



Original Research Paper

Diversity and distribution of the intertidal bivalves of Qeshm Island, the Persian Gulf of Iran

Noushin Gholinezhad¹, Arya Ashjaja Ardalan^{1*}, Masoume Malek²

¹ Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Biology, Faculty of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

Key Words

Rocky shores
Biodiversity
Bivalves
Spatial distribution
Persian Gulf

Abstract

Introduction: Biodiversity and spatial distribution of bivalves in eight stations (Toola 1, Toola 2, Aftab, Dafari, Tango, Havafaza, Biotechnology, and Naz Island) on the rocky shores of Qeshm and in August and January 2018 were investigated.

Materials & Methods: At each station, one to two transects oriented perpendicular to shore were identified. In this study, 14 bivalve species from 8 families were identified.

Results: The maximum and minimum frequency of bivalves was observed in winter with an average of 75/m² in the high tide zone of the Toola 2 station and in the summer with an average of 11/ m² in the mid tide zone of the Biotechnology station, respectively. *Pinctada radiata* bivalve was the dominant species (73.9) in all stations. The results of nMDS test also confirm the existence of differences in the structure and species composition of bivalve populations between different seasons and stations. The highest and lowest Shannon index was observed in the high tide zone of Tango station (2.55) in winter and in the high tide zone of Havafaza station in summer (1.65), respectively. The highest and lowest species richness (Margalf index) was recorded in the high tide zone of the Toola 1 station (3.73) in summer and in the mid tide zone of the Biotechnology station in winter (1.87), respectively.

Conclusion: According to the results of Simper test, *Saccostrea cucullata* accounted for the highest percentage of participation in Bray-Curtis dissimilarity in terms of species density, between summer and winter seasons and in different sampling stations.

* Corresponding Author's email: ariaashja@gmail.com

Received: 3 March 2021; Reviewed: 9 April 2021; Revised: 31 May 2021; Accepted: 11 July 2021

(DOI): [10.22034/AEJ.2021.293390.2579](https://doi.org/10.22034/AEJ.2021.293390.2579)

مقاله پژوهشی

بررسی تنوع و پراکنش دوکفه‌ای‌های مناطق بین جزر و مدی صخره‌ای در جزیره قشم

نوشین قلی‌نژاد^۱، آریا اشجع‌اردلان^{۱*}، معصومه ملک^۲^۱ گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران^۲ گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده	کلمات کلیدی
مقدمه: تنوع زیستی و پراکنش مکانی دوکفه‌ای‌ها در هشت ایستگاه (طولا ۱، طولا ۲، آفتاب، دفاری، تانگو، هوافضا، بیوتکنولوژی و جزیره ناز) در سواحل صخره‌ای قشم و در دو فصل تابستان و زمستان ۱۳۹۷ بررسی شد. مواد و روش‌ها: در هر ایستگاه ۱ تا ۲ ترانسکت عمود بر ساحل دریا تعیین شد. در این مطالعه ۱۴ گونه دوکفه‌ای از ۸ خانواده شناسایی شد. نتایج: حداکثر فراوانی دوکفه‌ای‌ها در فصل زمستان با میانگین ۷۵ عدد در متر مربع در ناحیه high ایستگاه طولا ۲ و حداقل فراوانی آن در فصل تابستان با میانگین ۱۱ عدد در مترمربع در ناحیه Mid ایستگاه بیوتکنولوژی مشاهده گردید. دوکفه‌ای <i>Pinctada radiata</i> در تمام ایستگاه‌ها گونه غالب (۹۷۳٪) بود. نتایج آزمون nMDS وجود اختلاف در ساختار و ترکیب گونه‌ای جمعیت دوکفه‌ای‌ها در میان فصل‌ها و ایستگاه‌های مختلف را تایید نمود. بیش‌ترین میزان تنوع گونه‌ای (شاخص شانون) در فصل زمستان در ناحیه high ایستگاه تانگو (۲/۵۵) و کم‌ترین مقدار آن در فصل تابستان در ناحیه high ایستگاه هوافضا (۱/۶۵) مشاهده شد. بیش‌ترین میزان غنای گونه‌ای (شاخص مارگالف) در فصل تابستان در ناحیه high ایستگاه طولا ۱ (۳/۷۳) و کم‌ترین مقدار آن در فصل زمستان در ناحیه mid ایستگاه بیوتکنولوژی (۱/۸۷) ثبت گردید. براساس نتایج آزمون سیمپر، بیش‌ترین درصد مشارکت در عدم تشابه Bray-Curtis از نظر تراکم گونه‌ای، بین دو فصل تابستان و زمستان و در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری مربوط به گونه <i>Saccostrea cucullata</i> است. بحث و نتیجه‌گیری: ساختار جمعیت دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه تحت‌تاثیر عوامل مختلف از جمله تغییرات فصلی، توریست و مناطق مسکونی می‌باشد.	سواحل صخره‌ای تنوع زیستی دوکفه‌ای‌ها پراکنش مکانی خلیج فارس

مقدمه

ترکیب و توزیع گونه‌های جامعه نرم‌تنان استفاده کردند (۹). کامرانی و همکاران، تنوع و فراوانی دوکفه‌ای‌ها را در سواحل مختلف شهر بندرعباس بررسی کردند (۱۰). براساس مطالعات Vahidi و همکاران، فاکتورهای شوری، درجه حرارت، بافت رسوب و زون‌بندی عوامل موثر بر ساختار جامعه دوکفه‌ای و شکم‌پایای و پراکنش مکانی آن‌ها در سواحل جزر و مدی جزیره قشم می‌باشد (۱۱). Abdollahi و همکاران، فون زیستی ماکروبن‌توزها را در مناطق جزر و مدی و نیز زیستگاه‌های کم‌عمق زیر جزر و مدی جزیره ابوموسی شناسایی کردند که ۶۶٪ از گونه‌های شناسایی شده متعلق به دوکفه‌ای‌ها می‌باشد (۱۲). از آن جایی که مطالعه و بررسی فون کفزی از جمله دوکفه‌ای‌ها در آب‌های ساحلی جزیره قشم از نظر جایگاه و نقش آن‌ها در زنجیره غذایی و پایش محیط می‌تواند کمک شایانی در جهت شناخت بیش‌تر بوم‌سامانه‌های دریایی و ارزیابی ذخایر بالقوه شیلاتی منطقه نماید، مطالعه فوق صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: مطالعه حاضر در سواحل صخره‌ای بین جزر و مدی جزیره قشم واقع در شمال خلیج فارس صورت پذیرفت (شکل ۱). جزیره قشم بزرگ‌ترین جزیره خلیج فارس است که در قسمت شمال شرقی نزدیک تنگه هرمز واقع شده است. جدول ۱ موقعیت جغرافیایی و خصوصیات ایستگاه‌های نمونه‌برداری از دوکفه‌ای‌ها را توصیف می‌کند.

