

طبقه‌بندی خلیج گرگان با استفاده از شاخص‌های اکولوژیک

- **سیدقاسم قربانزاده نعفرانی***: گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران
- **علی ماشینیچیان مرادی**: گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **علیرضا ساری**: گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- **سیدکرامت هاشمی‌عنا**: گروه تنوع زیستی و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط‌زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط‌زیست، تهران، ایران
- **سیدمحمد رضا فاطمی**: گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

چکیده

در این پژوهش وضعیت اکولوژیک بستر خلیج گرگان با استفاده از نتایج شاخص‌های زیستی و شاخص تنوع طبقه‌بندی شده است. برای این منظور داده‌های مربوط به ماکروبن‌توزها و ویژگی‌های رسوب خلیج طی سال ۱۳۹۰-۹۱ از ۲۲ نقطه به ثبت رسید. با توجه به تغییرات عمق خلیج در بخش‌های مختلف، ایستگاه‌ها در چهار گروه عمق کم‌تر از ۱ متر، ۱-۲ متر، ۲-۳ متر و بیش‌تر از ۳ متر دسته‌بندی گردید. محدوده کل مواد آلی، شن، سیلت و رس در خلیج گرگان به ترتیب $(۶/۲-۸/۴)$ ، $(۳۷/۶-۵۱/۷)$ ، $(۴۷/۱-۵۷/۷)$ و $(۱/۳-۴/۷)$ درصد به ثبت رسید. ارتباط مثبت بین کل مواد آلی با بافت ریز دانه بستر گویای تجمع مواد آلی در اعماق بیش‌تر خلیج می‌باشد. آزمون‌های چند متغیره، اعماق کم‌تر خلیج را از اعماق بیش‌تر آن به لحاظ شرایط و پارامترهای محیطی به‌طور جداگانه دسته‌بندی کردند. دامنه تغییرات شاخص شانون، $BO2A$ و $M-AMBI$ در خلیج گرگان به ترتیب $(۰/۱-۹۶/۶۹)$ ، $(۰/۰-۰۲/۰۶)$ و $(۰/۰-۶/۸)$ محاسبه گردید. به‌طور کلی با توجه به میانگین کل شاخص‌های محاسبه شده، شانون وضعیت اکولوژیک کل خلیج را ضعیف و شاخص‌های $BO2A$ و $M-AMBI$ وضعیت خلیج گرگان را خوب ارزیابی کردند. از طرفی ارزیابی شاخص‌های مورد نظر، وضعیت اعماق کم‌تر خلیج به‌ویژه در بخش غربی را بهتر از اعماق بیش‌تر (بخش شرقی) نشان داده‌اند که می‌تواند به دلیل شرایط هیدرودینامیکی منطقه و شرایط نامساعدتر برای گونه‌های مختلف بنتیک به واسطه مجاورت با رودخانه قره‌سو و سایر ورودی‌های اطراف خلیج باشد.

کلمات کلیدی: طبقه‌بندی، شاخص‌های اکولوژیک، ماکروبن‌توز، خلیج گرگان



مقدمه

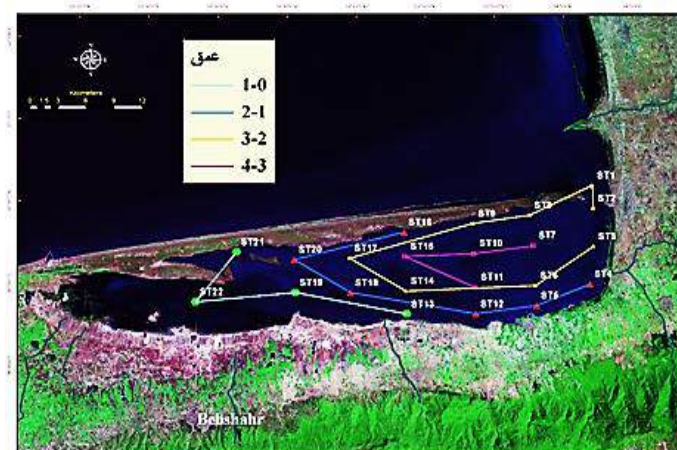
افزایش جمعیت، مهاجرت، رشد و توسعه شهرنشینی، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی علی‌رغم افزایش سودآوری و سرمایه همواره سبب ایجاد آثار مخرب نظیر، ایجاد آلاینده‌گی و پساب‌ها، تهدید و تخریب سلامت اکوسیستم‌ها و آب‌های سطحی را به همراه دارد (Chowdhary و Sharma, ۲۰۱۱). اغلب برای تعیین کیفیت آب از شاخص‌های متعددی براساس ارزیابی فیزیکی و شیمیایی استفاده می‌شود که به دلیل محدودیت اطلاعات به دست آمده از لحاظ زمان و مکان، آب‌های جاری معمولاً از رفتار و عکس‌العمل‌های موجودات آبی در برابر شرایط محیطی به عنوان شاخص‌های ارزیابی استفاده می‌شود (Kenny و همکاران، ۲۰۰۹). اکولوژیست‌ها همواره روش‌ها و شاخص‌های ارزیابی بیولوژیکی سریع (Rapid Bioassessment) و درجه ارزیابی کیفیت بیولوژیکی در سیستم‌های مختلف نظیر RIVPACS را ارائه دادند (شکری و همکاران، ۱۳۹۳). در واقع تنها راه عملی و به صرفه اقتصادی برای تعیین سلامت اکولوژیک آب‌ها و تأثیر فعالیت‌های انسانی بر کاهش کیفیت آب‌ها، ارزیابی و پایش بیولوژیکی است (Lenat, ۱۹۹۳). شاخص‌های کیفی متعددی تاکنون در آب‌های ساحلی مختلف استفاده شده است. به عنوان مثال شاخص OECD در سواحل دریای آدریاتیک (Giovanardi, ۱۹۹۲)، شاخص Nutrient Concentration Scales در دریای اژه (Ignatiadas و همکاران، ۱۹۹۲)، شاخص Trophic index در شمال غربی دریای آدریاتیک (Vollenweider و همکاران، ۱۹۹۸) و شاخص HORMOZTRIX در سواحل خلیج فارس نام برد (Teabi و همکاران، ۲۰۰۵). Albayrak و همکاران (۲۰۱۰)، در مطالعه جامعی به ارزیابی کیفیت وضعیت اکولوژیکی (EQS)، خلیج گولدن هورن با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی که توسط شانون-ویور (Shannon و Weaver, ۱۹۴۹)، BENTIX (Simboura و Zenetos, ۲۰۰۸)، BOPA (Dauvin و Ruellet, ۲۰۰۷)، BO2A (Ruellet و Dauvin, ۲۰۰۹) ارائه شده بود، پرداختند. استفاده از شاخص‌های کیفیت در ارزیابی سلامت اکولوژیکی پهنه‌های آبی از اهمیت خاصی برخوردار است. موضوعی که نباید از آن غفلت کرد این است که نتایج این شاخص‌ها به ندرت با یکدیگر موافق بوده و تصویر خیلی متفاوتی از وضعیت اکولوژیک کل مناطق نشان می‌دهد و محدودیت‌های این شاخص‌ها را آشکارا مورد تأکید قرار می‌دهد، به ویژه وابستگی اغلب این شاخص‌ها و طبقه‌بندی وضعیت اکولوژیک حاصل از آن‌ها به ویژگی‌های زیستگاه مخصوصاً میزان طبیعی ذرات سیلت-رس و محل قرارگیری زیستگاه‌ها در زیر جزرومدی یا بین جزر و مدی است. اکثر اکولوژیست‌ها همانند Afli و همکاران (۲۰۰۷) و Dauvin و همکاران (۲۰۰۸)، بر این باورند که بعید است که یک شاخص زیستی کاربرد جهانی داشته باشد زیرا همه موجودات به انواع

