



استفاده از شاخص‌های تروفیک مقیاسی و غیرمقیاسی در ارزیابی و طبقه‌بندی وضعیت تغذیه‌گرایی آب‌های ساحلی استان هرمزگان

غلامعلی اکبرزاده^{۱*}، لیلی محبی نوذر^۱، کیوان اجلالی^۱، رضا دهقانی^۲

^۱ بخش اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

^۲ معاونت تحقیقاتی، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان

نوع مقاله:	چکیده
پژوهشی	یکی از موضوعات مهم در مدیریت زیست محیطی آب‌های ساحلی ارزیابی شرایط تغذیه‌گرایی در آن می‌باشد. در تحقیق حاضر با بازنگری و توسعه شاخص‌های تروفی مقیاسی و غیرمقیاسی، شرایط تغذیه‌گرایی آب‌های ساحلی استان هرمزگان به طور ماهانه در سال ۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در آب‌های ساحلی استان هرمزگان محدوده تغییرات شاخص مقیاسی از ۳/۶ تا ۵/۹ و وضعیت تغذیه‌گرایی از حالت الیگو-مزوتروف در منطقه چهار، مزوتروف در منطقه دو و سه، تا حالت مزو-یوتروف در منطقه یک و شاخص غیرمقیاسی از ۳/۱۴ در منطقه چهار (عدم ریسک) تا ۵/۸ با ریسک بالا در مناطق یک و دو و سه متغیر بود. سطح تغذیه‌گرایی در آب‌های ساحلی مورد مطالعه از حالت خیلی خوب در منطقه چهار تا حالت خوب در سایر مناطق در نوسان بود. با توجه به میانگین ضریب کارایی شاخص تروفی (0.3 ± 0.04)، میزان مواد مغذی قابل دسترس جهت جمعیت فیتوپلانکتونی در آب‌های نزدیک ساحلی بندرعباس، به مراتب بیشتر از سایر مناطق بود. به طور کلی نتایج حاصل از بازنگری و توسعه شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی در این تحقیق نشان داد که استفاده از آنها می‌تواند برای ارزیابی شرایط تغذیه‌گرایی آب‌های ساحلی نتایج قابل قبولی را به دست آورد.
تاریخچه مقاله: دریافت: ۹۴/۰۹/۰۸ اصلاح: ۹۵/۰۱/۱۰ پذیرش: ۹۵/۰۲/۲۲	
کلمات کلیدی: تغذیه‌گرایی تروفی شاخص مقیاسی	

مقدمه

یوتروفیکاسیون یا غنی شدن آب از مواد مغذی یکی از مشکلات عمده اکوسیستم‌های آبی از جمله تالاب‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها (Mirzajani *et al.*, 2010) و آب‌های ساحلی و دریایی (Yucel- Gier *et al.*, 2011; Shahrban and Etemad-) (Taebi *et al.*, 2005; Shahidi, 2010) محسوب می‌شود. یکی از پارامترهای مهم در مطالعات آبی تعیین سطح تروفیکی از طریق نشانگرهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک می‌باشد (Nasrollahzadeh Saravi *et al.*, 2008). ارزیابی شرایط و خطر شکوفایی پلانکتونی به عنوان یکی از مسائل مهم مدیریت زیست محیطی آب‌های ساحلی مطرح می‌باشد (Yucel- Gier *et al.*, 2011; Painting *et al.*, 2005) و می‌تواند در پیشگیری و کنترل شکوفایی جلبکی منابع آبی بسیار مفید واقع گردد (Primpas and Karydis, 2009; Primpas *et al.*, 2010; Specchiulli, 2010; Zoriasatein *et al.*, 2013) برای تعیین شرایط تروفی، شاخص‌های متعددی وجود دارد (Sharban and Etemad-Shahidi, 2010; Primpas *et al.*, 2008). امروزه استفاده از

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: gholamaliakbarzadeh@gmail.com

شاخص‌های کمی تک متغیره برای ارزیابی شرایط تروفي بسیار محدود شده است. چون ممکن است سبب قضاوت‌های نادرست گردد (Specchiulli *et al.*, 2010; Primpas *et al.*, 2010). طبیعت چند بعدی پدیده یوتریفیکاسیون به این معناست که استفاده از یک متغیر نمی‌تواند نشان دهنده شرایط تغذیه‌گرایی یک محیط آبی باشد (Karydis, 2009). استفاده از شاخص‌های کمی چند متغیره مناسب‌ترین روش برای ارزیابی شرایط تغذیه‌گرایی پیکره‌های آبی محسوب می‌شود. شاخص مقیاسی تریکس TRIX توسط Volleinweider و همکاران در سال ۱۹۸۳ برای ارزیابی شرایط تغذیه‌گرایی آب‌های ساحلی آدریاتیک پیشنهاد گردید. در تعداد زیادی از مطالعات خارجی و خیلی محدود در مطالعات داخلی برای بررسی شرایط تغذیه‌گرایی اکوسیستم‌های ساحلی از این شاخص استفاده شده است که نمونه‌هایی از آن شامل تعیین وضعیت مزوتروفیک خور VARNA در بخش غربی دریای سیاه، وضعیت هایپر تروفیک خلیج TRIESTE در بخش جنوبی دریای آدریاتیک (Moncheva *et al.*, 2002)، تعیین کیفیت آب بخش شمالی خلیج فنلاند (Vascetta *et al.*, 2004)، وضعیت تروفي منطقه Cilician شمال غربی مدیترانه (Mehmet saleh, 2013)، وضعیت هایپر تروفي بخشی از سواحل شمال غربی هندوستان (Bijoy Nandan *et al.*, 2014)، وضعیت مزوتروف حوضه جنوبی دریای خزر (Nasrollahzadeh saravi *et al.*, 2008)، وضعیت مزوتروف و مزوتروف حوضه جنوبی دریای خزر (Shahrban and Etemad-Shahidi, 2010)، وضعیت مزوتروفیک آب‌های شمال شرقی خلیج فارس (Taebi *et al.*, 2005) و شرایط تروفي سواحل عمان در آب‌های ایرانی محدوده استان هرمزگان (Sarraji, 2014) را نام برد. این شاخص ترکیبی خطی از ۴ متغیر شامل نیتروژن معدنی و فسفر کل (به عنوان عوامل غیرزیستی موثر بر تولید زی‌توده)، کلروفیل a (شاخص میزان تولیدات فیتوپلانکتونی) و درصد اکسیژن اشباعیت (به عنوان یک شاخص بیوتیک) تشکیل شده است. در سال ۲۰۰۷، Pettine و همکاران در مطالعات خود علاوه بر بازنگری شاخص تریکس، شاخص‌های غیرمقیاسی UNTRIX و TQR_{TRIX} را برای اکوسیستم‌های دریایی پیشنهاد نمودند. در این تحقیق از شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی (TRIX, UNTRIX and TQR_{TRIX}) برای ارزیابی و طبقه‌بندی کمی و کیفی شرایط تروفیک آب‌های ساحلی استان هرمزگان استفاده شده است.

