مقاله علمی - پژوهشی:

تعیین پتانسیل شکوفایی جلبکی و کیفیت آب بر اساس غلظت کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده فیتوپلانکتون در مناطق ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

آسیه مخلوق[۱]، حسن نصراله زاده ساروی*[۱]، ابوالقاسم روحی[۱]، عباسعلی آقایی مقدم[۲]، علیرضا کیهان ثانی [۱]

*hnsaravi@gmail.com

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

۲- مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۹

چکیده

دریای خزر در دو دهه اخیر با وقایع بوم شناختی مختلف از قبیل شکوفایی مضر جلبکی و افزایش سطح تروفیک مواجه بوده‌است. با توجه به بهره‌وری دریای خزر در راستای شیلاتی، انجام مطالعات پایشی در این بدنه آبی ضروری می‌باشد. اهداف تحقیق حاضر، بررسی شکوفایی جلبکی، سطح تروفیک در مناطق ساحلی حوضه جنوبی دریای خزر تا محدوده عمقی ۳۰ متر طی سال ۹۸-۱۳۹۷ و مقایسه آن با سال‌های پیشین می‌باشد. خطوط مرزی برای شروع شکوفایی (میانه سالانه + ۵ درصد) بر اساس کلروفیل-آ، تراکم و زی توده فیتوپلانکتون به‌ترتیب ۲/۰۲ (میلی‌گرم در مترمکعب)، ۱۷۶ (میلیون سلول بر مترمکعب) و ۳۱۲ (میلی‌گرم بر مترمکعب) به‌دست آمد. حداقل درصد فراوانی وقوع شکوفایی (۱۳٪) بر اساس کلروفیل، در بهار و بر طبق تراکم و زی‌توده در تابستان ثبت شد. در زمستان درصد فراوانی وقوع شکوفایی بر اساس هر سه پارامتر مذکور بیش از ۷۰ درصد به‌دست‌آمد. محاسبات بر اساس تجمعی از پارامترهای مذکور نشان داد که آب دارای کیفیت عالی (اولیگوتروف) در فصل تابستان و کیفیت متوسط (مزوتروف) در سایر فصول بوده‌است. مطالعه بین سالی نشان داد که سطح تروفیک در سال‌های ۱۳۷۵، ۱۳۸۸، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۸ به‌ترتیب اولیگوتروف، مزوتروف، اولیگو-مزوتروف و مزوتروف بوده است. هر چند بر اساس میانگین تراکم گونه‌های غالب، *Pseudonitzschia seriata* با دارا بودن ۱۸۷ سلول در میلی‌لیتر (در فصل زمستان) و جای‌گیری در گروه "متوسط تراکم" مهم‌ترین خطر شکوفایی جلبکی سمی و کاهش کیفیت آب بوده است، اما باید توجه داشت که افزایش سطح تروفیک در روند بین سالی، هشدارهای محیط زیستی را در جهت افزایش توانایی اکوسیستم برای شکوفایی جلبک‌های مضر شدت می‌بخشد به‌خصوص که آب در ناحیه مرکزی (دارای سابقه شکوفایی جلبکی سمی با شواهد میدانی) نسبت به نواحی شرقی و غربی دارای کیفیت پایین‌تر بود و در طبقه متوسط جای گرفت.

لغات کلیدی: پتانسیل شکوفایی جلبکی، سطح تروفیکی، کیفیت آب، دریای خزر، ایران

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

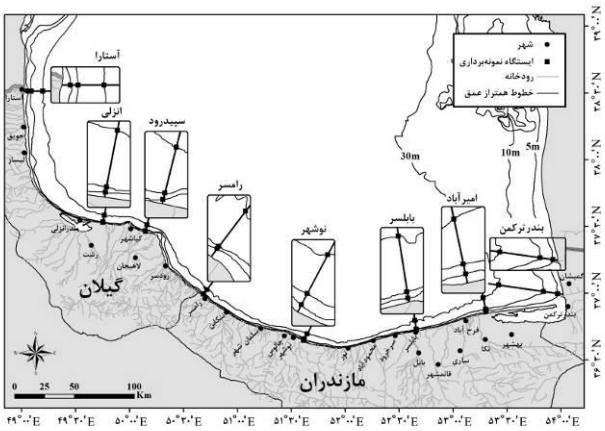
مقدمه

افزایش ترکیبات معدنی نیتروژن، فسفر و مواد آلی، موجب رشد و تکثیر شدید فیتوپلانکتون و افزایش سطح تروفیک می‌شود و در نهایت منجر به آلودگی و تغییر عملکرد اکوسیستم می‌شود (Patin, 1997). در سال ۱۳۸۷، تراکم ۶ گونه فیتوپلانکتون از شاخه‌های مختلف در فصول پائیز و زمستان در محدوده ۵۵۰-۱۰۹ عدد در میلی‌لیتر به‌دست آمد (فارابی، ۱۳۸۹). وی با توجه به افزایش مواد مغذی در منطقه جنوبی دریای خزر، بروز شکوفائی جلبکی را در شاخه‌ها، فصول و اعماق مختلف محتمل بیان نمودند. علل افزایش مواد مغذی ممکن است از منابع خارجی (ورودی رودخانه‌ها و مصب‌ها) یا داخلی (متلاشی شدن و رسوب توده‌های مختلف سلولی) باشد. آزمون چند پارامتری (آنالیز مولفه‌های اصلی، PCA) داده‌های دریای خزر در سال ۱۳۸۸ نشان داد که همبستگی مثبت بین تراکم و زی‌توده شانه دار مهاجم *Mnemoipsis leidyi* با آمونیم، فسفر معدنی، دمای آب وجود دارد و حضور شانه دار در اکوسیستم باعث افزایش میزان مواد مغذی و تغییر سطح تروفیک شده است (نصراله‌زاده ساروی، ۱۳۹۲). در ۸۰ درصد از نمونه‌های آب جمع‌آوری شده در سال ۱۳۸۸، همزمان ۳-۱ گونه جدید یا گونه‌های با ماهیت تهاجمی فیتوپلانکتون مشاهده گردید به‌طوری‌که در دهه ۱۳۸۰ حدود ۱۵ گونه مضر و نیز گونه‌های دارای پتانسیل شکوفایی گزارش گردید (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به وقایع نوظهور دریای خزر به‌خصوص در ۲ دهه اخیر از قبیل شکوفایی جلبک‌های مضر و افزایش سطح تروفیک، (Nasrollahzageh Saravi *et al.*, 2011, 2018) و نیز کاربری دریای خزر در راستای فعالیت‌های شیلاتی، انجام بررسی‌های پایشی در این راستا در این بدنه آبی ضروری می‌باشد. تعیین سطح تروفیک بر اساس تجمعی از ویژگی‌های فیتوپلانکتون (غلظت کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده و درصد فراوانی وقوع شکوفایی) طی یک‌سال در ناحیه شرقی دریای خزر (سواحل گهرباران) در مطالعه مخلوق و همکاران (۱۳۹۶) از معدود مطالعات در دسترس بر اساس ویژگی های کمی فیتوپلانکتون می‌باشد. با توجه به ارزش استفاده از چند پارامتر، کاربرد و فهم آسان نتایج کمی به‌دست‌آمده در روش مذکور فوق، اهداف تحقیق حاضر بررسی شکوفایی جلبکی و نیز سطح تروفیک بر اساس داده‌های کلروفیل-آ و فیتوپلانکتون، درحوزه جنوبی دریای خزر طی سال ۹۸-۱۳۹۷ و مقایسه آن با سال‌های پیشین در نظر گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سواحل جنوبی دریای خزر و در ۸ نیم خط عمود بر ساحل (بندر ترکمن، امیرآباد، بابلسر، رامسر، نوشهر، سفیدرود، انزلی و آستارا)، از عمق ۳۰-۵ متر طی سال ۱۳۹۷ (پاییز و زمستان) و ۱۳۹۸ (بهار و تابستان) صورت پذیرفت. برای بررسی فیتوپلانکتون، نمونه‌برداری از آب با دستگاه نسکین در لایه‌های سطحی، ۱۵ و ۳۰ متر در دومین ماه هر فصل، انجام گردید (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه ایستگاه‌های نمونه‌برداری در نیم‌خط‌ها و اعماق مختلف در نوار ساحلی (منطقه عمقی کمتر از ۳۰ متر) حوزه جنوبی دریای خزر

