بررسی روابط بین رده‌های غالب کفزیان و برخی پارامترهای محیطی در حوضه جنوبی دریای خزر با به‌کارگیری آزمون‌های چند متغیره تناظر متعارف‌کننده و مولفه‌ی اصلی

حسن نصراله‌زاده ساروی[1*]، عبداله سلیمانی‌رودی[2]، آسیه مخلوق[3]، حسین نگارستان[4]، فرشته اسلامی[5]

۱- استادیار و عضو هیات علمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: hnsaravi@yahoo.com

۲- کارشناسی ارشد و عضو هیات علمی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: soly_abd@yahoo.com

۳- کارشناس ارشد آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، استان مازندران، ساری، پست الکترونیکی: asieh_makhlough@yahoo.com

۴- استادیار و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: hosseinnegarestan@yahoo.com

۵- کارشناسی ارشد و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: fr_eslami1689@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۱۸ * نویسنده مسوول تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۲۲

© نشریه علمی ـ پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۲، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

این مطالعه با هدف مقایسه نتایج آزمون‌های یک و چندمتغیره در تعیین روابط بین رده‌های غالب کف‌زیان و پارامترهای محیطی در حوضه‌ی ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۸۸ انجام شد. تعداد ۱۶۰ نمونه طی چهار فصل در ۸ نیم خط در اعماق ۵ تا ۱۰۰ متر جمع آوری گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که در فصول مختلف رده‌ی پرتاران بالاترین سهم جمعیتی را در بین رده‌های غالب کفزیان (پرتاران، کم تاران و سخت‌پوستان) دارا بود. این مطالعه همچنین نشان داد که در میان آزمون‌های مختلف یک و چند متغیره نتایج حاصل از آزمون تناظر متعارف کننده (CCA) با شواهد و قوانین بوم‌شناختی بیشتر منطبق بوده است. این آزمون نشان داد که بین تراکم پرتاران و کل مواد آلی رسوبات (TOM)، رسوبات رس-گلی[1] ارتباط منفی و تراکم رده کم‌تاران با TOM ارتباط مثبت و با درصد اشباعیت اکسیژن (DO%) ارتباط منفی وجود داشت. غالب بودن تراکم جنس *Streblospio* از خانواده‌ی Spionidae از پرتاران رسوب خوار و نیز جمعیت زیاد کم‌تاران در تجمعات کف‌زیان همراه با بالابودن مواد آلی رسوب شاهدی بر بالا بودن سطح تروفیکی بوم‌سامانه بوده است.

[1] silt-clay

کلمات کلیدی: کفزیان، پارامترهای محیطی ، آزمون آماری چند متغیره، دریای خزر.

۱. مقدمه

روند پیچیده پیدایش و تکامل زیست‌بوم «دریای خزر»، باعث شده است که موجودات زنده ساکن در آن، خاستگاه‌های متنوعی داشته باشند. ترکیب کنونی بی‌مهرگان کف‌زی دریای خزر به‌جز مجموعه‌ی بومی، شامل مجموعه‌های مدیترانه‌ای آتلانتیکی و آب شیرین است که در زمان‌های مختلف وارد دریای خزر شده‌اند (مائی سیوا و فیلاتووا، ۱۹۸۵) در اوایل دهه ۱۳۸۰ در منطقه‌ی جنوبی دریای خزر، یک جنس جدید از کرم‌های پرتار به نام *Streblospio* از خانواده Spionidae ظاهر شد (طاهری و همکاران، ۱۳۸۲) و به سرعت توانست در بین بی‌مهرگان کف‌زی، به‌عنوان موجود غالب درآید. در حالی‌که در اوایل دهه‌ی ۱۳۷۰ خانواده Nereidae از کرم‌های پرتار غالب بود (سلیمانی رودی، ۱۳۷۳). علاوه بر آن در رده‌های دیگر کف‌زیان هم تغییراتی به‌وجود آمد، از جمله اینکه در رده‌ی سخت‌پوستان، میزان تنوع گونه‌ای در راسته‌های ناجورپایان[1] و کوماسه[2] و نیز میزان تراکم و زی‌توده صدف‌های دوکفه‌ای[3] کاهش یافت (سلیمانی‌رودی و همکاران، ۱۳۹۱؛ هاشمیان و همکاران، ۱۳۸۸؛ طاهری و همکاران،۱۳۸۲؛ کوثری و همکاران، ۱۳۸۸؛ Shiganova et al., 2004 ; Roohi et al., 2010). به‌نظر می‌رسد که ورود شانه‌دار *Mnemiopsis leidyi* به دریای خزر در دهه‌ی اخیر، به‌عنوان عاملی تنش‌زا نقش مهمی در تغییرات عوامل زیستی و غیرزیستی این پیکره‌ی آبی داشته است (Roohi et al., 2010; Shiganova et al., 2004; BSC, 2008). علاوه بر عوامل تنش‌زا، شرایطی همچون چگونگی شوری، دما، اکسیژن، نوع بافت، جنس بستر، فعالیت‌های صید و صیادی، ثبات فیزیکی بستر از معمول‌ترین عوامل تاثیرگزار در جوامع کف‌زیان است (Harkantra and Parulekar, 1991; Joydas, 2002 ;Dittmann, 2000a, b؛ لالویی و همکاران، ۱۳۸۳؛ میرزاجانی و همکاران، ۱۳۸۴). تحقیقات اخیر در دریاهای عمیق (بیش از ۳۰۰۰ متر عمق) نشان داده است که علاوه بر نوع بافت بستر سطح تروفیکی بوم‌سامانه نیز در ترکیب و توزیع گونه‌های کف‌زیان موثر است. زیرا این موجودات برحسب اندام دریافت کننده غذا، شکل بدن و نوع حرکت که سازگار با بستر باشد افزایش یافته و از منابع غذایی موجود بهره می‌برند. بر این اساس، اطلاع از چگونگی هر یک از سه عامل فوق (ترکیب کف‌زیان، سطح تروفیکی و چگونگی بار آلی بستر) پیش‌بینی موارد دیگر را امکان‌پذیر می‌سازد. چنان‌که مشخص گردید که کف‌زیان دارای توان دوگانه‌ی رسوب‌خواری و معلق‌خواری از مشخصه‌ی آب‌های یوتروف (غنی از مواد مغذی) و دارای رسوبات غنی از مواد آلی است. در حالی‌که کف‌زیان تغذیه کننده از مواد معلق در آب‌های اولیگوتروف (دارای میزان کم از مود مغذی) و دارای بار کم از مواد آلی در رسوب، افزایش می‌یابند (Sokolova, 1972).

در غالب مقالات و تحقیقات انجام شده در حوضه‌ی ایرانی دریای خزر به تغییرات خطی نمودارهای تراکم و زی‌توده‌ی کفزیان و ارتباط آن با پارامترهای محیطی پرداخته شده است (سلیمانی رودی، ۱۳۷۳؛ پورغلام، ۱۳۷۴؛ لالویی و همکاران، ۱۳۸۳؛ فضلی و همکاران، ۱۳۸۹). فارابی و همکاران (۱۳۹۰) و هاشمیان و همکاران (۱۳۹۰) آزمون چند متغیره مولفه‌های اصلی (PCA) را بر روی تراکم و زی‌توده‌ی کل کفزیان و پارامترهای محیطی به‌کار بردند. آن‌ها براساس نتایج ماتریکس همبستگی (دوران یافته) پارامترهای فیزیکوشیمیائی و کفزیان نشان دادند که تراکم کفزیان در بین پارامترهای مورد بررسی با مجموع درصد کل مواد آلی بستر (TOM%) همبستگی مستقیمی دارد. از سوی دیگر، زی‌توده‌ی آن‌ها با pH و فسفر معدنی ارتباط مستقیم و با فسفر آلی همبستگی معکوس دارد. اما حضور آن‌ها در مولفه‌های متفاوت، حاکی از ضعیف بودن این همبستگی است. اهداف این مطالعه شامل:

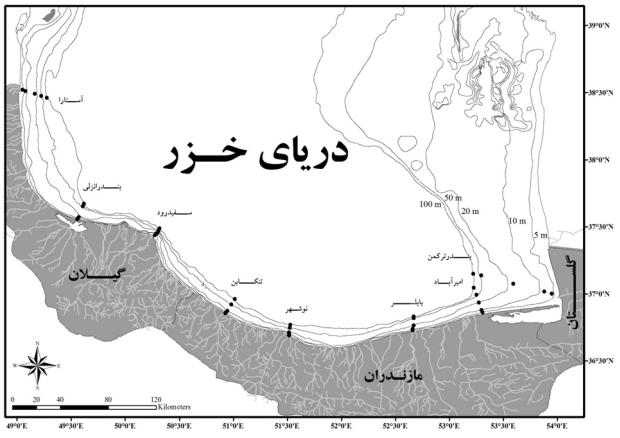
۱- مرور کلی بر گروه‌های تشکیل‌دهنده‌ی تجمع کفزیان دریای خزر ۲- تغییرات کمی و کیفی تجمعات کفزیان (تا سطح رده) تحت اثر پارامترهای محیطی و بافت بستر ۳- چگونگی وضعیت کیفی بوم‌سامانه بر اساس تجمع کفزیان است.