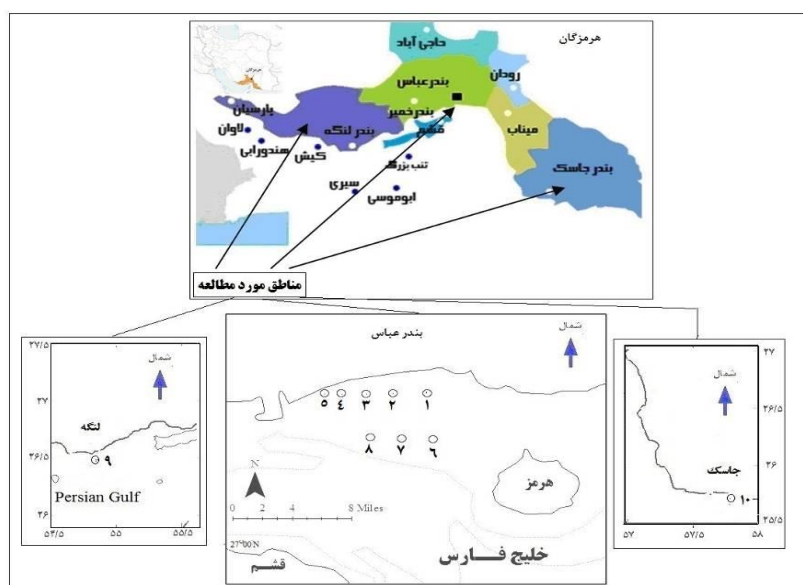
مواد و روش‌ها

این تحقیق در آب‌های ساحلی استان هرمزگان با مختصات جغرافیایی ۲۴° ۲۵ تا ۵۷° ۲۸ عرض شمالی و ۴۱° ۵۳ تا ۱۵° ۵۹ طول شرقی، طی ۱۲ ماه در سال ۱۳۹۱ صورت گرفت. نمونه برداری آب از ۱۰ ایستگاه انتخابی در سه بخش غربی (بندر لنگه)، مرکزی (بندر عباس) و شرقی (بندر جاسک) صورت گرفت. موقعیت ایستگاهها در شکل ۱ آمده است. با توجه به شرایط مکانی ایستگاهها از لحاظ هیدروبیولوژیک و حساسیت آنها نسبت به آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی ایستگاه‌ها به چهار منطقه تقسیم شدند که خصوصیات این مناطق در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. شرایط مکانی ایستگاه‌ها و مناطق نمونه برداری در آب‌های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

شرایط	منطقه
ایستگاه ۱ (سور): محل دریافت بخشی از پساب‌های شهری و خانگی و سایر فعالیت‌های انسانی، ۲ (اسکله پشت شهر): محل توقف لنج‌ها و قایق‌های ماهیگیری، ۳ (خور گور سوزان): نزدیک محل ورود پساب‌های تصفیه شده شهر بندر عباس به ساحل، ۴ (اسکله شیلات نزدیک به ایستگاه ۳ تحت تاثیر پساب‌ها) و ۵ (آب‌های ساحلی مجاور پارک دولت)	یک (آب‌های نزدیک ساحل مجاور شهر بندر عباس) - فاصله تا خط ساحلی ۲۰۰ متر
ایستگاه ۶ (نزدیک ساحل جزیره هرمز)، ۷ (بین قشم و هرمز)، محل ترابری کشتی‌های باربری و مسافربری، ۸ (لنگرگاه): محل توقف کشتی‌های تجاری باربری و نفتی ...)	دو (آب‌های دور از ساحل روبروی شهر بندر عباس) - فاصله تا خط ساحلی حدود ۳۰۰۰ متر
ایستگاه ۹: ساحل مجاور شهر لنگه، بادریافت‌ناچیز پساب‌های شهری	سه (بندر لنگه) - فاصله تا خط ساحلی ۲۰۰ متر
ایستگاه ۱۰: ساحل مجاور شهر جاسک با شرایط خوب کیفیت آب	چهار (بندر جاسک) - فاصله تا خط ساحلی ۲۰۰ متر

در این مطالعه برای سنجش نیترات، نیتريت، آمونیوم و فسفات، نمونه برداری آب در لایه سطحی (لایه تروفیک) با ۳ بار تکرار و با استفاده از بطری نمونه بردار روتنر صورت گرفت. به طور کلی برای تحلیل و محاسبه شاخص‌های تروفیکی از ۲۱۶۰ نمونه با ساختار ماتریس داده ایی شامل ۱۲ ماه 10×10 ایستگاه 6×6 متغیر با ۳ تکرار استفاده گردید. اکسیژن محلول و کلروفیل a با استفاده از دستگاه^۱ CTD مدل Ocean seven-316 ساخت شرکت هیدرونات ایتالیا در ستون آب اندازه‌گیری گردید. نمونه‌های مربوط به مواد مغذی پس از جمع‌آوری تحت شرایط خاص (در دمای 4°C توسط پودر یخ) نگهداری به آزمایشگاه پژوهش‌شده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان انتقال و سپس با استفاده از پمپ خلاء و کاغذهای میلی پور^۲ با قطر 0.45 میکرون، فیلتر و تا زمان آنالیز در فریزر نگهداری شدند (Strickland & Parsons, 1972). اندازه‌گیری نیترات بر اساس روش احیاء کادمیم، نیتريت بر اساس واکنش با یک آمین آروماتیک (سولفانیل آمید)، آمونیاک کل^۳ (آمونیم) بر اساس ایندوفنل آبی در حضور کاتالیزور نیتروپروئوسید، فسفات نیز بر اساس تشکیل کمپلکس آمونیوم فسفومولیدات صورت گرفت. اندازه‌گیری تمام نمونه‌های مربوط به مواد مغذی به صورت خودکار (Auto analyzer) با استفاده از دستگاه سنجش (Skalar San^{plus} Analyzer)، ساخت کشور هلند بر مبنای SFA (Analysis Segmented Flow) or CFA (Continuous Flow Analysis) به روش رنگ سنجی (Colorimetric) صورت گرفت.



شکل ۱. ایستگاه‌های نمونه برداری در آب‌های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

شاخص تروفیکی مقیاسی تریکس (TRIX Index)

شاخص تریکس که اولین بار توسط Volleinweider و همکاران (۱۹۹۸) برای تعیین شرایط تروفی سواحل دریای آدریاتیک ارائه گردید (معادله ۱) از ترکیب ۴ متغیر شامل کلروفیل a (mg/m^3)، درصد کمبود اکسیژن از اکسیژن اشباع $[aD\%O = \text{abs}I100 - O\%I]$ ، مواد مغذی [شامل ازت کل (TN $\mu\text{g}/\text{l}$) و فسفر کل (TP $\mu\text{g}/\text{l}$)] تشکیل می‌گردد (Herrera-Silveira and Morales-Ojeda, 2009). در این مطالعه به جای ازت کل از ازت معدنی کل (DIN) [شامل نیترات ($\text{NO}_3\text{-N}$)، نیتريت ($\text{NO}_2\text{-N}$) و آمونیوم ($\text{NH}_4\text{-N}$)] و به جای فسفر کل از فسفات معدنی محلول (DIP) بر حسب میکرومول در لیتر استفاده گردید. میزان شاخص تغذیه گرایبی پس از محاسبه ضرایب m و k با استفاده از معادله ۲ (Mehmet salih, 2013)، میزان شاخص ریسک یوتریفیکاسیون (UNTRIX) بر اساس معادله ۳ (Pettine et al., 2007) و ضریب کارایی شاخص تغذیه گرایبی (میزان قابلیت در دسترسی مواد مغذی و مصرف آنها توسط فیتوپلانکتون‌ها) از طریق معادله ۴ (Bijoy-Nandan et al., 2011) صورت گرفت.