Figure 1: Map of sampling stations at different transects and depths (less than 30 m) in the southern of Caspian Sea

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

نمونه‌های آب به حجم ۵۰۰ سی سی پس از تثبیت با فرمالین به آزمایشگاه ارسال شدند. بررسی فیتوپلانکتون به روش تغلیظ‌سازی (سیفون و سانتریفوژ) انجام گرفت و سپس نمونه‌ها به کمک میکروسکوپ نرمال و به روش اسلاید مورد شناسایی گونه‌ای و شمارش قرار گرفتند. شناسایی گونه‌ها بر اساس کلیدهای معتبر صورت گرفت (Habit and Pankow, Wehr and Sheath, 2003; Proshkina-Lavrenko and Makarova 1968; 1976).

در نهایت با توجه به شکل هندسی گونه‌ها، زی‌توده محاسبه گردید (APHA, 2005). تعیین شکوفایی بر اساس تراکم گونه فیتوپلانکتون و غلظت کلروفیل-آ صورت گرفت (جدول ۱). برای تایید شکوفایی در هر فصل یا ناحیه لازم است که حداقل ۲۰ درصد از نمونه‌ها، دارای معیار شکوفایی باشند (Revilla *et al.*, 2009).

جدول ۱: روش‌های مختلف تعیین شکوفایی جلبکی بر اساس غلظت کلروفیل-آ و فیتوپلانکتون

Table 1: Different methods of algal bloom determination based on Chl-a concentration and phytoplankton abundance

	پارامتر	معیار	طبقه بندی	مرجع
۱	تراکم گونه	۱۰۰-۱۰ سلول در میلی‌لیتر	کم تراکم	Anderson *et al.*, 2010
		۱۰۰۰-۱۰۰ سلول در میلی‌لیتر	تراکم متوسط	
		۱۰۰۰≤ سلول در میلی‌لیتر	پرتراکم	
۲	تراکم گونه سیانوفیتا	۲۰۰ سلول در میلی‌لیتر	شروع شکوفایی	Chorus and Bartram, 1999
۳	کلروفیل-آ	بیش از صدک ۹۰	شروع شکوفایی	Revilla *et al.*, 2009
۴	کلروفیل-آ	بیش از میانه (۵٪+)	شروع شکوفایی	Thomalla *et al.*, 2011

طبق دستورالعمل اتحادیه اروپا WFD[1] ترکیب گونه‌ای، زی‌توده، تراکم فیتوپلانکتون و درصد فراوانی وقوع شکوفایی برای تعیین کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرد (Borja *et al.*, 2004) و کلروفیل به عنوان شاخصی از وزن (خشک) می‌باشد. اما محتویات کلروفیلی گونه بر اساس شرایط فیزیولوژیک و محیطی تغییر می‌کند و سبب تغییر در روابط زی‌توده و کلروفیل می‌شود (Ærtebjerg, 2001). همچنین پیشینه داده‌های در دسترس کلروفیل دریای خزر کامل نمی‌باشد و استفاده از وزن تر بخشی از کمبود داده‌ها را در این زمینه تامین خواهد کرد. ضمن آنکه با افزایش تعداد پارامترهای فیتوپلانکتون، برآورد جامع‌تری از کیفیت آب به‌عمل می‌آید. لذا، در مطالعه حاضر تعیین سطح تروفیک برگرفته از Revilla و همکاران (۲۰۰۹) و Thomalla و همکاران (۲۰۱۱) است که با اندکی اصلاحات و به‌کارگیری اصول طبقه‌بندی داده‌ها (Taylor *et al.*, 1995) انجام گرفته است. برای محاسبه ۱- محدوده پارامترهای کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده فیتوپلانکتون (در دوره مطالعه)، در ۴ طبقه (Class) معادل با رتبه‌های عددی (score) به‌ترتیب ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ تعریف شد. Revilla و همکاران (۲۰۰۹) برای دستیابی به محدوده‌های منطقی و مناسب از پارامترهای مذکور، از داده‌های بلندمدت استفاده نمودند. لذا، در این مقاله علاوه بر داده‌های مطالعه حاضر (۹۸-۱۳۹۷) از داده‌های سال‌های ۱۳۷۵ (حسینی، ۱۳۸۹)، ۱۳۸۸ (مخلوق، ۱۳۹۲)، ۱۳۹۲ (مخلوق، ۱۳۹۵) نیز برای رتبه‌بندی استفاده شد (جدول ۳). ۲- داده‌های بیش تر از صدک ۹۹، از محاسبات خارج شدند.۳- میانگین هر یک از پارامترها (در هر فصل و هر ناحیه) محاسبه و رتبه عددی آنها بر اساس جدول تهیه شده در مرحله ۱ تعیین شد. سپس به منظور تعیین درصد فراوانی وقوع شکوفایی، ۴- میانه + (۵٪) پارامترهای کلروفیل-آ تراکم و زی‌توده فیتوپلانکتون محاسبه شدند و به عنوان نقطه آغاز شکوفایی در نظر گرفته شدند. در مطالعه

