مقاله علمی – پژوهشی:

تغییرات زمانی–مکانی شاخص سطح تروفیک (TRIXcs)، ریسک یوتریفیکاسیون (UNTRIX) و تعیین مناطق تحت تأثیر با استفاده از الگوی شوری مکانی در سواحل حوزه جنوبی دریای خزر

حسن نصراله‌زاده ساروی*[۱]، آسیه مخلوق[۱]، علی عابدینی[۲]، غلامرضا دریا نبرد[۱]، محمد کاردررستمی[۱]

*hnsaravi@gmail.com

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

۲- پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، گیلان، انزلی

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۹

چکیده

استفاده از الگوهای شوری مکانی، تصویری از منطقه تحت تأثیر یوتریفیکاسیون و تغییرات سطح تروفیک اکوسیستم را نشان می‌دهد. هدف از این مطالعه تعیین منطقه تحت تأثیر یوتریفیکاسیون ناشی از آب شیرین رودخانه‌ها با استفاده از سطح تروفیک (TRIXcs)، ریسک یوتریفیکاسیون (UNTRIX) و منحنی پراکندگی مواد مغذی-شوری می‌باشد. همچنین داده‌های تحقیق حاضر با سال‌های پیشین مقایسه می‌گردد. این تحقیق طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ در هشت ترانسکت و در عمق ۳۰-۵ متر در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر انجام می‌گردد. نتایج نشان داد که تغییرات میانگین فصلی TRIXcs و UNTRIX به‌ترتیب برابر ۵/۵۹-۴/۹۴ و ۴/۱۷-۳/۵۷ بوده است که حداکثر سطح تروفیک و ریسک یوتریفیکاسیون در فصل تابستان مشاهده گردید. همچنین ایستگاه‌های نزدیک به ساحل (عمق ۵ متر) دارای سطح تروفیک (TRIXcs) بالاتر بودند و در وضعیت ریسک یوتریفیکاسیون بالا (UNTRIX=۴/۳۰) قرار گرفتند. تغییرات TRIXcs و UNTRIX در بین نواحی مختلف (غربی، میانی و شرقی) معنی‌دار نبوده است ($p>0/05$). در تحقیق حاضر نقاط دارای حداکثر مقادیر آمونیم و سیلیس محلول در نزدیکی سواحل غربی در نیم خط انزلی و تحت تأثیر بزرگترین رودخانه سواحل جنوبی دریای خزر (نیم خط سفیدرود) ثبت شدند، اما نقاط دارای حداکثر مقادیر NOx و فسفر معدنی در ناحیه شرقی (نیم‌خط‌های امیرآباد و بندرترکمن) مشاهده گردیدند. ارتباط غیرخطی به‌دست آمده در الگوهای شوری مکانی بین NH4، NOx، DIP و DSi با شوری بیانگر آن است که جریان رودخانه‌ای و اختلاط ستونی آب بر تغییر غلظت مواد مغذی و سطح تروفیک در منطقه مورد مطالعه موثر بوده‌اند.

لغات کلیدی: سطح تروفیک، ریسک یوتریفیکاسیون، پراکندگی مواد مغذی-شوری، سواحل ایرانی، دریای خزر

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

مقدمه

یوتریفیکاسیون به افزایش میزان مواد آلی به یک اکوسیستم اشاره دارد و بیشتر مربوط به غنی سازی مواد مغذی است که باعث افزایش تولیدات اولیه در اکوسیستم می‌شود. سطح یوتریفیکاسیون به دلایل طبیعی از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. معمولاً در مناطق ساحلی دریا افزایش مواد مغذی از ورودی رودخانه‌ها ناشی می‌گردد. در این مناطق، وضعیت یوتریفیکاسیون از سویی، به میزان بارگذاری[1] مواد مغذی و از سوی دیگر، فرآیند اختلاط در ستون آبی بستگی دارد. اثرات متفاوتی از بارگذاری یکسان مواد مغذی در مناطق مختلف صورت می‌گیرد. بررسی در مناطق ساحلی دریای مدیترانه‌ای و بالتیک نشان داد که به دلیل ورود آبهای غنی از مواد مغذی، تولیدات اولیه بالاتر از مناطق باز این دریاها بوده است (Nixon *et al.*, 1995). وضعیت تروفیک در سواحل با شیب کم نیز بالاتر از منطقه باز آن برآورد گردید. رقیق شدن تدریجی مواد مغذی در دریا به‌واسطه ورود آب رودخانه‌ای را می‌توان با منحنی‌های غلظت مواد مغذی در مقابل شوری نشان داد به‌طوری‌که روابط مواد مغذی و شوری نشان‌دهنده غلظت مواد مغذی و اختلاط آب رودخانه‌ای غنی از مواد مغذی با آب دریای دارای مواد مغذی کم است (Neilson and Cronin, 1981). Li و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که غلظت مواد مغذی در آبهای ساحلی، تغییرات فصلی را نشان می‌دهد و غلظت از آبهای ساحلی به آبهای دور از ساحل به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. همچنین بیان نمودند که در زمان‌های مختلف رابطه بین مواد مغذی و شوری از خطی (غلظت مواد مغذی در ناحیه ساحلی تغییرات کمی دارد) به غیرخطی (غلظت مواد مغذی به‌خصوص فسفر در نوار ساحلی ته‌نشین می‌شود)، تغییر می‌کند (Neilson and Cronin, 1981).

مواد مغذی اصلی ایجاد کننده یوتریفیکاسیون شامل نیتروژن به فرم‌های نیترات، نیتریت یا آمونیم و فسفر به فرم ارتوفسفات هستند. علاوه بر این، فسفر و نیتروژن آلی قابل دسترس نیز در ایجاد یوتریفیکاسیون نقش دارند. سیلیس محلول برای رشد دیاتومه‌ها ضروری است، اما فرض بر این است که ورودی سیلیس محلول تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی معنی‌دار می‌باشد (Conley *et al.*, 1993). با این حال، افزایش تولیدات اولیه ممکن است با مصرف بیشتر سیلیس محلول همراه شود و متعاقب آن تجمع فیتوپلانکتون را از دیاتومه‌ها به شاخه داینوفلاژله‌ها تغییر دهد (EEA, 2001).

در آبهای مدیترانه جهت ارزیابی و کمی سازی فرآیند یوتریفیکاسیون از شاخص تروفیک TRIX[2] استفاده گردید. با استفاده از این شاخص ساده می‌توان متغیرهای تغییر شکل پذیری کلیدی را در یک عبارت عددی ساده ترکیب نمود تا بتوان اطلاعات را در طیف گسترده‌ای از موقعیت‌های تروفیک مقایسه نمود. TRIX به‌خودی‌خود عبارتی برای توصیف وضعیت تروفیک در یک منطقه است، اگر سطح تروفیک اکوسیستم طبیعی باشد، به معنای عدم یوتریفیکاسیون است ولی اگر تاثیرات آنتروپوژنیک افزایش یابد، به معنای وقوع یوتریفیکاسیون است. شاخص TRIX حاصل ترکیب چهار فاکتور موثر بر یوتریفیکاسیون است. توصیف زمانی از گستردگی TRIX امکان پایش بهتر و ارزیابی روند یوتریفیکاسیون را فراهم می‌کند (Vollenweider *et al.*, 1998). بنابراین، هدف از این مطالعه تعیین منطقه تحت تأثیر یوتریفیکاسیون ناشی از آب شیرین رودخانه‌ها با استفاده از سطح تروفیک (TRIX)، ریسک یوتریفیکاسیون (UNTRIX) و منحنی پراکندگی مواد مغذی-شوری می‌باشد. همچنین داده‌های تحقیق حاضر با سال‌های پیشین مقایسه می‌گردد.