[1] Amphipoda
[2] Cumacea
[3] Plecypoda یا Bivalvia

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. ایستگاه‌ها و زمان نمونه‌برداری

بررسی پارامترهای محیطی و زیستی (کفزیان) سواحل ایرانی منطقه جنوبی دریای خزر طی چهار فصل (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) در هشت نیم خط عمود بر ساحل (آستارا، انزلی، سفید رود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیر آباد و بندر ترکمن) در ایستگاه‌هایی با اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر در سال ۱۳۸۸ انجام شد. به‌طور کلی در مجموع ۱۶۰ نمونه جمع‌آوری گردید. موقعیت نیم خط‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- موقعیت نیم‌خط‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

۲-۲. روش بررسی نمونه‌ها

تجهیزات دستگاهی، روش نمونه‌برداری و بررسی پارامترهای محیطی و کفزیان در این مطالعه به‌شرح جدول ۱ است.

نمونه‌برداری کفزیان با استفاده از گرب van veen انجام شد (Vinson and Hawkins, 1996). کفزیان با کمک کلید شناسایی اطلس بی‌مهرگان دریای خزر مورد شناسایی قرار گرفتند (Birshteina et al., 1968). سپس هرگونه (یا گروه) از این موجودات به‌طورجداگانه شمارش شدند و پس از خشک کردن روی کاغذ صافی، وزن تر آن‌ها با استفاده از ترازوی حساس (با دقت ۰/۰۰۱g)، اندازه‌گیری شد.

۲-۳. تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های کفزیان و پارامترهای محیطی بر اساس رتبه‌بندی انتقال داده شد و سپس نرمال بودن آن‌ها با رسم نمودار Q-Q و آزمون شاپیرو-ویلک[1] آن تایید شد (Siapatis et al., 2008). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون‌های پارامتری (ANOVA و همبستگی پیرسون (Pearson Correlation) بر روی داده‌های نرمال شده استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها در برنامه‌های آماری SPSS (Version 11.5) انجام گردید. جهت طبقه‌بندی داده‌های بوم‌شناختی از روش ریاضی تقلیل داده‌ها یعنی آزمون مولفه‌ی اصلی (PCA[2]) استفاده شد (Simeonov et al., 2001; Raftery, 1993; Hair et al., 1998; Stevenson et al., 2003 غیاثوند، ۱۳۸۷). همچنین جهت تعیین روابط فصلی بین تراکم رده‌های غالب کفزیان و پارامترهای محیطی علاوه بر آزمون بالا از آزمون تناظر متعارف کننده (CCA[3]) استفاده شده است (Ter Braak, 1986; Ter Braak and Prentice, 1988; Nasrollahzadeh et al., 2011).

۳. نتایج

در این بررسی سه شاخه از کفزیان (بندپایان، کرم‌های حلقوی و نرمتنان) شامل ۵ رده (سخت‌پوستان، حشرات، کم‌تاران، پرتاران و دوکفه‌ای‌ها)، ۸ راسته، ۱۱ خانواده، ۲۶ جنس و ۲۴ گونه شناسائی گردید. بیشترین و کم‌ترین میانگین تراکم به‌ترتیب در پرتاران (۱۲۲۶±۶۱۷۳ عدد در مترمربع) و سخت‌پوستان (۳۶±۱۲۹ عدد در مترمربع) و در فصل تابستان مشاهده شد. تغییرات درصد تراکم رده‌های غالب کفزیان (پرتاران، کم‌تاران و سخت‌پوستان) در فصول مختلف در نمودار ۱ نشان داده شده است. طبق نمودار ۱ اگرچه تراکم کفزیان در کلیه فصول تحت تاثیر رده‌ی پرتاران بوده است، اما در فصل بهار، تراکم کفزیان علاوه بر پرتاران از کم تاران نیز تاثیر پذیرفته است. به‌نحوی که بیش از ۸۰ درصد تراکم کفزیان در فصول تابستان، پاییز و زمستان مربوط به رده‌ی پرتاران بوده است. اما در بهار سهم این رده در ایجاد تراکم کفزیان به ۶۰ درصد رسیده است.

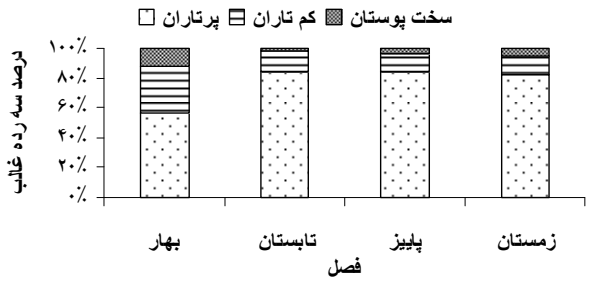
[1] = Shapiro-Wilk
[2] Principal Component Analysis
[3] Canonical Correspondence Analysis

جدول ۱- تجهیزات، روش نمونه‌برداری و بررسی پارامترهای مختلف در منطقه‌ی جنوبی دریای خزر

پارامترهای محیطی	تجهیزات دستگاهی	روش بررسی (منبع)
دمای آب	ترمومتر برگردان	APHA, 2005
شوری	دستگاه شوری سنج مدل ΓM_65M روسی با دقت ۰/۰۱	Sapozknikov et al., 1988
pH	pH متر پرتابل (WTW 320) با دقت ۰/۰۱	-
اکسیژن محلول (DO)	بطری وینکلر	روش وینکلر (Winkler) (Katunin and Sapozhnikov, 1997; APHA, 2005).
درصد اشباعیت (DO%)	-	با استفاده از دما و شوری و جدول استاندارد روسی اشباعیت محاسبه گردید (Sapozhnikov et al., 1988)
مواد آلی بستر (TOM)	نمونه‌برداری با گرب (van veen grab) (Vinson and Hawkins, 1996)	کروزه خالی پس از خشک شدن در آون و سرد شدن در دسیکاتور توزین گردید (A). سپس مقداری از رسوب، در سه تکرار در کروزه چینی به‌مدت۲۴ ساعت درآون (۱۰۵ °C) خشک شد و پس از سرد شدن در دسیکاتور توزین گردید (B). سپس کروزه محتوی رسوب ۴ ساعت در کوره الکتریکی (۵۵۰°C) قرار گرفته و پس از سرد شدن دوباره توزین گردید (C). میزان T.O.M با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید: T.O.M% = (B-C / B-A) × 100 (Holme and Mcintyre, 1984)
دانه‌بندی رسوبات	نمونه برداری با گرب (van veen grab) (Vinson and Hawkins, 1996)	۱۰۰ گرم از رسوب به‌مدت ۱۲ ساعت در هگزامتافسفات سدیم (با غلظت ۶٫۳۸ گرم در لیتر) قرار داده و سپس روی شیکر الکتریکی به‌ترتیب از الک با چشمه ۱۰۰۰و۵۰۰ و۲۵۰ و ۱۲۵ و ۶۳ میکرون عبور داده و پس از خشک نمودن در آون، رسوب باقیمانده روی هر الک وزن گردید (Holme and Mcintyre, 1984).

دانه‌بندی رسوبات در این تحقیق به سه طبقه silt-clay (<۶۳ µm)، sand (۶۳-۱۰۰۰ µm) و gravel (>۱۰۰۰ µm) تقسیم‌بندی گردیده است و آزمون های آماری براساس این طبقه‌بندی انجام شد.

در این فصل مشارکت رده‌های کم‌تاران و سخت‌پوستان در تراکم کفزیان به‌ترتیب ۳۰ و ۱۰ درصد بوده است. در هر یک از فصول نیز از ۶۵ تا ۸۸ درصد از پرتاران را جنس *Streblospio* از خانواده Spionidae تشکیل داد.



