کاربرد شاخص‌های زیستی در بررسی وضعیت سلامت منطقه بحرکان

سحر شمال نسب[1*]
سید محمد باقر نبوی[2]
ابراهیم رجب زاده قطرمی[3]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه محیطزیست، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲. دانشیار گروه علوم دریایی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر،خرمشهر، ایران
۳. استادیار گروه منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

***مسئول مکاتبات:**
Sahar.Shomalnasab@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۲۱
کد مقاله: ۱۳۹۴۰۲۰۲۲۴
این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد است.

چکیده

مایوفونا موجودات پرسلولی وابسته به بستر هستند که اندازه‌ای بین ۶۳ تا ۵۰۰ میکرون دارند. هدف این مطالعه استفاده از این موجودات به‌عنوان شاخص آلودگی منطقه بحرکان بر اساس مدل ولچ است. منطقه بحرکان یکی از چهار حوزه مهم نفتی خلیج‌فارس است و منطقه حائز اهمیت اقتصادی می‌باشد. هدف این مطالعه بررسی وضعیت سلامت محیطزیست دریایی منطقه بحرکان با استفاده از برآورد تراکم و پراکنش موجودات مایوفونا می‌باشد. نمونه‌برداری در سه ترانسکت و نه ایستگاه عمود بر خط ساحل، در دو فصل سرد (زمستان ۱۳۹۲) و گرم (تابستان ۱۳۹۳) انجام گردید. نمونه رسوبات بستر توسط گرب ون‌وین و نمونه‌های مایوفونا توسط نمونه‌بردار استوانه‌ای صورت گرفت. در این تحقیق هشت گروه فرامینیفرا، استراکودا، گاستروپودا، دوکفه‌ای، نماتود، کپه‌پود و پلی‌کیت و شیرونومید شناسایی و شمارش شدند. در این مطالعه از شاخص‌های تنوع شانون، غالبیت سیمپسون، یکنواختی هیل و غنای منهنیک استفاده گردید. شاخص تنوع شانون (H') بین ۰/۸۲ تا ۲/۳۶ و شاخص غالبیت سیمپسون بین ۰/۱۲ تا ۰/۶۷ متغیر بود. بر اساس مدل ولچ (۱۹۹۲)، محیط دارای آلودگی متوسط (H'=۲/۳۶) و در مناطقی با آلودگی بالا (H'=۰/۸۲) برآورد گردید.

واژگان کلیدی: خلیج‌فارس، سلامت محیطزیست ساحلی، شاخص زیستی، مدل ولچ، منطقه بحرکان.

مقدمه

مناطق ساحلی دریاها بیش از ۸۰ درصد از ذخایر دریایی را تولید می‌نمایند که سهم چشمگیری در نظام تولید شبکه غذایی دریایی به عهده‌دارند (Thorson, 1957). به‌طورکلی اکوسیستم‌های ساحلی منطقه‌ای پویا می‌باشد که می‌تواند به‌عنوان عامل تعدیل‌کننده پیامدهای آلودگی‌هایی که از خشکی سرچشمه می‌گیرد، عمل کند (chu *et al*., 2000). ازجمله عوامل تعیین‌کننده در مورد نوع موجوداتی که قادر به زندگی در نقطه معینی از بستر دریاها می‌باشند ثبت فیزیکی بستر و بافت رسوبات می‌باشد. در ارتباط با فراوانی بنتوزها در بستر دریاها و اقیانوس‌ها، فاکتورهای محیطی زیادی از قبیل دما، شوری، مواد غذایی، نوع بستر و میزان ثبات آن، اکسیژن، pH و جریان‌های دریایی ذکرشده است که پخش و پراکنش کف زیان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مایوفونا در تمام طول عمر خود محدود به رسوبات (Sutherland *et al*., 2007) و اغلب به بسیاری از سموم و آلودگی‌ها حساس‌اند (Guo *et al*., 2001)، لذا می‌توانند گزینه‌ی خوبی برای ارزیابی زیست‌محیطی کیفیت بنادر توسط موجودات زنده باشند

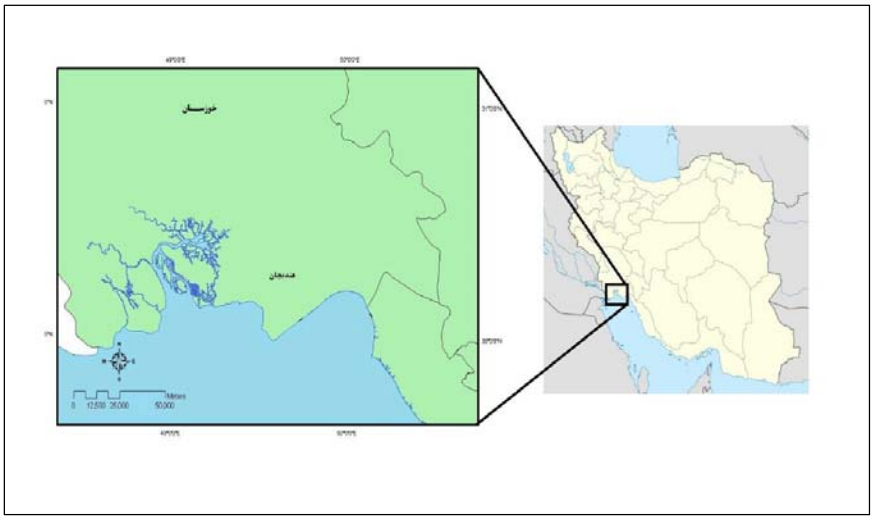
(Moreno *et al*., 2008). مطالعه تغییر ساختار جمعیتی و تنوع آن‌ها می‌تواند به‌عنوان شاخصی جهت ورود آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی و به‌ویژه مناطق ساحلی باشد (Carrico, 2013). بندر صیادی بحرکان در استان خوزستان در حال حاضر یکی از مراکز مهم بهره‌برداری و تولید نفت خلیج‌فارس می‌باشد (مروتی، ۱۳۸۷). هدف این پژوهش برآورد سلامت محیط‌زیست دریایی ساحل بحرکان با استفاده از شاخص‌های زیستی و مدل ولچ می‌باشد. داراب‌پور و نبوی در سال ۱۳۹۱ پراکنش روزنه داران کف زی در منطقه بحرکان را بررسی کردند و نتایج را با استفاده از مدل ولچ تحلیل نمودند (داراب‌پور و نبوی، ۱۳۹۱). مقدسی و نبوی در سال۱۳۹۱ پراکنش روزنه داران کف زی در ساحل جنوبی دریای خزر محمودآباد تا نور را بررسی کردند. هدف از انجام این تحقیق شناسایی روزنه داران کف زی در اکوسیستم‌های بنتیک و ارتباط آن‌ها با شرایط زیست‌محیطی بستر در اکوسیستم بنتیک ساحل جنوبی دریای خزر می‌باشد. نتایج نشان داد که پراکنش روزنه داران با فاکتورهای محیطی مثل دما و شوری همبستگی قوی دارند.که نشان‌دهنده تأثیر در تنوع و پراکنش آن‌ها بود (مقدسی و نبوی، ۱۳۹۱). خالقی و همکاران در سال ۱۳۹۱ استفاده از موجودات مایوفون به‌عنوان بیواندیکاتور برای ارزیابی تأثیرات محیطی در جوامع دریایی را بررسی کرده است و به این نتیجه رسیده است که استفاده از بیواندیکاتورها بسیار بهتر، اقتصادی‌تر و دقیق‌تر از روش‌های سنتی است (خالقی و همکاران، ۱۳۹۱).

