بررسی وضعیت تروفی با مقایسه شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی (مطالعه موردی: ساحل شهرستان بندر انزلی)

- **زهرا ایزدخواستی***: گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، صندوق‌پستی:٤٦٤١٤-٣٥٦
- **عباس اسماعیلی‌ساری**: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، صندوق‌پستی:٤٦٤١٤-٣٥٦
- **مریم فلاحی‌کپورچالی**: پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌های داخلی، بندرانزلی، صندوق‌پستی: ٦٦
- **محمدجواد امیری**: گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، صندوق‌پستی: ١٤١٥٥-٦١٣٥
- **شاهو کرمی**: گروه آموزش محیط زیست، دانشگاه پیام نور، تهران، صندوق‌پستی: ١٩٣٩٥-٤٦٩٧

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۲

چکیده

به منظور مقایسهٔ شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تعیین سطح تروفی در ساحل بندرانزلی اقدام به نمونه‌برداری از ستون آب به‌صورت فصلی در اواسط فصول بهار و تابستان از اعماق ۲، ۵ و ۱۰ متر شد. شاخص فیزیکی تروفی با استفاده از صفحهٔ سکشی، شاخص شیمیایی با اندازه‌گیری غلظت مواد مغذی موجود در آب و شاخص بیولوژیکی با تعیین غلظت کلروفیل a و زی‌توده فیتوپلانکتونی محاسبه گردید. حداکثر عمق دید درستون آب، ۳ متر، میانگین غلظت ازت کل برابر با ٧٦٤/٩ میلی‌گرم در مترمکعب، میانگین غلظت فسفر کل در ستون آب برابر با ۵۹ میلی‌گرم در مترمکعب، میانگین غلظت کلروفیل a برابر با ۳/۵ میلی‌گرم در مترمکعب و میانگین زی‌توده فیتوپلانکتونی برابر ٥١٣٦/٨٤ میلی‌گرم در مترمکعب بود ($p<0/05$). نتایج نشان‌گر آن است که از میان این سه شاخص، استفاده از شاخص‌های فیزیکی (در یک اکوسیستم آبی غیرآلوده) و بیولوژیکی مناسب‌تر است و این دو از لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($p<0/05$) نیز با یکدیگر همبستگی معکوس دارند. با مقایسه داده‌ها با جداول مربوط به رده‌بندی کیفی آب‌ها، آب دریای خزر در منطقه مورد تحقیق بر اساس میزان عمق دید تابستانه توسط صفحه سکشی و غلظت کلروفیل a و زی‌توده فیتوپلانکتونی، در رده آب‌های مزوتروف و از نظر غلظت ازت کل و فسفر کل در رده آب‌های یوتروف قرار دارد ($p<0/05$).

کلمات کلیدی: تروفی، شاخص‌های فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی، صفحه‌سکشی، زی‌توده

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ezadkhasti_z@yahoo.com

مقدمه

دریای خزر بزرگ‌ترین دریای بسته دنیا با طول حدود ۱۲۰۰ کیلومتر از شمال به جنوب کشیده شده و عرض متوسط آن حدود ۳۲۰ کیلومتر و مساحت ۳۷۱۰۰۰ کیلومتر مربع است (تکریمی، ۱۳۸۶). فعالیت‌های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی در حاشیه و رودخانه‌های منتهی به آن و ورود فاضلاب‌های گوناگون یکی از مهم‌ترین عواملی است که باعث گردیده است تا میزان زیادی از آلاینده‌های مختلف وارد این اکوسیستم آبی شده و حیات آن را با خطراتی عدیده روبرو سازد. به‌منظور حفظ این اکوسیستم، کنترل و جلوگیری از ورود فاضلاب‌های مختلف به‌عنوان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت دریای خزر ضروری به‌نظر می‌رسد (شریعتی، ۱۳۷۸). یکی از جدی‌ترین تهدیدهای زیست‌محیطی اکوسیستم‌های آبی پدیده یوتروفیکاسیون است که فقط در دریاها، دریاچه‌ها، خلیج‌ها و بعضی اوقات در رودخانه‌هایی که با سرعت کم در حرکت می‌باشند رخ می‌دهد. چهار فاکتور اصلی در این پدیده نقش دارند که شامل نیتروژن، فسفر، نور خورشید و گاز کربنیک است. عدم وجود هر یک باعث محدود شدن پدیده یوتروفیکاسیون می‌شود و رشد جلبک‌ها را محدود می‌کند (Didem، ۲۰۰۴). یوتروفیکاسیون اثرات مخرب زیادی بر روی اکوسیستم‌های آبی و در نهایت بر روی انسان و حیوانات می‌گذارد که این اثرات را می‌توان به‌صورت اثرات بیولوژیکی و فیزیولوژیکی تقسیم‌بندی نمود. یکی از اثرات بیولوژیکی یوتروفیکاسیون این است، که باعث کاهش کیفیت آب، جهت مصارف شرب، تفریحی و دیگر مصارف می‌گردد. افزایش رشد جلبک‌ها بر روی سطح آب، مانع نفوذ نور به لایه‌های عمیق آب شده و هم‌چنین سبب کاهش میزان اکسیژن محلول در آب می‌گردد که به تبع آن باعث مرگ جانوران آبی به‌خصوص ماهی‌ها می‌شود (Tait و Dipper، ۱۹۹۸).

