بررسی وضعیت تغذیه گرایی آب های ساحلی استان هرمزگان با استفاده از مولفه‌های اصلی(PCA)

غلامعلی اکبرزاده[1*]، محمدرضا صادقی[1]، لیلی محبی نوذر[1]، کیوان اجلالی[1]، محمد صدیق مرتضوی[1]

* gholamaliakbarzadeh@gmail.com

۱-پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان ، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان آموزش و ترویج کشاورزی، صندوق پستی :۱۵۹۷ – ۷۹۱٤٥.

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹٥ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹٦

چکیده

در مطالعه حاضر، برای طبقه بندی سطح تغذیه گرایی و شرایط کیفی آب از شاخص چند متغیره حاصل از آزمون مولفه های اصلی استفاده گردید. در این شاخص برای محاسبه میزان تروفی از چهار متغیر نیترات، نیتریت، آمونیاک و فسفات بعنوان عوامل غیر زنده جهت تولید زیتوده و کلروفیل a بعنوان شاخصی از میزان تولیدات فیتوپلانکتونی استفاده گردید. نمونه برداری از آب های ساحلی استان هرمزگان در ده ایستگاه به مدت دوازده ماه از فروردین تا اسفند درسال۱۳۹۱ صورت گرفت. کمترین میزان شاخص تروفی محاسبه شده در این تحقیق برابر با۰/۱ در ایستگا های ۹ و۱۰ و بیشترین آن برابر با ۱/۵ در ایستگاه ۳ به ثبت رسید. در آب های نزدیک ساحلی مجاور شهر بندر عباس، شرایط تروفی در سطح یوتروف و دوراز ساحل شهر بندر عباس از حالت مزوتروف تا الیگو تروف ودر سایر مناطق در رتبه الیگوتروف بوده است. بر اساس آزمون خوشه بندی، تغییرات زمانی میزان شاخص تروفی به دو دوره زمانی اول(مزوتروف - الیگوتروف) و دوم(یوتروف - مزوتروف) تقسیم گردید. از نظر کیفیت آب، در بسیاری از ماه های مورد بررسی ، آب های ساحلی بندر عباس، در رتبه ضعیف(آلودگی بالا) تا متوسط و سایر مناطق در رتبه خوب بوده است. کاهش کیفیت آب در آب های نزدیک ساحلی بندرعباس به دلیل تاثیرات بالقوه ورود مواد مغذی ناشی از ورود فاضلاب های خانگی و شهری، به آب های ساحلی بوده است.

کلمات کلیدی: کیفیت آب، شاخص چند متغیره، تغذیه گرایی، مولفه‌های اصلی، استان هرمزگان

* نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

مقدمه

تغذیه گرایی یا غنی شدن آب از مواد مغذی[1] یکی از مشکلات عمده اکوسیستم های آبی از جمله تالاب‌ها (اسماعیلی و ابراهیمی، ۱۳۹۰)، رودخانه ها (Qian *et al*., 2007)، دریاچه-ها (Mirzajani *et al*., 2010) و آب‌های ساحلی و دریایی(Yucel- Gier *et al*., 2010; Zhou *et al*., 2006; Shahrban and Etemad-Shahidi, 2010) محسوب می-گردد. ارزیابی شرایط تروفی وخطر شکوفایی پلانکتونی بعنوان یکی از مسائل مهم مدیریت زیست محیطی آب های ساحلی مطرح می باشد(Yucel- Gier *et al*., 2011; Pettine *et al*., 2007) و می تواند در پیشگیری و کنترل شکوفایی جلبکی منابع آبی بسیار مفید واقع گردد(Primpas and Karydis,. 2009; Primpas *et al*., 2010; Specchiulli, 2008; Bricker *et al*., 2008; Zoriasatein *et al*., 2013). طبیعت چند بعدی پدیده یوتریفیکاسیون بدین معناست که استفاده ازیک متغیر نمی تواند جهت تعیین شرایط تروفی یک محیط آبی از دقت لازم وکافی برخوردار باشد (Karydis, 2009). شاخص‌های تروفیک متعدی برای تعیین سطوح تروفی و کیفیت آب وجود دارد که در اکوسیستمهای آبی می توان از آنها استفاده نمود(Vollenweider *et al*., 1992; Gupta *et al*., 2003; Shahrban and Etemad-shahidi, 2010). از جمله مطالعات انجام شده درزمینه بررسی شرایط محیطی و اکولوژیک منابع آبی با استفاده از شاخص های چند متغیره می توان به بررسی های انجام شده جهت تعیین وضعیت مزوتروفیک خور VARNA در بخش غربی دریای سیاه، وضعیت هایپر تروفیک خلیج TRIESTE در بخش جنوبی دریای آدریاتیک(Moncheva *et al*., 2002)، 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 مزو - یوتروف حوضه جنوبی دریای خزر (Nasrollahzadeh saravi, 2008)، شرایط تروفیک آب‌های ساحلی دریای سیاه(Primpas *et al*., 2010)، وضعیت تروفی مصب‌ها و آب‌های ساحلی در ایالات متحده آمریکا(Bricker *et al*., 2008)، وضعیت تروفی آب‌های سواحل جنوبی دریای خزر (Khenari *et al*., 2010)، 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 سواحل عمان در محدوده آب‌های ایرانی در استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان (Sarraji, 2014) را نام برد. یکی از روش‌های مفید برای تعیین شرایط کیفی منابع آبی خصوصا آب‌های ساحلی و دریایی، استفاده از شاخص تغذیه گرایی با استفاده آزمون مولفه‌های اصلی می‌باشد که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است(Parinet *et al*., 2004). برای تعیین میزان شاخص تغذیه گرایی از چهار متغیر نیترات، نیتریت، آمونیاک و فسفات بعنوان عوامل غیر زنده جهت تولید زیتوده و کلروفیل a بعنوان شاخصی از میزان تولیدات فیتوپلانکتونی استفاده می گردد(Druon *et al*., 2004; Shrestha and Kazama, 2007; Penna *et al*., 2004). مطالعات انجام شده در گذشته توسط محققین نشان می دهد که روش های آماری چند متغیره می توانند در پایش های محیط آبی به عنوان یکی از روش های مفید مورد استفاده قرار گیرند(اکبرزاده و همکاران، ۱۳۹۵). هدف پژوهش، در این مقاله، محاسبه میزان و طبقه‌بندی شرایط تغذیه‌گرایی و کیفیت آب، در آب‌های ساحلی استان هرمزگان، با استفاده از مدل تجربی حاصل از آزمون مولفه‌های اصلی، می‌باشد.

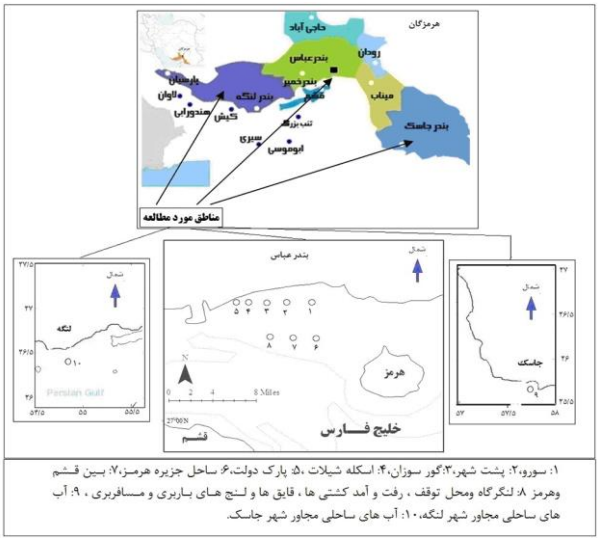
مواد و روش‌ها

استان هرمزگان با مختصات جغرافیایی ۲۳°۲۵ تا ۵۷°۲۸ عرض شمالی و ۴۱°۵۲ تا ۱۵°۵۹ طول شرقی یکی از استان های جنوبی کشور در ساحل خلیج فارس و دریای عمان محسوب می گردد. از ده ایستگاه جهت نمونه برداری آب، پنج ایستگاه درآب‌های ساحلی مجاور شهر بندر عباس(تحت تاثیر آلاینده های مختلف و پساب های خانگی و شهری)، سه ایستگاه در آب‌های دور از ساحل بندر عباس(تحت تاثیر فعالیت کشتی‌های باربری و مسافربری) و یک ایستگاه در هریک از دو منطقه غرب(در مجاورت شهر بندرلنگه) و شرق(در مجاورت شهر بندر جاسک) انتخاب گردیدند(شکل ۱). نمونه‌برداری آب از لایه سطحی در هر ایستگاه با ۳