نبوی در سال ۲۰۰۵ تنوع گونه‌ای و الگوی پراکنش روزنه داران کف زی (گروه غالب مایوفونا) در سواحل نایبند بررسی نمودند که در این تحقیق نیز نتایج با استفاده از مدل ولچ برآورد گردید (Nabavi and Zare Maivan, 2005). De Meira در سال ۲۰۱۳ جوامع مایوفونای کف زی را به‌عنوان بیواندیکاتور آلودگی آب در پارک ایالتی میناس گرایس برزیل بررسی نموده‌اند. در این تحقیق جوامع مایوفونای لوتیک به‌عنوان بیواندیکاتور آلودگی آب موردبررسی قرارگرفته است و به این نتیجه رسیدند که تغییرات زیستگاه به خاطر آلودگی‌های انسان‌ساخت بر تنوع زیستی موجودات آن منطقه تأثیرگذار است و گروه‌هایی از مایوفونا ازجمله روتیفرا، استراکودا، کپه پودا در صورت شناسایی دقیق، شناساگرهای خوبی برای آلودگی‌های انسان‌ساخت هستند (De Meira, 2013).

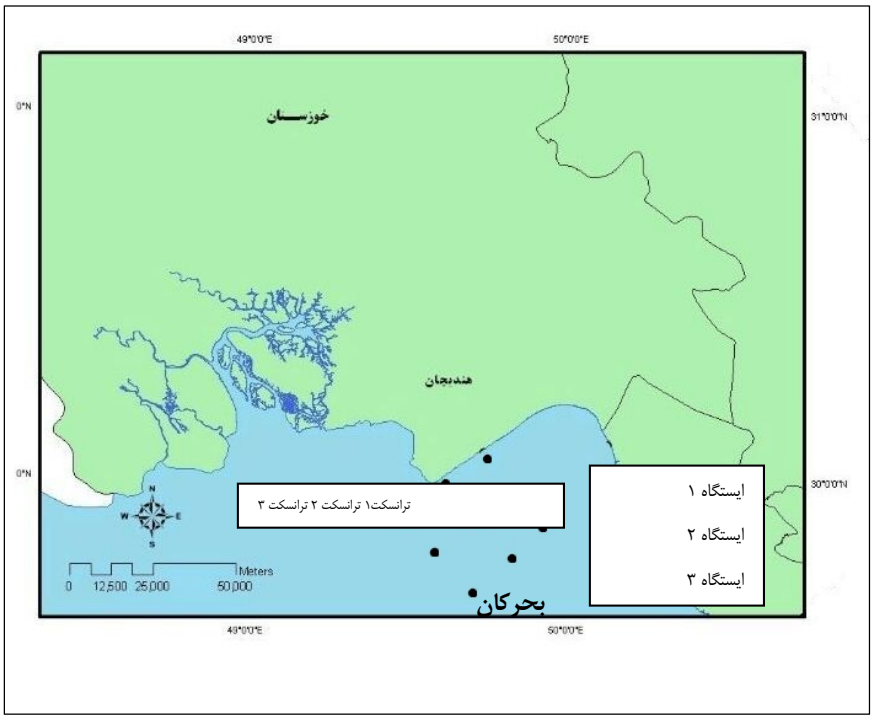
پاتی و پاترا در سال ۲۰۱۲ به بررسی پاسخ روزنه داران کف زی به آلودگی ساحل و استفاده از این موجودات به‌عنوان شاخص آلودگی پرداختند. در این تحقیق پتانسیل‌ها و محدودیت‌های استفاده از خصوصیات روزن‌داران بنتیک در مناطق ساحلی بررسی کرده‌اند. اثر آلودگی بر مایوفونا نه‌تنها به‌عنوان تعادل در مجموعه بلکه به‌عنوان تغییرات در موفولوژی، پوسته شمایی و فعالیت متابولیک می‌باشد که این ویژگی برای نظارت بر انواع مختلف آلودگی در مناطق ساحلی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Pati and Patra, 2012).

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه ساحل بحرکان از سواحل شمالی خلیج‌فارس است که موقعیت دقیق منطقه موردمطالعه (شکل ۱) ارائه‌شده است. در ساحل بحرکان ۳ ترانسکت عمود بر ساحل و در هر ترانسکت ۳ ایستگاه انتخاب گردید (شکل ۲). در هر ایستگاه پارامترهای دما، شوری، DO و pH، توسط دستگاه سنجنده پارامترهای محیطی HQ40 با ۳ تکرار اندازه‌گیری شدند. نمونه‌برداری توسط گرب ون وین با سطح مقطع ۰/۰۲۵ مترمربع و نمونه‌بردار استوانه‌ای با سطح مقطع ۳/۳ سانتی‌متر، از ۳ سانتی‌متری سطح رسوبات در دو فصل سرد (زمستان ۱۳۹۲) و گرم (تابستان ۱۳۹۲) انجام شد.



شکل ۱: موقعیت منطقه موردبررسی.



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های موردبررسی در بحرکان.

مختصات دقیق نقاط نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه‌شده است:

جدول ۱: طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های موردمطالعه در بحرکان.

