

تعیین کمی سطح تروفیکی سواحل جنوبی دریای خزر بر اساس پارامترهای مختلف فیتوپلانکتون (کلروفیل-آ، زی توده و تراکم)

آسیه مخلوق^۱، حسن نصراله زاده ساروی^{۲*}، محمد علی افراهی^۳، مرضیه رضایی^۴

۱، ۲، ۳، ۴- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کش اورزی، صندوق پستی ۹۶۱، مازندران، ساری

*نویسنده مسئول: hnsaravi@gmail.com

چکیده

فیتوپلانکتون با قرار گرفتن در قاعده هرم اکولوژیکی (سطح یک تروفیکی)، نقش تعیین کننده در کیفیت و کمیت سطوح بالاتر هرم غذایی از قبیل ماهیان و دیگر آبزبان دارد. بنابراین می توانند بعنوان شاخصی از وضعیت تروفیکی (trophic state) محیط آبی در نظر گرفته شوند. هدف از این تحقیق، تعیین کمی سطح تروفیکی سواحل ایرانی دریای خزر بر اساس پارامترهای مختلف فیتوپلانکتون شامل کلروفیل-آ، زی توده و تراکم می باشد. در این تحقیق تعداد ۹۶ نمونه در چهار نیم خط عمود بر ساحل در مناطق بندر انزلی، بندر امیرآباد، تنکابن و نوشهر طی چهار فصل در سال ۱۳۹۲ جمع آوری گردید. نتایج نشان داد که در فصل تابستان سطح تروفیکی اولیگوتروف و در بهار مرز بین اولیگو و مزوتروف قرار داشت، در حالی که در پاییز سطح تروفیکی افزایش یافت و به مزوتروف نزدیک شد و در زمستان از مزوتروف نیز بالاتر رفت و به سطح مزو-یوتروف رسید. با توجه به آنکه پارامترهای بیولوژیکی بیانگر تغییرات دراز مدت در محیط هستند، نتایج کاربردی بدست آمده از این مطالعه می تواند کمک موثری به تصمیم گیری های مدیریتی در زمینه آبی پروری و تعیین کیفیت آب نماید.