آشوب‌ها و استرس‌های محیطی حساسیت برابر ندارند و پاسخ‌های متفاوتی نشان می‌دهند. بنابراین به باور Quintino و همکاران (۲۰۰۶) و Salas و همکاران (۲۰۰۶)، استفاده هم‌زمان چند شاخص و ترکیب نتایج آن‌ها، مناسب‌ترین روش در این گونه ارزیابی‌ها اعلام نموده‌اند. خلیج گرگان دارای ارزش‌های متمایز به جهت بیولوژیک و زیست محیطی بوده، انجام فعالیت‌های ارزیابی و برآورد میزان آلودگی‌ها و اثرات آن‌ها بر وضعیت اکولوژیک در منطقه مذکور، امری ضروری به نظر می‌رسد. براساس مطالعات پیشین، ارزیابی کیفیت زیست محیطی سواحل دریای خزر (سیسنگان) براساس شاخص AMBI توسط بسطامی (۱۳۹۱) انجام شد. در این مطالعه ۸ گونه شناسایی شده و به طور کلی ۵۰ درصد ایستگاه‌ها، کیفیت اکولوژیک متوسط، ۲۵ درصد، کیفیت اکولوژیک خوب و عالی و ۲۵ درصد، کیفیت اکولوژیک ضعیف و بد را نشان دادند. قربانزاده و همکاران (۲۰۱۷) به تحلیل الگوی مکانی-زمانی ماکروبن‌توز به عنوان شاخص سلامت اکولوژیک در خلیج گرگان پرداختند و ۱۴ نوع گونه را برای ایستگاه‌های هدف شناسایی نمودند. به منظور بررسی و شناسایی وضعیت اکولوژیکی خلیج گرگان و بهره‌برداری از نتایج پایه‌ای حاصله در برنامه‌های مدیریت زیست محیطی منطقه در جهت حفاظت از محیط زیست دریایی و کاهش فشار وارده به آن، پژوهش حاضر در خلیج گرگان انجام شد. در این مطالعه از شاخص‌های زیستی که کمی بوده و برخی از آن‌ها نیز بر مبنای ارزش‌گذاری گروه‌های اکولوژیک طراحی شده‌اند، به همراه شاخص‌های کمی تک متغیره برای اعماق مختلف خلیج استفاده گردید و نتایج حاصله از هر دو گروه شاخص مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری: عملیات نمونه‌برداری به مدت یک سال (۱۳۹۱) و طی ۴ فصل بهار (اواخر خرداد)، تابستان (اواخر شهریور)، پاییز (اواخر آذر) و زمستان (اواخر اسفند) از ۲۲ ایستگاه واقع در خلیج گرگان (جنوب شرقی دریای خزر-شرق استان مازندران و غرب استان گلستان) به صورت سیستماتیک طبق دستورالعمل EPA (۲۰۰۱) انجام شد. ایستگاه‌های مورد مطالعه و موقعیت جغرافیایی آن‌ها در شکل ۱ نمایش داده شده است. عمق هر یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری توسط دستگاه عمق‌سنج دستی (Hondex PS-7 Depth Sounder) اندازه‌گیری شد. با توجه به توپوگرافی خلیج و اختلاف شیب عمقی آن به سمت شرق خلیج، برای بررسی منطقه ایستگاه‌ها، براساس عمق مختلف به چهار گروه دسته‌بندی شدند. تعداد ۴ ایستگاه از ۲۲ ایستگاه نمونه‌برداری (۱۳، ۱۹، ۲۱ و ۲۲) در لایه عمقی ۰-۱ متر، ۶ ایستگاه (۴، ۵، ۱۲، ۱۶، ۱۸ و ۲۰) در لایه عمقی ۱-۲ متر، ۸ ایستگاه (۱، ۲، ۳،

۶، ۸، ۹، ۱۴ و ۱۷) در لایه عمقی ۳-۲ متر و ۴ ایستگاه باقی مانده (۷، ۱۰، ۱۱ و ۱۵) در لایه عمقی ۴-۳ متر قرار گرفت (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه لایه‌های عمقی چهارگانه خلیج گرگان (متر) و ایستگاه‌های مربوطه

برای مطالعه جمعیت ماکروبنتوزها، تعداد ۳ نمونه رسوب از هر ایستگاه با گرب و نوبین با سطح ۰/۰۲۵ مترمربع برداشته و نمونه‌های فیکس شده با فرمالین ۵ درصد پس از شستشو، زیر استریومیکروسکوپ جداسازی و شناسایی شدند. به منظور اندازه‌گیری ماده آلی رسوب، روش سوزاندن در کوره الکتریکی و اندازه‌گیری آن از طریق کاهش وزن با روش اکسیداسیون خشک (Loss on ignition) انجام شد (Abrantes و همکاران، ۱۹۹۹). برای دانه‌سنجی رسوبات، از دستگاه دانه‌بندی لیزری (LPS: HORIBA) استفاده گردید.

طبقه‌بندی اکولوژیکی شاخص‌ها

شاخص‌های زیستی (Biotic Indices = BI) خلیج گرگان: در این مطالعه برای محاسبه شاخص‌های طبقه‌بندی اکولوژیکی خلیج گرگان، از داده‌های ساختار جمعیتی ماکروبنتوزهای Ghorbanzadeh Zaferani و همکاران (۲۰۱۷) استفاده شد. شاخص‌های زیستی مورد نظر به منظور وضعیت سلامت اکوسیستم خلیج گرگان شامل BO2A، M-AMBI بر مبنای اعماق چهارگانه که در بازه یک متر دسته‌بندی شده‌اند، محاسبه شدند. در ادامه نحوه محاسبه هریک از شاخص‌های زیستی مذکور آورده شده است.

محاسبه شاخص M-AMBI: براساس مطالعات Roberts و همکاران (۱۹۹۸) و همچنین Grall و Glemarec (۱۹۹۷) در این شاخص، ماکروبنتوزها با استفاده از اطلاعات منابع موجود و همچنین لیست گونه‌های موجود در نرم‌افزار AZTI در گروه‌های مختلف اکولوژیکی دسته‌بندی می‌شوند. از طرفی برای گونه‌هایی که در لیست نرم‌افزار یا منابع مذکور وجود نداشتند، با استفاده از مشاوره پروفسور Borja و

همکاران (۱۹۹۸) گروه‌بندی آن‌ها مشخص گردید. این شاخص با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$AMBI = \frac{(0 \times GI\%) + (1.5 \times GII\%) + (3 \times GIII\%) + (4.5 \times GIV\%) + (6 \times GV\%)}{100}$$

GI تا GV گروه‌های مختلف اکولوژیکی هستند.

