش، نقاط نمونه‌برداری حداکثر تا عمق ۱۵ متر انتخاب گردیدند. برداشت رسوبات جهت تعیین دانه‌بندی در هر یک از ایستگاه‌ها با استفاده از گرب و با سه تکرار انجام گرفت. از هر یک از ایستگاه‌ها نمونه‌ای به وزن تقریبی ۵۰۰ گرم برداشت شد که پس از انتقال به آزمایشگاه خشک شده و سپس با استفاده از الک‌های آزمایشگاهی و تعیین وزن رسوبات با ترازو، درصد دانه‌بندی رسوبات مشخص گردید. 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 نیز از روی نقشه عمق سنجی مشخص شد. ضمن این که سرعت جریان آب نیز در نقاط تعیین شده با توجه به پروژه مدل‌سازی امواج ایران در منطقه خلیج فارس به ویژه جزیره کیش تعیین گردید.

۲-۴. تحلیل‌های آماری

برای بررسی تاثیر عوامل محیط زیستی آب بر توزیع آبسنگ‌های مرجانی، تفاوت میانگین هر یک از عوامل در میان ایستگاه‌های دارای مرجان با ایستگاه‌های فاقد مرجان توسط تجزیه واریانس یک طرفه در نرم افزار SPSS (نسخه ۱۷) بررسی گردید.

مهمترین عوامل موثر در توزیع آبسنگ‌های مرجانی نیز با آزمون تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)[5] در نرم افزار SPSS (نسخه ۱۷) شناسایی گردیدند. در این مطالعه ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (K-S) و تساوی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لیون[6] مورد سنجش قرار گرفت و سپس داده‌های پرت از فرایند تجزیه و تحلیل حذف شدند و در نهایت با استفاده از ضریب کایزر (KMO)[7] و آزمون بارتلت[8] از مناسب بودن تعداد نمونه‌ها برای آزمون PCA اطمینان حاصل گردید.

در این بررسی همچنین میزان اشتراک متغیرها و همبستگی بین آنها نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان اشتراک بیانگر نسبتی از واریانس متغیرهای اصلی است که با توجه به ضریب FS[9] محاسبه می‌شود. همواره ضریب FS برای هر یک از متغیرها باید مساوی یا بیش از ۰/۵ باشد. در صورتی که مقدار این ضریب برای هر یک از متغیرها کمتر از ۰/۵ باشد آن متغییر از فرایند PCA حذف شده و ادامه تجزیه و تحلیل با متغیرهای باقیمانده صورت خواهد گرفت و این روند آنقدر تکرار خواهد شد تا ضریب FS برای تمامی‌متغیرها مساوی یا بیش از ۰/۵ گردد (Reid and Spencer, 2009).

روش PCA مورد استفاده در این تجزیه و تحلیل مبتنی بر ماتریس همبستگی[10] و چرخش وریماکس[11] داده‌ها است و آن تعداد از مولفه‌ها (PC) که ریشه مشخصه آنها بزرگتر از یک بود، در این مطالعه انتخاب شدند (Norman and Streiner, 1994). با توجه به ماتریس همبستگی می‌توان ضرایب هر یک از متغیرها نسبت به مولفه‌ها را تعیین نمود. این ضرایب نشان دهنده‌ی میزان همبستگی میان عوامل محیط زیستی با هر یک از مولفه‌ها به‌شمار می‌روند. در یک طبقه‌بندی ساده می‌توان همبستگی عوامل محیط زیستی را با مولفه‌های اصلی به سه گروه همبستگی کم (۰ تا ۰/۳۹۹)، همبستگی متوسط (۰/۴ تا ۰/۵۹۹) و همبستگی زیاد

[1] Conductivity-Temperature-Depth
[2] Sigma T
[3] Conductivity
[4] Sound V

[5] Principal Component Analysis
[6] Levene test
[7] Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy
[8] Bartlett test
[9] Factor Solution
[10] Correlation Matrix
[11] Varimax Rotation

(۰/۶ تا ۱) تقسیم‌بندی کرد که در این بررسی متغیرهای با همبستگی زیاد مورد توجه قرار گرفتند.