کلمات کلیدی: سطح تروفیکی، فیتوپلانکتون، تراکم، زی توده، کلروفیل-آ، دریای خزر

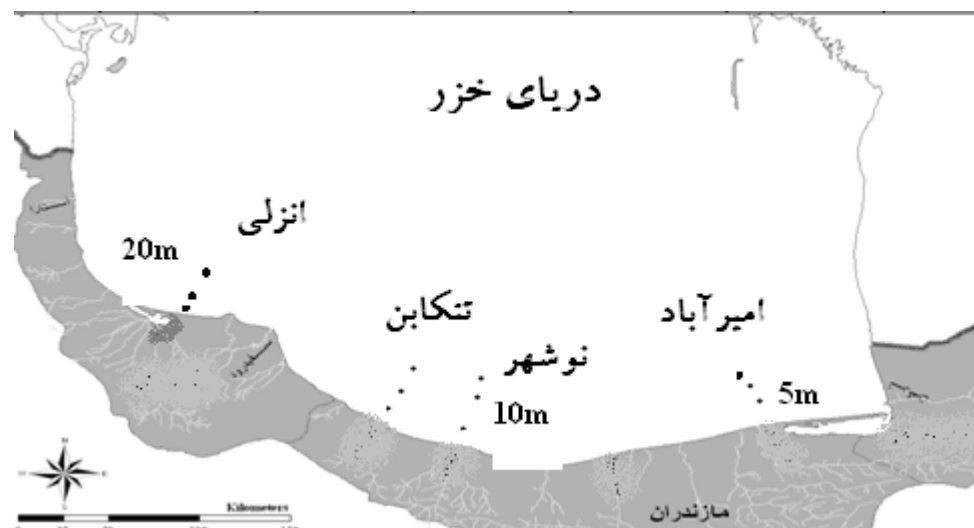
مقدمه

سطح تروفیکی (trophic level) به موقعیت موجود زنده در زنجیره یا هرم غذایی اشاره می کند. در قاعده هرم اکولوژیکی (سطح یک تروفیکی) و یا اولین حلقه از زنجیره غذایی، تولید کننده ها یا موجودات فتوسنتز کننده جای دارند. پس از آن سطوح تروفیکی بترتیب شامل مصرف کنندگان اولیه، مصرف کنندگان ثانویه، گوشتخواران و شکارچیان و در نهایت تجزیه کنندگان می باشد. بنابراین تولید کنندگان اولیه نقش تعیین کننده در کیفیت و کمیت سطوح بالاتر از هرم غذایی از قبیل ماهیان و دیگر آبزیان دارند. در بخش جنوبی دریای خزر بخش عمده از تولیدکنندگان شامل فیتوپلانکتون است (شریعی، ۱۳۷۲) و بعنوان شاخصی از وضعیت تروفیکی (trophic state) این محیط آبی در نظر گرفته می شود. گونه های مختلف فیتوپلانکتون دارای تفاوت در ارزش غذایی، شکل، اندازه، چرخه زندگی، مواد مغذی مورد نیازها و مقاومت در مقابل شرایط زیستی نامناسب، هستند. مواد مغذی از قبیل عناصر فسفر و نیتروژن در آب و رسوب (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۵) و عوامل موثر در فرآیند فتوسنتز (از قبیل نور خورشید) نقش مهمی بر رشد و تکثیر فیتوپلانکتون دارند. فیتوپلانکتون مواد مغذی را برای باکتری ها، پروتوزوا، بزرگ بی مهرگان، صدف ها، ماهیان خاویاری و دیگر موجوداتی که به این بی مهرگان وابستگی تغذیه ای دارند را فراهم می کنند (Zonn *et al.*, 2010). از سوی دیگر توانایی رشد و قدرت تکثیر (در شرایط مناسب) در بعضی از فیتوپلانکتون ها به اندازه ای شدید هست که علی رغم تغییرات طبیعی فصلی، چرخه های زندگی و جایگزینی گونه ها، ممکن است به شکل غیرمعمول رخ دهد. این پدیده بعنوان شکوفایی جلبک های مضر یا HABS (Harmful Algal Blooms) شناخته می شود. HABS شامل جلبک های تولید کننده سم و نیز تعداد زیادی از گونه های غیر سمی از جلبک های است که با خطرات ایجاد بحران های زیست محیطی و اکولوژیکی همراه است (Chorus & Bartram, 1999). توسعه تمدن بشری و بدنبال آن ورود مقادیر زیاد از منابع نوترینتی نظیر پساب های حاصل از زمین های کشاورزی و تخلیه فاضلاب به همراه تغییرات جهانی آب و هوا، و عدم رعایت موازین استاندارد در حمل و نقل های دریایی از عوامل مهم وقوع این پدیده بیان شده است (Nasrollahzadeh *et al.*, 2013). بنابراین تعیین سطح تروفیکی از هر دو دیدگاه یعنی برآورد پتانسیل تولید و اثرات نامطلوب زیستی و زیست-محیطی مهم است. بخصوص آنکه اخیراً صنعت پرورش ماهی در دریای خزر مورد توجه قرار گرفته است. در سال ۱۹۹۵ در کره جنوبی شکوفایی بزرگ جلبکی در طی یک شب صنعت آبی پروری آن را ویران و ۱۰۰ میلیون دلار خسارت وارد نمود (Science News, 2002). ایجاد کشندقرمز ناشی از شکوفایی *Cochlodinium polykricoides* در خلیج فارس در اواسط سال ۱۳۸۷ و اوایل سال ۱۳۸۸ خسارات اقتصادی زیادی در خلیج فارس بخصوص در استان هرمزگان بوجود آورد و طبق برآوردهای انجام شده بوسیله سازمان محیط زیست تا مارس ۲۰۰۹ خسارتی برابر با ۵۰۰ میلیون دلار در خلیج فارس به بار آورد (Tamadoni *et al.*, 2011).

