

پراکنش فصلی فیتوپلانکتون‌های غالب در خزر جنوبی (سواحل مازندران) و ارتباط آن با عوامل محیطی

نعمت‌اله محمودی^۱، محمدرضا احمدی^۲، منوچهر بابانژاد^۳، جعفر سیف‌آبادی^{۴*}

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۲- گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران

۳- گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گلستان

۴- گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۳۰

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2015.11554](https://doi.org/10.22113/jmst.2015.11554)

چکیده

پراکنش فصلی فیتوپلانکتون‌ها و عوامل موثر بر حضور آنها در سواحل مازندران، بین سالهای ۹۰-۱۳۹۱ بررسی شد. در این مطالعه توزیع شاخه‌ها و گونه‌های غالب فیتوپلانکتونی و پارامترهای فیزیکوشیمیایی در امتداد ۴ خط عمود بر ساحل (امیرآباد، بابلسر، نوشهر و رامسر) در عمق‌های مختلف ستون آب در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ متر مورد ارزیابی قرار گرفتند. تغییرات گونه‌های غالب و پارامترهای محیطی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی بررسی شد. میانگین تراکم سالیانه فیتوپلانکتون ۳۱۸۶۸۷۸۲۳ عدد در متر مکعب بود و بیشترین تراکم در فصل زمستان و کمترین تراکم در فصل بهار تعیین شد. در مجموع ۵ شاخه و ۱۲۹ گونه از فیتوپلانکتون‌ها شامل باسیلاریوفیتا (۵۸ گونه)، سیانوفیتا (۲۴)، دینوفلاژلاتا (۲۲)، کلروفیتا (۱۷) و اوگنونوفیتا (۸) شناسایی شدند. در بهار گونه *Exuviaella cordata* از پیروفیت‌ها (۶۱/۲۵ درصد از گونه‌ها) در تابستان و پاییز گونه *Oscillatoria* sp. از سیانوفیت‌ها (به ترتیب ۴۸/۶۹ و ۷۱/۹۱) و در زمستان گونه *Pseudo-nitzschia seriata* (۶۶/۱۲) از باسیلاریوفیت‌ها به عنوان گونه‌های غالب فصلی شناسایی شدند. این تحقیق نشان داد که ترموکلاین، انتقال رودخانه‌ای، شانه‌دار *Mnemiopsis leidyi* و گونه‌های فیتوپلانکتونی فرصت‌طلب با توانایی بالای رقابتی (سیانوفیت و پیروفیت) از موثرترین عوامل بر تغییرات زمانی و مکانی فیتوپلانکتون‌ها می‌باشند. درجه حرارت، سیلیس و نیتروژن معدنی نقش مهمی در تغییرات تراکم دیاتومه‌ها دارند، درحالی‌که درجه حرارت، فسفر معدنی، فسفر آلی و نیتروژن معدنی برای پیروفیت‌ها و سیانوفیت‌ها حائز اهمیت هستند.

واژگان کلیدی: تنوع گونه‌ای فیتوپلانکتون؛ خزر جنوبی؛ اکوسیستم ساحلی؛ متغیرهای محیطی؛ روابط اکولوژیکی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: seyfabadi@modares.ac.ir

۱. مقدمه

فیتوپلانکتون به عنوان تولیدکننده اولیه نقش بسیار مهمی در فرآیندهای زیستی و چرخه مواد مغذی در شبکه غذایی اکوسیستم های آبی ایفا می کنند. نظر به اینکه تغییرات وابسته به زمان و مکان در زی توده و تنوع فیتوپلانکتون ها، نتیجه فعل و انفعالات پیچیده فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی می باشد، بررسی روابط متقابل زمانی و مکانی آنها در ارتباط با پارامترهای محیطی و تفسیر فرآیندهای کنترل کننده آنها می تواند نقش بسزایی در درک عملکرد و کارایی اکوسیستم های آبی داشته باشد (Roy, 2008). مناطق ساحلی به عنوان یکی از اجزای حیاتی اکوسیستم های آبی، منبع مهمی برای برخی فعالیت های اقتصادی و اجتماعی نظیر آبی پروری، صیادی و صنعت گردشگری می باشند (Kishino et al., 2005). بنابراین شناخت چنین روابط متقابلی و بررسی تغییرات کوتاه مدت و بلند مدت آنها به منظور حفاظت زیستگاه ها و ارزیابی اثرات احتمالی ناشی از عوامل طبیعی و انسانی بسیار ضروری می باشد (Dueri et al., 2009; MacLeod et al., 2008). بطور کلی کشف این روابط می تواند در تفسیر پدیده های مهم مربوط به اکوسیستم های ساحلی نظیر شکوفایی جلبکی مضر، یوتریفیکاسیون، آلودگی، افزایش اشعه ماورای بنفش، ورود گونه های بیگانه، تغییرات نامنظم تراز آب، تغییر تنوع و تراکم گونه ها ناشی از تغییرات آب و هوایی یا بهره برداری بیش از حد، تعیین زیستگاه های بالقوه گونه ها و در نهایت پی بردن به وضعیت فعلی و آینده اکوسیستم و مدیریت آنها موثر باشد (Palialexis et al., 2011; Rolland et al., 2009; Wang et al., 2007). دریاچه خزر بزرگترین دریاچه لب شور جهان است (Grigorovich et al., 2003). این دریاچه به واسطه موقعیت جغرافیایی، جدا شدن از اقیانوس ها، ترکیب و میزان شوری، نوع گونه های زیستی و تعداد گونه های بومی (۴۲٪) آن به عنوان یک اکوسیستم منحصر به فرد در جهان مطرح است (Volovik and

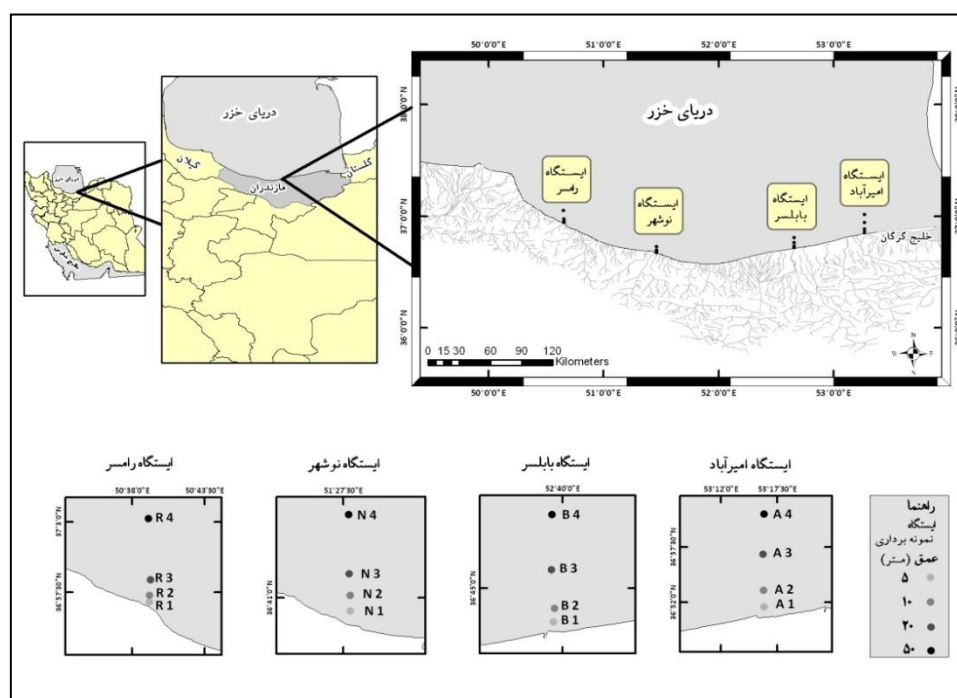
Korpakova, 2004) این اکوسیستم بر اساس جغرافیای فیزیکی و توپوگرافی کف به ۳ قسمت خزر شمالی، میانی و جنوبی تقسیم می شود (Shiganova et al., 2004) بر اساس مطالعات قبلی، در طی سال های اخیر تغییرات عمده ای در شبکه غذایی اکوسیستم ساحلی خزر جنوبی ایجاد شده است که می توان به کاهش زی توده و فراوانی زئوپلانکتون ها و تغییر ترکیب گونه ای آنها به ویژه حذف گونه های غالب نظیر *Eurytemora grimmi* و *Eurytemora minor* از کوبه پودها و افزایش درصد *Acartia tonsa* از ۵۰٪ به بیش از ۸۵٪ جمعیت زئوپلانکتون، حذف ۲۳ گونه از ۲۴ گونه از راسته کلادوسرها، افزایش بیومس و تراکم فیتوپلانکتون ها و تغییر گونه های غالب آنها به ویژه کاهش *Rhizosolenia calcar-avis* به عنوان مهم ترین گونه غالب خزر جنوبی از دیاتومه ها و افزایش سیانوباکترها و دینوفلاژله ها، کاهش جانوران در سطوح غذایی بالاتر از جمله کاهش ذخایر کیلکاماهیان و تغییر نسبت آنها اشاره کرد (Ganjan-khenari, 2011; Roohi et al., 2010; Nasrollahzadeh et al., 2008a). روش های آماری چند متغیره به واسطه توانایی آنها در بررسی چندین متغیر اثرگذار به طور همزمان و تعیین اهمیت نسبی هر متغیر دارای عملکرد نسبتاً مطلوبی برای ارزیابی رویدادهای اکولوژیکی هستند (Bierman et al., 2011). امروزه این روشها نه تنها در زمینه تحلیل اکوسیستم های آبی (ساحلی و رودخانه ای) بلکه در دیگر حوزه های علم برای کشف روابط در ساختارهای پیچیده و در برخی موارد به منظور پیش بینی وضعیت آینده به طور فزاینده ای به کار گرفته می شوند (Bierman et al., 2011; Chouhury and Pal, 2010). از مهم ترین روش های چند متغیره می توان به تکنیک های نظیر تحلیل مؤلفه های اصلی و عاملی اشاره کرد (Bierman et al., 2011).

