تعیین مقیاس عددی کیفیت آب بر اساس پتانسیل شکوفایی جلبکی در جنوب دریای خزر–گهرباران (استان مازندران)

آسیه مخلوق[1]، حسن نصراله زاده ساروی[1]*، محمدعلی افرایی[1]، فرشته اسلامی[2]، علیرضا کیهان ثانی[1]

*hnsaravi@gmail.com

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹٦

چکیده

افزایش روز افزون جمعیت انسانی و نیاز به تولید منابع پروتئینی، روی آوردن به صنعت آبزی پروری دریایی را اجتناب ناپذیر نموده است. پایش کیفیت آب به علت اثرات متقابل بین کیفیت آب و فعالیت های آبزی پروری، دارای اهمیت زیادی است. بنابراین، مطالعه حاضر با توجه به کارایی مطالعات فیتوپلانکتونی در مطالعات زیست-محیطی و پایشی با هدف رتبه بندی و کمی نمودن شکوفایی جلبکی و کیفیت آب در سواحل دریای خزر-منطقه گهرباران (محل احتمالی پرورش ماهی) انجام شد. نمونه برداری از آب بصورت ماهانه در لایه‌های سطح، ۵ و ۱۰ متر در اعماق کم تر از ۲۰ متر در سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. بر اساس نتایج، حد آستانه‌ای (آغاز) شکوفایی جلبکی بر اساس تراکم و زی توده فیتوپلانکتون به ترتیب ۲۰۰ میلیون سلول بر متر مکعب و ۵۱۲ میلی گرم بر متر مکعب و نیز کلروفیل ۱/۷ میکروگرم بر لیتر تعیین شد. پتانسیل متوسط شکوفایی از گونه-های *Binuclearia lauterbornii*، *Thalassionema nitzschioides* و *Pseudonitzschia seriata* بترتیب در فصول تابستان، پاییز و زمستان ثبت شد. کیفیت آب بر اساس شکوفایی جلبکی از اردیبهشت تا تیر (عالی)، شهریور و مهر (خوب-متوسط)، ماههای آبان، آذر و تمامی ماههای فصل زمستان از متوسط تا ضعیف بدست آمد. مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از پارامترهای مختلف فیتوپلانکتون (کلروفیل-آ، زی توده و تراکم کل) با در نظرگرفتن صفات بیولوژیکی و اکولوژیکی گونه های غالب آن، سبب افزایش اعتبار برآورد کمی در تعیین کیفیت آب می شود.

لغات کلیدی: کیفیت آب، شکوفایی جلبکی، آبزی پروری، گهرباران، دریای خزر

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت انسانی، نیاز به تولید منابع پروتئینی بیشتر و اشتغال زایی، روی آوردن به صنعت آبزی پروری دریایی را اجتناب ناپذیر نموده است (Price *et al*., 2015). پایداری و تداوم بهره‌وری در این صنعت بر پایه محیط آبی مناسب، مدیریت صحیح و کنترل شرایط محیطی قرار دارد. لذا انجام مطالعات زیستی و اکولوژیکی، قبل و بعد از استقرار سازه‌ها و فعالیت های آبزی‌پروری ضروری می‌باشد. تاکنون ۴ مورد شکوفایی جلبکی با شواهد میدانی در حوزه ایرانی دریای خزر رسماً گزارش شده‌است. اولین مورد کشند شیری ناشی از شکوفایی *Nodularia spumigena* بود که از اواسط شهریور تا اوایل مهر ۱۳۸۴ به وقوع پیوست. کشند سرخ ناشی از شکوفایی *Heterocapsa triquetra* در نیمه مهر ۱۳۸۵ ثبت شد. پس از آن ۲ مورد دیگر شکوفایی ناشی از رشد و تکثیر شدید *Nodularia spumigena* در اواخر مرداد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ گزارش شد (Nasrollahzadeh *et al*., 2011). مطالعه مخلوق و همکارن (۱۳۹۴) نشان داد که مواد مغذی رسوبات سطحی دریای خزر می تواند سبب رشد و تکثیر بعضی از جلبک های مضر و سمی از جمله *Pseudonitzschia seriata* شود که زنگ خطری برای صنعت آبزی پروری محسوب می‌شود. از سوی دیگر ورود مواد حاصل از سوخت و ساز سلولی ماهیان، احتمال شکوفایی جلبکی و پر غذایی (Eutrophication) و نهایتاً وقوع مسائل زیست محیطی و انتقال انرژی در شبکه غذایی را در محل افزایش می‌دهد (Jhingran, 1982). چنانکه در مطالعه باقری و همکاران (۱۳۹۴)، افزایش مواد مغذی ناشی از غذا دهی و مواد زائد دفعی ناشی از پرورش ماهی در قفس، از عمده دلایل افزایش فراوانی فیتوپلانکتون و حضور گونه های غیر بومی از جمله *Pseudonitzschia seriata* درایستگاههای مجاور سایت پرورش ماهی در قفس بود. مطالعه مشابه بر جامعه زئوپلانکتونی نیز نشان داد که تراکم تعدادی از گونه های زووپلانکتونی از جمله *Acartia tonsa* در مجاورت سایت های پرورش ماهی افزایش معنی داری نسبت به ایستگاه شاهد داشت (Bagheri *et al*., 2016). در اواسط سال ۱۳۸۷ و اوایل سال ۱۳۸۸، کشند قرمز ناشی از شکوفایی *Cochlodinium polykricoides*، خسارات اقتصادی زیادی در خلیج فارس به خصوص در استان هرمزگان بوجود آورد و تا اواخر سال ۱۳۸۸ میزان این خسارت ۵۰۰ میلیون دلار در خلیج فارس برآورد شد (Tamadoni *et al*., 2011).