تروفی (trophy) از نظر لغوی به معنای غذارسانی و رشد و نمو در اثر تغذیه است و از نظر علمی توان تولید مواد آلی (تبدیل مواد ساده معدنی به مواد آلی طی عمل فتوسنتز توسط فیتوپلانکتون‌ها) را نشان می‌دهد (Raymont، ۱۹۸۰). هم‌چنین از مقدار بعضی از مواد آلی و مواد شیمیایی موجود در آب، برای سنجش میزان تروفی استفاده می‌کنند (Talling، ۱۹۶۹). از نظر تروفی، آب‌ها را به چهار دسته تقسیم می‌کنند: آب‌های اولیگوتروف (فقیر از مواد غذایی)، آب‌های مزوتروف (حاوی مقدار متوسطی از مواد غذایی)، آب‌های یوتروف (غنی از مواد غذایی) و آب‌های هایپرتروف (دارای مواد غذایی فوق‌العاده زیاد) (Rahmati و همکاران، ۲۰۱۱).

از آن‌جاکه تعیین میزان تروفی در اکوسیستم‌های آبی طبیعی و مصنوعی (استخرها) از اهمیت زیادی برخوردار است لذا باید روش‌های مناسبی جهت تعیین وضعیت تروفی یا به‌عبارتی توان تولید در یک اکوسیستم داشت. روش‌های متداول جهت تعیین میزان تروفی براساس سه پارامتر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی استوار است که استفاده از هر یک از این پارامترها معایب و محاسنی دارد. به‌طوری‌که با استفاده از مجموع پارامترهای مذکور می‌توان وضعیت نسبتاً دقیقی از میزان تروفی در یک اکوسیستم ارائه نموده و با توجه به تغییرات زمانی آن می‌توان وضعیت آینده آن را بررسی نمود.

نجفی (۱۳۷۴) در پژوهشی که در تنگهٔ هرمز و آب‌های هم‌جوار با جزیره هرمز انجام داده، نشان می‌دهد که حداکثر میزان تروفی در فصل بهار و حداقل میزان تروفی در فصل زمستان است که مربوط به لایه‌های میانی آب می‌باشد و تجزیه و تحلیل‌های آماری نشانگر آن است که میزان تروفی (زی‌توده فیتوپلانکتونی) متأثر از فصول مختلف آب و هوایی می‌باشد. کیانمهر و همکاران (۱۳۷۷) در دریاچه بزنگان در استان خراسان پژوهشی انجام دادند، و به این نتیجه رسیدند که فراوانی جمعیت فیتوپلانکتونی و مقدار اکسیژن محلول یک دریاچه بر خلاف عمق قابل رؤیت آن از فصل بهار به سوی زمستان سیر نزولی دارد که دال بر بالا بودن میزان تروفی در فصل بهار نسبت به دیگر فصول می‌باشد. موسوی ندوشن و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی به تعیین وضعیت تروفی و پتانسیل تولید ماهی در دریاچه چغاخور استان چهارمحال و بختیاری پرداختند که نتایج حاکی از رابطه محکم فسفات کل آب با میزان تولید اولیه فیتوپلانکتون و ماهی است و در واقع ترکیبی از متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک روابط و میزان تولید اولیه و در نهایت درجه تروفی را مشخص می‌کنند. Rahmati و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از شاخص‌های بیولوژیکی در تعیین سطح شاخص تروفی در تالاب مرزن آباد شهرستان بابل به این نتیجه رسیدند که با توجه به شاخص سطح تروفی و سایر معیارهای اندازه‌گیری شده، منطقه مورد نظر دارای سطح تروفی بالایی است.

از آن‌جایی‌که دریای‌خزر امروزه با توجه به گسترش فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی در معرض خطر افزایش فسفر و نیتروژن قرار دارد (Raymont، ۱۹۸۰). این تحقیق در نظر دارد وضعیت تروفی را در بخشی از

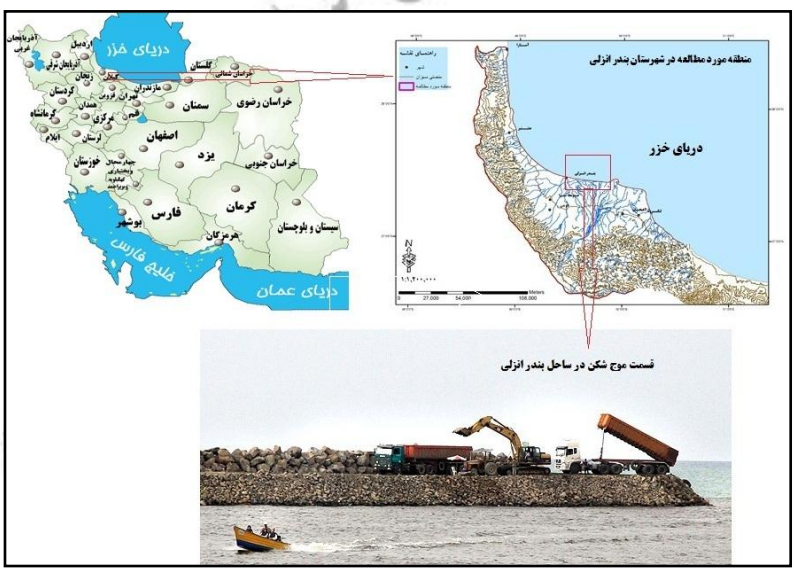
سواحل جنوبی دریای خزر با توجه به پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی که تاکنون هم‌زمان انجام نشده است بررسی و وضعیت آن را مشخص نماید. هم‌چنین اندازه‌گیری سطوح تروفی از دیدگاه مدیریتی در آب‌های مختلف با توجه به تغییرات حاصل از این پدیده در اکوسیستم، می‌تواند بسیار کارساز باشد (بونی، ۱۳۸۰). استفاده هم‌زمان از سه شاخص (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) در تعیین سطح تروفی منطقه مورد نظر برای اولین بار و با هم‌پوشانی این سه پارامتر، به نتایج دقیق‌تری می‌توان نائل گردید. مراحل سیر پدیده یوتریفیکاسیون در اکوسیستم‌های آبی تابعی از دریافت مواد مغذی شامل فسفر و ازت می‌باشد چون در میان عناصر آب دریا ازت و فسفر در حکم مواد مولد حیات می‌باشند که برای حاصلخیزی آب دریا ضروری‌اند و به مثابه کود در دریا مصرف می‌شوند که با توجه به تراکم آن‌ها امکان مراحل تروفی در آن‌ها میسر می‌گردد (تکریمی، ۱۳۸۶).