لذا به خاطر اهمیت سواحل جنوبی خزر از لحاظ اکولوژیکی و اقتصادی و فقدان اطلاعات در زمینه

منطقه مورد مطالعه شامل باند میانی و شرقی سواحل خزر جنوبی در استان مازندران (بین عرض شمالی $۳۶^{\circ} ۶۸'$ تا $۳۷^{\circ} ۰۱'$ و $۵۰^{\circ} ۶۵'$ تا $۵۳^{\circ} ۲۷'$ طول شرقی) می‌باشد. این مطالعه به مدت ۱ سال در ۴ خط نمونه برداری عمود بر ساحل (ترانسکت) شامل بندرامیرآباد (بهشهر)، بابلسر، نوشهر و رحیم آباد (رامسر) هر کدام در ۴ ایستگاه به صورت فصلی از ابتدای زمستان ۱۳۹۰ تا اواخر پاییز ۱۳۹۱ انجام گردید. نمونه برداری در هر روز بین ساعت ۹ تا ۱۸ انجام گرفت.

روابط متقابل پارامترهای محیطی و جوامع فیتوپلانکتونی در این پهنه آبی، انجام تحقیق در ارتباط با شناسایی و روابط موجود در جوامع فیتوپلانکتونی و شناخت فاکتورهای کنترل کننده آن در این اکوسیستم بسیار ضروری می‌باشد. در این تحقیق ابتدا گونه های فیتوپلانکتونی و تغییرات زمانی و مکانی آنها بررسی می‌شود و سپس از تحلیل عاملی به منظور شناسایی عوامل موثر بر تغییرات گونه های غالب در هر فصل استفاده می‌شود.

۲. مواد و روش انجام تحقیق



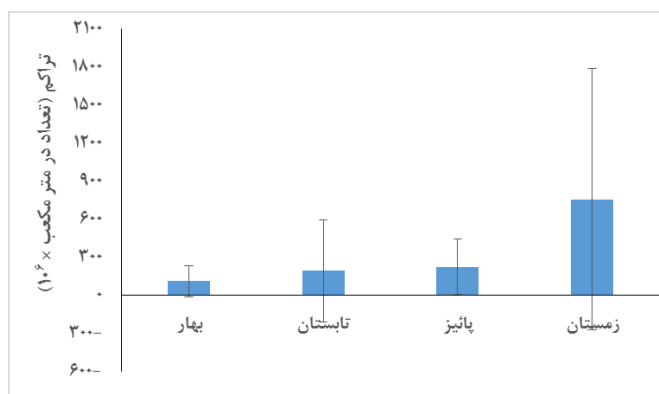
شکل ۱. موقعیت ترانسکت ها و ایستگاه های نمونه برداری در سواحل مازندران

تاریکی نگهداری گردیدند تا کاملاً ته نشین شوند. تعداد فیتوپلانکتونها با استفاده از روش Newell و Newell (۱۹۷۷) شمارش و سپس در مترمکعب محاسبه شدند. شناسایی گونه‌ها بر اساس منابع معتبر رده بندی فیتوپلانکتون‌ها (Habit and Pankow, 1976; Proshkina-Lavrenko and Mkarova, 1968) انجام گردید.

پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل کدورت، درجه حرارت، اکسیژن محلول، شوری، هدایت الکتریکی و pH با استفاده از دستگاه CTD (Itronaut Ocean)

نمونه برداری، شمارش و شناسایی فیتوپلانکتونی: نمونه برداری از فیتوپلانکتون با استفاده از نمونه بردار Van Dorn از عمق‌های متفاوت در ۴ ایستگاه مستقر در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ متر اغلب به ترتیب زیر انجام شد: ایستگاه ۵متر: عمق ۰ و ۵. ایستگاه ۱۰متر: ۰، ۵ و ۱۰. ایستگاه ۲۰متر: ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰. ایستگاه ۵۰ متر: ۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۵ و ۵۰. نمونه آب (۵۰۰ سی سی) از عمق های فوق جمع آوری و با فرمالین ۲ درصد تثبیت شد و در ظروف شیشه ای به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه ها به مدت ۱۰ روز در

متعلق به شاخه دینوفلاژله، ۲۴ گونه متعلق به شاخه سیانوفیت، ۱۷ گونه از شاخه کلروفیت، ۸ گونه متعلق به شاخه اوگلنوفیتا بوده است. در طی این تحقیق، در فصل بهار ۵۶ گونه، در فصل تابستان ۷۸ گونه، در فصل پاییز ۷۴ گونه و در فصل زمستان ۷۷ گونه فیتوپلانکتون مشاهده شد. بررسی تراکم کل فیتوپلانکتون ها در فصول مختلف (نمودار ۱) نشان داد که کمترین تراکم در فصل بهار و بیشترین تراکم در فصل زمستان می باشد. در این مطالعه میانگین تراکم سالیانه فیتوپلانکتون در تمام اعماق مورد بررسی ۳۱۸۶۸۷۸۲۳ عدد در متر مکعب بود.



نمودار ۱. تراکم کل (میانگین \pm خطای استاندارد) فیتوپلانکتون طی فصول مختلف در سواحل استان مازندران

جدول ۱ درصد گونه های غالب سواحل مازندران در فصول مختلف را نشان می دهند. در فصل بهار بیشترین تراکم فیتوپلانکتونی مربوط به شاخه پیروفیت بود. در این فصل گونه های *Exuviaella Prorocentrum*, *Oscillatoria* sp., *cordata*, *Dactyliosolen fragilissima*, *praximum*, *Prorocentrum*, *Glenodinium lenticula*, *Nitzschia* و *Pseudonitzschia seriata scutellum acicularis* به ترتیب به عنوان گونه های غالب شناسایی شدند.

در فصل تابستان و پاییز بیشترین تراکم فیتوپلانکتون مربوط به شاخه سیانوفیت ها بود. در فصل تابستان گونه های *Binuclearia*, *Oscillatoria* sp., *Spirulina laxissima* و *Jauterbornii*

(Seven 316) مجهز به سنسورهای چند گانه سنجش شدند. برای سنجش شاخصه ها در هر مرحله از نمونه برداری، ابتدا سنسورهای دستگاه کالیبره و سپس به داخل آب رها می شد. داخل ستون آب، شاخصه های مورد نظر با فاصله زمانی یک ثانیه ثبت و ذخیره می گردید. نیتروژن کل، آمونیوم، نیتريت، نیترات، فسفر معدنی، فسفر کل و سیلیس بر اساس روش های پیشنهادی توسط استاندارد American Public Health Association Publication (APHA, 2005) اندازه گیری گردید. سنجش پارامترها حداکثر طی ۲ روز بعد از نمونه برداری انجام شد.

