20.1001.1.20080026.1401.16.2.1.0

همبستگی پارامترهای زیستی و غیرزیستی به روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی در منطقه جنوب دریای خزر

سیدمحمدوحید فارابی[1*]، ابولقاسم روحی [1]

[1]سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری، فرح‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۲

چکیده

موجودات زیستی (فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماکروبنتوز و شانه‌دار *Mnemiopsis leidyi*) به همراه برخی عوامل غیرزیستی (فیزیکوشیمیایی و آلاینده‌های آب) در سال ۱۳۸۷ در کرانه جنوبی دریای خزر بین طول جغرافیایی ۵۴-۴۸ درجه و عرض جغرافیایی ۳۹-۳۶ درجه مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری در ۴ فصل و در ۸ نیم‌خط عمود بر ساحل در منطقه آستارا، انزلی، سفیدرود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و بندرترکمن انجام شد. نمونه‌ها از اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر و لایه‌های مختلف جمع‌آوری شد. آنالیز داده‌ها به روش غیرپارامتریک و همچنین با به‌کارگیری روش آماری چندمتغیره انجام شد. نتایج نشان داد که برخی از عوامل فیزیکوشیمیایی آب شامل نیتروژن آلی، نیتروژن معدنی (آمونیوم)، شوری و دمای آب نسبت به عوامل دیگر از اهمیت بیشتری برخوردارند. همچنین فراوانی و زی‌توده شانه‌دار *M. leidyi* به دمای آب، شفافیت و ترکیبات نیتروژن مرتبط بود و سبب تغییر مستقیم در فراوانی، زی‌توده و ترکیب گونه‌ای موجودات پلانکتونی شده است. به طوری که تعداد گونه‌های زئوپلانکتون پیش از ورود شانه دار *M. leidyi* ۵۰ گونه بود و در این مطالعه از آنها تنها ۱۰ گونه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: دریای خزر، فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، شانه‌دار، عوامل فیزیکوشیمیایی

مقدمه

دریای خزر با توجه به موقعیت جغرافیایی، وسعت، وجود ذخایر زیستی گیاهی و جانوری، منابع نفت و گاز، صید و استحصال خاویار از ماهیان خاویاری، صید ماهیان استخوانی و حمل و نقل دریایی در منطقه آسیای میانه از اهمیت خاصی برخوردار است. ارتباط نداشتن دریای خزر با آب‌های آزاد، سبب گردیده که فعالیت‌های انسانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییر شرایط طبیعی اکوسیستم این دریا محسوب گردد. ورود آلاینده‌ها، انتقال گونه‌های جانوری و بهره‌برداری‌های نامناسب از منابع زیستی و غیرزیستی دریا به‌عنوان شاخصه‌های تأثیر بشر بر این اکوسیستم می‌باشد. تغییرات جوامع گیاهی و جانوری دریای خزر از سال ۱۳۸۰ نشان داد که اکوسیستم طبیعی آن بیش‌تر از پیش تحت عوامل زیستی (گونه مهاجم شانه‌دار *Mnemiopsis leidyi* : Roohi و همکاران (۲۰۰۸) و Roohi و همکاران (۲۰۱۰)) و غیرزیستی (آلاینده‌ها) قرار دارد. حوادثی چون مرگ گروهی فک‌ها در سال ۱۳۷۹ که تا ۱۰ اردیبهشت ۱۳۸۶ در سواحل قزاقستان ادامه داشته است (Caspian Environment Program (CEP)، ۲۰۰۵)، کاهش صید ماهیان خاویاری و برخی ماهیان استخوانی و پدیده شکوفایی جلبکی در سال ۱۳۸۵ (Caspian Environment Program (CEP)، ۲۰۰۹)

* مسئول مکاتبه: smv_farabi@hotmail.com

در دریای خزر را می‌توان متأثر از فعالیت‌های انسانی و آلاینده‌ها بر تغییر اکوسیستم طبیعی دانست. این حوادث به‌عنوان زنگ خطری است که نشان می‌دهد، دریای خزر با تهدید جدی روبرو است. بنابراین دریای خزر مغلوب توسعه تکنولوژی بشر شده است. آینده دریای خزر در گرو حفظ تنوع در بیوتوپ‌ها، فاکتورهای زیستی و غیرزیستی خواهد بود (Zenkevich، ۱۹۶۳) و هر اقدامی در دریای خزر باید با توجه به توان اکولوژیک آن صورت پذیرد.