ترانسکت	ایستگاه	موقعیت جغرافیایی	
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ترانسکت ۱	ایستگاه ۱	۴۹/۴۷۰۹۲۲۸۵۲۹۰۸۷۵۳	۳۰/۰۶۶۵۲۱
	ایستگاه ۲	۴۹/۴۷۲۰۷۵۱۸۳۲۹۹۴۲۶	۳۰/۰۶۵۶۵۷
	ایستگاه ۳	۴۹/۴۷۱۳۲۷۸۱۳۰۷۲۶۸۶	۳۰/۰۶۳۹۷۱
ترانسکت ۲	ایستگاه ۱	۴۹/۴۶۲۰۳۶۰۷۸۲۱۹۱۵	۳۰/۰۶۶۳۰۶
	ایستگاه ۲	۴۹/۴۶۰۰۳۷۵۶۸۹۳۴۰۱	۳۰/۰۶۳۳۹۱
	ایستگاه ۳	۴۹/۴۶۰۶۴۶۹۰۵۰۶۱۲۴۶	۳۰/۰۶۲۷۹۲
ترانسکت ۳	ایستگاه ۱	۴۹/۴۵۳۴۵۰۴۹۹۰۱۲۲۹	۳۰/۰۵۶۳۸۲
	ایستگاه ۲	۴۹/۴۴۳۶۱۴۵۱۱۵۳۵۰۷	۳۰/۰۵۵۷۰۶
	ایستگاه ۳	۴۹/۴۵۴۰۳۰۶۹۱۰۸۷۶	۳۰/۰۵۵۹۶۱

نمونه‌های رسوب هر ایستگاه، برای بررسی مایوفونا به‌وسیله‌ی الک ۶۳ میکرون شستشو و با رز بنگال رنگ‌آمیزی شدند. پس از جداسازی موجودات صدف‌دار و بدون صدف، شناسایی و شمارش این موجودات زیر استریومیکروسکوپ صورت گرفت. برای سنجش مواد آلی، از روش فیزیکی احتراق (El Wakeel and Riley, 1956) و مطابق رابطه ۱ محاسبه گردید (رابطه ۱). برای برآورد آنالیز دانه‌بندی از روش استاندارد (Buchannan, 1984) استفاده گردید.

رابطه ۱:

$$TOM = \frac{A-B}{A-C} \times 100$$

که در آن C وزن بوته چینی خالی، A وزن بوته چینی و محتویات آن پس از خشک شدن در آون و B وزن بوته چینی و محتویات آن پس از سوختن در کوره می‌باشد.

در تحقیق حاضر از شاخص‌های تنوع شانون- وینر، غالبست سیمپسون، یکنواختی هیل و غنای منهنیک استفاده گردیده است که توضیح هرکدام به‌اختصار در جدول ۲ ارائه گردیده است.

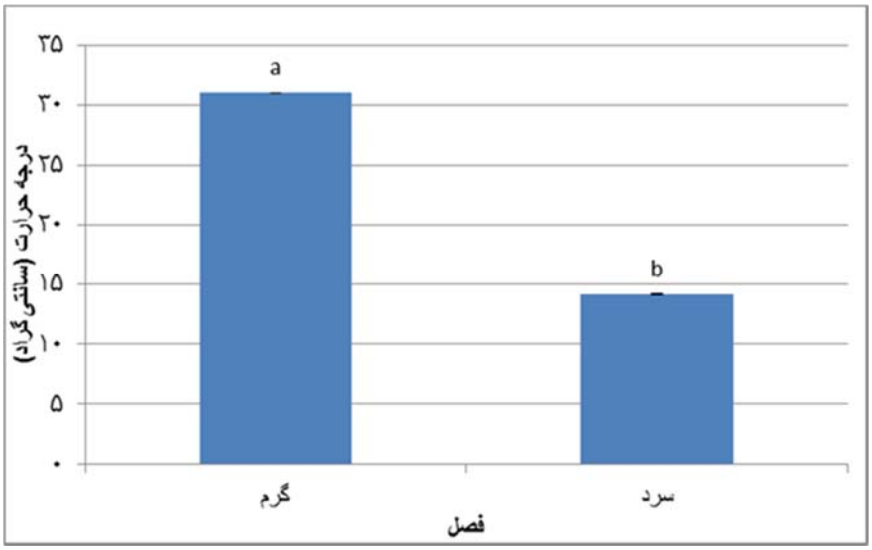
جدول ۲: شاخص‌های زیستی موردبررسی.

ردیف	نام شاخص	فرمول	بازه تغییرات
۱	تنوع شانون-وینر	$H' = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i$	بین ۰ تا ۵
۲	غالبیت سیمپسون	$1 - \hat{D} = 1 - \sum_{i=1}^{s}\left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}\right]$	بین ۰ تا ۱
۳	یکنواختی هیل	$E_2 = \frac{1}{H * \S}$	بین ۰ تا ۱
۴	غنای گونه‌ای منهنیک	$= \frac{s}{\sqrt{N}}$ R_2	بین ۰ تا ۱

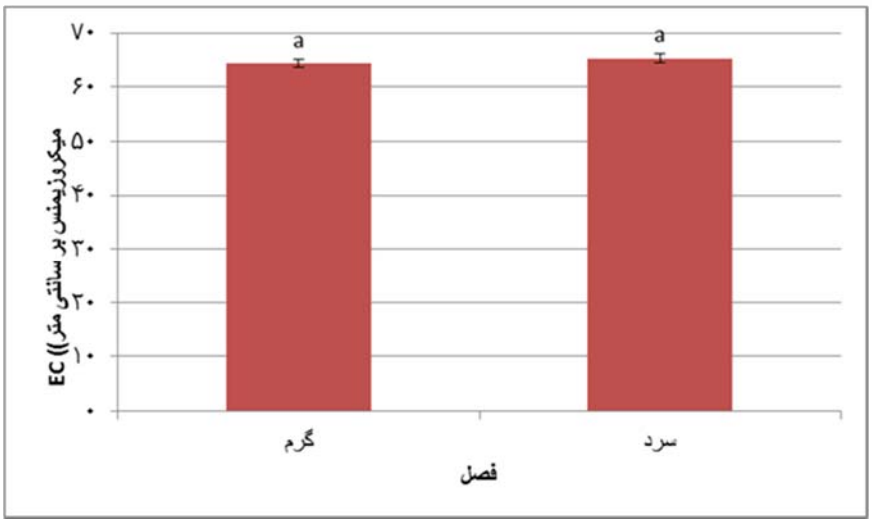
پس از شناسایی مایوفونا، تعداد افراد هرکدام از گروه‌های مایوفون مورد شمارش قرار گرفت. جهت مشخص نمودن وضعیت تنوع در ایستگاه‌های نمونه‌برداری مقادیر به‌دست‌آمده از شناسایی و شمارش گروه‌های مایوفونا توسط نرم‌افزار Past مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته و شاخص‌های تنوع و غالبیت سیمپسون، شانون- وینر و همچنین شاخص یکنواختی هیل و غنای منهنیک برای هرکدام از ایستگاه‌ها محاسبه گردید. همچنین برای رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار EXCEL و برای تجزیه‌وتحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ استفاده‌شده است.