تحلیل مؤلفه های اصلی یکی از روش های آماری چند متغیره است که بر اساس روابط خطی به منظور تعیین نقش پارامترها در تمایز شاخه ها استفاده می شود (Bierman et al., 2011). روش تحلیل مؤلفه های اصلی اساساً تکنیک آماری چند متغیره ای است که هدف آن ایجاد یک مجموعه جدید و کوچکتری از متغیره های غیر وابسته خطی و بیان کننده سهم متغیره های اصلی در تمایزها و شناسایی روابط متقابل بین متغیره ها می باشد (Shirodkar et al., 2009; Wang et al., 2007). در این مطالعه، عامل بارگذاری و محدوده مورد قبول آن بر اساس مطالعه Liu و همکاران (۲۰۰۳) انتخاب گردید که بر این اساس مقدار بارگذاری بالای ۰/۷۵ بعنوان بارگذاری عاملی قوی، بارگذاری بین ۰/۷۵-۰/۵ بعنوان متوسط و بارگذاری بین ۰/۴-۰/۵ به عنوان ضعیف محسوب شد. عوامل با بارگذاری کمتر از ۰/۴ در هر مؤلفه حذف شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات فوق با استفاده از نرم افزار PCORD (نسخه ۵) و جهت ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

۳. نتایج

در مجموع ۱۲۹ گونه فیتوپلانکتون متعلق به ۵ شاخه که شامل باسیلاریوفیت ها، دینوفلاژله ها، کلروفیت ها، سیانوفیت ها و اوگلنوفیتا شناسایی شد که از میان آنها ۵۸ گونه متعلق به شاخه باسیلاریوفیت، ۲۲ گونه

شاخه باسیلاروفیت ها در فصل زمستان بیشترین تراکم را به خود اختصاص داده است. فیتوپلانکتون *Cerataulina pelagica*, *Pseudonitzschia seriata*, *Dactyliosolen*, *Skeletonema costatum* و *Chaetoceros socialis* و *fragilissima* از گونه های غالب فصل زمستان بودند.

Lyngbya, *Thalassionema nitzschioides* و *Lyngbya sp. jimnetica* در فصل پاییز گونه های *Thalassionema*, *Lyngbya sp.*, *Oscillatoria sp.* و *Binuclearia* و *Lyngbya limnetica nitzschioides* به عنوان گونه های غالب شناخته شدند.

جدول ۱. درصد گونه های غالب در فصول مختلف در سواحل مازندران در سال ۹۰-۹۱

گونه	درصد فراوانی		
	بهار	تابستان	پائیز
<i>Exuviaella cordata</i>	۶۱/۲۵	-	-
<i>Oscillatoria sp</i>	۷/۵۲	۴۸/۶۹	۷۱/۹۱
<i>Prorocentrum praximum</i>	۶/۹۱	-	-
<i>Dactyliosolen fragilissima</i>	۳/۵۵	-	-
<i>Glenodinium lenticula</i>	۳/۳۱	-	-
<i>Prorocentrum scutellum</i>	۳/۲۸	-	-
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	۲/۷۰	-	-
<i>Nitzschia acicularis</i>	۲/۳۲	-	-
<i>Binuclearia lauterbornii</i>	-	۱۹/۳۴	۲/۳۹
<i>Spirulina laxissima</i>	-	۱۱/۰۴	-
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	-	۵/۷۱	۳/۰۷
<i>Lyngbya limnetica</i>	-	۴/۰۶	۲/۷۹
<i>Lyngbya sp.</i>	-	۳/۶۸	۱۲/۱۴
<i>Cerataulina pelagica</i>	-	-	-
<i>Skeletonema costatum</i>	-	-	-
<i>Chaetoceros socialis</i>	-	-	-

تا عمق ۵۰ متر را نشان داد. مقدار pH از ۸/۴۳ در تابستان تا ۸/۰۶ در زمستان در نوسان بود. بیشترین و کمترین مقدار کدورت به ترتیب در فصول بهار و تابستان مشاهده شد. مقدار آمونیوم از ۲۹/۷۰ در زمستان تا ۲۰/۷۹ در بهار کاهش یافت. بیشترین مقدار نیترات در بهار و کمترین مقدار در تابستان مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار نیتريت، نیتروژن آلی، نیتروژن کل، فسفر معدنی و شوری به ترتیب در زمستان و تابستان ثبت شد. بیشترین مقدار سیلیس در زمستان و کمترین در بهار بود. کمترین غلظت فسفر کل در پاییز و بیشترین در زمستان

تغییرات فصلی شاخص های کیفی آب در سواحل مازندران در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین مقدار درجه حرارت و هدایت الکتریکی در تابستان و کمترین در زمستان مشاهده شد. مطالعه حاضر در خزر جنوبی نشان داد که شیب دمایی (ترموکلاین) در فصل بهار در عمق ۲۰-۱۵ متر و در تابستان و پاییز با پایداری بیشتر در اعماق پایین تر (۵۰-۳۰ متر) وجود دارد. در اواخر پاییز و زمستان ترموکلاین بطور کامل از بین می رود. بیشترین مقدار اکسیژن محلول در فصل زمستان و کمترین در تابستان ثبت شد. نوسانات عمودی اکسیژن محلول در طی فصولی که ترموکلاین وجود دارد، یک روند افزایشی از سطح

مشاهده شد. کمترین غلظت فسفر آلی در پاییز و بیشترین در تابستان ثبت شد.

جدول ۲. آمار توصیفی از شاخص های کیفی آب (میانگین \pm خطای استاندارد) طی فصول مختلف در سواحل مازندران

پارامتر	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
درجه حرارت ($^{\circ}\text{C}$)	۱۶/۸۱ \pm ۰/۵۳	۲۶/۶۷ \pm ۰/۷۴	۲۰/۴۷ \pm ۰/۲۷	۱۱/۷۹ \pm ۰/۰۶
هدایت الکتریکی ($\mu\text{mos/cm}$)	۱۵/۷۲ \pm ۰/۱۷	۱۹/۴۸ \pm ۰/۲۷	۱۷/۳۰ \pm ۰/۱۰	۱۴/۱۸ \pm ۰/۰۱
کدورت (FTU)	۵/۳۰ \pm ۰/۷۳	۳/۱۶ \pm ۰/۳۵	۴/۱۹ \pm ۰/۶۰	۳/۴۱ \pm ۰/۴۱
شوری (g/l)	۱۲/۲۵ \pm ۰/۰۲	۱۲/۲۳ \pm ۰/۰۱	۱۲/۳۶ \pm ۰/۰۲	۱۲/۴۴ \pm ۰/۰۲
اکسیژن محلول (mg/l)	۹/۶۱ \pm ۰/۱۰	۸/۷۸ \pm ۰/۱۴	۹/۲۰ \pm ۰/۰۸	۱۰/۵۶ \pm ۰/۰۳
pH	۸/۲۴ \pm ۰/۰۱	۸/۴۳ \pm ۰/۰۱	۸/۰۷ \pm ۰/۰۱	۸/۰۶ \pm ۰/۰۱
آمونیم ($\mu\text{g/l}$)	۲۰/۷۹ \pm ۰/۹۰	۲۱/۱۲ \pm ۰/۶۵	۲۷/۷۲ \pm ۰/۶۵	۲۹/۷۰ \pm ۱/۰۳
نیتريت ($\mu\text{g/l}$)	۰/۸۰ \pm ۰/۰۶	۰/۴۸ \pm ۰/۰۶	۱/۱۸ \pm ۰/۰۸	۱/۶۰ \pm ۰/۰۸
نیترات ($\mu\text{g/l}$)	۲۷/۷۷ \pm ۱/۲۴	۱۳/۶۴ \pm ۱/۰۲	۱۹/۶۲ \pm ۱/۱۱	۲۲/۵۰ \pm ۰/۶۶
نیتروژن آلی ($\mu\text{g/l}$)	۳۱۴/۱۱ \pm ۱۰/۲۸	۲۳۶/۶۳ \pm ۹/۳۳	۲۹۴/۲۹ \pm ۷/۳۶	۳۶۸/۷۲ \pm ۹/۴۶
نیتروژن کل ($\mu\text{g/l}$)	۳۵۸/۴۹ \pm ۱۰/۹۶	۲۷۱/۸۹ \pm ۹/۸۵	۳۴۵/۸۰ \pm ۸/۹۹	۴۳۱/۱۰ \pm ۹/۱۸
فسفات ($\mu\text{g/l}$)	۱۷/۱۶ \pm ۰/۴۷	۱۵/۳۰ \pm ۰/۴۱	۲۱/۶۶ \pm ۰/۶۱	۲۳/۵۱ \pm ۰/۸۰
فسفر آلی ($\mu\text{g/l}$)	۵۲/۲۳ \pm ۱/۴۶	۵۹/۹۴ \pm ۱/۵۷	۴۷/۷۶ \pm ۱/۰۵	۵۳/۱۹ \pm ۱/۱۵
فسفر کل ($\mu\text{g/l}$)	۶۹/۳۹ \pm ۱/۴۶	۷۵/۲۴ \pm ۱/۶۶	۶۸/۱۱ \pm ۱/۳۰	۷۶/۷۰ \pm ۱/۱۴
سیلیس	۲۲۳/۲۶ \pm ۸/۲۷	۲۳۰/۲۷ \pm ۷/۶۸	۲۵۶/۷۱ \pm ۶/۳۷	۲۶۶/۱۲ \pm ۸/۰۹