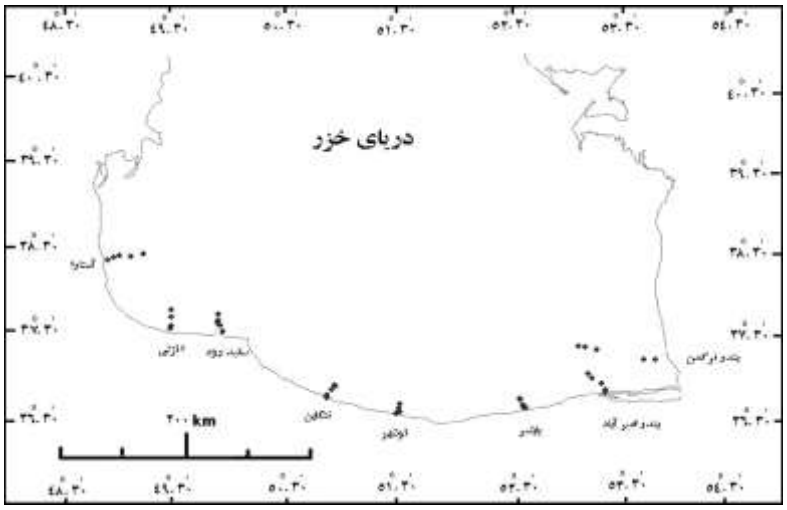
بررسی‌های بوم‌شناسی دریای خزر در سال‌های اخیر نشان داد که منطقه جنوبی بمانند منطقه شمالی دریا، میل به یوتروفی شدن دارد (Caspian Environment Program (CEP)، ۲۰۰۹). دریای خزر از نظر تولیدات اولیه و مواد غذایی، یک دریاچه فقیر محسوب می‌گردید و تنها قسمت شمالی آن به‌نسبت غنی‌تر بوده است (Aladin و Plotnikov، ۲۰۰۴). جامعه زئوپلانکتونی دریای خزر به چهار گروه اصلی تقسیم می‌شدند که شامل Cladocerans (کلادوسرا ها، ۲۷ گونه)، Rotatorians (روتاتوریاها، ۱۵ گونه)، Protozoans (تک یاخته ها، ۸ گونه)، Copepods (پاروپایان، ۶ گونه)، و سایر زئوپلانکتون های بنتوزی (۱۴ گونه). در سال ۷۵-۱۳۷۴ قبل از حضور ژله ماهیان و شانه داران، گروه Cladocerans فراوان ترین ترکیب گونه ای را با بیش از ۲۷ گونه داشتند که بشدت پس از ورود و گسترش شانه دار کاهش یافتند (Roohi و همکاران، ۲۰۲۱). بررسی‌های اخیر در مناطق کرانه‌ای جنوب دریای خزر نشان داد که این منطقه پس از ورود شانه‌دار *M. leidyi* از وضعیت اولیگوتروفی به‌سمت مزوتروفی و یوتروفی متمایل شده است (Ganjian Khenari و همکاران، ۲۰۱۰؛ Nasrollahzadeh Saravi و همکاران، ۲۰۰۸). اهداف اصلی در این پژوهش تعیین روابط منطقی جوامع زیستی (فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون، ماکروبنتوز و شانه‌دار دریای خزر *M. leidyi*) و غیرزیستی (فاکتورهای فیزیکوشیمیایی) برای اتخاذ تصمیم مناسب و ارائه راه‌حل‌های مناسب در حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از دریا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در کرانه جنوبی دریای خزر و بین عرض ۳۸-۳۶ درجه شمالی و طول ۵۴-۴۸ درجه شرقی صورت گرفت. نمونه‌برداری در ۴ فصل و ۸ ترانسکت (نیم‌خط عمود بر ساحل) از غرب به شرق شامل آستارا، انزلی، سفیدرود، تنکابن، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و ترکمن در سال ۱۳۸۷ به انجام رسید. ایستگاه‌های نمونه‌برداری براساس موقعیت مکانی، وضعیت شیب و نقاط حساس (نزدیک بودن به بنادر و رودخانه‌های مهم) و امکانات دریانوردی در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر انتخاب گردید (شکل ۱). فرآیند آنالیز پارامترهای عناصر زیستی و غیرزیستی در این پژوهش به‌شرح جدول ۱ انجام شد.

برای ثبت اطلاعات و کلاسه‌بندی داده‌ها از نرم‌افزار Excel (۲۰۱۰) و برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از برنامه آماری SPSS (Version.18) استفاده گردید. همچنین به‌منظور بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) استفاده شد (NIST/SEMATECH، ۲۰۱۰). با توجه به این‌که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نبودند، مقایسه میانگین فراوانی و زی‌توده فصلی موجودات پلانکتونی به روش Kruskal-Wallis انجام شد. داده‌های زیستی و غیرزیستی در ابتدا با log (x+1) به داده‌های جدید تبدیل شد و سپس طبقه‌بندی داده‌های اکولوژیک بین متغیرهای مختلف از روش چندمتغیری[1] براساس چند کمیت تصادفی غیرقابل مشاهده (عامل یا فاکتور) صورت گرفت (Simeonov و همکاران، ۲۰۰۱).

۱. Multivariate Analysis



شکل ۱- محل استقرار ترانسکت‌های نمونه‌برداری در منطقه جنوبی دریای خزر
(ایستگاه‌ها از ساحل به مناطق دور از ساحل دریا به‌ترتیب شامل عمق‌های ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر)