نمودار ۱- درصد سه رده‌ی غالب کفزیان (تراکم) در فصول مختلف در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

در جدول ۲ و ۳ تراکم سالانه و فصلی کفزیان، رده‌های کم‌تاران، سخت‌پوستان، پرتاران و پارامترهای محیطی (در نزدیکی بستر دریا) و دانه‌بندی رسوبات آورده شده است. آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) نشان داد که میانگین تمام متغیرها به غیر از متغیر رسوبات دانه‌درشت[1] از ساحل (۵ متر) به دور از ساحل (۱۰۰ متر) اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$).

پارامترهای دما، درصد اشباعیت، pH و رسوبات ماسه دارای روند کاهشی از ساحل به دور از ساحل بوده، در حالی که کل مواد آلی و رسوبات رس-گلی روندی افزایشی داشته است. به بیان دیگر، با افزایش عمق، درصد رسوبات رس-گلی فزونی یافته است، به‌طوری‌که به بیش از ۹۵٪ (عمق ۱۰۰ متر) می‌رسد. رده‌ی پرتاران بالاترین تراکم را در کفزیان دارا بود. بیشترین تراکم پرتاران در مناطق ۲۰-۱۰ متر بوده است. به‌طوری‌که در آزمون ANOVA تفاوت معنی‌داری بین تراکم کفزیان اعماق مختلف (۱۰۰-۵ متر) مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). آزمون تکمیلی توکی[2] نیز نشان داد که تراکم در اعماق ۱۰ و ۲۰ متر در گروه جداگانه‌ای از ۵، ۵۰ و ۱۰۰ متر قرار داشت. اگرچه رده‌ی غالب (پرتاران) با رسوبات دانه‌درشت ($n=۱۵۷$، $p<۰/۰۵$، $r=۰/۲۷$)، دما ($n=۱۶۰$، $p<۰/۰۵$، $r=۰/۴۱$) و درصد اشباعیت اکسیژن ($n=۱۶۰$، $p<۰/۰۵$، $r=۰/۲۸$)، همبستگی معنی‌داری و مثبتی داشته است، اما با کل مواد آلی همبستگی معنی‌داری نداشته است. همچنین همبستگی تراکم‌کفزیان با کل مواد آلی ($n=۱۵۷$، $p<۰/۰۵$، $r=۰/۲۰$)، رسوبات دانه‌درشت ($n=۱۵۷$، $p<۰/۰۵$، $r=۰/۱۸$) و دما ($n=۱۶۰$، $p<۰/۰۵$، $r=۰/۲۸$) معنی‌دار و مثبت بوده است.

در بررسی سالانه‌ی کفزیان و پارامترهای محیطی (نزدیک بستر دریا) و رسوبات در آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA)، تغییرات شاخص KMO[3] برابر ۰/۶۳ بوده است و آزمون Barttlet دارای اختلاف معنی‌داری بوده است. درآنالیز مولفه‌های اصلی ۱۰ متغیر کفزیان و پارامترهای محیطی (در نزدیکی بستر دریا) و رسوبات

[1] gravel

[2] Tukey

[3] = Kaiser-Meyer-Olkin Test

بر اساس منحنی سنگریزه‌ای[1] و مقدار ویژه[2] بالای یک، به چهار مولفه (PC) با ۷۲/۵ درصد ازکل واریانس کاهش یافته است. مولفه‌ی یک به تنهایی ۳۲/۰ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه، دانه‌بندی رسوبات با درصد اکسیژن و دما با بار به‌عنوان عاملی قوی مشارکت داشته است. واریانس مولفه‌های دو و سه به‌ترتیب ۱۵/۳ و ۱۳/۶ از کل واریانس بود. در مولفه‌ی سه، متغیرهای محیطی و کفزیان مشارکت داشته‌اند. مولفه‌ی چهار با واریانس ۱۱/۵ شامل متغیر رسوبات دانه‌درشت بود (جدول ۴).

جدول ۲- تراکم سالانه‌ی کفزیان و سه رده‌ی غالب پرتاران، کم‌تاران و سخت‌پوستان، پارامترهای محیطی و دانه‌بندی رسوبات به‌همراه خطای معیار (SE) از ساحل به دور از ساحل در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

پارامترها	۵ متر	۱۰ متر	۲۰ متر	۵۰ متر	۱۰۰ متر
کفزیان (n/m^2)	۵۷۵۷±۱۲۰۷	۴۹۹۶±۷۹۸	۸۶۱۱±۱۵۰۵	۶۵۱۶±۶۴۶	۳۹۷۳±۴۶۶
پرتاران (n/m^2)	۴۴۷۹±۱۱۲۵	۴۰۸۴±۷۴۴	۸۲۷۴±۱۵۲۲	۴۰۷۱±۶۱۲	۱۷۵۹±۳۶۸
کم‌تاران (n/m^2)	۷۲۱±۱۴۴	۶۳۴±۱۴۱	۱۶۴±۸۵	۱۸۹۳±۳۱۴	۱۵۶۶±۲۹۸
سخت‌پوستان (n/m^2)	۲۱۵±۴۴	۱۲۰±۳۱	۱۶۵±۷۳	۵۲۲±۲۶۰	۵۱۲±۱۴۹
کل مواد آلی (٪)	۲۱۲±۰/۲۰	۲/۰۶±۰/۱۷	۳/۳۱±۰/۲۲	۴/۲۶±۰/۲۰	۴/۶۲±۰/۳۰
رسوبات دانه‌درشت (٪)	۱/۱۶±۰/۷۰	۱/۴۸±۰/۶۹	۰/۸۶±۰/۲۷	۲/۰۱±۰/۹۳	۰/۷۱±۰/۲۴
رسوبات رس-گلی (٪)	۴۴/۴±۷/۱	۴۵/۵±۶/۴	۸۵/۷±۳/۲	۹۴/۵±۱/۸	۹۶/۵±۱/۰
رسوبات ماسه‌ای (٪)	۵۴/۵±۷/۲	۵۳/۰±۶/۳	۱۳/۵±۳/۰	۳/۵±۱/۱	۲/۸±۰/۹
دما (°C)	۱۸/۶۱±۱/۱۱	۱۷/۶۶±۱/۱۷	۱۶/۷۲±۱/۱۴	۱۲/۳۹±۰/۶۹	۸/۴۲±۰/۱۹
شوری (ppt)	۱۰/۷۵±۰/۳۹	۱۲/۲۶±۰/۲۶	۱۱/۷۴±۰/۳۰	۱۱/۵۷±۰/۳۰	۱۱/۴۰±۰/۳۶
درصد اشباعیت (٪)	۱۳۸±۳	۱۲۹±۴	۱۲۰±۴	۱۰۴±۵	۸۲±۴
pH	۸/۴۵±۰/۰۳	۸/۴۷±۰/۰۲	۸/۴۳±۰/۰۳	۸/۳۹±۰/۰۳	۸/۳۲±۰/۰۳

جدول ۳- تراکم فصلی کفزیان و سه رده‌ی غالب پرتاران، کم‌تاران و سخت‌پوستان به همراه خطای معیار (SE) از ساحل به دور از ساحل در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸)

