اقیانوس‌شناسی/ سال نهم/ شماره ۳۵/ پاییز ۱۳۹۷/۱۰/۱۰-۱
DOI: 10.29252/JOC.2018.9.1174

تغییرات ساختار زی‌شناوران گیاهی و مواد مغذی در پیرامون قفس دریایی پرورش ماهیان واقع در جنوب دریای خزر- سواحل گیلان

سیامک باقری[1*]، مرضیه مکارمی[2]

۱- استادیار موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران، پست الکترونیکی: siamakbp@gmail.com
۲- کارشناس ارشد آزمایشگاه پلانکتون، پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندر انزلی، ایران، پست الکترونیکی: marziyeh_makaremi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۲۸ ** نویسنده مسوول* *تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۲۴*

چکیده

هدف از این مقاله، بررسی تغییرات ساختار زی‌شناوران گیاهی (فیتوپلانکتون‌ها) و مواد مغذی پیرامون قفس دریایی پرورش ماهیان واقع در جنوب دریای خزر- سواحل گیلان است. این مطالعه با ۳ ایستگاه در مجاورت سایت پرورش ماهی در قفس و ۳ ایستگاه مرجع، بین ماه‌های دی ۹۲ و اردیبهشت ۹۳ انجام گرفت. در این مطالعه ۱۹ گروه فیتوپلانکتونی شامل Bacillariophyta (۱۲ گونه)، Chlorophyta (۲ گونه)، Cyanophyta (۲ گونه) و Dinoflagellata (۳ گونه) شناسایی شدند. شاخه باسیلاریوفیتا (دیاتوم) با فراوانی ۸۶ درصد، غالب ساختار فیتوپلانکتون را دارا بودند. نتایج این مطالعه نشان داد که فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و گونه‌های غیربومی *Pseudosolenia calcar-avis* و *Pseudo-nitzschia seriata* از شاخه باسیلاریوفیتا در ایستگاه‌های مجاور سایت پرورش ماهی در قفس نسبت به ایستگاه‌های شاهد (دور از قفس) دارای فراوانی بیشتری هستند. آنالیز تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)، تفاوت مکانی فراوانی فیتوپلانکتون‌ها را بین ایستگاه‌های مجاور سایت پرورش ماهی در قفس و ایستگاه‌های دور از قفس تایید نمود. همچنین آنالیز CCA بیانگر همبستگی قوی بین فراوانی شاخه‌های دیاتوم و سیانوفیتا با میزان غلظت مواد مغذی (r =۰/۸۲) بود. احتمالا افزایش مقادیر مواد مغذی ناشی از غذادهی و مواد زاید دفعی ناشی از پرورش ماهی در قفس، از عمده دلایل افزایش فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و گونه‌های غیربومی در ایستگاه‌های مجاور سایت پرورش ماهی در قفس است. از آنجایی‌که مطالعه حاضر در دوره زمانی کوتاهی انجام گرفت، بنابراین انجام مطالعات محیط زیستی ارزیابی اثرات پرورش ماهی در بوم‌سامانه دریای خزر ضروری به نظر می‌رسد.

کلمات کلیدی: *پرورش ماهی در قفس، زی‌شناوران گیاهی، تغییرات مکانی، سواحل گیلان، دریای خزر.*

۱. مقدمه

دریای خزر در اواسط دوران پیلوسن به طور کامل از دریای سیاه جدا گردید و به صورت بوم‌سامانه‌ای محصور شکل گرفت. از این دوران به بعد فون گیاهی و جانوری لب شور پدیدار شد و تا امروز باقی ماند (Kosarev and Yablonskaya, 1994). دریای خزر بزرگترین دریاچه دنیا بوده و طول آن از شمال به جنوب ۱۲۰۰ کیلومتر است و بخش عمده‌ای از منابع آب‌های داخلی را در دنیا به خود اختصاص داده است (Dumont, 1998). فون و فلور دریای خزر ۱/۸ میلیون سال پیش شکل گرفت و به دلیل بسته بودن، در