سپس با به‌کارگیری هم‌زمان نتایج حاصل از محاسبه شاخص AMBI، شاخص تنوع (شانون) و شاخص غنای زیستی در نرم‌افزار AZTI، شاخص چندمتغیره M-AMBI محاسبه شد.

محاسبه شاخص Benthic Opportunistic Annelida Amphipod

index (BO2A): برای محاسبه این شاخص، از نسبت آنالیدهای فرصت طلب به آمفی‌پود استفاده گردید. در این مطالعه، گونه‌های فرصت طلب (الیگوکیت‌ها که تماماً در گروه اکولوژیکی ۵ قرار گرفتند) براساس دسته‌بندی انجام شده توسط Gomez-Gesteira و Dauvin (۲۰۰۰) و لیست تهیه شده Borja (۲۰۱۲) (نرم‌افزار Azti)، مشخص شدند. $BO2A = \log [(fA_{op}/fa + 1) + 1]$ در این شاخص fA_{op} فراوانی آنالیدهای فرصت‌طلب و fa فراوانی آمفی‌پودا است. مقادیر این شاخص در پنج وضعیت اکولوژیکی که توسط WFD پیشنهاد شده توصیف می‌گردند.

شاخص تنوع زیستی (شانون، H'): مقادیر این شاخص از فرمول زیر است (Jorgensen، ۲۰۰۵): $H' = -\sum p_i \log_2 p_i$ ، $p_i = N_i/N$ ؛ N_i : تعداد افراد گونه N_i ، N : تعداد کل افراد نمونه

برای طبقه‌بندی وضعیت اکولوژیکی ایستگاه‌های خلیج گرگان براساس شاخص‌های زیستی مورد نظر، وضعیت اکولوژیکی هریک از ایستگاه‌ها طبق جدول ۱ مشخص گردید.

پردازش داده‌ها: به منظور تجزیه و تحلیل آماری و تعیین انواع شاخص‌های تنوع و زیستی و انجام آنالیزهای چند متغیره nm-MDS و آزمون خوشه‌ای (برای گروه‌بندی مکان‌های مختلف براساس داده‌های محیطی) از نرم‌افزارهای Primer5، EXCEL، SPSS18 استفاده شد (Warwick و Clarke، ۱۹۹۴). به منظور بررسی اختلاف معنی‌داری بین داده‌های مورد نظر از آنالیز واریانس یک‌طرفه (تست توکی و Games-Howell post-hoc برای داده‌های نرمال) و از آزمون کروسکال والیس (من‌ویتنی با احتساب ضریب تصحیح بونفرنی و Games-Howell برای داده‌های غیرنرمال) در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ استفاده شد. برای بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین متغیرها از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. برای تهیه نقشه‌های مورد نیاز به منظور پهنه‌بندی بستر خلیج گرگان، از نرم‌افزار Arc-GIS 9.2 و روش IDW3 برای درون‌یابی داده‌ها استفاده گردید.

جدول ۱: آستانه تعیین وضعیت اکولوژیک (ECoQ) بر اساس شاخص‌های زیستی (BI)

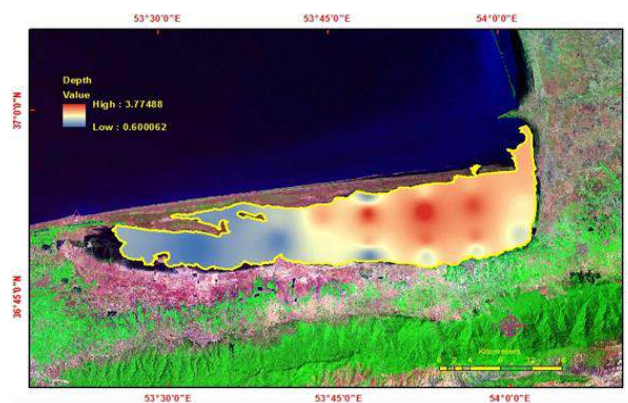
ECoQ	آستانه شاخص زیستی (BI)		
	H' (log ₂); bit/ind	M-AMBI	BO2A
عالی (H)	> 4	$1 \geq M-AMBI > 0.81$	0.0-0.0000/0.195
خوب (G)	3-4	$0.81 \geq M-AMBI > 0.61$	0.0-0.1951/0.3100
متوسط (M)	2-3	$0.61 \geq M-AMBI > 0.41$	0.0-0.3101/0.19804
ضعیف (P)	1-2	$0.41 \geq M-AMBI > 0.20$	0.0-0.19804/0.26155
بد (B)	0-1	$0 \geq M-AMBI \leq 0.2$	0.0-0.26155/0.30103
Dauvin و همکاران (۲۰۱۲) Blanchet و همکاران (۲۰۰۸) Jorgensen و همکاران (۲۰۰۵)			

ویژگی‌های رسوب

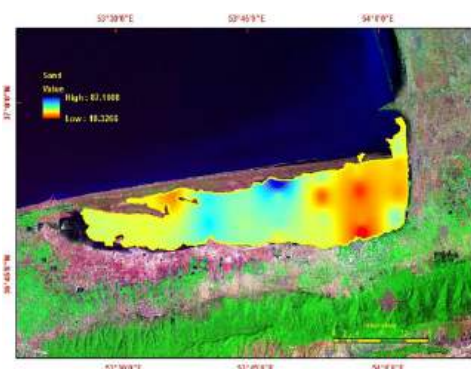
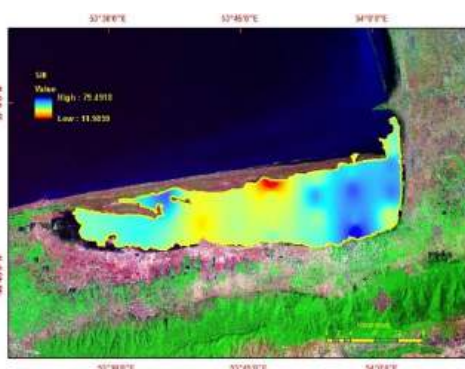
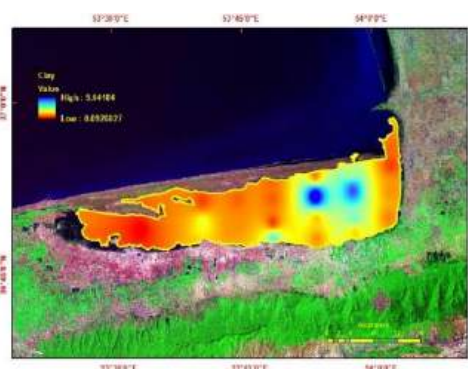
دانه‌بندی: مطابق با جدول ۲، بیشینه مقدار شن در عمق ۱-۲ (۵۱/۷٪) و کمینه مقدار آن در عمق ۳-۴ (۳۷/۶٪)، بیشینه مقدار سیلت در عمق ۳-۴ (۵۷/۷٪) و کمینه مقدار آن در عمق ۱-۲ (۴۷/۱٪) و سرانجام بیشینه مقدار رس در عمق ۳-۴ (۴/۷٪) و کمینه مقدار آن در عمق ۱-۲ (۱/۳٪) مشاهده شد. مطابق با نقشه توزیع بافت رسوب (شکل ۳)، برخلاف مقادیر سیلت و رس روند تغییرات مقادیر شن از غرب به سمت شرق خلیج گرگان کاهشی می‌باشد. به عبارتی به طور کلی بافت رسوبی بخش غربی و تقریباً کلیه ایستگاه‌های خط ساحلی شمالی خلیج، از ذرات درشت‌تر (اغلب از شن) تشکیل شده است. در این بخش‌ها به نظر می‌رسد جریانات آبی مانع از تجمع ذرات ریز می‌شود. ولی در بخش شرقی، دهانه و بخش جنوبی خلیج گرا دیان بافت به سمت شن کم‌تر جایجا شده و به نظر می‌رسد توسط دانه‌های سیلت غالب شده است. خصوصیات متفاوت رسوبات در دو بخش خلیج، بیانگر شرایط هیدرودینامیک مکانی و شرایط رسوبی منطقه می‌باشد.