[1] Water Framework Directive

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

Thomalla و همکاران (۲۰۱۱) که استخراج داده‌های ماهواره‌ای صورت گرفت، پایداری این سطح از افزایش تا ۲ هفته نیز از شاخص‌های شروع شکوفایی بیان گردید. اما در مطالعه حاضر با داده‌های فصلی و میدانی، قابل انجام نبود. ضمن آن‌که شکوفایی در بسیاری از موارد در دوره زمانی کوتاهی پایدار می‌ماند (Ærtebjerg, 2001). ۵- درصد فراوانی تعداد نمونه‌های دارای مقادیر کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده فیتوپلانکتون بیش از مقدار تعیین شده در مرحله ۴ تعیین و رتبه‌بندی شدند به‌طوری‌که درصد وقوع ۲۰> ، ۲۰، ۴۰ و ۴۰< به‌ترتیب معادل رتبه‌های ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ در نظر گرفته شد. ۶-میانگین رتبه‌های به‌دست آمده از مرحله ۲ و ۵ به عنوان رتبه نهایی منظور و تعریف شد به‌طوری‌که رتبه نهایی ۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ به‌ترتیب معادل با سطوح تروفیک اولیگوتروف، اولیگو-مزوتروف، مزوتروف و مزو-یوتروف در نظر گرفته شدند. کیفیت آب برای هر یک از سطوح مذکور به‌ترتیب معادل با عالی، خوب، متوسط و ضعیف بیان می‌شود.

نتایج

در این بررسی ۱۲۵ گونه فیتوپلانکتون شناسایی شد. باسیلاریوفیتا و پیروفیتا به‌ترتیب با ۴۹ و ۱۷ درصد مشارکت، دو شاخه نخست در تعداد گونه‌های تشکیل دهنده تجمع فیتوپلانکتون بودند. کلروفیتا و سیانوفیتا به‌ترتیب با ۱۳ و ۱۲ درصد مشارکت، در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. تراکم فصلی و ناحیه‌ای و گونه‌های غالب فیتوپلانکتون در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: تراکم گونه‌های غالب فیتوپلانکتون (سلول در میلی‌لیتر) در فصول و نواحی مختلف در آب سطحی سواحل جنوبی دریای خزر تا محدوده عمقی ۳۰ متر (۹۸-۱۳۹۷)

Table 2: Dominant species of phytoplankton (cell/ml) at different seasons and regions in the surface waters of southern Caspian Sea at less than 30 m depths (2018-2019)

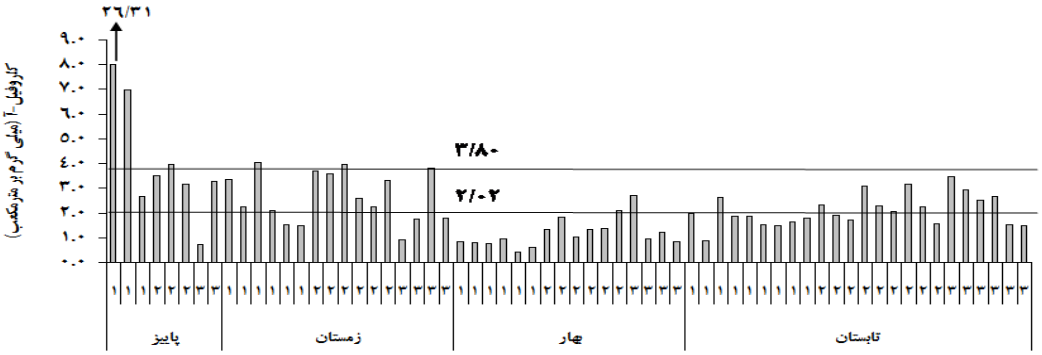
گونه	فصل			
	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
Cyclotella meneghiniana	۲/۴۳±۰/۶۲	۸۲/۲۶±۱۰/۶۷	۷۵/۸۰±۱۰/۷۵	۴/۶۷±۱/۶۱
Dactyliosolen fragilissima	۰/۰۳±۰/۰۳	۱۰/۷۷±۳/۷۶	۲۲/۳۹±۷/۵۲	۰/۰۱±۰/۰۱
Pseudonitzschia seriata	۱۳/۷۷±۳/۹۸	۱۸۷/۱۵±۳۶/۴۷	۱۷/۹۳±۵/۶۱	۰/۰±۰/۰
Thalassionema nitzschioides	۷۹/۱۶±۲۰/۱۶	۵۰/۲۹±۷/۸۶	۴۱/۲۶±۷/۰۳	۲۵/۰۷±۳/۹۲
Prorocentrum cordata	۳۳/۴۸±۱۹/۰۶	۴/۵۹±۰/۵۹	۳۷/۲۳±۳/۷۹	۵/۸۳±۱/۶۴
Oscillatoria sp.	۲۴/۱۸±۵/۹۰	۰/۱۹±۰/۰۵	۴/۱۴±۱/۰۲	۰/۳۳±۰/۱۰
Binuclearia lauterbornii	۱۵/۰۳±۵/۰۸	۵/۴۶±۱/۳۶	۷/۸۲±۱/۵۳	۱/۱۰±۰/۳۷

گونه	ناحیه		
	غربی	مرکزی	شرقی
Cyclotella meneghiniana	۶۳/۵۱±۸/۹۶	۴۴/۹۳±۷/۲۹	۲۴/۷۰±۱۰/۷۰
Dactyliosolen fragilissima	۱۲/۰۴±۴/۳۲	۷/۹۰±۳/۳۹	۸/۰۳±۵/۶۸
Pseudonitzschia seriata	۱۴/۸۳±۴/۶۳	۸۹/۱۴±۲۶/۴۲	۸۶/۲۷±۲۵/۷۶
Thalassionema nitzschioides	۵۱/۲۹±۹/۴۵	۴۳/۹۰±۵/۷۷	۳۵/۷۴±۶/۵۷
Prorocentrum cordata	۲۴/۹۱±۷/۶۷	۱۳/۶۹±۲/۲۴	۱۵/۷۰±۳/۸۴
Oscillatoria sp.	۰/۸۸±۰/۲۲	۷/۷۳±۲/۵۲	۶/۲۳±۱/۸۶
Binuclearia lauterbornii	۳/۴۱±۰/۸۲	۶/۵۳±۱/۵۲	۱۰/۱۱±۲/۹۰