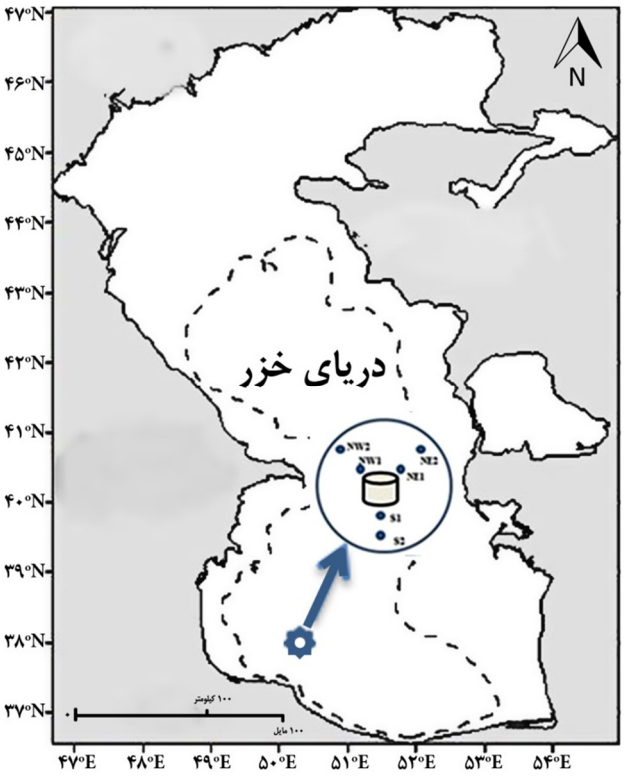
مقایسه با سایر دریاها دارای گونه های بومی بسیار زیادی است (Karpinsky, 2010). از آغاز دهه ۱۹۹۰ بوم‌سامانه دریای خزر به شدت تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی و آلودگی‌های شدید محیطی قرار گرفته است. به دلیل افزایش استفاده از کودها و سموم کشاورزی، جنگل زدایی، غلظت مواد مغذی در رودخانه افزایش یافته و میزان آن در سال‌های اخیر بیش از دو برابر گردیده است (Dumont, 1998; Bagheri et al., 2012a; Mohammadi et al., 2017). افزایش مواد مغذی در سواحل جنوب دریای خزر باعث افزایش تولیدکنندگان اولیه و افزایش تراکم فیتوپلانکتون‌ها بعد از سال‌های ۲۰۰۰ گردید. اخیرا دو شکوفایی فیتوپلانکتونی در سواحل جنوب غربی دریای خزر در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ رخ داده است (Bagheri et al., 2011). فیتوپلانکتون سمی غیربومی *Pseudo-nitzschia seriata* توسط Shiganova و همکاران (۲۰۰۵) گزارش شد که از طریق آب توازن کشتی از دریای سیاه به دریای خزر معرفی گردید. افزایش سطح یوتروفی دریای خزر(Nasrollahzadeh et al., 2008a)، افزایش تراکم گونه‌های سمی از شاخه‌های سیانوفیتا و داینوفلاژلا را در آینده در پی داشته که برای بوم‌سامانه دریای خزر بسیار خطرناک خواهد بود (Attaran et al., 2018; Nasrollahzadeh et al., 2011; Makhlough et al., 2017). پرورش ماهی در قفس یکی از فعالیت‌های شیلاتی است که طی دو سال اخیر در سواحل جنوب دریای خزر شکل گرفته است (Bagheri et al., 2016a). Borges و همکاران (۲۰۱۰) و همچنین Guo و Li (۲۰۰۳) با مطالعه بر اثرات پرورش ماهی در قفس، تغییر در سطح تغذیه گرایی، کاهش تنوع زیستی، شکوفایی جلبکی، معرفی گونه‌های غیربومی و افزایش بیماری در بوم‌سامانه آبی را گزارش نمودند. پرورش ماهی در قفس به دلیل هدر رفتن غذا در محیط پرورش، تنفس و دفع مواد زاید به طور مستقیم در آب، میزان مواد مغذی و مواد آلی و شکوفایی فیتوپلانکتونی را افزایش می دهد (Islam, 2005). براساس مطالعات Olsen (2008)، میزان ۶۸ کیلوگرم نیتروژن و ۱۱ کیلوگرم فسفات به ازای هر تن تولید ماهی در شرایط حداقل هدر رفتن غذا و FCR مناسب، وارد دریا خواهند شد. مطالعات در خصوص اثرات پرورش ماهی بر بوم‌سامانه دریای خزر، به دلیل جوان بودن این صنعت در سواحل جنوبی دریای خزر بسیار محدود است. اولین مطالعات در خصوص اثرات پرورش ماهی در قفس بر جامعه زئوپلانکتون در دریای خزر توسط Bagheri و همکاران (b ۲۰۱۶) انجام گرفت. در این مطالعه تنوع گونه‌ای و ساختار جمعیت زئوپلانکتون تغییرات محسوسی را نشان داد، بطوری‌که جمعیت گونه‌های غیر بومی و فرصت طلب در مجاور سایت پرورش ماهی در جنوب غربی دریای خزر افزایش چشمگیری داشت. به‌علاوه Afraei و همکاران (۲۰۱۶) اظهار داشتند، پرورش ماهی در قفس بر موجودات پلانکتونی اثر گذاشته و شکوفایی جلبکی در سطح وسیع در صورت افزایش سایت‌های پرورش ماهی در قفس در آب‌های استان مازندران در منطقه کلار آباد دور از انتظار نیست. همچنین مطالعات Bagheri و همکاران (a ۲۰۱۶) در خصوص پریفیتون‌ها در سایت پرورش ماهی در قفس، افزایش تراکم جلبک‌های *Cladophora* sp.، *Spirogyra* sp. و *Cordylophora caspia* را نشان داد و بیشترین تراکم جلبکی از جنس *Cladophora* با میزان حدود ۵۰۰ هزار عدد در مترمربع گزارش شد. علاوه براین، حضور Nematoda با فراوانی ۱۰۰ عدد در یک میلی‌متر در سایت پرورش ماهی در قفس گواه بر افزایش بار مواد مغذی و بار آلودگی در سایت پرورش ماهی در منطقه جفرود در جنوب دریای خزر است (Bagheri et al., 2016 a). همچنین Parafkandeh و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه روی پراکنش، فراوانی و زی‌توده کفزیان در محل استقرار قفس در سواحل کلار آباد- مازندران در جنوب دریای خزر گزارش نمودند که فراوانی و زی‌توده بی‌مهرگان کفزی در محل استقرار قفس در مقایسه با مناطق دیگر کاهش داشته است. اولین پرورش ماهی در قفس در دریای خزر در اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ در استان گیلان آغاز شد و با صدور مجوز از سوی سازمان‌های مرتبط تعداد آنها در سال های اخیر افزایش یافته است (Bagheri et al., 2016 b). بنابراین در این مطالعه سعی شد تا بخشی از اثرات پرورش ماهی در قفس بر ساختار جامعه فیتوپلانکتون‌های دریای خزر در سواحل استان گیلان (جنوب دریای خزر)، بین ماه‌های دی ۱۳۹۲ و اردیبهشت ۱۳۹۳ بررسی شود.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

بررسی اثرات پرورش ماهی در قفس بر جامعه فیتوپلانکتون در جنوب دریای خزر در ساحل جفرود (منطقه ویژه اقتصادی بندر انزلی) بین ماه‌های دی ۱۳۹۲ و اردیبهشت ۱۳۹۳ انجام گردید. قفس‌های دریایی در موقعیت جغرافیایی عرض شمالی

"۱۴ '۳۱ °۳۷ و طول شرقی "۸۹ '۴۲ °۴۹ با فاصله تقریبی ۵ کیلومتر از خط ساحل و در عمق ۲۵ متری دریا مستقر شدند (شکل ۱). از آنجاییکه غالب جهات بادهای دریای خزر از جنوب، شمال غرب و شمال شرق بوده، براین اساس ایستگاه‌های مطالعاتی مطابق با جهات باد در ۳ نقطه مجاور قفس (S1, NE1, NW1) و ۳ ایستگاه مرجع در همان جهات با فاصله ۱۰۰۰ متر از ایستگاه‌های مجاور قفس (S2, NE2, NW2) انتخاب شدند (Bagheri et al., 2016). نمونه‌برداری در طول روز بین ساعت ۱۰ تا ۱۳ با استفاده از قایق مناسب انجام شد.