نتایج

دامنه تغییرات عمق ایستگاه‌های مورد بررسی (۰/۳-۶/۸) متر بوده که حداقل در ایستگاه ۲۲ (در غرب) و حداکثر در ایستگاه ۱۰ (در شرق خلیج) واقع شده است (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه تغییرات عمق (متر) در خلیج گرگان در سامانه GIS با روش IDW

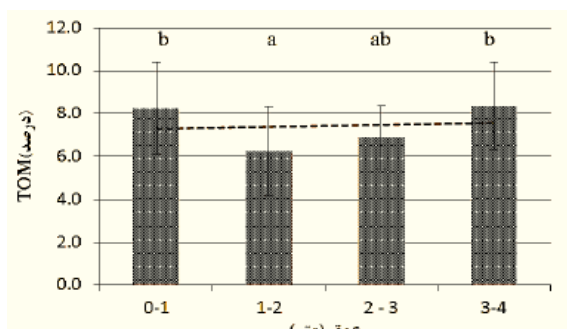


شکل ۳: توزیع شن (الف)، سیلت (ب) و رس (ج) در خلیج گرگان

تجمع رسوب دانه‌های ریز (به دلیل تلاطم کم‌تر) در بخش شرقی و عمق ۰-۱ متر در بخش غربی نیز به دلیل در پناه بودن و همچنین پوشش وسیع گیاهان دریایی، دارای مواد آلی بالاتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها باشند (شکل ۴).

کل مواد آلی (TOM): میانگین سالانه میزان کل مواد آلی در خلیج گرگان ۷/۲ درصد برآورد گردید. همچنین ملاحظه شد که ایستگاه‌های مستقر در اعماق ۳-۴ و ۰-۱ متر دارای بیش‌ترین میانگین مقدار مواد آلی می‌باشند. به نظر می‌رسد عمق زیاد (۳-۴ متر) سبب

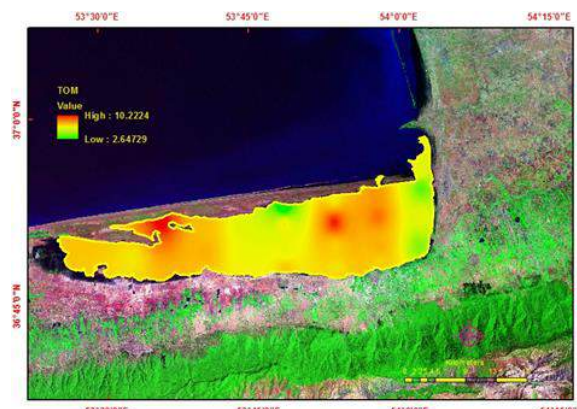


شکل ۵: نمودار میانگین ($\pm$ انحراف معیار) سالانه کل مواد آلی

(TOM) بر حسب عمق در خلیج گرگان - ۱۳۹۱

(خط نقطه چین نشان دهنده شیب تغییرات و حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد، آزمون توکی، $p < 0.05$)

بر اساس میزان پارامترهای محیطی و با انجام آزمون خوشه‌ای (Normalized Euclidean distance, Square root) در فاصله ۳ اعماق خلیج گرگان، به سه گروه مجزا تقسیم می‌شوند (شکل ۶). همچنین جهت تایید شباهت بین گروه‌های عمقی، فاصله فضایی ایجاد شده بین آن‌ها بر اساس میزان پارامترهای محیطی با آزمون n-MDS (Distances, 2-d: 0.0) تعیین شده که سه گروه مجزا را شکل دادند طوری که لایه عمقی ۰-۱ متر (در بخش غربی خلیج) از لایه عمقی ۳-۴ متر (در بخش شرقی خلیج) و دو لایه عمقی دیگر جدا شده است (شکل ۶).

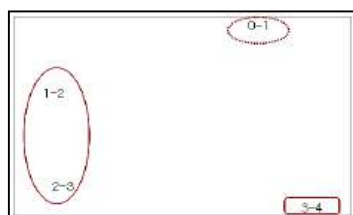


شکل ۴: تغییرات کل مواد آلی (%) در خلیج گرگان

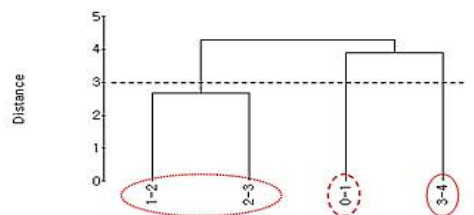
آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری بین میانگین سالانه کل مواد آلی در اعماق مختلف وجود دارد ($p < 0.05$). با انجام آزمون توکی مشخص شد که میانگین سالانه کل مواد آلی در عمق ۱-۲ با عمق ۰-۱ و ۳-۴ اختلاف معنی داری دارد (شکل ۵). مطابق با جدول ۳، بر اساس عمق چهارگانه خلیج گرگان، عمق با رس ارتباط مثبت و ضعیف را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، میزان شن با میزان مواد آلی ارتباط معنی دار منفی و متوسط را نشان داد. در صورتی که سیلت با شن ارتباط منفی و قوی ولی با میزان TOM ارتباط مثبت و متوسط را نشان می‌دهد. همچنین رس با عمق ارتباط مثبت و ضعیف، با TOM و سیلت ارتباط معنی دار مثبت و متوسط نشان می‌دهد.