نتایج

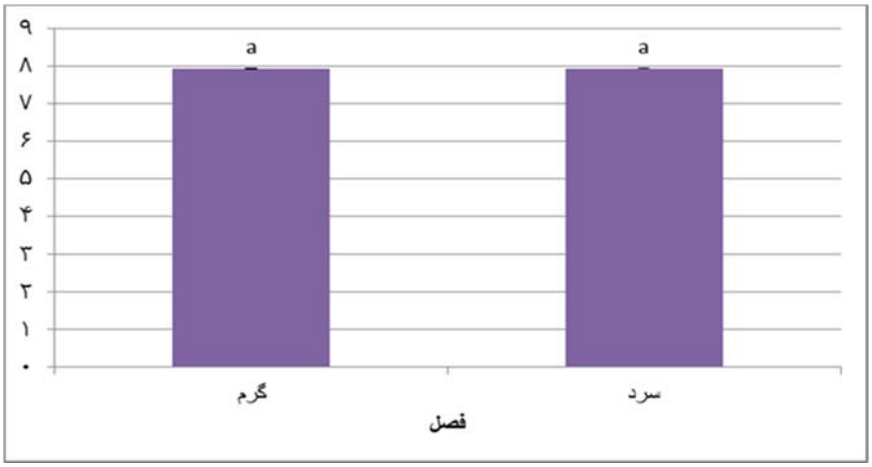
نتایج پارامترهای محیطی، برای اندازه‌گیری دما وجود تفاوت معنی‌دار بین دو فصل سرد و گرم را برآورد می‌نماید. طبق شکل ۳ میانگین دما در فصل سرد نسبت به فصل گرم کاهش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان این پارامتر در فصل گرم و کمترین میزان آن در فصل سرد اندازه‌گیری شد (شکل ۳). همان‌گونه که در شکل ۴ مشخص است در بررسی پارامتر EC بین دو فصل سرد و گرم تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($p<۰/۰۵$) و افزایش آن هیچ روند منظمی را نشان نمی‌دهد (شکل ۴). نتایج اندازه‌گیری pH نشان داد که هرکدام از ۹ ایستگاه تقریباً در محدوده خنثی تا قلیایی قرار دارند. ازنظر مکانی روند منظمی در میزان pH بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده نمی‌شود (شکل ۵). میزان شوری در دو فصل سرد و گرم تقریباً ثابت و اختاف معنی‌داری رابین این دو فصل نشان نمی‌دهد (شکل ۶) ($p<۰/۰۵$). میانگین مواد آلی در دو فصل اختلاف معنی‌دار نشان داده که طبق شکل ۷ میزان مواد آلی در فصل سرد بیشتر از فصل گرم برآورد گردید (شکل ۷)، ($p<۰/۰۵$). پارامتر DO پارامتری که بین دو فصل تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد و میزان آن در فصل سرد که میزان تبخیر آب کمتر است، میزان بیشتری را نشان می‌دهد (شکل ۸)، ($p<۰/۰۵$).



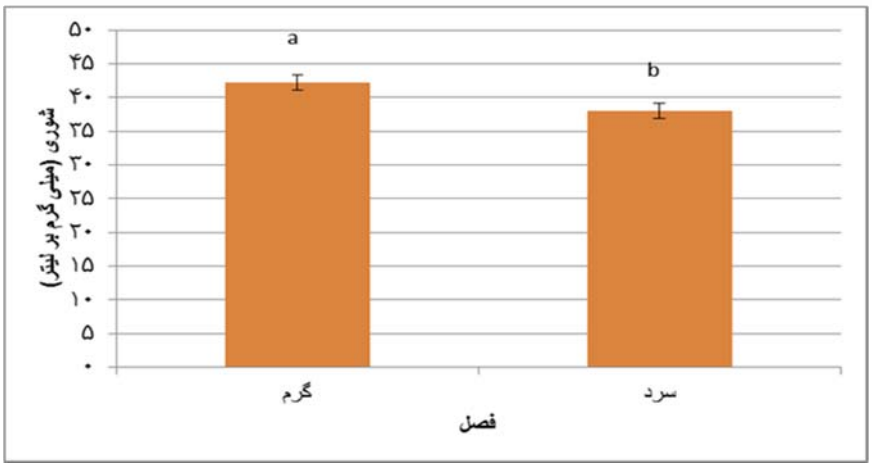
شکل ۳: بررسی میانگین درجه حرارت بین دو فصل گرم و سرد.



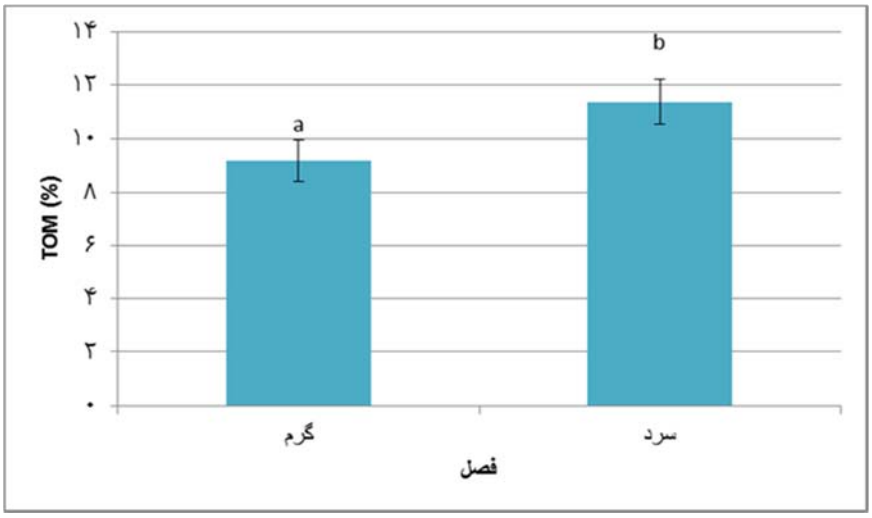
شکل ٤: بررسی میانگین EC بین دو فصل گرم و سرد.