مواد و روش کار

نمونه‌برداری طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ در حوزه جنوبی دریای خزر در امتداد هشت ترانسکت[3] آستارا، انزلی، سفیدرود، رامسر، توسکاتوک (نوشهر)، بابلسر، امیرآباد و بندر ترکمن (شکل ۱) انجام گرفت. جمع‌آوری نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه نسکین در اعماق ۵، ۱۰ و ۳۰ متر انجام گردید. اندازه‌گیری پارامترهای مختلف (شوری، آمونیم (NH4)، نیتروژن اکسید شده ((NOx (NO3+NO2)، فسفر معدنی (DIP[4]) و سیلیس محلول (DSi[5])) بر اساس روش‌های استاندارد صورت گرفت (APHA, 2005)

[1] Loading

[2] TRIX=Trophic Index

[3] Transect

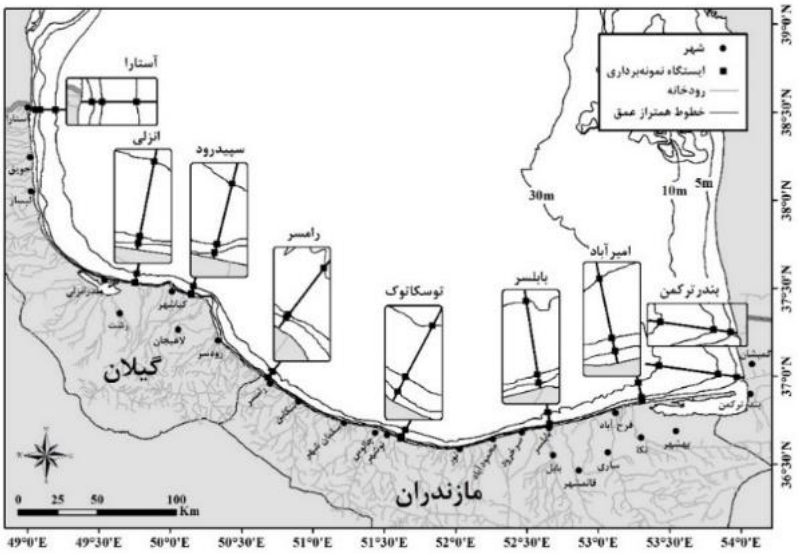
[4] DIP= Dissolved Phosphorous

[5] DSi= Dissolved Silicon

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

Sapozhnikov *et al.*, 1988;). غلظت مواد مغذی در آب‌های دریایی با میکرومولار (غلظت میکروگرم بر لیتر مواد مغذی تقسیم بر جرم اتمی هر عنصر=میکرومولار یا میکرومول بر لیتر) نشان داده شد (NH4, DIP(µM)=DIP(µg/l)/31 (µM)=NH4(µg/l)/14 و DSi(µM)=DSi(µg/l)/28) (شکل ۱).



شکل ۱. ایستگاه‌های نمونه‌برداری به همراه نیم خط‌ها و اعماق مختلف در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 1: Sampling stations with transects and different depths in the coastal of the southern Caspian Sea (2018-2019)

معادله شاخص تروفیک مقیاسی (TRIX) (Vollenweider *et al.*, 1998) به شرح ذیل می‌باشد: (رابطه ۱):

TRIX= [log(Chl-a*aD%O*DIN *TP)-(k)]/m

در این رابطه اجزاء تشکیل دهنده آن عبارتند از: پارامترهایی که نشان‌دهنده تولیدات در اکوسیستم آبی هستند شامل کلروفیل-آ (Chl-a mg/m^3) و انحراف از درصد اشباعیت (aD%O=[100-DO%]) و پارامترهای مواد مغذی که شامل نیتروژن معدنی (DIN, µg/l) و فسفر کل (TP, µg/l) می‌باشند. پارامترهای مقیاسی k و m برای حوزه جنوبی دریای خزر به‌ترتیب برابر ۱/۰۳- و ۰/۹۳ ($TRIX_{CS}$) محاسبه گردیدند (Nasrollahzadeh *et al.*, 2008). در کلاسه‌بندی شاخص تروفیک مقیاسی ۲<TRIX<۴ بیانگر سیستم الیگوتروف، ۴≤TRIX<۵ نشاندهنده سیستم مزوتروف، ۵≤TRIX<۶ نشاندهنده سیستم مزو-یوتروف و ۶≤TRIX<۸ بیانگر اکوسیستم یوتروف می‌باشد (Vollenweider *et al.*, 1998). در این بررسی شاخص تروفیک غیرمقیاسی (UNTRIX) به صورت UNTRIX<۴ بیانگر عدم ریسک یوترفیکاسیون، ۴≤UNTRIX≤۶ نشان‌دهنده ریسک یوتریفیکاسیون بالا و UNTRIX>۶ بیانگر اکوسیستم یوتروف طبقه‌بندی گردید (MEF, 2007).

آزمون پارامتریک (ANOVA) و در صورت لزوم آزمون تکمیلی Duncan (دانکن)، رگراسیون خطی و غیرخطی (Regression)، رگراسیون گام به گام برای داده‌های نرمال شده (انتقال یافته داده از طریق لگاریتم/رتبه بندی) انجام گردید.

نتایج

در منطقه مورد مطالعه، مقادیر میانگین شوری، NH4، NOx، DIP، DSi، TRIXcs و UNTRIX به‌ترتیب ۱۰/۸۱±۰/۶۵ گرم بر لیتر، ۱/۴۹±۲/۵۵، ۱/۱۹±۲/۱۹، ۰/۲۲±۰/۱۷، ۵/۸±۷/۷ میکرومولار، ۰/۷۰±۵/۳۲ و ۰/۶۵±۳/۹۲ بودند (جدول ۱). براساس

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

آزمون آماری ANOVA میانگین تمام پارامترهای مذکور (به‌جز NH4) بین فصول، مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵)، اما بین نواحی مختلف فقط پارامترهای NH4 و DIP اختلاف معنی‌دار نشان دادند (p<۰/۰۵). همچنین بین اعماق مختلف فقط میانگین شوری، NOx، DSi اختلاف معنی‌دار نشان داد (p<۰/۰۵) به‌طوری‌که در آزمون دانکن مقادیر شوری در عمق ۵ متر در یک گروه و اعماق ۱۰ و ۳۰ متر در گروه دیگر تفکیک شدند.

جدول ۱: حداقل و حداکثر پارامترها در فصول، نیم خط‌ها، ناحیه‌ها و اعماق مختلف در لایه سطحی نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۱۳۹۷-۹۸)

Table 1: Minimum and maximum of parameters in different seasons, transects, regions and depths at surface layers in the coastal waters of the southern Caspian Sea (2018-2019)