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در ناحیه ساحلی بندر انزلی در قسمت غرب موج‌شکن قرار دارد (شکل۱). نمونه‌برداری در دو خط به فاصله دو کیلومتر از یکدیگر انجام گردید. در هر خط در فواصل ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری از ساحل، به‌ترتیب در ردیف‌های عمقی ۲، ۵ و ۱۰ اقدام به نمونه‌برداری گردید. طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری که توسط دستگاه GPS تعیین شده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در خطوط ۱ و ۲

فاصله ایستگاه از ساحل (به متر)	عمق اندازه‌گیری	خط ۱		خط ۲	
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۵۰۰	۲ متر	۴۹° ۲۴´ ۴۲˝ E	۳۷° ۲۹´ ۲۳˝ N	۴۹° ۲۶´ ۳۵˝ E	۳۷° ۲۹´ ۷۹˝ N
۱۰۰۰	۵ متر	۴۹° ۲۴´ ۴۰˝ E	۳۷° ۲۹´ ۵۰˝ N	۴۹° ۲۶´ ۳۸˝ E	۳۷° ۲۹´ ۱۳˝ N
۱۵۰۰	۱۰ متر	۴۹° ۲۴´ ۴۱˝ E	۳۷° ۲۹´ ۷۷˝ N	۴۹° ۲۶´ ۳۷˝ E	۳۷° ۲۹´ ۳۴˝ N



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی استان گیلان، شهرستان بندر انزلی و منطقه مورد مطالعه (قسمت موج‌شکن)

روش نمونه‌برداری: نمونه‌برداری از آب دریا در اواسط فصل (بهار و تابستان) و در هوای آفتابی و بدون وجود موج در دریا توسط لولهٔ پولیکا (برای عمق ۲ متری) و روتنر (برای اعماق ۵ و ۱۰ متری) انجام گرفت (Talling، ۱۹۶۹). از نمونه‌های آب جهت بررسی شاخص‌های شیمیایی و بیولوژیکی استفاده شد. از هر عمق چهار لیتر آب، که یک لیتر آب برای

آنالیز شیمیایی جهت اندازه‌گیری غلظت مواد مغذی، دو لیتر آب به‌منظور اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a و یک لیتر آب هم جهت شمارش فیتوپلانکتون‌ها برداشت گردید.

آماده‌سازی نمونه‌ها: به‌منظور نگهداری و تثبیت نمونه‌های آبی مربوط به شمارش فیتوپلانکتون‌ها، هنگام نمونه‌برداری به نسبت ۴ درصد فرمالین ۳۷ درصد افزوده شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌های مربوط به اندازه‌گیری غلظت مواد مغذی، توسط کاغذ واتمن ۰/۴۲ میکرون و نمونه‌های مربوط به اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a، توسط کاغذ GFF ۰/۴۵ میکرون و پمپ خلاء فیلتر گردیدند (Newel، ۱۹۷۷).

شاخص فیزیکی تعیین سطح تروفی: تعیین میزان شفافیت (عمق قابل رؤیت) آب توسط صفحهٔ سکشی (Secchi disc) به‌عنوان شاخص فیزیکی تعیین سطح تروفی مورد ارزیابی قرار گرفت (Boney، ۱۹۸۹).

شاخص شیمیایی تعیین سطح تروفی: تعیین غلظت مواد مغذی موجود در آب به‌عنوان شاخص شیمیایی تعیین سطح تروفی مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت مواد مغذی به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر HACH، DR\۲۰۰۰ تعیین مقدار گردید. غلظت آمونیوم (NH_4-N) با استفاده از معرف فنل، غلظت نیترات (NO_3-N) با استفاده از ستون کاهشی کادمیوم، غلظت نیتریت (NO_2-N) با استفاده از معرف آلفا نفتیل آمین، غلظت فسفات (PO_4-P) با استفاده از معرف اسیداسکوربیک، غلظت ازت کل و فسفر کل نیز به‌روش هضم پرسولفات (معرف اسیداسکوربیک احیای کادمیوم) و سپس به‌روش اسپکتروفتومتر تعیین شد.

شاخص بیولوژیکی تعیین سطح تروفی: با تعیین غلظت کلروفیل a و هم‌چنین تعیین میزان زی‌توده فیتوپلانکتونی در آب‌های نمونه‌برداری شده، به‌عنوان شاخص‌های بیولوژیک تعیین سطح تروفی در منطقه مورد مطالعه، ارزیابی صورت گرفت.