انواع شاخص های تروفیکی تک پارامتری و چند پارامتری، توسط محققین مختلف برای تعیین سطح تروفیکی در اکوسیستم های مختلف پیشنهاد شده است (OECD, 1982 ; EEA, 1999). در معدود مطالعاتی از حوزه ایرانی دریای خزر کمی سازی تعیین سطح تروفیکی انجام شده (Nasrollahzadeh *et al.*, 2008 ; Shahrban, & Etemad-Shahidi, 2010 ; نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۶) و در مواردی ضرایب اصلاح برای بومی سازی آن ارائه شد (Nasrollahzadeh *et al.*, 2018). در این روش ها از مقادیر فسفر و نیتروژن معدنی، اکسیژن محلول و کلروفیل برای محاسبه شاخص تروفیکی استفاده می شود. بدیهی است که بکارگیری غلظت کلروفیل-آ بعنوان شاخصی از زی توده فیتوپلانکتون در این محاسبات در بسیاری از موارد کافی بوده است. اما از دیدگاه جلبک شناسی، بین کلروفیل-آ و زی توده هر چند رابطه مستقیمی وجود دارد، اما این دو پارامتر بدلیل اثر عوامل مختلف به خصوص دما و مواد مغذی، همیشه و در هر حال هم جهت نمی شوند (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶a). به این ترتیب تغییر در سطح ارتباط کلروفیل-آ و زی توده می تواند به خطاهای واضح در برآورد تولیدات اولیه، تعیین کیفیت آب و پیش بینی حوادث اکولوژیکی ختم شود. لذا شایسته است تعیین سطح تروفیکی بر اساس سایر خصوصیات جلبکی از قبیل زی توده و تراکم مورد توجه قرار گیرد. تایید سطح تروفیکی بر اساس سایر شاخصهای تروفیکی از قبیل TRIX (Trophic index) مقیاسی و غیرمقیاسی (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱)، با نتایج سطح تروفیکی بر اساس پارامترهای مختلف جلبکی، کمک موثری برای تصمیم گیری های مدیریتی اکوسیستم دریای خزر و نیز پرورش ماهی خواهد بود. بنابراین مطالعه حاضر در نظر دارد که سطح تروفیکی آب دریای خزر را بر اساس پارامترهای کلروفیل-آ، زی توده و تراکم فیتوپلانکتون تعیین نماید و نتایج بدست آمده را با روش چند پارامتری TRIX مورد مقایسه قرار دهد.

مواد و روش کار

نمونه برداری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر بصورت فصلی از بهار تا زمستان ۱۳۹۲ انجام گرفت. بر اساس سابقه مطالعاتی و اهمیت مناطق بندری در تغییر تولیدات و مواد مغذی، ایستگاههای نمونه برداری در ۴ نیم خط عمود بر ساحل در مناطق انزلی، امیرآباد، تنکابن و نوشهر انتخاب شدند. بر هر یک از نیم خطها، ۳ ایستگاه در نظر گرفته شد، به طوری که حداکثر عمق در ایستگاههای فوق ۵، ۱۰ و ۲۰ متر بود. نمونه برداری در ایستگاههای ذکر شده بصورت نقطه ای از سطح تا عمق در لایه های سطح، ۱۰ و ۲۰ متر انجام پذیرفت (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت ایستگاههای نمونه برداری در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۲

در مجموع تعداد ۹۶ نمونه آب به حجم ۵۰۰ سی سی در ایستگاهها و لایه های تعیین شده با استفاده از نمونه بردار نسکین جمع آوری شد.

تراکم و زی توده فیتوپلانکتون

نمونه های آب با فرمالین ۳٪ (تا حجم نهایی ۲ درصد) تثبیت شد. در آزمایشگاه نمونه ها پس از طی مراحل آماده سازی (نگهداری در تاریکی، رسوب گذاری و سانتریفوژ) با میکروسکوپ دو چشمی مورد بررسی کمی و کیفی به منظور تعیین تراکم و زی توده قرار گرفتند (APHA, 2005). شناسایی گونه ای بر اساس کلیدهای معتبر صورت گرفت (Proshkina-Wehr and Sheath, 2003 ; Lavrenko & Makarova, 1968).