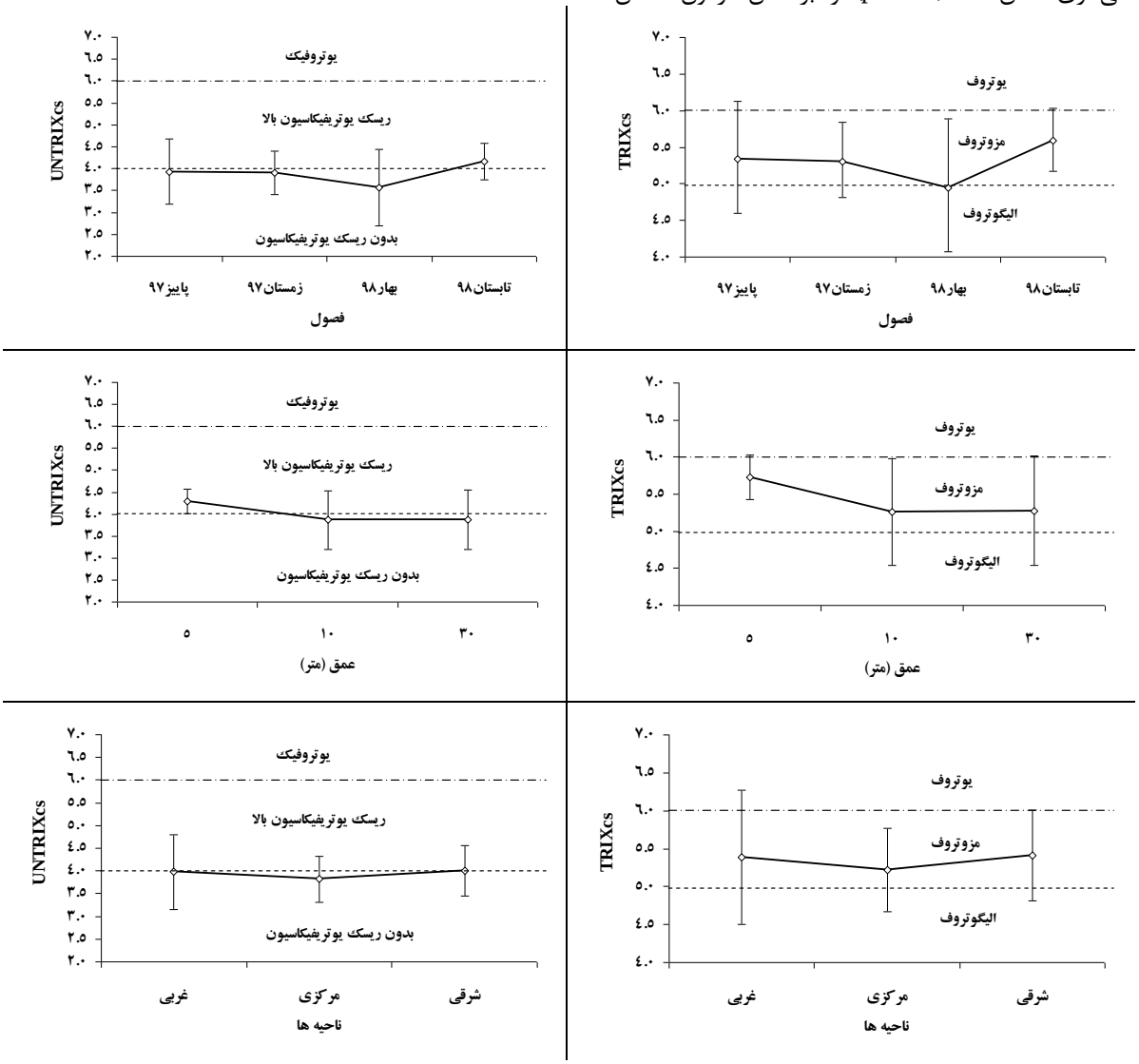
	پارامترها						
	شوری (g/l)	NH4 (µM)	NOx (µM)	DIP (µM)	DSi (µM)	TRIXcs	UNTRIX
فصول							
پاییز ۹۷	۹/۰۰-۱۱/۷۰	۱/۴۱-۳/۳۰	۰/۹۳-۳/۳۱	۰/۰۴-۰/۳۴	۱۱/۷-۳۵/۵	۴/۰۰-۶/۳۵	۲/۶۹-۴/۸۸
زمستان۹۷	۸/۸۰-۱۱/۱۰	۰/۷۳-۷/۰۴	۱/۵۵-۱۷/۱۰	۰/۰۴-۰/۲۱	۴/۴-۱۱/۸	۴/۳۴-۵/۹۹	۳/۰۰-۴/۵۴
بهار۹۸	۹/۳۰-۱۱/۱۰	۰/۹۷-۷/۸۷	۱/۴۱-۶/۰۷	۰/۰۵-۱/۰۳	۳/۴-۹/۷	۲/۴۸-۶/۶۱	۱/۲۸-۵/۱۲
تابستان۹۸	۱۱/۱۰-۱۱/۴۰	۰/۷۳-۵/۹۳	۰/۶۸-۳/۰۶	۰/۱۳-۰/۵۲	۲/۶-۷/۵	۴/۷۶-۶/۳۱	۳/۴۰-۴/۸۴
میانگین سالانه	۱۰/۸۱±۰/۶۵	۲/۴۵±۱/۴۹	۲/۱۹±۱/۲۰	۰/۲۲±۰/۱۷	۷/۷±۵/۸	۵/۳۳±۰/۶۷	۳/۹۲±۰/۶۵
نیم خط ها							
آستارا	۱۰/۰۰-۱۱/۴۰	۱/۲۶-۷/۰۴	۰/۸۵-۳/۰۶	۰/۰۵-۰/۲۶	۳/۵-۱۶/۶	۲/۴۸-۶/۰۳	۱/۲۸-۴/۵۸
انزلی	۹/۴۰-۱۱/۴۰	۱/۵۸-۷/۸۷	۱/۱۵-۶/۰۱	۰/۰۹-۰/۵۲	۳/۹-۳۲/۱	۴/۸۵-۶/۳۵	۳/۴۸-۴/۸۸
سفیدرود	۸/۸۰-۱۱/۴۰	۱/۸۵-۴/۵۷	۰/۶۸-۶/۰۷	۰/۰۹-۰/۲۸	۴/۵-۳۴/۵	۴/۷۶-۶/۱۷	۳/۴۰-۴/۷۱
رامسر	۱۰/۳۰-۱۱/۴۰	۰/۷۳-۵/۹۳	۱/۱۵-۲/۳۸	۰/۰۴-۰/۲۶	۲/۹-۱۸/۷	۴/۷۱-۵/۸۱	۳/۳۵-۴/۳۷
نوشهر	۱۰/۴۰-۱۱/۴۰	۰/۷۸-۴/۷۴	۱/۴۲-۴/۱۰	۰/۰۴-۰/۲۸	۲/۹-۱۲/۴	۴/۳۳-۶/۱۱	۳/۰۰-۴/۶۵
بابلسر	۱۰/۳۰-۱۱/۳۰	۰/۷۳-۲/۰۹	۰/۹۸-۲/۴۲	۰/۰۵-۰/۳۶	۵/۸-۱۸/۰	۴/۰۰-۵/۷۸	۲/۶۹-۴/۳۴
امیرآباد	۱۰/۷۰-۱۱/۴۰	۰/۸۰-۲/۵۵	۱/۰۵-۱۷/۱۰	۰/۱۵-۰/۷۱	۴/۶-۱۱/۷	۴/۹۱-۵/۹۹	۳/۵۴-۴/۵۴
بندرترکمن	۹/۳۰-۱۱/۷۰	۱/۰۲-۳/۰۹	۰/۹۳-۴/۳۴	۰/۰۴-۱/۰۳	۴/۸-۱۴/۱	۴/۳۴-۶/۶۱	۳/۰۰-۵/۱۲
ناحیه ها							
غربی	۸/۸۰-۱۱/۴۰	۱/۲۶-۷/۸۷	۰/۶۸-۶/۰۷	۰/۰۵-۰/۵۲	۳/۵-۳۴/۵	۲/۴۸-۶//۳۵	۱/۲۸ -۴/۸۸
مرکزی	۱۰/۳۰-۱۱/۴۰	۰/۷۳-۵/۹۶	۰/۹۸-۴/۱۰	۰/۰۴-۰/۳۶	۲/۶-۱۸/۷	۴/۰۰-۶/۱۱	۲/۶۹-۴/۶۵
شرقی	۹/۳۰-۱۱/۷۰	۰/۸۰-۳/۰۹	۰/۹۳-۱۷/۱۰	۰/۰۴-۱/۰۳	۴/۶-۱۴/۱	۴/۳۴-۶/۶۱	۳/۰۰-۵/۱۲
اعماق							
۵ متر	۱۱/۱۰-۱۱/۴۰	۰/۸۰-۴/۴۲	۰/۸۵-۲/۱۲	۰/۱۳-۰/۳۴	۳/۲-۷/۵	۵/۳۹-۶/۱۶	۳/۹۸-۴/۷۰
۱۰ متر	۹/۰۰-۱۱/۷۰	۰/۷۳-۷/۸۷	۰/۶۸-۶/۰۷	۰/۰۴-۰/۵۴	۲/۶-۳۴/۵	۳/۶۱-۶/۶۱	۲/۳۳-۵/۱۲
۳۰ متر	۸/۸۰-۱۱/۴۰	۰/۷۳-۷/۰۴	۱/۰۸-۱۷/۱۰	۰/۰۴-۱/۰۳	۳/۴-۹/۷	۲/۴۸-۶/۲۷	۱/۲۸-۴/۸۰

تغییرات سطح تروفیک TRIXcs و UNTRIX فصول، ناحیه‌ها و اعماق مختلف در ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (سال‌های ۹۸-۱۳۹۷) در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که میانگین سطح تروفیک TRIXcs و UNTRIX

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

به‌ترتیب برابر ۰/۶۷±۵/۳۳ و ۰/۶۵±۳/۹۲ ثبت گردید. براساس آزمون واریانس یکطرفه میانگین سطح تروفیک TRIXcs و UNTRIX فقط بین فصول مختلف اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<0/05$) و براساس آزمون دانکن میانگین سطح تروفیک TRIXcs و UNTRIX به دو گروه تابستان و سایر فصول تفکیک گردیدند.