مطالعات فیتوپلانکتونی، نقش مهمی در تحقیقات اکولوژیکی و فعالیت های اقتصادی (آبزی‌پروری) دریایی دارد. زیرا از یک سو امکان برآورد تولیدات اولیه و از سوی دیگر امکان پش بینی حوادث اکولوژیکی را فراهم می‌نماید (Huot *et al*., 2007; Hambrook Berkman & Canova, 2007). کلروفیل-آ رنگدانه غالب و معمول در بین گروههای فیتوپلانکتون است و روشهای اندازه گیری آن نسبتاً آسان و بسیار رایج است و به عنوان شاخصی از زی توده پذیرفته شده است (Felip & Catalan, 2000). استفاده توصیفی از پارامترهای فیتوپلانکتونی (تراکم، زی توده و غلظت کلروفیل) برای بیان کیفیت آب و سطح تروفیکی آب بطور گسترده ای توسط محققین استفاده می شود. در پاره ای از تحقیقات با توجه به مقادیر پارامترهای فوق، کمی نمودن و رتبه بندی کیفیت و سطح تروفیکی آب صورت گرفته است (Washington, 1984; Gao & Song, 2005). در مطالعه Revilla و همکاران (۲۰۰۹) تعیین کیفیت آب های ساحلی شمال اسپانیا بر اساس کلروفیل و نیز درصد فراوانی نسبی نمونه‌های موجود در حد آستانه شکوفایی صورت گرفت (جدول ۱).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

جدول ۱- تعیین کیفیت آب بر اساس درصد فراوانی شکوفایی جلبک و غلظت کلروفیل-آ (Revilla *et al*., 2009)

Table 1: Determination of water quality based on the percentage of algal bloom frequency and chlorophyll-a concentration (Revilla *et al*., 2009)

کیفیت آب	رتبه عددی	درصد فراوانی نمونه های دارای *شکوفایی جلبکی	کلروفیل-آ (میلی گرم در مترمکعب)
عالی	۱	۲۰<	۳/۵<
عالی-خوب	۰/۸	۲۰	۳/۵
خوب-متوسط	۰/۶	۲۰-۴۰	۳/۵-۷
متوسط	۰/۴	۴۰>	۷>

***تراکم فیتوپلانکتون >۷۵۰ میلیون سلول در مترمکعب، *Phytoplankton abundance >750 million cells/m^3

کمی (عددی) نمودن کیفیت آب بر اساس میزان مواد مغذی و سطح تروفیکی (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Nasrollahzadeh *et al*., 2008)، شاخص‌های بیولوژیک از قبیل شاخص تنوع گونه‌ای شانون-ویور (Shannon-Weaver) (فضلی و همکاران، ۱۳۸۹)، ساپروبی (مخلوق و همکاران، ۱۳۸۸) دارای سابقه تحقیق در حوزه ایرانی دریای خزر می‌باشد. اما علی رغم خطر وقوع مجدد شکوفایی جلبکی در اکوسیستم دریای خزر و اثر نامطلوب آن بر کیفیت آب (Nasrollahzadeh *et al*., 2011) و نیز تمایل روزافزون منطقه به آبزی پروری دریایی، تاکنون کمی سازی کیفیت آب در این حوزه بر اساس شکوفایی جلبکی با توجه به سه پارامتر تراکم، زی توده و کلروفیل در دسترس نبوده است. تحقیق حاضر در نظر دارد که با کمی نمودن و رتبه بندی شکوفایی جلبکی و کیفیت آب و نیز تعیین نقاط بحرانی شکوفایی جلبکی، محل احتمالی استقرار قفس‌های پرورش ماهی (پن و کیج) در اکوسیستم ساحلی دریای خزر-منطقه گهرباران را مورد مطالعه قرار دهد.