شکل ٥: بررسی میانگین pH بین دو فصل گرم و سرد.



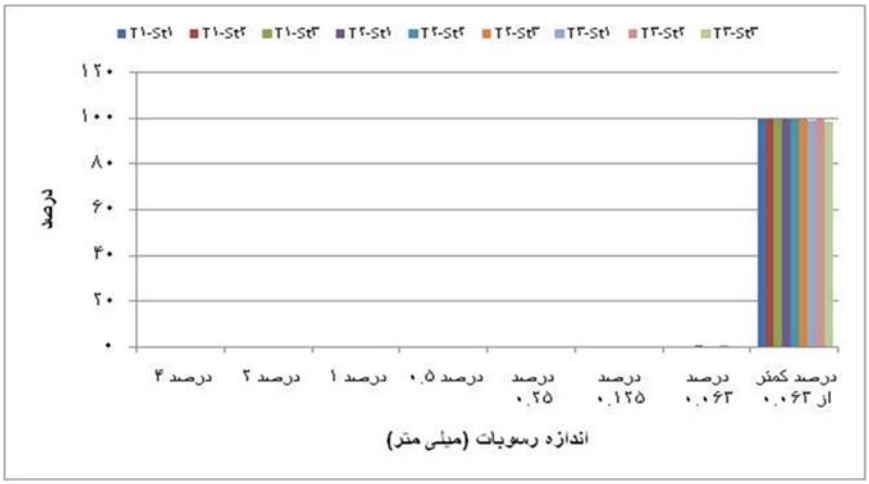
شکل ٦: بررسی میانگین شوری بین دو فصل گرم و سرد.



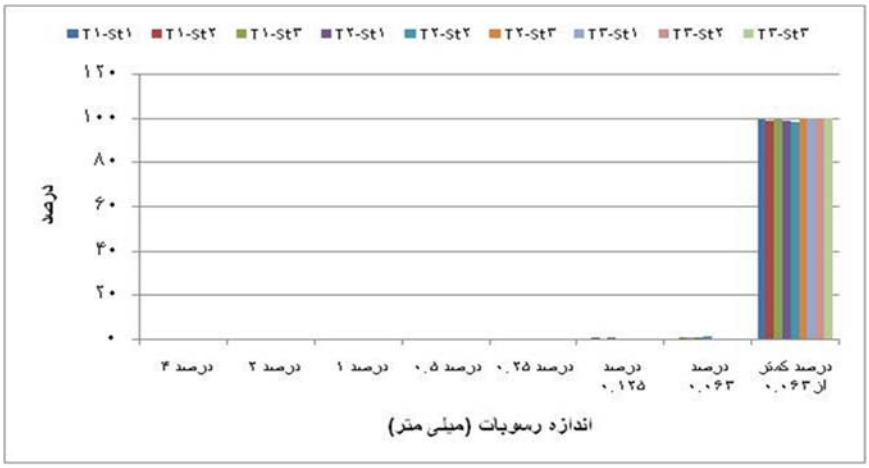
شکل ۷: بررسی میانگین مواد آلی بین دو فصل گرم و سرد.

شکل ۸: بررسی میانگین DO بین دو فصل گرم و سرد.

در بررسی آنالیز دانه‌بندی رسوبات، بیشترین میزان ذرات رسوبی در هر دو فصل گرم (۹۹/۸۱ درصد) و در فصل سرد (۹۹/۷۶ درصد)، کوچک‌تر از ۰/۰۶۳ (GS3 <۰/۰۶۳) بوده‌اند (اشکال ۹ و ۱۰).

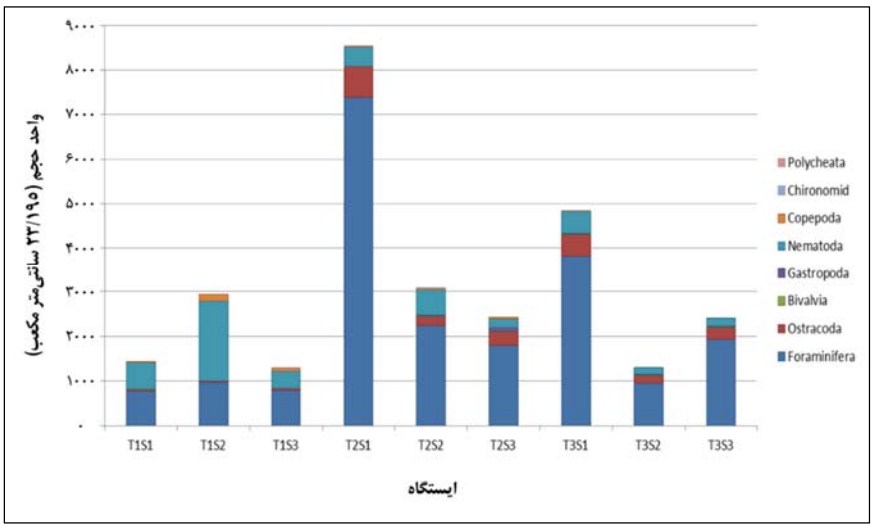


شکل ۹: درصد آنالیز دانه‌بندی رسوبات (فصل گرم) در ایستگاه‌های موردبررسی.

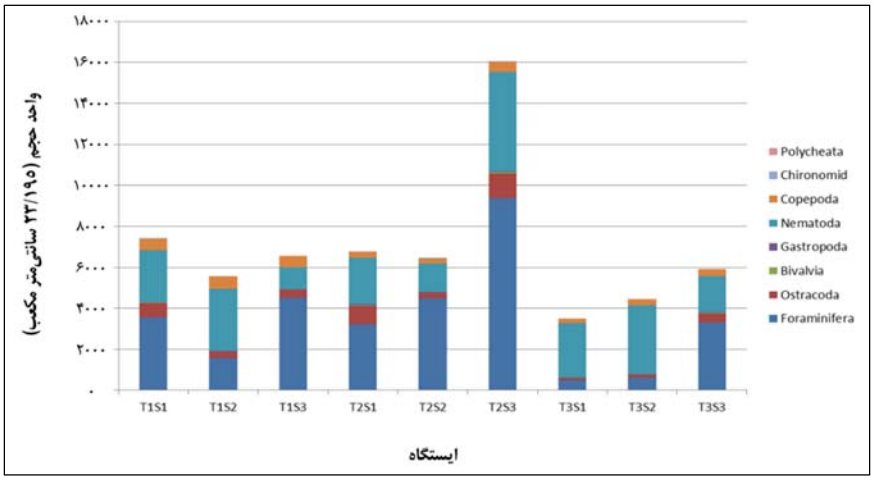


شکل ۱۰: درصد آنالیز دانه‌بندی رسوبات (فصل سرد) در ایستگاه‌های موردبررسی.