جدول ۲: میانگین ($\pm$ انحراف معیار) و حداقل و حداکثر درصد دانه بندی رسوبات خلیج گرگان بر اساس عمق (۱۳۹۱)

گروه عمقی	کل مواد آلی (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۰-۱	8.3 ± 2.1 (4.8 - 13.2)	43.5 ± 26.4 (0.0 - 88.7)	54.3 ± 24.0 (11.3 - 95.7)	2.2 ± 5.0 (0.0 - 18.9)
۱-۲	6.2 ± 2.1 (2.2 - 10.1)	51.7 ± 25.9 (0.3 - 99.3)	47.1 ± 25.2 (0.7 - 97.7)	1.25 ± 1.5 (0.0 - 6.1)
۲-۳	6.9 ± 1.5 (3.8 - 9.9)	42.6 ± 18.7 (0.0 - 72.8)	55.7 ± 16.7 (27.2 - 99.6)	1.35 ± 3.25 (0.0 - 13.6)
۳-۴	8.4 ± 2.0 (5.8 - 12.8)	37.6 ± 21.7 (0.0 - 65.6)	57.7 ± 17.3 (34.3 - 93.4)	4.7 ± 6.6 (0.0 - 22.5)
میانگین کل ($\pm$ SD)	7.4 ± 1.1 (6.2 - 8.4)	43.9 ± 5.8 (37.6 - 51.7)	53.7 ± 4.6 (47.1 - 57.7)	2.4 ± 1.5 (1.3 - 4.7)



الف



ب

شکل ۶: دسته‌بندی اعماق چهارگانه خلیج گرگان بر اساس پارامترهای محیطی با آزمون خوشه‌ای (الف) و n-MDS (ب) - ۱۳۹۱



جدول ۳: همبستگی (اسپیرمن) بین مواد آلی، دانه بندی و عمق خلیج گرگان (بر اساس عمق-۱۳۹۱)

همبستگی (اسپیرمن)	N=۸۸	عمق (متر)	TOM (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
(%) کل مواد آلی	r	۰/۱۰۷	۱			
	p	۰/۳۲۳				
شن	r	-۰/۱۵۹	-۰/۴۳۷**	۱		
	p	۰/۱۳۸	۰/۰۰۰۵	.		
سیلت	r	۰/۱۴۴	۰/۳۹۹**	-۰/۹۹۳**	۱	
	p	۰/۱۸۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	.	
رس	r	۰/۲۴۳*	۰/۴۲۳**	-۰/۵۴۷**	۰/۴۸۶**	۱۱
	p	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	.

*معنی داری ۰/۰۵ **معنی داری ۰/۰۱

ماکروبن‌توزهای شناسایی شده: در این مطالعه جمعاً ۱۴ گونه

یا تاکسون شناسایی شد که اسامی به همراه گروه اکوزیک آن‌ها در جدول ۴ آورده شد. مطابق با جداول ۵ و شکل ۷، بیشینه میزان تراکم کرم‌های حلقوی در عمق ۲-۳ متر، ۵۱۶۹ عدد/مترمربع و عمق ۴-۳ متر، ۴۸۹۱ عدد/مترمربع و کمینه میزان آن در عمق ۰-۱ متر، ۱۳۷۸ عدد/مترمربع مشاهده شده است. گونه غالب این گروه *S. gynobranchiata* می‌باشد که عمق ۲-۳ و ۳-۴ دیده شد. همچنین بیشینه میزان تراکم نرم‌تنان در عمق ۰-۱ متر، ۱۴۷۹ عدد/مترمربع و کمینه میزان آن در عمق ۳-۴ متر، ۴۸ عدد/مترمربع مشاهده شده

است. گونه غالب این گروه *M. lineatus* و *A. segmentum* در عمق ۰-۱ متر دیده شد. درصورتی که بیشینه میزان تراکم بندپایان در عمق ۰-۱ متر، ۱۲۸۸ عدد/مترمربع و کمینه میزان آن در عمق ۳-۴ متر، ۵ عدد/مترمربع مشاهده شده است. گونه غالب این گروه *C. albidus* در عمق ۰-۱ متر و فصل پاییز مشاهده گردید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آنالیدها در اعماق بیش‌تر (۳-۴ و ۲-۳ متری) دارای تراکم بالاتری بوده ولی نرم‌تنان و بندپایان در لایه عمقی کم‌تر (۰-۱ متر) مشاهده شدند.

جدول ۴: لیست ماکروبن‌توزهای شناسایی شده در مطالعه حاضر در خلیج گرگان (۱۳۹۱)

گروه اکولوژیک	Species Names	Family	Order	Class	Phylum
III	<i>Hediste versicolor</i>	Nereidae	Phyllodocida	Polychaeta	Annelida
III	<i>Streblospio gynobranchiata</i>	Spionidae	Spionida		
III	<i>Hypaniola kowalewskii</i>	Ampharetidae	terebellida		
V	<i>Hypania invalida</i>	Tubificidae	Haplotaenida	Clitellata/Oligochaeta	
V	<i>Tubificoides fraseri</i>				
III	---	Semelidae	Eulamellibranchia	Bivalvia	Mollusca
I	<i>Pterocuma pectinata</i>	Mytilidae	Mytiloida		
III	<i>Stenocoma sp</i>	Cardiidae	Veneroida		
III	<i>Stenocuma gracilis</i>				
IV	---	Dreissenidae			
IV	<i>Gammarus aequicauda</i>	Pontogammaridae	Amphipoda	Crustacea/ Malacostraca	Arthropoda
II	<i>Stenogammarus macrurus</i>	Panopeidae	Decapoda		
II	<i>Stenogammarus compressus</i>	Pseudocumatidae	Cumacea		
III	<i>Pontogammarus sp.</i>	Chironomidae	Diptera	Insecta	

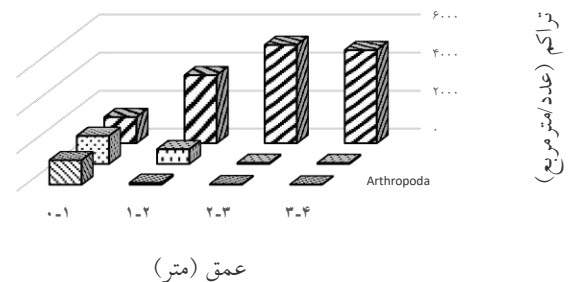
جدول ۵: تراکم سالانه ماکروبن‌توزها در خلیج گرگان براساس عمق-۱۳۹۱ (عدد/مترمربع)

Annelida			Mollusca			Arthropoda		
<i>S. gynobranchiata</i>	<i>T. fraseri</i>	<i>H. kowalewskii</i>	<i>H. versicolor</i>	فصل / عمق	<i>D. polymorpha</i>	<i>C. glaucum</i>	<i>A. segmentum</i>	<i>M. lineatus</i>
۱۳۷۸	۸۹۸	۰	۲۹۹	۱	۱۸۰	۵۵۲	۹۱	۴۰۳
۳۵۸۰	۲۲۲۸	۴۵	۶۶۵	۱	۱۸۴	۳۶۷	۴۰۳	۴۰۳
۵۱۶۹	۳۶۲۳	۹۰	۹۰۶	۱۸۴	۳۶۷	۴۰۳	۴۰۳	۴۰۳
۴۸۹۱	۳۶۶۸	۱۱	۶۹۹	۱۱۶	۴۰۳	۴۰۳	۴۰۳	۴۰۳
۱۳۷۸	۸۹۸	۰	۲۹۹	۱	۱۸۰	۵۵۲	۹۱	۴۰۳
۳۵۸۰	۲۲۲۸	۴۵	۶۶۵	۱	۱۸۴	۳۶۷	۴۰۳	۴۰۳
۵۱۶۹	۳۶۲۳	۹۰	۹۰۶	۱۸۴	۳۶۷	۴۰۳	۴۰۳	۴۰۳
۴۸۹۱	۳۶۶۸	۱۱	۶۹۹	۱۱۶	۴۰۳	۴۰۳	۴۰۳	۴۰۳



تفکیک بخش‌های آب شیرین در مناطق ساحلی پیشنهاد شده است. مطابق با جدول ۶، میانگین کل شاخص BO2A در خلیج گرگان ۰/۰۴ می‌باشد. دامنه تغییرات شاخص BO2A براساس عمق (۰/۰۲-۰/۰۶) می‌باشد. بیشینه مقدار شاخص BO2A ۰/۰۶ در عمق ۲-۳ و کمینه مقدار آن ۰/۰۲ در عمق ۰-۱ مشاهده شد. روند تغییرات از عمق کم به عمق بیش‌تر، افزایشی می‌باشد (شکل ۸). آزمون کروسکال والیس، اختلاف معنی‌داری بین میانگین این شاخص در اعماق مختلف نشان می‌دهد ($p < 0.001$). آزمون من ویتنی با ضریب تصحیح بونفرنی (Corrected $\alpha = 0.008$) اختلاف معنی‌داری را بین میزان این شاخص در عمق ۰-۱ با اعماق ۱-۲، ۲-۳ و ۳-۴ نشان می‌دهد.

