مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

استفاده از شاخص های تروفیک مقیاسی و غیرمقیاسی‌در ارزیابی و طبقه بندی وضعیت تغذیه گرایی آب های 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:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۴/۰ ۹/۰ ۸
اصلاح: ۹۵/۰ ۱/۱۰
پذیرش: ۹۵/۰ ۲/۲۲

کلمات کلیدی:
تغذیه گرایی
تروفی
شاخص مقیاسی

چکیده

یکی از موضوعات مهم در مدیریت زیست محیطی آب‌های ساحلی ارزیابی شرایط تغذیه گرایی 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 تغذیه گرایی 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 دو و سه متغیر بود. سطح تغذیه گرایی 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 (۰/۰۳±۴/۳۸-)، میزان مواد مغذی قابل دسترس جهت مصرف 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 می تواند برای ارزیابی شرایط تغذیه گرایی آب‌های ساحلی نتایج قابل قبولی را به دست آورد.

مقدمه

یوتریفیکاسیون یا غنی شدن آب از مواد مغذی یکی از مشکلات عمده اکوسیستم های آبی از جمله تالاب ها، رودخانه ها، دریاچه ها (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 می باشد (Nasrollahzadeh Saravi *et al*., 2008). ارزیابی شرایط و خطر شکوفایی پلانکتونی به عنوان یکی از مسائل مهم مدیریت زیست محیطی آب‌های ساحلی مطرح می باشد (Yucel- Gier *et al*., 2011; Painting *et al*., 2005) و می تواند 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 متعدی وجود دارد (Sharban and Etemad-Shahidi, 2010; Primpas *et al*., 2008). امروزه استفاده از

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

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

شاخص‌های کمی تک متغیره برای ارزیابی شرایط تروفی بسیار محدود شده است. چون ممکن است سبب قضاوت های نادرست گردد (Specchiulli *et al*., 2010; Primpas *et al*., 2010). طبیعت چند بعدی پدیده یوتریفیکاسیون به این معناست که استفاده از یک متغیر نمی تواند نشان دهنده شرایط تغذیه گرایی یک محیط آبی باشد (Karydis, 2009). استفاده از شاخص‌های کمی چند متغیره مناسب ترین روش برای ارزیابی شرایط تغذیه گرایی پیکره های آبی محسوب می شود. شاخص مقیاسی تریکس TRIX توسط Volleinweider و همکاران در سال ۱۹۸۳برای ارزیابی شرایط تغذیه گرایی آب‌های ساحلی آدریاتیک پیشنهاد گردید. در تعداد زیادی از مطالعات خارجی و خیلی محدود در مطالعات داخلی برای بررسی شرایط تغذیه گرایی اکوسیستم های ساحلی از این شاخص استفاده شده است که نمونه هایی 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 تروفی منطقه Cilician شمال غربی مدیترانه (Mehmet saleh, 2013) ، وضعیت هایپر تروفی بخشی از سواحل شمال غربی هندوستان (Bijoy Nandan *et al*., 2014)، وضعیت مزویوتروف حوضه جنوبی دریای خزر (Nasrollahzadeh saravi *et al*., 2008)، وضعیت مزوتروف و مزویوتروف حوضه جنوبی دریای خزر (Shahrban and Etemad-Shahidi , 2010) ، وضعیت مزوتروفیک آب‌های شمال شرقی خلیج فارس (Taebi *et al*., 2005) و شرایط تروفی 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، شاخص های غیرمقیاسی UNTRIX و TQR_{TRIX} را برای اکوسیستم های دریایی پیشنهاد نمودند. در این تحقیق از شاخص های مقیاسی و غیر مقیاسی (TRIX, UNTRIX and TQR_{TRIX}) برای ارزیابی و طبقه بندی کمی وکیفی شرایط تروفیک آب های ساحلی استان هرمزگان استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آب های 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 آلودگی های ناشی از فعالیت های انسانی ایستگاه ها به چهارمنطقه تقسیم شدند که خصوصیات این مناطق در جدول ۱ آمده است.