[1] Eutrophication

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

بارتکرار و با استفاده از بطری نمونه بردار روتنر، بصورت ماهانه از فروردین تا اسفند در سال ۱۳۹۱ صورت گرفت. کلروفیل a، با استفاده از دستگاه CTD[۲] مدل Ocean seven-316 در ستون آب اندازه‌گیری گردید. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری تحت شرایط خاص(در دمای ۴ C^o توسط پودر یخ) نگهداری و به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس انتقال و سپس با استفاده از پمپ خلاء و کاغذهای میلی پور[۳] با قطر ۰/۴۵ میکرون فیلتر و تا زمان آنالیز در فریزر نگهداری شدند(Strickland and Parsons, 1972).



۱: سورو،۲: پشت شهر،۳:گور سوزان،۴: اسکله شیلات ،۵: پارک دولت،۶: ساحل جزیره هرمز،۷: بین قشم وهرمز ۸: لنگرگاه ومحل توقف ، رفت و آمد کشتی ها ، قایق ها و لنج های باربری و مسافربری ، ۹: آب های ساحلی مجاور شهر لنگه،۱۰: آب های ساحلی مجاور شهر جاسک.

شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در آب های ساحلی استان هرمزگان

Figure 1: Studying area and its water quality monitoring sites

اصول روش های اندازه گیری نیترات(NO_3-N) بر اساس روش احیاء کادمیم ، نیتریت(NO_2-N) براساس واکنش با یک آمین آروماتیک(سولفانیل آمید)، آمونیوم(NH_{4+}-N) بر اساس ایندوفنل آبی در حضور کاتالیزور نیتروپروسید و فسفات (PO_4-p) براساس تشکیل کمپلکس آمونیوم فسفومولیبدات استوار می‌باشد. در تمامی موارد سنجش نمونه‌ها بر اساس رنگ سنجی استوار است. سنجش نیترات، نیتریت، آمونیاک کل و فسفات به روش اسپکتروفتومتریک، بصورت خودکار و با استفاده از دستگاه Skalar San ^{plus} Analyzer گرفت(Strickland and Parsons, 1972). پس از بررسی شرایط توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون‌های چولگی و کشیدگی(Wu *et al*., 2010) و استاندارد کردن آن‌ها جهت کاهش اثرات واریانس بر نتایج آزمون(Primpas and Karydis, 2009) با استفاده از مدل تجربی حاصل از آزمون مولفه های اصلی، برای تعیین میزان تغذیه گرایی استفاده گردید. مولفه های اصلی را می توان طبق رابطه۱($Z_{ij}= PC_1x_{1j}+PC_2x_{2j}+ \dots PC_mx_{mj}$) تعریف نمود. در این رابطه Z: معدل مولفه‌ها، PC: مولفه‌ها، x: مقدار اندازه‌گیری شده متغیرها، i: تعداد مولفه‌ها، j : تعداد نمونه‌ها و m: تعداد کل متغیرها است(زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). برای تعیین شاخص تغذیه گرایی[۴](EI) از اولین مولفه حاصل از آزمون مولفه‌های اصلی ($Z_{ij}= PC_1x_{1j}$) استفاده می گردد. میزان شاخص را می‌توان بر اساس رابطه۲ ($PC_1=EI=aC_{PO4}+bC_{NO3}+cC_{NO2}+dC_{NH3}+eC_{chl-\alpha}$)تعیین نمود (Primpas *et al*., 2010).