۳. نتایج

۳-۱. مقایسه میانگین عوامل محیط زیستی آب بین ایستگاه‌های مرجانی و شاهد

جدول ۱ مقادیر ثبت شده عوامل محیط زیستی آب پیرامون جزیره کیش را نشان می‌دهد. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف روی این مقادیر نشان داد که عوامل محیط زیستی آب دریا از توزیع نرمال برخوردار می‌باشند (P>۰/۰۵). آزمون لیون نیز برابری واریانس تمامی عوامل محیط زیستی را در دو منطقه مرجانی و شاهد نشان داد (P>۰/۰۵). استقلال میانگین و واریانس ایستگاه‌ها نیز با توجه به نرمال بودن داده‌ها تائید گردید. زیرا در بین توزیع‌های مختلف آماری، تنها در توزیع نرمال است که هیچ رابطه‌ای بین میانگین و واریانس وجود ندارد (بی‌همتا و زارع، ۱۳۸۷). در نهایت نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که میانگین عواملی از قبیل عمق آب، اکسیژن محلول و شیب بستر در ایستگاه‌های دارای پوشش مرجانی تفاوت معنی‌داری با ایستگاه‌های بدون پوشش مرجانی دارند (P<۰/۰۵).

جدول ۱: عوامل محیط زیستی آب پیرامون جزیره کیش

عوامل محیط زیستی آب	ایستگاه‌های مرجانی (SE ± میانگین)	ایستگاه‌های فاقد مرجان (SE ± میانگین)	کل منطقه (SE± میانگین)
عمق آب (m)	۸/۵۹ ± ۳/۱۶	۱۰/۳۳ ± ۳/۰۲	۹/۴۶ ± ۳/۰۹
دمای آب (^{0}C)	۳۲/۹۲ ± ۰/۱۲	۳۲/۹۶ ± ۰/۷۴	۳۲/۹۴ ± ۰/۴۳
شوری (psu)	۳۸/۲۱ ± ۰/۰۲	۳۸/۱۲ ± ۰/۸۲	۳۸/۱۷ ± ۰/۲۲
کدورت (NTU)	۳/۸۶ ± ۰/۲۵	۳/۹۵ ± ۰/۲۳	۳/۹۰ ± ۰/۲۴
اکسیژن محلول (mg l-1)	۵/۳۷ ±۰/۰۸	۵/۶۲ ± ۰/۱۶	۵/۵۰ ± ۰/۱۲
اسیدیته	۷/۹۸ ± ۰/۰۲	۷/۹۴ ± ۰/۱۷	۷/۹۶ ± ۰/۰۹
کلروفیل a (µg/lit)	۱/۴۰ ± ۰/۱۷	۱/۲۹ ± ۰/۲۰	۱/۳۵ ± ۰/۱۹
شیب بستر (%)	۵/۹۲ ± ۰/۴۲	۳/۴۵ ± ۰/۴۲	۴/۶۹ ± ۰/۴۲
سرعت جریان آب (m/s)	۰/۱۷ ±۰/۰۲	۰/۱۸ ± ۰/۰۳	۰/۱۸ ± ۰/۰۲
چگالی (kg/m^3)	۲۲/۷۲ ± ۰/۰۸	۲۲/۶۹ ± ۰/۵۱	۲۲/۷۰ ± ۰/۳۰
هدایت الکتریکی (ms/cm)	۶۵/۶۴ ± ۰/۱۴	۶۵/۵۳ ± ۱/۴۴	۶۵/۵۸ ± ۰/۷۹
سرعت صوت (m/s)	۱۵۵۰/۵۷ ± ۰/۰۹	۱۵۵۴/۲۲ ± ۰/۱۱	۱۵۵۲/۴۰ ± ۰/۱۰