شاخص M-AMBI: مطابق با جدول ۶، میانگین کل شاخص M-AMBI در خلیج گرگان، به ترتیب ۰/۶۵ می‌باشد. دامنه تغییرات شاخص M-AMBI براساس عمق (۰/۰۸-۰/۶۸) می‌باشد. بیشینه مقدار شاخص M-AMBI ۰/۸ در عمق ۰-۱ و کمینه مقدار آن ۰/۶ در اعماق ۲-۳ و ۳-۴ محاسبه شد. روند تغییرات M-AMBI از عمق کم به عمق بیش‌تر، کاهشی می‌باشد (شکل ۹). آزمون کروسکال والیس، اختلاف معنی‌داری بین میانگین شاخص M-AMBI در اعماق مختلف نشان می‌دهد ($p < 0.001$). آزمون من ویتنی با ضریب تصحیح بونفرنی (Corrected $\alpha = 0.008$) اختلاف معنی‌داری را بین میزان شاخص M-AMBI در عمق ۰-۱ با سایر اعماق نشان می‌دهد.



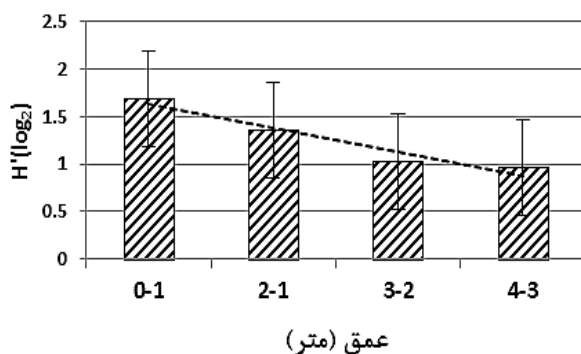
شکل ۷: پراکنش مکانی گروه‌های عمده ماکروبنتوزها براساس عمق در خلیج گرگان

شاخص شانون: هم‌چنین مطابق با جدول ۶، بیشینه میزان شاخص شانون ۱/۶۹ در عمق ۰-۱ و کمینه آن ۰/۹۶ در عمق ۳-۴ مشاهده شد. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، با افزایش عمق خلیج گرگان (عمق کم‌تر به عمق بیش‌تر) روند تغییرات شاخص شانون کاهشی می‌باشد. آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین شاخص شانون در اعماق چهارگانه وجود دارد ($p < 0.001$).

BO2A: با توجه به این‌که هیچ‌یک از کرم‌های پرتار شناسایی شده، جزو گروه فرصت‌طلب نمی‌باشند لذا در این تحقیق برای قضاوت وضعیت اکولوژیک منطقه از شاخص BO2A استفاده شد که برای

جدول ۶: میانگین سالانه شاخص‌های کیفیت اکولوژیک ($\pm SD$) در خلیج گرگان براساس عمق-۱۳۹۱

شاخص	عمق (متر)				میانگین کل خلیج گرگان
	۰-۱	۱-۲	۲-۳	۳-۴	
$H'(log_2)$	$1.0 \pm 0.69/5$	$1.0 \pm 0.36/6$	$1.0 \pm 0.37/4$	$0.0 \pm 0.96/3$	$1.0 \pm 0.26/34$ ($0.1-0.96/69$)
BO2A	0.02 ± 0.03	0.05 ± 0.05	0.06 ± 0.05	0.04 ± 0.03	0.04 ± 0.01 ($0.0-0.2/06$)
M-AMBI	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.65 ± 0.1 ($0.0-0.6/8$)



شکل ۸: میانگین سالانه شاخص شانون و BO2A در خلیج گرگان براساس عمق-۱۳۹۱

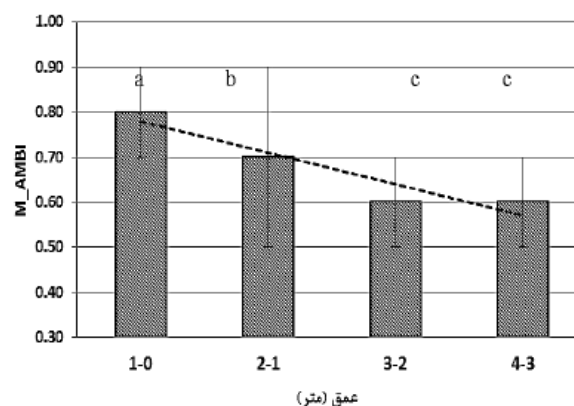
(نقطه چین نشانه شیب تغییرات و حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی‌دار می‌باشد، آزمون Games-Howell برای شانون و آزمون من ویتنی، Corrected $\alpha = 0.008$ ، برای BO2A)



جدول ۷: طبقه بندی وضعیت اکولوژیک اعماق چهارگانه خلیج گرگان-۱۳۹۱

شاخص	گروه های چهارگانه عمق (متر)				وضعیت اکولوژیک (%)	
	D۱	D۲	D۳	D۴	غیر قابل قبول	قابل قبول
	۰-۱	۱-۲	۲-۳	۳<	(P,B,M)	(H,G)
H'(log2)	P	P	P	B	۱۰۰	۰
BO2A	H	H	G	H	۰	۱۰۰
M_AMBI	G	G	G	G	۰	۱۰۰

(H؛ عالی، G؛ خوب، M؛ متوسط، P؛ ضعیف، B؛ بد)



شکل ۹: میانگین سالانه $M-AMBI (\pm SD)$ در خلیج گرگان براساس

عمق -۱۳۹۱

(نقطه چین نشانه شیب تغییرات و حروف متفاوت نشانه اختلاف معنی دار می باشد.)

Corrected $\alpha = 0.008$; آزمون من ویتنی)

بر اساس جدول ۷، شاخص شانون اعماق کمتر از سه را دارای وضعیت اکولوژیک ضعیف و عمق بیش تر از سه را بد نشان داد. در صورتی که براساس شاخص $M-AMBI$ کلیه اعماق خوب و براساس نتایج شاخص $BO2A$ ، عمق ۱، ۲ و ۴ دارای وضعیت کیفی عالی و عمق ۳ دارای وضعیت خوب محاسبه شدند.