در این رابطه، C: نشان‌دهنده غلظت پارامترهای مورد مطالعه و a, b, c, d و e، نشان‌دهنده نمره‌های عاملی حاصل از چرخش عامل اول در بین مولفه‌های مورد نظر می‌باشد. پس از محاسبه مقادیر عددی شاخص با استفاده از رابطه ۲، طبقه-بندی وضعیت تغذیه گرایی بر اساس معیار ارایه شده توسط سازمان آب اروپا(جدول ۱) صورت گرفت(Primpas *et al*., 2010). برای گروه‌بندی شرایط کیفی آب بر اساس مقادیر حاصل از شاخص تغذیه گرایی، از آنالیز خوشه ایی به روش سلسله مراتبی[۵] بر اساس فاصله اقلیدسی(Euclidean distance) استفاده گردید(Zhou *et al*., 2006).

جدول۱: معیار اعلام شده برای سطوح تغذیه گرایی و شرایط کیفیت آب(Primpas *et al*., 2010)

Table 1: Stated criteria for trophies levels and water quality conditions

شرایط کیفیت آب	میانگین	حد بالا	حد پایین	شرایط تغذیه گرایی
خوب	۰/۲۱	/۳۸	۰/۰۴	Oligotrophy(کم غذا)
متوسط	۰/۶۲	/۸۷	۰/۳۷	Mesotrophy(متوسط)
ضعیف	۱/۱۷	/۵۷	۰/۸۳	Eutrophy(پرغذا)

[۲] Conductivity , Temprature , Depth
[۳] Millipor filtration paper
[۴] Eutrophication index
[۵] Hierarchical Cluster Analysis:Weard's methods & Euclidean distance

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

نتایج

آماره‌های توصیفی متغیر های مورد بررسی جهت تعیین سطوح تغذیه گرایی و شرایط کیفیت آب در آب‌های ساحلی استان هرمزگان در جدول ۲ ارایه گردیده است.

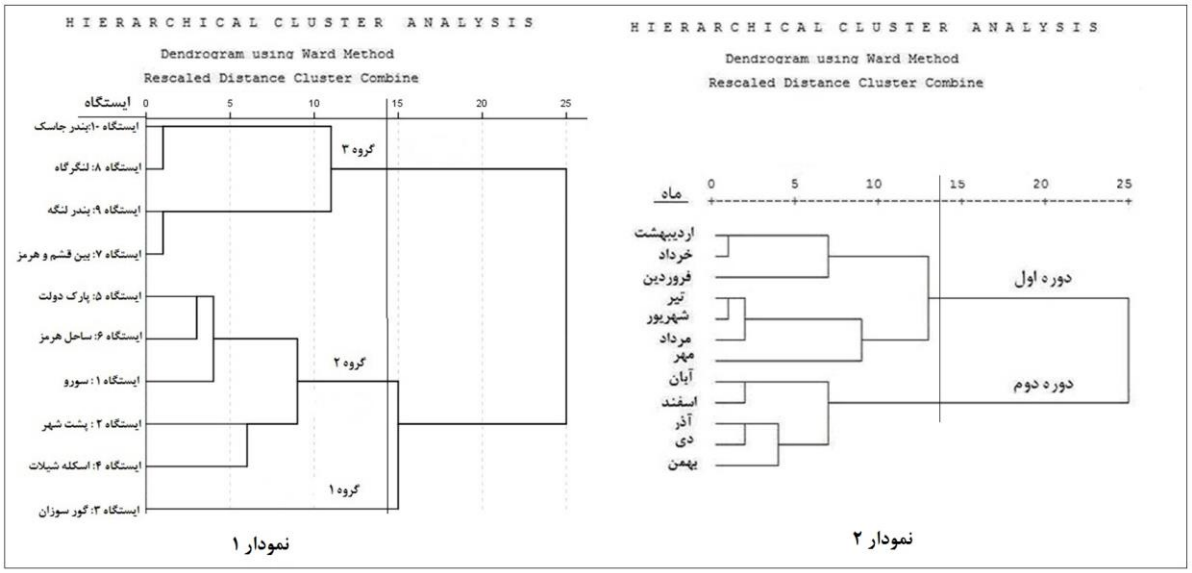
جدول۲: آماره های توصیفی متغیر های مورد مطالعه در در آب‌های ساحلی استان هرمزگان(۱۳۹۱)

Table 2: Statistical descriptives of water quality parameters in coastal waters of Hormozgan province (2012)