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

طبق جدول ۲، سه گونه نخست غالب شامل *Thalassionema nitzschioides*، *Pseudonitzschia seriata*، *Cyclotella meneghiniana*، بود. در بین گونه‌های غالب فقط تراکم *Pseudonitzschia seriata*در فصل زمستان (۴۷±۱۸۷ سلول در میلی‌لیتر) در محدوده ۱۰۰۰-۱۰۰ عدد در میلی‌لیتر قرار گرفت. در محدوده تراکمی ۱۰۰-۱۰ سلول در میلی‌لیتر، در بهار و پاییز ۵ گونه، در زمستان ۳ گونه و در تابستان یک گونه جای گرفتند. حداکثر تراکم *Oscillatoria* sp. و *Binuclearia lauterbornii* به عنوان گونه‌های غالب در شاخه‌های سیانوفیتا و کلروفیتا در فصل بهار و به‌ترتیب به میزان ۲۴ و ۱۵ سلول در میلی‌لیتر ثبت شد. بررسی تراکم گونه‌های غالب در نواحی مختلف نشان داد که گونه‌های *Cyclotella meneghiniana*، *Pseudonitzschia seriata*، *Thalassionema nitzschioides* و *Prorocentrum cordata* در هر سه ناحیه و گونه‌های *Dactyliosolen fragilissima* و *Binuclearia lauterbornii* به‌ترتیب در نواحی غربی و شرقی در گروه "کم تراکم" از پتانسیل شکوفایی جای داشتند. تغییرات کلروفیل در فصول و نواحی در شکل ۲ نشان داده شده است که ۹۰ درصد داده‌ها کمتر از ۳/۸ میلی‌گرم در مترمکعب بوده است. محدوده تغییرات پارامترهای کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده فیتوپلانکتون در سطوح مختلف تروفیکی در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۲: تغییرات غلظت کلروفیل در فصول و نواحی مختلف در سواحل ایرانی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)
خطوط افقی بیانگر غلظت کلروفیل در صدک ۹۰ (۳/۸۰) و میانه سالانه + ۵ درصد (۲/۰۲)

Figure 2: Fluctuation of Chl-a at different seasons and regions in the Iranian coastal of Caspian Sea (2018-2019)

جدول ۳: محدوده تغییرات غلظت کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده فیتوپلانکتون در سطوح مختلف تروفیکی در سواحل ایرانی دریای خزر طی سال‌های*۱۳۷۵، ۱۳۸۸، ۱۳۹۲ و ۹۸-۱۳۹۷

Table 3: Fluctuation range of Chl-a concentration, phytoplankton biomass and abundance at different trophic states in the Iranian coastal of Caspian Sea during 1996-1997, 2009-2010, 2013-2014, and 2018-2019

تراکم (میلیون سلول بر مترمکعب)	زی توده (میلی‌گرم بر مترمکعب)	کلروفیل-آ (میلی‌گرم بر مترمکعب)	سطح تروفیک	رتبه عددی کیفیت آب
≤۹۸	≤۴۶۵	≤۱/۰۷	اولیگوتروف	۱
۹۹-۱۹۶	۴۶۵-۹۳۰	۱/۰۸-۲/۱۴	اولیگو-مزوتروف	۰/۸
۱۹۷-۲۹۴	۹۳۱-۱۳۹۵	۲/۱۵-۳/۲۱	مزوتروف	۰/۶
>۲۹۵	>۱۳۹۶	>۳/۲۲	مزو-یوتروف	۰/۴

* در سال‌های۱۳۷۵، ۱۳۸۸، ۱۳۹۲ و ۹۸-۱۳۹۷ تعداد نمونه‌ها برای تعیین غلظت کلروفیل به‌ترتیب (۰، ۰، ۴۸، ۶۴) و تعداد نمونه‌ها برای تعیین تراکم و زی‌توده به‌ترتیب (۶۴، ۹۶، ۴۸ و ۸۸) عدد بوده است.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

پس از حذف داده‌های پرت (اعداد بیشتر از صدک ۹۹)، مقادیر میانه (۵٪+) پارامترهای کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده به‌ترتیب ۲/۰۲ (میلی‌گرم در مترمکعب)، ۱۷۶ (میلیون سلول بر مترمکعب) و ۳۱۲ (میلی‌گرم بر مترمکعب) به‌دست آمد. این اعداد تعیین‌کننده خطوط مرزی برای شروع شکوفایی در نظر گرفته شدند. در جدول ۴ سطح تروفیک در فصول و نواحی مختلف دریای خزر در سال ۹۸-۱۳۹۷ ارائه شده است.

بر اساس جدول ۴ حداقل درصد فراوانی وقوع شکوفایی بر اساس کلروفیل، در بهار و بر طبق تراکم و زی‌توده در تابستان بوده است. در زمستان درصد فراوانی وقوع شکوفایی بر اساس سه پارامتر مذکور بیش از ۷۰ درصد محاسبه شد. با در نظر گرفتن پارامترهای مذکور (کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده)، کیفیت عالی (اولیگوتروف) در فصل تابستان و کیفیت متوسط (مزوتروف) در سایر فصول به‌دست آمد. آب در ناحیه مرکزی نسبت به نواحی شرقی و غربی دارای کیفیت پایین‌تر بود و در طبقه متوسط جای گرفت (جدول ۴).

جدول ۴: تغییرات فصلی سطح تروفیک بر اساس پارامترهای کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده فیتوپلانکتون در سواحل ایرانی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Table 4: Seasonal fluctuation of trophic states based on Chl-a concentration, phytoplankton biomass and abundance in the Iranian coastal of Caspian Sea (2018-2019)

فصل	کلروفیل-آ		تراکم		زی‌توده		رتبه نهایی	سطح تروفیک (کیفیت آب)
	میانگین (میلی‌گرم در مترمکعب)	درصد فراوانی وقوع شکوفایی	میانگین (میلیون سلول در مترمکعب)	درصد فراوانی وقوع شکوفایی	میانگین (میلی‌گرم در مترمکعب)	درصد فراوانی وقوع شکوفایی		
پاییز	۳/۴۶	۸۶	۲۳۰	۴۳	۴۸۹	۳۸		
رتبه	۰/۶	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۸	۰/۷	۰/۶	مزوتروف (متوسط)
زمستان	۲/۶۱	۷۰	۳۶۰	۷۵	۱۲۰۰	۷۰		
رتبه	۰/۶	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۵	مزوتروف (متوسط)
بهار	۱/۱۹	۱۳	۳۲۰	۷۰	۱۱۷۱	۷۵		
رتبه	۰/۸	۱	۰/۴	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۶	مزوتروف متوسط)
تابستان	۲/۱۱	۴۶	۶۱	۱۳	۹۸	-		
رتبه	۰/۸	۰/۴	۱	۱	۱	۱	۰/۹	اولیگوتروف (عالی)
منطقه								
شرقی	۲/۰۴	۴۴	۲۲۰	۴۳	۴۵۲	۳۶		
رتبه	۰/۸	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۱	۰/۸	۰/۷	اولیگومزوتروف (خوب)
مرکزی	۲/۴۰	۶۷	۲۷۰	۵۲	۸۱۲	۵۳		
رتبه	۰/۶	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۸	۰/۷	۰/۶	مزوتروف (متوسط)
غربی	۱/۶۹	۳۰	۲۳۰	۴۸	۹۰۸	۵۵		
رتبه	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۰/۴	۰/۸	۰/۸	۰/۷	اولیگو مزوتروف (خوب)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