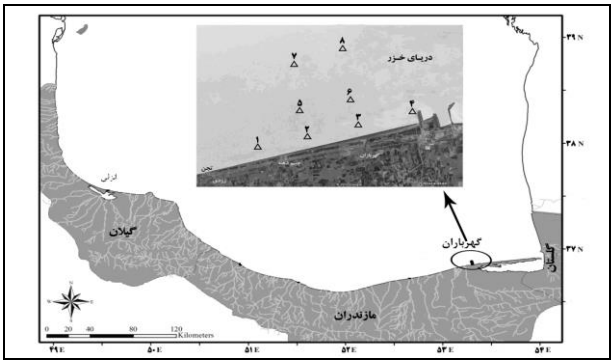
مواد و روش کار

این مطالعه در بخش شرقی حوزه جنوبی دریای خزر، در منطقه گهرباران (مازندران) و در ۸ ایستگاه در موقعیت جغرافیایی ´۱۵۰ º۵۳ تا ´۲۴. º۵۳ طول شرقی و ´۸۳. º۳۶ تا ´۸۷. º۳۶ عرض شمالی با مسافت طولی و عرضی بترتیب حدود ۹ و ۵ کیلومتر صورت گرفت (شکل ۱). ایستگاههای ۱، ۲، ۳ و ۴ در عمق ۵ متر، ایستگاههای ۵ و ۶ در عمق ۱۰ متر و ایستگاههای ۷ و ۸ در عمق ۱۵ متر قرار داشتند. نمونه‌ها در عمق ۵ متر از لایه سطحی، در عمق ۱۰ متر از لایه های سطح و ۵ متر و در عمق ۱۵ متر از لایه های سطح، ۵ و ۱۰ متر جمع‌آوری شدند. نمونه-برداری از اردیبهشت ۱۳۹۲ شروع شد و بصورت ماهانه تا فروردین ۱۳۹۳ ادامه یافت و فقط در مرداد ماه بعلت شرایط نامساعد نمونه برداری انجام نگردید.

نمونه‌ها پس از جمع‌آوری بوسیله نمونه بردار ۲ لیتری (Niskin) و انتقال به بطری‌های شیشه‌ای با فرمالین ۳۷ درصد تا حجم نهایی ۲ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. آماده سازی نمونه ها به روش رسوب‌گذاری و سانتریفوژ انجام شد. سپس مشاهدات میکروسکوپی نمونه‌ها به منظور بررسی کمی و کیفی (شناسایی گونه‌ای و شمارش) فیتوپلانکتون صورت گرفت. زی توده فیتوپلانکتون نیز با توجه به شکل هندسی و حجم گونه محاسبه شد (APHA, 2005). برای تعیین غلظت کلروفیل-آ، حجمی معادل دو لیتر آب جمع‌آوری گردید. سپس صاف کردن آب با کاغذ صافی (۰/۴۵ میکرون، GF) انجام شد و حجم آب صاف شده، تعیین شد. رسوبات بدست آمده بر روی کاغذ صافی با هاون ساییده شدند. استخراج کلروفیل-آ توسط استن ۹۰ درصد صورت گرفت.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دریای خزر-منطقه گهرباران، سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲
Figure 1: Map of sampling stations in the Caspian Sea-Goharbaran region (2013-2014)

جذب نوری نمونه‌ها در طول موج های ۶۳۰، ۶۴۷، ۶۶۴ و ۷۵۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت و پس از محاسبات، مقادیر کلروفیل-آ تعیین گردیدند (APHA, 2005).

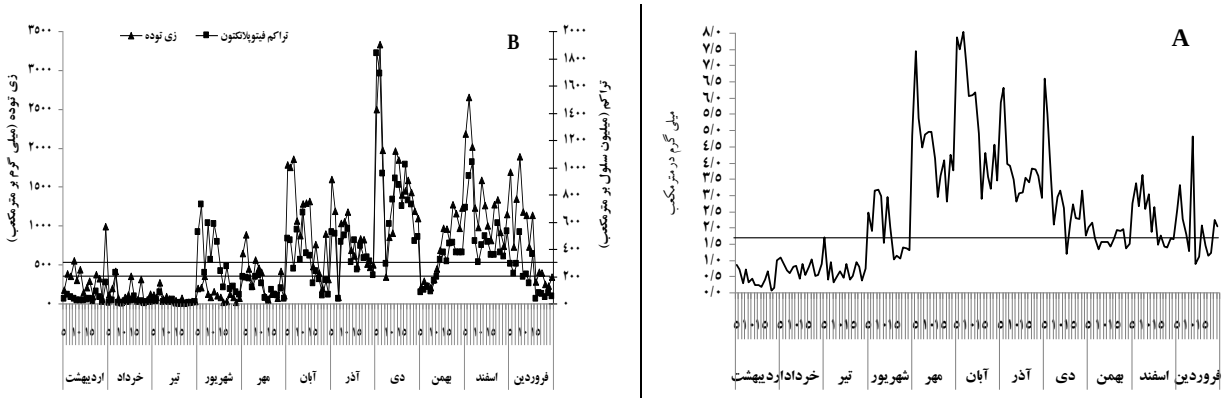
نتایج در برنامه SPSS ۱۱/۵ با استفاده از انتقال داده‌ها نرمال‌سازی شدند و سپس آزمون ANOVA انجام شد (نصیری، ۱۳۸۸). رسم شکل‌ها در محیط Excel انجام شد.