در بررسی موجودات مایوفونای منطقه موردمطالعه، هشت گروه از گروه‌های مایوفونا، به نام‌های فرامینیفرا، استراکودا، گاستروپودا، دوکفه‌ای‌ها، نماتودا، کوپه‌پودا، پلی‌کیتا و شیرونومیدها شناسایی گردید و در این میان بیشترین فراوانی گروه مایوفونای صدف‌دار مربوط به گروه فرامینیفرا و بیشترین فراوانی گروه‌ها مایوفونای بدون صدف مربوط به گروه نماتودا می‌باشد (اشکال ۱۱ و ۱۲). درمجموع تنوع موجودات مایوفونا بر اساس شاخص‌های موردبررسی در فصل گرم بیشتر و فراوانی گروه‌های مایوفونا در فصل سرد بیش از فصل گرم می‌باشد (اشکال ۱۱ و ۱۲).



شکل ۱۱: میانگین فراوانی گروه‌های مایوفونای شناخته‌شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در فصل گرم در سال ۱۳۹۳.



شکل ۱۲: میانگین فراوانی گروه‌های مایوفونای شناسایی‌شده در ایستگاه‌ها در فصل سرد سال ۱۳۹۲.

بررسی شاخص‌های تنوع شانون، غالبیت سیمپسون، یکنواختی هیل و غنای منهنیک در جدول ۳ و ۴ ارائه می‌گردد (جداول ۳ و ۴). در بین ایستگاه‌های موردمطالعه بیشترین میزان تنوع شانون (H´=۲/۳۶) در فصل گرم و در ایستگاه T3S3 اندازه‌گیری شد (جدول ۳). میزان شاخص غالبیت سیمپسون (λ) در فصل زمستان بیشترین مقدار خود را (λ =۰/۶۷) در ایستگاه T3S1 نشان داد که بیانگر بالاترین میزان غالبیت در دوره مطالعاتی است (جدول ۴). در بین ایستگاه‌های موردمطالعه بیشترین میزان تنوع شانون (H´=۲/۳۶) در فصل گرم و در ایستگاه T3S3 اندازه‌گیری گردید (جدول ۳).

جدول ۳: بررسی شاخص‌های زیستی در فصل گرم سال ۱۳۹۳.

شاخص‌ها	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
غالبیت سیمپسون	۰/۴۳	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۳۹۰	۰/۳۹۶	۰/۱۲
غنای گونه‌ای منهنیک	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۶۹	۰/۷۰
تنوع شانون	۱/۱۴	۱/۵۴	۱/۵۶	۱/۲۸	۱/۵۳	۱/۴۴	۱/۵۵	۱/۵۱	۲/۳۶
یکنواختی هیل	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۵۶

جدول ٤: بررسی شاخص‌های زیستی در فصل سرد در سال ۱۳۹۲.

شاخص‌ها	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
غالبیت سیمپسون	۰/۲۸	۰/۳۶	۰/۲۲	۰/۲۹۱	۰/۳۱	۰/۲۹۸	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۲۸
غنای گونه‌ای منهنیک	۰/۳۰۷	۰/۳۰۰	۰/۳۴	۰/۳۰۷	۰/۳۰۰	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۳
تنوع شانون	۱/۷۵	۱/۴۷	۱/۸۴	۱/۸۲	۱/۶۳	۱/۶۵	۰/۸۲	۰/۸۴	۱/۶۶
یکنواختی هیل	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۱۰	۰/۱۱۰	۰/۲۳

در این تحقیق به‌منظور پی بردن به تنوع گونه‌ای در منطقه موردبررسی از الگوی معرفی‌شده توسط ولچ (Welch, 1992) استفاده‌شده است (جدول ۵) و تنوع موجودات کف زی از طریق محاسبه شاخص شانون (H´) و میزان غالبیت گونه‌ای نیز با محاسبه شاخص سیمپسون (λ̃) به‌دست‌آمده است. نتایج شاخص‌های تنوع شانون (H´) و سیمپسون (λ̃) نشان‌دهنده تنوع مایوفونا در منطقه موردمطالعه میانه است (جداول ۳ و ۴). همچنین به دلیل اختلاف معنی‌دار میزان مواد آلی در دو فصل سرد و گرم (شکل ۷)، جهت بررسی تأثیر پارامتر محیطی همبستگی بین گروه‌های مایوفونای شناسایی‌شده و مواد آلی بستر برآورد گردید (جدول ۶).

جدول ۵: مدل ولچ (Welch 1992).

شاخص شانون	میزان آلودگی
H´ <۱	مناطق با آلودگی بالا
H´ ≤ ۱-۳	مناطق با آلودگی متوسط
H´ >۳	منطق فاقد آلودگی

جدول ٦: بررسی همبستگی بین آلاینده‌های آلی و گروه‌های مایوفونای شناسایی‌شده در دو فصل سرد و گرم.

	T1S1	T1S2	T1S3	T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3
فصل سرد	۰/۲۵۷	۰/۵۴۶**	۰/۲۲۶	۰/۲۰۹	-۰/۰۰۶	۰/۳۱۴	۰/۵۸۴**	۰/۶۰۲**	۰/۱۵۸
فصل گرم	۰/۱۶۲	۰/۲۴۱	۰/۲۰۸	۰/۰۸۵	۰/۱۲۹	۰/۱۰۴	۰/۱۲۰	۰/۰۸۲	۰/۰۷۸

** همبستگی در سطح ۰/۰۱

بحث و نتیجه‌گیری

در آنالیز بافت بستر در طول دو فصل تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در میزان این ذرات وجود نداشته (شکل ۹ و ۱۰)، این نتیجه حاصل می‌گردد که بافت بستر یکنواخت بوده و غالباً از ذرات سیلت و رس تشکیل‌شده است. به همین ترتیب الگوی تابستانی و زمستانی بافت بستر تغییر قابل‌ملاحظه‌ای نداشته است. همچنین عدم وجود همبستگی بین دانه‌بندی رسوبات و مایوفونای موجود در منطقه مطالعاتی در هیچ‌یک از ایستگاه‌های موردمطالعه، یکنواخت بودن بافت بستر را تأیید می‌کند.