بحث

شکوفایی جلبکی در طبیعت امری عادی محسوب می‌شود که در مناطق معتدل با تغییرات فصلی شدت می‌یابد. این رویداد در یک اکوسیستم طبیعی بدون عوارض نامطلوب طی زمان به تعادل می رسد. اما امروزه رشد و تکثیر زیاد فیتوپلانکتون به‌شدت متاثر از عوامل با منشاء فعالیت‌های انسانی از قبیل تخلیه فاضلاب‌ها، افزایش مواد مغذی و تغییرات اقلیمی شده‌است. لذا، محدود نمودن شکوفایی جلبکی با شواهد میدانی (قابل مشاهده با چشم غیر مسلح و بروز اثرات سمی و نامطلوب بر موجودات زنده)، برای فعالیت‌های مربوط به پایش، برنامه‌ریزی بهره‌برداری و مدیریت اکوسیستم کافی نیست به‌طوری‌که حضور بعضی گونه‌ها حتی به میزان یک عدد در میلی‌لیتر هشداردهنده است و لازم هست که شدت رشد و تکثیر جلبک و وضعیت اکوسیستم از نظر امکان وقوع شکوفایی و ایجاد مشکل مورد ارزیابی و پایش قرار گیرد (Anderson *et al.*, 2002). طی تحقیق، *Pseudonitzschia seriata* با دارا بودن ۱۸۷ سلول در میلی‌لیتر در فصل زمستان (جدول ۲) و جای‌گیری در گروه "متوسط تراکم" (جدول ۱) مهم‌ترین بحران شکوفایی بوده است. این فیتوپلانکتون در سال ۱۳۹۲ (با تراکم ۲۹۳ سلول در میلی‌لیتر در فصل زمستان) نیز در محدوده "متوسط تراکم" قرار داشت (Makhlough *et al.*, 2019). لذا، عدم ارتقاء محدوده تراکمی آن مطلوب تلقی می‌شود. گونه‌های *Cyclotella meneghiniana* و *Dactyliosolen fragilissima* در فصول زمستان و بهار، *Pseudonitzschia seriata* و *Prorocentrum cordata* در پاییز و بهار، *Thalassionema nitzschioides*، در کلیه فصول، *Oscillatoria* sp. و *Binuclearia lauterbornii* در بهار با تراکم ۱۰-۱۰۰ سلول در میلی‌لیتر بیانگر شکوفایی با "تراکم کم" بودند. حداکثر میانگین تراکم *Oscillatoria* sp. در سال ۱۳۸۸ (۱۳۶ سلول در میلی‌لیتر) در فصل تابستان ثبت شد و در سال ۱۳۹۲ با ۱۰ برابر کاهش در بهار بدست‌آمد (مخلوق، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵) در مطالعه حاضر (۹۸-۱۳۹۷) نیز حداکثر تراکم این گونه با اندکی افزایش (۲۴ سلول در میلی لیتر) در بهار مشاهده شد ولی پتانسیل شکوفایی آن طبق Anderson و همکاران (۲۰۱۰) در گروه "کم تراکم" باقی ماند و طبق Chorus و Bartram (۱۹۹۹) تراکم آن بسیار کمتر از حد شکوفایی بود (جدول ۱). بدین‌ترتیب، هر چند در فصول بهار و پاییز تعداد گونه‌های که بر اساس شاخص Anderson و همکاران (۲۰۱۰) وارد محدوده شکوفایی شدند، بیش از فصل زمستان بود ولی سطح و شدت شکوفایی و سمیت گونه دارای خطر شکوفایی در زمستان بیش از سایر فصول بود.

طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷، حد مرزی غلظت کلروفیل-آ در صدک ۹۰، و میانه (۵٪+)، به‌ترتیب ۳/۸ و ۲/۰۲ میلی‌گرم در مترمکعب به‌دست‌آمد. لذا، میانگین فصلی کلروفیل-آ در همه فصول (جدول ۴)، طبق Revilla و همکاران (۲۰۰۹)، کمتر از محدوده شکوفایی بود و طبق Thomalla و همکاران (۲۰۱۰) در همه فصول به‌جز بهار در محدوده شکوفایی قرار گرفتند. به دلیل تغییرپذیری محتویات کلروفیلی (Revilla *et al.*, 2009) بایستی ترکیب گونه‌ای، زی‌توده، تراکم فیتوپلانکتون و درصد فراوانی وقوع شکوفایی نیز مورد توجه قرار گیرند (Borja *et al.*, 2004). مطالعه پیشین در دریای خزر (منطقه گهرباران) نشان داد که انطباق نقاط شکوفایی جلبکی بر اساس میانگین کلروفیل-آ با میانگین تراکم فیتوپلانکتون، در مواردی که تعداد گونه‌های شرکت‌کننده در فهرست گونه‌های غالب کاهش یابد و یک گونه بخش عمده تراکم فیتوپلانکتون را تشکیل دهد، افزایش می‌یابد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶). در مطالعه حاضر که پتانسیل شکوفایی در فصول پاییز و زمستان بر اساس میانگین هر سه پارامتر، کلروفیل-آ، تراکم و زی‌توده فیتوپلانکتون (جدول ۴) مشخص گردید، عمده تراکم فیتوپلانکتون به‌واسطه اولین گونه غالب شکل گرفت. طبق WFD برای شکوفایی آبهای ساحلی حد مرزی کلروفیل و تراکم گونه‌های سمی و مضر به‌ترتیب مقادیر ۸ mg/m^3 و ۱۰۰۰ cells/ml در نظر گرفته شد و در صورتی که درصد فراوانی وقوع این مقادیر از ۵۰-۳۰ درصد بیشتر شود، کیفیت آب از متوسط به طبقه "بد" نزول می‌کند (Borja *et al.*, 2004) که احتمالاً با مشاهدات چشمی همراه خواهد بود. مقایسه این

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

محدوده با جدول ۱، نشان می‌دهد که مقدار مذکور بر محدوده "پرتراکم شکوفایی" در مطالعه Andersson و همکاران (۲۰۱۰) منطبق می‌شود. لذا، طبق گروه‌بندی WFD نیز کیفیت آب بر اساس تراکم گونه سمی *Pseudonitzschia seriata* در هیچ‌یک از فصول در طبقه "بد" نبود که به صورت شواهد میدانی بروز نماید.