در هر نمونه آب، به منظور تعیین آستانه شکوفایی مقادیر تراکم فیتوپلانکتون بیش از میانگین (Schmidt & Schaechter, 2011) و کلروفیل-آ بیش از میانه (Thomalla *et al*., 2011) در صدک ۹۰، بعنوان شکوفایی جلبکی تلقی شد. شکوفایی جلبکی در محدوده زمانی و یا مکانی معین در صورت وقوع شکوفایی جلبکی در حداقل ۲۰ درصد از نمونه‌های جمع‌آوری شده، تایید شد (Revilla *et al*., 2009). شکوفایی جلبکی بر اساس تراکم گونه به سه گروه کم تراکم، متوسط تراکم و پر تراکم تقسیم شد بطوریکه تراکم گونه در هر یک از گروه-های ۱ تا ۳ به ترتیب ۱۰۰-۱۰، ۱۰۰۰-۱۰۰ و ۱۰۰۰≤ میلیون سلول بر مترمکعب می‌باشد (Anderson *et al*., 2010). بررسی کمی (عددی) کیفیت آب برگرفته از Revilla و همکاران (۲۰۰۹) و اصول طبقه بندی داده‌ها در علم آمار (Taylor *et al*., 1995) است. مراحل محاسبه بدین ترتیب می‌باشد: ۱- با در نظر گرفتن مقادیر حداقل، حداکثر و دامنه، محدوده تغییرات پارامترهای تراکم، کلروفیل-آ و زی توده (در سال مطالعه) در ۴ طبقه معادل با رتبه‌های عددی (Score) بترتیب ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ تعیین شد، ۲- میانگین تراکم و زی توده و نیز میانه کلروفیل (صدک ۹۰) در محدوده زمانی یا مکانی معین محاسبه و رتبه عددی آن بر اساس جدول تهیه شده در مرحله ۱ تعیین شد، ۳- درصد وقوع آغاز شکوفایی جلبکی در نمونه‌ها در محدوده زمانی یا مکانی معین با توجه به حدود آستانه شکوفایی، برای هر یک از پارامترهای تراکم، کلروفیل و زی توده محاسبه شد و سپس رتبه عددی ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ معادل با درصد وقوع بترتیب ۲۰>، ۲۰، ۴۰ و ۴۰> در نظر گرفته شد و ۴- متوسط رتبه‌های عددی بدست‌آمده بعنوان عدد نهایی برای کیفیت آب منظور شد. بطوریکه رتبه عددی ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ بترتیب معادل کیفیت عالی، خوب، متوسط و ضعیف تعریف شدند. تفسیر و بکارگیری عدد بدست آمده در مرحله ۴ با توجه به درصد گونه غالب و خصوصیات گونه (بومی، ساکن، مهاجم، مضر، سمی، خوش خوراک و...) صورت گرفت.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

نتایج

پارامترهای فیتوپلانکتون شامل تراکم، زی توده و کلروفیل بین ایستگاهها و لایه‌های نمونه برداری اختلاف معنی داری نشان ندادند (ANOVA, P>۰/۰۵). اما در بین ماههای نمونه برداری اختلاف معنی دار بدست آمد (P<۰/۰۵). لذا در مطالعه حاضرعمدتاً تغییرات زمانی پارامترها مورد توجه قرار گرفته‌است. بر اساس شکل (۲-A)، حداقل و حداکثر کلروفیل-آ به ترتیب در ماههای اردیبهشت (لایه سطحی و عمق ۱۵ متر) و آبان (لایه سطحی و عمق ۵ متر) به میزان ۰/۰۶ و ۸/۰۲ میکروگرم در لیتر بود. بر اساس خط مقیاس که در ۱/۷ میکروگرم بر لیتر رسم شده است، زمان‌های احتمالی وقوع شکوفایی بر اساس غلظت کلروفیل-آ در پاییز همه ماهها را شامل شد ولی در سایر فصول این نقاط عمدتاً در ماههای فروردین، شهریور و دی و گاهاً اسفند ثبت شدند (شکل ۲).



شکل ۲: تغییرات زمانی (ماه ها) و مکانی (اعماق) وقوع احتمالی شکوفایی جلبک بر اساس کلروفیل-آ (A) و زی‌توده و تراکم فیتوپلانکتون (B) در دریای خزر-منطقه گهرباران (سالهای ۱۳۹۳-۱۳۹۲)، خط افقی شکل ۲-A میانه غلظت کلروفیل-آ (۱/۷ میکروگرم در لیتر) در صدک ۹۰ را نشان می‌دهد، *خطوط افقی شکل ۲-B به ترتیب میانگین زی توده (۵۱۲ میلی گرم در مترمکعب) و تراکم فیتوپلانکتون (۲۰۰ میلیون سلول در مترمکعب) در صدک ۹۰ را نشان می‌دهند.

Figure 2: The temporal (months) and spatial (depths) variations of probability occurrence of algal blooms based on the chlorophyll-a concentration (A) and the phytoplankton biomass and abundance (B) in the Caspian Sea-Goharbaran (2013-2014). The horizontal lines (in Fig. 2-A) indicates to median of chlorophyll-a (1.72 mg/m^3) in 90th percentile. The horizontal lines (in Fig. 2-B) indicate the mean of biomass (512 mg/m^3) and abundance (200 million cells/m^3) in 90th percentile, respectively.

حداقل و حداکثر تراکم فیتوپلانکتون بترتیب به میزان (۲) و (۱۸۴) میلیون سلول در مترمکعب به ترتیب در ماه‌های تیر (لایه ۵ متر و عمق ۱۰ متر) و دی (لایه سطحی و عمق ۵ متر) ثبت شدند (شکل ۳-B). زی توده نیز در ماه‌های تیر (لایه ۱۰ متر و عمق ۱۵ متر) و دی (لایه سطحی و عمق ۵ متر) به ترتیب حداقل (۵ میلی‌گرم در مترمکعب) و حداکثر (۳۳۰۰ میلی‌گرم در مترمکعب) مقدار را بدست آورد. زمان‌های وقوع احتمالی شکوفایی جلبکی بر اساس مقادیر زی توده و تراکم فیتوپلانکتون به میزان زیادی هم‌پوشانی نشان دادند.