شکل ۲: تغییرات زمانی-مکانی سطح تروفیک TRIXcs و UNTRIX درسواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 2: Spatial-temporal changes of TRIXcs and UNTRIX in the coastal waters of the southern Caspian Sea (2018-2019)

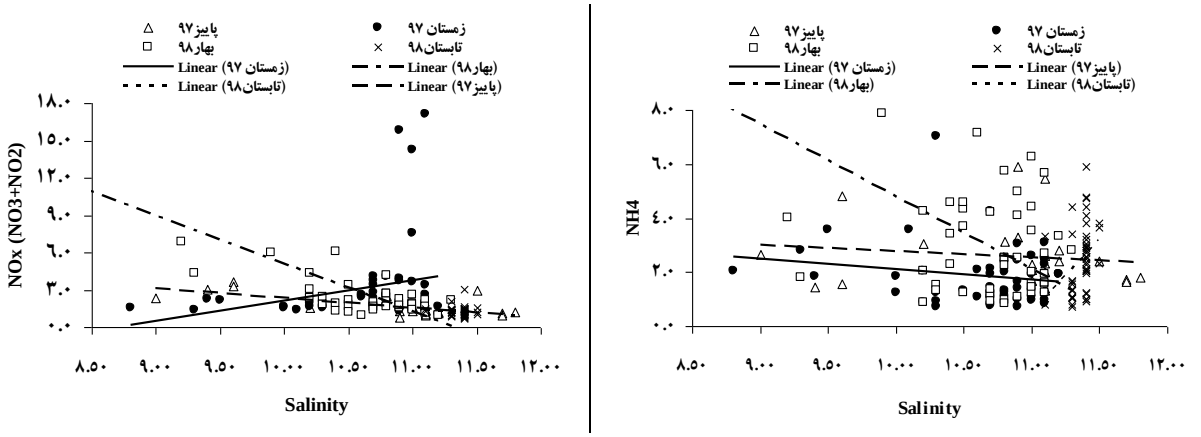
در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر شوری در دامنه ۸/۸-۱۱/۷ گرم بر لیتر است. در این تحقیق غلظت NH4 و NOx به‌ترتیب با دامنه تغییرات غلظتی ۰/۷۳-۷/۸۷ و ۰/۶۸-۱۷/۱ میکرومولار بوده است. شیب خط روند NH4 در مقابل شوری کاهشی (به‌خصوص در فصل بهار) می‌باشد. همچنین شیب خط روند NOx در مقابل شوری کاهشی (به‌جز در فصل زمستان) گردید (شکل ۳).

در این تحقیق دامنه غلظتی DIP ۰/۰۴-۱/۰۳ میکرومولار بوده است. پراکندگی رابطه DIP-شوری همانند NH4-شوری نسبت به پراکندگی NOx-شوری قابل ملاحظه

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

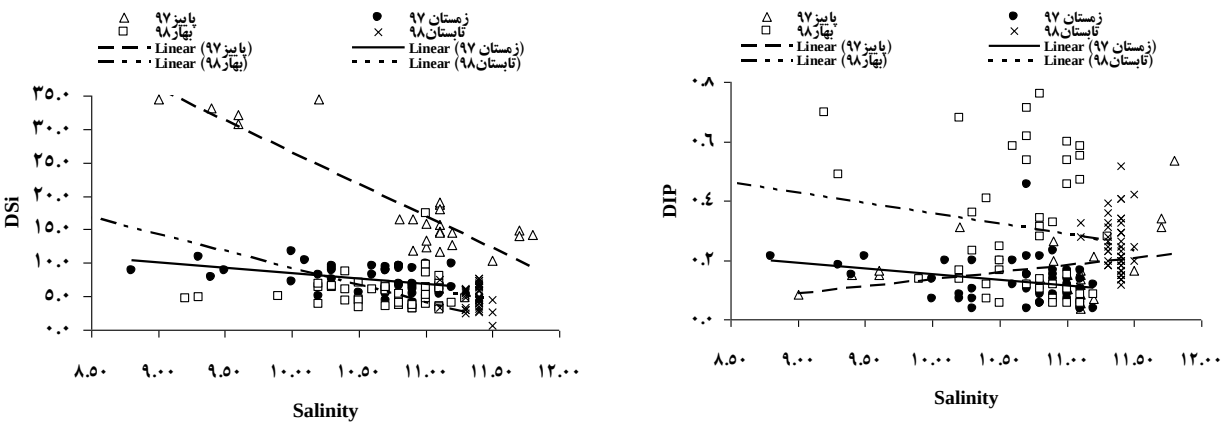
[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

می‌باشد (شکل ۴). شیب خط این نمودار در فصول مختلف متفاوت است به‌طوری‌که شیب خط در تمام فصول (به‌جز فصل پاییز) کاهشی بوده است که این نشان می‌دهد که آب شیرین در سه فصل زمستان، بهار و تابستان دارای بالاترین غلظت DIP بوده است. در تحقیق حاضر تغییرات غلظتی DSi در محدوده ۲/۶-۳۴/۵ میکرومولار بوده است و حداکثر غلظت DSi در نزدیکی سواحل غربی در نیم خط سفیدرود ثبت شد. همچنین شیب خط DSi -شوری در فصول مختلف کاهشی بوده است.



شکل ۳: پراکندگی غلظت فصلی آمونیم (میکرومولار) و نیترات+نیتریت (میکرومولار) در مقابل شوری در آبهای ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 3: Seasonal scatter plot of NH4 (µM) and NOx (µM) versus salinity in the coastal waters of the southern Caspian Sea (2018-2019)



شکل ۴: پراکندگی غلظت فصلی فسفات (میکرومولار) و سیلیس محلول (میکرومولار) در مقابل شوری در آبهای ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

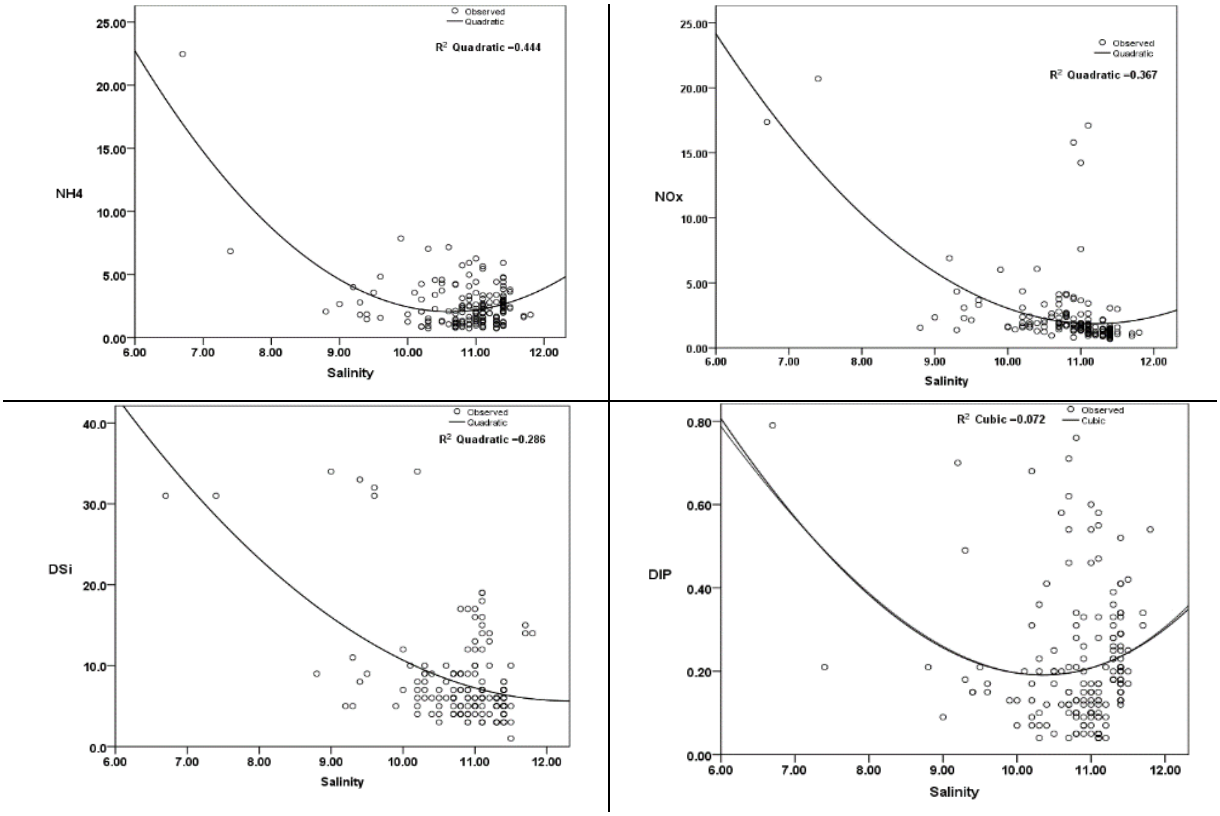
Figure 4: Seasonal scatter plot of DIP (µM) and DSi (µM) versus salinity in the coastal waters of the southern Caspian Sea (2018-2019)