		بهار		تابستان		پاییز		زمستان	
		Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
۵ متر	کم‌تاران	۶۹۴	۲۹۵	۹۱۳	۳۹۹	۶۹۳	۱۸۱	۵۸۷	۲۸۳
	پرتاران	۳۳۷۷	۱۴۵۴	۷۵۸۰	۴۰۷۸	۳۸۰۹	۱۱۵۶	۳۱۵۱	۷۱۴
	سخت‌پوستان	۴۵۶	۱۲۸	۱۴۸	۵۵	۱۳۵	۴۲	۱۱۹	۵۰
۱۰ متر	کم‌تاران	۱۰۱۵	۳۷۴	۶۴۱	۳۵۵	۶۳۵	۲۰۰	۲۴۸	۹۷
	پرتاران	۳۲۵۳	۱۸۶۹	۵۳۸۵	۱۶۵۰	۴۶۷۸	۱۲۱۹	۳۰۲۰	۱۲۴۶
	سخت‌پوستان	۲۰۴	۷۷	۲۰	۱۵	۴۱	۲۱	۲۱۷	۷۸
۲۰ متر	کم‌تاران	۱۱۶	۴۶	۹۰	۳۶	۴۸	۲۲	۴۰۲	۳۳۷
	پرتاران	۲۷۰۳	۳۵۶	۱۳۷۸۲	۲۷۵۷	۱۲۵۸۵	۴۲۷۵	۴۰۲۸	۱۰۱۹
	سخت‌پوستان	۴۷۹	۲۴۲	۳	۳	۷	۷	۱۶۹	۱۱۹
۵۰ متر	کم‌تاران	۴۱۳۶	۶۴۸	۱۴۹۸	۳۳۸	۱۲۴۰	۴۱۸	۶۹۶	۱۷۵
	پرتاران	۲۵۸۸	۷۷۴	۱۹۷۰	۹۲۶	۶۱۱۶	۱۳۲۱	۵۶۱۰	۱۲۵۱
	سخت‌پوستان	۱۴۶۴	۹۷۶	۱۵۰	۵۲	۳۳۶	۲۶۴	۱۳۹	۵۸
۱۰۰ متر	کم‌تاران	۲۲۵۵	۷۹۹	۲۰۵۸	۷۳۷	۱۳۶۹	۳۷۳	۵۸۱	۷۸
	پرتاران	۲۸۷۰	۱۰۰۴	۲۱۵۰	۷۴۹	۱۴۶۰	۶۳۹	۵۵۷	۱۳۱
	سخت‌پوستان	۴۳۵	۱۷۵	۳۲۶	۱۴۳	۸۸۳	۵۳۰	۴۰۵	۱۸۲

در بررسی سالانه‌ی رده‌های غالب کفزیان و پارامترهای محیطی (نزدیک بستر دریا) و رسوبات در آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA)، تغییرات شاخص KMO برابر ۰/۷۰ بوده است و آزمون Barttlet دارای اختلاف معنی‌داری بوده است. در آنالیز مولفه‌های اصلی، ۱۱ متغیر کفزیان و پارامترهای محیطی (در نزدیکی بستر دریا) و رسوبات بر اساس منحنی سنگریزه‌ای و مقدار ویژه بالای یک، به سه مولفه (PC) با ۶۹/۸ درصد ازکل واریانس کاهش یافته است. مولفه یک به تنهایی ۳۷/۷ درصد از کل واریانس را شامل شده است. در این مولفه دانه‌بندی رسوبات با درصد اکسیژن و دما با بار عاملی قوی مشارکت داشته است (جدول ۵). واریانس مولفه‌های دو و سه به‌ترتیب ۱۶/۲ و ۱۵/۹ از کل واریانس بود (جدول ۵).

جدول ۴- روابط بین پارامترهای محیطی، رسوبات و کفزیان حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸) در ماتریکس مولفه‌ی دوران یافته در آنالیز چند متغیره PCA

متغیرها	مولفه‌ها	PC1	PC2	PC3	PC4
	واریانس (٪)	32/00%	30%/15	13/70%	11/50%
دما		۰/۴	۰/۵۴	۰/۳۷	
شوری			۰/۷		
pH			۰/۷۵		
درصد اشباعیت		۰/۵۷		۰/۳۲	
کل مواد آلی		-۰/۸۵			
رسوبات دانه‌درشت					۰/۹۲
رسوبات ماسه‌ای		۰/۹۴			
رسوبات رس-گلی		-۰/۹۵			
تراکم کفزیان				۰/۷۴	
زی‌توده کفزیان				۰/۷۵	

Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

جدول ۵- روابط بین پارامترهای محیطی ، رسوبات و رده‌های غالب کفزیان حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۸) در ماتریکس مولفه‌ی دوران یافته در آنالیز چند متغیره PCA

متغیرها	مولفه‌ها	PC1	PC2	PC3
	واریانس (٪)	37/70%	16/20%	15/90%
دما		۰/۶۷	۰/۴۵	
شوری			۰/۸۵	
pH			۰/۷۱	
درصد اشباعیت		۰/۷۸		
کل مواد آلی		-۰/۸۸		
رسوبات دانه‌درشت				۰/۷۱
رسوبات ماسه‌ای		۰/۹۳		
رسوبات رس-گلی		-۰/۹۴		
تراکم کم‌تاران		-۰/۶۲		
تراکم پرتاران				۰/۷۲
تراکم سخت‌پوستان				۰/۷۲

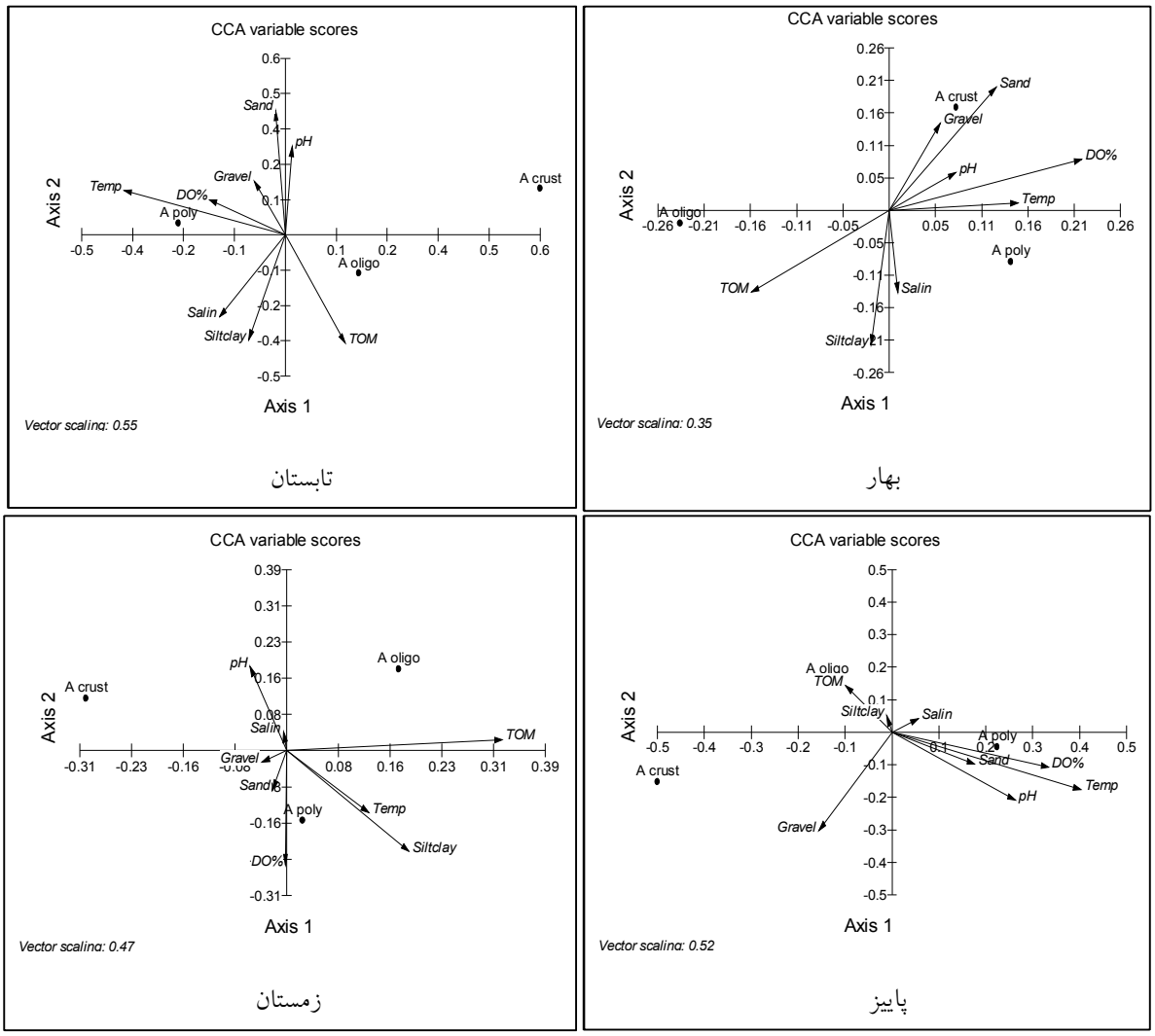
Extraction Method: Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

آنالیز CCA در فصل بهار نشان می‌دهد که همبستگی بین رده‌ها، متغیرهای محیطی و رسوبات در محورهای اول با واریانس ۲۳/۲ درصد و دوم با واریانس ۸/۴ درصد به‌ترتیب برابر Axis1=۰/۶۲ و Axis2= ۰/۴۶ بوده است. طبق آنالیز

[1] Scree plot
[2] Eigenvalue

CCA بر روی سه رده‌ی غالب کفزیان در فصل بهار، رده‌ی کم‌تاران بیشتر تحت تاثیر کل مواد آلی و رسوبات رس-گلی قرار گرفته است. سخت‌پوستان در بستر دارای بافت رسوبات دانه‌درشت و ماسه و با متغیرهای محیطی درصد اشباعیت، pH و درجه حرارت ارتباط مستقیم داشت. رده‌ی پرتاران بیشتر تحت تاثیر متغیر محیطی شوری قرار داشت (نمودار ۲).