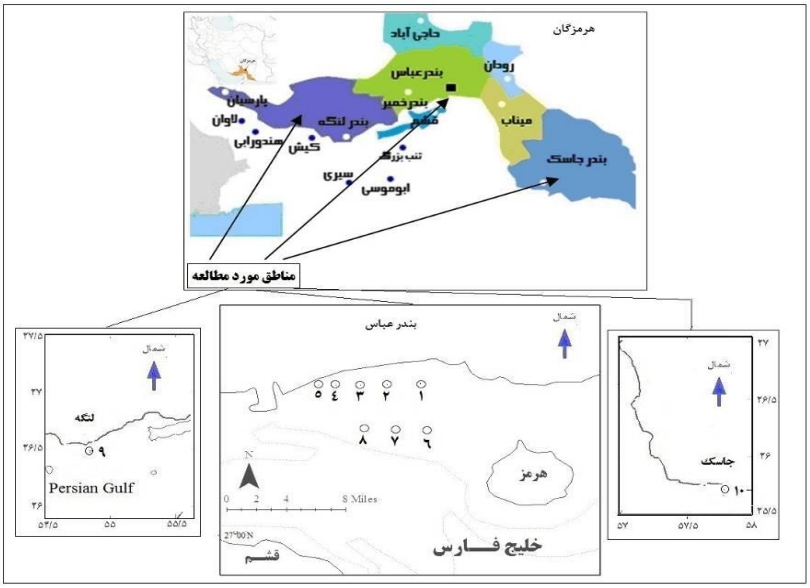
جدول ۱. شرایط مکانی ایستگاه ها و مناطق نمونه برداری در آب های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

منطقه	شرایط
یک (آب های نزدیک ساحل مجاور شهر بندر عباس)- فاصله تا خط ساحلی ۲۰۰ متر	ایستگاه ۱(سورو) : محل دریافت بخشی از پساب های شهری و خانگی و سایر فعالیت های انسانی)،۲ (اسکله پشت شهر): محل توقف لنج ها و قایق های ماهیگیری) ،۳ (خور گور سوزان) : نزدیک محل ورود پساب های تصفیه شده شهر بندر عباس به ساحل)،۴ (اسکله شیلات نزدیک به ایستگاه ۳ تحت تاثیر پساب ها) و ۵ (آب های ساحلی مجاور پارک دولت)
دو (آب های دور از ساحل روبروی شهر بندر عباس)- فاصله تا خط ساحلی حدود ۳۰۰۰ متر	ایستگاه۶ (نزدیک ساحل جزیره هرمز) ، ۷ (بین قشم و هرمز ، محل ترابری کشتی های باربری و مسافر بری) ، ۸ (لنگر گاه : محل توقف کشتی های تجاری بار بری و نفتی ...)
سه (بندر لنگه) - فاصله تا خط ساحلی ۲۰۰ متر	ایستگاه ۹: ساحل مجاور شهر لنگه ، بادریافت ناچیز پساب های شهری
چهار (بندر جاسک)- فاصله تا خط ساحلی ۲۰۰ متر	ایستگاه ۱۰: ساحل مجاور شهر جاسک با شرایط خوب کیفیت آب

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

در این مطالعه برای سنجش نیترات، نیتریت، 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 شاخص های تروفیکی از ۲۱۶۰ نمونه با ساختار ماتریس داده ایی شامل ۱۲ ماه × ۱۰ ایستگاه ×۶ متغیر با ۳ تکرار استفاده گردید. اکسیژن محلول و کلروفیل a با استفاده از دستگاه CTD[1] 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 c^o ۴ توسط پودر یخ) نگهداری به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان انتقال و سپس با استفاده از پمپ خلاء و کاغذهای میلی پور[2] با قطر ۰/۴۵ میکرون ، فیلتر و تا زمان آنالیز در فریزر نگهداری شدند (Strickland & Parsons, 1972). اندازه گیری نیترات بر اساس روش احیاء کادمیم، نیتریت براساس واکنش با یک آمین آروماتیک (سولفانیل آمید)، آمونیاک کل[3] (آمونیوم) بر اساس ایندوفنل آبی در حضور کاتالیزور نیتروپروسید، فسفات نیز براساس تشکیل کمپلکس آمونیوم فسفومولیبدات 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 برمبنای SFA(Analysis Segmented Flow) or CFA(Continuous Flow Analysis)، به روش رنگ سنجی (Colorimetric) صورت گرفت.



شکل ۱. ایستگاه‌های نمونه برداری در آب های 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 ارایه گردید (معادله ۱) از ترکیب ۴ متغیر شامل کلروفیل a (mg/m^3)، درصد کمبود اکسیژن از اکسیژن اشباع [aD%O=absI100-O%I]، مواد مغذی [شامل ازت کل (TN µg/l) و فسفرکل (TP µg/l)] تشکیل می گردد (Herrera-Silveira and Morales-Ojeda, 2009). در این مطالعه به جای ازت کل از ازت معدنی کل (DIN) [شامل نیترات (NO_3-N)، نیتریت (NO_2-N) و آمونیوم (NH_4-N)] و به جای فسفر کل از فسفات معدنی محلول (DIP) بر حسب میکرومول در لیتر استفاده گردید. میزان شاخص تغذیه گرایی 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 گرایی (میزان قابلیت در دسترسی مواد مغذی و مصرف آنها توسط فیتوپلانکتون ها) از طریق معادله ۴ (Bijoy-Nandan *et al.*, 2011) صورت گرفت.