پویایی و دینامیک NH4، NOx، DIP و DSi در مقابل شوری متفاوت است به‌طوری‌که بین مواد مغذی و شوری، رابطه خطی نیست و دارای عملکرد هایپربولیک (تابع درجه دوم و سوم) می‌باشد (شکل ۵).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

در این مطالعه بررسی تغییرات مواد مغذی در سواحل جنوبی دریای خزر روند طولانی مدت تغییرات مواد مغذی در دریای خزر به همراه تحقیق حاضر (۹۸-۱۳۹۷) بررسی گردید. شکل‌های ۶ و ۷ نشان داد که فرم‌های مختلف نیتروژن بر خلاف فسفر و سیلیس محلول روند افزایشی داشته است.

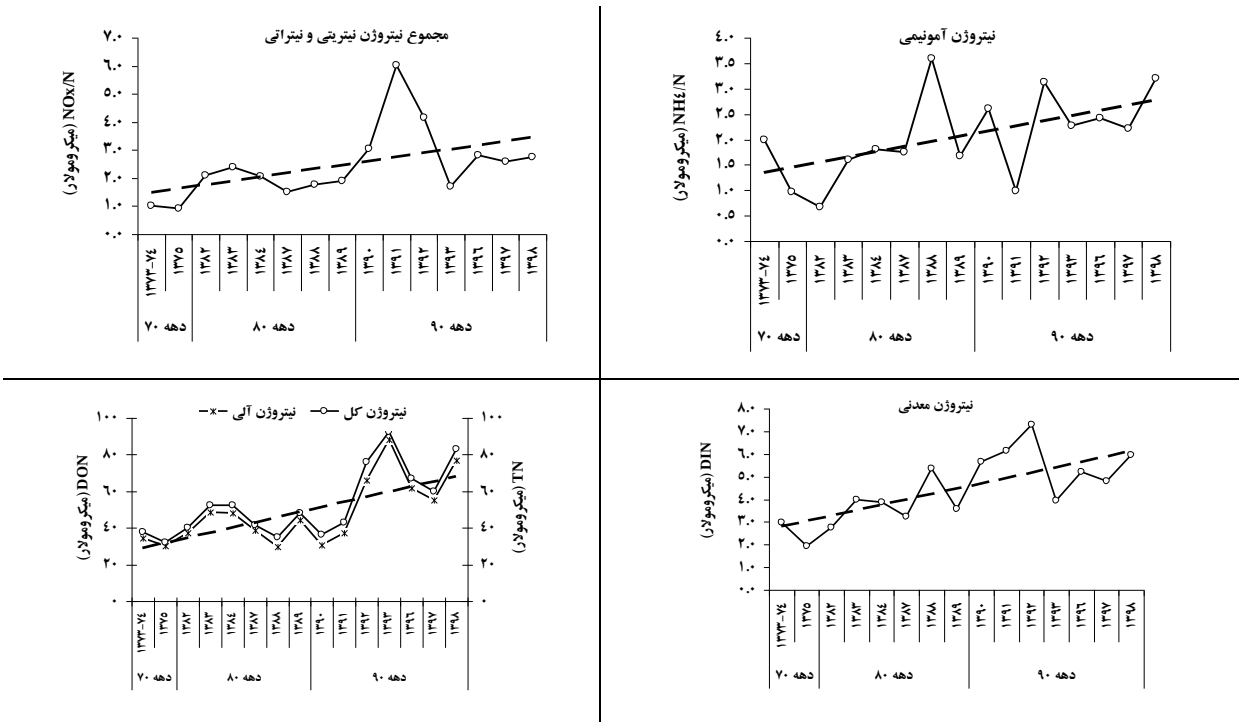


شکل ۵: پراکندگی سالانه غلظت NH4، NOx، DIP و DSi در مقابل شوری در آبهای ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 5: Annual scatter plot of NH4, NOx, DIP and DSi versus salinity in the coastal waters of the southern Caspian Sea (2018-2019)

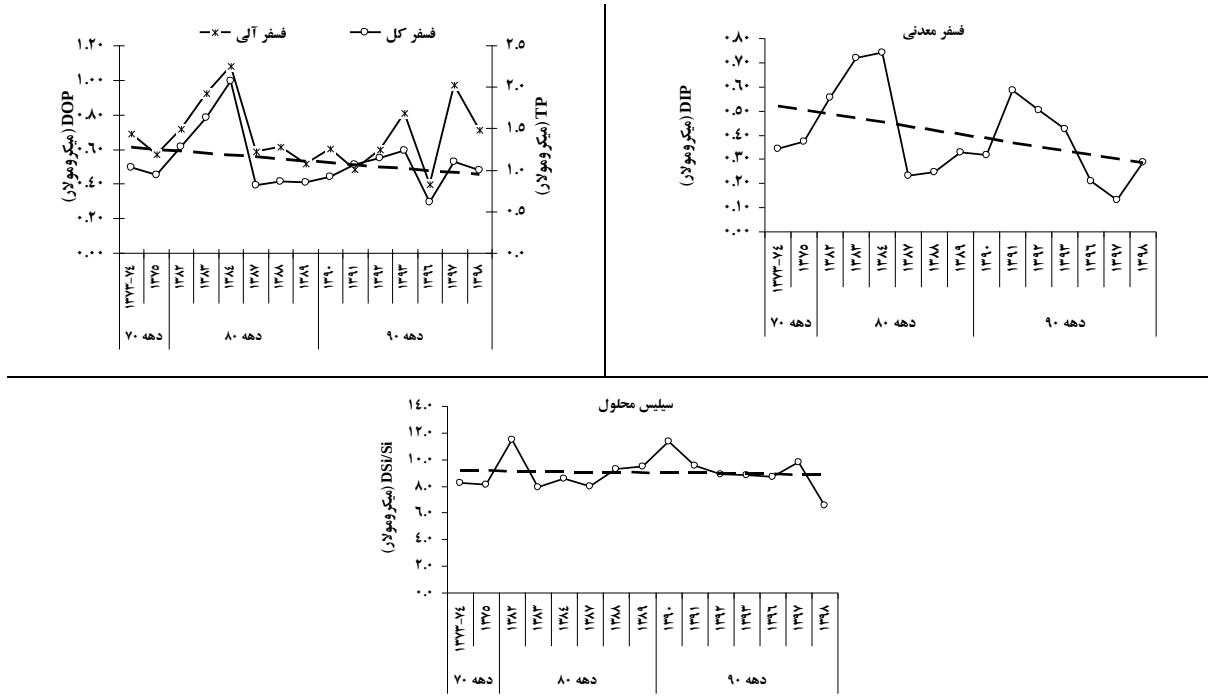
[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]



شکل ۶: تغییرات سالانه دراز مدت (۹۸-۱۳۷۳) غلظت فرم‌های مختلف نیتروژن در لایه سطحی حوزه جنوبی دریای خزر

Figure 6: Long term changes (1994-2019) different forms of nitrogen in the surface coastal waters of the southern Caspian Sea (2018-2019)



شکل ۷: تغییرات سالانه دراز مدت (۹۸-۱۳۷۳) غلظت فرم‌های مختلف فسفر و سیلیس محلول در لایه سطحی حوزه جنوبی دریای خزر