توضیح داد که در خصوص بارگذاری مثبت متوسط، فسفر آلی، فسفر کل، *Prorocentrum praximum* و *Glenodinium lenticula* و بارگذاری مثبت ضعیف *Dactyliosolen* و *Exuviaella cordata* در مؤلفه چهارم بارگذاری عاملی مثبت متوسط آمونیم و pH و بارگذاری منفی ضعیف *Pseudo-nitzschia seriata* مشاهده شد.

تحلیل عاملی در فصل تابستان (جدول ۴) نشان داد که در مجموع ۳ مؤلفه اصلی، ۶۳/۰۱ درصد از کل تغییرات را شرح می دهند. مؤلفه اول ۳۰/۳۲ درصد از کل تغییرات را محاسبه کرد که مرتبط با بارگذاری عاملی مثبت قوی نیتريت، نیتروژن آلی و کل، بارگذاری عاملی مثبت متوسط نیترات، فسفات، سیلیس، pH و اکسیژن محلول و بارگذاری منفی متوسط درجه حرارت، هدایت الکتریکی و *Binuclearia lauterbornii* و بارگذاری منفی ضعیف *Spirulina laxissima* و بارگذاری مثبت ضعیف فسفر کل است.

تحلیل عاملی از شاخص های کیفی آب و گونه های غالب فیتوپلانکتونی در ایستگاه ها و لایه های بررسی شده در سواحل مازندران نشان داد که در مجموع در فصل بهار ۴ مؤلفه اصلی ۶۳/۲۶ درصد از کل تغییرات را شرح می دهند (جدول ۳). ۲۵/۰۹ درصد از کل تغییرات توسط مؤلفه اول محاسبه شد که مربوط به بارگذاری عاملی مثبت قوی درجه حرارت، هدایت الکتریکی و بارگذاری منفی قوی نیتروژن آلی، نیتروژن کل، بارگذاری مثبت متوسط *Exuviaella cordata*، *Dactyliosolen fragilissima* و بارگذاری منفی متوسط نیتريت، سیلیس و اکسیژن محلول و بارگذاری منفی ضعیف نیترات و فسفر کل می باشد. در مؤلفه دوم بارگذاری عاملی مثبت قوی شوری و منفی قوی کدورت، بارگذاری منفی متوسط آمونیم، نیتريت، فسفر آلی و کل، بارگذاری مثبت ضعیف اکسیژن محلول و منفی ضعیف نیترات مشاهده شد. مؤلفه سوم با ۱۲/۴۶ درصد از تغییرات کل شاخص های کیفی آب را

جدول ۳. تحلیل عاملی شاخص های کیفی و بیولوژیکی طی فصل بهار در سواحل مازندران

پارامتر	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
آمونیم	-۰/۲۰	-۰/۵۱	-۰/۲۴	۰/۵۰
نیتريت	-۰/۶۴	-۰/۵۷	-۰/۱۴	-۰/۰۸
نیترات	-۰/۴۴	-۰/۴۵	۰/۲۲	-۰/۳۶
نیتروژن آلی	-۰/۸۸	۰/۰۸	-۰/۰۴	۰/۰۹
نیتروژن کل	-۰/۹۰	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۹
فسفات	-۰/۳۱	-۰/۰۲	-۰/۳۱	۰/۳۲
فسفر آلی	-۰/۳۶	-۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۱۰
فسفر کل	-۰/۴۶	-۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۲۰
سیلیس	-۰/۶۷	-۰/۳۶	-۰/۱۸	۰/۱۰
درجه حرارت	۰/۷۵	-۰/۳۸	-۰/۳۸	۰/۳۰
هدایت الکتریکی	۰/۷۵	-۰/۳۴	-۰/۳۷	۰/۰۸
شوری	-۰/۲۵	۰/۸۲	۰/۱۲	۰/۲۲
اکسیژن محلول	-۰/۶۶	۰/۴۳	-۰/۳۹	-۰/۱۹
pH	-۰/۰۱	۰/۳۷	-۰/۱۷	۰/۷۴
کدورت	-۰/۰۰۶	-۰/۷۹	-۰/۰۹	-۰/۲۰
<i>Dactyliosolen</i>	۰/۰۵	-۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۳۴
<i>Nitzschia acicularis</i>	۰/۰۲	-۰/۴۴	-۰/۲۱	-۰/۳۴
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	۰/۰۲۵	۰/۳۲	۰/۱۸	-۰/۴۴
<i>Exuviaella cordata</i>	۰/۶۵	-۰/۱۱	۰/۴۶	۰/۲۰
<i>Glenodinium lenticula</i>	۰/۰۲۵	-۰/۲۷	۰/۵۰	۰/۵۲
<i>Prorocentrum scutellum</i>	-۰/۲۰	-۰/۰۸	۰/۱۹	-۰/۳۴
<i>Prorocentrum</i>	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۰	-۰/۱۰
<i>Oscillatoria sp.</i>	۰/۲۹	-۰/۱۶	۰/۲۹	۰/۱۲
مقادیر ویژه	۵/۷۷	۳/۹۹	۲/۸۶	۱/۹۱
درصد واریانس	۲۵/۰۹	۱۷/۳۸	۱۲/۴۶	۸/۳۲
درصد واریانس جمعی	۲۵/۰۹	۴۲/۴۷	۵۴/۹۳	۶۳/۲۶

(جدول ۵). مؤلفه اول ۳۹/۶۲ درصد از کل تغییرات را محاسبه کرد که شامل بارگذاری عاملی منفی قوی نیتريت، نیترات، نیتروژن آلی و کل، فسفر کل و سیلیس و بارگذاری منفی متوسط فسفات، فسفر آلی، اکسیژن محلول و کدورت، بارگذاری مثبت متوسط درجه حرارت، هدایت الکتریکی، شوری و *Oscillatoria sp.* بارگذاری مثبت ضعیف *Lyngbya Thalassionema sp.* و بارگذاری منفی ضعیف *nitzschioides* می باشد. مؤلفه دوم ۱۲/۵۴ درصد از کل تغییرات را محاسبه کرد که بیشتر مربوط به بارگذاری عاملی مثبت متوسط شوری، اکسیژن محلول و بارگذاری منفی متوسط درجه حرارت، هدایت الکتریکی و کدورت و بارگذاری منفی ضعیف

مؤلفه دوم ۱۹/۶۰ درصد از کل تغییرات را مشخص کرد که شامل بارگذاری عاملی مثبت متوسط کدورت، فسفر آلی و کل، درجه حرارت، هدایت الکتریکی و بارگذاری عاملی منفی متوسط pH، اکسیژن محلول و بارگذاری منفی ضعیف *Lyngbya limnetica* و مثبت ضعیف *Lyngbya sp.* و سیلیس است. مؤلفه سوم ۱۳/۰۸ درصد از کل تغییرات را محاسبه کرد که بیشتر مربوط به بارگذاری مثبت قوی گونه های سیانوفیت ها از جمله *Oscillatoria sp.*، *Spirulina laxissima* و *Lyngbya limnetica* و بارگذاری مثبت ضعیف نیتروژن آلی و کل می باشد. تحلیل عاملی در فصل پاییز نشان داد که در مجموع ۳ مؤلفه اصلی، ۶۳/۱۳ درصد از کل تغییرات را تشریح می کنند

آمونیم می باشد. مؤلفه سوم ۱۰/۹۷ درصد از کل تغییرات را بیان کرد که شامل بارگذاری مثبت فسفر آلی، pH و *Lyngbya limnetica* است. متوسط *Lyngbya sp.* و بارگذاری منفی متوسط