آنالیز CCA در فصل تابستان نشان می‌دهد که همبستگی بین رده‌ها، متغیرهای محیطی و رسوبات در محورهای اول با واریانس ۴۵/۵ درصد و دوم با واریانس ۴/۸ درصد به‌ترتیب برابر Axis1= ۰/۸۱ و Axis2= ۰/۴۶ بوده است. آنالیز CCA بر روی سه رده غالب کفزیان در فصل تابستان نشان داد که ارتباط رده‌ی کم‌تاران با کل مواد آلی بیشتر از سایر رده‌ها بوده است. رده‌ی سخت‌پوستان تحت تاثیر متغیر pH قرارداشته‌اند. تراکم رده‌ی پرتاران متاثر از بافت رسوبات دانه‌درشت و ماسه و برخی از متغیرهای محیطی بوده است (نمودار ۲).

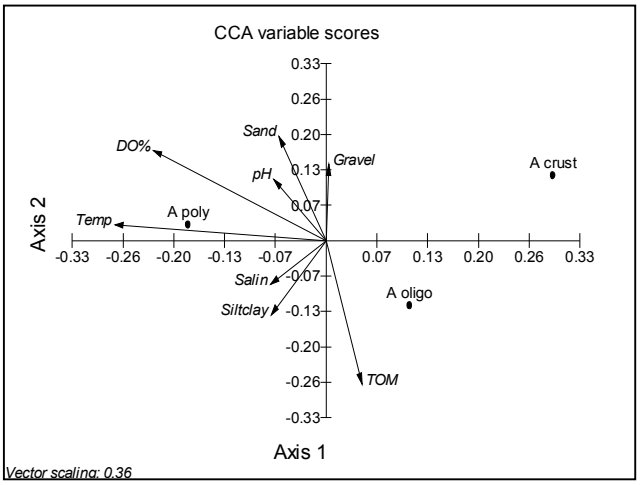


نمودار ۲ : آنالیز CCA با دومحور ۱ و ۲ برای سه رده‌ی غالب کفزیان در فصول مختلف در ارتباط با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (Oligo.= Oligochaeta; Poly.= Polychaeta; Crust.= Crustecea)

در فصل پاییز آنالیز CCA نشان داد که همبستگی بین رده‌ها، متغیرهای محیطی و رسوبات در محورهای اول با واریانس ۳۹/۸ درصد و دوم با واریانس ۶/۹ درصد به‌ترتیب برابر Axis1= ۰/۸۱ و Axis2=۰/۴۳ بوده است. طبق آنالیز CCA بر روی سه رده‌ی غالب کفزیان در فصل پاییز، رده‌ی کم‌تاران با کل مواد آلی و رسوبات رس-گلی همبستگی مثبت و ضعیفی نشان داد و رده‌ی

سخت‌پوستان تحت تاثیر رسوبات دانه‌درشت قرار داشتند. تراکم رده‌ی پرتاران متاثر از بافت رسوبات ماسه‌ای و برخی متغیرهای محیطی بوده است (نمودار ۲). آنالیز CCA در فصل زمستان نیز نشان داد که همبستگی بین رده‌ها، متغیرهای محیطی و رسوبات در محورهای اول با واریانس ۱۸/۳ درصد و دوم با واریانس ۱۵/۳ درصد به‌ترتیب برابر ۰/۶۳ =Axis1 و ۰/۵۵ =Axis2 بوده است. آنالیز CCA بر روی سه رده غالب کفزیان در فصل زمستان نشان داد که رده‌ی کم‌تاران تحت تاثیر کل مواد آلی بود، سخت‌پوستان تحت تاثیر pH و شوری قرار داشتند و تراکم رده‌ی پرتاران متاثر از متغیرهای دما و رسوبات رس-گلی بوده است (نمودار ۲).

آنالیز CCA بر روی داده‌های سالانه سه رده‌ی غالب کفزیان نیز نشان داد که اگرچه کم‌تاران بیشتر تحت تاثیر کل مواد آلی قرارداشتند و فقط متغیر رسوبات دانه‌درشت به‌طور مستقیم بر سخت‌پوستان اثرداشت، اما کاهش شوری و رسوبات رس-گلی سبب افزایش سخت‌پوستان گردید. رده‌ی پرتاران بیشتر تحت تاثیر رسوبات ماسه‌ای، دما، درصد اشباعیت اکسیژن و pH قرار داشت (نمودار ۳).



نمودار ۳- آنالیز CCA با دو محور ۱ و ۲ برای سه رده‌ی غالب کفزیان سالانه در ارتباط با متغیرهای محیطی و بافت رسوبات در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر (Oligo.= Oligochaeta; Poly.= Polychaeta; Crust.= Crustecea)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

تاثیرپذیری تجمعات کفزیان از شرایط محیطی، زیستگاهی و جریان‌های دریایی توسط محققین مختلف نشان داده شده است (Barnes, 1982; Dittmann, 2000 a, b). خصوصیات متفاوت تغذیه‌ای و بوم‌شناختی رده‌های مختلف سبب بروز تفاوت در چگونگی ظهور این ارتباطات می‌گردد. به‌طوری که در آزمون همبستگی پیرسون، تراکم کفزیان با کل مواد آلی، رسوبات دانه‌درشت، و دما معنی‌دار و مثبت گردید (<۰/۳۰) ولی رده پرتاران که در تابستان و اعماق ۵ تا ۲۰ متر دارای حداکثر تراکم بود تنها با رسوبات دانه‌درشت، دما و درصد اشباعیت اکسیژن رابطه‌ی معنی‌دار و مثبتی را نشان داد. در تحقیق انجام شده توسط اکرمی و همکاران (۱۳۸۷) نیز در خلیج گرگان (جنوب شرقی دریای خزر) در اعماق ۳-۱ متری بین میزان مواد آلی رسوبات و تراکم کفزیان در اعماق مختلف همبستگی مثبت بالایی در آزمون اسپیرمن مشاهده گردید. ضمن آنکه در مطالعه آن‌ها نیز نظیر مطالعه‌ی حاضر، تراکم کفزیان در فصول تابستان و پاییز نسبت به بهار و زمستان بیشتر بوده است. این تفاوت ممکن است به افزایش دما که با افزایش تولیدات فیتوپلانکتونی و ریزش آن‌ها به کف دریا و سرانجام افزایش مواد غذایی همراه می‌گردد، مربوط باشد (اکرمی و همکاران، ۱۳۸۷). چنان‌که به عقیده‌ی پورغلام (۱۳۷۴) در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر به‌خصوص از اعماق بیش از ۲۰ متر، ورود مواد ارگانیک نمی‌تواند چندان تحت تاثیر جریان‌های رودخانه‌ای باشد، بلکه به میزان زیادی به زی‌توده پلانکتون‌های سقوط کرده به کف دریا و نیز جریان‌های دریایی شمالی – غربی بستگی دارد.