[1] Conductivity , Temprature , Depth
[2] Millipor filtration paper
[3] Total Ammonia

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

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 <۴ بیانگر عدم ریسک یوتریفیکاسیون ، ۶≤ Untrix≤۴ نشان دهنـده ریسک بالای یوتریفیکاسیون و ۶ < Untrix بیانگر سیستم یوتروف می باشد (Pettine *et al*., 2007).

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

$$TRIX - CWH^{4*}= LG_{10} (Chl\text{-}a \times aDO \times DIN \times PO4)+1.35)/1.87 \quad \text{(معادله ۲)}$$

$$UNTRIX = LG_{10} (Chl\text{-}a \times aDO \times DIN \times PO4) \quad \text{(معادله ۳)}$$

$$Efficiency\ cofficuent = Log_{10} ([Chl\text{-}a \times aDO\%]/[MinDin \times MinPO4]) \quad \text{(معادله ۴)}$$

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	۲< TRIX<۴	۱/۶-۱/۸
Mezotrophic	۴ <TRIX<۵	۲/۸-۴
Mezo-Eutrophic	۵≤ TRIX<۶	-
Eutrophic	۶≤ TRIX<۸	۴-۵/۳

شاخص نسبت تروفیکی غیر مقیاسی TQR_{trix}

این شاخص از تقسیم 50^{th} UNTRIX سایت مرجع (Reference) بر 75^{th} UNTRIX سـایت هـای مـورد بررسـی محاسـبه و براساس آستانه اعلام شده در جدول ۳ محاسبه می گردد. برای تشخیص سـایت مرجـع از روش ارایـه شـده توسـط US EPA (۲۰۰۵) استفاده گردید. در این روش بر اساس روش های ریاضی ایستگاههای مورد بررسی از نظر شرایط هیـدرولوژیک گـروه بندی و سپس سایت مرجع تعیین می گردد.

تجزیه و تحلیل داده های حاصل از پژوهش حاصل با اسـتفاده از نـرم افـزار آمـاری SPSS نسـخه ۲۰ صـورت گرفـت. قبـل از محاسبه شاخص ها مقادیر پرت در خارج از محدوده [میانگین± انحراف معیار(μ± 2STD)] از مجموعه داده هـا حـذف شـدند. برای تعیین شاخص ها از میانگین و حد بالا و پایین متغیرها در فاصله اطمینان ۹۵ درصد (±2STD) استفاده شده است. جهت گروه بندی ایستگاه‌ها بر اساس مقادیر مربوط به متغیرهای مورد بررسی از آنالیز خوشه بندی داده ها و جهت مقایسه تغییـرات زمانی و مکانی متغیرهای مورد بررسی از تحلیل واریانس یکطرفه و پس آزمون دوبدویی توکی (Tuky test) استفاده گردید.

[4*] Coastal Waters of Hormozgan

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

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

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

نتایــج

تغییرات مربوط به پارامتر های 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 دوبدویی 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 ± 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 ۵/۹-۳/۵۸ و ۵/۸- ۳/۴ بوده است. بیشترین مقدار مربوط به این شاخص در منطقه یک (۲ ۰/ ۰±۶/۱۳) و کمترین آن در منطقه چهار (۱۱/ ۰±۴/۸۶) و بیشترین و کمترین مقدار برای شاخص غیرمقیاسی در منطقه یک (۴ ۰/ ۰±۵/۶۸) و چهار(۸/۷۵- ۳/۹۹) به ثبت رسید.

جدول ۴. حداقل، حداکثر، میانگین و اشتباه معیار (SE ±) پارامترهای مورد بررسی در آب‌های ساحلی استان هرمزگان در فاصله اطمینان ۹۵ درصد (2STD ±)(۱۳۹۱)