جدول ۴. تحلیل عاملی شاخص های کیفی و بیولوژیکی سواحل مازندران در فصل تابستان

پارامتر	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
آمونیم	۰/۱۳	-۰/۱۲	۰/۳۷
نیتريت	۰/۸۹	-۰/۰۸	۰/۰۱
نیترات	۰/۶۵	-۰/۳۲	-۰/۱۸
نیتروژن آلی	۰/۷۶	۰/۱۴	۰/۴۱
نیتروژن کل	۰/۸۰	۰/۰۹	۰/۴۰
فسفات	۰/۵۷	۰/۲۷	۰/۳۹
فسفر آلی	۰/۲۹	۰/۶۴	۰/۱۸
فسفر کل	۰/۴۲	۰/۶۸	۰/۲۶
سیلیس	۰/۶۶	۰/۴۴	۰/۰۳
درجه حرارت	-۰/۷۲	۰/۶۲	۰/۱۱
هدایت الکتریکی	-۰/۷۴	۰/۶۱	۰/۱۰
شوری	-۰/۳۶	-۰/۳۸	-۰/۰۷
اکسیژن محلول	۰/۷۲	-۰/۵۸	۰/۰۴
pH	۰/۵۱	-۰/۵۵	۰/۱۳
کدورت	۰/۲۹	۰/۷۰	-۰/۰۵
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	۰/۱۷	-۰/۰۷	۰/۷۶
<i>Lyngbya limnetica</i>	-۰/۳۲	۰/۴۷	-۰/۱۰
<i>Oscillatoria sp.</i>	-۰/۳۵	-۰/۳۹	۰/۷۶
<i>Spirulina laxissima</i>	-۰/۴۱	-۰/۳۲	۰/۷۵
<i>Binuclearia lauterbornii</i>	-۰/۵۴	-۰/۱۸	۰/۱۹
مقادیر ویژه	۶/۳۶	۴/۱۱	۲/۷۴
درصد واریانس	۳۰/۳۲	۱۹/۶۰	۱۳/۰۸
درصد واریانس تجمعی	۳۰/۳۲	۴۹/۹۳	۶۳/۰۱

اکسیژن محلول، بارگذاری منفی متوسط *Pseudo-Skeletonema costatum nitzschia seriata* و بارگذاری منفی ضعیف نیتروژن آلی، فسفات، شوری است. مؤلفه سوم ۱۴/۶۹ درصد از کل تغییرات را تشریح کرد که مربوط به بارگذاری منفی متوسط درجه حرارت، نیتروژن کل، هدایت الکتریکی، *Chaetoceros socialis* و *Cerataulina pelagica* بارگذاری منفی ضعیف نیتروژن آلی، PH است. مؤلفه چهارم ۱۰/۷۲ درصد از کل تغییرات را محاسبه کرد که درباره بارگذاری مثبت ضعیف نیتروژن آلی و کل و pH، بارگذاری منفی متوسط فسفر آلی، *Skeletonema Pseudo-nitzschia seriata* بارگذاری منفی ضعیف فسفر کل می باشد.

تحلیل عاملی در فصل زمستان مشخص کرد که در مجموع ۴ مؤلفه اصلی، ۶۷/۴۴ درصد از کل تغییرات را شرح می دهند (جدول ۴). مؤلفه اول ۲۵/۵۲ درصد از کل تغییرات را محاسبه کرد که مربوط به بارگذاری عاملی مثبت قوی نیتريت، بارگذاری عاملی مثبت متوسط نیترات، نیتروژن کل، فسفات، فسفر کل، سیلیس، کدورت، بارگذاری منفی متوسط هدایت الکتریکی، شوری، PH و بارگذاری مثبت ضعیف نیتروژن آلی و بارگذاری منفی ضعیف *Dactyliosolen fragilissima pelagica* است. مؤلفه دوم ۱۶/۳۱ درصد از کل تغییرات را بیان کرد که شامل بارگذاری عاملی مثبت متوسط آمونیم، درجه حرارت، کدورت، بارگذاری مثبت ضعیف فسفر آلی،

جدول ۵. تحلیل عاملی شاخص های کیفی و بیولوژیکی سواحل مازندران در فصل پاییز

پارامتر	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
آمونیم	-۰/۴۰	-۰/۴۷	-۰/۰۴
نیتريت	-۰/۷۷	-۰/۱۳	۰/۱۳
نیترات	-۰/۷۷	۰/۱۸	۰/۱۲
نیتروژن آلی	-۰/۷۹	۰/۰۷	۰/۳۸
نیتروژن کل	-۰/۸۶	۰/۳۱	۰/۳۵
فسفات	-۰/۶۹	۰/۰۶	۰/۳۷
فسفر آلی	-۰/۶۱	-۰/۲۴	-۰/۵۶
فسفر کل	-۰/۸۲	-۰/۱۱	-۰/۳۳
سیلیس	-۰/۸۱	-۰/۲۷	-۰/۱۱
درجه حرارت	۰/۶۷	-۰/۶۷	۰/۰۳
هدایت الکتریکی	۰/۷۲	-۰/۵۹	۰/۰۳
شوری	۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۱۲
اکسیژن محلول	-۰/۶۸	۰/۶۱	-۰/۱۸
pH	۰/۱۷	۰/۳۰	-۰/۶۷
کدورت	-۰/۵۰	-۰/۶۴	۰/۱۱
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	-۰/۴۱	۰/۰۶	۰/۱۴
<i>Lyngbya limnetica</i>	۰/۲۳	-۰/۱۴	-۰/۵۶
<i>Lyngbya sp</i>	۰/۴۵	۰/۰۹	۰/۵۷
<i>Oscillatoria sp.</i>	۰/۶۳	-۰/۰۳	۰/۳۲
<i>Binuclearia lauterbornii</i>	۰/۲۵	۰/۱۸	-۰/۰۱۷
مقادیر ویژه	۷/۹۲	۲/۵۰	۲/۱۹
درصد واریانس	۳۹/۶۲	۱۲/۵۴	۱۰/۹۷
درصد واریانس تجمعی	۳۹/۶۲	۵۲/۱۶	۶۳/۱۳

۴. بحث و نتیجه گیری

بررسی گونه های غالب مربوط به شاخه های مختلف فیتوپلانکتونی، راهنمای بسیار خوبی در شناخت اکوسیستم دریای خزر محسوب می شود.

به طور کلی نتایج این تحقیق در مورد تراکم فیتوپلانکتون ها و گونه های غالب تقریباً با نتایج مطالعات سال های اخیر (Nasrollazadeh et al., 2012 and 2013) در سواحل خزر جنوبی مطابقت دارد. نتایج نشان داده است که دیاتومه ها بیشترین تراکم در زمستان و کل سال داشتند. با این وجود در فصول گرم پیروفیت ها (بهار) و سیانوفیت ها (تابستان و پاییز) دارای تراکم بیشتری بودند. مطالعات مختلف در خزر جنوبی (Roohi et al., 2010; Nasrollahzadeh et al., 2008a, b) نیز نشان دادند که در سال قبل از ورود شانه دار *Mnemiopsis leidyi* (۱۳۷۵) باسیلاریوفیتا و دینوفلاژلاتا به ترتیب

دو رتبه نخست جمعیتی را دارا بودند، در حالی که در سالهای بعد از ورود این گونه مهاجم (۸۴ تا کنون) با آنکه شاخه باسیلاریوفیتا همچنان شاخه غالب را تشکیل داد ولی سیانوفیتا به خصوص در فصول گرم (تابستان و پاییز) به شدت افزایش یافت.

دسترسی به مواد مغذی (کنترل پایین به بالا) از مهمترین دلایل پویایی تراکم فیتوپلانکتون محسوب می شود (Deason and Smayda, 1981). نتایج تحلیل عاملی برای فصل بهار نشان داد که گونه های غالب *Exuviaella cordata* و *Dactyliosolen fragilissima* ارتباط معکوسی با برخی پارامترها از جمله نیتريت، نیتروژن آلی، سیلیس، درجه حرارت و اکسیژن دارند (مؤلفه اول). این نشان می دهد که مجموعه ای از عوامل از جمله ترکیبات نیتروژنی و ترموکلاين در رشد این گونه دینوفلاژله ها در این مؤلفه دخیل هستند و وابسته به یک عامل نیستند.