کلروفیل-آ

آب های نمونه برداری شده با نمونه بردار نسکین در کوتاه ترین زمان بوسیله پمپ خلا و با استفاده از کیف میلی پور و کاغذ صافی (۰/۴۵ میکرومتر) صاف شدند. سپس کاغذهای فیلتر بوسیله هاون چینی و نیز اضافه کردن استون ۹۰ درصد، ساییده شدند و حجم آن با استون به ۱۰ سی سی رسانده شد. میزان جذب کلروفیل استخراج شده در طول موج های ۶۳۰، ۶۴۷، ۶۶۴ و ۷۵۰ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر قرائت و سپس میزان کلروفیل-آ محاسبه شد (APHA, 2005).

سطح تروفیکی

ابتدا محدوده ی پارامترهای تراکم، کلروفیل-آ و زی توده (در دوره مطالعه)، در ۴ طبقه (Class) معادل با رتبه های عددی (SCORE) بترتیب ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ تعریف می شود. در مرحله دوم، با توجه به میانگین تراکم و زی توده و نیز میانگین کلروفیل-آ در صدک ۹۰، رتبه عددی آن بر اساس جدول تهیه شده در مرحله ۱ تعیین می شود. در سومین گام درصد فراوانی و رتبه (SCORE) نمونه های دارای مقادیر تراکم، کلروفیل-آ و زی توده بیش از میانگین تعیین می شود. بطوریکه رتبه عددی

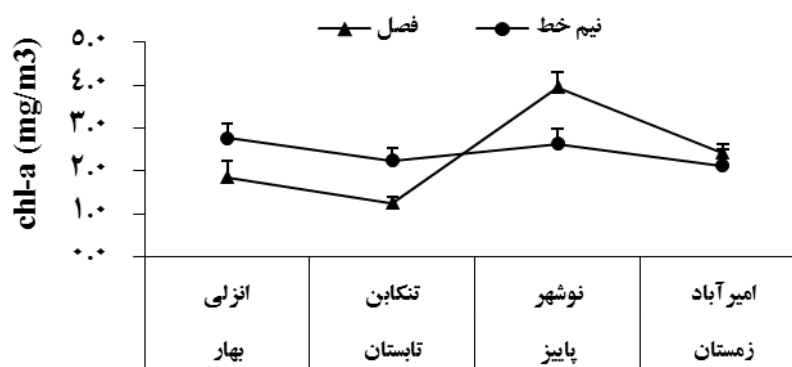
۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ معادل با درصد وقوع بترتیب < 20 ، ۲۰، ۴۰ و > 40 در نظر گرفته می شود. میانگین رتبه بدست آمده بعنوان رتبه نهایی منظور می شود. بطوریکه رتبه های عددی ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ بترتیب معادل با سطوح تروفیکی اولیگوتروف، اولیگو-مزوتروف، مزوتروف و مزو-یوتروف در نظر گرفته می شوند. این روش بر گرفته از Revilla و همکاران (۲۰۰۵) و اصول طبقه بندی داده‌ها (Taylor et al., 1995) است که توسط مخلوق و همکاران (۱۳۹۶b) در حوزه ایرانی دریای خزر ارائه شد.

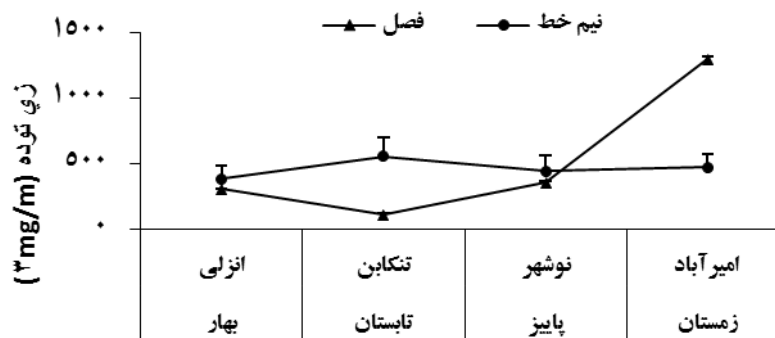
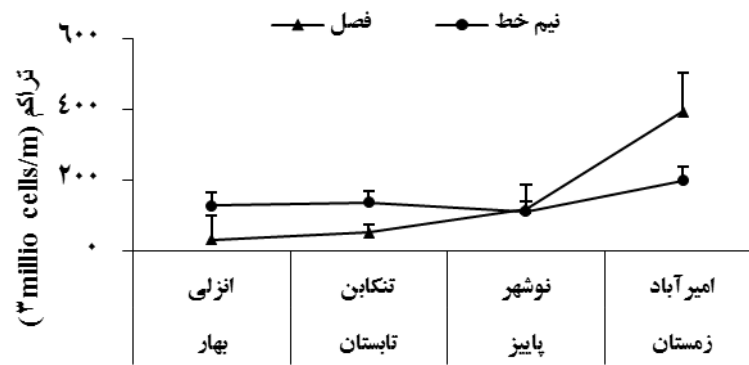
آنالیز آماری