¹ Conductivity, Temperature, Depth

² Millipor filtration paper

³ Total Ammonia

وضعیت تروفیک آب‌های ساحلی مورد مطالعه در این تحقیق بر اساس حد آستانه ایی اعلام شده توسط Pettine^b و همکاران (۲۰۰۷) و Volleinweider^a و همکاران (۱۹۹۸) که در جدول ۲ آمده است تعیین گردید. در شاخص تروفیکی غیرمقیاسی Untrix، مقدار $Untrix < 4$ بیانگر عدم ریسک یوتریفیکاسیون، $4 \leq Untrix \leq 6$ نشان دهنده ریسک بالای یوتریفیکاسیون و $Untrix > 6$ بیانگر سیستم یوتروف می باشد (Pettine et al., 2007).

$$TRIX = [\text{Log}(\text{Chl-a} \times \text{aDO} \times \text{TN} \times \text{TP}) - (-k)] \quad (\text{معادله ۱})$$

$$TRIX - CWH^{4*} = \text{LG}_{10}(\text{Chl-a} \times \text{aDO} \times \text{DIN} \times \text{PO}_4) + 1.35 / 1.87 \quad (\text{معادله ۲})$$

$$UNTRIX = \text{LG}_{10}(\text{Chl-a} \times \text{aDO} \times \text{DIN} \times \text{PO}_4) \quad (\text{معادله ۳})$$

$$\text{Efficiency coefficient} = \text{Log}_{10}([\text{Chl-a} \times \text{aDO} \%] / [\text{MinDin} \times \text{MinPO}_4]) \quad (\text{معادله ۴})$$

جدول ۲. حد آستانه ایی پیشنهاد شده برای تعیین وضعیت تروفی توسط محققین مختلف

Area	Adriatic sea	Agent sea
Water type	Trix Scale ^a	Trix Scale ^b
Oilgotrophic	$2 < \text{TRIX} < 4$	۱/۶-۱/۸
Mezotrophic	$4 < \text{TRIX} < 5$	۲/۸-۴
Mezo-Eutrophic	$5 \leq \text{TRIX} < 6$	-
Eutrophic	$6 \leq \text{TRIX} < 8$	۴-۵/۳

شاخص نسبت تروفیکی غیر مقیاسی TQR_{trix}

این شاخص از تقسیم 50^{th} UNTRIX سایت مرجع (Reference) بر 75^{th} UNTRIX سایت های مورد بررسی محاسبه و براساس آستانه اعلام شده در جدول ۳ محاسبه می گردد. برای تشخیص سایت مرجع از روش ارایه شده توسط US EPA (۲۰۰۵) استفاده گردید. در این روش بر اساس روش های ریاضی ایستگاههای مورد بررسی از نظر شرایط هیدرولوژیک گروه بندی و سپس سایت مرجع تعیین می گردد.

تجزیه و تحلیل داده های حاصل از پژوهش حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۰ صورت گرفت. قبل از محاسبه شاخص ها مقادیر پرت در خارج از محدوده [میانگین \pm انحراف معیار ($\mu \pm 2\text{STD}$)] از مجموعه داده ها حذف شدند. برای تعیین شاخص ها از میانگین و حد بالا و پایین متغیرها در فاصله اطمینان ۹۵ درصد ($\pm 2\text{STD}$) استفاده شده است. جهت گروه بندی ایستگاهها بر اساس مقادیر مربوط به متغیرهای مورد بررسی از آنالیز خوشه بندی داده ها و جهت مقایسه تغییرات زمانی و مکانی متغیرهای مورد بررسی از تحلیل واریانس یکطرفه و پس آزمون دودویی توکی (Tukey test) استفاده گردید.

^{4*} Coastal Waters of Hormozgan

جدول ۳. سطح تروفیکی آب های ساحلی بر اساس مقیاس TQR_{TRIX} (Pettine et al., 2007).

TQR _{TRIX} مقادیر	Trophic Status
۰ - ۰/۲۹	Bad (بد)
۰/۳ - ۰/۴۹	Poor (کم - ناچیز)
۰/۵ - ۰/۶۹	Moderate (متوسط)
۰/۷ - ۰/۸۴	Good (خوب)
۰/۸۵ - ۱	High (بالا)

نتایج

تغییرات مربوط به پارامترهای مورد بررسی به تفکیک منطقه در آب های ساحلی استان هرمزگان در جدول ۴ روند تغییرات مربوط به میانگین ها در فاصله اطمینان ۹۵ درصد بصورت نمودار در شکل ۲ آمده است. نتایج بررسی میانگین ها نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a و ازت معدنی محلول در منطقه یک، درصد اشباعیت در منطقه سه و فسفات در منطقه دو و کمترین مقدار مربوط به کلروفیل a، ازت معدنی کل و فسفات در منطقه چهار به ثبت رسیده است. کمترین مقدار متعلق به درصد اشباعیت در منطقه دو به دست آمد. نتایج حاصل از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (جدول ۵) و آزمون توکی جهت مقایسه دودویی میانگین ها در سطح احتمال ۹۵ درصد نشان داد که مابین مناطق مورد بررسی از نظر میزان هر یک از پارامترهای مورد مطالعه اختلاف معنی داری وجود داشته است ($P < 0.05$).

حداقل، حداکثر و میانگین های (اشتباه از معیار \pm میانگین) مربوط به میزان شاخص های تروفیکی مقیاسی و غیرمقیاسی به تفکیک منطقه و فصل در فاصله اطمینان ۹۵ درصد در جدول ۶ ارایه گردید است. حداقل و حداکثر مقدار مربوط به شاخص های مقیاسی TRIX و غیرمقیاسی UNTRIX در طی دوره بررسی به ترتیب برابر با ۳/۵۸-۵/۹ و ۳/۴-۵/۸ بوده است. بیشترین مقدار مربوط به این شاخص در منطقه یک ($۰/۲ \pm ۰/۱۳۳$) و کمترین آن در منطقه چهار ($۰/۱۱ \pm ۰/۸۶۴$) و بیشترین و کمترین مقدار برای شاخص غیرمقیاسی در منطقه یک ($۰/۴ \pm ۰/۵۶۸$) و چهار ($۰/۷۵ - ۳/۹۹$) به ثبت رسید.

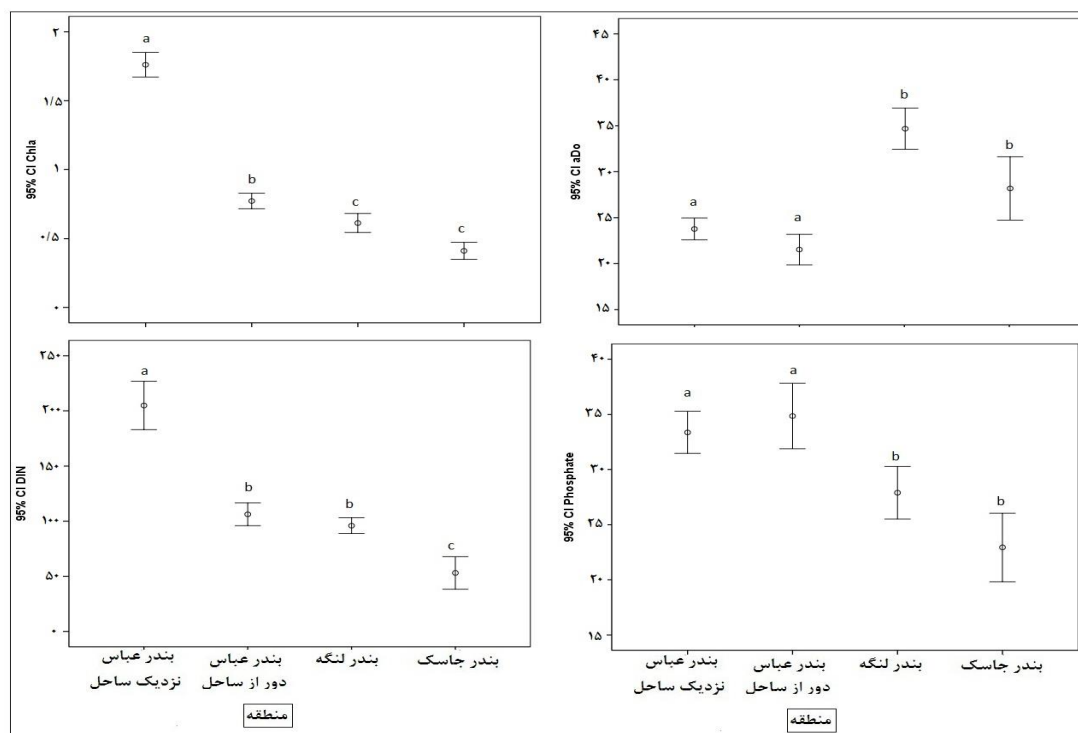
جدول ۴. حداقل، حداکثر، میانگین و اشتباه معیار (\pm SE) پارامترهای مورد بررسی در آب های ساحلی استان هرمزگان