جدول ۶. تحلیل عاملی شاخص های کیفی و بیولوژیکی سواحل مازندران در فصل زمستان

پارامتر	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم
آمونیم	۰/۱۴	۰/۶۶	-۰/۲۵	-۰/۰۵۵
نیتريت	۰/۸۱	۰/۱۶	-۰/۲۹	-۰/۰۱
نیترات	۰/۷۲	-۰/۳۷	-۰/۲۶	-۰/۰۵
نیتروژن آلی	۰/۴۷	-۰/۴۰	-۰/۴۴	۰/۴۸
نیتروژن کل	۰/۵۵	-۰/۱۲	-۰/۵۵	۰/۴۲
فسفات	۰/۶۹	-۰/۰۴۲	-۰/۰۲	۰/۱۸
فسفر آلی	۰/۱۰	۰/۴۲	-۰/۳۴	-۰/۶۱
فسفر کل	۰/۵۹	۰/۱۳	-۰/۳۶	-۰/۴۹
سیلیس	۰/۶۴	۰/۰۳۹	-۰/۰۱	۰/۱۷
درجه حرارت	-۰/۳۹	۰/۵۷	-۰/۵۷	۰/۰۹
هدایت الکتریکی	-۰/۶۰	۰/۳۸	-۰/۵۵	۰/۱۵
شوری	-۰/۶۳	-۰/۴۸	۰/۰۷	۰/۰۹
اکسیژن محلول	-۰/۲۷	۰/۴۱	-۰/۱۱	-۰/۱۳
pH	-۰/۵۷	۰/۱۷	-۰/۴۲	۰/۴۰
کدورت	۰/۵۸	۰/۵۰	۰/۰۱	-۰/۱۶
<i>Cerataulina pelagica</i>	-۰/۴۴	-۰/۳۹	-۰/۵۵	-۰/۲۹
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	-۰/۲۰	-۰/۵۹	-۰/۳۸	-۰/۵۲
<i>Dactyliosolen fragilissima</i>	-۰/۴۴	-۰/۰۸	-۰/۳۸	۰/۰۸
<i>Skeletonema costatum</i>	۰/۰۰۵	-۰/۵۵	۰/۱۹	-۰/۶۲
<i>Chaetoceros socialis</i>	۰/۰۳۴	-۰/۳۰	-۰/۷۲	-۰/۱۵
مقادیر ویژه	۰/۱۰	۳/۲۶	۲/۹۷	۲/۱۴
درصد واریانس	۲۵/۵۲	۱۶/۳۱	۱۴/۸۹	۱۰/۷۲
درصد واریانس جمعی	۲۵/۵۲	۴۱/۸۳	۵۶/۲۷	۶۷/۴۴

نزدیک ساحل در مقایسه با ایستگاه‌های دور از ساحل می‌تواند در ارتباط با رودخانه‌های حوزه جنوبی خزر باشد. در مؤلفه سوم نیز فسفر آلی، فسفر کل، *Glennodinium* و *Prorocentrum praximum* دارای بیشترین بار عاملی بودند. این موضوع می‌تواند نشان دهد که میزان ورودی فسفر آلی به سواحل مازندران بالا بوده و در نتیجه فیتوپلانکتون های که می‌توانند به خوبی از فسفر آلی استفاده کنند (دینوفلاژله)، در رقابت با گونه های دیگر موفق تر عمل کنند. این توانایی توسط Heil و همکاران (۲۰۰۵) مورد تأیید قرار گرفته است. در مؤلفه چهارم ارتباط معکوس بین pH و کدورت نشان می‌دهد که آبهای نزدیک ساحل که دارای مواد معلق بالاتری هستند، میزان pH کمتری نسبت به آبهای دور از ساحل دارند. با توجه به اینکه در این مطالعه pH کم‌تر در آبهای نزدیک ساحل وجود دارد ارتباط

این مورد همچنین برای *Dactyliosolen fragilissima* همراه با سیلیس نیز صدق می‌کند. مطالعات Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۱۱) نیز این نتایج را تأیید می‌کنند. در مؤلفه دوم مواد مغذی با همدیگر و با کدورت ارتباط مثبت و با شوری رابطه معکوس دارند. وجود چنین ارتباطی نشان‌دهنده وجود یک منبع مشترک است. با توجه به اینکه بالاترین میزان کدورت آب و کمترین شوری در ایستگاه‌های نزدیک ساحل (به ویژه ۵ متر) وجود دارد، می‌توان نتیجه گرفت که بالابودن کدورت این ایستگاه‌ها ناشی از ورود مواد معلق از رودخانه‌ها است. از این رو می‌توان رودخانه‌ها را به عنوان منبع مواد مغذی در این فصل و توسعه رشد فیتوپلانکتون ها نامید. در مطابقت با نتایج مطالعه حاضر، Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸a) گزارش کرده‌اند که بالا بودن مقادیر تروپی (بالا بودن نوترینت ها) در ایستگاه‌های

عاملی در این مؤلفه به نظر می رسد اثر رودخانه در پاییز کم می شود. به نظر می رسد تجزیه و ترشحات موجودات در سطوح بالاتر شبکه غذایی بویژه شانه دار *M. leidy* (روزانه ۵-۱۹ درصد آمونیوم و ۲۰-۴۸ درصد فسفر) تامین کننده مواد مغذی ها در ستون آب باشند (Roohi et al., 2003; Shiganova et al., 2008). در خزر جنوبی شانه دار *M. leidy* در فصل پاییز دارای بیشترین تراکم در طی سال می باشد (Roohi et al., 2013).

در فصل زمستان همانطوری که از جدول (۵) مشخص شده است ترموکلاین و اثرات آن حذف شده است. مؤلفه اول نشان می دهد گونه های دیاتومه *Dactyliosolen* و *Cerataulina pelagica* با اکثر مواد مغذی و بویژه سیلیس *fragilissima* رابطه معکوس دارند. در مؤلفه دوم بار عاملی گونه *Pseudo-nitzschia seriata* (۶۶/۱۲ درصد) و آمونیوم بسیار حائز اهمیت بودند که می تواند نشان دهنده این موضوع باشد که رشد این فیتوپلانکتون در زمستان می تواند علاوه بر نیترات توسط آمونیوم هم پشتیبانی شود. Hinga (۲۰۰۲) نشان داد که افزایش pH در شرایطی که رشد فیتوپلانکتونی ناشی از آمونیوم و نیترات باشد کمتر از شرایطی است که رشد فیتوپلانکتونی فقط توسط نیترات باشد. در این مطالعه میزان pH در زمستان کمتر از سایر فصل ها بود که می تواند این فرضیه را تایید کند. مؤلفه سوم نیز نشان می دهند که با کاهش دما در زمستان محیط مناسبی برای گونه های دیاتومه سرمادوست فراهم می شود.

این مطالعه نشان داد که می توان نیتروژن معدنی و تا حدودی فسفر معدنی را بعنوان یک عامل محدود کننده رشد فیتوپلانکتون ها در سواحل مازندران معرفی کرد. همچنین سیلیس که به ندرت رشد دیاتومه ها را از لحاظ زمانی و مکانی محدود می کند. بطور کلی نشان داده شده است که در پویایی جمعیت دیاتومه ها درجه حرارت، سیلیس و نیتروژن معدنی نقش مهمی دارند، درحالیکه برای دینوفلاژله

مثبت آمونیوم و pH نیز نشاندهنده منبع رودخانه ای این ماده مغذی دارد.

در فصل تابستان مؤلفه اول ارتباط منفی گونه *Binuclearia lauterbornii* را با مجموعه ای از عوامل از جمله ترکیبات نیتروژنی، فسفات، pH و اکسیژن محلول و ارتباط مثبت آن با درجه حرارت نشان داد. نتایج این مؤلفه مشخص می کند که ترموکلاین در فصل تابستان بر مقدار مواد مغذی اثر گذار است اما علت ارتباط مثبت این گونه با ترموکلاین کاملاً مشخص نیست و نیاز به مطالعات بیشتری در زمینه خصوصیات اکولوژیکی این گونه می باشد. مؤلفه دوم نیز شبیه فصل بهار نشاندهنده ورود مواد مغذی بویژه ترکیبات فسفری از طریق رودخانه ها است. مؤلفه سوم مربوط به بارگذاری قوی ۳ گونه سیانوفیت جمله *Oscillatoria* sp.، *Spirulina laxissima* و *Lyngbya limnetica* می باشد. به نظر می رسد با توجه به اینکه این فیتوپلانکتون ها قادر به تثبیت نیتروژن گازی و ذخیره مواد مغذی بویژه فسفر می باشند خیلی وابسته به نوسانات مواد مغذی داخل آب نیستند. بخاطر داشتن چنین خصوصیتی این گونه ها در رقابت با گونه های دیگر برتری دارند (Smith et al., 2008). مطالعات بیشتر در زمینه کنترل بالا به پایین (چرای زئوپلانکتون از این گونه ها و اثرات آلوپاتی (دگر آسیمی) این گونه ها به منظور درک بهتر غالبیت سیانوفیت ها در تابستان نیاز است.