بحث

براساس نتایج مطالعه حاضر، میانگین سالانه میزان درصد شن، سیلت و رس در کل خلیج گرگان به ترتیب ۴۴/۴، ۵۳/۴ و ۲/۲ درصد، می باشد (جدول ۲). بنابراین خلیج گرگان به طور کلی بافت رسوبی سیلت-ماسه ای نشان داده است. تقریباً ایستگاه های غربی و نوار ساحلی شمالی خلیج از ترکیبات درشت تر (غالباً شن) تشکیل شده است. این ایستگاه ها تقریباً از عمق کمتر بر خوردار بوده طوری که جریان های از تجمع ذرات ریزتر جلوگیری کرده و به سمت بخش شرقی و جنوبی خلیج، شیب بافت رسوبی یک جابجایی را به سمت دانه های ریزتر و میزان شن کمتر را نشان داده است. در نتیجه از لحاظ دانه بندی، دو

بخش شرقی و غربی خلیج گرگان قابل مشاهده می باشد (شکل ۳). به نظر می رسد که دانه بندی رسوبات خلیج شدیداً توسط سیلت غالب گشته و فقط در ایستگاه های عمیق تر میزان رس مقداراً افزایش یافته است (Sharbaty, ۲۰۱۱). در این مطالعه، میانگین سالانه کل مواد آلی خلیج ۷/۲ درصد می باشد. براساس مطالعه موسوی (۱۳۸۶) رنج کل مواد آلی خلیج گرگان، ۵/۰۶-۶/۰۸٪ و رنج مواد آلی بستر سواحل جنوبی خزر توسط قاسمی (۱۳۹۰)، ۳/۳-۶/۶٪ گزارش شده است. بنابراین با توجه به نیمه محصور بودن خلیج به نظر می رسد مقدار مواد آلی نسبت به نواحی ساحلی خزر بیش تر باشد. با توجه به معنی دار بودن مقادیر کل مواد آلی در اعماق مختلف، به طور کلی روند تغییرات مواد آلی از عمق کمتر (۰-۱ متر) به عمق بیش تر (۳-۴ متر) افزایش می باشد که می تواند به واسطه رویش گیاهان دریایی (به ویژه *R. maritima*) و در پناه بودن بخش غربی خلیج باشد که قابلیت تبدیل به مواد آلی را دارد (شکل ۵). بنابراین تغییرات مکانی مواد آلی رسوبات می تواند از یک طرف به شرایط شرایط فیزیکی ناشی از جریانات حاکم بر منطقه و ناپایداری رسوبات سطحی بستر وابسته باشد و از طرفی تحت تاثیر منبع خارجی اصلی مواد غذایی، مواد آلی محلول و غیر محلول در آب های ساحلی که ورودی پساب های خانگی و کودهای کشاورزی است، قرار گیرد که عمدتاً از طریق رودخانه ها وارد می شوند (Borum و Sand, ۱۹۹۶). در این مطالعه (جدول ۳) با توجه به همبستگی مثبت TOM با میزان ذرات ریز دانه به ویژه رس (و ارتباط منفی با میزان شن) به نظر می رسد با افزایش ذرات سیلت-رسی در ایستگاه های عمیق تر در بخش شرقی خلیج، میزان مواد آلی نیز افزایش می یابد. ورودی رودخانه قره سو در شرق و کانال های فصلی و آب های سطحی در سواحل جنوبی و غرب خلیج می تواند از عوامل خارجی افزایش مواد آلی بستر باشد. با این وجود نتایج مواد آلی در این مطالعه قابل قیاس با سایر لاگون های یوترف و غنی از مواد آلی نبوده و کمتر از آن ها می باشد. نتایج آزمون خوشه ای و n-MDS براساس شرایط محیطی (شکل ۶)، بیانگر تفاوت بین ایستگاه هایی که در عمق کمتر (۰-۱ متر) در بخش غربی هستند با ایستگاه هایی که در بخش شرقی و عمیق (۳-۴ متر) واقع شده اند و همچنین با سایر ایستگاه های واقع در عمق ۱-۲ و عمق ۲-۳ متری (که



منابع

۱. باقری، ح.؛ بسطامی، ک.؛ شارمند، ت. و باقری، ز.، ۱۳۹۱. ارزیابی پراکنش آلودگی فلزات سنگین در خلیج گرگان. اقیانوس شناسی. سال ۳، شماره ۱۱، صفحات ۶۵ تا ۷۲.
۲. شکری ساروی، م.؛ احمدی، م.ر.؛ رحمانی، ح. و کامرانی، ا.، ۱۳۹۴. ارزیابی کیفیت آب براساس شاخص های زیستی هیلسنهوف، تنوع شان-وینر و شاخص های محیطی در رودخانه تجن. فصلنامه علوم و فنون شیلات. دوره ۳، شماره ۴، صفحات ۴۳ تا ۵۵.
۳. قربان زاده عفرائی، س.ق.؛ فاطمی، س.م.ر.؛ مرادی، ع.؛ موسوی، ر. و ساری، ع.ر.، ۱۳۹۳. پهنه بندی رسوبات بستر نرم در خلیج گرگان (دریای خزر) با استفاده از ماکروبتوز به عنوان شاخص سلامت اکولوژیک. رساله دکتری بوم شناسی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.
۴. موسوی، س.م.، ۱۳۸۶. پراکنش و نوسانات فصلی ماکروبتوزهای خلیج گرگان. پایان نامه کارشناسی ارشد بیولوژی دریا. دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور. دانشگاه تربیت مدرس.
۵. Albayrak, S.; Balkis, N.; Balkis, H.; Zenetos, A.; Kurun, A.; Karhan, S.U.; Caglar, S. and Balci, M., 2010. Golden Horn Estuary: Description of the ecosystem and an attempt to assess its ecological quality status using various classification metrics. *Mediterranean Marine Science*. Vol. 11, No. 2, pp: 295-314.
۶. Bastami, K.D.; Taheri, M.; Bagheri, H.; Foshtomi, M.Y.; Ganji, S. and Haghparsast, S., 2014. Response of sediment dwelling annelida community in relation to geochemical parameters in the Gorgan Bay, Caspian Sea. *International Journal of Environmental Science and Technology*. Vol. 11, No. 7, pp: 2025-2036.
۷. Blanchet, H.; Lavesque, N.; Ruellet, T.; Dauvin, J.C.; Sauriau, P.G.; Desro, N.; Desclaux, C.; Leconte, M.; Bachelet, G.; Janson, A.L.; Bessineton, C.; Duhamel, S.; Jourde, J.; Mayot, S.; Simon, S. and de Montaudouin, X., 2008. Use of biotic indices in semienclosed coastal ecosystems and transitional water habitats. Implications for the implementation of the European Water Framework Directive. *Ecological Indicators*. Vol. 8, No. 4, pp: 360-372.
۸. Borja, A.; Bald, J.; Franco, J.; Larreta, J.; Muxika, I.; Revilla, M.; Rodriguez, J.G.; Solaun, O.; Uriarte, A. and Valencia, V., 2009. Using multiple ecosystem components in assessing ecological status in Spanish (Basque country) Atlantic marine waters. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 59, pp: 54-64.
۹. Dauvin, J.C. and Ruellet, T., 2009. The estuarine quality paradox: Is it possible to define an ecological quality status for specific modified and naturally stressed estuarine ecosystems? *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 59, pp: 38-47.
۱۰. Ghorbanzadeh Zaferani, S.G.; Machinchian Moradi, A.; Mousavi Nadushan, R.; Sari, A.R. and Fatemi, S.M.R., 2017. Spatial and temporal patterns of benthic macrofauna in Gorgan Bay, south Caspian Sea, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. Vol. 16, No. 1, pp: 252-274.
۱۱. Giovanardi, F. and Tromellini, E., 1992. Statistical assessment of trophic conditions, Application of OECD.
۱۲. Grall, J. and Glemarec, M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of