روش نمونه‌برداری: از آن جایی که جنوب ایران دو فصل سرد و گرم دارد (۱، ۱۳)، نمونه‌برداری از شکم‌پایان در کلیماکس هر فصل (آگوست و ژانویه ۲۰۱۸) در طول جزر حداکثر روزانه صورت پذیرفت. این بازه زمانی در منطقه مورد مطالعه براساس پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک قشم، در سردترین زمان سال، ژانویه و گرم‌ترین زمان سال، آگوست می‌باشد (۲). موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه با استفاده از hand-held GPS ثبت شد. در هر ایستگاه ۱ تا ۲ ترانسکت عمود بر ساحل دریا تعیین شد و در طول هر ترانسکت ۳ ناحیه بالا، میان و پایین جزر و مدی مشخص شد. در سواحل صخره‌ای با استفاده از کوادرات ۵/۵×۵/۵ متر نمونه‌برداری به صورت جداگانه و تصادفی انجام شد. نمونه‌های قرارگرفته در هر کوادرات در ظروف جداگانه جمع‌آوری شد. جهت تثبیت نمونه‌ها از فرمالین ۴٪ و الکل اتیلیک استفاده شد (۱۴). سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و براساس پارامترهای سیستماتیک و کلیدهای شناسایی معتبر تا حد امکان در حد گونه شناسایی شدند (۱۵). نمونه‌ها با استفاده از olympus sz60 stereomicroscope شناسایی شدند.

یکی از بوم‌سامانه‌های مهم دریایی، سواحل و مناطق بین جزر و مدی هستند که از اهمیت زیست‌محیطی، بوم‌شناختی و اقتصادی ویژه برخوردار هستند. منطقه ساحلی شامل بیوتوپ‌های گوناگونی چون سواحل صخره‌ای، خوریات، درختزارهای حرا، تالاب‌های شور، آب‌سنگ‌های مرجانی، کولاب‌ها و غیره هستند (۱). به‌طور کلی مناطق بین جزر و مدی و از جمله سواحل صخره‌ای یک بیوتوپ بینابینی میان محیط زیست دریایی و آب‌شیرین محسوب می‌شود. این مناطق از پتانسیل زیست‌شناختی بالایی برخوردار است و به‌عنوان بستری مناسب جهت تغذیه، تخم‌گذاری و سپری کردن مراحل لاروی بسیاری از گونه‌های دریایی عمل می‌کند (۲). منطقه بین جزر و مدی یک محیط دریایی پویا است که مرتباً در معرض هوا قرار می‌گیرد، لذا موجوداتی که در این منطقه زندگی می‌کنند بایستی بتوانند با شرایط دشوار آن سازگاری پیدا کنند (۳). این مناطق منعکس‌کننده گونه‌های موجودات چسبیده و ساکن هستند که می‌توانند شرایط دشوار آن را تحمل کرده و به تولیدمثل خود ادامه دهند (۴). دوکفه‌ای‌ها از شاخص‌ترین و متنوع‌ترین گروه‌های جانوری در میان بی‌مهرگان هستند که در سواحل کم‌عمق جزر و مدی بر روی رسوبات یا چسبیده به سنگ و صخره به‌صورت کفزی زندگی می‌کنند (۵). بدن دوکفه‌ای‌ها به‌طور کامل در درون دوکفه صدف قرار گرفته است که ساختمان آن بستگی به نحوه زندگی، محل سکونت، عمق و خواص رسوباتی که در آن‌ها زندگی می‌کنند یا به آن‌ها می‌چسبند، دارد. دوکفه‌ای‌ها منبع غذایی برای برخی از جوامع بشر بوده و نقش مهمی در صنایع شیلاتی بسیاری از کشورها بازی می‌کنند (۶). اهمیت مطالعه دوکفه‌ای‌ها در مناطق ساحلی نه تنها به جهت حضور آن‌ها در بخشی از زنجیره غذایی دریایی به‌عنوان غذای اصلی کفزیان بوده است، بلکه وجود و یا عدم وجود برخی از آن‌ها نشان‌دهنده کیفیت سلامت آن محیط می‌باشد. از دوکفه‌ای‌ها به‌عنوان شاخص زیستی در پایش و ارزیابی‌های زیست‌محیطی استفاده می‌شود. ترکیب و توزیع گونه‌ای جوامع دوکفه‌ای، تنوع و تراکم، حضور یا عدم حضور آن‌ها در هر منطقه می‌تواند معرف شرایط زیست‌محیطی باشد (۷). از طرفی با توجه به تماس مستقیم این آبزیان با بستر دریا و لایه‌های متفاوت رسوبات هر گونه تغییر در بستر اثر مستقیمی بر اجتماع کفزی‌های بوم‌سامانه خواهد گذاشت، بنابراین موجودات مذکور می‌توانند به‌عنوان شاخص تشخیص نسبی کیفیت بستر بوم‌سامانه مورد استفاده قرار گیرند (۸). در آب‌های شمالی خلیج فارس مطالعات متعددی در ارتباط با تنوع و تراکم جوامع دوکفه‌ای صورت گرفته است. به‌طور مثال وزیری‌زاده و همکاران، در مطالعات پایش زیستی در سواحل صخره‌ای بوشهر از شناسایی

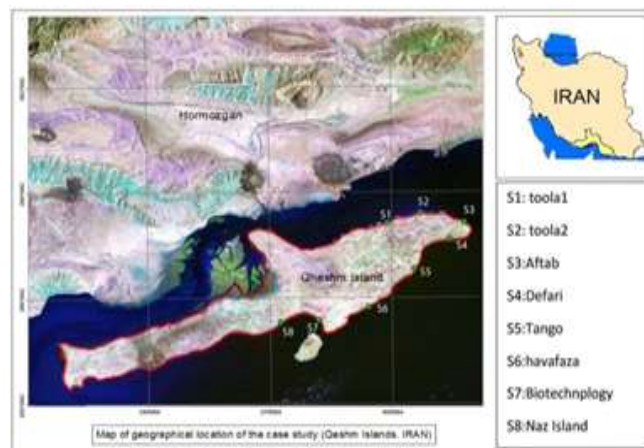
جدول ۱: موقعیت جغرافیایی و توصیف ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در جزیره قشم (۱۳۹۷)