جدول ۱- روش نمونه‌برداری و بررسی پارامترهای مختلف در کرانه جنوبی دریای خزر

پارامترها	تجهیزات نمونه‌برداری	روش بررسی (منبع)
عوامل فیزیکوشیمیایی آب (۱۳۸ نمونه) (دمای آب، شفافیت، شوری، pH، مجموع جامدات محلول، اکسیژن محلول، یون آمونیوم، نیتریت، نیترات، نیتروژن معدنی و کل، فسفر معدنی، فسفر آلی و فسفر کل و سیلیس محلول)	دستگاه نسکین (Neskin)، روتنر (Ruttner) و روزت (Rosette multisampler)	استاندارد ۲۰۰۷ آب و فاضلاب (APHA، ۲۰۰۵؛ Eaton و همکاران، ۲۰۰۳؛ Sapozhnikov و همکاران، ۱۹۸۸)
فیتوپلانکتون (۱۳۸ نمونه)	دستگاه روتنر و روزت (Roohi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Roohi و همکاران، ۲۰۱۰)	Vollenweider (۱۹۷۴)، Newell (۱۹۷۷) و APHA (۲۰۰۵) برای شناسایی، شمارش و محاسبه زی‌توده (Roohi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Roohi و همکاران، ۲۰۱۰)
زئوپلانکتون (۱۳۸ نمونه)	تور مخروطی زئوپلانکتون (۱۰۰ میکرون) با قطر دهانه ۳۶ سانتی‌متر (Roohi و همکاران، ۲۰۰۸)، تثبیت نمونه با فرمالین ۴ درصد (Wetzel و likens، ۱۹۹۰)	شمارش و محاسبه به روش Newell (۱۹۷۷) (Roohi و همکاران، ۲۰۰۸) و وزن استاندارد □ زئوپلانکتون دریای سیاه (Roohi و همکاران، ۲۰۱۰)
شانه‌دار (*M. leidyi*) (۱۳۸ نمونه)	نمونه‌بردار توری با چشمه ۵۰۰ میکرون و قطر دهانه ۵۰ سانتی‌متر (Roohi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Roohi و همکاران، ۲۰۱۰)	محاسبه زی‌توده براساس طول و رابطه نمایی بین طول و وزن (Roohi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Roohi و همکاران، ۲۰۱۰)

در ابتدا آزمون شایستگی داده‌ها تحت آزمون KMO[1] و احتمال وجود همبستگی تحت آزمون Bartlett انجام شد (Raftery، ۱۹۹۳) و سپس برای تحلیل از روش مؤلفه‌های اصلی (PCA) با تعیین همبستگی بین متغیرها

۱- Kaiser-Meyer-Olkin Test

از طریق دوران عاملی واریمکس، جدول‌های ماتریس تبدیل مؤلفه‌ها استخراج گردید (Najafpour، ۲۰۰۷؛ NIST/SEMATECH، ۲۰۱۰؛ Pielou، ۱۹۸۴؛ Pradhan و همکاران، ۲۰۰۹).

تغییرات سالانه پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در کرانه جنوبی دریای خزر در جدول ۲ و همچنین میانگین فراوانی و زی‌توده و شاخص‌های پراکندگی (خطای استاندارد و ضریب تغییرات) موجودات پلانکتونی در فصل‌های مختلف در جدول ۳ آمده است.

نتایج

جدول ۲- تغییرات سالانه پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در کرانه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۷)

عمق / پارامتر	۰-۲۰ متر		۲۰-۱۰۰ متر		۰-۱۰۰ متر	
	میانگین	ضریب تغییرات	میانگین	ضریب تغییرات	میانگین	ضریب تغییرات
دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۱۸/۳۱±۰/۳۱	۳۳/۴۵	۹/۴۸±۰/۱۸	۱۸/۱۲	۱۶/۵۴±۰/۳	۳۹/۶۷
شفافیت (m)	۴/۸۱±۰/۲۳	۶۱/۳۷	–	–	۴/۸۱±۰/۲۳	۶۱/۳۷
شوری (ppt)	۱۲/۲۴±۰/۰۸	۱۲/۲۶	۱۲/۲۸±۰/۱۵	۱۱/۹۲	۱۲/۲۵±۰/۰۷	۱۲/۱۸
pH	۸/۳۲±۰/۰۱	۱/۸۳	۸/۲۲±۰/۰۲	۱/۹۸	۸/۳±۰/۰۱	۱/۹۲
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۸/۱۳±۰/۰۶	۱۳/۷۴	۷/۲۱±۰/۱۲	۱۶/۶	۷/۹۵±۰/۰۵	۱۴/۹۸
نیتریت (میکروگرم بر لیتر)	۰/۹۷±۰/۰۳	۵۴/۸۳	۰/۸۱±۰/۰۴	۵۱/۲۵	۰/۹۳±۰/۰۲	۵۴/۸
نیترات (میکروگرم بر لیتر)	۱۹/۱۸±۰/۴۴	۴۵/۲۷	۲۴/۳۲±۱/۲۳	۴۹/۶۶	۲۰/۲۱±۰/۴۴	۴۷/۸۴
یون آمونیم (میکروگرم بر لیتر)	۲۰/۵۲±۰/۸۹	۸۴/۴۸	۲۰±۲/۲	۱۰۷/۷۸	۲۰/۴۲±۰/۸۳	۸۹/۳۲
نیتروژن معدنی (میکروگرم بر لیتر)	۴۰/۲۴±۰/۹۹	۴۷/۷۱	۴۵/۱۳±۲/۳۹	۵۱/۷۸	۴۱/۲۳±۰/۹۳	۴۸/۹۵
نیتروژن آلی (میکروگرم بر لیتر)	۵۵۰/۴۱±۸/۴۱	۲۹/۸۱	۵۳۷/۱۱±۱۶/۶۷	۳۰/۲۶	۵۴۷/۷۵±۷/۵	۲۹/۸۸
نیتروژن کل (میکروگرم بر لیتر)	۸/۴±۵۸۵/۷۱	۳۵۵/۷۹	۱۶/۶۳±۵۷۶/۶۴	۳۵۳/۸۳	۵۸۳/۹±۱۶/۶۳	۳۵۵/۶۸
فسفر معدنی (میکروگرم بر لیتر)	۶/۷۶±۰/۱۵	۴۲/۳۶	۶/۶±۰/۲۹	۴۲/۳۴	۶/۷۳±۰/۱۳	۴۲/۳۳
فسفر آلی (میکروگرم بر لیتر)	۱۷/۳۳±۰/۳۵	۳۸/۸۷	۱۸/۲۵±۰/۹	۴۸/۲	۱۷/۵۲±۰/۳۳	۴۱/۰۷
فسفر کل (میکروگرم بر لیتر)	۲۴/۰۸±۰/۳۴	۲۷/۶	۲۴/۸۳±۰/۸۲	۳۲/۰۱	۲۴/۲۳±۰/۳۲	۲۸/۵۷
سیلیس محلول (میکروگرم بر لیتر)	۲۰۶/۱۳±۳/۵۱	۳۳/۲۹	۲۷۰/۰۳±۹/۱۷	۳۳/۲۷	۲۱۸/۹۴±۳/۵۵	۳۵/۴۵
نسبت نیتروژن معدنی به فسفر معدنی	۶/۸۶±۰/۲۲	۶۱/۴۸	۷/۹۷±۰/۵۱	۶۲/۴۵	۷/۰۸±۰/۲	۶۲/۰۹