متغیر عمق آب (P=۰/۰۳۲) و اکسیژن محلول (P=۰/۰۰۲) در ایستگاه‌های مرجانی از میانگین به مراتب کمتری نسبت به ایستگاه‌های فاقد پوشش مرجانی برخوردار بودند. متغیر شیب بستر (P=۰/۰۰۵) نیز در ایستگاه‌های مرجانی از میانگین بالاتری نسبت به ایستگاه‌های فاقد پوشش مرجانی برخوردار بود. همچنین مطابق این آزمون تفاوت معنی‌داری در میانگین سایر عوامل از قبیل دمای آب، شوری، کدورت، اسیدیته، کلروفیلa، جنس بستر، سرعت جریان آب، چگالی، هدایت الکتریکی و سرعت صوت در دو منطقه مرجانی و شاهد با یکدیگر مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

۳-۲. عوامل موثر بر توزیع مکانی آبسنگ‌های مرجانی

نتایج حاصل از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (K-S) بیانگر این نکته بود که مقدار P برای هر یک از عوامل بیش از ۰/۰۵ بود که بیانگر نرمال بودن داده‌هاست. همچنین در این بررسی ضریب کایزر (KMO) برابر با ۰/۵۴۰ بدست آمد که مقدار قابل قبولی در این تجزیه و تحلیل به‌شمار می‌رود. همواره در آزمون PCA حداقل ضریب کایزر برابر با ۰/۵ است و مقادیر بیش از ۰/۵ نشان دهنده مناسب بودن تعداد نمونه‌ها برای تجزیه و تحلیل است (فرشادفر، ۱۳۸۴). آزمون بارتلت نیز معنی‌دار بودن این نتایج را در خصوص مناسب بودن تعداد نمونه‌ها برای تجزیه و تحلیل نشان داد. میزان اشتراک عوامل نیز مورد بررسی قرار گرفت و ضریب FS برای اغلب عوامل بیش از ۰/۵ را نشان داد. تنها سه عامل چگالی، هدایت الکتریکی و سرعت صوت به‌ترتیب از ضریب FS برابر با ۰/۴۵، ۰/۳۸ و ۰/۴۸ برخوردار بودند که از ادامه تجزیه و تحلیل‌ها حذف شدند. هیچ یک از این عوامل نیز همبستگی بالاتر از ۸۰ درصد را با یکدیگر نشان ندادند. در نهایت مطابق روش PCA، سه مولفه اصلی (PC) به‌دست آمد که ریشه مشخصه آنها بزرگتر از یک بود (جدول ۲). سه مولفه اول در مجموع ۷۳/۱۵۷ درصد از تغییرات را در بر می‌گرفتند. مطابق این جدول مولفه اول ۴۴/۱۴۱ درصد، مولفه دوم ۱۸/۱۶۷ درصد و مولفه سوم ۱۰/۸۴۸ درصد از کل اطلاعات را در خود جای داده است. نتایج این تجزیه بر کلیه عوامل مورد مطالعه در جدول ۳ آمده است.

همچنین در این بررسی عوامل کدورت، عمق‌آب و کلروفیلa همبستگی بالایی با مولفه اول (PC_1)، عوامل شوری، جنس بستر و شیب بستر همبستگی بالایی با مولفه دوم (PC_2) و عوامل دما و اکسیژن محلول همبستگی بالایی با مولفه سوم (PC_3) را نشان دادند (جدول ۳). استفاده از هر سه مولفه به‌منظور تعیین مهم‌ترین عوامل محیط زیستی متاثر در توزیع آبسنگ‌های مرجانی، به‌دلیل پیچیدگی زیاد می‌تواند منجر به اشتباه شده و نتایج منفی به بار آورد. با این حال، تجسم صحیح فضای دو بعدی یا سه بعدی

استفاده از این نمودارها می‌تواند مفیدتر باشد. بردارها در این نمودار مربوط به صفات اندازه‌گیری شده بوده و طول، جهت و زاویه بین آنها در برگیرنده اطلاعاتی در مورد همبستگی عوامل است.