تعیین غلظت کلروفیل a: ابتدا حجم مشخصی از آب نمونه‌برداری شده را توسط GFF (Glass Fibre Filter) و پمپ خلاء فیلتر نموده (میزان چشمه کاغذ فیلتر باید ۰/۴۵ میکرون باشد)، سپس کاغذ فیلتر شده را در ۱۵- ۱۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک (الکل سفید) قرار داده و آنرا در حمام آب‌گرم (بن‌ماری) گذاشته تا درجه حرارت آن به ۷۵ درجه سانتی‌گراد رسید. بعد از آن کاغذ و نمونه حاوی آن را به‌صورت عصاره در آورده و در سانتریفوژ با ۴۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ کرده، آنگاه جذب نوری محلول توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در دو طول موج ۶۶۵ و ۷۵۰ نانومتر، یک‌بار با اسید و بار دیگر بدون اسید خوانده شد (منظور از اسید، اضافه نمودن دو قطره اسیدکلریدریک ۱ نرمال یا یک قطره اسیدکلریدریک ۲ نرمال می‌باشد). سپس با استفاده از رابطه ۱ میزان کلروفیل a محاسبه گردید (Sourina، ۱۹۷۸). رابطه ۱:

$$\text{کلروفیل } a = [29.6((665b - 750b) - (665a - 750a)) * v]/V$$

b: جذب نوری قبل از اضافه کردن اسیدکلریدریک

a: جذب نوری بعد از اضافه کردن اسیدکلریدریک

v: حجم الکل به میلی‌لیتر

V: حجم آب فیلتر شده به لیتر

تعیین زی‌توده (Biomass) فیتوپلانکتونی: جهت تعیین زی‌توده فیتوپلانکتونی در ابتدا بایستی فیتوپلانکتون‌ها را شناسایی و شمارش کرد که کار شناسایی آن‌ها از روی کلید شناسایی (Proshkina Levrenko و همکاران، ۱۹۶۸) انجام پذیرفت. آماده‌سازی نمونه‌ها جهت شمارش فیتوپلانکتون‌ها بدین صورت انجام پذیرفت که پس از انتقال ظروف پلاستیکی محتوی نمونه به آزمایشگاه، آن‌ها به‌مدت ده روز در جای تاریکی که دمای مساعدی داشت قرار داده شدند تا فیتوپلانکتون‌ها ته‌نشین شده و رسوب نمایند. پس از گذشت این مدت، آب سطحی نمونه را به اندازه‌ای تخلیه نموده به‌طوری که ۲۵۰ میلی‌لیتر از این آب باقی بماند. مقدار باقی‌مانده در دستگاه سانتریفوژ به‌مدت ۵ دقیقه با دور ۳۰۰۰ سانتریفوژ شد. این کار در دفعات متعدد تکرار گشت تا حجم نهایی آب به ۲۰ میلی‌لیتر رسید. جهت شمارش فیتوپلانکتون‌ها، ۰/۱ میلی‌لیتر از این آب روی لام هیدروبیوز ریخته، لامل‌گذاری گردید و ستون به ستون در زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی ۱۰ و ۴۰ شمارش شد. این عمل با سه تکرار همراه بود (Talling، ۱۹۶۹). سپس با استفاده از رابطه ۲ تعداد هر جنس از فیتوپلانکتون‌های موجود در یک لیتر آب محاسبه گردید. با شمارش فیتوپلانکتون‌ها با اطمینان بیش‌تری می‌توان روی میزان زی‌توده فیتوپلانکتونی در هر لیتر آب نظر داد و سپس بیوماس هر یک از جنس‌های شناسایی شده را محاسبه کرد (Newel، ۱۹۷۷). رابطه ۲:

$$\text{تعداد هر جنس در لیتر} = \frac{\text{حجم آب پس از سانتریفوژ} * \text{تعداد جنس شمارش شده}}{0/1}$$

از میان روش‌های مذکور، بهترین روش بررسی پارامتر بیولوژیکی (کلروفیلa و زی‌توده) می‌باشد که آن نیز مشمول معایبی از قبیل صرف وقت و هزینه زیادی است ولی دقت زیادی دارد.

جامعه آماری این تحقیق، شامل نمونه‌های آب جهت بررسی میزان عناصر فسفر و نیتروژن و هم‌چنین فیتوپلانکتون‌ها جهت بررسی میزان کلروفیلa و بیوماس می‌باشد. نمونه‌برداری از فواصل ۲، ۴ و۶ کیلومتری از ساحل منطقه مورد مطالعه به‌عمل آمد به‌طوری‌که در مجموع از ۹ ایستگاه به‌صورت ترانسکت‌های مربعی نمونه‌برداری از آب و فیتوپلانکتون انجام شد. جهت بررسی شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تروفی پس از انجام آزمایشات مورد نظر، داده‌های به‌دست آمده با جداول استاندارد مورد مقایسه قرار گرفت.

آزمون آماری: برای آنالیز آماری داده‌ها از نرم افزار 11.5 SPSS استفاده گردید. جهت مشخص نمودن درصد معنی‌داربودن داده‌ها، از آزمون T-test و برای تعیین میزان همبستگی شاخص‌ها، از آزمون همبستگی (Correlations) استفاده شد.

نتایج

در این تحقیق از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی جهت تعیین سطح تروفی منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. نمونه‌برداری در اواسط فصول (بهار و تابستان) بنا به شرایط مساعد آب و هوایی، انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری میزان نفوذ نور نیز از سکشی‌دیسک در ایستگاه‌های مورد نظر استفاده شد. میزان شفافیت آب دریا در مناطق مختلف و فصول مختلف، متفاوت می‌باشد. استفاده از پارامتر فیزیکی در تعیین میزان تروفی بسیار آسان‌تر از سایر روش‌ها می‌باشد ولی می‌تواند تحت تاثیر عواملی از قبیل آلاینده‌ها (تغییر رنگ آب در اثر نشت مواد نفتی و یا ورود فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی و مواد رنگی مترشحه از فیتوپلانکتون‌ها در اثر شکوفایی آن‌ها) و یا عوامل فیزیکی (کدورت آب) و عوامل اقلیمی (ابر، باد و امواج) باعث ایجاد تغییراتی در عمق دید صفحه‌سکشی گشته و باعث ایجاد خطا می‌گردد (جدول۲).