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	توصیف ایستگاه
۱	طولا ۱	۷۹° N ۸۶'	۲۸° E ۷۶'	ساحل سنگی - قله‌سنگی با قله‌سنگ‌های درشت ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری
۲	طولا ۲	۷۹° N ۸۱'	۲۸° E ۹۹'	ساحل سنگی - قله‌سنگی و در ناحیه Mid و low گلی - ماسه‌ای
۳	آفتاب	۷۹° N ۱۲'	۲۸° E ۸۷'	دارای پهنه‌های بسیار وسیع جزر و مدی - بستر سنگی با شیب نسبتاً صفر درجه نسبت به دریا - قسمت عمده ساحل پوشیده شده از جلبک قهوه‌ای <i>Padina</i>
۴	دفاری	۷۹° N ۱۷'	۲۸° E ۷۰'	بستر ساحل یکدست سنگی - حوضچه‌های بین جزر و مدی وسیع و کم عمق - سطح بستر در ناحیه High و Mid عمدتاً پوشیده شده از جلبک‌های رشته‌ای سبز
۵	تانگو	۷۹° N ۰۹'	۲۸° E ۴۸'	ناحیه High ماسه‌ای و ناحیه Mid و Low سنگی با شیب ملایم صفر درجه نسبت به دریا
۶	هوافضا	۷۹° N ۱۴'	۲۸° E ۹۲'	بستر سنگی با تخته سنگ و پاره سنگ در نواحی مختلف ساحل - وجود جلبک قهوه‌ای <i>Padina</i> به صورت پراکنده
۷	بیوتکنولوژی	۷۹° N ۶۵'	۲۸° E ۹۲'	ساحل به صورت پهنه‌های سنگی محدود و تخته‌سنگ‌های بزرگ که در لایه لای این پهنه‌ها نواحی گلی - ماسه‌ای نیز مشاهده شد.
۸	جزیره ناز	۷۹° N ۶۶'	۲۸° E ۸۵'	بستر سنگی - تخته سنگی، متشکل از حوضچه‌های جزر و مدی کوچک که داخل و اطراف آن‌ها به دلیل وجود جلبک‌های سبز لغزنده می‌باشد.

سه‌طرفه (3-way permutational MANOVA) با ۹۹۹۹ جابه‌جایی استفاده شد (۱۶). قبل از انجام آزمون داده‌ها، به ریشه چهارم انتقال یافته‌ها برای تشکیل ماتریس شباهت از شاخص Bray Curtis similarity استفاده شد. همه فاکتورها fixed و crossed هستند. هم‌چنین از آزمون دسته‌بندی غیر پارامتریک (nMDS: Non-metric Multidimensional Scaling)، ترسیم شده از ماتریس‌های شباهت (Bray Curtis similarity) پس از انتقال داده‌ها به ریشه چهارم، به منظور ترسیم الگوی سه‌بعدی از تغییرات مکانی و زمانی توزیع گونه‌های دوکفه‌ای‌ها استفاده شد (۱۶). برای مقایسه وضعیت تشابه در دو فصل تابستان و زمستان و در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری از لحاظ پراکنش گونه‌های دوکفه‌ای‌ها از آنالیز سیمپر استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (19.0) و پرایمر (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research v. 6) صورت پذیرفت.

نتایج

بر اساس نتایج مربوط به شناسایی دوکفه‌ای‌ها، در دو فصل تابستان و زمستان ۱۳۹۷ در مجموع ۸ خانواده شناسایی شده که این ۸ خانواده شامل ۹ جنس و ۱۴ گونه بوده است. جدول ۲ سیستماتیک گونه‌های شناسایی شده دوکفه‌ای‌ها در سواحل صخره‌ای جزیره قشم را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نقشه جزیره قشم (خلیج فارس) و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی آن (www.Googlemap.map)

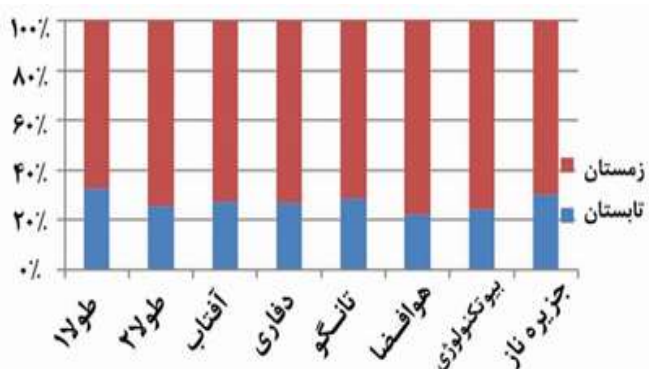
آنالیز آماری: جهت محاسبه فراوانی، شاخص تنوع زیستی شانون، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف، شاخص یکنواختی پیلو و شاخص سورنسون از آزمون DIVERSE استفاده شد (۱۶). برای بررسی اثر ایستگاه و نواحی جزر و مدی بر مقادیر به دست آمده از آزمون دایورس از آنالیز آنوای یک‌طرفه و پست‌هاک توکی استفاده شد. جهت بررسی تاثیر فاکتورهای فصل (۲ سطح - تابستان و زمستان)، ایستگاه (۸ سطح - طولا ۱، طولا ۲، آفتاب، دفاری، تانگو، هوافضا، بیوتکنولوژی و جزیره ناز) و نواحی جزر و مدی (۳ سطح - low و mid و high) بر ساختار و ترکیب گونه‌های جمعیت دوکفه‌ای‌ها از آزمون پرم آنوای

جدول ۲: سیستماتیک گونه‌های شناسایی شده دوکفه‌ای‌ها در سواحل صخره‌ای جزیره قشم (۱۳۹۷)

رده	راسته	خانواده	جنس	گونه
Bivalvia	Arcida	Arcidae	<i>Anadara</i>	<i>Anadara notabilis</i>
				<i>Anadara plicata</i>
				<i>Barbatia setigera</i>
	Venerida	Chamidae	<i>Chama</i>	<i>Barbatia decussateo</i>
				<i>Barbatia obliquata</i>
				<i>Codakia tigerina</i>
	Ostreida	Margaritidae	<i>Pinctada</i>	<i>Chama callipyga</i>
				<i>Chama brassica</i>
				<i>Chama reflexa</i>
	Mytilida	Mytilidae	<i>Modiolus</i>	<i>Isognomon legumen</i>
	Ostreida	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	<i>Pinctada radiata</i>
				<i>Saccostrea cucullata</i>
				<i>Trachycardium lacunosum</i>
	Cardiida	Cardiidae	<i>Trachycardium</i>	

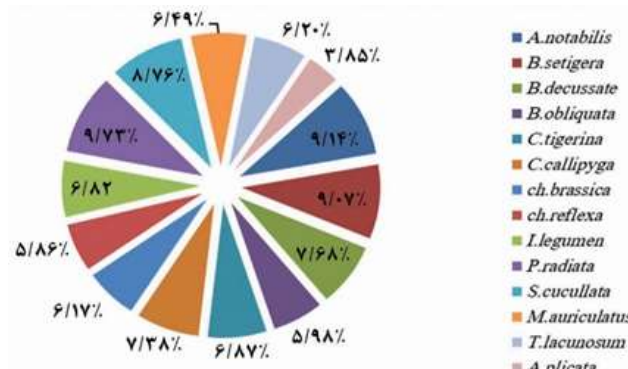
شکل ۲ فراوانی نسبی (درصد) گونه‌های دوکفه‌ای شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیش‌ترین مقدار (۹/۷۳٪) متعلق به گونه *Pinctada radiata* می‌باشد. شکل ۳ روند تغییرات

فراوانی نسبی (درصد) دوکفه‌ای‌ها را در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و در فصل‌های تابستان و زمستان نشان می‌دهد.