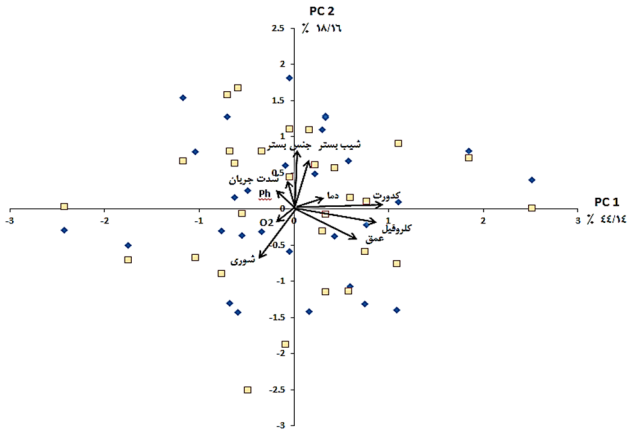
جدول ۲: واریانس هر یک از مولفه‌ها در روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA)

مولفه‌های اصلی (Principal Component)	وزن مولفه (Eigenvalues)	درصد واریانس (% of Variance)	درصد تجمعی واریانس (% of Cumulative Variance)
۱	۴/۴۱۴	۴۴/۱۴۱	۴۴/۱۴۱
۲	۱/۸۱۷	۱۸/۱۶۷	۶۲/۳۰۹
۳	۱/۰۸۵	۱۰/۸۴۸	۷۳/۱۵۷
۴	۰/۹۴۴	۹/۴۴۳	۸۲/۵۹۹
۵	۰/۷۹۸	۷/۹۸۴	۹۰/۵۸۳
۶	۰/۵۱۴	۵/۱۳۷	۹۵/۷۲۰
۷	۰/۴۲۷	۴/۲۶۹	۹۹/۹۸۹
۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۹۹/۹۹۷
۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۹۹/۹۹۹
۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۱۰۰/۰۰۰

جدول ۳: ضرایب سه مولفه اصلی اول (PC_1، PC_2، PC_3) برای هر یک از عوامل محیطی بر اساس ماتریس همبستگی (ضرایب بزرگ‌تر از ۰/۵ به‌صورت بولد مشخص شده‌اند.)

عوامل محیطی	مولفه‌های اصلی		
	PC_1	PC_2	PC_3
عمق آب	۰/۶۴۷	-۰/۴۲۱	-۰/۴۴۰
دمای آب	۰/۳۰۶	۰/۱۹۵	۰/۵۳۹
شوری	-۰/۴۳۴	-۰/۶۶۸	-۰/۳۸۶
کدورت	۰/۹۸۸	۰/۰۴۸	۰/۰۱۴
اکسیژن محلول	-۰/۱۰۷	-۰/۱۸۴	۰/۹۳۷
اسیدیته	-۰/۱۴۲	۰/۴۸۹	-۰/۰۳۱
کلروفیلa	۰/۶۰۸	-۰/۱۳۷	-۰/۲۱۲
جنس بستر	۰/۰۴۱	۰/۷۳۲	-۰/۱۶۳
شیب بستر	۰/۱۰۵	۰/۶۷۵	-۰/۰۵۷
سرعت جریان	-۰/۰۹۸	۰/۳۱۴	-۰/۰۶۲