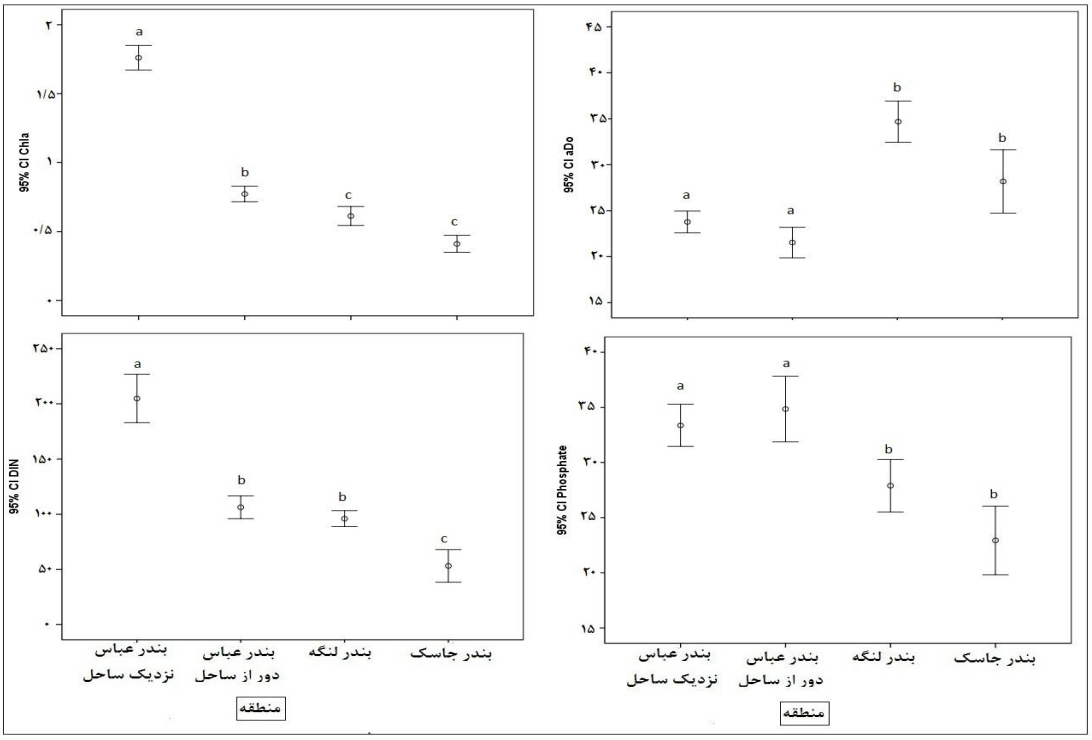
منطقه / پارامتر	کلروفیل a	درصد اشباعیت اکسیژن	ازت معنی محلول DIN	فسفات محلول DIP
بندر عباس	۱/۷۶±۰/۰۵^{c}	۲۳/۷۸±۰/۶۱^{c}	۲۰۹/۹۲±۱۱/۱^{c}	۳۳/۴±۰/۹۷^{c}
بندر عباس	۰/۷۷±۰/۰۳^{c}	۲۱/۵۳±۰/۸۵^{c}	۱۰۶/۳±۵/۲۲^{c}	۳۴/۸۵±۱/۵^{c}
بندر لنگه	۰/۶۱±۰/۰۴^{c}	۳۷/۷۹±۱/۱^{c}	۹۵/۹۲±۳/۶۴^{c}	۲۷/۹±۱/۲^{c}
بندر جاسک	۰/۴۱±۰/۰۳^{c}	۲۷/۱۱±۰/۴۹^{c}	۵۳/۱±۵/۴۸^{c}	۲۲/۹۴±۰/۷۲^{c}
تغییرات کل	۰/۸۹±۰/۰۴^{c}	۲۷/۵۵±۰/۷۶^{c}	۸۵/۱±۶/۳۶^{c}	۲۷/۹±۱/۱^{c}

جدول ۵. نتایج آنالیز واریانس یکطرف جهت مقایسه میانگین پارامتر های 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

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]



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

آزمون آنالیز واریانس یکطرفه جهت مقایسه میانگین ها در سطح احتمال ۹۵ درصد نشان داد که مابین مناطق مورد بررسی از نظر میزان شاخص های مقیاسی و غیرمقیاسی اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (Df = 3 , F = 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 می دهد 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 شاخص های مقیاسی و غیرمقیاسی به صورت نمودارهای ستونی به تفکیک فصـل و منطقـه در شکل۳ آمده است. نتایج نشان می دهد که مقادیر مربوط به هر یک از این شاخص ها در دو فصل پـاییز و زمسـتان بـه مراتـب بیشتر از بهار و تابستان در هر یک از مناطق مورد بررسی بوده است. از طرفی نتایج آزمون مقایسه ایی دو به دویی توکی نشان داد که در هر منطقه مابین دو فصل بهار و تابستان و همچنین مابین دو فصـل پـاییز و زمسـتان اخـتلاف معنـی داری از نظـر میزان شاخص های مورد نظر در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود ندارد (P>0.05). در صـورتیکه ایـن اخـتلاف مـابین برخـی از فصل‌ها معنی دار بود (P<0.05).