جدول ۳- میانگین فراوانی و زی‌توده موجودات پلانکتونی در کرانه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۷)

	فصل	فراوانی *M. leidyi* شانه‌دار $n.m^{-3}$	زی‌توده *M. leidyi* شانه‌دار $g.m^{-3}$	فراوانی زئوپلانکتون $n.m^{-3}$	زی‌توده زئوپلانکتون $mg.m^{-3}$	فراوانی فیتوپلانکتون $1000\times n.m^{-3}$	زی‌توده فیتوپلانکتون $n.m^{-3}$
بهار	میانگین	۴/۲±۰/۷^{d}	۰/۱±۰/۵۵^{c}	۱۶۰۵±۶۹۴۸^{a}	۱۰±۴۲^{b}	۵۶۴±۶۵۸۶^{d}	۹/۲±۷۶/۸۷^{c}
	ضریب تغییرات	۱۲۹/۴۳	۱۴۹/۱۱	۱۸۳/۳۸	۱۸۶/۳۴	۷۵/۷۲	۱۳۲/۰۵
تابستان	میانگین	۱۴/۱±۹۲/۴^{b}	۴/۶۱±۲۶/۵۹^{a}	۶۱۹۵±۳۴۶۵^{c}	۲/۵±۱۶^{d}	۳۰۷۷±۲۰۲۷۲^{c}	۵/۳±۵۴/۲^{d}
	ضریب تغییرات	۱۲۱/۳۹	۱۳۸/۷۳	۱۴۲/۹۳	۱۲۳/۶۱	۹۳/۲۰	۱۰۷/۲۸
پاییز	میانگین	۱۶/۹±۱۴۹/۶^{a}	۰/۴۴±۳/۷۹^{b}	۴۶۱±۳۰۹۶^{d}	۲/۳۷±۱۷/۵۵^{c}	۳۸۵۶۹±۶۸۴۵^{b}	۱۸/۴±۱۱۸/۹^{b}
	ضریب تغییرات	۹۰/۶۹	۹۳/۲۱	۱۱۹/۳۱	۱۰۸/۱۱	۵۹	۱۶۹/۴۶
زمستان	میانگین	۲/۳±۶/۱^{c}	۰/۰۲±۰/۰۷^{d}	۱۱۹۰±۶۳۰۶^{b}	۱۴/۰۳±۶۴/۵۵^{a}	۵۷۵۱±۴۳۳۶۳^{a}	۲۴/۶±۲۵۲/۱^{a}
	ضریب تغییرات	۳۰۳/۹۶	۲۶۳/۷	۱۵۱/۰۷	۱۷۳/۸۶	۹۳/۳۹	۱۰۷/۰۶

* حروف لاتین نماینده رتبه و اختلاف معنی‌دار در فصل‌های مختلف در مقایسه میانگین به روش Kruskal-Wallis ($P<0/005$).

بررسی عوامل فیزیکوشیمیایی با موجودات پلانکتونی (فیتوپلانکتون، زئوپلانکتون و شانه‌دار *M. leidyi*) بین متغیرهای مختلف در روش آماری چندمتغیره صورت گرفت. در این بررسی ۷ مؤلفه در تحلیل باقی‌مانده‌اند و ۷۵/۳ درصد از تغییرات را شامل شده‌اند. مؤلفه یک با ۱۸/۸ درصد بیش‌ترین واریانس را دارا بود و مابقی مؤلفه‌ها تقریباً از بارگذاری (واریانس) مشابهی برخوردار بودند (جدول ۴).

جدول ۴- روابط بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب و موجودات پلانکتونی در لایه نورگیر کرانه جنوبی دریای خزر در ماتریکس مولفه دوران‌یافته (۱۳۸۷).