مقادیر در برنامه SPSS نسخه ۱۱/۵ با استفاده از انتقال داده ها با رتبه بندی نرمال سازی شدند. در این مطالعه نیم خط ها و فصول نمونه برداری بعنوان متغیرهای غیر وابسته و پارامترهای کلروفیل-آ، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون بعنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین داده‌های نرمال به روش پارامتریک و از طریق آنالیز واریانس (Analysis of Variance) انجام شد (نصیری، ۱۳۸۸).

نتایج و بحث

تغییرات پارامترهای کلروفیل، تراکم، زی توده فیتوپلانکتون در فصول و نیم خط‌های مختلف در نمودار ۱ نشان داده شده است.





نمودار ۱- تغییرات میزان کلروفیل، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در فصول و نیم خط های مختلف در سواحل ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۹۲.

تغییرات تراکم فیتوپلانکتون در بین فصول مختلف به نحوی بود که در فصل زمستان بیشترین میانگین حاصل شد. در سالهای اخیر، تغییرات تراکم فیتوپلانکتون بخصوص در فصول تابستان و پاییز به میزان زیادی تحت تاثیر افزایش تراکم *Mnemiopsis leidyi* و فشار تغذیه ای بر مزوزئوپلانکتون و نهایتاً کاهش فشار چرا از سوی مزوزئوپلانکتون بر فیتوپلانکتون صورت می گیرد (Roohi et al., 2010; نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۱). از دیگر عوامل ایجاد تغییر و جابجایی، افزایش مواد مغذی با منابع داخلی است. بررسی رسوبات سواحل ایرانی دریای خزر نشان داد که رقم قابل توجهی از فسفر معدنی را فسفر قابل دسترس برای رشد فیتوپلانکتون تشکیل می دهد (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۵). این امر می تواند تا حد زیادی مربوط به تجزیه توده انبوه شانه دار و فیتوپلانکتون سقوط کرده در رسوبات بستر باشد (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۵). تغییر شدت این عوامل به همراه تغییرات دمایی نوسانات فصلی پارامترهای مختلف فیتوپلانکتون را سبب می شود (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶a).

توزیع رنگدانه ها در دریا و همچنین نوسانات آن در اعماق مختلف بیانگر مقدار زی توده و نیز وضعیت فیزیولوژیک فیتوپلانکتون می باشد ولی فاکتورهای هیدرودینامیکی از جمله چرخش های آبی نیز نقش مهمی دارند (پورغلام، ۱۳۷۴). در مطالعه حاضر