پارامتر	تعداد	حداقل	حداکثر	میانگین	خطای
نیترات	۵۰۴	۲/۱۹	۳۹۰	۶۸/۶۱	۲/۵۴
نیتریت	۵۰۴	۰/۱۹	۳۱/۶	۸/۵۵	۰/۳۵
آمونیوم	۵۰۴	۱/۲۹	۵۰۰	۶۲/۹۴	۳/۷۴
فسفات	۵۰۴	۹/۶۵	۱۲۰/۳۵	۳۲/۷۱	۰/۷۹
کلروفیلa	۵۰۴	۰/۰۱	۴/۹۸	۱/۱	۰/۲۰

* نیترات(NO_3-N)، نیتریت(NO_3-N)، آمونیا(NH_{4+}-N) بر حسب میکروگرم درلیتر و کلروفیل a برحسب میلی گرم در متر مکعب می باشد.

تغییرات زمانی و مکانی شرایط کیفیت آب بر اساس پارامتر های مورد مطالعه و با استفاده از آزمون خوشه بندی داده ها به روش سلسله مراتبی در شکل۲ آمده است. نتایج نشان داد که آب های ساحلی را می توان از نظر کیفیت آب به دو دوره دوره زمانی اول و دوم تقسیم بندی نمود. در این تقسیم بندی ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهردر دوره اول و سایر ماه ها(آبان ، آذر ، دی ، بهمن و اسفند) در دوره دوم قرار گرفتند. از نظر مکانی، کیفیت آب ایستگاه های مورد بررسی را می توان به سه گروه تقسیم بندی نمود. بر این اساس، ایستگاه ۳ در گروه اول، ایستگاه‌های ۱، ۲، ۴، ۵ و ۶ در گروه دوم و ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ در گروه سوم جای گرفتند. نتایج آزمون توکی حاصل از تحلیل واریانس یکطرفه و آزمون تی نشان داد که شرایط کیفیت آب در اکثر موارد مابین سه گروه و همچنین در بین دو دوره اختلاف معنی داری را در سطح احتمال ۹۵ از خود نشان داده است($p<0.05$).



شکل ۲: گروه بندی کیفیت آب های ساحلی با استفاده از آزمون خوشه ایی به روش سلسله مراتبی بر اساس متغیرهای مورد بررسی(۱۳۹۱)

Figure 2: Dendrogram showing hierarchical cluster analysis of sampling stations based on water quality variables studied (2012)

برخی از آماره های محاسبه شده مربوط به آزمون مولفه‌های اصلی در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه گردیده است. مقدار شاخص کایزر مایر- اولکین(KMO) در این آزمون برابر با ۰/۶۵ و معنی‌دار می باشد. نتایج مربوط به وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها تحت آزمون کرویت بارتلت($p<0.05$; $df = 10$; Approx. Chi-Square =۳۳۹) نشان داد که در سطح احتمال ۹۹ درصد، همبستگی معنی داری مابین متغیرهای

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

مورد مطالعه وجود داشته است ($p<0.01$). این نتایج حاکی از مناسب بودن داده ها برای انجام آزمون مولفه ها می باشد.

جدول۳: ماتریکس همبستگی بین متغیر های مورد مطالعه

Table 3:Matrix correlation between the variables studied

			نیترات	۰/۱۰۵*	نیترات
		نیتریت	۰/۲۲۸**	۰/۱۳۴**	نیتریت
	آمونیوم	۰/۲۶۱**	۰/۱۲۸**	۰/۲۹۲**	آمونیا
فسفات	۰/۳۲۲**	۰/۵۱۱**	۰/۲۸۸**	۰/۱۲۲**	فسفات
			کلروفیلa		

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

در این آزمون، دو مولفه بترتیب با مقادیر ویژه بالاتر از واحد انتخاب گردید. مجموعه واریانس های تبین شده توسط این دو مولفه برابر با ۶۱/۲ درصد و تغییرات آن در هریک از مولفه ها ی اول و دوم، بترتیب برابر با ۳۴/۳۱ و ۲۶/۹۲ صدم درصد بوده است. با استفاده از رابطه مربوط اولین مولفه حاصل از آزمون مولفه‌های اصلی و قرار دادن ضرایب نمره های عاملی می توان رابطه ۳ را برای سنجش میزان تغذیه‌گرایی تعریف نمود. با توجه به میانگین های محاسبه شده مربوط به متغیر ها، میزان شاخص تغذیه گرایی برای تمامی مشاهدات از نظر مکانی(به تفکیک ایستگاه، منطقه و گروه) و زمانی(دو دوره) تعیین که نتایج آن در جدول۵ ارایه گردیده است.