شکل ۲ وابستگی‌های PC_1 و PC_2 را با عوامل مورد نظر در یک فضای دو بعدی نشان می‌دهد. در این نمودار عواملی را که بزرگترین بردار ویژه مثبت یا منفی (قدر مطلق) را با PC_1 و PC_2 نشان می‌دهند، مهمترین عواملی هستند که مد نظر قرار دادن آنها در مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری، بیشتر حائز اهمیت است. ملاحظه می‌شود که PC_1 بیشترین رابطه را با عوامل عمق آب، کدورت و کلروفیل a نشان می‌دهد. قابل توجه است که این متغیرها سهم زیادی در PC_2 و PC_3 نشان نمی‌دهند. برای مثال متغیر کدورت آب با ضریب ۰/۹۸۸ بیشترین رابطه را با PC_1 و همین متغیر کم‌ترین ضرایب ۰/۰۴۸ و ۰/۰۱۴ را به ترتیب در PC_2 و PC_3 نشان می‌دهد. از سوی دیگر زاویه‌های کوچک بین عوامل محیط زیستی بیانگر رابطه قوی بین آنها است. رابطه‌ی بالای عوامل عمق آب، کدورت و کلروفیل a با PC_1 بیانگر همبستگی بالای آنها با یکدیگر است. مطابق شکل ۲ متغیر کدورت با متغیر اسیدیته آب، متغیرهای کلروفیل a و عمق آب با شدت جریان، متغیر جنس بستر با اکسیژن محلول و متغیر دمای آب با شوری آب همبستگی منفی را نشان می‌دهند.



شکل ۲: رابطه‌ی عوامل محیط زیستی با مولفه اول (PC_1) و دوم (PC_2)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه بین عوامل عمق آب، اکسیژن محلول و شیب بستر در دو منطقه مرجانی و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. این امر بیانگر این نکته است که این عوامل در مقایسه با سایر عوامل محیط زیستی آب از اهمیت و تاثیر بیشتری در توزیع آبسنگ‌های مرجانی در پیرامون جزیره کیش برخوردار هستند. پایین‌تر بودن میانگین عمق ایستگاه‌های مرجانی در مقایسه با ایستگاه‌های شاهد در این مطالعه تائید کننده عمده پراکنش آبسنگ‌های مرجانی در آب‌های کم عمق جزیره کیش (کمتر از ۸ متر) است (Fatemi and Shokri, 2001). مناسب‌ترین عمق، در ارتباط با بقاء آبسنگ‌های مرجانی عمقی است که در آن شدت نور به ۱ تا ۲ درصد شدت نور در سطح آب کاهش یافته باشد (McDonald et al., 2006). در مناطق استوایی به دلیل تابش عمود نور خورشید، عمده پراکنش آبسنگ‌های مرجانی تا اعماق ۲۵ تا ۳۰ متر است (Birkeland, 1997; Mcdonald et al., 2006). در جزیره کیش و سایر نقاط خلیج فارس آبسنگ‌های مرجانی در اعماق کم (حداکثر ۱۰ متر) بیشترین پراکنش را دارند (Maghsodlou et al., 2008; Eghtesadi-Araghi, 2011). این امر می‌تواند به دلیل قرار گرفتن خلیج فارس در نواحی نیمه استوایی و تابش مایل نور خورشید باشد.

به‌نظر می‌رسد بستر ایستگاه‌هایی که مرجان‌ها اغلب در آن پراکنش دارند از پیچیدگی و تنوع شیب به نسبت بالاتری در مقایسه با بستر ایستگاه‌های فاقد پوشش مرجانی برخوردار است. این نتایج بیانگر این نکته است که آبسنگ‌های مرجانی در پیرامون جزیره کیش اغلب در بسترهایی که شیب‌های بالاتری دارند، پراکنش بیشتری نسبت به مناطق با شیب کمتر (مسطح) دارند. در کل هرچه یک زیستگاه پستی و بلندی و پیچیدگی زیادی داشته باشد از تنوع بیشتری برخوردار است (Guinan et al., 2009). همچنین مناطق پر شیب به‌دلیل ناپایداری رسوبات، اغلب از نرخ رسوب گذاری پایین‌تری برخوردار بوده و دارای جنس بستر دانه درشت و صخره‌ای هستند که از شرایط مطلوب‌تری جهت استقرار لارو مرجان‌ها و رشد کلونی‌های مرجانی برخوردار است. لارو مرجان‌ها در شرایط فیزیکی پایدار همچون نرخ رسوب گذاری پایین و وجود بسترهای محکم در یک منطقه استقرار پیدا می‌کنند و تشکیل کلنی‌های جدیدی را می‌دهند (Petersen and Tollrian, 2001). مناطق پرشیب به میزان زیادی روی جهت و شدت جریانات دریایی در تپه‌های کربناتی که محل سکونت آبسنگ‌های مرجانی است تاثیرگذار هستند. این نکته از آن جهت که مرجان‌ها موجوداتی چسبیده به بستر بوده و برای تامین بخشی از مواد غذایی خود (صید پلانکتون‌ها) به جریانات دریایی وابسته‌اند از اهمیت زیادی برخوردار است (Mortensen et al., 2001; Reid et al., 2006; Guinan et al., 2009).