نمودار درختی حاصل از گروه بندی ایستگاه‌ها بر اساس مقادیر حاصل از کلروفیل a، درصد اشباعیت اکسیژنی، مـواد مغـذی و شاخص‌های مقیاسی و غیرمقیاسی به روش سلسله مراتبی در شکل ۴ آمده است. براساس مشاهدات، شرایط تروفـی و کیفیـت آب را می توان به دو گروه تقسیم بندی نمود، بطوریکه ایستگاه‌های ۱، ۲ ، ۳ و ۴ و ۷ در گروه اول و ایستگاه‌هـای 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 کـل و فسفات، همبستگی خوب و معنی داری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (جدول۸).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

جدول ۶ . حداقل، حداکثر، میانگین و اشتباه معیار (SE ±) شاخص های محاسبه شده به تفکیک منطقه در آب های ساحلی استان هرمزگان در فاصله اطمینان ۹۵ درصد (2STD ±) (۱۳۹۱)

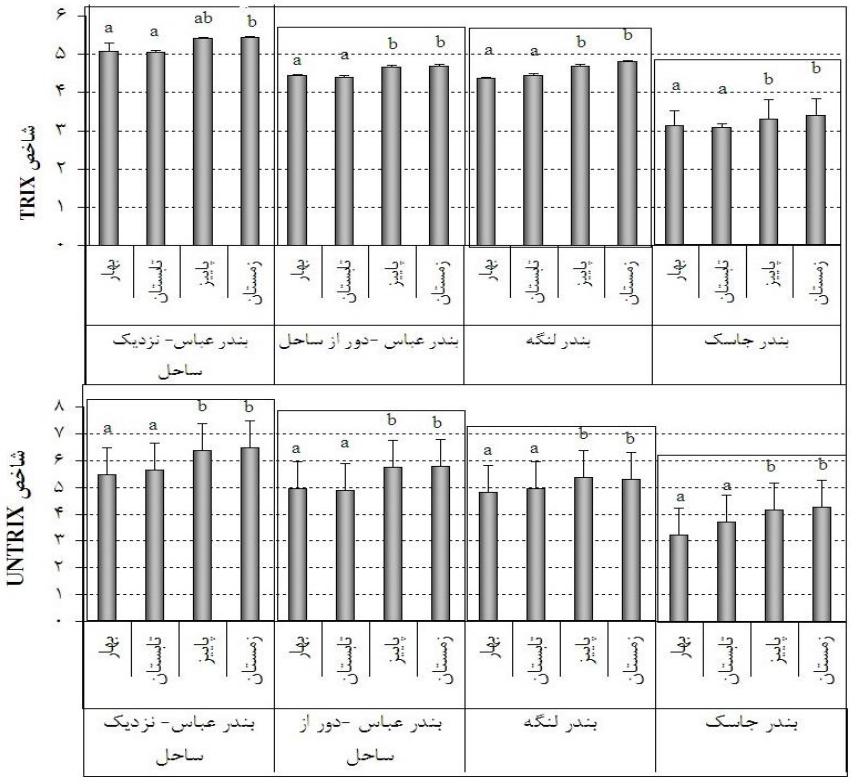
منطقه/شاخص	بندر عباس نزدیک ساحل	بندرعباس دور از ساحل	بندر لنگه	بندر جاسک	تغییرات سالانه
TRIXCS	۶/۱۳±۰/۰۲^{a}	۴/۵۴±۰/۰۳^{b}	۴/۵۳±۰/۰۲^{b}	۳/۷۷±۰/۰۹^{c}	۴/۸۶±۰/۰۲
UNTRIXCE	۵/۶۸±۰/۰۴^{a}	۵/۱۷±۰/۰۵^{b}	۵/۱۱±۰/۰۴^{b}	۳/۷±۰/۱۷^{c}	۳/۹۹±۰/۰۳
	۵/۶۱-۵/۸	۵/۱-۵/۲۷	۵/۰۳-۵/۲۱	۳/۴ -۴/۰۶	۳/۴ -۵/۸
TQR_{TRICS}	۰/۷۲	۰/۷۸	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 آب های ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

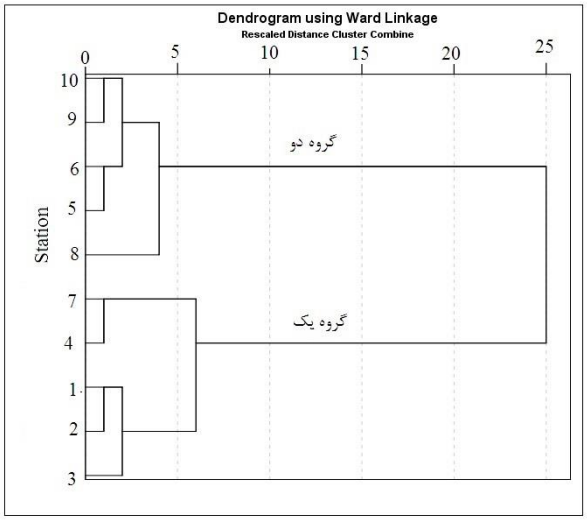
منطقه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
بندر عباس - نزدیک ساحل	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱
بندر عباس - دور از ساحل	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۷۴	۰/۷۲
بندرلنگه	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۷۸
بندر جاسک	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۹۹	۰/۹۸