با توجه به نتایج شاخص‌های موردبررسی و بر اساس الگوهای مذکور، در ایستگاه‌های موردمطالعه، به این دلیل که در زمستان حضور گونه‌های غالب بیشتر بود، میزان شاخص غالبیت سیمپسون (λ̃) در این فصل بیشترین مقدار خود را (λ̃ =۰/۶۷) در ایستگاه T3S1 نشان داد که بیانگر بالاترین میزان غالبیت در دوره مطالعاتی است (جدول ۴). نزدیکی میزان شاخص‌ها می‌تواند به دلیل میزان بالای شباهت در ایستگاه‌های مختلف در هر دو فصل و درنتیجه پراکنش خوب و متعادل گونه‌ها در هر سه ترانسکت باشد. تعداد گونه‌ها و فراوانی آن‌ها در هر منطقه علت شباهت ایستگاه‌ها با یکدیگر است. شباهت بیشتر در منطقه جزر و مدی نسبت به منطقه زیر جزر و مدی در هر دو فصل ممکن است به دلیل تعداد بیشتر گونه‌ها و فراوانی آن‌ها باشد (داراب‌پور و نبوی، ۱۳۹۱). در بین ایستگاه‌های موردمطالعه بیشترین میزان تنوع شانون (H´=۲/۳۶) در فصل گرم و در ایستگاه T3S3 اندازه‌گیری شد (جدول ۳). بالاترین مقادیر شاخص شانون در محیط‌های آبی بی‌نقص و کمترین آن در آب‌های آلوده دیده می‌شود (De Meira, 2013). میزان شاخص غالبیت سیمپسون نیز در این ایستگاه حداقل میزان (λ̃=۰/۱۲) در کل ایستگاه‌های مطالعاتی برآورد شده است که مؤید تنوع بالای موجودات، توزیع مناسب گونه‌ها در این ایستگاه (بیشترین مقدار شاخص هیل ۰/۵۶، در دو فصل) و عدم غالبیت

یک‌گونه (بیشترین میزان شاخص منهنیک ۰/۷۰، در دو فصل) درمجموع این ایستگاه را ازنظر محیط زیستی در وضعیت مناسبی نسبت به سایر ایستگاه‌ها قرار داده است (جدول ۳) که علت آن می‌تواند دور بودن این ایستگاه نسبت به ساحل و وجود وضعیت آرامش به دلیل دور بودن از محل فعالیت‌های انسانی است. در کل نزدیکی میزان شاخص‌ها می‌تواند به دلیل میزان بالای شباهت در ایستگاه‌های مختلف در هر دو فصل و درنتیجه پراکنش خوب و متعادل گونه‌ها در هر سه ترانسکت باشد. در تحقیق حاضر، آلوده‌ترین ایستگاه در کل دوره مطالعاتی، ایستگاه T3S1 می‌باشد که بر اساس مدل ولچ (Welch,1992) پایین‌ترین میزان تنوع شانون (H´= ۰/۸۲) در دو فصل نشان می‌دهد؛ که، H´< ۱ و بیانگر منطقه با آلودگی بالا می‌باشد. پایین‌ترین میزان تنوع شانون (H´=۰/۸۲) و بالاترین میزان غالبیت سیمپسون (λ=۰/۶۷) را در دوره مطالعاتی به این ایستگاه تعلق دارد و این ایستگاه را به‌عنوان آلوده‌ترین ایستگاه در بین دو فصل برآورد می‌نماید. داراب‌پور و نبوی در سال ۱۳۹۱ و نبوی و همکاران در سال ۲۰۰۸ نتایج مشابهی به دست آوردند که نتایج فوق را تائید می‌نماید (داراب‌پور و نبوی، ۱۳۹۱؛ Nabavi and Zare Maivan, 2005). ایستگاه T3S3 در فصل گرم، همبستگی با مواد آلی نشان نداده است و از بالاترین تنوع شانون (H´=۲/۳۶) در دوره مطالعاتی برخوردار بود، لذا طبق مدل ولچ (Welch, 1992)، H´≤ ۱-۳ این ایستگاه، در ردیف آلودگی متوسط (جدول ۵) قرار می‌گیرد ولی کمترین میزان آلودگی در کل دوره مطالعه در این فصل قرار می‌گیرد که علت آن می‌تواند به دلیل فاصله از منبع آلودگی و خط ساحلی و عدم وجود آلاینده‌های آلی (عدم وجود همبستگی بین مواد آلی و تراکم مایوفونا در ایستگاه مذکور) باشد. با توجه به شاخص‌های موردبررسی، این ایستگاه در فصل گرم پاک‌ترین منطقه در کل دوره مطالعاتی است. در بررسی همبستگی بین گروه‌های مایوفونا و میزان مواد آلی، در فصل گرم هیچ همبستگی بین این پارامتر و جوامع مایوفونا مشاهده نمی‌شود. ولی در فصل سرد، همبستگی بسیار قوی در سطح ۰/۰۱ با مایوفونای سه ایستگاه (۰/۵۴۶) T1S2، (۰/۵۸۴) T3S1 و (۰/۶۰۲)T3S2 مشاهده‌شده است (جدول ۶)؛ که بیانگر ارتباط بین این دو پارامتر می‌باشد. در این بررسی بیشترین میزان مواد آلی در زمستان به این دلیل می‌باشد که در زمستان به علت کاهش فعالیت متابولیکی گیاهان، مواد آلی در بستر ته‌نشین شده و درنتیجه میزان مواد آلی بیشتر از فصل گرم می‌گردد (دهقان و نبوی، ۱۳۸۴). با توجه به مطالعه صورت گرفته، آلوده‌ترین ایستگاه در کل دوره مطالعاتی، ایستگاه T3S1 می‌باشد که بر اساس مدل ولچ (Welch,1992) پایین‌ترین میزان تنوع شانون (H´= ۰/۸۲) در دو فصل نشان می‌دهد؛ که، H´< ۱ و بیانگر منطقه با آلودگی بالا می‌باشد. پایین‌ترین میزان تنوع شانون (H´=۰/۸۲) و بالاترین میزان غالبیت سیمپسون (λ=۰/۶۷) را در دوره مطالعاتی به این ایستگاه تعلق دارد و این ایستگاه را به‌عنوان آلوده‌ترین ایستگاه در بین دو فصل برآورد می‌نماید. درنتیجه به علت نزدیکی این ایستگاه به چاه‌های نفت بحرکانسر و ایجاد آلودگی آلی در این منطقه، عامل مهم محدودکننده در پراکنش و تراکم مایوفونای ساحل بحرکان را می‌توان آلودگی با منشاء آلی دانست. ضمن آنکه اساساً در محیط دریا، مجموعه‌ای از پارامترها بر ساختار اجتماعات مایوفونا تأثیرگذارند، لذا بسیار مشکل است که تنها یک پارامتر را عامل اصلی تغییرات در ساختارهای فونی دریا مؤثر دانست. با توجه به غنای زیستی سواحل، شرایط محیطی خاص حاکم بر آن‌ها و نقش عمده این مناطق در زنجیره حیاتی موجودات دریایی و نیز با توجه به تأثیر مستقیم آلودگی حاصل از دریا و خشکی بر این مناطق، پیشنهاد می‌گردد مطالعه فون جانوری این مناطق بیشتر موردتوجه قرار گیرد. همچنین با توجه به تراکم بالای مایوفونا در این تحقیق، مطالعه و بررسی دقیق‌تر این موجودات جهت استفاده به‌عنوان شاخص‌های بیولوژیک پیشنهاد می‌شود.