شکل ۱: منطقه استقرار قفس و ایستگاه‌های نمونه برداری در جنوب دریای خزر (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۲-۲ *نمونه برداری و آنالیز آزمایشگاهی فیتوپلانکتون*

برای برداشت نمونه‌های آب از بطری نانسن از اعماق ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ متری در منطقه استقرار قفس انجام گرفت. بعد از همگن‌سازی نمونه‌های فیتوپلانکتون عمق‌های مختلف، فیتوپلانکتون با فرمالین ۴ درصد تثبیت شدند و به آزمایشگاه پلانکتون شناسی در پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی کشور انتقال یافتند. بعد از ۱۰ روز نمونه‌ها سیفون و سپس سانتریفیوژ شدند (Clesceri et al., 2005; Newell and Newell, 1977). در نهایت شناسایی گونه‌ای و شمارش آنها با استفاده از میکروسکوپ اینورت و کلیدهای شناسایی انجام گردید (Round et al., 1990; Prescott, 1962; Proshkina-Lavrenko and Makarova, 1968; Tiffany and Britton, 1971). همچنین محاسبه فراوانی فیتوپلانکتون براساس عمق برداشت نمونه، حجم مورد مطالعه و ضریب ثابت جمعیت در لیتر براساس روش‌های استاندارد انجام گرفت (Clesceri et al., 2005).

۲-۳ *نمونه برداری فیزیکو شیمیایی آب*

برداشت نمونه‌های فیزیکوشیمیایی آب از اعماق مختلف، مشابه روش برداشت برای نمونه‌های فیتوپلانکتون بود. دمای آب توسط ترمومتر برگردان و شفافیت آب توسط صفحه دایره‌ای شی‌سی دیسک (Clesceri et al., 2005) تعیین شدند. نیتروژن کل و فسفر کل پس از هضم نمونه و جذب توسط اسپکتروفتومتر سنجش شدند (Valderrama, 1981). سیلیس محلول نیز با استفاده از روش مولیبد و سیلیکات (Sapozhnikov et al., 1988) و اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد.

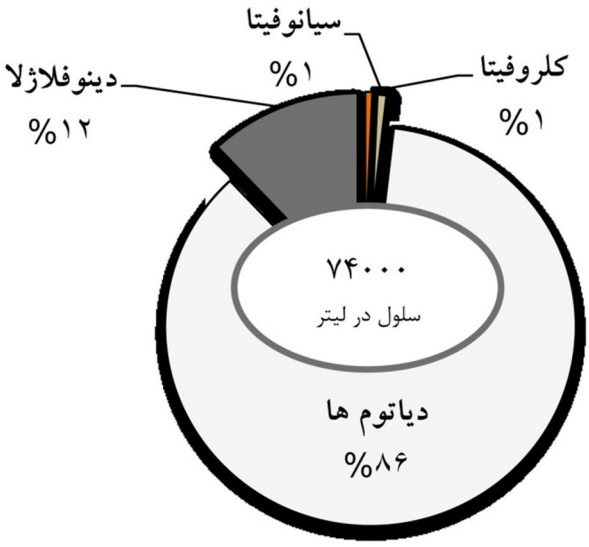
۲-۴ *آنالیز آماری*

مقایسه تغییرات فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های مجاور قفس دریایی و مرجع توسط آزمون آماری t-test با استفاده از نرم-افزارSPSS، نسخه ۱۹ انجام شد. برای دسته بندی داده‌ها از آنالیز PCA و برای نرمال سازی داده ها از لگاریتم ۱۰ استفاده شد که محورهای PC1 و PC2 بیشترین واریانس را در نمونه ها نشان دادند. جهت تعیین همبستگی و ارتباط بین فاکتورهای زیستی و متغییرهای محیطی از آنالیز CCA استفاده شد. آنالیزهای PCA و CCA توسط نرم افزار MVSP، نسخه ۳/۱۳ انجام شدند (Krebs, 1994).

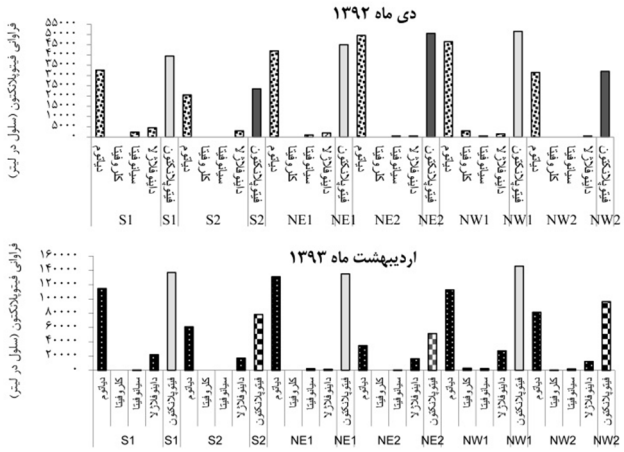
۳. نتایج و بحث

در این مطالعه ۱۹ گروه فیتوپلانکتونی شامل دیاتوم‌ها (۱۲ گونه)، کلروفیتا (۲ گونه)، سیانوفیتا (۲ گونه)، دینوفلاژلا (۳ گونه) شناسایی شدند. نتایج نشان داد، دیاتوم‌ها به عنوان گروه غالب در ترکیب فیتوپلانکتونی، ۸۶ درصد از فراوانی را به خود

اختصاص دادند (شکل ۲). بعد از دیاتوم‌ها، شاخه داینوفلاژله‌ها به میزان ۱۲ درصد مشاهده شدند. شاخه‌های سیانوفیتا و کلروفیتا هر کدام ۱ درصد ترکیبات فیتوپلانکتون را شامل شدند. به طورکلی میانگین فراوانی فیتوپلانکتون در طول مدت بررسی، به تعداد ۷۴۰۰۰ سلول در لیتر مشاهده شد (شکل ۳).