مقادیر مرجع پارامترها در محیط‌های مختلف متفاوت است. برای مثال، مقدار مرجع تراکم فیتوپلانکتون در سواحل آتلانتیک و شمال فرانسه یکسان و به میزان ۲۵۰ هزار سلول در لیتر بوده‌است در حالی‌که مقدار مرجع کلروفیل در این دو ساحل متفاوت بود و به‌ترتیب ۳/۳۳ و ۶/۶۷ میلی‌گرم در مترمکعب بدست آمد (Revilla *et al.*, 2009). این مقادیر مرجع برای دریای خزر به‌ترتیب ۱/۰۷ میلی‌گرم در مترمکعب و ۹۸ هزار سلول در لیتر گزارش شد (جدول ۳). تفاوت در مقادیر مرجع سبب می‌شود که مقیاس‌های مذکور در نقاط مختلف دنیا الزاماً یکسان نباشند. لذا، مقیاس‌های سایر اکوسیستم‌ها هر چند راهنمای مناسبی هستند، ولی محدوده‌های به‌دست آمده بر اساس پیشینه اطلاعاتی در همان اکوسیستم مقیاس مناسب‌تری محسوب می‌شوند (Cullen, 2008). مقایسه و توجه به تفاوت محدوده اعداد در سطوح مختلف تروفیک دریای خزر (مطالعه حاضر) با سایر اکوسیستم‌ها (جدول ۵)، بیانگر اهمیت استفاده از مقیاس‌های منطقه‌ای در درک صحیح وضعیت اکوسیستم است.

جدول۵: طبقه‌بندی سطوح تروفیکی بر اساس میانگین غلظت کلروفیل-آ (میلی گرم در مترمکعب) در اکوسیستم‌های آبی مختلف

Table 5: Classification of trophic levels based on Chl-a concentration (mg/m^3) at different water ecosystems

	اولیگوتروف	اولیگو-مزوتروف	مزوتروف	مزو-یوتروف	یوتروف	مرجع
اقیانوس ها	۰/۱<	–	۰/۱-۱		>۱	Carr *et al.*, 2006
دریای اژه و آدریاتیک	۲/۵<	–	۲/۵-۸	–	۸-۲۵	Vollenweider & Kerekes, 1982
آب‌های اروپایی	۲/۰<	۲/۱-۲/۹	۳/۰-۶/۹	-	>۱۰	OECD, 1982
جنوب دریای اژه	۰/۰۳-۱/۱۶	–	–	-	-	Ignatiades, 1998
جنوب دریای خزر	۱/۰۷≤	۱/۰۸-۲/۱۴	۲/۱۴>	–	-	مطالعه حاضر

Jamalomoidi (۲۰۱۳) با بررسی سری زمانی کلروفیل لایه سطحی حوزه جنوبی دریای خزر نشان دادند که طی سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۳ (مقارن با سال‌های ۸۸-۱۳۸۲) حداکثر میانگین ماهانه کلروفیل به میزان ۳/۲۹ میلی‌گرم در مترمکعب در ماه اگوست (حدود نیمه مرداد تا نیمه شهریور) بوده است. در مطالعه آنها در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸ که شکوفایی جلبکی مضر و سمی (با شواهد میدانی) در اواخر تابستان یا اوایل پاییز در آنها ثبت گردید، میانگین کلروفیل به‌ترتیب ۲/۴۷، ۲/۲۹ و۲/۷۳ میلی‌گرم در مترمکعب بوده است. این مقادیر به غلظت کلروفیل در محدوده‌های مذکور در مطالعه حاضر نزدیک می‌باشد. شایان ذکر است، بر اساس شواهد میدانی و شاخص TRIXcs، سطح تروفیک در آگوست ۲۰۰۵ و سال ۲۰۰۵ به‌ترتیب یوتروف و مزوتروف بوده‌است (Nasrollahzaseh Saravi *et al.*, 2008). برای تدوین و تعیین معیارهای فراگیر در تعیین کیفیت آب، انجام مطالعات منظم و دوره‌ای و افزایش داده‌های فیتوپلانکتون دریای خزر مفید می‌باشد.

محاسبات حاصل از مقادیر مرجع از پارامترهای مختلف فیتوپلانکتون (جداول ۳ و ۴) نشان داد که در بیشتر فصول سال (به‌جز تابستان) آب دریای خزر دارای کیفیت متوسط بوده است. تغییرات زمانی داخل سالی (بین فصلی) سطح تروفیک در بخش شرقی دریای خزر در مطالعه مخلوق و همکاران (۱۳۹۶) نیز مشاهده شد. در

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

بررسی ناحیه‌ای، سطح تروفیک در نواحی شرقی و غربی دریای خزر در گروه اولیگومزوتروف (کیفیت خوب) بود و در ناحیه مرکزی در یک طبقه کیفی پایین‌تر (کیفیت متوسط) و در مزوتروف طبقه‌بندی شد. نقصان کیفیت آب در ناحیه مرکزی دریای خزر نسبت به دو ناحیه دیگر در مطالعه حاضر، با توجه به وقوع پیاپی شکوفایی‌های مضر جلبکی (با شواهد چشمی) در اواخر دهه ۱۳۸۰ (Nasrollahzadeh Saravi *et al*., 2011) در این ناحیه، از دیدگاه حفاظت محیط زیست دارای اهمیت است. در جدول ۶، تغییرات بین سالی سطح تروفیک دریای خزر بر اساس مقادیر مرجع (جدول ۳)، ارائه شده است.

جدول۶: روند تغییرات بین سالی سطح تروفیکی سواحل ایرانی دریای خزر[1] بر اساس پارامترهای فیتوپلانکتون

Table 6: Annual fluctuation trend of trophic levels in the Iranian coastal of Caspian Sea[1] based on phytoplankton parameters

سال	کلروفیل-آ		تراکم		زی‌توده		رتبه نهایی	سطح تروفیکی (کیفیت آب)
	میانگین (میلی‌گرم بر مترمکعب)	درصد فراوانی وقوع شکوفایی	میانگین (میلیون سلول در مترمکعب)	درصد فراوانی وقوع شکوفایی	میانگین (میلی-گرم در مترمکعب)	درصد فراوانی وقوع شکوفایی		
۱۳۷۵	-	-	۲۰	۲۶	۱۴۹	۳۰		
رتبه	-	-	۱	۰/۸	۱	۰/۸	۰/۹	اولیگوتروف (عالی)
۱۳۸۸	-	-	۱۸۹	۴۷	۵۹۹	۴۸		
رتبه	-	-	۰/۸	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۵	مزوتروف (متوسط)
۱۳۹۲	۳/۱۹	۴۵	۲۳۴	۴۶	۶۱۳	۴۴		
رتبه	۰/۶	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۸	اولیگو-مزوتروف (خوب)
۱۳۹۷-۹۸	۲/۱۶	۴۸	۲۴۰	۴۸	۷۵۷	۴۸		
رتبه	۰/۶	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۸	۰/۴	۰/۶	مزوتروف (متوسط)