از نظر بوم‌شناختی، تغییرات کفزیان به‌وسیله‌ی مجموعه‌ای از پارامترهای دما، شوری، اکسیژن، نوع بافت رسوب کنترل می‌گردد و تعیین یک پارامتر به‌عنوان کنترل‌کننده امکان پذیر نیست (Harkantra and Parulekar, 1991; Joydas, 2002). لذا برای فهم دقیق روابط در زیست‌بوم، انجام آزمون‌های چند متغیره مانند CCA و PCA بین تجمع کفزیان و نیز رده‌های غالب با پارامترهای مختلف محیطی و بافت رسوبات و مقایسه نتایج سودمند خواهد بود. آزمون PCA نشان داد که علاوه بر دما، درصد اشباعیت اکسیژن نیز با تراکم سالانه کفزیان دارای همبستگی مثبت بود (جدول ۴). رسوبات دانه‌درشت در آزمون PCA اهمیت چندانی در تراکم سالانه کفزیان نداشت، اما بر تراکم سالانه پرتاران و سخت‌پوستان اثر مثبت و شدیدی را نشان داد. در این آزمون، تراکم سالانه‌ی کم‌تاران بر خلاف دو رده‌ی غالب دیگر تحت تاثیر مثبت پارامترهای رسوبات ماسه‌ای، دما و درصد اشباعیت اکسیژن و اثرات منفی کل مواد آلی و رسوبات رس-گلی قرار گرفت. اگرچه نتایج حاصل از CCA کاملاً با

PCA مطابقت نداشت، اما به نظر می‌رسد که با شواهد و قوانین بوم‌شناختی بیشتر منطبق بوده است. اگرچه وجود ارتباطات درونی[1] از قبیل اثرات رده‌های بالا به پایین[2] در چرخه‌ی غذایی، ارتباط داخلی بین رده‌ها و گونه‌های کفزیان بر نتایج آزمون‌های چند متغیره اثر گذاشته است و در بعضی از موارد از بروز ارتباطات معمول جلوگیری می‌نمایند (and Kowalczewska, Goldyn 2008). همان‌طور که نتایج نشان داد، در آزمون CCA اولین رده‌ی غالب از نظر تراکم یعنی پرتاران در اکثر فصول با متغیرهای محیطی (دما، اکسیژن، pH) رابطه‌ی مستقیمی داشته است، اما در برخی فصول و سالانه با کل مواد آلی بستر همبستگی منفی داشته است. لذا در این آزمون بعضی پارامترها (مانند کل مواد آلی) برخلاف ارزیابی آزمون همبستگی پیرسون و آزمون مولفه اصلی(PCA) دارای اهمیت گردیدند. انتظار می‌رود که بر اساس آزمون CCA به‌دلیل ارتباط مثبت بین تراکم پرتاران و رسوبات دانه‌درشت از سویی، و ارتباط منفی پرتاران و کل مواد آلی از سویی دیگر، از عمق ۵ متر به ۲۰ متر (از ساحل تا دور از ساحل)، همراه با کاهش درصد رسوبات دانه‌درشت و افزایش کل مواد آلی در رسوبات از تراکم پرتاران کاسته شود، در حالی که بر اساس نتایج به‌دست آمده حداکثر تراکم پرتاران در میانگین سالانه و نیز برخی فصول در عمق ۲۰ متر با بافت رسوبی با دانه‌بندی ۸۵٪= رس-گلی و ۱۵٪= ماسه بوده است. مطالعه Gary و Elliott (۲۰۰۹) نشان داد که کاهش اکسیژن بیش از افزایش مواد آلی موجب کاهش فون‌های کفزی می‌گردد. در واقع افزایش مواد آلی به تنهایی سبب اثرات سوء بر فون کفزی نمی‌گردد، بلکه برعکس مواد غذایی بیشتری را برای موجود فراهم می‌کند تا افزایش یابند؛ به شرط آنکه افزایش مواد آلی نفوذ پذیری بستر را کم نکند. این امر احتمالاً سبب شده است که در طی این مطالعه افزایش تراکم پرتاران تا حد معینی تابع افزایش رسوبات رس-گلی(۸۵٪) گردد و پس از آن با افزایش ۱/۱ برابری رسوبات رس-گلی و کاهش ۳/۹ برابری رسوبات ماسه‌ای از عمق ۲۰ به ۵۰ متر در طی یکسال مطالعه، تراکم این رده ۵۰ درصد کاهش یابد (بروز رابطه منفی بین تراکم پرتاران و کل مواد آلی، رسوبات رس-گلی). براین اساس در مطالعه Ramskov و Farbes (۲۰۰۸) در خلیج Guanabara نیز زی‌توده‌ی پرتاران با اکسیژن رابطه‌ای مستقیم و با کل مواد آلی رابطه‌ای منفی داشت. افزایش و کاهش ناگهانی تجمع کفزیان در مطالعه بندانی و همکاران (۱۳۸۶) در خلیج گرگان در اعماق ۳-۱ متری نیز مشاهده گردید. آن‌ها نیز این تجمعات لکه‌ای[3] را به وضعیت زیستی نامناسب از نظر بستر و دیگر شرایط محیطی مرتبط دانستند. زیرا در این نوع توزیع، محیط‌های نامساعد، موجودات زنده را به‌سوی مناطق با شرایط زیستی بهتر سوق می‌دهد. در مطالعه‌ی انجام شده توسط Mendez (۲۰۰۷) در آب‌های عمیق (۲۱۱۰-۷۳۲ متر) خلیج در جنوب شرقی کالیفرنیا نیز آزمون CCA نشان داد که رسوبات گلی[4] با کل مواد آلی بالا (۱۸/۷٪-۱۸/۲۶٪) نقش چندانی در تراکم پرتاران نداشته است، در حالی که عمق ایستگاه، اکسیژن و درجه حرارت نقش مهمی در توزیع پرتاران داشته‌اند.

در مطالعه‌ی حاضر جنس *Streblospio* (از پرتاران) در همه فصول در تجمع کفزیان غالب بوده است. شایان ذکر است که این جنس به خانواده Spionidae و رده‌ی پرتاران تعلق دارد و رسوب خواری (sediment-feeder) از ویژگی‌های تغذیه‌ای این رده و خانواده محسوب می‌گردد (Ramskov and Farbes, 2008; Gray and Elliot, 2009) و بعضی از آن‌ها قادرند که با توانایی تغذیه ای دوگانه‌ی خود هم از رسوب و هم از مواد معلق تغذیه نمایند و با توانایی حرکت خود قادرند که چند سانتی‌متر را به هنگام کمبود غذا و یا رویارویی با مسائل خاص طی نمایند. این توانایی‌ها به آنها خصوصیاتی نظیر فرصت طلبی، مقاومت به افزایش مواد آلی، توان بالا در استفاده از منابع و زیست در مساکن متفاوت (توان رقابتی بالا به هنگام محدودیت منابع غذایی) می‌دهد که سرانجام سبب غالبیت و تکثیر زیاد این جنس به‌خصوص در محیط‌های آلوده و تحت تنش می‌گردد به‌طوری که که کنترل جمعیت در محیط‌های تازه‌ی اغتشاش یافته توسط این جنس صورت می‌گیرد (Whitlach,1980; Reish, 1979; Grassle and Grassle, 1974). لذا می‌توان نتیجه گرفت که در حوضه‌ی مورد مطالعه ترکیبات رسوبات کف و میزان کافی از مواد آلی، زیستگاه و منابع غذایی مناسبی را برای رده‌ی پرتاران فراهم نموده است. ضمن آنکه ظهور و افزایش تراکم *Streblospio* می‌تواند شاهدی بر افزایش بار آلی و تنش در بوم‌سامانه‌ی دریای خزر به‌خصوص از دهه‌ی ۱۳۸۰ باشد (طاهری و همکاران، ۱۳۸۲).

[1] Auto-correlation
[2] top-down
[3] Patch
[4] muddy

تراکم دومین رده غالب یعنی کم‌تاران بر خلاف رده‌ی پرتاران، در بررسی سالانه و نیز همه فصول، رابطه‌ای مستقیم با کل مواد آلی (TOM) و با متغیرهای محیطی رابطه‌ای عکس داشته است. لذا همان طوری که Cook و Brinkhurst (۱۹۷۳) نیز عنوان نمودند، در این تحقیق نیز با افزایش کل مواد آلی رسوبات و کاهش درصد اشباعیت اکسیژن، تراکم رده کم‌تاران فزونی یافت که با نتایج CCA نیز یکسان بوده است. Nijboer و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش کردند که دما عامل موثری بر توزیع کم‌تاران است، به‌طوری که افزایش دما باعث کاهش تراکم رده کم‌تاران می‌گردد. نتایج این تحقیق هم نشان داد که تراکم این رده در مناطق عمیق دارای دمای پایین‌تر یشتر بوده و تراکم آن با دمای آب در تمام فصول (به غیر از زمستان) همبستگی منفی داشت. درصد تراکم رده کم‌تاران اگرچه در تجمعات کفزیان دریای خزر از سال ۱۳۷۵ تاکنون به‌دلیل افزایش شدید پرتاران، از ۲۱ درصد به ۱۷درصد رسیده است (سلیمانی رودی و همکاران،۱۳۹۱)، اما اشغال دومین رتبه تراکمی توسط کم‌تاران (دارای تغذیه رسوب خواری) (Vaccari et al., 2006) که ارتباط منفی با درصد اشباعیت اکسیژن و ارتباط مثبت با کل مواد آلی (شاخص آلودگی و افزایش سطح تروفیکی) (Ramskov and Farbes, 2008) داشته است می‌تواند شاهدی دیگری بر افزایش آلودگی و سطح تروفیکی دریای خزر باشد. قابل ذکر است علی‌رغم آنکه کم‌تاران تنها در سطح خانواده شناسایی شدند، اما با توجه به افزایش آنها در اکثر فصول در اعماق بالاتر، به‌نظر می‌رسد شامل گونه‌هایی باشد که نسبت به بار آلی مقاوم هستند و قادرند که غذای خود را از رسوبات زیر لایه سطحی و دارای کل مواد آلی (TOM) بالا تامین کنند (Gray and Elliott, 2009).