شکل ۲: درصد فراوانی ترکیبات فیتوپلانکتونی سایت پرورش ماهی در قفس در جنوب دریای خزر (سال ۹۳-۱۳۹۲)

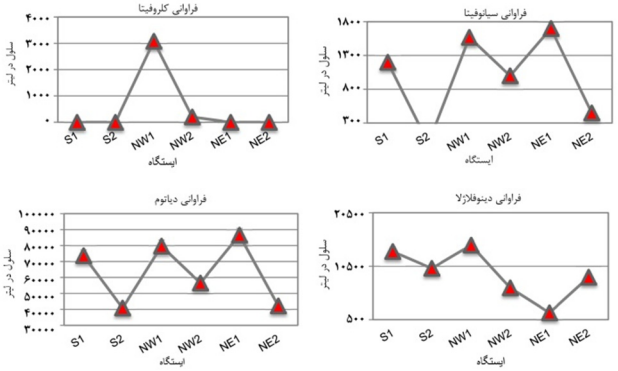


شکل ۳: فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های مختلف سایت پرورش ماهی در قفس درسواحل گیلان جنوب دریای خزر (سال ۹۳-۱۳۹۲)، ایستگاه‌های مجاور قفس (S1, NE1, NW1) و ایستگاه‌های مرجع (S2, NE2, NW2).

همچنین نتایج نشان داد، میانگین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های مجاور سایت پرورش ماهی (S1, NE1, NW1) در مقایسه با ایستگاه‌های مرجع (شاهد S2, NE2, NW2) افزایش محسوسی داشته است (شکل ۳). فراوانی فیتوپلانکتون بین ۲۳۵۰۰ سلول در لیتر در ایستگاه S2 (مرجع) و ۵۱۵۰۰ سلول در لیتر در ایستگاه مجاور سایت پرورش ماهی NW1 طی دی ۹۲ در نوسان بود (شکل ۳). بیشترین فراوانی فیتوپلانکتون در مجاور قفس پرورش ماهی در ایستگاه NW1 با میزان ۱۴۶۰۰۰ سلول در لیتر و کمترین فراوانی فیتوپلانکتون در ایستگاه مرجع یا دور از قفس پرورش ماهی NE2 با میزان ۵۱۶۰۰ سلول در لیتر در اردیبهشت ۹۳ مشاهده شد (شکل ۳). آزمون آماری t-test اختلاف معنی‌داری بین فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های مجاور پرورش ماهی در قفس (S1, NE1, NW1) و ایستگاه‌های مرجع (S2, NE2, NW2) نشان دادند (P <۰/۰۵).

مقایسه جامعه فیتوپلانکتونی بین ایستگاه‌های مجاور قفس پرورش ماهی (S1, NE1, NW1) و ایستگاه‌های دور از قفس (S2, NE2, NW2) در مطالعه حاضر نشان داد، پرورش ماهی در قفس تغییراتی بر ساختار فیتوپلانکتون‌ها در منطقه مورد مطالعه گذاشته است. بر اساس مطالعات Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸) و Bagheri و همکاران (۲۰۱۴)، فراوانی فیتوپلانکتون‌ها مستقیما تحت تاثیر غلظت مواد مغذی است. همچنین Bagheri و همکاران (۲۰۱۲b) گزارش نمودند که فراوانی فیتوپلانکتون‌ها طی دو هه اخیر افزایش داشته است. مطالعات پیشین نشان داد، فراوانی فیتوپلانکتون از سال ۱۹۹۶ (۱۳۰۰۰ سلول در لیتر، Nasrollahzadeh et al., 2008)، سال ۲۰۰۵ (۴۰۰۰۰ سلول در لیتر، Kideys et al., 2005) سال ۲۰۰۶ ، (۵۷۰۰۰ سلول در لیتر، Bagheri et al., 2011)، سال ۲۰۰۸ (۲۴۰۰۰ سلول در لیتر، Bagheri et al., 2012c) و سال ۲۰۱۴ (مطالعه حاضر؛ ۷۴۰۰۰ سلول در لیتر، شکل ۲) روند افزایشی داشته است. فراوانی سیانوفیتا در ایستگاه‌های مختلف تغییرات شدیدی نشان داد. فراوانی این فیتو پلانکتون‌ها بین صفر تا ۱۷۰۰ سلول در لیتر به ترتیب بین ایستگاه‌های مجاور قفس (NE1) و مرجع یا دور از قفس (S2) نوسان داشتند (شکل ۴). آنالیز آماری t-test نیز اختلاف معنی‌داری بین فراوانی سیانوفیتا و ایستگاه‌های مجاور قفس پرورش ماهی و مرجع نشان داد (P<۰/۰۵). بیشترین فراوانی دیاتوم‌ها در ایستگاه مجاور قفس (NE1) به میزان ۸۶۰۰۰ سلول در لیتر بود. کمترین فراوانی دیاتوم‌ها در ایستگاه‌های مرجع یا دور از قفس (S2, NE2) به میزان تقریبی ۴۰۰۰۰ سلول در لیتر مشاهده شد (شکل ۴). آنالیز آماری t-test نشان داد که بین فراوانی دیاتوم‌ها، ایستگاه‌های مجاور قفس (S1, NE1, NW1) و ایستگاه‌های دور یا مرجع (S2, NE2, NW2) اختلاف معنی‌داری

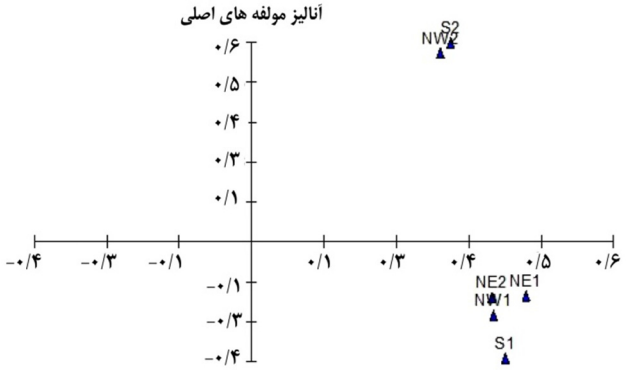
وجود دارد (P <۰/۰۵). بیشترین فراوانی داینوفلاژلا با میزان ۱۴۵۰۰ سلول در لیتر در ایستگاه NW1 و کمترین فراوانی در ایستگاه NE1 به میزان ۱۸۰۰ سلول در لیتر ثبت شد (شکل ۴). یافته‌ها نشان داد که کلروفیتا فقط در ایستگاه‌های NW1 و NW2 مشاهده شدند و میانگین فراوانی آن‌ها به ترتیب بین ۲۰۰ تا ۳۰۰۰ سلول در لیتر در نوسان بود (شکل ۴). آنالیز آماری بین ایستگاه‌های مجاور پرورش ماهی در قفس و ایستگاه‌های مرجع، در فراوانی داینوفلاژلا و کلروفیتا اختلاف معنی‌دار نشان نداد.