تغییرات غلظت کلروفیل-آ همبستگی معنی داری با زی توده فیتوپلانکتون نشان داد و در تابستان حداقل میزان زی توده با حداقل میزان کلروفیل-آ همراه بود. آزمون آماری یک طرفه (ANOVA) نشان داد که غلظت کلروفیل-آ، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون، دارای اختلاف معنی داری بین فصول ($P < 0.05$) بودند اما این سه پارامتر بین نیم خط ها اختلاف معنی دار نشان ندادند ($P > 0.05$). عوامل مختلف از جمله نور قابل دسترس و مواد مغذی و نیز ترکیب گروه های سازنده جامعه فیتوپلانکتونی نقش مهمی در تغییرات غلظت کلروفیل-آ دارد (Reynolds, 2006). مطالعه در دریای خزر نشان داد که نه تنها بالاتر بودن تراکم فیتوپلانکتون، بلکه محتویات بسیار بیشتر کلروفیل در هر سلول نیز سبب افزایش کلروفیل در فصل پاییز نسبت به تابستان می شود (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶a). میزان کم تر کلروفیل در زمستان نسبت به پاییز نیز احتمالاً به دلیل فوق بود. حداکثر میزان کلروفیل-آ در نیم خطها و فصول بترتیب در انزلی و فصل پاییز تعیین شد که احتمالاً بدلیل افزایش مواد بیوژن تحت تاثیر رودخانه ها و نیز مرداب انزلی در غرب و افزایش جریانات سیکلونی در فصل پاییز می باشد (پورغلام، ۱۳۷۴). در مطالعه Bagheri و همکاران (۲۰۱۲) نیز میانگین سالانه کلروفیل-آ (۹/۲۶ میلی گرم در مترمکعب) در ایستگاه های غربی (در سال ۱۳۸۷) بالاتر گزارش شد. نتایج حاصل از سطح تروفیکی بر اساس پارامترهای فیتوپلانکتون در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- محدوده تغییرات کلروفیل-آ، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در سطوح مختلف تروفیکی در سواحل ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۹۲.

تراکم (میلیون سلول بر مترمکعب)	زی توده (میلی گرم بر مترمکعب)	کلروفیل (میکروگرم برلیتر)	سطح تروفیکی	رتبه عددی کیفیت آب
<۹/۵	<۶/۶۷	<۰/۵	اولیگوتروف	۱
۹/۵-۱۶۴	۶/۶۷-۵۱۴	۰/۵-۱/۹	اولیگو-مزوتروف	۰/۸
۱۶۴-۳۱۹	۵۱۴-۱۰۲۱	۱/۹-۳/۴	مزوتروف	۰/۶
>۳۱۹	>۱۰۲۱	>۳/۴	مزو-یوتروف	۰/۴

جدول ۲- تغییرات فصلی سطح تروفیکی بر اساس کلروفیل، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در سواحل ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۹۲.

ماه	کلروفیل		تراکم		زی توده		**رتبه نهایی	کیفیت
	میانگین (میلی گرم در مترمکعب)	درصد فراوانی	میانگین (میلیون سلول در مترمکعب)	درصد فراوانی	میانگین (میلی گرم در مترمکعب)	درصد فراوانی		
بهار	۱/۹	۲۳	۳۰	<۲۰	۳۰۴	<۲۰		
رتبه	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۱	۰/۸	۱	۰/۸۷	اولیگو-مزوتروف
تابستان	۱/۲	<۲۰	۵۰	<۲۰	۱۰۸	<۲۰		
رتبه	۰/۸	۱	۰/۸	۱	۰/۸	۱	۰/۹۰	اولیگوتروف
پاییز	۴	۸۲	۱۱۸	<۲۰	۳۵۲	۲۵		
رتبه	۰/۴	۰/۴	۰/۸	۱	۰/۸	۰/۸	۰/۷۰	اولیگو-مزوتروف

زمستان	۲/۴	۴۶	۳۹۳	۱۰۰	۱۲۹۱	۹۴	
رتبه	۰/۶	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	مزو-یوتروف