گونه‌های *Pseudonitzschia seriata* و *Binuclearia lauterbornii* به ترتیب در فصول زمستان و تابستان در

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

همه اعماق نمونه‌برداری و *Thalassionema nitzschioides* در پاییز در عمق ۱۰ متر در گروه دارای پتانسیل متوسط شکوفایی (دارای تراکم ۱۰۰۰-۱۰۰ میلیون سلول بر مترمکعب) جای گرفتند. در فصل زمستان گونه *Dactyliosolen fragilissima* نیز در عمق ۵ متر در گروه متوسط تراکم طبقه‌بندی شد. اما در فصل بهار گونه های دارای پتانسیل شکوفایی از قبیل *Cyclotella meneghiniana*، *Dactyliosolen fragilissima*، *Prorocentrum cordatum* در گروه کم تراکم (۱۰۰-۱۰ میلیون سلول بر مترمکعب) جای داشتند. در فصل تابستان فیتوپلانکتون موجود در گروه ریز سایز به صورت موردی در لایه سطحی از عمق ۱۰ متر دارای شکوفایی کم تراکم شد. در فصل پاییز *Nitzschia acicularis* و *Pseudonitzschia seriata* بیشترین میزان وقوع در گروه شکوفایی کم تراکم را نشان دادند.

گروه کم تراکم شکوفایی جلبکی گونه‌های *Thalassionema nitzschioides* (تابستان و زمستان)، *Ceratoulina pelagica* (زمستان)، *Chaetoceros peruvianus* (پاییز)، *Chaetoceros socialis* (پاییز و زمستان) و *Oscillatoria* sp. (پاییز) را نیز شامل شد. به منظور تعیین کیفیت آب بر اساس شکوفایی ابتدا حدود تغییرات هریک از پارامترهای کلروفیل-آ، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در هر یک از طبقات ۴ گانه (دارای رتبه عددی ۱ تا ۰/۴) تعیین شد (جدول ۲) و سپس رتبه عددی و کیفیت آب بر اساس میانگین ماهانه پارامترهای فیتوپلانکتون شامل تراکم، زی توده، کلروفیل-آ و درصد وقوع شکوفایی (جدول ۳) محاسبه شدند.

به این ترتیب بر اساس محاسبات فوق، رتبه نهایی کیفیت آب از اردیبهشت تا تیر عالی و در دی ماه ضعیف بود.

جدول ۲: محدوده تغییرات کلروفیل، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون در طبقه‌بندی کیفیت آب (بر اساس شکوفایی جلبکی) در دریای خزر-منطقه گهرباران (سالهای ۱۳۹۳-۱۳۹۲)

Table 2: Treshold of chlorophyll-a, abundance and biomass of phytoplankton in the classification of water quality (based on the algal blooms) in the Caspian Sea-Goharbaran region (2013-2014)

تراکم (میلیون سلول بر مترمکعب)	زی توده (میلی گرم بر مترمکعب)	کلروفیل (میکروگرم بر لیتر)	رتبه عددی کیفیت آب	کیفیت آب
<۱۴۸	<۳۹۵	<۱/۴	۱	عالی
۱۴۸-۲۹۶	۳۹۵-۷۹۰	۱/۴-۲/۸	۰/۸	خوب
۲۹۶-۴۴۴	۷۹۰-۱۱۸۵	۲/۸-۴/۲	۰/۶	متوسط
>۴۴۴	>۱۱۸۵	>۴/۲	۰/۴	ضعیف

جدول ۳: طبقه‌بندی کیفیت آب طبق آستانه شکوفایی جلبکی در دریای خزر-منطقه گهرباران (سالهای ۱۳۹۳-۱۳۹۲)

Table 3: Classification of water quality according to the treshold of algal blooms in the Caspian Sea-Goharbaran region (2013-2014)

ماه	تراکم		کلروفیل		زی توده		رتبه نهایی	کیفیت
	میانگین	درصد وقوع شکوفایی	میانگین	درصد وقوع شکوفایی	میانگین	درصد وقوع شکوفایی		
اردیبهشت	۴۶	<۲۰	۰/۴	<۲۰	۳۳۶	<۲۰	۱	عالی
خرداد	۳۲	<۲۰	۰/۷	<۲۰	۱۴۳	<۲۰	۱	عالی
تیر	۱۶	<۲۰	۰/۷	<۲۰	۶۹	<۲۰	۱	عالی

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

ماه	تراکم		کلروفیل		زی توده		رتبه نهایی	کیفیت
	میانگین	درصد وقوع شکوفایی	میانگین	درصد وقوع شکوفایی	میانگین	درصد وقوع شکوفایی		
شهریور	۳۱۸	۶۴	۲	۵۰	۱۲۰	<۲۰	۰/۷	خوب-متوسط
مهر	۱۲۱	<۲۰	۴/۵	۱۰۰	۳۳۱	۲۱	۰/۷	خوب-متوسط
آبان	۳۰۹	۶۴	۵/۴	۱۰۰	۱۰۲۱	۷۰	۰/۵	متوسط-ضعیف
آذر	۳۷۳	۹۳	۳/۸	۱۰۰	۷۹۱	۷۰	۰/۵	متوسط-ضعیف
دی	۸۶۴	۱۰۰	۳	۹۳	۱۵۶۲	۹۳	۰/۴	ضعیف
بهمن	۲۷۱	۵۷	۱/۷	۵۰	۶۹۶	۵۷	۰/۶	متوسط
اسفند	۵۲۷	۱۰۰	۲/۳	۷۰	۱۳۶۸	۱۰۰	۰/۵	متوسط-ضعیف
فروردین	۱۸۷	۴۳	۲	۹۳	۸۴۰	۵۷	۰/۶	متوسط