شکل ۴: فراوانی شاخه‌های فیتوپلانکتونی در ایستگاه‌های مختلف سایت پرورش ماهی در قفس در سواحل گیلان جنوب دریای خزر (سال ۹۳-۱۳۹۲)، ایستگاه‌های مجاور قفس (S1, NE1, NW1) و ایستگاه‌های مرجع (S2, NE2, NW2).

آزمون مولفه‌های اصلی (PCA) تراکم فیتوپلانکتون‌ها در ۶ ایستگاه مورد بررسی در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طورکه در شکل ۵ مشاهده می‌شود، ایستگاه‌های مجاور قفس پرورش ماهی در یک گروه جداگانه، دارای بیشترین فراوانی فیتوپلانکتونی و کمترین واریانس هستند. در این نمودار فراوانی فیتوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های دور از قفس به صورت انفرادی و در جهات مختلف قرار گرفته و دارای واریانس زیاد و فراوانی اندک فیتوپلانکتون هستند.

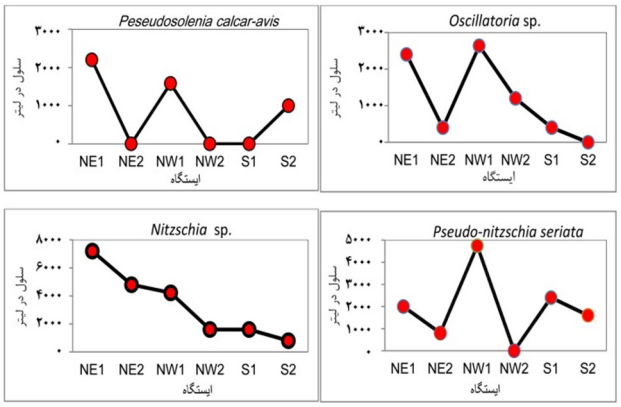
سایت‌های پرورش ماهی در قفس، غذای خورده نشده و مواد زاید دفعی همچون اوره و آمونیاک و مواد آلی را به آب محیط پرورش وارد می‌کنند (Islam and Tanaka 2004). البته کیفیت غذای ماهیان در قفس، مدیریت سایت پرورش ماهی و میزان نسبت تبدیل وزن غذا به وزن ماهی (FCR) نقش مهمی در میزان سطوح مواد مغذی ایفا می‌کنند (Marte et al., 2000). در مطالعه حاضر ایستگاه‌های دور از سایت پرورش ماهی (NW2 وS2) باستثناء ایستگاه NE2 در گروهی جداگانه از ایستگاه های مجاور قفس (S1, NE1, NW1) در سمت راست نمودار bioplot دسته بندی شده‌اند (شکل ۵).



شکل ۵: آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) بر اساس فراوانی فیتوپلانکتون (سلول در لیتر) سایت پرورش ماهی در قفس در جنوب دریای خزر (سال ۹۳-۱۳۹۲)، ایستگاه‌های مجاور قفس (S1, NE1, NW1) و ایستگاه‌های مرجع (S2, NE2, NW2).

احتمالا علت افزایش غلظت مواد مغذی (نیتروژن کل و فسفر کل) (شکل ۷)، به دلیل جریانات آبی دریای خزر بوده که معمولا در فصول زمستان و بهار از غرب به شرق می‌باشد (Bagheri et al., 2016 b). این موضوع باعث گردیده ایستگاه‌های مطالعاتی واقع در شمال شرقی (NE1 و NE2) سایت پرورش ماهی بیشتر تحت تاثیر فعالیت‌های پرورش ماهی در دریا قرار بگیرند. از طرف دیگر نتایج این مطالعه نشان داد که گونه غیربومی *Pseudo-nitzschia seriata* از گروه دیاتوم‌ها در ایستگاه‌های مجاور قفس پرورش ماهی (S1 ،NW1 , NE1) دارای فراوانی بیشتری نسبت به ایستگاه‌های مرجع (S2, NE2, NW2) یا دور از قفس هستند که حداکثر فراوانی آن‌ها ۴۷۰۰ سلول در لیتر ثبت گردید (شکل ۶). فراوانی گونه *Pseudosolenia calcar-avis* در ایستگاه‌های مجاور قفس ماهیان نیز بیشتر بوده و میزان آن در ایستگاه NE1 به ۲۲۰۰ سلول در لیتر بالغ گردید (شکل ۶). فراوانی *Oscillatoria* sp. از گروه سیانوفیتا در ایستگاه‌های مجاور سایت پرورش ماهی NE1 و NW1 با میزان ۲۴۰۰۰ و ۲۶۰۰ سلول در لیتر بیشتر از سایر ایستگاه‌ها مشاهده شد. بیشترین فراوانی *Nitzschia* sp. از گروه دیاتوم‌ها در ایستگاه NE1 مجاور قفس پرورش ماهی با میزان ۷۲۰۰ سلول در لیتر بود (شکل ۶). کمترین فراوانی جنس‌های *Oscillatoria* و *Nitzschia* در ایستگاه دور از قفس (S2) با فراوانی به ترتیب صفر و ۸۰۰ سلول در لیتر بود (شکل ۶).

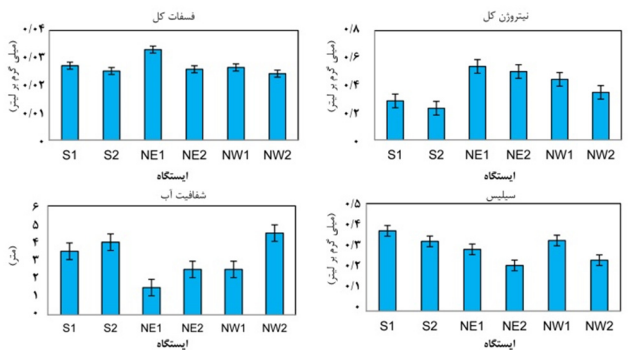
آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های فیتوپلانکتون در ایستگاه‌های مطالعاتی نشان داد (P <۰/۰۵).



شکل ۶: فراوانی جنس و گونه های غالب فیتوپلانکتون سایت پرورش ماهی در قفس در جنوب دریای خزر، سال ۹۳-۱۳۹۲، ایستگاه‌های مجاور قفس (S1, NE1, NW1) و ایستگاه‌های مرجع (S2, NE2, NW2).