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

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]



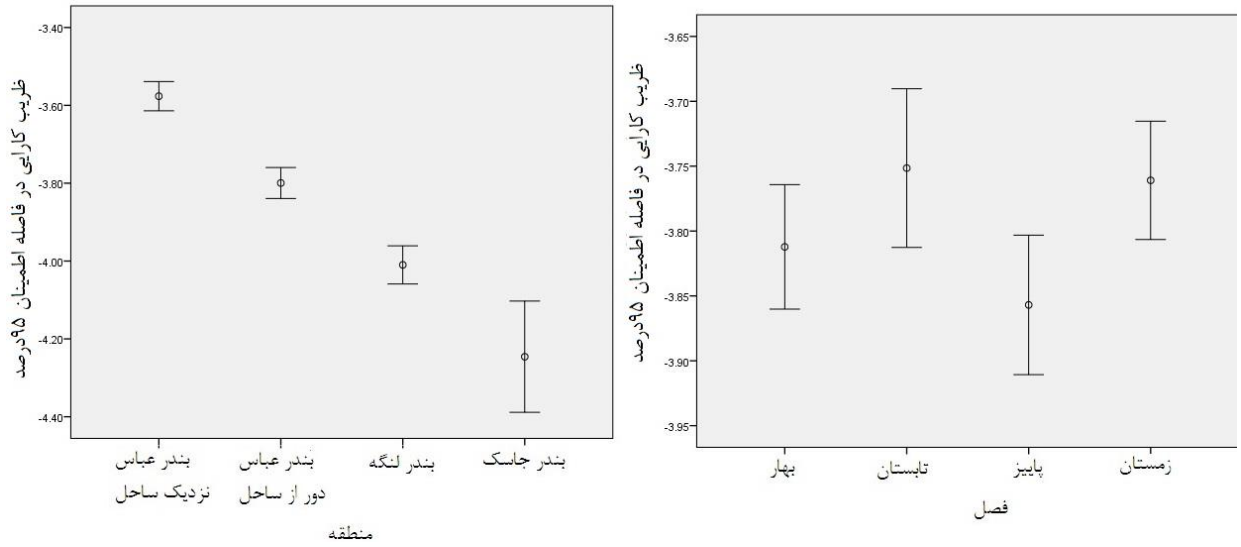
شکل ۴. نمـودار درختـی حاصـل از آنـالیز خوشـه ایـی بـه روش Ward´s method و شـــاخص مقیـــاس فاصـــله (Euclidean distance) برای گروه بندی ایسـتگاه هـا و تعیین سـطوح تغذیـه گرایـی در آب هـای ساحلی استان هرمزگان (۱۳۹۱)

تغییرات میانگین ضریب کارآیی به تفکیک منطقه و فصل در آب های 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 ۰/۰۱ ± ۳/۷۹ ، ۶/۵۹- و ۰/۲- بوده است. نتایج مقایسه میانگین ها (±SE) نشان می دهد که بیشترین مقدار این شاخص در منطقه یک و دو در فصل تابستان (۰/۰۳ ± ۳/۷۵-) و در منطقه سه و چهار مربوط به فصل زمستان (۰/۰۲ ± ۳/۷۶-) بوده است. میانگین ضریب کارایی محاسبه شده برای فصل های بهار و پاییز به ترتیب برابر با ۰/۰۲ ± ۳/۸۱- و ۰/۰۳ ± ۳/۸۴- محاسبه گردید. آزمون آنالیز واریانس یکطرفه نشان داد که بین مناطق مورد بررسی از نظر میزان ضریب کارآیی به دست آمده اختلاف معنی داری وجود دارد ($Df = 3$, $F = 3.40$, $P<0.05$).