Figure 7: Long term changes (1994-2019) different forms of phosphorous and silicon in the surface coastal waters of the southern Caspian Sea (2018-2019)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

بحث

الگوهای شوری مکانی اطلاعات ارزشمندی را در مورد غلظت مواد مغذی پس زمینه[1]، اهمیت آب شیرین به عنوان منبع ورودی مواد مغذی و در برخی موارد حتی در فرآیندهای داخلی فراهم می‌کند. این اطلاعات تصویر درستی از منطقه تحت تأثیر یوتریفیکاسیون ارائه می‌دهد (Ærtebjerg *et al.*, 1998). Ærtebjerg و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که الگوهای غلظت NH4-شوری دریای شمال در نقاط حداکثر[2] در دهانه رودخانه‌های سواحل کشورهای هلند و آلمان واقع می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز در ناحیه غربی دریای خزر، وجود تالاب در نیم خط بندر انزلی و رودخانه پر آب سفید رود سبب شد که حداکثر غلظت NH4 (۷/۹ و ۴/۶ میکرومولار) در این ترانسکت ها ثبت گردد که با یافته‌های مذکور مطابقت دارد. در دریای شمال، پویایی و دینامیک NH4 و NOx در ارتباط با شوری یکسان نبوده است. در طول زمستان، اکسیداسیون آمونیم به نیتریت و نیترات مهمترین فرایند می‌باشد به‌طوری‌که ورود آمونیوم به‌وسیله آب شیرین به سواحل دریا منتهی به تجمع NH4 و NOx (طی فرآیند اکسیداسیون) در مکان‌های دور از ساحل[3] می‌شود. زیرا فرآیند نیتریفیکاسیون سبب ماندگاری نسبتاً کوتاه آمونیم در اکوسیستم های دریایی می‌شود. در اعماق بالاتر (دور از مناطق ساحلی) نقاط دارای حداکثر مقادیر NOx بیشتر از NH4 بوده‌اند. به بیان دیگر، فرآیند اکسیداسیون و نیتریفیکاسیون بیشتر صورت گرفته است (Ærtebjerg, 2001). در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با شوری ۱۱/۷-۸/۸ گرم برلیتر روند غلظت NH4 و NOx به‌ترتیب با دامنه تغییرات غلظتی ۷/۸۷-۰/۷۳ و ۱۷/۱-۰/۶۸ میکرومولار در مقابل شوری به‌ترتیب کاهشی (به‌خصوص در فصل بهار) و کاهشی (به‌جز در فصل زمستان) بوده است با این تفاوت که با توجه به مناسب بودن اکسیژن محلول آب در این نوار ساحلی اکسیداسیون NH4 و NOx در اعماق بالاتر (با شوری بیشتر) مشهود می‌باشد به‌طوری‌که در منطقه مورد مطالعه حداکثر غلظت NH4 کمتر از ۸ میکرومولار و غلظت NOx کمتر از ۱۸ میکرومولار ثبت گردید که با یافته مذکور مطابقت دارد.

در دریای شمال به طور معمول پساب مناطق شهری منابع اصلیDIP بودند. این امر سبب شد که پراکندگی داده‌ها در نمودار DIP- شوری به طور قابل توجهی بیش از نمودار NOx–شوری گردد (Andersson and Rydberg, 1988). در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر دامنه غلظتی DIP ۱/۰۳-۰/۰۴ میکرومولار بوده است و پراکندگی نقاط در رابطه DIP-شوری در مقایسه با NOx-شوری قابل ملاحظه می‌باشد که با یافته مذکور مطابقت دارد. در مطالعه حاضر، شیب خط نمودار DIP-شوری در فصول مختلف متفاوت بوده به‌طوری‌که شیب خط در تمام فصول (به‌جز فصل پاییز) کاهشی بوده که نشان می‌دهد، آب شیرین در سه فصل زمستان، بهار و تابستان دارای بالاترین غلظت فسفات بوده است. شایان ذکر است، در اواخر زمستان ۹۷ و اوایل بهار ۹۸ سیل شدید (ورود پساب‌های شهری) در رودخانه‌های منتهی به حوزه جنوبی دریای خزر (به‌خصوص در ناحیه شرقی) اتفاق افتاد که اثرات افزایش غلظت DIP (نیم خط بندرترکمن) حتی در فصل تابستان با کاهش دبی رودخانه، مشهود و بارز بوده است.

مطالعه در دریای بالتیک (Belt Sea and Kattegat) نشان داد که شیب نمودار DIP-شوری بسیار کم بود. این امر بیانگر عدم ورود منابع محلی/ ناحیه ای خاص از DIP به رودخانه‌های منتهی به دریا می‌باشد و ورودی آب شیرین نروژ تأثیر ناچیزی در وضعیت یوتریفیکاسیون دارد. اما در دریای بالتیک (خلیج بوتانیا) کاهش DIP تحت فرآیند متفاوتی صورت گرفت. در این اکوسیستم که دارای مقدار مناسب اکسیژن بوده است، غلظت کم DIP در آبهای سطحی به این دلیل است که واکنش DIP با ترکیبات آهن به رسوبات انتقال می‌یابد (Ærtebjerg *et al.*, 1998). در دریای خزر نیز اکسیژن کافی وجود دارد و غلظت فلزاتی همچون آهن قابل ملاحظه است (Niyazi *et al.*, 2016). تحت این شرایط به طور قابل توجهی فسفر به رسوب منتقل می‌شود که غلظت فسفر قابل دسترس در رسوبات سطحی این ناحیه از دریای خزر بیش از ۵۰۰۰ برابر غلظتDIP در ستون آبی می‌باشد که یافته مذکور را تایید می‌نماید. بنابراین، در این شرایط ممکن است الگویی واضح از روابط بین DIP و شوری قابل مشاهده نباشد. این وضعیت با داده‌های مطالعه حاضر نیز منطبق بود به‌طوری‌که رابطه معنی‌دار نه تنها در رابطه

[1] Back ground Concentration
[2] Hot spot
[3] Offshore

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

خطی بین DIP و شوری بلکه در رابطه هایپربولیک آنها نیز مشاهده نشد.

در دریای شمال رابطه بین غلظت DSi و شوری دقیقاً مشابه الگوی رابطه غلظت NOx و شوری بود به‌طوری‌که در مناطق ساحلی که رودخانه وجود دارد (سواحل انگلستان، دانمارک و آلمان) افزایش قابل ملاحظه‌ای از DSi مشاهده می‌گردد (Andersson and Rydberg, 1988). در تحقیق حاضر، تغییرات غلظتی DSi برابر ۲/۶-۳۴/۵ میکرومولار بوده است و حداکثر غلظت در نزدیکی سواحل غربی تحت تأثیر بزرگترین رودخانه سواحل جنوبی دریای خزر (سفیدرود) ثبت شد. در حوزه جنوبی دریای خزر الگوی پراکندگی DSi-شوری بر خلاف دریای شمال با الگوی NH4-شوری مطابقت دارد. DSi منشأ آنتروپوژنیک ندارد و از نظر یوتریفیکاسیون مشکلی برای اکوسیستم‌ها ایجاد نمی‌کند.

پویایی و دینامیک NH4، NOx، DIP و DSi در مقابل شوری در دریای شمال و دریای بالتیک متفاوت است به‌طوری‌که رابطه بین مواد مغذی و شوری به جای عملکرد خطی (خط روند)، عملکردی هایپربولیک (تابع درجه دوم و سوم) می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که احتمالاً مواد مغذی درون اکوسیستم براساس فرآیندهای رسوب‌گذاری و اکسیداسیون (نیتریفیکاسیون، دنیتریفیکاسیون) حذف می‌شوند (Andersson, 1996). در مطالعه حاضر نیز پویایی و دینامیک سالانه NH4، NOx، DIP و DSi در مقابل شوری متفاوت بوده است. این نوع رابطه غیرخطی به‌وضوح نشان می‌دهد که حداقل دو فرآیند اختلاط و مصرف آن در اکوسیستم، غلظت مواد مغذی را کاهش می‌دهد. با توجه به مطالب مذکور جهت بررسی تغییرات مواد مغذی در سواحل جنوبی دریای خزر روند طولانی‌مدت تغییرات مواد مغذی در دریای خزر به همراه تحقیق حاضر (۹۸-۱۳۹۷) بررسی گردید. شکل‌های ۶ و ۷ نشان داد که فرم‌های مختلف نیتروژن بر خلاف فسفر و سیلیس محلول روند افزایشی داشته‌است.