در فاصله اطمینان ۹۵ درصد ($\pm 2\text{STD}$) (۱۳۹۱)

منطقه / پارامتر	کلروفیل a	درصد اشباعیت اکسیژن	ازت معنی محلول DIN	فسفات محلول DIP
بندر عباس	$۱/۷۶ \pm ۰/۰۵^c$	$۲۳/۷۸ \pm ۰/۶۱^c$	$۲۰/۹۲ \pm ۱۱/۱^c$	$۳۳/۴ \pm ۰/۹۷^c$
بندر عباس	$۰/۷۷ \pm ۰/۰۳^c$	$۲۱/۵۳ \pm ۰/۸۵^c$	$۱۰/۶۳ \pm ۵/۲۲^c$	$۳۴/۸۵ \pm ۱/۵^c$
بندر لنگه	$۰/۶۱ \pm ۰/۰۴^c$	$۳۷/۷۹ \pm ۱/۱^c$	$۹۵/۹۲ \pm ۳/۶۴^c$	$۲۷/۹ \pm ۱/۳^c$
بندر جاسک	$۰/۴۱ \pm ۰/۰۳^c$	$۲۷/۱۱ \pm ۰/۴۹^c$	$۵۳/۱ \pm ۵/۴۸^c$	$۲۲/۹۴ \pm ۰/۷۲^c$
تغییرات کل	$۰/۸۹ \pm ۰/۰۴^c$	$۲۷/۵۵ \pm ۰/۷۶^c$	$۸۵/۱ \pm ۶/۳۶^c$	$۲۷/۹ \pm ۱/۱^c$

جدول ۵. نتایج آنالیز واریانس یکطرفه جهت مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی در آب های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

پارامتر	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P value = 0.05
a کلروفیل	۵۳/۸۷	۳	۱۷/۹۶	۲۲۰/۵۳	۰/۰۰۰
درصد اشباعیت	۱۳/۲۹	۳	۴/۴۳	۴۶/۸۶	۰/۰۰۰
ازت معدنی	۶/۸۲	۳	۲/۲۸	۵۸/۰۵	۰/۰۰۰
فسفات معدنی	۰/۸۱	۳	۰/۲۷	۷/۷۰	۰/۰۰۰



شکل ۲. نمودار میانگین و اشتباه معیار ($\pm SE$) پارامترهای مورد بررسی در آب‌های ساحلی هرمزگان در فاصله اطمینان ۹۵ درصد ($\pm 2STD$) (۱۳۹۱)

آزمون آنالیز واریانس یکطرفه جهت مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد نشان داد که مابین مناطق مورد بررسی از نظر میزان شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد ($F = 3, Df = 102.36, P < 0.05$). نتایج مربوط به تغییرات مکانی شاخص تروفی TQR_{TRIX} نشان داد که بیشترین مقدار مربوط به این شاخص در منطقه چهار برابر با ۰/۹۵ و در سایر مناطق در محدود ۰/۷۲ تا ۰/۹۵ در نوسان بوده است. نتایج مربوط به تغییرات میانگین فصلی شاخص TQR_{TRIX} که در جدول ۷ آمده است نشان می‌دهد که حداقل مقدار این شاخص در فصل زمستان برابر با ۰/۶۱ و حداکثر آن متعلق به فصل بهار (۰/۹۸) به دست آمد.

روند تغییرات مقادیر مربوط به شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی به صورت نمودارهای ستونی به تفکیک فصل و منطقه در شکل ۳ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر مربوط به هر یک از این شاخص‌ها در دو فصل پاییز و زمستان به مراتب بیشتر از بهار و تابستان در هر یک از مناطق مورد بررسی بوده است. از طرفی نتایج آزمون مقایسه ای دو به دویی توکی نشان داد که در هر منطقه مابین دو فصل بهار و تابستان و همچنین مابین دو فصل پاییز و زمستان اختلاف معنی‌داری از نظر میزان شاخص‌های مورد نظر در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد ($P > 0.05$). در صورتیکه این اختلاف مابین برخی از فصل‌ها معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

نمودار درختی حاصل از گروه‌بندی ایستگاه‌ها بر اساس مقادیر حاصل از کلروفیل a، درصد اشباعیت اکسیژنی، مواد مغذی و شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی به روش سلسله‌مراتبی در شکل ۴ آمده است. براساس مشاهدات، شرایط تروفی و کیفیت آب را می‌توان به دو گروه تقسیم بندی نمود، بطوریکه ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ و ۷ در گروه اول و ایستگاه‌های ۵، ۶، ۸، ۹ و ۱۰ در گروه دوم جای گرفتند.

آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی محاسبه شده با کلروفیل a، ازت معدنی کل و فسفات، همبستگی خوب و معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (جدول ۸).

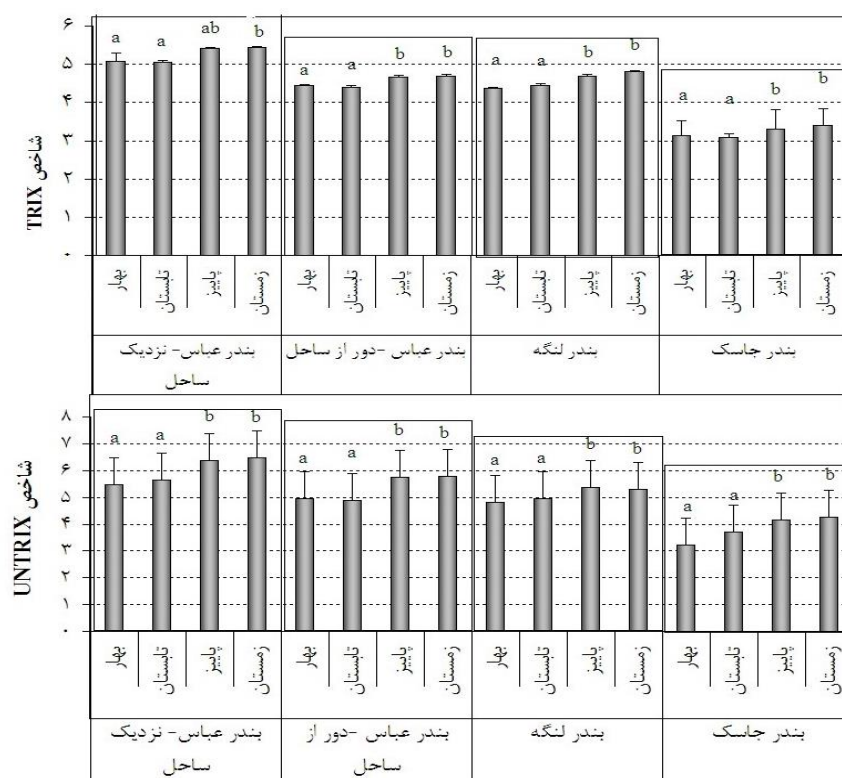
جدول ۶. حداقل، حداکثر، میانگین و اشتباه معیار ($\pm SE$) شاخص‌های محاسبه شده به تفکیک منطقه در آب‌های ساحلی استان هرمزگان در فاصله اطمینان ۹۵ درصد ($\pm 2STD$) (۱۳۹۱)