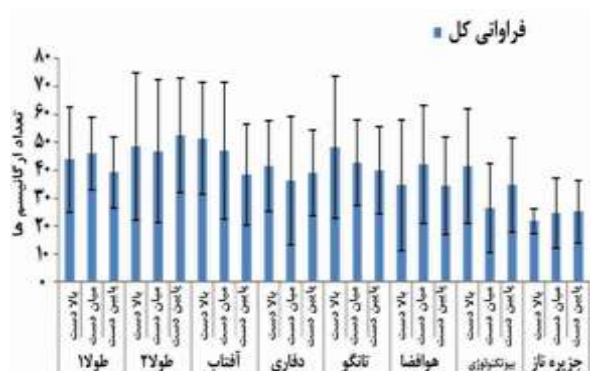
شکل ۳: مقایسه روند فراوانی نسبی (درصد) دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری جزیره قشم در فصل تابستان و زمستان (۱۳۹۷)

حدافل آن در فصل تابستان با میانگین ۱۱ عدد در مترمربع در ناحیه Mid ایستگاه بیوتکنولوژی مشاهده گردید (شکل ۴ و ۵).

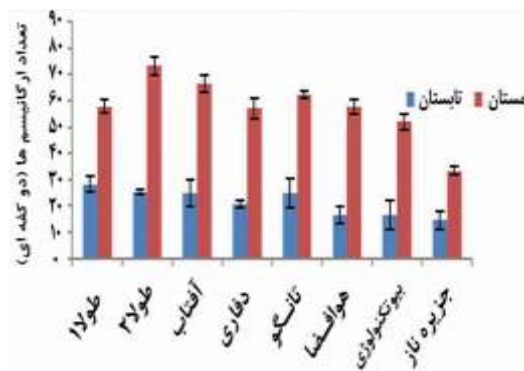


شکل ۲: فراوانی نسبی (درصد) گونه‌های دوکفه‌ای شناسایی شده در مناطق بین جزرومدی جزیره قشم

بررسی‌ها نشان داد که میانگین تراکم دوکفه‌ای‌ها در طول سال ۳۹/۴۷ عدد در مترمربع می‌باشد. حداکثر تراکم در فصل زمستان با میانگین ۷۵ عدد در مترمربع در ناحیه high ایستگاه طولالا و



شکل ۵: مقایسه روند تغییرات تراکم دوکفه‌ای‌ها (تعداد در متر مربع) در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مناطق مختلف جزرومدی جزیره قشم (۱۳۹۷)



شکل ۴: مقایسه روند تغییرات تراکم دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری جزیره قشم در فصل‌های تابستان و زمستان (۱۳۹۷)

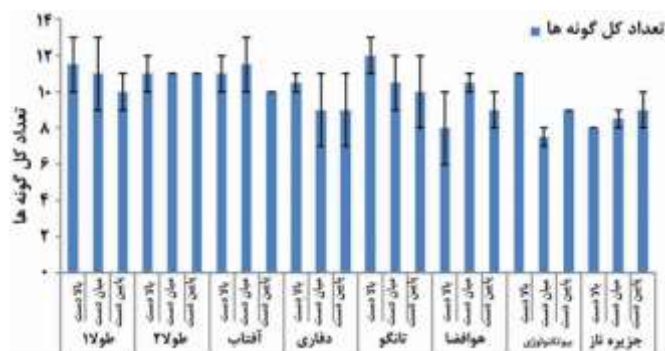
مقادیر شاخص‌های تنوع شانون، غنای مارگالف، تنوع سیمپسون و پراکندگی پیلو برای جمعیت دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری ثبت شده است (جدول ۳ و شکل‌های ۱۰ تا ۱۳).

جدول ۲: نتایج آزمون permutational MANOVA سه‌طرفه جهت بررسی اختلاف معنی‌داری در ساختار جمعیت دوکفه‌ای‌ها در فصول نمونه برداری، مناطق و نواحی جزرومدی

P (perm)	Pseudo F	MS	Df	فاکتور
۰/۰۰۱*	۲۲۶	۲۲۹۴۹	۱	فصل
۰/۰۰۱*	۵/۲	۵۳۳/۴	۷	منطقه
۰/۵۵	۰/۷۶	۷۷/۵۱	۲	نواحی جزرومدی
مقایسه دوبه‌دو گروه‌ها (Pairwise comparisons)				
P (perm)	t-Value	فصل		
۰/۰۰۱*	۱۵/۰۳	زمستان/تابستان		
P (perm)	t-Value	نواحی جزرومدی		
۰/۶۸	۰/۶۰	High, Mid		
۰/۳۵	۰/۹۹	High, Low		
۰/۲۶	۱/۱۸	Mid, Low		
P (perm)	t-Value	منطقه		
۰/۲۶	۱/۴۲	طولا/طولا ۱		
۰/۵۴	۰/۸۱	آفتاب/طولا ۱		
۰/۳۶	۱/۱۵	دفاری/طولا ۱		
۰/۰۸	۲/۵۴	تانگو/طولا ۱		
۰/۰۴	۳/۳۱	هوافضا/طولا ۱		
۰/۱۱	۲/۳۲	بیوتکنولوژی/طولا ۱		
۰/۰۷	۳/۸۰	جزیره ناز/طولا ۱		
۰/۷۳۰	۰/۵۰	آفتاب/طولا ۲		
۰/۱۶	۰/۹۱	دفاری/طولا ۲		
۰/۳۳	۱/۱۶	تانگو/طولا ۲		
۰/۰۹	۲/۳۷	هوافضا/طولا ۲		
۰/۸۰	۲/۵۶	بیوتکنولوژی/طولا ۲		
۰/۰۵	۴/۲۷	جزیره ناز/طولا ۲		
۰/۳۱	۱/۲۵	دفاری/آفتاب		
۰/۸۱	۰/۴۱	تانگو/آفتاب		
۰/۲۱	۱/۶۲	هوافضا/آفتاب		
۰/۱۱	۲/۰۷	بیوتکنولوژی/آفتاب		
۰/۳۰	۷/۷۳	جزیره ناز/آفتاب		
۰/۴۹	۰/۸۶	تانگو/دفاری		
۰/۵۹	۰/۶۱	هوافضا/دفاری		
۰/۲۳	۱/۵۹	بیوتکنولوژی/دفاری		
۰/۰۰۳	۵/۰۰	جزیره ناز/دفاری		
۰/۹۰	۲/۳۴	هوافضا/تانگو		
۰/۱۴	۲/۱۵	بیوتکنولوژی/تانگو		
۰/۰۷	۳/۵۷	جزیره ناز/تانگو		
۰/۸۳	۰/۲۸	بیوتکنولوژی/هوافضا		
۰/۲۰	۱/۶۶	جزیره ناز/هوافضا		
۰/۱۱	۲/۴۰	بیوتکنولوژی/جزیره ناز		

* اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد

هم‌چنین بیش‌ترین تعداد گونه دوکفه‌ای در ناحیه بین جزر و مدی در ایستگاه طولا ۲ و کم‌ترین تعداد آن در منطقه بالای جزر و مدی ایستگاه جزیره ناز مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۶: مقایسه روند تغییرات تعداد گونه‌های دوکفه‌ای در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مناطق مختلف جزرومدی جزیره قشم (۱۳۹۷)

دوکفه‌ای *Pinctada radiata* در تمام ایستگاه‌ها گونه غالب (۹/۷۳٪) بود، ولی فراوانی آن در ایستگاه‌های مختلف متغیر بود، به طوری که بیش‌ترین فراوانی آن در ایستگاه دفاری و طولا ۲ با میانگین ۵/۴۴ عدد در مترمربع و کم‌ترین آن در ایستگاه جزیره ناز با میانگین ۰/۸۹ عدد در مترمربع ثبت گردید. گونه‌های *Anadara notabilis* (۹/۱۴٪)، *Barbatia setigera* (۹/۰۷٪) و *Saccostrea cucullata* (۸/۷۶٪) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. (شکل ۷)

بررسی تاثیر فاکتورهای فصل، منطقه و ناحیه جزر و مدی

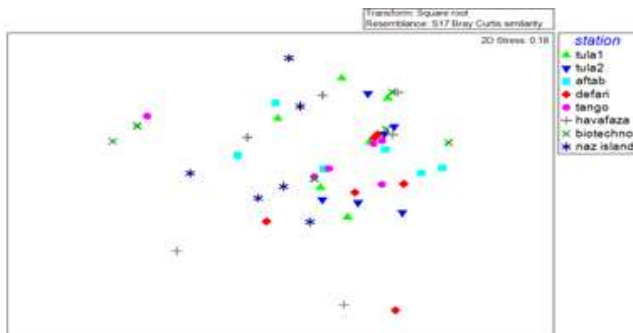
بر ساختار و ترکیب گونه‌ای دوکفه‌ای‌ها: جهت بررسی تاثیر فاکتورهای فصل (تابستان و زمستان)، منطقه (طولا ۱، طولا ۲، آفتاب، دفاری، تانگو، هوافضا، بیوتکنولوژی و جزیره ناز) و نواحی جزر و مدی (high, mid و low) بر ساختار و ترکیب گونه‌ای جمعیت دوکفه‌ای‌ها از آزمون پرم‌آنوای سه طرفه (3-way permutational MANOVA) استفاده شد. نتایج تست اصلی (main test) نشان داد که فصل و منطقه بر ترکیب گونه‌ای جمعیت دوکفه‌ای‌ها تاثیر گذار است ($p < 0.05$) اما اثر نواحی جزر و مدی بر ترکیب گونه‌ای آن‌ها تاثیر معنی‌داری نشان نداد ($p > 0.05$). مقایسه دوبه‌دو گروه‌ها (pairwise test) حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در ترکیب گونه‌ای بین دو فصل تابستان و زمستان و نیز اختلاف معنی‌دار مابین ایستگاه‌های نمونه‌برداری هوافضا/طولا ۱، جزیره ناز/آفتاب و جزیره ناز/دفاری و عدم اختلاف معنی‌دار بین سایر مناطق است (جدول ۲). نتایج آزمون nMDS نیز تاییدکننده وجود اختلاف در میانگین ساختار و ترکیب گونه‌ای جمعیت دوکفه‌ای‌ها در میان فصل‌ها و ایستگاه‌های مختلف می‌باشد. براساس نتایج به‌دست آمده از آزمون nMDS مقدار استرس (2d Stress) ۰/۱۸ است (شکل‌های ۸ و ۹). ارزش استرس زیر ۰/۲ نشان‌دهنده جدایی بین گروه‌هاست.

جدول ۳: ساختار جمعیت دوکفه‌ای‌ها در ۸ ایستگاه نمونه‌برداری

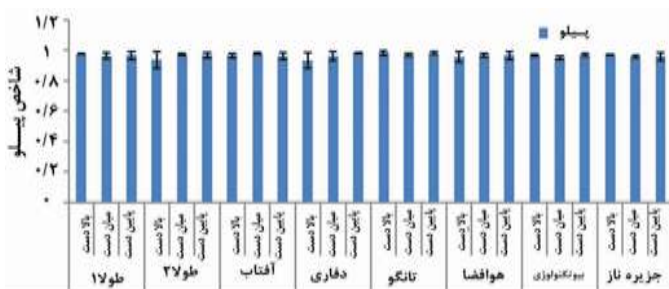
در طول نمونه‌برداری در جزیره قشم (۱۳۹۷)

ایستگاه	تعداد گونه	مارگالف	پیلو	شانون	سیمپسون
طولا ۱	۱۰/۸۳ ^a	۲/۷۳	۰/۹۷	۲/۲۹ ^a	۰/۹۲ ^{ab}
طولا ۲	۱۱/۰۰ ^a	۲/۷۱	۰/۹۶	۲/۳۰ ^a	۰/۹۱ ^{ab}
آفتاب	۱۰/۸۳ ^a	۲/۷۰	۰/۹۷	۲/۳۰ ^a	۰/۹۲ ^a
دفاری	۹/۵۰ ^a	۲/۴۰	۰/۹۶	۲/۱۴ ^b	۰/۹۰ ^b
تانگو	۱۰/۸۳ ^a	۲/۶۷	۰/۹۸	۲/۳۲ ^a	۰/۹۲ ^a
هوافضا	۹/۱۷ ^{ab}	۲/۴۰	۰/۹۶	۲/۱۲ ^{ab}	۰/۹۱ ^{ab}
بیوتکنولوژی	۹/۱۷ ^{ba}	۲/۴۹	۰/۹۶	۲/۱۲ ^{ab}	۰/۹۱ ^{ab}
جزیره ناز	۸/۵۰ ^b	۲/۵۰	۰/۹۶	۲/۰۶ ^b	۰/۹۱ ^{ab}

*حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد که توسط آزمون آنوا شناسایی شده است ($P < 0.05$).