رابطه (۳)

$$E.I= 0.27C_{PO4}+0.260CNO3+0.35C_{NO2}+0.559C_{NH4^+}+0.44C_{chl-\alpha}$$

نتایج حاصل از تحلیل واریانس یکطرفه نشان داد که در بین مناطق($p<0.05$; $f = ۷۶/۴$;df= ۳)، ایستگاه‌ها ($p<0.05$; $f =۲۵/۵$;df =۹) در طی دوره مورد مطالعه از نظرمیزان تغذیه گرایی محاسبه شده اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۹۵درصد وجود داشته است($p<0.05$).

جدول۴: ماتریس نمره های عاملی چرخش یافته مربوط به متغیرهای شرکت کننده در هریک از عامل ها

Table 4: Rotated Factor Loading Matrix, eigenvalues, % variance and cumulative variance values

متغیر	مولفه ها	
	۱	۲
نیترات(NO_3-N)	۰/۲۶	۰/۵۸
نیتریت(NO_2-N)	۰/۳۵	۰/۲۶
آمونیوم(NH_4-N)	۰/۵۶	۰/۱۴
فسفات(PO_4 - p)	۰/۲۷	۰/۵۶
کلروفیل a	۰/۴۳۶	۰/۰۸
مجموع مجذور بارهای چرخش یافته[a]		
Eigen values	۱/۷۱۶	۱/۳۴۶
% of Variance	۳۴/۳۱۱	۲۶/۹۱۷
Cumulative%	۳۴/۳۱۱	۶۱/۲۲۸

جدول۵: تغییرات مکانی و زمانی میزان شاخص تغذیه گرایی در آب های ساحلی استان هرمزگان(۱۳۹۱)

Table 5: Spatial and temporal variation trophic index in coastal water of Hormozgan province (2012)

منطقه		۱						۲		۳	۴
				۰/۹۱ a				۰/۲۲ b		۰/۱ bc	۰/۱ c
ایستگاه		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
		۰/۶۸ bcd	۱/۱۹ b	۱/۵۲ a	۰/۹ bc	۰/۵ cde	۰/۳ def	۰/۲ ef	۰/۲ ef	۰/۲ ef	۰/۱ f
دوره	اول			۰/۷۷ a				۰/۰۹ b		۰/۰۷ b	۰/۰۵ b
	دوم			۱/۲ a				۰/۳۹ b		۰/۱۴ b	۰/۰۲ c

- منطقه: شامل آب های نزدیک ساحلی بندر عباس(۱)، آب های دور از ساحل بندر عباس(۲)، بندر لنگه(۳) و بندر جاسک(۴)

- ایستگاه : ۱= سورو،۲:پشت شهر،۳:گور سوزان،۴: اسکله شیلات ،۵ : پارک دولت،۶: ساحل جزیره هرمز،۷: بین قشم وهرمز ۸ : لنگرگاه ومحل توقف ، رفت و آمد کشتی ها ، قایق ها و لنج های باربری و مسافربری ، ۹: آب های ساحلی مجاور شهر لنگه،۱۰: آب های ساحلی مجاور شهر جاسک.