شباهت بیش تری به هم دارند)، می باشد. همان طور که در بالا نیز اشاره شده است در مجموع این موضوع می تواند بازگوکننده تاثیر شرایط هیدرودینامیک و توپوگرافی خاص منطقه باشد. ذرات ریز رسوبات پتانسیل بالاتری را برای به دام انداختن آلاینده های آلی و غیر آلی از ستون آب دارند. به طور کلی ذرات ریز رسوبات بسترهای نرم و گلی با در بر داشتن مواد آلی بیش تر، آلاینده های بیش تری را نسبت به بسترهای شنی-ماسه ای در خود نگه می دارند (Sharbaty, 2011; Mora and Sheikholeslami, 2002). این موضوع می تواند یکی از عوامل مهم در طبقه بندی اکولوژیک خلیج باشد.

در مطالعه حاضر، به واسطه تغییرات مکانی در تراکم و ساختار جمعیت ماکروبتوز در خلیج گرگان (شکل ۷)، شاخص تنوع شانون در بخش شرقی و غربی متفاوت می باشد (شکل ۸). طوری که براساس این شاخص بخش شرقی از کیفیت اکولوژیک پایین تری (وضعیت اکولوژیک بد: B) نسبت به بخش غربی که دارای وضعیت ضعیف (P) می باشد، برخوردار است (جدول ۷). این موضوع می تواند نشان دهنده این باشد تحت تاثیر ورودی رودخانه ها و کانال های آب سطحی اطراف خلیج به ویژه در حاشیه شرقی و جنوبی و همچنین عمق بیش تر بخش شرقی، استرس در این بخش بیش تر بوده و می تواند باعث پراکنش خاص جمعیت بنتوزی در خلیج شده و کیفیت آن را تحت تاثیر قرار دهد. براساس نتایج مطالعات انجام شده در خلیج گرگان توسط علیزاده (۱۳۸۳) و موسوی حرمی (۱۳۷۹)، روند افزایشی زیتوده و فراوانی از غرب به شرق به نوعی است که در ایستگاه های میانی در یک حداکثر قرار گرفته و سپس در ایستگاه های شرقی کاهش می یابد. این موضوع با چگونگی جداسازی دانه های ریز و درشت و انتقال ذرات درشت تر به سمت شرق و اعماق بیش تر مرتبط است (موسوی کشکا، ۱۳۸۶). از طرف دیگر براساس نتایج شاخص M-AMBI، سراسر خلیج دارای وضعیت خوب و قابل قبول بودند. همانند این شاخص، شاخص BO2A نیز سراسر خلیج را به صورت وضعیت اکولوژیک قابل قبول طبقه بندی نمود. با توجه به مطالعه قربان زاده و همکاران (۱۳۹۳) و نتایج مشابه دیگران از جمله باقری و همکاران (۱۳۹۱) و Bastami و همکاران (۲۰۱۴) که وضعیت محیطی خلیج گرگان را از نظر فلزات سنگین، بدون آلودگی و با خطر کم دسته بندی کردند، می توان نتیجه گرفت شاخص های BO2A و M-AMBI قضاوت واقعی تری نسبت به طبقه بندی شاخص شانون نشان دادند. این موضوع بیانگر این است که هیچ گاه نمی توان در ارزیابی وضعیت اکولوژیک آب های ساحلی از یک شاخص استفاده و براساس آن مدیریت نمود بلکه باید هم زمان از نتایج چند شاخص بهره جست تا قضاوت بهتری را در خصوص وضعیت منطقه داشت.



- Brest. Estuarine, Coastal and Shelf Science. Vol. 44, pp: 43-53.
۱۳. <http://www.azti.es>
Ignatiadas, L.; Karydis, M. and Vounatosou, P., 1992. A Possible Method for Evaluating Oligotrophy. Marine Pollution Bulletin. Vol. 24, No. 5, pp: 238-243.
۱۴. **Jorgensen, S.E.; Costanza, R. and Xu, F., 2005.** Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health. CRC Press. 439 p.
۱۵. **Kenny, M.A.; Sutton-Grier, A.E.; Smith, R.F. and Gresens, S.E., 2009.** Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: The intersection of science and policy. Journal of Terrestrial Arthropod. Vol. 2, pp: 99-128.
۱۶. **Lenat, D., 1993.** A biotic index for southeastern United States, Derivation and list of tolerance values with criteria for assessing water quality ratings. Journal of the North American Benthological Society. Vol. 12, No. 179-290.
۱۷. **Mora, S.D. and Sheikholeslami, M.R., 2002.** ASTP: Contaminant Screening Program: Final report: Interpretation of Caspian Sea sediment data. Caspian Environment Program (CEP). 27 p.
۱۸. **Roberts, R.D.; Gregory, M.R. and Foster, B.A., 1998.** Developing an efficient macrofauna monitoring index from an impact study a dredge spoil example. Marine Pollution Bulletin. Vol. 36, pp: 231-235.
۱۹. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949.** The Mathematical Theory of Communication. Urbana, University of Illinois Press. 117 p.
۲۰. **Sharbaty, S., 2011.** Two dimensional simulation of flow pattern in Gorgan Bay by using Mike21 software. Journal of Water and Soil Conservation, Vol. 18, No. 4. <http://jwfst.gau.ac.ir>.
۲۱. **Sharma, K.K. and Chowdhary, S., 2011.** Macro invertebrates assemblages as biological indicators of pollution in a Central Himalayan River, Tawi (J&K). International Journal of Biodiversity and Conservation. Vol. 3, No. 5, pp: 167-174.
۲۲. **Simboura, N. and Reizopoulou, S., 2008.** An inter calibration of classification metrics of benthic macroinvertebrates in coastal and transitional ecosystems of the Eastern Mediterranean ecoregion (Greece). Marine Pollution Bulletin. Vol. 56, pp 116-126.
۲۳. **Teabi, S.; Etemad-shahidi, A. and Fardi, G., 2005.** Examination of three eutrophication indices to characterize water quality in the north east of the Persian golf. Coastal Research. Vol. 42, pp: 405-411.
۲۴. **Vollenweider, R.A.; Rinaldi, A. and Montanari, G., 1998.** Eutrophication, structure and dynamics of a marine coastal system: results of ten years monitoring along the Emilia Romagna coast (Northwest Adriatic Sea), in Marine Coastal Eutrophication (ed. Vollenweider, R.A.; Marchetti, R. and Viviani, R.). J. Science of the Total Environment, Elsevier, Amsterdam. Vol. 1992, pp: 63-106.