* کلمه برجسته، بیانگر غالبیت است

بر اساس نتایج بدست آمده در جدول ۲، رتبه نهایی در بهار و تابستان بسیار به هم نزدیک بوده، بطوریکه در تابستان سطح تروفیکی، اولیگو-تروف و در بهار مرز بین اولیگو و مزو-تروف تعیین شد. در حالی که در پاییز سطح تروفیکی افزایش یافت و به مزو-تروف نزدیک شد و در زمستان از مزو-تروف نیز بالاتر رفت و به سطح مزو-یوتروف رسید. مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که سطح تروفیکی در زمان منطبق بر مطالعه حاضر، بر اساس شاخص TRIX در بهار و تابستان اولیگو-مزو-تروف، در پاییز مزو-یوتروف و در زمستان مزو-تروف بود. این نتایج به میزان زیادی بر نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر مطابقت دارد. لازم به ذکر است که در محاسبه شاخص (TRIX) علاوه بر کلروفیل پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل درصد اشباعیت اکسیژن و مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) نیز دخالت دارد. لذا عدم انطباق کامل نتایج حاصل از دو روش فوق دور از انتظار نیست. معمولاً پارامترهای فیزیکوشیمیایی اطلاعات کوتاه مدتی از اکوسیستم ارائه می دهند در حالی که قضاوت مبتنی بر فاکتورهای بیولوژیکی بر زمان طولانی تری دلالت می کند که ممکن است تا حدی با نتایج کیفیت آب مبتنی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی متفاوت باشد (Wu et al., 2005). تعیین کیفیت آب برای سطوح تروفیکی بدست آمده بستگی به هدف مطالعه دارد. بعنوان مثال در صورتی که مطالعه از دیدگاه زیست محیطی صورت گیرد، آب دریای خزر در منطقه مورد مطالعه در فصل تابستان دارای کیفیت عالی بیان می شود. در حالی که بر اساس اهداف آبی پروری، آب دارای پتانسیل مناسب برای فرآیند تولید نبود. بر اساس مطالعات انجام شده، برای تعیین نهایی کیفیت آب لازم است فاکتورهای دیگر از قبیل ترکیب گونه‌ای، نوع گونه غالب و درصد مشارکت آنها، لیست گونه‌های بومی و مهاجم در نظر گرفته شوند (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶b).

یافته پژوهشی

مطالعات فیتوپلانکتون دارای کاربری‌های مهم و متفاوت از قبیل برآورد تولیدات اولیه، پیش‌بینی شکوفایی جلبکی و تعیین کیفیت آب می باشد. مطالعه حاضر با محاسبه سطح تروفیکی بر اساس پارامترهای مختلف فیتوپلانکتون (کلروفیل-آ، زی توده و تراکم)، کیفیت محیط آبی را با دیدگاههای متفاوت با سایر شاخص های تعیین وضعیت تروفیکی از قبیل شاخص TRIX بررسی نمود. این روش آسان و کاربردی سبب افزایش اعتبار کمی مطالعات پایشی و برآورد تولیدات می شود.

منابع

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

شریعتی، ا.، ۱۳۷۲. نقش میکروفلورها و فیتوپلانکتون در پروسه های تولیدی دریای خزر، مرکز آموزش عالی علوم و صنایع شیلاتی میرزا کوچک خان، ۳۴۹ صفحه.

مخلوق، ا.، نصراله زاده ساروی، ح.، اسلامی، ف.، کیهان ثانی؛ ع.ر. و واحدی، ف.، ۱۳۹۶_a. بررسی تولیدات اولیه با تاکید بر کلروفیل-آ و وزن تر فیتوپلانکتون در ساحل جنوبی دریای خزر-منطقه گهرباران، مجله علمی بولتن شیلات ایران، ۲۶ (۲): ۱۳۰-۱۲۱.

مخلوق، ا.، نصراله زاده ساروی، ح.، افراهی، م.ع.، اسلامی، ف. و کیهان ثانی؛ ع.ر. ۱۳۹۶_b. تعیین مقیاس عددی کیفیت آب بر اساس پتانسیل شکوفایی جلبکی در جنوب دریای خزر-گهرباران (استان مازندران)، مجله علمی بولتن شیلات ایران، (پذیرفته شده).

نصراله زاده، ح.، مخلوق، آ.، واحدی، ف. و پورغلام، ر.، ۱۳۹۱. بررسی روند یوتریفیکاسیون آب های ایرانی دریای خزر بر اساس مدل تجربی شاخص تروفیکی مقیاسی و غیرمقیاسی، فصلنامه علوم محیطی ویژه نامه اولین کنفرانس ملی جلبک شناسی ایران، ۶۰-۴۹.

نصراله زاده ساروی، ح.، نصراله تبار، ع.، واحدی، ف.، مخلوق، آ. و پورنگ، ن.، ۱۳۹۵. بررسی عناصر مغذی (فسفر و نیتروژن) رسوبات در محدوده استقرار قفسهای پرورش ماهی واقع در سواحل دریای مازندران (شهرستان کلارآباد). مجله علمی پژوهشی زیست شناسی دریا، سال هشتم، شماره سی و یکم، ۳۴-۲۱.