منطقه/شاخص	بندر عباس نزدیک ساحل	بندرعباس دور از ساحل	بندر لنگه	بندر جاسک	تغییرات سالانه
TRIXCS	۶/۱۳±۰/۰۲ ^a	۴/۵۴±۰/۰۳ ^b	۴/۵۳±۰/۰۲ ^b	۳/۷۷±۰/۰۹ ^c	۴/۸۶±۰/۰۲
UNTRIXCE	۵/۶۸±۰/۰۴ ^a	۵/۱۷±۰/۰۵ ^b	۵/۱۱±۰/۰۴ ^b	۳/۷±۰/۱۷ ^c	۳/۹۹±۰/۰۳
	۵/۶۱-۵/۸	۵/۱-۵/۲۷	۵/۰۳-۵/۲۱	۳/۴-۴/۰۶	۳/۴-۵/۸
TQR _{TRICS}	۰/۷۲	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۹۵	۰/۸۱±۰/۱۰

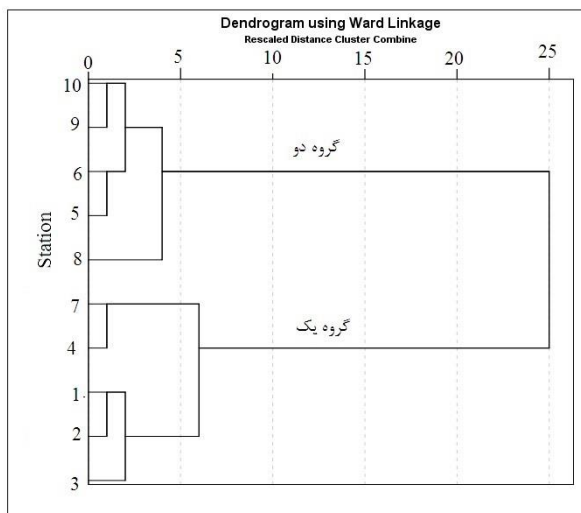
فصل				
فصل/شاخص	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
TRIXCS	۴/۵۴±۰/۰۳	۴/۴۳±۰/۰۴	۴/۷۵±۰/۰۳	۴/۷۷±۰/۰۳
UNTRIXCE	۵/۱۴±۰/۰۵	۴/۹۳±۰/۰۸	۵/۵۳±۰/۰۶	۵/۵۷±۰/۰۵
TQR _{TRICS}	۰/۸۰±۰/۱۲	۰/۷۹±۰/۱۲	۰/۷۸±۰/۱۵	۰/۷۷±۰/۱۶

جدول ۷. مقادیر تروفی محاسبه شده بر اساس شاخص تروفیکی TQR_{TRIX} به تفکیک فصل در آب‌های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

منطقه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
بندر عباس - نزدیک ساحل	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱
بندر عباس - دور از ساحل	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۷۴	۰/۷۲
بندر لنگه	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۷۸
بندر جاسک	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۹	۰/۹۸



شکل ۳. تغییرات مقادیر مربوط به شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی به تفکیک فصل و منطقه در آب‌های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)



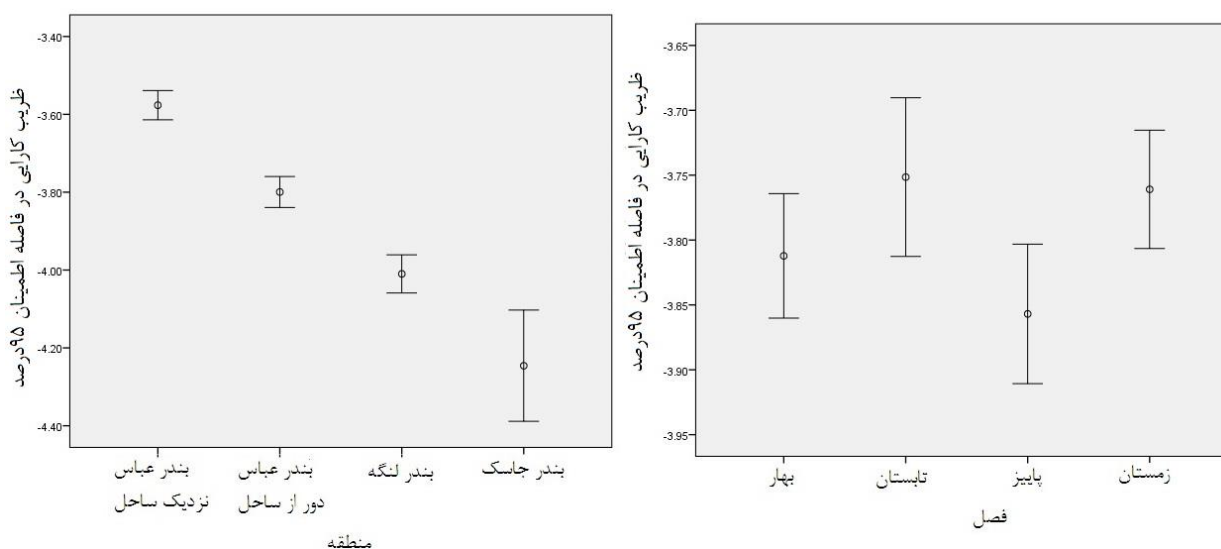
شکل ۴. نمودار درختی حاصل از آنالیز خوشه‌ای به روش Ward's method و شاخص مقیاس فاصله (Euclidean distance) برای گروه بندی ایستگاه‌ها و تعیین سطوح تغذیه‌گرایی در آب‌های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

تغییرات میانگین ضریب کارایی به تفکیک منطقه و فصل در آب‌های ساحلی استان هرمزگان در شکل ۵ آمده است. میانگین، حداقل و حداکثر میزان ضریب کارایی (Efficiency coefficient) مربوط به شاخص تروفی به دست آمده در فاصله اطمینان ۹۵ درصد برابر با 0.1 ± 0.03 ، $0.06 - 0.02$ بوده است. نتایج مقایسه میانگین‌ها ($\pm SE$) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این شاخص در منطقه یک و دو در فصل تابستان (0.03 ± 0.03) و در منطقه سه و چهار مربوط به فصل زمستان (0.02 ± 0.03) بوده است. میانگین ضریب کارایی محاسبه شده برای فصل‌های بهار و پاییز به ترتیب برابر با 0.02 ± 0.03 و 0.03 ± 0.04 محاسبه گردید. آزمون آنالیز واریانس یکطرفه نشان داد که بین مناطق مورد بررسی از نظر میزان ضریب کارایی به دست آمده اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.05$, $F = 3.40$, $Df = 3$).

جدول ۸. ماتریس ضریب همبستگی پیرسون بین کلروفیل a، مواد مغذی و شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی

پارامتر	کلروفیل a	Do%	ازت معدنی محلول	فسفات محلول
شاخص مقیاسی TRIX	0.64^{***}	0.24^*	0.52^{***}	0.42^{***}
شاخص غیر مقیاسی UNTRIX	0.63^{***}	0.24^*	0.52^{***}	0.42^{***}

*همبستگی در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است ($P < 0.01$). **همبستگی در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است ($P < 0.05$).