بحث

به رغم رابطه مستقیم بین غلظت کلروفیل-آ و زی‌توده، این دو پارامتر بدلیل اثر عوامل مختلف به خصوص دما و مواد مغذی همیشه هم جهت نمی‌شوند. به این ترتیب تغییر در سطح ارتباط کلروفیل-آ و زی‌توده می‌تواند به خطاهای واضح در برآورد تولیدات اولیه، تعیین کیفیت آب و پیش بینی حوادث اکولوژیکی ختم شود. انتخاب فاکتور مناسب به تسهیلات و اهداف پروژه بستگی دارد (Butterwick *et al*., 1982). اما اگر همزمان نتایج چند فاکتور در دسترس باشد، شایسته است که تعیین وضعیت اکوسیستم با توجه به همه موارد صورت گیرد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶a). در روش های تک پارامتری با توجه به نتایج سایر شاخص ها، شواهد میدانی و نیز سابقه مطالعاتی، یکی از فاکتورها را می توان به عنوان شاخص مناسب انتخاب نمود (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶b). نتایج حاصل از تعیین شکوفایی جلبکی صرفاً بر اساس اعداد تراکم فیتوپلانکتون و یا غلظت کلروفیل ممکن است با هم مغایرت داشته باشند. زیرا برآورد تولیدات و پیش‌بینی شکوفایی جلبکی، یک فرآیند پیچیده و چند عاملی است و لازم است که علاوه بر تعیین کلروفیل-آ، زی توده و تراکم فیتوپلانکتون، اختصاصات بیولوژیکی و اکولوژیکی گونه-های غالب نیز مورد توجه قرار گیرند. در این مطالعه، زمان‌های شکوفایی جلبکی بر اساس غظت کلروفیل-آ، عمدتاً در ماه‌های شهریور، مهر، آبان، آذر، دی، فروردین و گاهاً اسفند تعیین شدند که به میزان زیادی با نقاط شکوفایی بر اساس تراکم فیتوپلانکتون نیز مطابقت داشتند (شکل ۲). در ماههای مهر تا آذر نقاط بحرانی وقوع شکوفایی جلبکی (بر اساس غلظت کلروفیل) در لایه سطحی محرزتر بود. همچنین در بسیاری از مطالعات مربوط به تعیین شکوفایی و کیفیت آب، درصد فراوانی وقوع شکوفایی جلبکی نیز تعیین می‌شود (Revilla *et al*., 2009). چنانکه در مطالعه حاضر، در ماه‌های شهریور و آذر، کیفیت آب طبق "رتبه عددی بر اساس میانگین-های تراکم و زی توده فیتوپلانکتون و کلروفیل" بهتر از کیفیت آب بر اساس رتبه عددی "درصد فراوانی وقوع شکوفایی جلبکی" بود (جداول ۲ و ۳) و این امر سبب کاهش متوسط رتبه عددی نهایی و در نتیجه کاهش کیفیت آب شد. در دستورالعمل اتحادیه اروپا در استفاده از فیتوپلانکتون برای تعیین کیفیت آب (شامل آبهای سطحی و سواحل دریایی)، درصد فراوانی وقوع شکوفایی جلبکی نیز مورد توجه قرار گرفت. همچنین لیست گونه-های بومی و مهاجم باید در نظر گرفته شوند (Borja *et al*., 2004). بنابراین علاوه بر محاسبات چند پارامتری ذکر شده، بررسی نتایج در سطح گونه و تاریخچه داده‌های گونه‌های فیتوپلانکتون در منطقه در تعیین کیفیت آب اهمیت دارد. بعنوان مثال در ماه‌های فصل پاییز (آبان و آذر)، اگرچه اعداد بدست آمده از جدول ۳ نشان می دهند که در پاییز شدت شکوفایی نسبتاً بالا و کیفیت آب پایین

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

(متوسط-ضعیف) بود ولی در فصل پاییز الگوی گونه های غالب بیش از یک گونه را شامل شد و تراکم *Thalassionema nitzschioides* بعنوان نخستین گونه غالب تنها ۴۵ درصد از تراکم را شامل شد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶a). توزیع متناسب تراکم فیتوپلانکتون در بین گونه‌های غالب (افزایش یکنواختی) معمولاً نشانه‌ای از ثبات و کیفیت خوب محیط است (Hellawell, 1986). همچنین افزایش گونه *Thalassionema nitzschioides* در پاییز بعنوان گونه بومی و دارای نقش سودمند تغذیه‌ای در زنجیره غذایی، که بالاترین درصد تراکم فیتوپلانکتون را نیز بدست آورد بعنوان علامتی دیگر از بهبود شرایط محیط و افزایش کیفیت آب محسوب می‌شود (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Makhlough *et al*., 2017). در مجموع بنظر می‌رسد که در پاییز، پتانسیل و کیفیت مناسبی برای تولید انرژی در زنجیره غذایی وجود داشت. در حالی که در فصل زمستان عمده تراکم و زی توده فیتوپلانکتون (بیش از ۷۰ درصد) از *Pseudonitzschia seriata* با خصوصیات توانایی تولید سم و رشد تهاجمی (نصراله‌زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴؛ مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶a) شکل گرفت. لذا نتایج کیفیت آب در زمستان با اطلاعات بدست آمده از گونه غالب تایید شد.