پارامتر	مولفه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
	واریانس (درصد)	۱۸/۸	۱۰/۲	۹/۹	۹/۶	۹/۴	۹	۸/۴
زی‌توده شانه‌دار		۰/۸۵۹	-۰/۰۹۷	-۰/۰۵۰	-۰/۱۵۲	۰/۱۰۹	۰/۲۶۷	۰/۰۲۴
نیتروژن آلی		۰/۷۸۰	۰/۰۹۷	-۰/۲۳۹	۰/۱۳۴	-۰/۰۲۰	-۰/۴۷	۰/۱۱۸
فراوانی شانه‌دار		۰/۷۶۵	-۰/۱۴۵	۰/۱۹۸	۰/۰۱۰	۰/۱۵۶	۰/۲۶۹	-۰/۱۰۹
دمای آب		۰/۷۳۳	-۰/۰۲۶	-۰/۲۷۳	-۰/۴۱۸	۰/۰۵۴	۰/۲۷۰	۰/۱۵۱
یون آمونیوم		-۰/۷۱	-۰/۰۰۶	-۰/۰۴۱	۰/۰۰۱	-۰/۰۹۹	۰/۳۶۸	۰/۰۳۹
شوری آب		۰/۶۰۶	۰/۱۱۸	-۰/۴۰۰	-۰/۰۰۳	۰/۱۲۵	-۰/۴۰۸	-۰/۰۵۸
زی‌توده زئوپلانکتون		-۰/۰۲۵	۰/۹۸۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۹	۰/۰۳۹	۰/۰۵۹	-۰/۰۲۳
فراوانی زئوپلانکتون		-۰/۰۲۵	۰/۹۸۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۹	۰/۰۳۹	۰/۰۵۹	-۰/۰۲۳
فراوانی فیتوپلانکتون		۰/۰۱۵	۰/۰۵۱	۰/۸۷۷	-۰/۰۰۲	۰/۱۴۱	۰/۱۲۵	-۰/۱۱۰
زی‌توده فیتوپلانکتون		-۰/۲۱۲	۰/۰۱۳	۰/۸۷۳	۰/۰۲۹	-۰/۰۵۳	۰/۰۲۳	-۰/۰۴۱
نیتروژن کل		۰/۳۱۵	۰/۰۶۵	-۰/۱۰۵	۰/۷۵۸	۰/۰۱۸	-۰/۳۶۰	-۰/۱۷۱
نیترات		-۰/۱۷۳	۰/۱۱۶	-۰/۰۴۸	۰/۶۴۹	-۰/۱۵۶	۰/۰۸۱	۰/۰۵۵
اکسیژن محلول		-۰/۳۲۸	-۰/۱۵۹	۰/۱۷۵	۰/۶۲۴	۰/۲۱۷	-۰/۰۰۹	-۰/۱۲۷
نیتریت		۰/۱۷۳	-۰/۲۲۲	۰/۲۱۶	۰/۴۱۹	۰/۰۷۲	۰/۲۶۲	۰/۳۵۲
فسفر کل		۰/۰۹۳	۰/۰۴۴	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۹۵۴	-۰/۰۵۱	۰/۱۸۵
فسفر آلی		۰/۱۸۰	۰/۰۴۳	۰/۰۷۸	-۰/۰۴۰	۰/۹۳۵	-۰/۰۷۰	-۰/۲۰۹
شفافیت آب		-۰/۱۴۵	-۰/۲۶۲	-۰/۰۷۷	۰/۰۲۶	۰/۰۱۱	-۰/۷۲	-۰/۱۱۳
سیلیس محلول		۰/۱۲۴	۰/۰۷۴	-۰/۲۰۶	۰/۳۹۹	-۰/۱۷۲	۰/۵۷۱	۰/۰۱۲
pH		۰/۰۵۶	۰/۰۹۶	-۰/۱۸۵	۰/۱۳۵	۰/۰۱۲	-۰/۴۶	۰/۱۱۷
فسفر معدنی		-۰/۲۳۰	-۰/۰۰۸	-۰/۱۵۱	۰/۰۵۰	-۰/۰۵۳	۰/۱۱۲	۰/۹۰۳
نسبت نیتروژن معدنی به فسفرمعدنی		-۰/۳۹۰	۰/۰۱۴	۰/۰۶۰	۰/۲۳۹	-۰/۰۴۰	۰/۲۱۳	-۰/۷۸

بحث و نتیجه‌گیری

شکوفایی ژله ماهیان (jelly fish) و شانه داران (Ctenophores) به دلیل افزایش آشفتگی‌های انسان‌زای (Anthropogenic) بوده که سبب یتروفیکاسیون (حاصلخیزی سطح و لجنی شدن کف اکوسیستم ها)، صید بیش از حد و افزایش دما گردید (Shiganova و همکاران، ۲۰۱۴). در نتیجه، در مناطقی به‌ویژه در آب‌های ساحلی، دهانه رودخانه و دریاهای نیمه محصور که قبلاً مناطق حاصلخیز و مولد شیلاتی بودند، اکنون اکوسیستم‌های تحت سلطه Cnidaria یا Ctenophora ژلاتینی غالب قرار گرفته اند که تهاجم گونه‌های ژلاتینی به زیستگاه‌های دریایی