منابع

داراب‌پور، م. و نبوی، س. م. ب، ۱۳۹۱. بررسی مقایسه‌ای استراکود های منطقه جزر و مدی و زیر جذر و مدی با استفاده از مقیاس بندی چندجهته در منطقه بحرکان. اقیانوس‌شناسی. ۱۲: ۳۷-۴۵.

خالقی، م.، شریفیان، س. صدوق، ع.،۱۳۹۱. بیواندیکاتورها و استفاده از موجودات زنده برای ارزیابی تأثیرات محیطی در جوامع دریایی، اولین همایش ملی سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ۳۰-۲۸ بهمن.

دهقان، ز. و نبوی. س. م. ب.، ۱۳۸٤. مطالعه ساختار و ترکیب فونی گروه‌های مایوفونا به‌عنوان شاخص زیستی آلودگی آب در مناطق جزر و مدی شهرستان بوشهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم و تحقیقات خوزستان.

مروتی، ح.، ۱۳۸۷. بررسی تنوع زیستی و اکولوژیک بی‌مهرگان دریایی (ماکروبنتوزها) در سواحل بحرکان. اداره کل حفاظت محیطزیست استان خوزستان.

مقدسی، ب. و نبوی، س. م. ب.، ۱۳۹۱. شناسایی استراکودهای کف زی در ساحل جنوبی دریای خزر حدفاصل محمودآباد تا نور همایش ملی پژوهش‌های آبزیان و اکوسیستم‌های آبی، سواد کوه، ۲۵-۲۴ آبان ماه.

Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Bradley,G., Ryan, C. and Zumbrunnen, C., 2003. Integrating humans into ecology: Opportunities and Challenges for Urban Ecology. BioScience, 53 (12): 1169-1179.

Buchannan, J., 1984. SedimenT analysis. N.A. Holme and A.D. McIntyre. Method for the study of marine benthos.p 41-65. Blackwell Scientific, Publications,Boston,MA: 387P.

Carrico, R., 2013. Can meiofauna be a good Biological Indicator of the Impacts of eutrophication caused by green Macroalgal blooms?. les cahiers naturalistes de l'Observatoire marin, II (1): 9–16.

Chu, H.T., Angelier, J., Chan, Y-C. and Hu, J. C., 2000. Supply and removal of Sediments in a landslide-dominated mountain belt : central range.Taiwan.the gornal of geology.108 73-89.

De Meira, J. R., 2013. Water Quality of the "Água Limpa" stream in the State Park Biribiri, Minas Gerais State, Brazil. Advances in Environmental Biology, 7(11): 3487-3496.

El Wakeel, S. K. and Riley, J. P., 1956. The determination of organic carbon in marine-muds. Conseil International Pour l'exploration de la mer, 22: 180-183.

Guo, Y., Somerfield, P. J., Warwick, R. M. and Zhang, Z., 2001. Large-scale patterns in the community structure and bioDiversity of freeliving Nematodes in the Bohai Sea, China. Journal of the Marin Biological Association of the UK, 81:755-763.

Ludwig, J. A. and Raynolds. J. F., 1988. Statistical ecology, A primer on methods and omputing.John Wiley and Sons New York, 337p.

Moreno, M., Vezzulli, L., Marin, V., Laconi, P., Albertelli, G. and Fabiano, M., 2008. The use of Meiofauna Diversity as an Indicator of Pollution in harbours.international council for the exploration of the Sea. Published by oxford Journals. 22 august, pp**.** 1428-1435.

Nabavi, S. M. B. and Zare Maivan, H., 2005. Meiofaunal diversity in the Naiband protected area (Persian Gulf), INOC. Marine and Coastal protected areas, Meknes.

Pati, P. and Patra, P. K., 2012. Benethic Foraminiferal responses to coastal Pollution. International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences.2(1):42-56

Semprucci, F., 2010. Benthic communities along a littoral of the Central Adriatic Sea (Italy). Helgoland Marine ReSearch, 64 (2), 101-115.

Semprucci, F., Moreno, M., Sbroccal, S., Rocchii, M., Albertelli, T. and Balsamo, M., 2013. The Nematode assemblage as a tool for the Assessment of Marine Ecological quality status: a case-study in the Central Adriatic Sea. Mediterranean Marine Science, 14(1):48-57.

Sutherland, T. F., Levings, C. D., Petersen, S. A., Poon, P. and Piercey, B., 2007. The use of Meiofauna as an Indicator of Benthic organic enrichment associated with salmonid aquaculture. Marine Pollution bulletin, 54:1249-1261.

Thorson, G., 1957. Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Geological Society of America 67: Waverly Press, pp. 461–534.

Welch, E. B., 1992. Ecological Effects of Waste water: Applied Limnology and Pollutant Effects, second edition.USA: CRC press.436p.