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	۰/۶۴**	۰/۲۴*	۰/۵۲**	۰/۴۲**
شاخص غیر مقیاسی UNTRIX	۰/۶۳**	۰/۲۴*	۰/۵۲**	۰/۴۲**

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



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

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

بحث

شاخص های تروفیکی تک متغیره و چند متغیره توسط محققین مختلفی در اکوسیستم های آبی مورد استفاده قرار می گیرد که از جمله می توان شاخص کارلسون و سیمپسون (Carlson and Simpson, 1996)، شاخص تروفیکی تریکس ارایه شده توسط Volleinweider و همکاران (۱۹۹۸) ،OECD (۱۹۸۲) و شاخص های تروفی چند متغیره (Multivariate index) حاصل از تکنیک های ریاضی (Numerical) و آماری چند متغیره مانند آزمون مولفه های اصلی، آنالیز خوشه ایی و تشخیصی (Shahrban and Etemad-Shahidi, 2010; Siddiquee *et al*., 2011; Primpas and Karydis, 2011; Primpas *et al*., 2008; Gupta *et al*., 2009; Zhou *et al*., 2007) را نام برد. در این تحقیق پس از توسعه و بازنگری شاخص های تروفیکی پیشنهاد شده توسط Volleinweider و همکاران (۱۹۹۸) و غیرمقیاسی پیشنهاد شده ($UNTRIX$ and TQR_{TRIX}) توسط Pettine و همکاران (۲۰۰۷) ، شرایط تغذیه گرایی آب های 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 و۰/۹) و Taebi و همکاران (۲۰۰۵) در بخشی از مناطق شمال شرقی خلیج فارس (۱/۵- و ۱) تفاوت های آشکاری را از خود نشان می دهد. نتایج آزمون همبستگی پیرسون مربوط به متغیرهای شرکت کننده در شاخص تریکس حاکی از ارتباط معنی دار بین کلروفیل a و پارامترهای مربوط به مواد مغذی بوده است (R^2 = ۰/۱۲-۰/۲). این نتیجه می تواند نقش تعیین کننده و اثرات متغیرهای مورد نظر را در وضعیت تروفی آب های ساحلی مورد مطالعه آشکار سازد. نتایج آنالیز واریانس یکطرفه در سطح احتمال ۹۵ درصد نشان داد که بین میزان هریک از پارامترها در مناطق مورد بررسی اختلاف معنی داری وجود داشته است ($P<0.05$). این نتیجه می تواند بیانگر تفاوت شرایط تروفیک در مناطق مورد نظر باشد. تغییرات زمانی مربوط به میانگین های شاخص مقیاسی تریکس نشان داد که به طور کلی در آب های ساحلی مورد مطالعه مقادیر این شاخص در فصل های پاییز و زمستان به مراتب بیشتر از بهار و تابستان بوده است و از نظر آماری نیز بین آنها اختلاف معنی داری 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 خوشه بندی داده ها بر اساس مقادیر حاصل از شاخص ها و متغیرهای مداخله کننده در آن (کلروفیل a ، درصد اشباعیت اکسیژنی و مواد مغذی) نشان داد که در ایستگاه‌های مربوط به گروه اول مقادیر مربوط به شاخص های مقیاسی و غیرمقیاسی به مراتب بیشتر از ایستگاه‌های متعلق به گروه دوم و از نظر آماری نیز بین این دو گروه از نظر میزان شاخص ها و متغیرهای مورد نظر اختلاف معنی داری وجود داشته است ($df = 463$, $t=2.99$,$Sig. = 0.03$, $P<0.05$). در گروه بندی انجام شده، چهار ایستگاه (۱ ،۲،۳ و ۴) از ۵ ایستگاه انتخابی در آب های نزدیک ساحلی مجاور شهر بندرعباس که به طور مستقیم در معرض اثرات مربوط به پساب های شهری و خانگی قرار داشته اند در گروه اول و سایر ایستگاه‌ها در گروه بعدی جای گرفتند. بررسی های 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 آب های ساحلی مجاور شهر بندرعباس به مراتب بیشتر از سایر مناطق مورد مطالعه بوده است. موارد مطرح شده می‌تواند بالا بودن مقادیر مربوط به شاخص های مقیاسی و غیرمقیاسی به دست آمده در آب های نزدیک ساحلی مجاور شهر بندرعباس را به خوبی تفسیر نماید. نتایج مربوط به آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که ارتباط مثبت، خوب و معنی داری بین شاخص مقیاسی تریکس و کلروفیل a (R^2 = 0.64+) و ارتباط نسبتا 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 هرچند معنی دار 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 شاخص های مقیاسی TRIX و غیر مقیاسی 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 می دهد 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