شکل ۹: نمودار nMDS، نشان‌دهنده گروه‌بندی در ترکیب گونه‌ای دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری می‌باشد



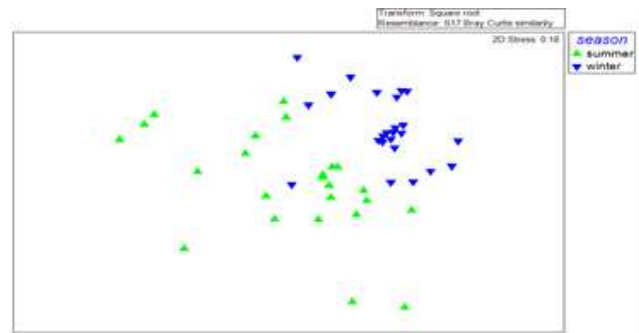
شکل ۱۱: مقایسه روند تغییرات شاخص یکنواختی پیلو در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مناطق مختلف جزر و مدی جزیره قشم (۱۳۹۷)



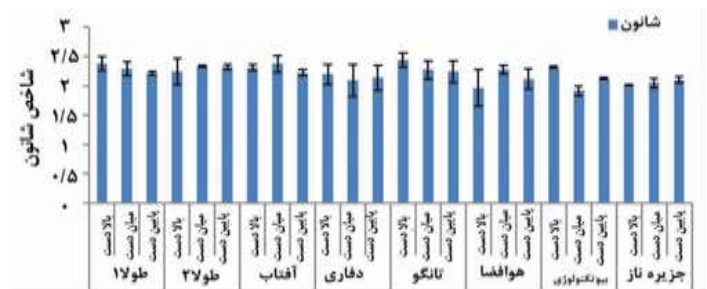
شکل ۱۳: مقایسه روند تغییرات شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مناطق مختلف جزر و مدی جزیره قشم (۱۳۹۷)

۳۰۴

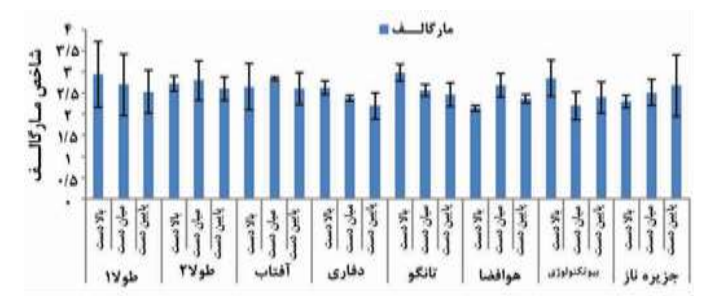
بیش‌ترین میزان شاخص‌های شانون، پیلو و سیمپسون در ایستگاه تانگو (به‌ترتیب: ۲/۳۲، ۰/۹۸ و ۰/۹۲) و بیش‌ترین میزان شاخص مارگالف (۲/۷۳) در ایستگاه طولا ۱ مشاهده شد. کم‌ترین میزان شاخص‌های شانون و پیلو در ایستگاه جزیره ناز (به‌ترتیب: ۲/۰۶ و ۰/۹۶)، مارگالف در ایستگاه دفاری و هوافضا (۲/۴۰) و سیمپسون در ایستگاه دفاری (۰/۹۰) مشاهده شد. نتایج آزمون آنوا یک‌طرفه نشان داد، نواحی جزر و مدی (low و mid و high) تاثیر معنی‌دار بر تعداد گونه‌های دوکفه‌ای ($F=0.69$, $df=2$, $sig=0.05$) شاخص مارگالف ($F=0.36$, $df=2$, $sig=0.05$), شاخص پراکندگی پیلو ($F=0.73$, $df=2$, $sig=0.05$), شاخص شانون ($F=0.27$, $df=2$, $sig=0.05$) و شاخص سیمپسون ($F=0.09$, $df=2$, $sig=0.05$) ندارد ($p > 0.05$).



شکل ۸: نمودار nMDS، نشان‌دهنده گروه‌بندی در ترکیب گونه‌ای دوکفه‌ای‌ها در فصل‌های مختلف نمونه‌برداری می‌باشد



شکل ۱۰: مقایسه روند تغییرات شاخص تنوع گونه‌ای شانون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مناطق مختلف جزر و مدی جزیره قشم (۱۳۹۷)



شکل ۱۲: مقایسه روند تغییرات شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مناطق مختلف جزر و مدی جزیره قشم (۱۳۹۷)

بحث

با توجه به نتایج این مطالعه سواحل صخره‌ای قشم همانند سایر سواحل خلیج فارس از تنوع و غنای زیستی بالایی برخوردار هستند. در این مطالعه ۱۴ گونه دوکفه‌ای از ۹ خانواده شناسایی شد. Azizi و همکاران؛ ۲۶ گونه دوکفه‌ای در سواحل سنگی استان بوشهر، Vahidi و همکاران؛ ۳۲ گونه در سواحل قشم و Abdollahi و همکاران؛ ۴۰ گونه در سواحل جزر و مدی جزیره ابوموسی گزارش کردند (۱۷). براساس مطالعات اخیر Grizzle و همکاران، در امارات تنها ۲۲ گونه دوکفه‌ای شناسایی شد که در مقایسه با چک لیست اولیه در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی تغییرات قابل توجهی در فون نرم تنان دیده می‌شود که دلیل این امر می‌تواند تغییرات خط ساحلی در نتیجه کاربری‌های انسانی باشد (۶). در این مطالعه گونه *Pinctada radiata* بیش‌ترین فراوانی را به خود اختصاص داد. مشابه این نتیجه نیز در تحقیقات موحدی‌نیا و همکاران (۱۸) و مطالعات Yassien و همکاران در سواحل قطر (۱۹) مشاهده شد. *Pinctada radiata* همواره غالب‌ترین دوکفه‌ای مرواریدساز در خلیج فارس به‌خصوص در سواحل ایران می‌باشد (۲۰). زیستگاه‌های عمده این صدف در آب‌های شمالی خلیج فارس سواحل و مناطق کم‌عمق جزایر لاوان، خارک، هندرابی، کیش، لارک، هرمز، قشم، بندرخیلو و بندر شیرو می‌باشد (۲۱). این دوکفه‌ای چسبیدن به بسترهای سخت (طبیعی یا مصنوعی) در زیستگاه‌های دریایی با شرایط هیدرودینامیکی نسبتاً زیاد را ترجیح می‌دهد و به‌نظر می‌رسد در لاگون‌ها و مناطق دور از معرض امواج زیست‌نداشته باشد. در این مطالعه پراکنش دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری از الگوی منظمی برخوردار نبود اما به‌طور کلی فراوانی آن‌ها در منطقه بالای جزر و مدی نسبت به سایر نواحی جزر و مدی بیش‌تر بود. ساختار جامعه دوکفه‌ای‌ها تحت‌تاثیر عوامل مختلفی هم‌چون تغییرات درجه حرارت، شوری، افزایش تبخیر آب، نوسانات جزر و مدی و روابط شکار و شکارچی می‌باشد (۲۲). مطالعات مختلف صورت‌گرفته در سواحل شمالی خلیج فارس نشان می‌دهد درجه حرارت زیاد و به‌دنبال آن شوری و تبخیر از عوامل اصلی‌تاثیرگذار بر ساختار جامعه ماکروفون‌ها و ازجمله دوکفه‌ای‌ها می‌باشد (۲۳، ۱۱). با استناد به این‌که منطقه مورد مطالعه تنها دو فصل زمستان و تابستان دارد (۱۱) و نمونه‌برداری‌های این مطالعه در هسته فصل گرم و سرد این منطقه صورت پذیرفته است (مرداد و دی)، باتوجه به نتایج آزمون پرم‌آنوا می‌توان گفت، تغییرات فصلی درجه حرارت تاثیر معنی‌دار بر ساختار جمعیت دوکفه‌ای‌ها دارد (جدول ۳). نتایج آزمون nMDS نیز تاییدکننده این مطلب است (شکل ۸). در مطالعه حاضر الگوی پراکنش مکانی و زمانی دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری متفاوت است. نتایج آزمون پرم‌آنوا نشان می‌دهد فاکتور ایستگاه تاثیر معنی‌دار بر ساختار جمعیت دوکفه‌ای‌ها دارد. این اختلاف معنی‌دار ما بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری هوافضا/طولا ۱، جزیره ناز/آفتاب و جزیره