رده‌ی سخت‌پوستان (سومین رده‌ی غالب در تراکم) نیز در فصول مختلف با بافت بستر و متغیرهای محیطی همبستگی معنی‌داری داشته است. حداکثر تراکم سخت‌پوستان در ۵۰ و ۱۰۰ متر مشاهده گردیده، با وجود آنکه آزمون CCA بیانگر همبستگی منفی بین تراکم سخت‌پوستان و رسوبات رس-گلی بود. Warwick و همکاران (۱۹۸۷) و Olsgard و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که علاوه بر وضعیت دانه‌بندی، میزان مواد آلی بستر و پارامترهای محیطی، میزان آلودگی آب و رسوب نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان فراوانی کفزیان دارند. چنان‌که در مطالعه‌ی نصرالله‌زاده و همکاران (۱۳۹۱)، دو رده‌ی کم‌تاران و سخت‌پوستان بر خلاف پرتاران ارتباط معنی‌دار و معکوسی را برخی پارامترهای آلودگی نشان دادند. از سوی دیگر همان‌طور که در این تحقیق نشان داده شد و Rawson و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیان نمودند، پارامترهای فیزیکوشیمیایی و زیستگاهی در مقایسه با پارامترهای آلودگی اثر بارزتری بر تراکم پرتاران داشته‌اند.

۵. سپاسگزاری

این پروژه به‌وسیله‌ی موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و وزارت جهاد کشاورزی تامین مالی گردید. از پرسنل بخش اکولوژی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر برای آنالیز نمونه‌ها تشکر می‌کنیم. همچنین از کاپیتان و خدمه کشتی تحقیقاتی گیلان جهت همکاری در نمونه‌برداری قدردانی می‌گردد. همچنین از آقای دریانبرد جهت تهیه نقشه و سرکار خانم علوی در تنظیم مقاله تشکر و قدردانی می‌گردد. در نهایت، از داوران محترم که با پیشنهادات و نظرات سازنده خود در ارتقا و بهبود کیفیت این مقاله کمک کرده‌اند کمال تشکر را داریم.

منابع

اکرمی، ر.؛ بندانی،ع.ع.؛ قرایی، ا.؛ میردار هریجانی،ج.؛ کرمی،ر.، ۱۳۸۷. بررسی جمعیت کفزیان و ارتباط آن با مواد آلی رسوبات بستر در ساحل شمالی خلیج گرگان (دریای خزر). مجله علمی شیلات ایران. سال هفدهم. شماره ۲. صفحات ۱۷-۹.

بندانی، غ.غ.؛ اکرمی، ر.؛ طاهری،م.؛ ملا غلامعلی، م. ؛ یلقی، س.، ۱۳۸۶. بررسی فراوانی، پراکنش و زی توده پرتاران در ساحل شمالی خلیج گرگان. مجله علمی شیلات ایران. سال شانزدهم. شماره ۲. صفحات ۵۱-۴۵.

پورغلام، ر. ۱۳۷۴.، هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوضه‌ی جنوبی دریای خزر با همکاری انسیتوتحقیقات کاسپنریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، ۷۴-۱۳۷۳. انتشارات مرکز تحقیقات شیلات مازندران. ۳۸۹ صفحه.

سلیمانی رودی، ع.، ۱۳۷۳. فون بنتیک حوضه‌ی جنوبی دریای خزر، اعماق ۴۰ تا ۸۰ متر. مجله علمی شیلات ایران، سال سوم، شماره ۲، صفحات ۵۶-۴۱.

سلیمانی رودی، ع.؛ هاشمیان، ع.؛ سالاروند.؛ رئیسیان، ا.؛ نصرالله‌زاده ساروی، ح.؛ فارابی، س.م.و.؛ مخلوق، آ.؛ نادری، م.؛ اسلامی، ف.؛ الیاسی، ف.؛ نظران، م.؛ دشتی، ع.؛ رضایی نصرآبادی، ع.؛ سلمانی،

ع.؛ کاردر رستمی، م.، ۱۳۹۱. بررسی تنوع، پراکنش ، فراوانی و زی‌توده ماکروبنتوزها در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸. ساری: انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۱۰۸ صفحه.

طاهری، م.؛ سیف‌آبادی، س.ج.؛ ابطحی، ب.؛ و یزدانی فشتمی، م.، ۱۳۸۲. گزارش اولین مشاهده خانواده Spionidae (کرم پرتار) در سواحل شهرستان نور- جنوب دریای خزر. مجله علوم و فنون دریایی ایران. دوره ۲. شماره ۲ و ۳. صفحات ۸۵-۸۳.

غیاثوند، ا. ۱۳۸۷. کاربرد آمار و نرم افزار SPSS در تحلیل داده‌ها. تهران: نشر لویه. ۳۰۵ صفحه.

فارابی، م.و.، ۱۳۹۰. طرح پروژه هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلودگیهای زیست محیطی حوضه‌ی جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷. ساری: انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۹۶ صفحه.

فضلی، ح.؛ فارابی، م.و.؛ دریانبرد، غ.ر.؛ گنجیان، ع.؛ واحدی، ف.؛ واردی، ا.؛ هاشمیان، ع.؛ روشن‌طبری، م.؛ روحی، ا.، ۱۳۸۹. پروژه تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر از ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۵. ساری: انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۱۹۸ صفحه.

کوثری، س.؛ وثوقی، غ.م.؛ فارابی، س.م.و.؛ و سلیمانی رودی، س.، ۱۳۸۸. مقایسه فراوانی و زیتوده کفزیانی دریای خزر در حوضه استان مازندران. مجله علمی شیلات ایران. شماره ۱۸ (۲). صفحات ۱۲۷-۱۱۹.

لالوئی، ف.؛ روشن طبری، م.؛ روحی، آ.؛ تکمیلیان ، ک.؛ مخلوق، آ.؛ گنجیان، ع.؛ رستمیان، م.؛ فلاحی، م.؛ محمدجانی، ط.؛ سبک آرا، ج.؛ تهامی، ف.؛ مکارمی، م.؛ حیدری، ع.؛ میرزاجانی، ع.؛ کیهان ثانی، ع.؛ واحدی، ف.؛ خداپرست، ح.؛ وطن دوست، م.؛ نصراله تبار، ع.؛ زلفی نژاد، ک.؛ هاشمیان، ع.؛ سالاروند، غ.؛ قانع، ا.؛ طالبی، د.؛ نصرالله زاده، ح.؛ واردی، ا.؛ نجف پور، ش.؛ کیاکجوری، ح.؛ عابدینی، ع.؛ غلامی پور، س.؛ ملکی شمالی، م.؛ افراز، ع.؛ صابری، ح.؛ بابایی، ه.؛ و پرشکوهی، ک.، ۱۳۸۳. هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه جنوبی دریای خزر. انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۳۹۴ صفحه.

مائی سیو، پ.ا.؛ و فیلاتووا، ز.آ.، ۱۹۸۵. جانوران و تولیدات زیستی دریای خزر (مترجم شریعتی) مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ۴۰۵ صفحه.

میرزاجانی، ع.؛ غنی نژاد، د.؛ قانع ساسان سرایی، ا.، ۱۳۸۴. ارتباط میزان صید پره های ساحلی با فراوانی بی مهرگان کفزی دریای خزردر حوضه‌ی استان گیلان، مجله علمی پژوهش و سازندگی، (۶۸). صفحات ۹-۲.

نصراله‌زاده ساروی، ح.؛ نجف پور، ش.؛ روشن طبری، م.؛ مخلوق، آ.؛ و سلیمانی‌رودی، ع.، ۱۳۹۱. هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر در سال۱۳۸۸ . ساری: انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۲۳۴ صفحه.