در فصل پاییز در مؤلفه اول *Oscillatoria* sp. دارای ارتباط منفی با ترکیبات نیتروژنی و فسفری می باشد که می تواند به واسطه تراکم بسیار بالای این گونه در این فصل (۷۱/۹۱ درصد) باشد که باعث کاهش مواد مغذی می شود. از طرفی چون لایه ترموکلاین در فصل پاییز در مناطق عمیق تر شکل می گیرد نمی توان انتظار داشت که تاثیر منفی بر رشد سیانوفیت ها که اکثراً در لایه های بالایی هستند، داشته باشد. در مؤلفه دوم ارتباط منفی کدورت و شوری نشاندهنده اثر رودخانه است اما با توجه به ضرایب بار

همچنین آن‌ها بر اساس تجزیه و تحلیل اطلاعات چندین ساله جامعه فیتوپلانکتونی نشان دادند که تراکم دینوفلاژله‌ها در طی زمان (۱۰ سال) یک روند کاهشی داشته و جنس‌های غالب نیز در طول این سال‌ها تغییر کرده و ثابت نبوده‌اند.

بطور کلی کشف علت توالی و تغییرات تراکم فیتوپلانکتونی بسیار دشوار می‌باشد، زیرا برهم کنش بین عوامل زنده و غیر زنده در یک اکوسیستم بسیار پیچیده است. معرفی دقیق عوامل ایجاد این اختلافات نیازمند مطالعات گسترده و استفاده از مدل‌های پیچیده تر با کارایی بالاتر می‌باشد. همچنین خورده شدن فیتوپلانکتون توسط پلانکتون های جانوری (کنترل بالا به پایین) و اثرات آلوپاتی بین گونه‌های فیتوپلانکتون‌ها می‌تواند عوامل موثر دیگری مربوط به جایگزین شدن جوامع فیتوپلانکتونی باشد که باید در مدل‌ها در نظر گرفته شود.

تشکر و قدردانی

از مدیریت و پرسنل محترم دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، حراست منابع آبیان استان مازندران، سازمان زمین شناسی، مرکز ملی اقیانوس شناسی و پژوهشکده اکولوژی دریای خزر که در فراهم کردن امکانات این تحقیق نهایت همکاری را مبذول داشتند، تقدیر و تشکر می‌شود. همچنین از آقایان دکتر یحیی کوچ، مهندس جمشید درزی و خانم مهندس ناهید پایی زاده بخاطر همکاری علمی مفیدشان قدردانی می‌گردد.

منابع

Nasrollahzadeh, H. S., Makhloogh, A., Pourgholam, R. and Rahmati, R. 2012. Strategies of dominant species of phytoplankton with emphasis on their size classification in the basin of the southern Iranian coast of the Caspian Sea. J. Oceanogr. 10:45-57 (In Persian).

ها و سیانوفیت‌ها درجه حرارت، فسفر معدنی، فسفر آلی و نیتروژن معدنی مهم هستند. مطالعات طولانی مدت قبلی در خزر جنوبی نشان می‌دهند که بواسطه سیلیس کافی دیاتومه‌ها غالب هستند. با این وجود همچنان که توسعه دیاتومه اتفاق می‌افتد، مقداری زیادی از نیتروژن و سیلیس مصرف می‌شود و سبب کاهش موقتی سیلیس و کاهش نسبت سیلیس به نیتروژن می‌گردد که این فرآیند باعث توالی فیتوپلانکتون‌ها از دیاتومه با میزان نیاز زیاد به سیلیس به فیتوپلانکتون‌های غیر سیلیسی نظیر سیانوفیت‌ها (فیکس کننده نیتروژن) و دینوفلاژله‌ها (فیتوپلانکتون‌های جنبنده) می‌شود (Nasrollahzadeh *et al.*, 2011). در این مطالعه زمانی که سیلیس و نیتروژن معدنی بطور موقت کاهش می‌یابد در ستون آب به ویژه در لایه‌های سطحی در تابستان، افزایش تراکم دینوفلاژله‌ها و سیانوفیت‌ها اتفاق افتاد. به علاوه در تابستان ترکیبات فسفری بویژه فسفر آلی هم زمانی که سیلیس کاهش می‌یابد حائز اهمیت می‌باشند.

مطالعات متعددی اهمیت مواد مغذی در تناوب شاخه‌های فیتوپلانکتونی را در اکوسیستم‌های مختلف نشان دادند. Domingues و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که در مصب Guadiana (پرتغال) در آغاز بهار، همزمان با نسبت بالای نیتروژن به فسفر و افزایش سیلیس، شکوفایی دیاتومه‌ها رخ داده و در آخر تابستان با کاهش نسبت نیتروژن به فسفر و میزان سیلیس، سیانوباکترها غالب می‌شوند. در مطالعه مشابه دیگری Razinkovas و Pilkaityte (۲۰۰۷) در لاگون Curonian (دریای بالتیک) مشاهده کردند که کنترل تغییرات جامعه فیتوپلانکتونی وابسته به مواد مغذی است به طوری که در فصل بهار محدودیت فسفر و سیلیس نقش تعیین کننده در ساختار جامعه داشته و محدودیت نیتروژن در درجه دوم اهمیت قرار دارد. Bresnan و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که تغییر در ساختار جامعه فیتوپلانکتونی در دریای شمال به طور بارزی از چرخه فصلی پیروی می‌کند.

- Nasrollahzadeh, H. S., Makhloogh, A., Roshantabari, M. and Eslami, F. 2013. Study of Feeding Behavior of Zooplankton-Phytoplankton in Different Seasons in the Southern Caspian Sea Using Multivariate Analysis. *J. Oceanogr.* 4:29–38 (In Persian).
- APHA (American Public Health Association) 2005. Standard method for examination of water and wastewater. 18th edition. American public health association publisher, Washington, USA. 1113p.
- Bierman, P., Lewis, M., Ostendorf, B. and Tanner, J. 2011. A review of methods for analysing spatial and temporal patterns in coastal water quality. *Ecol. Indic.* 11: 103–114.
- Bresnan, E., Hay, S., Hughes, S. L., Fraser, S., Rasmussen, J., Webster, L. and et al. 2009. Seasonal and interannual variation in the phytoplankton community in the northeast of Scotland. *J. Sea. Res.* 61: 17–25.
- Choudhury, A. K. and Pal, R. 2010. Phytoplankton and nutrient dynamics of shallow coastal stations at Bay of Bengal, Eastern Indian coast. *Aquat. Ecol.* 44: 55–71.
- Deason, E. E. and Smayda, T. J. 1981. Ctenophore-zooplankton-phytoplankton interactions in Narragansett Bay, Rhode Island, USA, during 1972-1977. *J. Plankton. Res.* 4: 203–217.
- Domingues, R. B., Barbosa, A. and Galvão, H. 2005. Nutrients, light and phytoplankton succession in a temperate estuary (the Guadiana, south-western Iberia). *Estuar. Coast. Shelf. S.* 64: 249–260.
- Dueri, S., Dahllöf, I., Hjorth, M., Marinov, D. and Zaldívar, J. M. 2009. Modeling the combined effect of nutrients and pyrene on the plankton population: Validation using mesocosm experiment data and scenario analysis. *Ecol. Model.* 220: 2060–2067.
- Ganjian-khenari, A. 2011. Temporal distribution and composition of phytoplankton in the southern part of Caspian Sea in Iranian water from 1994 to 2007. PhD thesis. University Sciences Malaysia. Pp.248.
- Grigorovich, I. A., Therriault, T. W. and MacIsaac, H. J. 2003. History of aquatic invertebrate invasions in the Caspian Sea. *Biol. Invasions.* 5: 103–115.
- Habit, R. N., Pankow, H., 1976. *Algenflora der Ostsee II*. Gustav Fischer Verlag, Jena University Rostock Publication, Plankton, Germany.
- Heil, C. A., Glibert, P. M. and Fan, C. 2005. *Prorocentrum minimum* (pavillard) Schiller. A review of a harmful algal bloom species of growing worldwide importance. *Harmful Algae.* 4: 449–470.
- Hinga, K. R. 2002. Effects of pH on coastal marine phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 238: 281–300.
- Kasimov, A. G. 2000. Methods of monitoring in Caspian Sea. Qapp-Poliqraf, 57p.
- Kishino, M., Tanaka, A. and Ishizaka, J. 2005. Retrieval of chlorophyll a, suspended solids, and colored dissolved organic matter in Tokyo Bay using ASTER data. *Remote. Sens. Environ.* 99: 66–74.
- Liu, C. W., Lin, K. H. and Kuo, Y. M. 2003. Application of factor analysis in the assessment of ground water quality in a black foot disease area in Taiwan. *Sci. Total. Environ.* 313: 77–89.
- MacLeod, C. D., Mandleberg, L., Schweder, C., Bannon S. M. and Pierce, G. J. 2008. A comparison of approaches for modelling the occurrence of marine animals. *Hydrobiologia.* 612: 21–32.
- Nasrollahzadeh, H. S., Din, Z. B., Foong, S. Y. and Makhloogh, A. 2008a. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Cont. Shelf. Res.* 28: 1153–1165.
- Nasrollahzadeh, H. S., Din, Z. B. and Makhloogh, A. 2008b. Variations in nutrient concentration and phytoplankton composition at the euphotic and aphotic layers in the Iranian coastal waters of the southern Caspian Sea. *Pakistan. J. Biol. Sci.* 11: 1176–1193.
- Nasrollahzadeh, H. S., Makhloogh, A., Pourgholam, R., Din, Z. B. and Foong, S. Y. 2011. Multivariate analysis of water quality parameters and phytoplankton composition in the southern of Caspian Sea. *Int. Aquat. Res.* 3: 205-216
- Newell, G. E. and Newell, R. C. 1977. *Marine plankton*. Hutchinson Co. London, 320 pp.
- Palialexis, A., Georgakarakos, S., Karakassis, I., Lika, K. and Valavanis, V. D. 2011. Fish distribution predictions from different points of view: comparing associative neural networks, geostatistics and regression models. *Hydrobiologia.* 670: 165–188.
- Pilkaityte, R. and Razinkovas, A. 2007. Seasonal changes in phytoplankton composition and nutrient limitation in a