نصراله زاده ساروی، ح.، نصراله تبار، ع.، واحدی، ف.، مخلوق، آ. و پورنگ، ن.، ۱۳۹۶. مطالعه پارامترهای فیزیکوشیمیایی موثر بر کیفیت آب پرورش ماهی در قفس و روند تغذیه گرایی مقیاسی و غیر مقیاسی در منطقه جنوب شرقی دریای خزر (مازندران-گهرباران). مجله علمی بولتن شیلات ایران، (پذیرفته شده).

نصیری، ر.، ۱۳۸۸. آموزش گام به گام SPSS17، تهران: مرکز فرهنگی نشر گستر. ۳۴۴ صفحه.

APHA (American Public Health Association)., 2005. Standard method for examination of water and wastewater. Washington. USA: American Public Health Association Publisher, 18th edition, 1113 pp.

Bagheri, S., Mansor, M., Turkoglu, M., Makaremi, M., Maznah, W. and Negarestan, H., 2012. Phytoplankton Species Composition and Abundance in the Southwestern Caspian Sea. *Ekoloji*, 21(83):32-43. DOI: 10.5053/ekoloji.2012.834.

Chorus, I. and Bartram, J. 1999. Toxic cyanobacteria in water, A guide to their public health consequences, monitoring and management. London: UK. E & FN Son, 400 pp.

- EEA (European Environmental Agency), 1999. Nutrients in European ecosystems. Environmental Assessment Report no. 4. Office for official publications of the European Communities, 155pp.
- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Foong, S.Y. and Makhloogh, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*, 28, 1153– 1165.
- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B. and Makhloogh, A., 2013. The water chemistry and phytoplankton community of the Caspian Sea. Lambert Academic Publishing (LAP), 185p.
- Nasrollahzadeh, Saravi H., Pourang, N., Foong, S.Y. and Makhloogh A., 2018. Eutrophication and trophic status using different indices: A study in the Iranian coastal waters of Caspian Sea, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. (Accepted paper).
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1982. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. OECD Publication, Paris.
- Proshkina-Lavrenko, A.I. and Makarova, I.V., 1968. Plankton Algae of the Caspian Sea. Leningrad, Nauka: L. Science. 291 pp. (in Russia)
- Roohi, A.; Kideys, A.E.; Sajjadi, A.; Hashemian, A.; Pourgholam, R.; Fazli, H.; Ganjian Khanari, A.; Develi, E.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.
- Reynolds, C.S., 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press. UK. 551 pp. *science News*, 2002. 162 (22), p344.
- Shahrban, M. and Etemad-Shahidi, A., 2010. Classification of the Caspian Sea coastal waters based on trophic index and numerical analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 164,349–356.
- Tamadoni, J., Othman, A.S., Saraji, F., Abdolalian, E., Moezzi, m., Roohani, K., Hamzehee, S. and Sadeghi, R., 2011. Identification and molecular phylogeny of the dinoflagellate (*Cochlodinium polykricoides*) from Persian Gulf. *International Journal of Rev. Life and Science*, 1(4):193-200.
- Taylor, C.G.N.M., Madsen, H. and Mohamed, G.H., 1995. Data handling and biostatistics: Use of SPSS for Windowos, University of Cambridge, PP.196.
- Wehr, J.D. and Sheath, R.G., 2003. Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. USA: Academic Press, 950 pp.

Wu, R.S.S., Siu, W.H.L. and Shin, P.K.S. (2005). Induction, adaptation and recovery of biological responses: Implications for environmental monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 51: 623–634.

Zonn, I., A. Kostianoy, A. Kosarev, and M. Glantz. 2010. *The Caspian Sea encyclopedia*, e-book, ISBN 978-3-642-11523-3 e-ISBN 978-3-642-11524-0, DOI 10.1007/978-3-642-11524-0, Springer Heidelberg Dordrecht London New York. 537 pp.

Journal of Aquatic Caspian Sea (J.A.C.S.)