در جدول ۲، فاکتور افزایش و کاهش پارامترهای NH4، NOx ، فسفرمعدنی (DIP) و سیلیس محلول (DSi) آبهای سطحی حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده شده است. طبق این جدول، روند افزایش پارامترهای نیتروژنی در این ناحیه بیش از روند کاهش DIP بوده و روند تغییرات سیلیس محلول بطئی بوده است. همچنین در شکل‌های ۶ و ۷ ضریب خط روند برای افزایش NH4(+۰/۰۶۸)، NOx (+۰/۱۱۶) بیشتر از ضریب خط روند کاهش DIP (-۰/۰۲۰) است که مطالب مذکور را تایید می‌کند. تجزیه و تحلیل غلظت‌های NOx و DIP در مقایسه با داده‌های مرجع در لایه سطحی نشان داد که در دهه‌های ۱۳۸۰ و اوائل دهه ۱۳۹۰، افزایش ۳/۸-۶/۳ برابر در غلظت NOx و افزایش ۱/۴-۱/۲ برابر در DIP صورت گرفته است (جدول ۲). اما در تحقیق حاضر تقریباً ۵/۰ برابر افزایش در غلظت NOx و ۰/۶۷ برابر کاهش در غلظت DIP نسبت به داده‌های مرجع ثبت گردید. همچنین روند DSi در کل این حوزه در دهه‌های مختلف نسبت به سال‌های مرجع تقریباً ثابت بوده است.

جدول ۲: فاکتور افزایش/کاهش مواد مغذی در آبهای سطحی حوزه جنوبی دریای خزردر دهه ۸۰، اوائل دهه ۹۰ و تحقیق حاضر در مقایسه با مقادیر سال‌های مرجع (Reference values)

Table 2: Factor of increases/decreases of nutrients in surface waters of the southern of the Caspian Sea in the 80_s decade, early 90_s decade and the present study in comparison with the values of the reference years

سال	پارامتر			
	DSi	DIP	NOx	NH4
سال‌های مرجع (۷۵-۱۳۷۳) دریای خزر	۸/۱۶(µM)	۰/۳۳ (µM)	۰/۵۲(µM)	۰/۶۴(µM)
	فاکتور (Folds)			
دهه ۱۳۸۰	+۲/۸۸	+۳/۷۵	+۱/۴۲	+۱/۱۱
اوائل دهه ۱۳۹۰	+۳/۴۱	+۶/۲۷	+۱/۱۹	+۱/۱۶
۹۸-۱۳۹۷	+۴/۲۳	+۵/۱۲	-۰/۶۷	۱/۰۰

فاکتور= یعنی چند برابر (Folds) نسبت به سال‌های مرجع، علامت+: افزایش، علامت-: کاهش

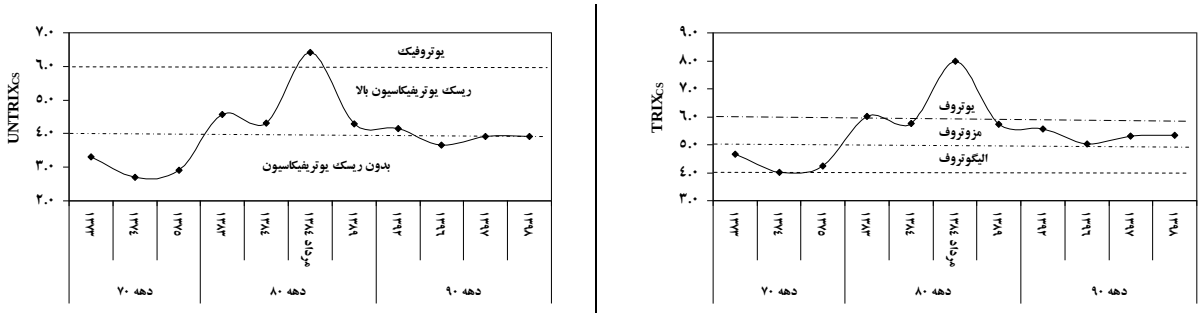
[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

Nausch و همکاران (۱۹۹۹) با مقایسه افزایش در غلظت مواد مغذی با استفاده از فسفر مصنوعی و کودهای ازت در منطقه زهکشی دریای بالتیک، زمان پاسخ دریای بالتیک (افزایش مواد مغذی) در منطقه باز را نسبت به تغییر ورودی مواد مغذی به‌ترتیب ۱۰-۵ سال برآورد کردند. در حوزه جنوبی دریای خزر می‌توان اظهار نمود که بعد از ۱۰ سال اثر مصرف کودهای ازته سبب افزایش ۱/۴ برابری غلظت NOx (مقایسه دهه ۱۳۸۰ با تحقیق حاضر) شد که با یافته مذکور مطابقت داشته است. اما در خصوص اثر مصرف کودهای فسفره، در این ناحیه در دهه اول ۸۰ و دوم (اوائل دهه ۹۰) غلظت فسفر معدنی کمی افزایش داشته و در اواخر دهه ۹۰ (تحقیق حاضر) حتی کاهش هم نشان داده است. در دریاها میزان زیادی عناصر فلزی از قبیل منگنز، آلومینیم به‌خصوص آهن و کلسیم وجود دارد که با فسفات (DIP) بر خلاف ترکیبات نیتروژنی (محلول هستند) ترکیبات نامحلول را تشکیل می‌دهند و در رسوبات انباشته می‌شود. نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۵) بیان داشتند که در رسوبات سطحی دریای خزر غلظت فرم‌های مختلف فسفر نسبت به ستون آب بیش از ۵۰۰۰ برابر می‌باشد که ادعا مذکور را اثبات می‌کند.

فرض بر این است که ورودی DSi تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار نمی‌گیرد. لذا، تغییرات آن در دوره‌های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر تقریباً ثابت بوده است (شکل ۷ و جدول ۲). اما نکته قابل توجه آن است که نسبت مولی DSi/DIN طی سال‌های ۹۸-۱۳۷۳ به طور قابل توجهی کاهش یافته است (نصراله زاده ساروی، ۱۳۹۹). مطالعه در دریای بالتیک نشان داد که روند کاهشی نسبت DSi/DIN با افزایش رسوب‌گذاری ناشی از افزایش بارگذاری سیلیس بیوژنیک (به دلیل افزایش تولیدات دیاتومه‌ها) و غلظت مواد مغذی می‌باشد (Rahm *et al.*, 1996). این توضیح برای یافته مشابه در دریای خزر نیز قابل بیان می‌باشد.

روند تغییرات سطح تروفیک و ریسک یوتریفیکاسیون نشان داد که در دهه ۷۰ وضعیت دریا الیگوتروف و بدون ریسک یوتریفیکاسیون قرار داشته است. اما در دهه ۸۰ منطقه جنوبی اکوسیستم خزر با ورود شانه‌دار حتی نزدیک به وضعیت یوتروف قرار گرفت به‌طوری‌که در سال ۱۳۸۴ با شکوفایی جلبکی (Nasrollahzadeh Saravi *et al.*, 2014) کاملاً در حالت یوتروف قرار گرفت. اما در اوایل دهه ۹۰ اکوسیستم ترمیم یافته و به وضعیت مزوتروف و در مرز ریسک یوتریفیکاسیون بوده است (شکل ۸).