هاشمیان، ع.؛ سلیمانی رودی، ع.؛ سالاروند، غ.؛ الیاسی، ف.؛ نظران، م.؛ دشتی، ع.؛ نورانی، آ.؛ اسلامی، ف.؛ غلامی، م.؛ کاردر رستمی، م.؛ شعبانی، خ.، ۱۳۹۰. بررسی تنوع، پراکنش و فراوانی زی‌توده ماکروبنتوزها در حوضه‌ی جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۷. انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۷۷ صفحه.

هاشمیان، ع.؛ نیکوئیان، ع.؛ ملک‌زاده کرباسی، ع.؛ ربانی، م.؛ جوانشیر، آ.؛ فاطمی، م.؛ روشن طبری، م.؛ روحی، ا.؛ مخلوق، آ.؛ گنجیان، ع.؛ تهامی، ف.؛ رستمیان، م.؛ کیهان ثانی، ع.؛ سالاروند، غ.؛ شیخ-الاسلامی، ع.؛ فراخی، ع.؛ امانی، ق.؛ واحدی، ف.؛ علومی، ی.؛ واردی، ا.؛ نجف‌پور، ش.؛ سلمانی ، ع.؛ غلامی‌پور، س.؛ یونسی‌پور، ح.، ۱۳۸۸. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی و آلودگی‌های زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوضه‌ی جنوبی دریای خزر سال ۱۳۸۳. انتشارات پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۱۳۴ صفحه.

APHA (American Public Health Association)., 2005. Standard methods for the examination of water and waste water. Washington, DC, USA. 1113 p.

Barnes, R.S.K.; Hugses R.N., 1982. An introduction to marine ecology. Blackwell Scientific Publiciation. London, UK. 339 p.

Birshteina, Ya. A.;Vinogradova, L. G.; Kondakova, N. N.; Kun, M.S.; Astahoboj , T.V.; Romanovoj , N.N., 1968. Atlas of invertebrates of the Caspian Sea. Moscow, (in Russian). 413p.

BSC., 2008. State of the Environment of the Black Sea (2001-2006/7). Edited by Temel Oguz. Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea against Pollution (BSC) 2008-3, Istanbul, Turkey. 421p.

Cook, D. G.; Brinkhurst, R. O., 1973. Marine flora and fauna of the Northeastern, Annelida: Oligochaeta. National Marine Fisheries Service NOAA Technical

polychaete fauna and environmental factors in the southeastern Gulf of California, Mexico. Scientia Marina, 71: 605-622.

Nasrollahzadeh, H.S.; Makhlough, A.; Pourgholam, R.; Din, Z.B.; Foong, S.Y., 2011. Multivariate analysis of water quality parameters and phytoplankton composition in the southern of Caspian Sea. International Aquatic Research, 3: 205-216.

Nijboer, R.C.; Wetzel, M.J.; Verdonschot, P.F.M., 2004. Diversity and distribution of *Tubifi cidae*, Naididae, and Lumbriculidae (Annelida: Oligochaeta) in the Netherlands: an evaluation of twenty years of monitoring data. Hydrobiologia, 520: 127-41.

Olsgard, f.; Somerfield, P. J.; Carr M. R., 1998. Relationships between taxonomic resolution, macrobenthic community patterns and disturbance. Marine Ecology Progress Series, 172: 25-36.

Raftery, A., 1993. Bayesian model selection in structural equation models. In: K. Bollen and J. Long

Ramskov, T.; Forbes, V.E., 2008. Life history and population dynamics of the opportunistic polychaete Capitella sp. I in relation to sediment organic matter. Marine Ecology Progress Series, 369:181-192.

Rawson, C.A. ; Tremblay, L.A. ; Warne, M. ; Lim, R.P. ; Kookana, R. ; Ying, G.; Chapman, J.C., 2010. Benthic macroinvertebrate assemblages in wetlands of Sydney Olympic Park. Ecotoxicology, 19(8): 1589–1600.

Reish, D.J., 1979. Bristle worms (Annelida: Polychaeta). in: Hart CW and Fuller SLH (eds). Pollution Ecology of Estuarine Invertebrates. Academic Press, New York. 77-125 pp.

Roohi, A.; Kideys, A.; Sajjadi, A.; Hashemian, A.; Pourgholam, R.; Fazli, H.; Ganjian Khanari, A.; Eker-Develi, E., 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore Mnemiopsis leidyi. Biological Invasions, reports, United States.Washington. 25p.

Dittmann, S., 2000a. Zonation of benthic communities in a tropical tidal flat of north-east Australia. Journal of Sea Research, 43:33-51.

Dittmann, S., 2002b. Benthic fauna in tropical tidal flats of Hinchinbrook Channel, NE Australia: diversity, abundance and their spatial and temporal variation. Wetlands Ecology and Management, 10:323-333.

Gołdyn, R.; Kowalczewska-Madura K., 2008. Interactions between phytoplankton and zooplankton in the hypertrophic Swarzędzkie Lake. Journal of Plankton Research, 30(1):33-39.

Grassle, I.F.; Grassle, J.P., 1974. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. Journal of Marine Research, 32: 253-284.

Gray, J.S.; Elliott, M., 2009. Ecology of marine sediments from science to Management, Oxford University Press, New York, 225p.

Hair, J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L., 1998. Multivariate data analysis, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., USA. 575p.

Harkantra, S. N.; Parulekar, A. H., 1991. Interdependence of environmental parameters and sand dwelling benthic species abundance: a multivariate approach. Indian Journal of Marine Sciences, 20: 232-234.

Holme, N.A.; Mcintyre A., 1984. Methods for study marine benthos IBP. Hand book. No.16. Second edition. Oxford. 387 p.

Joydas, T. V., 2002. Macrobenthos of the shelf waters of the west coast of India. Ph.D thesis submitted to Cochin University of Science and Technology. 130p.

Katunin, D.N.; Sapozhnikov, V.V., 1997. Comprehensive studies of the southern Caspian Sea ecosystems (seasonal surveys made from RN-Gylyan of the joint Russia-Iran expedition august-september-1993 february-1996). Okeanologia, 37(1): 152-154.

Mendez, N., 2007. Relationships between deep-water

Macrobenthos. Marine Biology, 6: 1-12.

Stevenson, J.R.; Irz, X. T.; Alcalde, R.G.; Petit, J.; Morissens, P., 2003. Coastal aquaculture systems in the Philippines: A Typology of brackish water pond aquaculture systems in the Philippines. The university of Reading publisher, Philippines. 41p.

Ter Braak, C. J. F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology, 67: 1167-1179.

Ter Braak, C. J. F.; Prentice, I. C., 1988. A theory of gradient analysis. Advances in Ecological Research, 18: 271-317.

Vaccari, D.; Strom, P.; Alleman, J., 2006. Environmental biology for engineers and scientific. John Wiley and Sons, INC Publication., New Jersy. 931p.

Vinson., Hawkins. 1996. (http:///j%A/Benthic%252. Macroinvertebrate %252. Protocils.htm).

Warwick, R. M.; Pearson, T. H.; Ruswahyuni., 1987. Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method. Marine Biology, 95: 193-200.

Whitlach, R.B., 1980. Patterns of resource utilization and coexistence in marine intertidal deposit-feeding communities. Journal of Marine Research, 38:743-765.

12: 2343- 2361.

Sapozhnikov, V.N.; Agativa, A.E.; Arjanova, N.V.; Nalitova, E.A.; Mardosova, N.V.; Zobarowij, V.L.; Bandarikov, E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia. 310p.

Shiganova, T.A.; Dumont, H.J.; Sokolsky, A.F.; Kamakin, A.M.; Tinenkova , D.; Kurasheva, E.K., 2004. Population dynamics of *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea, and effects on the Caspian ecosystem. In: Dumont H, Shiganova TA, Niermann U (eds) InAquatic Invasions in the Black, Caspian, and Mediterranean Seas, vol 35. Kluwer, Dordrecht, 71–111pp.

Siapatis, A.; Giannoulaki, M.; Valavanis, V. D.; Palialexis, A.; Schismenou, E.; Machias, A.; Somarakis, S., 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. Hydrobiologia, 612: 281–295.

Simeonov, V.; Sarbu, C.; Massart, D. L.; Tsakovski, S., 2001. Danube River Water Data Modelling by Multivariate Data Analysis. Springer-verlag. Mikrochim. Acta, 137: 243-248.

Sokolova, M. N., 1972. Trophic Structure of Deep-Sea