نتایج شفافیت آب بیانگر تغییرات محسوسی بود. نتایج، کاهش شفافیت در ایستگاه‌های مجاور سایت پرورش ماه را نشان داد. بیشترین میزان شفافیت در ایستگاه NW2 (دور از قفس) با میزان ۴/۵ متر و کمترین میزان در ایستگاه NE1 (مجاور قفس) با میزان شفافیت ۱/۵ متر مشاهده گردید (شکل ۷). بر اساس آنالیز آماری، اختلاف معنی دار در ایستگاه‌های مطالعاتی مشاهده شد (P< ۰/۰۵). غلظت نیتروژن کل بین ۰/۲۳ تا ۰/۵۳ میلی گرم در لیتر به ترتیب در ایستگاه‌های NE1 (مجاور قفس) و S2 (دور از قفس یا مرجع) در نوسان بود (شکل ۷). آزمون آماری نشان داد که غلظت نیتروژن کل در ایستگاه‌های مختلف دارای اختلاف معنی دار است (P<۰/۰۵).

میانگین غلظت فسفات کل در همه ایستگاه‌ها دارای نوسان بین ۰/۰۲ تا ۰/۰۳ میلی گرم در لیتر بود. به جز ایستگاه NE1 (مجاور قفس) که میزان فسفر کل افزایش بیشتری (۰/۰۳۳ میلی گرم در لیتر) را نشان داد (شکل ۷). آخرین پارامتر مورد بررسی سیلیس آب بود که بیشترین میزان سیلیس ۰/۳۷ میلی گرم در لیتر در ایستگاه S1 مجاور قفس مشاهده شد و کمترین غلظت آن در ایستگاه NW2 دور از قفس با میزان ۰/۲۴ میلی گرم در لیتر بود (شکل ۷)، البته افزایش غلظت سیلیس در ایستگاه های مختلف براساس آنالیز آماری اختلاف معنی دار نشان داد (P <۰/۰۵).



شکل ۷: میانگین (±SD) شفافیت آب و غلظت مواد مغذی در سایت پرورش ماهی در قفس در جنوب دریای خزر (سال ۹۳-۱۳۹۲)، ایستگاه‌های مجاور قفس (S1, NE1, NW1) و ایستگاه‌های مرجع (S2, NE2, NW2).

نتایج شفافیت آب نیز مشابه بود، به طوری‌که کمترین شفافیت آب در منطقه شمال شرقی (NE1 و NE2) مشاهده شد (شکل ۷). مطالعات Dias و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که افزایش غلظت نیترات، فسفات و مواد مغذی، افزایش فیتوپلانکتون و کاهش شفافیت آب در مجاورت قفس‌های پرورش ماهی در سواحل دریای مدیترانه و دریاچه‌های آب شیرین ترکیه را در بر داشته است. نسبت رشد فیتوپلانکتون بستگی به غلظت نوترینت-ها (Bagheri et al., 2014) و مواد آلی ناشی از مواد دفعی ماهیان و غذای خورده نشده ماهیان دارد (Dias et al., 2011). مطالعات Islam (2005) نشان داد، به ازای تولید یک تن ماهی در دریا میزان ۷۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۱ کیلوگرم فسفر به طور مستقیم به دریا وارد می‌گردد. افزایش میزان تراکم فیتوپلانکتون‌ها، بیانگر تغییر سطح تغذیه و افزایش مواد مغذی ناشی از مرگ و میر آن‌ها در بستر دریا است (Islam and Tanaka, 2004)، که دریای خزر نیز از آن مستثنی نیست. آنالیز تطبیق متعارف (CCA) بین ۴ فاکتور محیطی شفافیت آب (SD)، نیتروژن کل (T.N)، فسفر کل (T.P)، سیلیس (Si) و تراکم ۴ گروه فیتوپلانکتونی شامل دیاتوم‌ها، کلروفیتا، سیانوفیتا و داینوفلاژلا طی دی‌ماه ۱۳۹۲و اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۳ انجام گردید (شکل ۸). این آنالیز نشان داد، ایگنولیو[1] برای اولین محور (CCA1) به میزان ۰/۰۶ و برای دومین محور (CCA2) به میزان ۰/۰۱ است. ۷۶/۵ درصد واریانس برای محور اول (CCA1) و ۱۲/۹ درصد واریانس برای محور دوم (CCA2) محاسبه گردید. بر اساس آنالیز CCA برای محورهای اول و دوم (CCA1, CCA2) همبستگی قوی

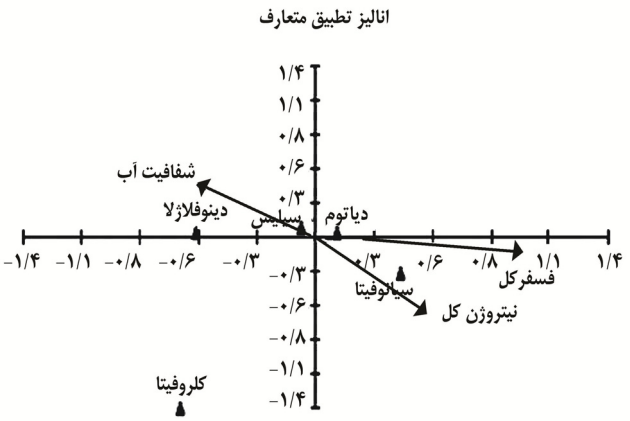
[1] Eigenvalue

(r=۰/۹۸) بین ۴ گروه فیتوپلانکتونی و ۴ متغیر محیطی مشاهده گردید (جدول ۱).