شکل ۸: تغییرات دراز مدت (۹۸-۱۳۷۳) سطح تروفیک TRIXcs و UNTRIX در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (داده‌های مرداد ۱۳۸۴ برگرفته از Soloviev (2005) می‌باشد)

Figure 8: Long term changes (1994-2019) of TRIXcs and UNTRIX in the surface coastal waters of the southern Caspian Sea (2018-2019) (Data at August 2005 adopted from Soloviev)

شرایط سطح تروفیک در نواحی مختلف و گاهی در سواحل مختلف حوزه جنوبی دریای خزر متفاوت می‌باشد. در دریای خزر میزان ورودی آب رودخانه‌ها به دریا برابر ۳۴۰ کیلومترمکعب می‌باشد. سهم رودخانه‌های ایران برابر ۵ درصد (۱۷ km^3) می‌باشد که در مقایسه با منطقه شمالی با بیش از ۸۰ درصد ورودی (>۲۷۲ km^3) بسیار

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

ناچیز می‌باشد (CSN, 2003). بنابراین، تاثیر رودخانه‌های حوزه جنوبی بر تغییرات سطح تروفیک و ریسک یوتریفیکاسیون در مقایسه با منطقه خزر شمالی کم و می‌توان بیان نمود که طولانی‌مدت می‌باشد به‌طوری‌که سطح تروفیک (TRIXcs) و ریسک یوتریفیکاسیون (UNTRIX) بعد از یک دهه (شکل ۸) به طور معنی‌داری از وضعیت اولیگوتروف و ریسک کم یوتریفیکاسیون به حالت مزوتروف و ریسک بالای یوتریفیکاسیون قرار گرفته است ($p<۰/۰۵$).

منابع

نصراله زاده ساروی، ح.، نصراله تبار، ع.، واحدی، ف.، مخلوق، آ. و پورنگ، ن.، ۱۳۹۵. پایش مواد مغذی رسوبات در محدوده استقرار قفس‌های پرورش ماهی (قبل از ماهی‌دار کردن) واقع در حوزه جنوبی دریای خزر(سواحل مازندران-کلارآباد). مجله زیست شناسی دریا، ۳۱(۸): ۳۴-۲۱.

نصراله زاده ساروی، ح.، ۱۳۹۹. پایش پارامترهای غیرزیستی (آب و رسوبات) در سواحل جنوبی دریای خزر تا عمق ۳۰ متر (۹۷-۱۳۹۸). موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، ۱۱۰ ص.

Ærtebjerg, G., Carstensen, J., Conley, D., Dahl, K., Hansen, J., Josefson, A., Kaas, H., Markager, S., Nielsen, T.G., Rasmussen, B., Krause-Jensen, D., Hertel, O., Skov, H. and Svendsen, L.M., 1998. Marine områder. Åbne farvande–status over miljøtilstand, årsagssammenhænge og udvikling. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. 248 P.

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

Andersson, L. and Rydberg, L., 1988. Trends in nutrient and oxygen conditions within the Kattegat: Effects of local nutrient supply. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 26(5): 559–579. DOI: 10.1016/0272-7714 (88)90006-6.

Andersson, L., 1996. Trends in nutrients and oxygen concentrations in the Skagerrak/Kattegat. *Journal of Sea Research*, 35(1-3): 63–71. DOI: 10.1016/S1385-1101 (96)90735-2.

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

Conley, D.J., Schelske, C.L. and Stoermer, E.F., 1993. Modification of the biogeochemical cycle of silica with eutrophication. *Marine Ecology Progress Series*, 101: 179–192. DOI: 10.3354/meps101179.

CSN (Caspian Scientific Network), 2003. Scientific Report on Caspian Sea Environment, 122P. Web:://www.caspinfo.net/caspian_seafacts/climate/content.htm**.** [Accessed 5 January 2005].

EEA, 2001. Database on aggregated data for the coastline of the Mediterranean, Atlantic, North Sea, Skagerrak, Kattegat and Baltic'. EEA Technical Report No 58. ETC/MCE publisher. 76 P.

Li, R.H., Liu, S.M., Li, Y.W., Zhang, G.L., Ren, J.L. and Zhang, J., 2014. Nutrient dynamics in tropical rivers, lagoons, and coastal ecosystems of eastern Hainan Island, South China Sea. *Biogeosciences*, 11: 481–506. DOI: 10.5194/bg-11-481-2014.

MEF (Ministry of Environment and Forestry), 2007. The notification to identify the closed bay and gulf qualified sensitive where fish farms are not suitable

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

to be established in the seas. Turkish official Gazette No. 26413. (In Turkish)

Nasrollahzadeh Saravi, H., 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(9): 1153-1165. DOI: 10.1016/j.csr.2008.02.015.

Nasrollahzadeh Saravi, H., Makhlough, A., Eslami, F. and Leroy Suzanne, A.G., 2014. Features of phytoplankton community in the southern Caspian Sea, a decade after the invasion of *Mnemiopsis leidyi*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(1): 145-167. DOI:10.18869/acadpub.ijfs.

Nausch, G., Nehring, D. and Ærtebjerg, G., 1999. Anthropogenic nutrient load of the Baltic Sea. *Limnologica*, 29(3): 233–241. DOI: 10.1016/S0075-9511 (99)80007-3.

Neilson, B.J. and Cronin, L.E., 1981. Estuaries and Nutrients. Humana Press, Clifton, New Jersey, 641 P.

Nixon, S.W., Granger, S.L. and Nowicki, B.L., 1995. An assessment of the annual mass balance of carbon, nitrogen and phosphorous in Narransett Bay. *Biogeochemistry*, 31: 15-61. DOI: 10.1007/BF00000805.

Niyazi, L., Chaichi M. J., Nasrollahzadeh Saravi, H. and Najafpour, Sh., 2016. Quantification of individual phosphorus forms in surface sediments of the Southern Caspian Sea-Iranian Coast: A sequential extraction procedure. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15(2): 677-686. DOI: 10.18869/acadpub.ijfs.

Rahm, L., Conley, D., Sandén, P., Wulff, F. and Stålnacke, P., 1996. Time series analysis of nutrient inputs to the Baltic Sea and changing DSi: DIN ratios. *Marine Ecology Progress Series*, 130: 221–228. DOI: 10.3354/meps130221.

Sapozhnikov, V.N., Agativa, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij, V.L. and Bandarikov, E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia.

Soloviev, D., 2005. Identification of the extent and causes of Cyanobacterial bloom in September−October 2005 and development of the capacity for observation and prediction of HAB in the Southern Caspian Sea using Remote Sensing Technique. http://www.caspianenvironment.org/newsite/DocCenter/2006/HABrep Final Full_ corrected compressed_pictures.doc.

Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G. and Rinaldi, A., 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 9: 329–357. DOI: 10.1002/(SICI)1099-095X(199805/06)9:3<329:AID-ENV308>3.0.CO;2-9.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]

Temporal-spatial changes of the trophic index (TRIXcs), the risk of eutrophication (UNTRIX) and the determination of affected areas using a spatial salinity pattern in the southern of Caspian Sea

Nasrollahzadeh Saravi, H. [1*]; Makhlough, A.[1]; Vahedi, F.[1]; Abedini, A.[2]; Daryanabard Gh.R.[1]; Kardar Rostami, M.[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-National Inland Water Aquaculture Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Guilan, Iran

Abstract

The spatial salinity patterns which give a picture of the area affected by eutrophication and trophic status changes at the ecosystem. The aim of this study was to determine the area affected by freshwater eutrophication using trophic level (TRIXcs), the risk of eutrophication (UNTRIX) and the nutrient-salinity scatter diagram. Also, the data of the present study are compared with previous year of studies. This research was conducted during 2018 to 2019 in eight transects and at 5, 10 and 30 meter depths of Iranian coasts of southern Caspian Sea. The results showed that mean seasonal changes of TRIXcs and UNTRIXcs were 4.94-5.59 and 3.57-4.17, respectively, which the highest trophic level and risk of eutrophication was observed in summer season. In addition to, trophic level (TRIXcs) risk of eutrophication (NUTRIX=4.30) of near the coast (5m depth) were high. Mean of TRIXcs and UNTRIX between different regions (western, middle and eastern) were not significant. In the present study, the maximum amounts of ammonium and soluble silica near the west coast were recorded in Anzali transect and also under the influence of the largest river Sefidrud in the southern shores of the Caspian Sea, but the points with maximum NOx and phosphate values were observed in the east (Amirabad and Bandar-e-Turkmen transects). The nonlinear relationship between NOx, NH4, DIP and DSi with salinity indicates that river flow and water mixing were affected nutrient concentration and changes of trophic levels in the study area.

Keywords: Trophic index, Risk of eutrophication, Nutrients- Salinity, Iranian coast, Caspian Sea

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1400.30.2.5.2]