شکل ۵. تغییرات میانگین ضریب کارایی به تفکیک منطقه و فصل در آب‌های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

بحث

شاخص‌های تروفیکی تک متغیره و چند متغیره توسط محققین مختلفی در اکوسیستم‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد که از جمله می‌توان شاخص کارلسون و سیمپسون (Carlson and Simpson, 1996)، شاخص تروفیکی تریکس ارایه شده توسط Volleinweider و همکاران (۱۹۹۸)، OECD (۱۹۸۲) و شاخص‌های تروفی چند متغیره (Multivariate index) حاصل از تکنیک‌های ریاضی (Numerical) و آماری چند متغیره مانند آزمون مولفه‌های اصلی، آنالیز خوشه‌ای و تشخیصی (Shahrban and Etemad-Shahidi, 2010; Siddiquee *et al.*, 2011; Primpas and Karydis, 2011; Primpas *et al.*, 2008) را نام برد. در این تحقیق پس از توسعه و بازنگری شاخص‌های تروفیکی پیشنهاد شده توسط Volleinweider و همکاران (۱۹۹۸) و غیرمقیاسی پیشنهاد شده (UNTRIX and TQR_{TRIX}) توسط Pettine و همکاران (۲۰۰۷)، شرایط تغذیه‌گرایی آب‌های ساحلی استان هرمزگان در طی یک دوره دوازده ماهه در سال ۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر k و m مربوط به شاخص تریکس در این تحقیق به ترتیب برابر با $۱/۸۷$ و $۱/۳۵$ محاسبه گردید که در مقایسه با مقادیر محاسبه شده ($۱/۵$ و $۱/۲$) توسط Volleinweider و همکاران (۱۹۹۸) در شمال دریای آدریاتیک، Nasrollahzadeh saravi و همکاران (۲۰۱۱) در حوضه جنوبی دریای خزر ($۰/۵$ و $۰/۹$) و Taebi و همکاران (۲۰۰۵) در بخشی از مناطق شمال شرقی خلیج فارس ($۱/۵$ و ۱) تفاوت‌های آشکاری را از خود نشان می‌دهد. نتایج آزمون همبستگی پیرسون مربوط به متغیرهای شرکت‌کننده در شاخص تریکس حاکی از ارتباط معنی‌دار بین کلروفیل a و پارامترهای مربوط به مواد مغذی بوده است ($R^2 = ۰/۱۲ - ۰/۲$). این نتیجه می‌تواند نقش تعیین‌کننده و اثرات متغیرهای مورد نظر را در وضعیت تروفی آب‌های ساحلی مورد مطالعه آشکار سازد. نتایج آنالیز واریانس یکطرفه در سطح احتمال ۹۵ درصد نشان داد که بین میزان هر یک از پارامترها در مناطق مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود داشته است ($P < 0.05$). این نتیجه می‌تواند بیانگر تفاوت شرایط تروفیک در مناطق مورد نظر باشد. تغییرات زمانی مربوط به میانگین‌های شاخص مقیاسی تریکس نشان داد که به طور کلی در آب‌های ساحلی مورد مطالعه مقادیر این شاخص در فصل‌های پاییز و زمستان به مراتب بیشتر از بهار و تابستان بوده است و از نظر آماری نیز بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است ($P < 0.05$). تغییرات زمانی و مکانی مربوط به شاخص غیرمقیاسی تریکس به طور کلی مشابه تغییرات مربوط به شاخص مقیاسی تریکس بوده است. از طرفی نمودار درختی حاصل از آزمون خوشه‌بندی داده‌ها بر اساس مقادیر حاصل از شاخص‌ها و متغیرهای مداخله‌کننده در آن (کلروفیل a ، درصد اشباعیت اکسیژنی و مواد مغذی) نشان داد که در ایستگاه‌های مربوط به گروه اول مقادیر مربوط به شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی به مراتب بیشتر از ایستگاه‌های متعلق به گروه دوم و از نظر آماری نیز بین این دو گروه از نظر میزان شاخص‌ها و متغیرهای مورد نظر اختلاف معنی‌داری وجود داشته است ($df = 463$, $t = 2.99$, $Sig. = 0.03$, $P < 0.05$). در گروه بندی انجام شده، چهار ایستگاه (۱، ۲، ۳، ۴) از ۵ ایستگاه انتخابی در آب‌های نزدیک ساحلی مجاور شهر بندرعباس که به طور مستقیم در معرض اثرات مربوط به پساب‌های شهری و خانگی قرار داشته‌اند در گروه اول و سایر ایستگاه‌ها در گروه بعدی جای گرفتند. بررسی‌های انجام شده توسط Akbarzadeh و همکاران (۲۰۱۳) نشان داده است که سطوح غلظتی مواد مغذی و کلروفیل a در ایستگاه‌های متعلق به گروه اول واقع در آب‌های ساحلی مجاور شهر بندرعباس به مراتب بیشتر از سایر مناطق مورد مطالعه بوده است. موارد مطرح شده می‌تواند بالا بودن مقادیر مربوط به شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی به دست آمده در آب‌های نزدیک ساحلی مجاور شهر بندرعباس را به خوبی تفسیر نماید. نتایج مربوط به آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که ارتباط مثبت، خوب و معنی‌داری بین شاخص مقیاسی تریکس و کلروفیل a ($R^2 = 0.64$) و ارتباط نسبتاً خوبی با ازت معدنی محلول ($R^2 = +0.52$) و فسفات ($R^2 = +0.42$) وجود داشته است. این ارتباط با میزان درصد اشباعیت اکسیژن هر چند معنی‌دار ولی خیلی ضعیف ($R^2 = +0.24$) بوده است. نتایج مربوط به آزمون همبستگی بین شاخص غیرمقیاسی تریکس مشابه با نتایج مربوط به شاخص مقیاسی تریکس بوده است.

مقایسه محدوده تغییرات میزان شاخص‌های مقیاسی TRIX و غیرمقیاسی UNTRIX به دست آمده در این تحقیق با مقادیر گزارش شده آن توسط برخی از محققین خارج و داخل کشور که در جدول ۸ آمده است نشان می‌دهد که در بسیاری از موارد به دلیل وجود تفاوت در نوع و شرایط اکوسیستم مورد مطالعه بین مقادیر گزارش شده و نتایج حاصل از این تحقیق

تفاوت های محسوسی مشاهده می‌گردد. هرچند که نتایج این تحقیق در مقایسه با کارهای انجام شده توسط برخی از محققین داخل کشور از جمله Sarraji (۲۰۱۴) در محدود ایرانی آب های ساحلی عمان، Taebi و همکاران (۲۰۰۵) در آب‌های ساحلی شمال شرقی خلیج فارس و Zoriasatein و همکاران (۲۰۱۳) در شمال غربی خلیج فارس (آب های مربوط به رودخانه اروند) کمی نزدیک و نسبت به نتایج به دست آمده توسط Shahrban و Shahidi - Etemad (۲۰۱۰)، Nasrollahzadeh saravi و همکاران (۲۰۰۸) که در دریای خزر صورت گرفته است، بسیار نزدیک تر می باشد. نگارنده بر این باور است که وجود مقادیر متفاوت مربوط به ضرایب k و m ، عمق و فاصله ایستگاهها از عوامل اصلی تفاوت مقادیر مربوط به شاخص تریکس گزارش شده بین نتایج مربوط به تحقیق حاضر و نتایج مربوط به کارهای انجام شده توسط Sarraji (۲۰۱۴) و Taebi و همکاران (۲۰۰۵) بوده است.