متغیر اکسیژن محلول نیز در ایستگاه‌های مرجانی و شاهد از تفاوت معنی‌داری برخوردار بود. با توجه به وسعت کم پوشش مرجانی زنده نسبت به کل منطقه ساحلی جزیره کیش (به ویژه در بخش شرقی و شمالی)، به نظر می‌رسد دلیل افزایش غلظت اکسیژن محلول، شدت و جهت جریانات دریایی و امواج در پیرامون جزیره کیش باشد. مناطق دارای امواج و جریان‌های شدید دریایی حاوی اکسیژن محلول فراوانی بوده و مواد زائد مانند مواد مغذی و پساب‌ها را که منجر به انجام واکنش‌های اکسیژن خواه می‌شوند را نیز از پیرامون مرجان‌ها دور می‌کنند (Armono, 1999; Guinan et al., 2009). بخش غربی، شمال غربی و جنوب غربی جزیره کیش (در برگیرنده اغلب ایستگاه‌های شاهد) از امواج و جریان‌های دریایی به نسبت شدیدتر و سواحل بکرتری (غیرمسکونی) در مقایسه با بخش شرقی، شمال شرقی و جنوب شرقی (در برگیرنده اغلب ایستگاه‌های مرجانی) جزیره کیش برخوردار است. همچنین سواحل شرقی و شمال شرقی جزیره به‌دلیل مسکونی و تجاری بودن و وجود تراکم جمعیتی بالا در معرض ورود پساب فراوانی قرار دارد که روند طبیعی پالایش این پساب‌ها در دریا فرایندی اکسیژن‌خواه است.

سایر عوامل در دو منطقه مرجانی و شاهد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر را نشان ندادند. این امر می‌تواند به‌دلیل وسعت کم بوم‌سازگان‌های مرجانی زنده در آب‌های ساحلی جزیره کیش باشد. امروزه بخش اعظمی‌از مناطق مرجانی پیرامون جزیره کیش را بوم‌سازگان‌های مرجانی مرده تشکیل می‌دهند و اجتماعات مرجانی زنده از وسعت کمی برخوردار می‌باشند (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹).

داده‌های محیطی از تغییرپذیری زیادی و در عین حال از روابط درونی نیز برخوردارند، در نتیجه تفسیر و شناسایی آنها با روش‌های معمول آماری مانند رگرسیون کاری دشوار و زمان بر خواهد بود. در تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی در این روش، تعداد اندکی از مولفه‌های اصلی (PC) بیانگر بخش مهم و زیادی از کل اطلاعات هستند. در این بررسی نیز نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی، سه مولفه اصلی (PC) را به‌دست آورد که ریشه مشخصه بزرگ‌تر از یک داشتند. هر یک از این مولفه‌ها ترکیب خطی از ۱۰ متغیر اولیه بوده و در برگیرنده واریانس آن‌ها نیز هستند. از این رو عوامل محیط زیستی مورد ارزیابی از نظر ۱۰ صفت به راحتی با تعداد کمی از مولفه‌های جدید که با یکدیگر همبستگی ندارند قابل توجیه بوده و این موضوع در فضای دو بعدی یا سه بعدی نیز قابل نمایش است. برای مثال مولفه اول بر برتری عواملی همچون عمق آب، کدورت و کلروفیل a نسبت به سایر عوامل تاکید دارد، در حالی که مولفه دوم توجه به عوامل شوری، جنس بستر و شیب بستر و مولفه سوم توجه به عوامل دما و اکسیژن محلول را در مقایسه با سایر عوامل در مطالعات میدانی آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش ارجح می‌داند.