جدول ۲: شاخص فیزیکی تعیین میزان تروفی (عمق شفافیت) در منطقه مورد مطالعه

خطوط	فاصله از ساحل (متر)	اندازه‌گیری اعماق در فصل بهار (متر)			اندازه‌گیری در اعماق فصل تابستان (متر)		
		۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰
۱	۵۰۰	۲			۱/۲۰		
	۱۰۰۰		۱/۵			۱/۵۰	
	۱۵۰۰			۲/۲۰			۱/۴۰
۲	۵۰۰	۱/۷۵			۱/۱۰		
	۱۰۰۰		۲/۷۰			۱/۵۰	
	۱۵۰۰			۳			۱/۵۰

در روش شیمیایی نیز با اندازه‌گیری میزان بعضی از عناصر مغذی (فسفر و نیتروژن) موجود در آب، می‌توان به میزان تروفی پی برد. ولی احتمال خطا در آنالیز دستگاهی وجود دارد. بدین مفهوم که میزان واقعی عناصر مزبور را نشان نمی‌دهد. از طرفی میزان فسفر و نیتروژن در فصل بهار در آب کاهش می‌یابد درحالی‌که در بافت فیتوپلانکتون ذخیره و باعث رشد و نمو آن‌ها می‌گردد و برعکس در فصل تابستان میزان فسفر و نیتروژن افزایش می‌یابد. چون در تغذیه زئوپلانکتون‌ها از فیتوپلانکتون‌ها، تعداد فیتوپلانکتون‌ها (یعنی مصرف‌کنندگان فسفر و نیتروژن) کاهش یافته و میزان عناصر مزبور در آب افزایش یافته و سبب این اشتباه می‌شود که میزان تروفی در تابستان بیش‌تر است درحالی‌که عکس این قضیه صادق است (جدول ۳).

جدول۳: غلظت مواد مغذی موجود در آب در اعماق مختلف

خطوط	فصول	اعماق(متر)	نیتریت (میلی‌گرم بر لیتر)			نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)			آمونیوم (میلی‌گرم بر لیتر)			نیتروژن‌کل (میلی‌گرم بر لیتر)			فسفات (میلی‌گرم برلیتر)			فسفرکل (میلی‌گرم بر لیتر)		
			۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰	۲	۵	۱۰
۱		بهار	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۰/۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۱۶	۰/۸۹۲	۰/۸۹۴	۰/۸۵۱	۰/۱۱۱	۰/۰۹۸	۰/۰۸۰	۰/۰۴۶	۰/۰۸۵	۰/۰۶۴
		تابستان	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳۵	۰/۰۴۷	۰/۸۰۳	۰/۷۶۵	۰/۶۵۵	۰/۰۴۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۸۲	۰/۰۴۵	۰/۰۸۰
۲		بهار	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	۰/۷۱۱	۰/۸۴۲	۰/۸۰۰	۰/۰۸۷	۰/۰۸۸	۰/۰۸۲	۰/۰۵۷	۰/۰۶۱	۰/۰۶۳
		تابستان	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۰۴۶	۰/۰۱	۰/۰۳۱	۰/۶۲۵	۰/۵۷۱	۰/۷۷۰	۰/۰۲۹	۰/۰۲۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳۶	۰/۰۳۲	۰/۰۶۲

نتایج حاصل از کاربرد شاخص فیزیکی تعیین سطح تروفی: در اعماق مورد بررسی در دو خط تعیین شده، دامنه نوسانات عمق دید در ستون آب توسط صفحه‌سکشی در بهار بین حداقل ۱/۵ و حداکثر ۳ متر، در تابستان بین حداقل ۱/۱ و حداکثر ۱/۵متر، بود. با توجه به آزمون T بین میزان شفافیت آب در اعماق مورد بررسی در فصول سال، در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی‌دار موجود است.

نتایج حاصل از کاربرد شاخص شیمیایی تعیین سطح تروفی: دامنه غلظت نیتریت در ستون آب در بهار بین حداقل ۰/۰۰۱ و حداکثر ۰/۰۰۳ میلی‌گرم در لیتر و در تابستان بین حداقل ۰/۰۰۲ تا حداکثر ۰/۰۰۳ میلی‌گرم در لیترمی‌باشد. در بهار غلظت نیترات در ستون آب بین حداقل ۰/۰۱ و حداکثر ۰/۰۲۸ میلی‌گرم در لیتر و در تابستان بین حداقل ۰/۰۰۴و حداکثر ۰/۰۱۲میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. غلظت آمونیوم در اعماق مورد نظر در بهار، دامنه گسترده‌تری نسبت به تابستان دارد. غلظت این ماده در بهار بین حداقل ۰/۰۱ و حداکثر ۰/۰۲۸ میلی‌گرم در لیتر و در تابستان در دامنه ۰/۰۱ تا ۰/۰۴۶ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد. در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین غلظت آمونیوم در بهار و تابستان اختلاف معنی دار وجود دارد. غلظت ازت کل در ستون آب در بهار در دامنه ۰/۷۱۱ تا ۰/۸۹۴ میلی‌گرم در لیتر و در تابستان بین حداقل ۰/۵۷۱ تا حداکثر ۰/۸۰۳ میلی‌گرم در لیتر قرار دارد از سوی دیگر با توجه به مقادیر غلظت‌ها در اعماق مورد بررسی و آزمون T-test، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین غلظت این ماده در بهار و تابستان موجود است. غلظت فسفات محلول در آب در اعماق مورد نظر در بهار، بین حداقل ۰/۰۸ و حداکثر ۰/۱۱۱ میلی‌گرم در لیتر و در تابستان بین حداقل ۰/۰۲۴ و حداکثر ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. در سطح اطمینان ۹۹ درصد بین غلظت فسفات در ستون آب در بهار و تابستان اختلاف معنی‌دار وجود دارد. غلظت فسفر کل در ستون آب در بهار بین حداقل ۰/۰۵۷ و حداکثر ۰/۰۸۵ میلی‌گرم در لیتر و در تابستان بین حداقل ۰/۰۳۲ و حداکثر ۰/۰۸۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