۱: نمونه‌برداری در کل سواحل دریای خزر (غربی،مرکزی و شرقی) صورت گرفت

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

در سال ۱۳۷۵ که دریای خزر دارای ثبات اکولوژیک بود (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴)، کیفیت آب طبق جدول ۶، در گروه "عالی" قرار داشت. سطح تروفیک در سال ۱۳۸۸ افزایش و به مزوتروف رسید و کیفیت آب (متوسط) کاهش یافت. افزایش شاخص تروفیک TRIXcs و کاهش کیفیت آب در سال ۱۳۸۸ نسبت به دهه قبل، در مطالعه Nasrollahzadeh Saravi و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان شد. آنها این تغییرات را به ۸ سال حضور مهاجم زیستی (*Mnemiopsis leidyi*) در دریای خزر و اثر بر عوامل زیستی و غیر زیستی این اکوسیستم مربوط دانستند. فضلی (۱۳۸۹) نیز بر اساس تغییرات شاخص تنوع گونه‌ای شانون فیتوپلانکتون طی سال‌های ۸۵-۱۳۷۳، افزایش سطح تروفیک را از اولیگوتروف به مزوتروف بیان نمود.

مطالعه بین سالی در تحقیق حاضر نشان داد که در اوایل دهه ۱۳۹۰ (در سال ۱۳۹۲) سطح تروفیک کاهش یافته (اولیگومزوتروف) و کیفیت آب به "خوب" ارتقاء یافت. اما در اواخر دهه ۱۳۹۰ (۹۸-۱۳۹۷) افزایش سطح تروفیک و کاهش کیفیت آب صورت گرفت. افزایش روند بین سالی سطح تروفیک دریای خزر (از الیگوتروف به مزو-یوتروف) بر اساس شاخص TRIXcs طی سال‌های ۹۸-۱۳۷۵ در مطالعه Nasrollahzadeh Saravi و همکاران (۲۰۱۸) و نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۹) نیز بیان گردید. مهم‌ترین مزیت و ویژگی شاخص‌های مختلف از قبیل سطح تروفیک و کیفیت آب، ارائه نمای کلی از عملکرد اکوسیستم در زمینه همان پارامترها به‌نحوی است که فهم وضعیت اکوسیستم را برای همگان آسان نمایند. به عبارتی، شاخص‌ها به تنهایی برای تجزیه و تحلیل دقیق محیط زیست و منابع آبی کافی نیستند و تجزیه و تحلیل عوامل و اجزاء شاخص نیز لازم هست (CEQG, 2001). لذا، با توجه به ترکیب گونه‌ای، نوع گونه غالب، فهرست گونه‌های بومی و مهاجم (Borja *et al.*, 2004) در سال مطالعه حاضر، کاهش تنوع گونه‌های مضر و سمی، کاهش درصد مشارکت تراکم سیانوفیتا، تراکم و گسترش شدید گونه مضر و سمی *Pseudonitzschia seriata* در فصل زمستان، افزایش درصد تراکم و تنوع گونه‌های مطلوب بومی و ساکن (*Cyclotella meneghiniana*، *Thalassionema nitzschioides* و *Binuclearia lauterbornii*) در بیشتر فصول به‌جز زمستان، از مهم‌ترین ویژگی‌های الگوی ساختاری فیتوپلانکتون بوده است (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۹). به‌نظر می‌رسد که این گونه‌های مطلوب پس از نقصان تراکم در سال ۱۳۸۸ (مخلوق، ۱۳۹۲) فرصت مناسبی را برای افزایش تراکم در اواخر دهه ۱۳۹۰ (مطالعه حاضر) به‌دست آورده‌اند. اما باید توجه داشت که افزایش سطح تروفیک در روند بین سالی، هشدارهای محیط زیستی را در جهت افزایش توانایی اکوسیستم برای شکوفایی جلبک‌های مضر نیز شدت می‌بخشد. در این راستا لازم است که عوامل موثر بر رشد و تکثیر جلبکی از قبیل ورود مواد مغذی (به‌خصوص ناشی از فعالیت انسانی) به اکوسیستم تحت نظارت و کنترل جدی قرار گیرند.

منابع

حسینی، س. ع.، ۱۳۸۹. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی حوزه جنوبی دریای خزر (۷۶-۱۳۷۵). پژوهشکده اکولوژی آبزیان دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۱۶۰ صفحه.

فارابی، س.م.و.، ۱۳۸۹. طرح پروژه هیدرولوژی ، هیدروبیولوژی و آلودگیهای زیست محیطی حوزه جنوبی دریا ی خزر در سال ۱۳۸۷. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۲۳ صفحه.

فضلی، ح.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی و هیدروبیولوژی دریای خزر طی سالهای ۸۵-۱۳۷۰. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ۱۸۶ صفحه.

مخلوق، آ.، ۱۳۹۲. پروژه بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸. پژوهشکده اکولوژی آبزیان دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۲۹۶ صفحه.

مخلوق، آ.، ۱۳۹۵. بررسی تراکم و دینامیک جمعیت فیتوپلانکتون با تاکید بر پدیده شکوفایی جلبکی در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۲، پژوهشکده

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

اکولوژی آبزیان دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۸۳ صفحه.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، پورغلام، ر.، رحمتی، ر.، ۱۳۹۰. معرفی گونه های سمی و مضر جدید فیتوپلانکتون در آبهای سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر. مجله علوم زیستی، ۵(۳): ۹۳-۷۷.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، افرایی، م.ع.، اسلامی، ف. وکیهان ثانی، ع.ر.، ۱۳۹۶. تعیین مقیاس عددی کیفیت آب بر اساس پتانسیل شکوفایی جلبکی در جنوب دریای خزر-گهرباران (استان مازندران)، مجله علمی شیلات ایران، ۲۶ (۶):۶۹-۷۹. DOI: 10.22092/ISFJ.2018.115691

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح. روحی، ا. و آقایی مقدم،ع.ع.، ۱۳۹۹. مطالعه تغییرات الگوی ساختاری فیتوپلانکتون برای استنباط کیفیت آب در حوزه جنوبی دریای خزر. مجله زیست شناسی دریا. **۱۲ (۴۶)، ۱۴-۱.**

نصراله زاده ساروی، ح.، ۱۳۹۲. طرح پروژه هیدرولوژی ، هیدروبیولوژی و آلودگیهای زیست محیطی حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸. ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۲۲۷ صفحه.