- دوره اول : شامل ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر ; دوره دوم شامل ماههای آبان ، آذر، دی، بهمن، اسفند

* حروف نامتشابه در هر ردیف نشانه معنی داربودن است($p<0.05$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

بحث

برای تعیین کیفیت آب دراکوسیستمهای آبی می توان از شاخص های مختلفی استفاده نمود(Gupta *et al*., 2003; Shahrban and Etemad-Shahidi, 2010; Montes *et al*., 2011). در مطالعه حاضر بر اساس میزان شرایط تغذیه گرایی ،کیفیت آب های ساحلی استان هرمزگان با استفاده از شاخص چند متغیره حاصل از آزمون مولفه های اصلی استفاده گردید. بر اساس مدل تجربی حاصل از مولفه های اصلی، ضرایب وزنی متغیر های ورودی به مدل یعنی فسفات ، نیترات، نیتریت، آمونیوم و کلروفیل a بترتیب برابر با ۰/۲۷، ۰/۲۶، ۰/۳۵، ۰/۵۶ و ۰/۴۶ محاسبه گردید. میزان این ضرایب با توجه به نوع اکوسیستم آبی متفاوت است. بعنوان مثال مقادیر گزارش شده متغیرهای فسفات، نیترات، نیتریت، آمونیوم و کلروفیل a در دریای اژه توسط Primpas و همکاران(۲۰۱۰) و هم چنین دربخش جنوبی دریای خزر توسط Ganjian و همکاران(۲۰۱۰) و مقایسه آن با ضرایب حاصل در این تحقیق تفاوت های آشکاری وجود داشته است. محدوده میانگین تغییرات میزان شاخص تغذیه گرایی درطی دوره مورد مطالعه از ۰/۱ الی ۱/۵ درنوسان بوده است. Ganjian و همکاران(۲۰۱۰)، تغییرات این شاخص را برای بخش جنوبی دریای خزر معادل ۰/۲۶ الی ۱/۲۲ و Primpas و همکاران(۲۰۱۰) آن را برای آب‌های ساحلی دریای اژه مابین ۰/۲۵ الی ۱/۳۶ گزارش نمودند که مقایسه آن با محدوده میزان محاسبه شده در این تحقیق همخوانی ندارد. بیشترین مقدار مربوط به شاخص تغذیه گرایی در این تحقیق در آب های نزدیک ساحلی مجاور شهربندر عباس متعلق به ایستگاه سه واقع در محدوده ساحلی خورگورسوزان(محل ورود و ریزش پساب های تصفیه شده شهر بندر عباس) وکمترین آن مربوط به آب های ساحلی بندر جاسک(ایستگاه ۹) و بندر لنگه(ایستگاه ۱۰) بوده است. رتبه بندی شرایط کیفی آب‌های ساحلی و وضعیت تغذیه گرایی ، بر اساس معیارهای ارایه شده (EC, 2000; Primpas *et al*., 2010) صورت گرفت(جدول ۶). بررسی‌ها نشان می‌دهد که که سطح تغذیه‌گرایی در ایستگاه‌های دو (اسکله پشت شهر)، سه (خور گور سوزان) و چهار (مجاور اسکله شیلات) واقع در آب های نزدیک ساحلی بندر عباس بالا و در حالت یوتروف (پر غذا)، در ایستگاه‌های یک(سورو) و پنج(مجاور پارک دولت) متوسط (مزوتروف) و در سایر ایستگاه‌ها در حالت الیگوتروف(کم غذا) بوده است. محاسبه درصد فراوانی نسبی سطوح تغذیه گرایی نشان داد که تقریبا در ۸۵ درصد موارد، بدلیل بالا بودن مواد مغذی، سطح تغذیه گرایی در ایستگاه ۳ ، مربوط به محل ورود پساب های خانگی تصفیه شده شهر بندر عباس بالا(پرغذا یا یوتروف) و شرایط کیفیت آب در سطح ضعیف بوده است. در برخی از ایستگاه‌ها (۱،۲،۴ و ۵)، سطح تغذیه‌گرایی متغیر و در بیش از ۵۰ موارد، کیفیت آب درسطح متوسط و سطح تغذیه گرایی در وضعیت مزوتروف یا یوتروف و کیفیت آب در سطح متوسط یا ضعیف بوده است که این خود نشان دهنده بالا بودن نسبی سطح میزان مواد مغذی موجود در مکان های مورد مطالعه بوده است. در ایستگاه های متعلق به منطقه بندر لنگه و جاسک و در بیش از ۹۵ درصد مشاهدات، شرایط تغذیه گرایی درحالت در سطح الیگوتروف (کم غذا) وکیفیت آب درسطح خوب بوده است. این وضعیت مشاهده شده خود ناشی ازسالم بودن محیط و طبیعی بودن میزان تغییرات مواد مغذی در مناطق مورد نظر می باشد. مطالعات انجام شده در گذشته توسط بسیاری از محققین حاکی از این است که بین بالا بودن مواد مغذی ناشی از ورود پساب ها و فاضلاب های شهری و خانگی به آب های ساحلی و پدیده تغذیه گرایی(اتریفیکاسیون) و شکوفایی جلبکی در مناطق ساحلی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد(اکبرزاده، ۱۳۹۴).