پیامدهای مضری برای ساختار و عملکرد اکوسیستم بومی داشته و اغلب منجر به فروپاشی یا حتی انقراض جمعیت‌های بومی می‌شود.یکی از این گونه های مضر در دریای خزر ورود ناگهانی و گسترش زیاد شانه‌دار *Mnemiopsis leidyi* از دریای سیاه به دریای خزر بوده که به دلیل مزیت رقابتی و فقدان کامل شکارچی، تأثیر منفی بر غالب‌ترین ماهی‌ها و زئوپلانکتون‌های اکوسیستم آبی داشته است (Roohi و همکاران، ۲۰۱۶; Bagheri و همکاران، ۲۰۱۳). اکوسیستم دریای خزر در اعصار مختلف شاهد تغییرات مختلف بوده است. در این بررسی ضریب تغییرات پارامترهای فیزیکوشیمیایی نشان داد که دامنه پراکنش داده‌ها در طول سال زیاد بود. این تمایزات به‌واسطه تأثیر فصل، عمق و نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مختلف به‌دست آمده است. نتایج بررسی مؤلفه‌های اصلی (جدول ۴) بین پارامترهای زیستی و غیرزیستی نشان داد که در مؤلفه یک با دارا بودن ۱۸/۸ درصد از واریانس کل، پارامترهای فراوانی و زی‌توده شانه‌دار *M. leidyi* با دمای آب، نیتروژن آلی و شوری آب دارای رابطه مستقیم و با یون آمونیوم دارای رابطه معکوس بود و این گروه نسبت به پارامترهای دیگر از همبستگی بالاتری برخوردار بودند. همچنین فراوانی و زی‌توده شانه‌دار با فراوانی و زی‌توده فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون (مؤلفه‌های ۲ و ۳) دارای رابطه معکوس بود. این فرآیند با اطلاعات گذشته (طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۰) در کرانه جنوبی دریای خزر که از طریق آنالیز واریانس و آمار توصیفی به‌دست آمده است، مطابقت دارد (Roohi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Roohi و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین تحلیل‌ها نشان داد که این موجود سبب تغییر مستقیم در فراوانی، زی‌توده موجودات پلانکتونی شده است. نتایج این بررسی بیانگر این است که علاوه‌بر شوری و دمای آب (Aladin و Plotnikov، ۲۰۰۴)، ترکیبات نیتروژن نیز از مهم‌ترین پارامتر غیرزیستی کرانه جنوبی دریای خزر، محسوب می‌گردد. پراکنش موجودات پلانکتونی در طول سال با ضریب تغییرات بالایی مواجه بوده است. علت این امر علاوه‌بر تغییرات فصلی (دمای آب و شرایط اکولوژی متفاوت)، مربوط به نمونه‌برداری در اعماق مختلف (۱۰۰-۵ متر) نیز می‌باشد. به این ترتیب که در هر فصل، لایه فوقانی (۲۰-۰ متر) دارای فراوانی و زی‌توده بیش‌تری از موجودات پلانکتونی بود و تغییرات اصلی در فراوانی و زی‌توده موجودات پلانکتونی، مربوط به تغییرات در این لایه بود. این بررسی نشان داد که در دهه ۸۰ تغییرات فیتوپلانکتون در منطقه کرانه جنوبی دریای خزر تابعی از شکوفایی بهاره و پاییزه نیست و به‌تبعه آن، زئوپلانکتون نیز دارای تغییرات ناهمگونی بوده است، به این علت که هر دو این موجودات پلانکتونی تحت‌تأثیر شانه‌دار *M. leidyi* قرار داشتند. به این ترتیب که این موجود بر تغییرات فراوانی و زی‌توده زئوپلانکتون (مستقیم) و فیتوپلانکتون (غیرمستقیم) در زنجیره غذایی مؤثر است. در نتیجه به‌واسطه وجود شانه‌دار *M. leidyi*، فراوانی و زی‌توده زئوپلانکتون در تابستان و پاییز نسبت به بهار و زمستان کم‌تر بوده است. هر چند میزان این موجود مهاجم در سال‌های اخیر به‌نسبت کاهش داشته است، اما توسعه و گسترش آن کاملاً وابسته به‌میزان زئوپلانکتون‌ها در محیط است (Roohi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Roohi و همکاران، ۲۰۱۰). از طرفی محدودیت دمایی در فصل زمستان سبب کنترل طبیعی شانه‌دار یاد شده گردید، ولی محیط دریا در منطقه جنوب دریای خزر برای رشد و توسعه زئوپلانکتون‌ها از نظر دمایی و نبود شکارگر مناسب است. شرایط طبیعی دمای کرانه جنوبی دریای خزر در فصل زمستان برای توسعه زئوپلانکتون، به‌خصوص سخت‌پوستان پلانکتونی مناسب است و تولیدمثل (بکرزایی) صورت می‌گیرد (Aladin و

همکاران، ۲۰۰۶). به این علت فراوانی و زی‌توده زئوپلانکتون‌ها در زمستان به‌ترتیب بیش‌تر از بهار، تابستان و پاییز بوده است ($P<۰/۰۵$). زیرا متابولیسم و فعالیت زئوپلانکتون به عوامل فیزیکی وابسته است و درجه حرارت یکی از عوامل مهمی است که روی زئوپلانکتون تأثیر می‌گذارد و موجب تغییرات در فراوانی و تنوع گونه‌ای در فصل‌های مختلف می‌شود (Caspian Environment Program (CEP)، ۲۰۰۷؛ McLaren، ۱۹۶۳). به این ترتیب وجود شانه‌دار مهاجم *M. leidyi* سبب گردید که زی‌توده و ترکیب گونه‌ای زئوپلانکتونی در دهه ۸۰ کاهش یابد. اما فراوانی تعداد گونه‌های فیتوپلانکتون طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۳ نشان داد که تعداد گونه‌ها بعد از حضور شانه‌دار *M. leidyi* کاهش چشم‌گیری نداشته است و حتی برخی از گونه‌های جدید نیز پس از ورود آن به دریای خزر مشاهده گردید (فضلی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Caspian Environment Program (CEP)، ۲۰۰۷). زیرا در محل‌هایی که تجمع زیادی از شانه‌دار وجود دارد، در مقابل مکان‌هایی که تجمع آن‌ها کم‌تر است، تنوع زیستی فیتوپلانکتون بیش‌تر می‌شود (Nasrollahzadeh Saravi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Shiganova و همکاران، ۲۰۰۳). چنین نتایجی در دریای سیاه نیز پس از حضور شانه‌دار *M. leidyi* به‌دست آمده است (Harbinson و Volovik، ۱۹۹۳).