بررسی میانگین و محدوده تغییرات مربوط به شاخص مقیاسی تریکس محاسبه شده در این تحقیق و مقایسه آن با حد آستانه ایی ارایه شده توسط Volleinweider و همکاران (۱۹۹۸)، Pettine و همکاران (۲۰۰۷) و Primpas و Karyadis (۲۰۱۰) نشان داد که به طور کلی شرایط تغذیه گرایبی در آب های ساحلی استان هرمزگان را می توان در سه گروه الیگو- مزوتروف (بندر جاسک)، مزوتروف (آب های دور از ساحل شهر بندرعباس و بندر لنگه) و مزو- یوتروف (آب های نزدیک ساحلی در مجاوت شهر بندرعباس) طبقه بندی نمود. بررسی شرایط تغذیه گرایبی مناطق مورد نظر با استفاده از مدل تجربی بازنگری شده حاصل از مولفه های اصلی توسط Akbarzadeh و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که ایستگاههای مورد مطالعه در آب‌های ساحلی مجاور شهر بندرعباس در بیشتر زمان ها شرایط تغذیه گرایبی در وضعیت یوتروف یا مزوتروف و آب های ساحلی مربوط به منطقه جاسک در حالت الیگوتروف بوده است. که به نظر می رسد این تفاوت در میزان حساسیت نوع روش مورد استفاده جهت تعیین شرایط تغذیه گرایبی بوده باشد. بررسی نتایج حاصل از شاخص تغذیه گرایبی محاسبه شده با استفاده از توسعه مدل تجربی حاصل از مولفه های اصلی توسط Akbarzadeh و همکاران (۲۰۱۳) و مقایسه آن با مقادیر حاصل از شاخص تریکس به دست آمده در این تحقیق، برای آب های ساحلی بندرعباس، نشان می دهد که مدل تجربی حاصل از مولفه ها نسبت به شاخص تریکس، از قدرت تفکیک نسبتا خوبی، جهت برآورد میزان تغذیه گرایبی برخوردار باشد. بر اساس حد آستانه مربوط به شاخص غیرمقیاسی UNTRIX اعلام شده توسط Pettine و همکاران (۲۰۰۷) آب های ساحلی بندر جاسک فاقد خطر یوتریفیکاسیون (NO Risk) بوده در صورتیکه خطر یوتریفیکاسیون در آب های ساحلی سه منطقه دیگر در حد بالا (High risk) بوده است.

بر اساس مقادیر شاخص TQR_{TRIX} محاسبه شده در این تحقیق و مقایسه آن با حد آستانه اعلام شده توسط Pettine و همکاران (۲۰۰۷) می توان دریافت که سطح تروفیک آب های ساحلی مجاور شهر بندرعباس در وضعیت متوسط (Moderate) و آب های ساحلی دور از ساحل بندرعباس و مجاور شهر بندرلنگه در وضعیت خوب (good) و بندر جاسک بسیار خوب (High) بوده است. استفاده از دو شاخص غیرمقیاسی UNTRIX و TQR_{TRIX} برای تعیین شرایط تروفیک منابع آبی در گزارشات داخل کشور خیلی کم و تنها مطالعه انجام شده در سال های اخیر مربوط به دریای خزر (Nasrollahzadeh saravi et al., 2008) بوده است. از جمله منابع دیگر گزارش شده در خارج کشور می توان به تحقیقات انجام شده توسط Pettine و همکاران (۲۰۰۷) و Yucel-Gier و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد که نتایج آنها تقریبا نزدیک به تحقیق حاضر بوده است. بررسی روند تغییرات مربوط به مقادیر حاصل از مدل ضریب کارایی یوتریفیکاسیون ارایه شده توسط Bijoy - Nandan و همکاران (۲۰۱۴) نشان می دهد که قابلیت در دسترس قرارگیری مواد مغذی جهت مصرف فیتوپلانکتون ها در آب های نزدیک ساحلی مجاور شهر بندرعباس (0.2 ± 0.3) نسبت به سایر مناطق مورد بررسی به مراتب بیشتر و نتایج آماری نشان داد که بین مناطق مورد مطالعه از نظر میزان این شاخص تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود داشته است. نتایج حاصل از روند تغییرات فصلی نشان داد که بین فصل های مختلف تفاوت معنی داری از نظر میزان این شاخص وجود داشته است. به طوریکه نتایج نشان داد ضریب کارایی یوتریفیکاسیون ابتدا در فصل تابستان و سپس در فصل بهار به مراتب بیشتر از فصل پاییز و زمستان بوده است. به طور کلی با توجه به نظرات پیشنهادی ارایه شده توسط محققین مختلف (Nasrollahzade saravi et al., 2008; Zoriasatein et al., 2013; Volleinweider et al., 1998; Primpas et al., 2010).

می‌توان پس از بازنگری و توسعه شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی برای ارزیابی شرایط تغذیه‌گرایی در آب‌های ساحلی استفاده نمود. با توجه به بررسی مقالات و گزارشات ذکر شده در این تحقیق، نگارنده بر این باور است که بهترین حالت برای افزایش دقت ارزیابی شرایط تغذیه‌گرایی یک اکوسیستم از لحاظ کمی و کیفی استفاده از چند شاخص بازنگری شده در طی پایش‌های مستمر در همان اکوسیستم و یا اکوسیستم‌های همجوار آن می‌باشد.

جدول ۸. مقایسه مقادیر مربوط به شاخص‌های تروفیک حاصل از این مطالعه با برخی مطالعات انجام شده توسط محققین مختلف

منابع	Trophic level base on value TRIXCS	UNTRIX	شاخص تروفیکی TQRtrix
(Pettine <i>et al.</i> , 2007)	(O to M) ۶/۳-۲/۹۹	N _۲ /۰.۹ - ۵/۷۳	(M/G) ^۰ / ۶۷-۰ / ۹
(Yucel-Gier <i>et al.</i> , 2011)	(O) ۳/۹-۱/۴	N _۳ /۱-۰ / ۷	(H) ^۰ / ۸۵
(Taebi <i>et al.</i> , 2005)	(O) ۶/۴-۵/۷	-	-
(Saraji, 2014)	۵/۵۹-۴/۴۶ Near shore	-	-
(Shahrban and Etemad shahid, 2010)	M to M-E ۴/۴-۶/۲	-	-
(Nasrollahzadeh <i>et al.</i> , 2008)	; O, M to M-E ۲/ ۸ - ۶/۵	۱/ ۶ - ۵/۰ ۲ ^{H&N}	-
(Akbarzadeh <i>et al.</i> , 2013)	; O, M to M-E ۳/۵۸-۵/۹۲	H&N _۳ /۴ - ۵/۸	(M&H) ^۰ / ۹-۰ / ۷
Trophic level: O=Oligotroph : M=Mezotroph: E=Eutroph		N: No risk H:High risk	H:High, M:Moderate

جدول ۹. رتبه بندی شرایط تغذیه‌گرایی و میزان ریسک در آب‌های ساحلی مورد بررسی بر اساس آستانه اعلام شده