نتایج حاصل از کاربرد شاخص بیولوژیکی تعیین سطح تروفی: غلظت کلروفیلa در ستون آب در بهار بین حداقل ۱/۸۵ و حداکثر ۴/۶ میکروگرم در لیتر و در تابستان بین حداقل ۲/۲ و حداکثر ۶/۴ میکروگرم در لیتر قرار دارد. مقادیر به‌دست آمده برای زی‌توده فیتوپلانکتونی در اعماق مختلف نشانگر آن است که در بهار مقدار آن بین حداقل ۲۷۹۸/۷۹ و حداکثر ۶۸۶۵/۶۸ میکروگرم در لیتر و در تابستان در دامنه بین حداقل ۳۳۱۳/۲۶ و حداکثر ۸۳۰۲/۳۳ میکروگرم در لیتر قرار دارد. اسامی تعدادی از فیتوپلانکتون‌های مشاهده شده نیز در جدول ۴ آمده است.

جدول۴: اسامی تعدادی از فیتوپلانکتون‌های مشاهده شده در ستون آب

شاخه Chrysophyta	شاخه Pyrrophyta	شاخه Cyanophyta
Coscinodiscus	*Exuviaella*	*Oscillatoria*
Actinosyclus	*Gymnodinium*	*Microcystis*
Melosira	*Goniaulax*	*Aphanizomenon*
Cyclotella	*Peridinium*	*Anabaenopsis*
Nitzschia	*Prorocetrum*	*Merismopedia*
Thalassionema		*Lyngbya*
Rhizosolenia		*Anabaena*
Navicula		
Thalassiosira		
Stephanodiscus		
Cheatocerous		
Sceletonema		

ارتباط بین شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تروفی: نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها توسط آزمون همبستگی، بیانگر آن است که در فصل بهار بین غلظت کلروفیل a و غلظت فسفات همبستگی وجود دارد. در تابستان نیز بین غلظت کلروفیل a و عمق قابل رؤیت توسط صفحه سکشی همبستگی معکوسی دیده می‌شود.

تعیین سطح تروفی در منطقه مورد مطالعه: با توجه به شاخص فیزیکی و میانگین مقادیر به‌دست آمده برای شاخص‌های شیمیایی و بیولوژیکی در اعماق مورد بررسی و مقایسه آن‌ها با استاندارد مربوطه می‌توان به تعیین سطح تروفی در منطقه مورد مطالعه پرداخت. حداکثر عمق دید درستون آب، ۳ متر، میانگین غلظت فسفر کل در ستون آب در بهار و تابستان برابر با ۵۹ میلی‌گرم در مترمکعب، میانگین غلظت ازت کل برابر با ۷۶۴/۹ میلی‌گرم در مترمکعب، میانگین غلظت کلروفیل a برابر با ۳/۵میلی‌گرم درمترمکعب و میانگین زی توده فیتوپلانکتونی برابر ۵۱۳۶/۸۴ میلی‌گرم در مترمکعب می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۵: میانگین داده‌های حاصل از شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تروفی

تروفی	مقادیر به‌دست آمده
حداکثر عمق دید (متر)	۳
فسفرکل (میلی‌گرم در مترمکعب)	۵۹
ازت کل (میلی‌گرم در مترمکعب)	۷۶۴/۹
کلروفیل a (میلی‌گرم در مترمکعب)	۳/۵
زی‌توده فیتوپلانکتونی (میلی‌گرم در مترمکعب)	۵۱۳۶/۸۴

بحث

هدف کلی از این پروژه، مقایسه شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تعیین سطح تروفی و هم‌چنین بررسی شرایط فعلی اکوسیستم منطقه مورد مطالعه از نظر سطح تروفی با استفاده از شاخص‌های مذکور بود.

در هر اکوسیستم آبی سهم بالایی از تولید اولیه در قسمت‌های سطحی آب صورت می‌گیرد. با افزایش عمق روند فتوسنتز سیر نزولی پیدا می‌کند. از علل وفور فیتوپلانکتون‌ها در قسمت‌های سطحی آب می‌توان به وجود نور و اکسیژن کافی اشاره کرد. در عمق ۲ متر شاهد بیش‌ترین غلظت برای کلروفیل a و زی‌توده فیتوپلانکتونی و در عمق ۱۰ متر با کم‌ترین مقادیر برای آن‌ها مواجه بوده ولی همین روند به‌صورت معکوس در مورد عمق قابل رؤیت توسط صفحه سکشی دیده می‌شود. لازم به‌ذکر است که در همه موارد کاهش شفافیت آب دلیل بر وجود فیتوپلانکتون‌ها نیست. کدورت آب ممکن است ناشی از رسوبات و شن و ماسه‌ای باشد که توسط سیلاب‌ها و رودخانه‌های ورودی، به دریا وارد شده باشند هم‌چنین تحت تاثیر عواملی از قبیل حضور آلاینده‌ها (تغییر رنگ آب در اثر نشست مواد نفتی به اکوسیستم آبی یا ورود

فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی و یا مواد رنگی مترشحه از فیتوپلانکتون‌ها و یا شکوفایی آن‌ها) رنگ آب تغییر کرده و کدورت افزایش می‌یابد و نمی‌توان تخمین درستی از شاخص فیزیکی داشت نکته دیگری که باید در موقع استفاده از این شاخص رعایت کرد این است که هوا آفتابی و دریا کاملاً آرام باشد در غیراین صورت خطا ایجاد می‌گردد و در موقع ابری بودن آسمان و وجود موج و تلاطم زیاد در دریا گزارش درستی از میزان عمق قابل رؤیت توسط صفحه‌سکشی نمی‌توان داد بنابراین به‌طور حتم نمی‌توان گفت که چون کدورت زیاد است، میزان تولید اولیه هم بالاست ولی با مدنظر داشتن همه موارد فوق می‌توان با کاربرد شاخص فیزیکی تخمینی نسبی از سطح تروفی در اکوسیستم آبی داشت.

بین شاخص فیزیکی و بیولوژیکی ارتباط وجود دارد و می‌توان جهت داشتن تخمینی نسبی از سطح تروفی در یک اکوسیستم آبی غیرآلوده (منظور از غیرآلوده این است که کدورت آب فقط ناشی از حضور فیتوپلانکتون‌ها باشد و عوامل دیگر دخیل نباشند) به‌جای کاربرد شاخص بیولوژیکی (اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a و زی‌توده فیتوپلانکتونی) که کاری بسیار وقت‌گیر ولی دقیق است، از صفحه‌سکشی استفاده کرد. شاخص شیمیایی نسبت به شاخص فیزیکی دارای دقت عمل بیش‌تری است ولی با استفاده از آن هم با قاطعیت نمی‌توان روی سطح تروفی نظر داد چون احتمال خطا در آنالیز دستگاهی وجود دارد. یکی از عوامل خطا می‌تواند ناشی از آن باشد که منابع رهاسازی فسفر و ازت با اوج زمان تولید هم‌خوانی نداشته باشد چون در بهار میزان فسفر موجود در آب به اوج خود می‌رسد به این علت که در طی فصول سرد سال، بسیاری از آبزیان تلف شده و لاشه آن‌ها به قسمت‌های عمقی آب رفته و توسط باکتری‌ها به واحدهای سازنده خود (از جمله فسفر و ازت) تبدیل می‌گردد. در بهار به‌علت گردش سطح به عمق آب در اثر وزش باد، این مواد به سطح آورده شده و افزایش غلظت مواد مغذی آب نسبت به تابستان را موجب می‌شود. با افزایش دمای آب در اواخر بهار و اوایل تابستان و مساعد شدن شرایط بهینه برای رشد فیتوپلانکتون‌ها این مواد صرف رشد و نمو آن‌ها می‌گردد و افزایش غلظت کلروفیل a و میزان زی‌توده فیتوپلانکتونی را دربر خواهد داشت. از عوامل دیگر که در بروز خطا در استفاده از این شاخص دخالت دارند می‌توان به آزاد شدن فسفر در تابستان به‌علت متابولیت فیتوپلانکتون‌ها و هم‌چنین دفع مواد زائد توسط آبزیان و ورود منابع آلاینده به دریا به‌علت پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری، صنعتی که دارای مقادیر زیادی فسفر و ازت می‌باشند اشاره کرد. بنابراین همه این عوامل باعث می‌گردند که تراکم فیتوپلانکتون‌ها با میزان فسفر و ازت متناسب نباشد.

شاخص بیولوژیکی، دقیق‌ترین شاخص موجود، جهت تعیین سطح تروفی در یک اکوسیستم آبی می‌باشد که توسط آن با قاطعیت می‌توان روی سطح تروفی در یک اکوسیستم آبی نظر داد. ولی تنها عیب آن، وقت و هزینه زیادی است که صرف اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a، شناسایی و شمارش فیتوپلانکتون‌ها و بالاخره محاسبه زی‌توده فیتوپلانکتونی می‌گردد.

آب دریای‌خزر در اعماق مورد بررسی، با توجه به میزان حداکثر عمق دید توسط صفحه‌سکشی، غلظت کلروفیل a و زی‌توده فیتوپلانکتونی در رده آب‌های مزوتروف و از نظر غلظت فسفر کل و ازت کل در رده آب‌های یوتروف قرار دارد. در آب‌های مزوتروف تولید فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون بر حسب عرضه مواد مغذی توسعه یافته و متناسب با آن، عمق دید آب کاهش می‌یابد. چنان‌چه در این آب‌ها کنترلی در ورود فاضلاب‌های انسانی صورت نگیرد، استعداد بالایی در جهت رسیدن به مرحله پرغذایی یا یوتروفی را دارند.

طبقه‌بندی دیگری نیز در این راستا انجام شده است که غلظت کلروفیل a و فسفر کل را مدنظر قرار داده است. با توجه به این طبقه‌بندی آب دریای خزر در منطقه مورد مطالعه از نظر غلظت کلروفیل a در رده آب‌های مزوتروف و از نظر غلظت فسفر کل در رده آب‌های یوتروف قرار دارد که مهر تاییدی بر نتیجه قبل می‌باشد. پدیده یوتروفی، نشانه بارزی از دخالت انسان است. عمق دید در این آب‌ها به شدت کاهش می‌یابد. مرحله یوتروفی در صورت تداوم می‌تواند حیات یک اکوسیستم را با خطر جدی روبرو سازد و سبب ایجاد توالی در اکوسیستم گردد. معمولاً آب‌هایی که بر اثر فعالیت‌های انسانی دچار پدیده یوتروفی شده‌اند، شانس برگشت بسیار کمی به مراحل الیگوتروف و مزوتروف را دارند.