نتیجه‌گیری کلی آنکه، روش کاربردی در تحقیق حاضر راهنمای مناسب و آسانی برای فعالان آبزی پروری دریایی و نیز بخش تحقیقات در منطقه می‌باشد. همچنین با توجه به روند افزایشی بهره وری از سواحل دریای خزر اعم از گردشگری، شیلاتی و آبزی پروری توصیه می‌گردد که تعیین چارچوب‌ها و استانداردهای کیفیت آب دریای خزر بطور جدی مورد توجه قرار گیرد.

این مقاله بخشی از پروژه تحقیقاتی با عنوان "بررسی تغییرات غلظت کلروفیل و روابط آن با عوامل غیرزیستی و تجمع فیتوپلانکتون (پتانسیل شکوفایی) در منطقه جنوب شرق دریای خزر (مازندران-گهرباران) به منظور استقرار احتمالی پرورش ماهی در قفس" می‌باشد که در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انجام گردید. بدین وسیله

از موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، شرکت توسعه آب و نیروی ایران و کلیه همکاران و دست اندرکاران محترم در بخش اکولوژی سپاسگزاری می‌شود.

منابع

باقری، س.، مکارمی، م.، میرزاجانی، ع.ر.، خداپرست، ح. و بهمنش، ش.، ۱۳۹۴. اثرات پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در قفس بر فراوانی فیتوپلانکتون در جنوب دریای خزر. همایش ملی، منطقه ای آبزی پروری ماهیان دریایی، پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، اهواز.

فضلی، ح.، فارابی، م.و.، دریانبرد، غ.ر.، گنجیان، ع.، واحدی، ف.، واردی، ا.، هاشمیان، ع.، روشن طبری، م. و روحی، ا.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر طی سالهای (۱۳۸۵-۱۳۷۰). انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۸۷ صفحه.

مخلوق، ا. و نصراله زاده ساروی، ح.، ۱۳۸۸. استفاده از بیواندیکاتور (فیتوپلانکتون) در تعیین کیفیت آب دریای خزر. همایش ملی اصلاح الگوی مصرف در کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، کیهان ثانی،ع.ر. و خداپرست،ن.،۱۳۹۴. مطالعه همبستگی بین مواد مغذی رسوب و شکوفایی جلبکی و تاثیر آن بر صنعت آبزی‌پروری در حوزه جنوبی دریای خزر. همایش ملی، منطقه ای آبزی پروری ماهیان دریایی، پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، اهواز.

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

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، پرافکنده، ف.، فضلی، ح.، میرزایی، ر.، حسین پور، ح.، کیهان ثانی، ع.ر. و دوستدار، م.، ۱۳۹۶b. پایش کیفیت آب و پدیده تغذیه‌گرایی دریاچه سد آزاد سنندج با استفاده از شاخص کیفیت آب ایران و شاخص غنی-شدگی کارلسون. مجله علمی شیلات ایران، ۲۶ (۲): ۶۹-۷۸..

نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، ا.، واحدی، ف. و پورغلام، ر.، ۱۳۹۱. بررسی روندیوتریفیکاسیون آب های ایرانی دریای خزر بر اساس مدل تجربی شاخص تروفیکی مقیاسی و غیرمقیاسی. مجله علوم محیطی، ۹: ۶۰-۴۹.

نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.، کیهان ثانی، ع. و گل آقایی، م.، ۱۳۹۴. مطالعه وضعیت ثبات و اغتشاش در اکوسیستم دریای خزر (سواحل ایران) بر اساس الگوی ساختاری فیتوپلانکتون. مجله علمی-پژوهشی زیست شناسی دریا، اهواز، ۷ (۲۶): ۴۴-۲۷.

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

Anderson, L.D., Delaney, M.L. and Faul, K.L., 2010. Carbon to phosphorus ratios in sediments: implications for nutrient cycling. Global Biogeochemical Cycles, 15:65-79. DOI:10.1029/2000GB001270.

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

Bagheri, S., Mirzajani, A. and Sabkara, J., 2016. Preliminary studies on the impact of fish cage culture rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on zooplankton structure in the southwestern Caspian Sea. Iranian Jurnal of fisheries Sciences, 15(3):1202-1213. DOI:acadpub.isfj.10.18869.

Borja, A., Franco, J., Valencia, V., Bald, J., Muxika, I., Belzunce, M.J. and Solaun, O., 2004. Implementation of the European water framework directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach. Marine Pollution Bulltein, 48:209-218. DOI:10.1016/j.marpolbul.2003.12.001.