در این بررسی رابطه موجودات پلانکتونی و پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در کرانه جنوبی دریای خزر نشان داد که ترکیبات نیتروژن، شوری، دمای آب نسبت به پارامترهای دیگر از اهمیت بیش‌تری برخوردارند (جدول ۴) و میزان فراوانی و پراکنش شانه‌دار *M. leidyi* کاملاً متأثر از آن‌ها است. با توجه به رژیم غذایی این موجود و نیاز به محیط‌های غنی، این نتیجه دور از انتظار نیست و این موجود به‌واسطه خصوصیات زیستی منحصربه‌فرد خود می‌تواند، تأثیرات گوناگونی را در اکوسیستم منطقه ایجاد نماید. چون این موجود دارای تغذیه فعال و غیرضروری است (Harbinson و Volovik، ۱۹۹۳) و میزان تغذیه آن به فصل و مکان تغذیه بستگی دارد. تغذیه لارو این شانه‌دار بالغ بر ۲۰۰ کوپه پود در لیتر است و بالغین تا ۳۰۰۰ کوپه پود در لیتر تغذیه می‌کنند (Miller، ۱۹۷۰؛ Kremer، ۱۹۹۴؛ Bishop، ۱۹۶۸؛ Reeve و Walter، ۱۹۷۸). به این ترتیب، همان‌طوری که در جدول ۴ مشاهده گردید، ارتباط گروهی پارامترها با توجه به شرایط کنونی حاکم بر منطقه کرانه جنوبی دریای خزر در مؤلفه‌ها روند نامطلوبی را نشان می‌دهد. بنابراین مبارزه بیولوژیک با شانه‌دار *M. leidyi* که بیش از یک دهه از حضور آن در دریای خزر می‌گذرد، توصیه می گردد.

تشکر و قدردانی

از همه همکاران عزیز به‌خصوص همکاران بخش اکولوژی مؤسسه تحقیقات شیلات ایران (تهران) و پژوهشکده اکولوژی دریای خزر (ساری) سپاسگزاری می‌نمائیم.

منابع

Aladin, N., Plotnikov, I., 2004. The Caspian Sea, Lake Basin Management Initiative Thematic, 29p.

Aladin, N., Plotnikov, I., Bolshov, A., Pichugin, A., 2006. Caspian Sea Biodiversity Project under umbrella of Caspian Sea Environment Program, 90p.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. Washington, DC.

Bagheri, S., Sabkara, J., Mirzajani, A., Khodaparast, H., Yosefzad, E., Swee Yeok, F., 2013.

List of Zooplankton Taxa in the Caspian Sea Waters of Iran, Hindawi Publishing Corporation Journal of Marine Biology, http://dxdoiorg/101155/2013/134263.

Bishop, J.W. 1968. A comparative study of feeding rates of denticulate ctenophores. Ecology 49, 996-997.

Caspian Environment Program (CEP), 2005. Caspian Sea Environment | #63, Golestan Alley, Valiasr Avenue, 1966733413, Tehran, I.R. Iran.

Caspian Environment Program (CEP), 2007. Environmental Problems of the Caspian Sea. URL: http://ecocaspian.com/gpage.html.

Caspian Environment Program (CEP), 2009. Casp Eco Project Management and Coordination Unit. 7th floor, Kazhydromet Building, Orynbor st., Astana, 010000, Republic of Kazakhstan.

Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E., 2007. Standard methods for the examination of water and wastewater, American public Health Association, 21st Edition, 1179p.

Fazli, H., Farabi, S.M.V., Darianbard, G., Ganjian, A., Vahedi, F., Vardi, S.A., Hashemian, A., Roshantabari, M., 2018. Analysis of the hydrology and hydrobiology data of the Caspian Sea during the years 1370-85. Iran Fisheries Research Institute.

Ganjian Khenari, A., Wan Maznah, W., Yahyah, K., Najafpour, S., Najafpour, G., Fazli, H., Roohi, A., 2010. Principal component Analysis and Multivariate index for Assessment of Eutrophication in southern part of Caspian Sea. World Applied Sciences Journal 9 (3), 283-290.

Harbinson, G.R., Volovik, S.P., 1993. Methods for the control of the Ctenophora Mnemiopsis leidyi in the Black and Azov seas. FAO fisheries Report. Rom. pp. 32-44.

Kremer, P., 1994. Patterns of abundance for Mnemiopsis in U.S. coastal waters: a comparative overview. ICES Journal of Marine Science 51, 347-354.

McLaren, I.A., 1963. Effects of temperature on growth of zooplankton and the adaptive value of vertical migration. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 20, 685-727.