سالانه	بندر جاسک	بندر لنگه	بندرعباس	بندر عباس	منطقه / شاخص
	الیگوتروف	مزوتروف	مزوتروف	مزو- یوتروف	TRIX
ریسک بالای	بدون ریسک	ریسک بالای	ریسک بالای	ریسک بالای	UNTRIX
اوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	
	یوتروفیکاسیون	بالا	بالا	بالا	
Good	High	Good	Good	Good	TQR _{TRIXCS}
فصل / شاخص		فصل			
	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
	مزوتروف	مزوتروف	مزوتروف	مزوتروف	TRIX
	ریسک بالای	ریسک بالای	ریسک بالای	ریسک بالای	UNTRIX
	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	
	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	یوتروفیکاسیون	
Good	Good	Good	Good	Good	TQR _{TRIXCS}

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از کلیه همکاران محترم بخش اکولوژی خصوصاً از زحمات بی‌دریغ همکاران سابق خود جناب آقای مهندس ابراهیمی و مهندس جوکار تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

- Akbarzadeh, G.H., Ebrahimi, M., Jokar, K., Dehghani, R., Mortazavi, M.S., Aghageri, N. 2013. Evaluation of physicochemical parameters and their relationship with chlorophyll a in coastal waters of Hormozgan Province. Iranian Fisheries Research Organization. Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Institute. 110 p. (in Persian).
- Bijoy Nandan, S., Jayachandran, P.R., Sreedevi, O.K. 2014. Spatio-Temporal pattern of primary production in a tropical coastal wetland (Kodungallur-Azhikode Estuary), South West Coast of India. *Journal of Coastal Development*. 17(2): 392-402.
- Carlson, R.E., Simpson, J. 1996. Trophic state in a coordinator's guide to volunteer lake monitoring methods. *North American Lake Management Society*. 22: 363-369.
- Esamaeili, A., Ebrahimi, A. 2011. Assessment trophy in Chghahor wetland. MS. thesis. Fisheries Department. Isfahan University of Technology. 73 p. (in Persian).
- Gupta, I., Dhage, S., Kumar, R. 2009. Study of variations in water quality of Mumbai coast through multivariate analysis techniques. *Indian Journal of Marine Sciences*. 38(2): 85-102.
- Herrera-Silveira, J.A., Morales-Ojeda, S.M. 2009. Evaluation of the health status of a coastal ecosystem in southeast Mexico: Assessment of water quality, phytoplankton and submerged aquatic vegetation. *Marine Pollution Bulletin*. 59(1): 72-86 .
- Karydis, M. 2009. Eutrophication assessment of coastal water based and indicators: A literature Review. Department of Marine Sciences , *Global NEST Journal*. 11(4): 373-390.
- Mehmet Salih, K., Tugrul, S., Kocak, M. 2013. Assessment of the mersin bay waters (North eastern Mediterranean. MS. thesis. Department of chemical oceanography. Institute of Marine Sciences of Middle East Technical University. 93 p.
- Mirzajani, A.R., Khodaparast Sharifi, H., Babaei, H., Abedini, A., Dadai Ghandi, A. 2010. Eutrophication trend of Anzali wetland based on 1992-2002 data. *Journal of Environmental Studies*. 35(52):19-21.
- Moncheva, S., Dontcheva, V., Shtereva, G., Kamburska, L., Malej, A., Gorinstein, S. 2002. Application of eutrophication indices for assessment of the Bulgarian Black Sea coastal ecosystem ecological quality. *Water Science & Technology*. 46(8):19-28.
- Nasrollahzadeh saravi, H., Bin, D.Z., Foong, S.Y., Makhloogh, A. 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Continental Shelf Research*. 28(9): 1153-65.
- Nasrollahzadeh Saravi, H., Makhloogh, A., Vahedi, F., Pourgholam, R. 2011. Eutrophication trend of Caspian Sea Water based on absolute trophic scaled index (TRIXCS) and unscaled index (UNTRIX). The First National Conference of Phycology of Iran. Special Issue of Environmental Sciences. 9: 49-60. (In Persian).
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1982. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. Paris: OECD Publication.
- Painting, S.J., Devlin, M.J., Rogers, S.I., Mills, D.K., Parker, E.R., Rees, H.L. 2005. Assessing the suitability of OSPAR EcoQOs for eutrophication vs ICES criteria for England and Wales. *Marine Pollution Bulletin*. 50:1569-1584.
- Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F., Pagnotta, R. 2007. A revisit of TRIX for trophic status assessment in the light of the European Water Framework Directive: Application to Italian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*. 54(9): 1413-1426.
- Primpas, I., Karydis, M., Tsirtsis, G. 2008. Assessment of clustering algorithms in discriminating eutrophic levels in coastal waters. *Global Nest Journal*. 10(3): 359-365.
- Primpas, I., Karydis, M. 2010. Improving statistical distinctness in assessing trophic levels: the development of simulated normal distributions. *Environmental Monitoring and Assessment*. 169(1-4): 353-365.
- Primpas, I., Karydis, M. 2011. Scaling the trophic index (TRIX) in oligotrophic marine environments. *Environmental Monitoring and Assessment*. 178(4): 257-269.

- Primpas, I., Tsirtsis, G., Karydis, M., Kokkoris, G.D. 2010. Principal component analysis: development of a multivariate index for assessing eutrophication according to the European water framework directive. *Ecological Indicators*. 10(2):178-183.
- Rahmati, R., Pourgholam, R., Dostar, M. 2012. Trophic status based on Carlson's index in natural ponds Marzanabad. *Journal of Fisheries, Islamic Azad University of Khorramshahr*. 6(3): 13-22. (in Persian).
- Sarraji, F. 2014. Phytoplankton Community and water quality during pre and post monsoon in the Oman Sea (Part of Iranian waters). PhD thesis. University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia. 257 P.
- Shahrban, M., Etemad-Shahidi, A. 2010. Classification of the Caspian Sea coastal waters based on trophic index and numerical analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*. 164(1-4): 349-356.
- Siddiquee, S., Yusof, N.A., Salleh, A.B, Tan, G.S., Bakar, F.A., Yap, C.K. 2011. Assessment of surface water quality in the Malaysian Coastal waters by using multivariate analyses. *Sains Malaysiana*. 40(10): 1053-1064.
- Specchiulli, A., Scirocco, T., Cilenti, L., Florios, M., Renzi, M., Breber, P. 2010. Spatial and temporal variations of nutrients and chlorophyll a in a Mediterranean coastal lagoon: Varano lagoon, Italy. *Transitional Waters Bulletin*. 2(4): 49-62.
- Strickland, J.D.H., Parson, T.R. 1972. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Information Canada, Ottawa (ICD). 310 p.
- Taebi, S., Etemad-Shahidi, A., Fardi, G.A. 2005. Examination of three eutrophication indices to characterize water quality in the north east of Persian Gulf. *Journal of Coastal Research*. 405-411.
- EPA. 2005. National strategy for the development of regional nutrient criteria. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. 85 p.
- Volleinweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G., 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.
- Vascetta, M., Kauppila, P., Furman, E. 2004. Indicating eutrophication for sustainability considerations by the trophic index TRIX: does our Baltic case reveal its usability outside Italian waters. in PEER Conference, 17th November.
- Yucel-Gier, G., Pazi, I., Kucuksezgin, F., Kocak, F. 2011. The composite trophic status index (TRIX) as a potential tool for the regulation of Turkish marine aquaculture as applied to the eastern Aegean coast (Izmir Bay). *Journal of Applied Ichthyology*. 27(1):39-45.
- Zhou, F., Guo, H., Liu, Y., Jiang, Y. 2007. Chemometrics data analysis of marine water quality and source identification in Southern Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*. 54(6):745-756.
- Zoriasatein, N., Jalili, S., Poor, F. 2013. Evaluation of ecological quality status with the trophic index (TRIX) values in coastal area of Arvand, Northeastern of Persian Gulf, Iran. *World*. 5(3): 257-262.