نگاهی به عوامل محیط زیستی که توسط محققان مختلف برای مطالعه آبسنگ‌های مرجانی مد نظر قرار گرفته است، تائید کننده نتایج حاصل از این پژوهش است. برای مثال رضایی و همکاران (۱۳۸۹) طی مطالعه‌ای روی آبسنگ‌های مرجانی جزایر ایرانی خلیج فارس به ویژه جزیره کیش، عواملی از قبیل دمای آب، شوری، کدورت، اکسیژن محلول و کلروفیل a را به‌عنوان مهمترین عوامل محیط زیستی آب مد نظر قرار دادند. Ammar و

Montaser (۲۰۰۶)، عوامل دما، شوری، کدورت، اکسیژن محلول و اسیدیته آب را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل محیط زیستی در مطالعه آبسنگ‌های مرجانی سواحل مصری دریای سرخ مورد توجه قرار دادند. موسسه علوم دریایی استرالیا[1] در سال ۲۰۰۸ در منطقه صخره‌های بزرگ مرجانی[2]، عوامل دما، شوری، کدورت، عمق و کلروفیل a را علاوه بر عواملی از قبیل نیترات، فسفات و کربن را برای بررسی کیفیت آب مورد توجه قرار داد.

توجه و شناخت عوامل محیط زیستی آب معرفی شده در این پژوهش با توجه به اینکه روی فرایندهای زیستی مرجان‌ها نیز تاثیر گذار هستند، از اهمیت بسیار زیادی در موفقیت برنامه‌های حفاظت از آبسنگ‌های مرجانی در آبهای ساحلی جزیره کیش برخوردار است.

۵. 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.

منابع

بی‌همتا، م. ر.؛ زارع چاهوکی، م. ع.، ۱۳۸۷. اصول آمار در علوم منابع طبیعی. جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۳۰۰.

فرشادفر، ع.، ۱۳۸۴. اصول و روش‌های آماری. جلد دوم. انتشارات طاق بستان. صفحه ۷۳۴.

رضائی، ح.؛ صمیمی، ک.؛ کبیری، ک.؛ غفاری، پیغام.؛ جلیلی، م.؛ هشترودی، م.؛ قوام مصطفوی، پ.؛ غواصی، م.، ۱۳۸۹. بررسی زیست بوم شناسی سواحل دریایی جزیره کیش با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). موسسه ملی اقیانوس شناسی، تهران.

مقصودلو، ع. و.؛ اقتصادی عراقی، پ.؛ جلیلی، م.، ۱۳۸۹. مرجان‌های سخت آبهای ساحلی ایران در خلیج فارس. انتشارات موسسه ملی اقیانوس شناسی، تهران.

Ammar, M.S.A.; Montaser, A. M., 2006. Effect of physicochemical parameters and human impacts on coral distribution at Tobia Kebir and Sharm el Loly, Red sea- Egypt. Egyptian Journal of Aquatic research, 32: 184-197.

Armono, H.D., 1999. Flow Field Around Single and Multiple Hollow Hemispherical Artificial Reefs Used for Fish Habitat, Master Thesis, Memorial University of Newfoundland, Newfoundland, Canada.165pp.

Australian Institute of Marine Science, 2008. Water quality and ecosystem monitoring program reef water quality protection plan, Final Report. Townsville Qld 4810.

Birkeland, C., 1997. Life and Death of Coral reefs, Chapman and Hall, New York. 536 pp.

Coles, S.L.; Fadlallah, Y.H., 1991. Reef coral survival and mortality at low temperatures in the Persian Gulf: new species-specific lower temperature limits. Coral Reefs, 9: 231-237.

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: 135-140.

Dawson, T.P.; Jarvie, F.; Reitsma, F., 2009. A habitat suitability model for predicting coral reef distributions in the Galápagos Islands. Galapagos Research, 66: 20-26.