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

تفاوت های محسوسی مشاهده می گردد. هرچند که نتایج این تحقیـق در مقایسـه بـا کارهـای انجـام شـده توسـط برخـی از محققین داخل کشـور از جملـه Sarraji (۲۰۱۴) در محـدود ایرانـی آب هـای سـاحلی عمـان، Taebi و همکـاران (۲۰۰۵) در آب‌های ساحلی شمال شرقی خلیج فارس و Zoriasatein و همکاران (۲۰۱۳) در شمال غربی خلیج فارس (آب های مربوط بـه رودخانـه اروند) کمـی نزدیـک و نسـبت بـه نتـایج بـه دسـت آمـده توسـط Shahrban و shahidi – Etemad (۲۰۱۰)، Nasrollahzadeh saravi و همکاران (۲۰۰۸) که در دریای خزر صورت گرفته است، بسیار نزدیک تر می باشد. نگارنده بـر ایـن باور است که وجود مقادیر متفاوت مربوط به ضرایب k و m ، عمق و فاصله ایستگاهها از عوامل اصلی تفاوت مقادیر مربـوط بـه 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 گرایی 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 گرایی مناطق مورد نظر با استفاده از مدل تجربی بازنگری شده حاصل از مولفه های اصلی توسطAkbarzadeh و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که ایستگاههای مورد مطالعه در آب‌های ساحلی مجاور شهر بندرعباس در بیشتر زمان ها شرایط تغذیه گرایی 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 گرایی بوده باشد. بررسی نتایج حاصل از شاخص تغذیه گرایی 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 گرایی 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 (Modrate) 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 سال‌های 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 Nandan- Bijoy 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 (۰/۰۲±۳/۶-) 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 ۹۵درصد 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 (Nasrollazade saravi *et al*., 2008; Zoriasatein *et al*., 2013; Volleinweider *et al*., 1998; Primpas *et al*., 2010)،

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

می‌توان پس از بازنگری و توسعه شاخص های مقیاسی و غیرمقیاسی برای ارزیابی شرایط تغذیه گرایی در آب های 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 تغذیه گرایی یک اکوسیستم از لحاظ کمی و کیفی استفاده از چند شاخص بازنگری شده در طی پایش‌های مستمر در همان اکوسیستم و یا اکوسیستم های همجوار آن می باشد.

جدول ۸. مقایسه مقادیر مربوط به شاخص های 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 *et al*., 2007)	(O to M)۶/۳-۲/۹۹	N۲/۰ ۹ -۵/۷۳	(M/G)۰ /۶۷–۰ /۹
(Yucel-Gier *et al*., 2011)	(O)۳/۹–۱/۴	N۳/۱-۰ /۷	(H)۰ /۸۵
(Taebi *et al*., 2005)	(O)۶/۴–۵/۷	–	–
(Saraji, 2014)	۵/۵۹-۴/۴۶Near shore	–	–
(Shahrban and Etemad shahid, 2010)	M to M-E۴/۴-۶/۲	–	–
(Nasrollahzadeh *et al*., 2008)	;O ,M to M-E۲/ ۸ -۶/۵	H&N۱/ ۶ -۵/۰ ۲	–
(Akbarzadeh *et al*., 2013)	; O,M to M-E۳/۵۸–۵/۹۲	H&N۳/۴ -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 تغذیه گرایی و میزان ریسک درآب های ساحلی مورد بررسی بر اساس آستانه اعلام شده

منطقه/ شاخص	بندر عباس	بندرعباس	بندر لنگه	بندر جاسک	سالانه
TRIX	مزو- یوتروف	مزوتروف	مزوتروف	الیگوتروف	
UNTRIX	ریسک بالای یوتریفیکاسیون بالا	ریسک بالای یوتریفیکاسیون بالا	ریسک بالای یوتریفیکاسیون بالا	بدون ریسک یوتریفیکاسیون	ریسک بالای اوتریفیکاسیون
TQR_{TRICS}	Good	Good	Good	High	Good

فصل/ شاخص	فصل			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
TRIX	مزوتروف	مزوتروف	مزوتروف	مزوتروف
UNTRIX	ریسک بالای یوتریفیکاسیون	ریسک بالای یوتریفیکاسیون	ریسک بالای یوتریفیکاسیون	ریسک بالای یوتریفیکاسیون
TQR_{TRICS}	Good	Good	Good	Good

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می دانم از کلیه همکاران محترم بخش اکولوژی خصوصا از زحمات بی دریغ همکاران سابق خود جناب آقای مهندس ابراهیمی و مهندس جوکار تشکر و قدردانی نمایم.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

منابــع

Akbarzadeh, GH., 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 trophic status of the mersin bay waters (North estern 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., Makhlough, 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., Makhlough, 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 eutro-phication 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 revisitation 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.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]

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, Ottava (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 tro-phic index (TRIX) values in coastal area of Arvand, Northeastern of Persian Gulf, Iran. World. 5(3): 257-262.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1396.7.1.8.3]