ناز/ادفاری مشاهده می‌شود (جدول ۲). نتایج نشان داد ناحیه جزر و مدی (بالا، پایین و میانی) تاثیر معنی‌دار بر ساختار جمعیت دوکفه‌ای‌ها ندارد (جدول ۲). به‌طور معمول براساس الگوی جهانی پراکنش موجودات بسترهای صخره‌ای، زون بالایی از نظر تراکم و تنوع دارای اختلاف معنی‌دار با زون پایینی می‌باشد (۲۴). به‌نظر می‌رسد در این مطالعه به‌دلیل وجود بسترهای مشابه و اثرات ناشی از کاربری‌های انسانی، اختلاف قابل توجهی بین زون‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری وجود ندارد. مشابه این نتیجه در تحقیقات Azizi و همکاران، در سواحل صخره‌ای جنوب ایران نیز گزارش شده است (۱۷). براساس مطالعات متعدد در نواحی جنوبی خلیج فارس تغییرات زیست‌محیطی در کیفیت آب (۲۵) تغییرات بلندمدت کیفیت آب (۲۶) و آلودگی فاضلاب (۲۷). ازجمله عوامل تغییرات الگوی پراکنش نرم‌تنان در بسترهای مختلف می‌باشد. تغییرات هیدروگرافی و به‌خصوص تغییرات شوری در نتیجه ورود رودخانه‌های فصلی و دایمی به خلیج فارس از دیگر عواملی است که سبب عدم اختلاف قابل توجه در مقیاس زمانی و مکانی در جمعیت نرم‌تنان می‌شود (۲۴، ۲۷). براساس مطالعات Al-kandari و همکاران نیز افزایش شوری، کدورت و نوتریفیکاسیون از عوامل آسیب‌رسان به جمعیت دوکفه‌ای‌ها در خلیج فارس می‌باشد که همراه با تغییرات فیزیکی محیطی سبب افزایش استرس‌های فیزیولوژیک و الگوهای تغذیه‌ای می‌شود (۲۸). براساس نتایج این مطالعه ایستگاه طولاً ۲ بیش‌ترین میزان تنوع و غنای گونه‌ای (شانون و مارگالاف) را دارد. این ایستگاه در منطقه‌ای بکر واقع شده است که دسترسی انسانی به آن نسبت به سایر ایستگاه‌های نمونه‌برداری سخت‌تر است و در مقابل جزیره ناز به‌دلیل وجود مناطق مسکونی، فاضلاب‌های شهری و حضور فراوان توریست از تنوع کم‌تری برخوردار است. جنس بستر در ایستگاه طولاً ۲ در ناحیه High، سنگی و تخته‌سنگی با قلوه‌سنگ‌های درشت ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری و در ناحیه Mid و Low گلی-ماسه‌ای است و به‌نظر می‌رسد تنوع جنس بستر در این ایستگاه در بالاتر بودن تنوع زیستی دوکفه‌ای‌ها نسبت به سایر ایستگاه‌ها نقش داشته باشد (۱). به‌طور کلی می‌توان گفت تغییرات مکانی ساختار جمعیت دوکفه‌ای‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه تحت تاثیر عوامل مختلف از جمله تغییرات فصلی درجه حرارت (تابستان و زمستان)، نوع بستر (سنگی و در برخی از مناطق ایستگاه‌های طولاً ۲ گلی و ماسه‌ای)، یکدست و سخت بودن بستر، وجود حوضچه‌های جزرومدی و میکرو زیستگاه‌ها (شکاف‌ها)، توریست و مناطق مسکونی می‌باشد. نتایج این مطالعه تنوع و غنای گونه‌ای دوکفه‌ای‌ها را در سواحل سنگی قشم نشان می‌دهد و می‌تواند جهت ارزیابی زیست‌محیطی در مطالعات آینده مورد استفاده قرار بگیرد. توصیه می‌شود اثر سایر فاکتورهای محیطی تاثیرگذار در تغییرات ساختاری جمعیت دوکفه‌ای‌ها در سواحل صخره‌ای مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