منابع

۱. **بونی، ا.د.، ۱۳۸۰.** فیتوپلانکتون. ترجمه رحیمی‌بشر، م.ر.، شهرسبز. تهران. صفحات ۱۵۳ تا ۱۷۷.

۲. **تکریمی، س.م.، ۱۳۸۶.** اکولوژی دریایی. انتشارات موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی تهران. ۱۹۶ صفحه.

۳. **شریعتی، ا.، ۱۳۷۸.** اکولوژی دریای خزر. انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران. ۲۷۴ صفحه.

۴. **کیانمهر، ه.؛ ریاحی، ح. و خوشبخت، ف.، ۱۳۷۷.** مطالعه فراوانی جمعیت فیتوپلانکتون و تولید اولیه خالص دریاچه بزنگان (واقع در استان خراسان) در رابطه با برخی عوامل مهم زیست‌محیطی. مجله علوم پایه. شماره ۲، صفحات ۷ تا ۱۷.

۵. **موسوی‌ندوشن، ر. ؛ فاطمی، م.ر.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و وثوقی، غ.، ۱۳۸۷.** تعیین وضعیت تروفی و پتانسیل تولید ماهی در دریاچه چغاخور. مجله علمی شیلات. سال ۲، شماره ۲، صفحات ۷۱ تا ۷۵.

۶. **نجفی، م.، ۱۳۷۴.** برآورد تولید اولیه از طریق روش اندازه‌گیری کلروفیل آ در تنگه هرمز، آب‌های هم‌جوار با جزیره هرمز. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. ۱۴۶ صفحه.

7. **Boney, A.D., 1989.** Phytoplankton, Ecology, Structure, Function and Fluctuation. Champan and Hall, London. 384 p.
8. **Didem, K.l.; Dere, S. and Dalkiran, N., 2004.** A Taxonomic Study on the Phytoplankton of Lake Ulubat. Department of biology. Turkey Bot. Vol. 28, No: 473-485.
9. **Newel, G.E., 1977.** Marine Plankton. Hutchinson and Sons, Co. London. 320 p.
10. **Proshkina Levrenko, A.I., Makarova, I.V., 1968.** Vodorosli Planktona Kaspikva Moria. Izdatelstvo Nauka. Leningrad. pp: 5-220.
11. **Rahmati, R.; Pourgholam, R.; Najafpour, S.H. and Doustdar, M., 2011.** Trophic Status of a Shallow Lake (North of Iran) Based on the Water Quality and the Phytoplankton Community. Special Issue of Food and Environment. Vol. 14, pp: 112-120
12. **Raymont, J.E.G., 1980.** Plankton and Productivity of the Ocean. Pergamon Press Ltd. Oxford. 660 p.
13. **Sourina, A., 1975.** Phytoplankton Manual. UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. Brothers (Norwich) Ltd. 258 p.
14. **Sournia, A., 1978.** Phytoplankton manual. UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. Brothers (Norwich) Ltd. 344 p.
15. **Tait, R.V. and Dipper, F.A., 1998.** Elements of Marine Ecology. Butterworth-Heinemann. Fourth Edition. 448 p.
16. **Talling, J.F., 1969.** A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments (ed. Vollenweider, R.A.). Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh. 213 p.

Check the status of trophy by comparing indicators of physical, chemical and biological (Case Study coast port city of Anzali)

- **Zahra Eizadkhasti*:** Department of Marine Biology, Faculty of Natural Resources , Tarbiat Moddares University, P.O.Box: 356-46414, Noor, Iran
- **Abbas Esmaili Sari:** Department of Environment, Faculty of Natural Resources , Tarbiat Moddares University, P.O.Box: 356-46414, Noor, Iran
- **Maryam Fallahi Kapourchal:** National Inland Water Aquaculture Institute, P.O.Box:66, Bandar Anzali, Iran
- **Mohammad Javad Amiri:** Department of Environmental Education, Management and Planning , Faculty of Environment, University of Tehran, P.O.Box: 6135-14155, Tehran, Iran
- **Shaho Karami:** Department of Environmental Planning, Payame Noor University, P.O.Box: 4697-19395, Tehran, Iran

Received: March 2013 Accepted: December 2013

Keyword: Trophy, Physical, Chemical and Biological Indices, Secchi disc, Biomass

Abstract

To compare physical, chemical and biological indices of primary productions on the coast of Bandar-e Anzali, water column in the depths of 2, 5 and 10 meters was sampled. The physical index of primary productions by using the Secchi disc Was calculated, chemical index by measuring the density of nutrients in water and biological index by determining the density of Chlorophyll a in phytoplankton's were calculated. The maximum clearance was 300 centimeters in spring and the average maximum density of total Phosphorus and total Nitrogen in water column was in spring and respectively 0.061 and 0.831 milligram per Liter ($p<0.05$). The maximum density of Chlorophyll a was in summer, 6.4 microgram per cubic meter. The results show that among these indices, it is better to use physical and biological indices. Both indices statistically have reversed correlation ($p<0.05$). Through comparison of information with qualitative water class tables, water of Caspian Sea can be located in Mesotroph water class from the density of Chlorophyll a point of view according to the amount of summer vision depth by Secchi disc and at the beginning of Eutroph water class from the point of view of total Phosphorus and total Nitrogen ($p<0.05$).

* Corresponding Author's email: ezadkhasti_z@yahoo.com