Butterwick, C., Heaney, S.I. and Talling J.F., 1982. A comparison of eight methods for estimating the biomass and growth of planktonic algae. British Phycological Journal, 17(1):69-79. DOI:org/10.1080/00071618200650091.

Felip, M. and Catalan, J., 2000. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. Journal of Plankton Research, 22(1):91-105. DOI:org/10.1093/plankt/22.1.91.

Gao, X. and Song, J., 2005. Phytoplankton distributions and their relationship with the environment in the Changjiang Estuary, China. Marine Pollution Bulletin, 50(3):327-335. DOI:10.1016/j.marpolbul.2004.11.004.

Hambrook Berkman, J.A. and Canova, M.G., 2007. Algal biomass indicators (ver.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

1.0): U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9August, accessed__*date*__ from http://pubs.water.usgs.gov/twri9A/. Cited 9 Aug 2007.

Hellawell, J.M., 1986. Biological indicators of freshwaters pollution and environmental management. Elsevier Applied Science, London and New York. 518p.

Huot, Y., Babin, M., Bruyant, F., Grob, C., Twardowski, MS. and Claustre, H., 2007. Does chlorophyll a provide the best index of phytoplankton biomass for primary productivity studies?. Biogeosciences Discussions, European Geosciences Union, 4 (2):707-745. DOI:10.5194/bgd-4.

Jhingran, V.G., 1982. Fish and fisherie s of India. 2nd ed. Hindustan Publishing Co., New Delhi, India. 666p.

Makhlough, A., Nasrollahzadeh, H.S., Eslami, H. and Leroy, S.A.G., 2017. Changes in size and form in the dominant phytoplankton species in the southern of Caspian Sea. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16(2):522-536. DOI:10.22092/ijfs.2018.114676.

Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Continental Shelf Research, 28:1153-1165. DOI:10.1016/j.csr.2008.02.015.

Nasrollahzadeh, H.S., Makhlough, A, Pourgholam, R., Vahedi, F., Qanqermeh, A. and Foong, S.Y., 2011. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the southern Caspian Sea. Applied Ecology and Environmental Research, 16(23):141-155. DOI:10.15666/aeer/0902_141155.

Price, C., Black, K., Hargrave, B.T. and Morris, Jr.J.A. 2015. Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. Aquaculture Environment Interactions, 6:151-174. DOI:10.3354/aei00122.

Revilla, M., Franco, J., Bald, J., Borja, A., Laza, A., Seoane, S. and Valencia, V., 2009. Assessment of the phytoplankton ecological status in the Basque coast (northern Spain) according to the European Water Framework Directive. Journal of Sea Research, 61:60-67. DOI: 10.1016/j.seares.2008.05.009.

Schmidt, M. and Schaechter, M., 2011. Topics in Ecological and Environmental Microbiology, 1st Edition, Imprint: Academic Press, eBook ISBN: 9780123838797, Michigan State, USA. 774p.

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. The International Journal of Review in Life

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

scale chracteristics of the seasonal cycle of chlorophyll in the Southern Ocean. Biogeosciences, 8:2849-2866. DOI:10.5194/bgd-8-4763-2011.

Washington, H.G., 1984. Diversity, biotic and similarity indices. Water Research, 18(6):653-694. DOI:10.1016/0043-1354(84)90164-7.

Sciences, 1(4):193-200. ISSN (Print):2231-2935.

Taylor, C.G.N.M., Madsen, H. and Mohamed, G.H., 1995. Data handling and biostatistics: Use of SPSS for Windows, University of Cambridge, UK. 196p.

Thomalla, S.J., Fauchereau, N., Swart, S. and Monterio, P.M.S., 2011. Regional

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]

Determination of numerical scale of water quality based on the algal bloom potential in the southern Caspian Sea-Goharbaran (Mazandaran Provience)

Makhlough A.[1]; Nasrollahzadeh Saravi H.[1]*; Afraie M.A.[1]; Eslami F.[2]; Keyhansani A.R.[1]

*hnsaravi@gmail.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

2-Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

A growing human population and increased demand for protein will made marine aquaculture inevitable. Water quality monitoring is important due to the great interactions between water quality and aquaculture activities. Therefore, the present study was performed because of the importance of the phytoplankton studies in the environmental and monitoring studies in order to scale water quality based on the algal bloom potential in the southern Caspian Sea-Goharbaran where can be used for cage and pen fish farming. Water samples were collected monthly from different layers of water (surface, 5 and 10 m) at various depths (5, 10 and 15 m) during 2013-2014. Based on the results, the algal bloom threshold for phytoplankton abundance, phytoplankton biomass and chlorophyll-*a* concentration were 200 million cells/m^3, 512 mg/m^3 and 1.7 µg/L, respectively. The abundance of *Binuclearia lauterbornii*, *Thalassionema nitzschioides* and *Pseudonitzschia seriata* were in the medium class of algal bloom in the summer, autumn and winter, respectively. The scaling of water quality based on the algal bloom were defined as excellent from April to June, fine-medium in September and in October and medium-weak from January to early March. In the present study, using various parameters of phytoplankton (abundance, biomass and chlorophyll-*a* concentration) and evaluating biological and ecological characteristics of dominant phytoplankton species were increased the validity of the numerical scalling of water quality.

Keywords: Water quality, Algal bloom, Marine aquaculture, Goharbaran, Caspian Sea

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.6.6.3]