جدول ۱: آنالیز تطبیق متعارف (CCA) بین عوامل محیطی و تراکم فیتوپلانکتون در سواحل گیلان-جنوب دریای خزر

	محور ۱	محور ۲
ایگنولیو	۰/۰۱	۰/۰۶۱
درصد	۱۲/۸۸۶	۷۶/۵۷۸
درصد تجمعی	۸۹/۴۶۴	۷۶/۵۷۸
درصد ساختار افزایشی	۹۶/۴۲۳	۸۲/۵۳۴
همبستگی زئوپلانکتون با عوامل محیطی	۰/۸۴۱	۰/۹۸۹

آنالیز CCA نشان داد، مواد مغذی شامل نیتروژن کل و فسفر کل مهمترین فاکتورهای محیطی بوده که بیشترین اثرات را بر نوسانات فراوانی شاخه‌های فیتوپلانکتون دارند (شکل ۸). همان-طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، شاخه دیاتوم در مرکز نمودار قرار گرفته و بیانگر این مطلب است که تمامی فاکتورهای محیطی بر تغییرات آن موثر است. شاخه سیانوفیتا در سمت راست نمودار مستقر گردیده و با فسفر کل (T.P) و نیتروژن کل (T.N) ارتباط مستقیم و قوی نشان دادند. درحالی که شاخه کلروفیتا در سمت مخالف نمودار واقع گردیده است که نشان-دهنده عدم وجود ارتباط و همبستگی بین کلروفیتا و عوامل محیطی است. شاخه دینوفلاژلا روی محور افقی نمودار واقع شده و اثر فاکتورهای محیطی برآن مشهود نیست.



شکل ۸: اولین و دومین محور CCA برای فراوانی شاخه‌های فیتوپلانکتون و پارامترهای محیطی در سایت پرورش ماهی در قفس در سواحل گیلان-جنوب دریای خزر (سال ۹۳-۱۳۹۲).

همچنین آنالیز CCA، همبستگی قوی بین گروه‌های فیتوپلانکتونی با میزان مواد مغذی (فسفر کل و نیتروژن کل) نشان داد (شکل ۸). Afraei و همکاران (۲۰۱۶) به یافته های مشابه با مطالعه حاضر دست یافتند. این محققین بیان کردند که تراکم دیاتوم‌ها و سیانوفیتا در مقایسه با سایر شاخه‌های فیتوپلانکتون در ایستگاه مجاور پرورش ماهی در قفس افزایش محسوسی داشته و همچنین حضور گونه *Nodularia spumigena* از شاخه سیانوفیتا را در مجاور قفس در سواحل کلارآباد، آبهای مازندران گزارش نمودند. گونه *N. spumigena* در سال ۲۰۰۵ منجر به شکوفایی وسیعی در جنوب غربی دریای خزر (سواحل بندرانزلی) گردید (Bagheri et al., 2011). براساس مطالعات Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۱۱)، افزایش بار مواد مغذی، کاهش نسبت نیتروژن به فسفر، افزایش دمای آب و کاهش سرعت باد در فصل تابستان عامل موثر در شکوفایی این گونه از سیانوفیتا در جنوب دریای خزر است. افزایش غلظت مواد مغذی در اطراف قفس باعث افزایش تراکم فیتوپلانکتون‌ها و کلروفیل a گردیده و شرایط را برای شکوفایی فیتوپلانکتون‌های غیربومی و سیانوفیتا آماده می‌کنند (Smith et al., 1999). به‌علاوه میزان خطر شکوفایی این گونه از فیتوپلانکتون‌ها بستگی به تغییرات غلظت مواد مغذی، میزان اکسیژن محلول، زی‌توده و ترکیبات گونه‌ای فیتوپلانکتون، تعویض جریان افقی و عمودی آب در منطقه استقرار قفس دارد. مطالعات مشابه در این زمینه توسط Guo و Li (۲۰۰۳) انجام گردید. این محققین با مطالعه روی اثرات پرورش ماهی در قفس بر جامعه فیتوپلانکتونی دریا گزارش نمودند که آنالیز مولفه‌های اصلی اثرات پرورش ماهی در قفس را بر ساختار فیتوپلانکتونی تایید نموده است.

۴. نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر تغییرات ساختار فیتوپلانکتونی در محل استقرار سایت پرورش ماهی در قفس در فصول زمستان و بهار سال ۹۳-۱۳۹۲ در سواحل استان گیلان بررسی شد. در این مطالعه سعی شد تا تغییرات در ترکیب و فراوانی گونه‌های فیتوپلانکتون در سایت پرورش ماهی در محیط آبی پیرامون آن نشان داده شود. نتایج نشان داد که فراوانی ترکیبات جنس‌ها و گونه‌های فیتوپلانکتونی در مجاور قفس دریایی به دلیل افزایش مواد مغذی، بسیار محسوس است. به هر صورت اجرای پروژه ارزیابی اثرات زیست محیطی پرورش ماهی در قفس بر بوم سامانه حساس دریای خزر با توجه به توسعه پرورش ماهی در سال‌های اخیر توصیه می‌گردد.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از ریاست محترم موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی برای حمایت-های مالی پروژه مذکور تحت کد مصوب ۹۴۱۱۰-۱۲-۷۳-۲ قدردانی می‌گردد. همچنین از سرکار خانم فریبا مددی و آقایان دکتر میرزاجانی، جلیل سبک آرا، اسمعیل یوسف زاد، یعقوبعلی زحمتکش، علی عابدینی، جواد شوندشت، حجت محسن پور، و جواد خوشحال به دلیل انجام نمونه برداری در دریا و همچنین انجام امور فنی و آزمایشگاهی نیز سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Afraei Bandpei, M.A.; Nasrolahzadeh, H.; Rahmati, R.; Khodaparast, N.; Keihansani, A., 2016. Examining the effects of fish cage culture on phytoplankton and zooplankton communities in the southern coast of the Caspian Sea (Mazandaran Waters-Kelarabad). American Journal of Life Science Researches, 4(2): 63-68.

Attaran, F.G.; Loghmani, M.; Mirkazehi Rigi, A., 2018. The effect of environmental factors on the abundance of dinoflagellate cysts in sediments of the southeastern coast of Iran in hot and cold seasons. Journal of Oceanography, 9(34): 59-67

Bagheri, S.; Mansor, M.; Makaremi, M.; Sabkara, J.; Wan-Maznah, W.O.; Mirzajani, A.; Khodaparast, S.H.; Negarestan, H.; Ghandi, A.; Khalilpour, A., 2011. Fluctuations of phytoplankton community in the coastal waters of Caspian Sea in 2006. American Journal of Applied Sciences, 8: 1328-1336.

Bagheri, S.; Niermann, U.; Sabkara, J.; Babaei, H., 2012a. State of *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora: Lobata) and mesozooplankton in Iranian waters of the Caspian Sea during 2008 in comparison with previous surveys. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11: 732-754.