Done, T.J., 1995. Ecological criteria for evaluating coral reefs and their implications for managers and researchers. Coral Reefs, 14 (4): 183–192.

Eghtesadi-Araghi, P., 2011. Coral Reefs in the Persian Gulf and Oman Sea – An Integrated Perspective. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 6(1): 48–56.

Fatemi, M.R.; Shokri, M.R., 2001. Iranian coral reefs status white particular reference to Kish Island. Persian Gulf. Indian Ocean Regional Workshop, Muzambique, 26-28 pp.

Guinan, J.C.; Brown, C.; Dolan, M.F.; Grehan, A.J., 2009. Ecological niche modeling of the distribution of cold-

[1] Australian Institute of Marine Science
[2] Great Barrier Reefs

the framework of the ROPME program of action, journal of Ocean and Coastal Management, 1–10 pp.

Petersen, D.; Tollrian, R., 2001. Methods to enhance sexual recruitment for restoration of damaged reefs. Bulletin of Marian Science, 69(2): 989-1000.

Reid, M.K.; Spencer, K.L., 2009. Use of principal components analysis (PCA) on estuarine sediment datasets: The effect of data pre-treatment. Environmental Pollution, 157: 2275–2281.

Rousseau, M., 2006. Massachusetts marine artificial reef plan. Massachusetts division of marine fisheries. Policy Report, PR – 1.

Sorokin, Y.I., 1993. Coral reef ecology. Ecological studies, Springer Verlag, Berlin, 4–28 pp.

Spalding, M. D.; Grenfell, A. M., 1997. New estimates of global and regional coral reef areas. Coral Reefs, 16: 225-30.

Spieler, R. E.; Gilliam, D. S.; Sherman, R. L., 2001. Artificial substrate and coral reef restoration: what do we need to know to know what we need. Bulletin of Marine Science, 69(2): 1013–1030.

Tittensor, D. P.; Baco, A. R.; Brewin, P. E., 2009. Predicting global habitat suitability for stony corals on seamounts. Journal of Biogeography, 36: 1111–1128.

Wilson, J.C.W.; Osenberg, C.M.; Mary, C.A.; Lindberg, W.J., 2001. Artificial reefs, the attraction-production issue, and density dependence in marine ornamental fishes. Aquarium Sciences and Conservation, 3: 95-105.

water coral habitat using underwater remote sensing data. Ecological Informatics, 4: 83-92.

Harvell, C.D.; Mitchell, C.E.; Ward, J.R.; Altizer, S.; Dobson, A.P.; Ostfeld, R.S., 2002. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. Science, 296: 2158–2162.

Leverette, T., 2005. Predicting habitat for two species of deep-water coral on the Canadian Atlantic continental shelf and slope. In: Freiwald, A., Roberts, J.M. (Eds.), Cold-water Corals and Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, 467–479 pp.

Lukens, R.; Selberg, C., 2004. Guidelines for marine artificial reef materials. artificial reef subcommittee's of the atlantic and Gulf States Marine Fisheries Commissions. Second Edition, 3-4 pp.

Maghsoudlou, A.; Eghtesadi Araghi, P.; Wilson, S.; Taylor, O.; Medio, D., 2008. Status of Coral Reefs in the ROPME Sea Area (The Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea). Status of coral reefs of the world. Townsville, Australia, 296 p.

McDonald, C.B.; Koseff, J.R.; Monismith, S.G., 2006. Effects of the depth to coral height ratio on drag coefficients for unidirectional flow over coral. Limnol Oceanogr, 51(3): 1294–1301.

Mortensen, P.B.; Hovland, M.T.; Fossa, J.H.; Furevik, D.M., 2001. Distribution, abundance and size of *Lophelia pertusa* coral reefs in mid-Norway in relation to seabed characteristics. Journal of Marine Biology Association, UK, 81:581–597.

Nadim, F.; Amvrossios, C.; Iranmahboob, J., 2008. Coastal management in the Persian Gulf region within