15. Bosch, D.T., Dance, S.P., Moolenbeek, R.G. and Oliver, P.G., 1995. Sea shells of eastern Arabia. Abe Dubai: Motivate Publishing.
16. Clarke, K.R. and Warwick, R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd ed. Plymouth Marine Laboratory, UK.
17. Azizi, N., Sari, A., Fatemi, S.M., Farshchi, P. and Mousavi-Nadushan, R., 2017. Macrozoobenthic assemblages in rocky intertidal biotopes along the Bushehr coast, Persian Gulf, Iran. Iranian Journal of Fishery Sciences. 20 p.
18. Movahedi Nia, M., Rameshi, H., Kamrani, E., Sourinejad, I., Seydmoradi, S. and Esmaeilzadeh, A., 2014. Investigation of natural habitats of pearl oyster *Pinctada radiata* around the Lavan Island, northern Persian Gulf. Journal of Aquatic Ecology. 3(4): 61-67. (In Persian)
19. Yassien, M.H., Abdel-Razek, F.A. and Kilada, R.W., 2000. Growth estimates of the pearl oyster, *Pinctada radiata*, from the Eastern Mediterranean. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries. 4: 105-110.
20. Carter, R., 2005. The history and prehistory of pearling in the Persian Gulf. JESHO. 662: 139-209.
21. Daghooghi, B. and Momeni, M., 2019. Appropriate Areas to Construction of Pearl Oyster Culture Farms. Water Resources Ecology Journal. 2(2): 11-19. (In Persian)
22. Samidurai, K., Saravanakumar, A. and Kathiresan, K., 2012. Spatial and temporal distribution of macrobenthos in different mangrove ecosystems of Tamil Nadu Coast, India. Environmental Monitoring and Assessment. 184: 4079-4096. Doi: 10.1007/s10661-011-2245-x.
23. Mokhayer, Z., Mousavi Nadushan, R., Rabbaniha, M., Fatemi, M.R. and Jamili, Sh., 2017. Spatial and temporal distribution of Merozooplankton of *Ilyoplax frater* along in coastal waters and estuarine regions of the Bushehr - Persian Gulf. Iranian Scientific Fisheries Journal. 26(4): 95-105. (In Persian)
24. Al-Yamani, F., Yamamoto, T., Al-Said, T. and Alghunaim, A., 2017. Dynamic hydrographic variations in northwestern Arabian Gulf over the past three decades: Temporal shifts and trends derived from long-term monitoring data. Mar. Pollut. Bull. 122: 488-489.
25. Devlin, M.J., Massoud, M.S., Hamid, S.A., Al-Zaidan, A., Al-Sarawi, H., Al-Enezi, M., Al-Ghofran, L., Smith, A.J., Barry, J., Stentiford, G.D., Morris, S., da Silva, E.T. and Lyons, B.P., 2015. Changes in the water quality conditions of Kuwait's marinewaters: Long term impacts of nutrient enrichment. Marine Poll. Bull. 100: 607-620.
26. Lyons, B.P., Devlin, M.J., Abdul Hamid, S.A., Al-Otiabi, A.F., Al-Enezi, M.M., Massoud, S., Al-Zaidan, A.S., Smith, A.J., Morris, S., Bersuder, P., Barber, J., Papachlimitzou, L.A. and Al-Sarawi, H.A., 2015. Microbial water quality and sedimentary faecal sterols as markers of sewage contamination in Kuwait. Marine pollution bulletin. 100(2):689-98. doi: 10.1016/j.marpolbul. 2015.07.043.
27. Allosaur, Y. and Pokavanich, T., 2017. Residence and transport time scales associated with Shatt Al-Arab discharges under various hydrological conditions estimated using a numerical model. Mar. Pollut. Bull. 118: 85-92.
28. Al-Kandari, M., Sattari, Z., Hussain, S., Radashevsky, V.I. and Zhadan, A., 2019. Checklist of intertidal polychaetes (Annelida) of Kuwait, northern part of the Arabian Gulf. Regional Studies in Marine Science. 32: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100872>.
1. Aghajanpour, F., Savari, A., Danehkar, A. and Chegini, V., 2015. Combining biological and geomorphological data to introduce biotopes of Bushehr Province, the Persian Gulf. Environmental Monitoring and Assessment. 187: 740. DOI: 10.1007/s10661-015-4956-x.
2. Vahidi, F., Fatemi, M.R., Danehkar, A., Mashinchian Moradi, A. and Musavi Nadushan, R., 2019. Patterns of mollusk (Bivalvia and Gastropoda) distribution in three different zones of Hara Biosphere Reserve, The Persian Gulf, Iran. Iranian Journal of Fisheries Science, in press.
3. Vazirzadeh, A. and Arebi, I., 2011. Study of Macrofaunal Communities as Indicator of Sewage Pollution in Intertidal Ecosystems: A Case Study in Bushehr (Iran). World Journal of Fish and Marine Sciences.
4. Rahman, S. and Barakati, S., 2012. Spatial and temporal variations in the species composition and abundance of benthic molluscs along 4 rocky shores of Karachi. 36(3): 291-306.
5. Kabir, M., Abolfathi, M., Hajimoradloo, A., Zahedi, S., Kathiresan, K. and Goli, S., 2014. Effect of mangroves on distribution, diversity and abundance of molluscs in mangrove ecosystem: a review. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society. 7(4): 286-300.
6. Grizzle, R.E., Bricelj, V.M., AlShihi, R.M., Ward, K.M. and Anderson, D.M., 2018. Marine molluscs in nearshore habitats of the United Arab Emirates: Decadal changes and species of public health significance. J. Coast. Res. 34(5): 1157-1175.
7. Thilagavathi, B., Varadharajan, D., Babu, A., Manoharan, J., Vijayalakshmi, S. and Balasubramanian, T., 2013. Distribution and Diversity of Macrobenthos in Different Mangrove Ecosystems of Tamil Nadu Coast, India. Aquaculture Research and Development, 4: 199. DOI: 10.4172/2155-9546.1000199.
8. Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C.K. and Kamarudin, M.S., 2009. Gastropod assemblages as indicators of sediment metal contamination in mangroves of Dumai, Sumatra, Indonesia. Water, Air and Soil Pollution. 201: 9-18.
9. Vaziri zadeh, A., Mohammadi, M. and Fakhri, A., 2012. Ecological Assessment of mollusc communities in the rocky shores of Bushehr Province. Journal of Oceanography (JOC). 3(9): 55-61. (In Persian)
10. Kamrani, E., Behzadi, S. and Hashemipour, F., 2013. Identification and Survey of Bivalvia and Gastropoda in Bandar Abbas Coastal Waters (Persian Gulf). Journal of Oceanography (JOC). 4(13): 53-60. (In Persian)
11. Vahidi, F., Fatemi, M.R., Danehkar, A., Mashinchian Moradi, A. and Musavi Nadushan, R., 2019. Benthic macrofaunal dispersion within different mangrove habitats in Hara Biosphere Reserve, Persian Gulf. International Journal of Environmental Science and Technology. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02469-2>.
12. Abdollahi, R., Ebrahimnezhad, S., Rahimian, H. and Naderloo, R., 2020. Biodiversity of intertidal and shallow subtidal habitats in Abu Musa Island, Persian Gulf, Iran, with an updated species checklist. Regional Studies in Marine Science. 33(1). DOI: 10.1016/j.rsma.2019.100975.
13. Alijani, B., 1998. Natural seasons in Iran. Journal of Geographical research. Tehran University. 35: 21-33 (in Persian, abstract available in English).
14. APHA (American Public Health Association). 2005. Standard method for examination of water and wastewater. 18th edition. American public health association publisher, Washington, USA.