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): ۲۷-۴۴.

نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، عابدینی، ع.، دریانبرد، غ.ر. و کاردر رستمی، م.، ۱۳۹۹. تغییرات زمانی-مکانی شاخص سطح تروفیکی (TRIXcs)، ریسک یوتریفیکاسیون (UNTRIX) و تعیین مناطق تحت تأثیر با استفاده از الگوی شوری مکانی در سواحل حوزه جنوبی دریای خزر. مجله بولتن علمی شیلات ایران، در حال انتشار.

Ærtebjerg, G., 2001. Eutrophication in Europe's coastal waters. EEA publisher, Copenhagen, 86 P.

Anderson, D.M., Glibert, P.M. and Burkholde, G.M., 2002. Harmful Algal Blooms and Eutrophication: Nutrient Sources, Composition, and Consequences. *Estuaries Research Federation*, 25(4b): 704–726.

Anderson, C.R., Sapiano, M.R.P., Bala Krishna, M.B., Long, W., Tango, P.J., Christopher, W.B. and Raghu, M., 2010. Predicting potentially toxigenic *Pseudo-nitzschia* blooms in the Chesapeake Bay. *Journal of Marine Systems*, 83(3-4):127-140. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2010.04.003.

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

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 Bulletin*, 48: 209–218. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2003.12.001.

Carr, M.E., Friedrichs, M.A.M., Schmeltz, M., Aita, M.N., Antoine, D. and Arrigo, K.R., 2006. A comparison of global estimates of marine primary production from ocean color. *Deep Sea Research II*,

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

Makhlough, A., Nasrollahzadeh Saravi, H., Eslami, F. and Keyhansani, A.R., 2019. Scale characteristics of the bloom event: A Case study in the Iranian Coastal Waters of Southern Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 18(1):124-139. DOI: 10.22092/ijfs.2018.117600.

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., 2011. The study of Nodularia spumigena bloom event in the southern Caspian Sea. *Applied Ecology and Environmental Research*, 1623:141-155. DOI:10.15666/aeer/1201_001011.

Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourang, N., Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2018. Eutrophication and trophic status using different indices: A study in the Iranian coastal waters of the Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, DOI: 10.22092/ijfs.2018.117717.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1982. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. OECD Publication, Paris. 154 P.

Patin, S.A., 1997. Ecological problems of the off-shore oil-gas resources development. 53:741–770. DOI: 10.1016/j.dsr2.2006.01.028.

CEQG (Canadian Environmental Quality Guidelines), 2001. Canadian Council of Ministers of the Environment. Excerpt from Publication No. 1299; ISBN 1-896997-34-1.13 P.

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 P.

Cullen, J.J., 2008. Observation and prediction of harmful algal blooms. In: M. Babin, C. S. Roester, J.J. Cullen, eds. Real-time coastal observing system for marine ecosystem dynamics and harmful algal blooms: theory, Instrument and Modeling. UNESCO, Paris. 41 P.

Habit, R.N. and Pankow, H., 1976. Algenflora der Ostsee II, Plankton. Gustav Fischer Verlag. Germany: Jena University Rostock Publication. 385 P.

Ignatiades, L., 1998. The productive and optical status of the oligotrophic waters of the Southern Aegean Sea (Cretan Sea), Eastern Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, 20: 985-995. DOI: 10.1093/plankt/20.5.985.

Jamalomidi, M., 2013. Temporal changes of surface chlorophyll in south of Caspian Sea based on data gained by MODIS of Aquasatellite. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(12):1269-1275.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

Public house of Vniro. Moscow, Russia. 350 P.

Proshkina-Lavrenko, A.I. and Makarova, I.V., 1968. Plankton Algae of the Caspian Sea. Leningrad, Nauka: L. Science. 291 P. (in Russian)

Revilla, M., Franco, J., Bald, J., Borja, A., Seoane and 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.

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

Thomalla, S.J., Fauchereau, N., Swart, S. and Monterio, P.M.S., 2011. Regional scale chracteristics of the seasonal cycle of chlorophyll in the Southern Ocean. *Biogeosciences*, 8: 2849-2866. DOI:10.5194/bgd-8-4763-2011.

Vollenweider, R.A. and Kerekes, J., 1982. Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control. Report of the OECD Cooperative Programme on Eutrophication. Organization for the Economic Development and Co-operation, Paris. 250 P.

Wehr, J.D. and Sheath. R.G., 2003. Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. USA: Academic Press. 950 P.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]

Determination of algal bloom potential and water quality based on chlorophyll-a, abundance and biomass of phytoplankton in the coastal waters of southern Caspian Sea (2018-2019)

Makhlough A.[1]; Nasrollahzadeh Saravi H.[1*]; Roohi A.Gh.[1]; Aghaei-Moghadam A.A.[2]; Kayhan-Sani A.R.[1]

[*]hnsaravi@gmail.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
2- Inland Aquatic Reserves Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

Abstract

In the last two decades, the Caspian Sea has faced various ecological events, such as harmful algal blooms and increasing in the trophic level. It is necessary to conduct monitoring studies in this water body, because of applying the Caspian Sea for fisheries activities. The objectives of the present paper are the study of algal bloom potential and trophic level in the Iranian coastal of southern Caspian Sea up to 30m depth, during the year of 2018-2019 as well as the comparison of the obtained results to the condition in previous years. Boundary lines for the beginning of blooms (annual median+5%) based on the chlorophyll-a concentration, abundance, and biomass of phytoplankton were obtained 2.02 (mg/m^3), 176 (million cells/m^3), and 312 (mg/m^3), respectively. The lowest percent frequency of bloom (13%) was recorded in spring and summer based on the chlorophyll-a, abundance, and biomass of phytoplankton, respectively. According to calculations based on the accumulation of the aforementioned parameters, water has excellent quality (oligotrophic state) in summer and moderate quality (mesotrophic state) in other seasons. An interannual study of trophic states showed oligotrophic, mesotrophic, oligo-mesotrophic, and mesotrophic level in 1996-97, 2009-10, 2013-2014, and 2018-2019, respectively. The highest seasonal abundance of species (187 cells/ml) was recorded in *Pseudonitzschia seriata*. This species is considering a serious ecologic problem and decreasing water quality in the winter season. The bloom potential of *Pseudonitzschia seriata* was obtained in the "medium density" group. It should be noted that the increasing trend of inter-annual trophic levels is the alarm of environmental health and show the ability of the ecosystem to thrive the harmful algal blooms. The environmental alarm is more emphasized in the central region (with a history of macroscopic toxic algal blooms) because the water quality in the central area (medium quality) was lower than in the eastern and western areas.

Keywords: Potentioal algae bloom, Trophic level, Water quality, Caspian Sea, Iran

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.1.9.4]