Miller, R.J., 1970. Distribution and energeties of an estuarine population of the ctenophore, Mnemiopsis leidyi. Ph.D. Thesis. North Carolina State Univ. Raleigh. 78p.

Najafpour, Sh., 2007. A Water Quality Study with Emphasis on Pesticides in Shiroud River Cachment in Southern Part of Caspian Sea. Ph.D. Thesis of Industrial Technology, Univiersiti Sains Malaysia.

Nasrollahzadeh Saravi, H., Bin Din, Z., Foong, S.Y., Makhlough, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. ELSEVIER. Journal of Continental Shelf Research 28, 1153-1165.

NIST/SEMATECH, 2010. E-Handbook of Statistical Methods, http://www. itl.nist.gov/ div898/handbook/, date. The National Institute of Standards and Technology (NIST) is an agency of the U.S. Commerce Department. Date created: September 12, 2008 | Last updated: November 11, 2010.

Pielou, E.C., 1984. The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination. John Wiley and Sons, Inc. New York 263, 136-163.

Pradhan, U.K., Shirodkar, P.V., Sahu, B.K., 2009. Physico-chemical characteristics of the coastal water off Devi estuary, Orissa and evaluation of its seasonal changes using chemometric techniques. CURRENT SCIENCE 96, 9-10.

Raftery, A., 1993. Bayesian model selection in structural equation models. In K. Bollen & J. Long (Eds.), Testing structural equation models. Newbury Park, California, pp. 163-180.

Reeve, M.R., Walter, M.A., 1978. Nutritional ecology of ctenophores. A review of recent research. In: F.S. Russel and M. Yonge (eds). Advances in marine biology. Academic 16, 249-289.

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 12, 2343-2361.

Roohi, A., Kideys, A.E., Naderi Jolodar, M., Afraei Bandpei, M., Mokarami Rostami, A., 2021. Long-term changes in gelatinous zooplankton, mesozooplankton and kilka fish in the Southern Caspian Sea: Environmental controls and trophic webs interactions, Journal of

Oceanography and Marine Science 12(1), 1-9.
Roohi, A., Rowshantabari, M., Naderi Jolodar, M., and Sajjadi, A. 2016. The effect of the ctenophore Mnemiopsis leidyi (Ctenophora: Lobata) on the population density and species composition of mesoplankton in inshore waters of the Caspian Sea. Ecology and Evolutionary Biology 1(2), 29-34, http://www.sciencepublishinggroup.com /journal/paperinfo?journalid=231&paperId=10016738
Roohi, A., Zulfigar, Y., Kideys, A., Aileen, T., Ganjian, A., Eker-Develi, E., 2008. Impact of a new invader ctenophore Mnemiopsis leidyi on the zooplankton of the southern Caspian Sea. Marine Ecology 29 (4), 421-434.
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.
Shiganova, T.A., Legendre, L., Kazmin, L.S., Nival, P., 2014. Interactions between invasive ctenophores in the Black Sea: assessment of control mechanisms based on long-term observations. Marine Ecology Progress Series 507, 111–123.
Shiganova, T.A., Kamakin, Sapozhnikov, V.V., Musaeva, E.I., Damanov, M.M., Bulgakova, Y.V., Beiv, A.A., Zazulya, N.I., Zernova, V.V., Kuleshov, A.F., Sokol'skii, A.F., Imirbaeva, R.I., Mikuiza, A.S., 2003. Factors determining the conditions of distribution and quantitative characteristics of the ctenophore Mnemiopsis leidyi in the North Caspian. Oceanography 43, 676-693.
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.
Vollenweider, A.R., 1974. A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic environment.London: Blackwell Scientific Publication. Oxford, London, 423p.
Wetzel, R.G., Likens, G.E., 1990. Limnological analogses springer, secand edition, Newyork USA, 391p.
Zenkevich, L.A., 1963. The Biology of the USSR Seas. Moscow, Nauka.

Journal of New Technologies in Aquaculture Development, Azadshahr Branch, Islamic Azad University
Vol. 16, No. 2, Summer 2022

Correlation of biotic and abiotic parameters by principal component analysis method in the southern region of the Caspian Sea

S.M.V. Farabi[1]*, A. Roohi[1]
[1]Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSI), Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Sari, Iran

Abstract

The biological organisms (phytoplankton, zooplankton, Macrobenthos and ctenophore *Mnemiopsis leidyi*) along with some non-biological factors (Physico-chemical parameters and pollutants) of water were investigated in the Caspian Sea during 2007-2008. The sample station was located between 48° to 54° longitude and 36° to 39° latitude. The samples were gathered in four seasons and eight transects (half-line perpendicular to the coast) in Astara, Anzali, Sefidrud, Tonekabon, Noshahr, Babolsar, Amirabad and Turkmen. Sampling was done of 5, 10, 20, 50 and 100 M depth of different layers. Nonparametric test and multivariate analysis (PCA) were run. The results showed that some water physico-chemical factors including organic nitrogen, inorganic nitrogen (ammonium), salinity, water temperature were more important than other factors. Also, the abundance and biomass of *M. leidyi* depended on water temperature and nitrogen compounds, which have resulted in a change in abundance, biomass and species composition of marine plankton. So that the number of zooplankton species before the arrival of *M. leidyi* was 50 species, and only 10 species were observed in this study.

Keywords: Caspian Sea, Phytoplankton, Zooplankton, *Mnemiopsis leidyi*, Physico-chemical parameters

* Corresponding Authors; smv_farabi@hotmail.com