Bagheri, S.; Mansor, M.; Turkoglu, M.; Makaremi, M.; Babaei, H., 2012b. Temporal distribution of phytoplankton in the south-western Caspian Sea during 2009-2010: a comparison with previous surveys. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 92: 1243-1255.

Bagheri, S.; Mansor, M.; Turkoglu, M.; Wan Maznah, W.O.; Negarestan, H., 2012c. Phytoplankton composition and abundance in the southwestern Caspian Sea. Ekoloji, 83: 32-43.

Bagheri, S.; Turkuglo, M.; Abedini, A., 2014. Phytoplankton and nutrient variations in the Iranian waters of the Caspian Sea (Guilan region) during 2003-2004. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 14: 231-245.

Bagheri, S.; Makaremi, M.; Mirzajani, A.; Khodaparast, H., 2016a. The impact of fish cage culture rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on phytoplankton abundance in the southern Caspian Sea. In: Pourkazemi, M. (Ed.). Proceeding of national conference on the marine fish culture and Sustainable development fish cage culture, Research Centre of Aquaculture, Ahvaz-Iran. 696P.

Bagheri, S.; Mirzajani, A.R.; Sabkara, J., 2016b. Preliminary studies on the Impact of Fish cage culture (Raibow trout, *Oncorhynchus mykiss*) on Zooplankton structure in the south-western Caspian Sea. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 15(3): 1202-1213.

Borges, P.F.; Train, S.; Dias, J.D.; Bonecker, C.C., 2010. Effects of Fish farming on plankton structure in a Brazilian tropical reservoir. Hydrobiologia, 649: 279-291.

Clesceri, L.S.; Greenberg, A.E.; Eaton, A.D. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA) Publication, Washington DC, 1193P.

Dias, J.D.; Takahashi, E.M.; Santana, N.F.; Bonecker, C.C., 2011. Impact of fish cage-culture on the

Marte, C.L.; Cruz, P.; Flores, E.E.C., 2000. Recent development in freshwater and marine cage aquaculture in the Philippines. In: Liao, I.C., Lin, C.K. (Eds.), Cage Aquaculture in Asia: Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia. Asian Fisheries Society, Manila, and World Aquaculture Society - Southeast Asian Chapter, Bangkok, 21-37PP.

Mohammadi, G.M.; Solgi, E.; Bozorgpanah, Z., 2017. An assessment of heavy metals in coastal sediments of the Caspian Sea, Guilan Province. Journal of Oceanography, 8(31): 27-34.

Nasrollahzadeh, H.S.; Din, Z.B.; Foong, S.Y.; Makhlough, A., 2008a. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Continental Shelf Research, 28(9): 1153-1165.

Nasrollahzadeh, H.S.; Makhlough, A.; Pourgholam, R.; Vahedi, F.; Qangermeh, A.; Foong, S.Y., 2011. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the southern Caspian Sea. Applied Ecology and Environmental Research, 9(2): 141-155.

Nasrollahzadeh, H.S.; Din, Z.B.; Foonga, S.Y.; Makhlough, A., 2008b. Spatial and temporal distribution of macronutrients and phytoplankton before and after the invasion of the ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, in the southern Caspian Sea. Journal Chemistry Ecology, 24: 233-246.

Newell, G.E.; Newell, R.C., 1977. Marine Plankton, a Practical Guide. 5th Ed., Hutchinson, London, 244P.

Olsen, L.; Holmer, M.; Olsen, Y., 2008. Perspectives of nutrient emission from fish aquaculture in coastal waters: literature review with evaluated state of knowledge. Report number: 542014, 120P.

Parafkandeh, F.; Afraei Bandpei M.A.; Solaimani Rudy, A., 2016. Distribution, abundance and biomass of macrobenthos in the location of fish cage culture in the community structure of zooplankton in a tropical reservoir. Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre, 101: 75-84.

Dumont, H., 1998. The Caspian Lake: history, biota, structure, and function. Limnology and Oceanography, 43: 44-52.

Guo, L.; Li, Z., 2003. Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. Aquaculture, 226: 201-212.

Karpinsky, M.G., 2010. On peculiarities of introduction of marine species into the Caspian Sea. Russian Journal of Biologic al Invasions, 1(1): 7-10.

Krebs, C.J., 1994. Ecological methodology. Second edition, U.K: An imprint of Addison Wesley Longman. 620P.

Kideys, A.E.; Soydemir, N.; Eker, E.; Vladymyrov, V.; Soloviev, D.; Melin, F., 2005. Phytoplankton distribution in the Caspian Sea during March 2001. Hydrobiologia, 543: 159-168.

Kosarev, A.N.; Yablonskaya, E.A., 1994. The Caspian Sea. Russia: SPB Academic Publisher, Moscow, 259P.

Islam, M.S.; Tanaka, M., 2004. Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. Marine Pollution Bulletin, 48: 624-649.

Islam, S., 2005. Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aquaculture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. Marine Pollution Bulletin, 50: 48-61.

Makhlough, A.; Nasrollahzadeh, H.S.; Eslami F.; Leroy, S.A.G., 2017. Changes in size and form in the dominant phytoplankton species in the southern Caspian Sea. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16(2): 522-536.

Moscow, Russia, 150P.

Shiganova, T.A.; Musaeva, E.I.; Pautova, L.A.; Bulgakova, Y.V., 2005. The problem of invaders in the Caspian Sea in the context of the findings of new zoo– and phytoplankton species from the Black Sea. Biological Bulletin, 32: 78-87.

Smith, V.H.; Tilman, G.D.; Nekola, J.C., 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution, 100: 179-196.

Tiffany, L.H.; Britton, M.E., 1971. The algae of illinois. Facsimile Ed. Hansfer Publishing Company, New York, 407P.

Valderrama, J.C., 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. Marine Chemistry, 10: 109-122.

southern Caspian Sea (Mazandaran water -Kelarabad). Iranian Scientific Fisheries Journal, 25(3): 91-103 (in Persian).

Proshkina-Lavrenko, A.I.; Makarova, I.V., 1968. Planktonic algae of Caspian Sea. Sciences publishers, Lelingerad, Russia. 291P (in Russia).

Prescott, G.W., 1962. Algae of the western Great Lakes area. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 977P.

Round, F.E.; Crawford, R.M.; Mann, D.G., 1990. The diatoms: Biology and morphology of the Genera. Cambridge University Press, Cambridge, 747P.

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,