- shallow Baltic lagoon. *Boreal. Environ. Res.* 12: 551–559.
- Proshkina-Lavrenko, A. I. and Makarova, I. V. 1968. *Plankton Algae of the Caspian Sea*. Leningrad, Nauka, Russia, 291p.
- Rolland, A., Bertrand, F., Myriam M. M. and Jacquet, S. 2009. Assessing phytoplankton structure and spatio-temporal dynamics in a freshwater ecosystem using a powerful multiway statistical analysis. *Water. Res.* 43: 3155–3168.
- Roohi, A., Yasin, Z., Kideys, A.E., Aileen, T., Ganjian-Khanari, A. and Eker-Develi, E. 2008. Impact of a new invasive ctenophore (*Mnemiopsis leidyi*) on the zooplankton community of the Southern Caspian Sea. *Mar. Ecol.* 29:421–434.
- Roohi, A., Kideys, A. E., Sajjadi, A., Hashemian, A., Pourgholam, R., Fazli, H. and et al. 2010. Changes in biodiversity of phytoplankton, zooplankton, fishes and macrobenthos in the Southern Caspian Sea after the invasion of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi*. *Biol. Invasions.* 12: 2343–2361.
- Roohi, A., Pourgholam, R., Ganjian-Khenari, A., Kideys, A. E., Sajjadi, A. and Kalantari, R. A. 2013. Factors Influencing the Invasion of the Alien Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* Development in the Southern Caspian Sea. *Ecopersia.* 1: 299-313.
- Roy, S. 2008. Spatial interaction among nontoxic phytoplankton, toxic phytoplankton, and zooplankton: Emergence in space and time. *J. Boil. Phys.* 34:459–474.
- Shiganova, T. A., Sapozhnikov, V. V., Musaeva, E. I., Domanov, M. M., Bulgakova, Y. V., Belov, A. A. and et al. 2003. Factors determining the conditions of distribution and quantitative characteristics of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the North Caspian. *Oceanology.* 43: 676–693.
- Shiganova, T. A., Dumont, H. J., Sokolsky, A. F., Kamakin, A. M., Tinenkova, D. and Kurasheva, E. K. 2004. Population dynamics of *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea, and effects on the Caspian ecosystem. In: Dumont, H. J., Shiganova, T. A. and Niermann, U (eds). *Aquatic Invasions in the Black, Caspian and Mediterranean Seas*. Kluwer Accademic publishers, pp. 71–111.
- Shirodkar, P. V., Mesquita, A., Pradhan, U. K., Verlekar, X. N., Babu, M. T. and Vethamony, P. 2009. Factors controlling physico-chemical characteristics in the coastal waters off Mangalore-A multivariate approach. *Environ. Res.* 109: 245–257.
- Smith, J. L., Boyer, G. L. and Zimba, P. V. 2008. A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. *Aquaculture.* 280: 5–20.
- Volovik, S. and Korpakova, I. 2004. Introduction of *Beroe cf. ovata* to the Caspian Sea needed to control *Mnemiopsis leidyi*. In: Dumont, H. J., Shiganova, T. A. and Niermann, U. (eds) *Aquatic Invasions in the Black, Caspian and Mediterranean Seas*. Kluwer Accademic publishers, pp.177-192.
- Wang, X., Lu, Y., He, G., Han, J. and Wang, T. 2007. Multivariate analysis of interactions between phytoplankton biomass and environmental variables in Taihu lake, China. *Environ. Monit. Assess.* 133: 243–253.

Title: Seasonal distribution of dominant phytoplankton in the Southern Caspian Sea (Mazandaran coast) and its relationship with environmental factors

Nemat mahmoudi¹, Mohammadreza ahmadi², Manochehr babanezhad³ and Jafar seyfabadi*⁴

1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Iran.

2- Department of Health and Aquatic Diseases, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Iran

3- Department of Statistics, Faculty of Science, Golestan University, Iran.

4- Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Iran.

Abstract:

Seasonal distribution of phytoplankton and factors affecting their presence in the Mazandaran coastal ecosystems were investigated in 2012. In this study, Distribution of the phylum and dominant species of phytoplankton and water quality parameters were evaluated along 4 transects (Amirabad, Babolsar, Noshahr and Ramsar) in the different layers of the water column at final depths of 5, 10, 20 and 50m. Variation of the dominant species and environmental parameters was analyzed using Principal Components Analysis (PCA). Average annual phytoplankton density was 318687823 cubic meters, the highest density in winter and lowest in spring was determined. Totally, 5 groups and 129 species of phytoplankton were identified, including Bacillariophyta (58 species), Cyanophyta (24), Dinoflagellata (22), Chlorophyta (17) and Euglenophyta (8). The dominant species in the water body were *Exuviaella cordata* of the Dinoflagellata (61.25% of the species) in spring, *Oscillatoria* sp. of the Cyanophyta in summer and autumn (48.69 and 71.91%, respectively) and *Pseudo-nitzschia seriata* of the Bacillariophyta (66.12%) in winter. This study showed that thermocline, riverine transport, *Mnemiopsis leidyi* and opportunistic phytoplanktonic species with high competitive ability (Cyanophyta and Dinoflagellata) were the most effective factors on spatio-temporal variations of phytoplankton. Temperature, silica and inorganic nitrogen play an important role in population dynamics are diatoms, while temperature, inorganic and organic phosphorus and inorganic nitrogen for Cyanophyta and Dinoflagellata are important.

Keywords: Phytoplankton diversity; Southern Caspian Sea; Coastal ecosystem; Environmental variables; Ecological relationships

Table 1. Percentage of dominant species during different seasons in Mazandaran coasts in 90-91.

Table 2. Descriptive statistics of water quality parameters (mean \pm standard error) during different seasons in Mazandaran coasts.

Table 3. Factor analysis of qualitative and biological parameters in spring in Mazandaran coasts.

Table 4. Factor analysis of qualitative and biological parameters in summer in Mazandaran coasts.

Table 5. Factor analysis of qualitative and biological parameters in autumn in Mazandaran coasts.

Table 6. Factor analysis of qualitative and biological parameters in winter in Mazandaran coasts.

Figure 1. Locations of the monitoring stations and transects in Mazandaran coast.

Graph 1. Density of phytoplankton (Mean \pm standard error) during the different seasons in Mazandaran coasts.

*Corresponding author E-mail: seyfabadi@modares.ac.ir