تغییرات زمانی میزان ترفی بدست آمده بر اساس نمودار درختی حاصل از آزمون خوشه ای نشان داد که شرایط تغذیه گرایی و کیفیت آب در طی دوره مورد مطالعه از نوسات فصلی پیروی نمی کند، لذا بر اساس گروه بندی انجام شده می توان شرایط تغذیه گرایی و کیفیت آب را به دو دوره اول (ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر) و دوم(ماه های آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) تقسیم بندی نمود. ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۴) و اکبرزاده و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعات خود با توجه شرایط آب و هوایی حاکم برجنوب کشور، شرایط محیطی را به دو دوره گرم و خنک تقسیم بندی نمودند که با نتایج این تحقیق همخوانی کامل دارد. نتایج نشان می دهد که سطح تغذیه گرایی درطی دوره اول، تحت تاثیر افزایش مواد مغذی، ازحالت مزوتروف - الیگوتروف به حالت یوتروف - مزوتروف در دوره دوم تغییر پیدا نموده است. آزمون تی نشان داد که مابین دو دوره از نظر

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

میزان تروفی محاسبه شده اختلاف معنی داری وجود داشته است($p<0.05$). وضعیت تغذیه گرایی آب های ساحلی استان هرمزگان با استفاده از شاخص تریکس در سال ۱۳۹۵ توسط اکبرزاده و همکاران مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن با نتایج حاصل از این تحقیق بسیار نزدیک بوده است. با پژوهش های انجام شده توسط برخی از محققین جهت سنجش میزان تغذیه گرایی و رتبه بندی کیفی آب(Wu *et al*., 2009, 2010; Ganjian khenari *et al*., 2010; Ferreira *et al*., 2011; Alves *et al*., 2013; Seisdedo *et al*., 2013) و مقایسه آن با نتایج این پژوهش، می توان اظهارنمودکه شاخص تجربی حاصل از مولفه های اصلی(PCA) می تواند بعنوان یک روش مفید ، جهت پایش محیطی آب های ساحلی مورد استفاده قرار گیرد. البته بهتر است که اعتبار و بومی سازی شاخص با روش‌های دیگر در پایش های مستمر مورد توجه قرار گیرد. پیشنهاد می گرددکه برای اطمینان و صحت بیشتر، شاخص بدست آمده با سایر شاخص ها مانند شاخص تریکس، کارلسون و OECD و روش های ریاضی مانند منطق فازی، شبکه های عصبی مصنوعی و... بطور همزمان استفاده و مورد مقایسه قرار گیرند.

جدول ۶ : رتبه بندی وضعیت تروفی و کیفیت آب بر اساس معیارهای اعلام شده در آب های ساحلی استان هرمزگان(۱۳۹۱)

سطح تروفی* (تغذیه گرایی) و کیفیت آب در مناطق مورد بررسی										
منطقه ۴	منطقه ۳	منطقه ۲			منطقه ۱					
الیگوتروف	الیگوتروف	الیگوتروف		یوتروف	سطح تروفی					
خوب	خوب	خوب		ضعیف	کیفیت آب					
سطح تروفی و کیفیت آب به تفکیک هر دوره در مناطق مورد بررسی										
دوره دوم/ منطقه					دوره اول/ منطقه					
۴	۳	۲		۱	۴	۳	۲	۱	منطقه	
الیگوتروف	الیگوتروف	مزوتروف		یوتروف	الیگوتروف	الیگوتروف	الیگوتروف	مزوتروف	سطح تروفی	
خوب	خوب	متوسط		ضعیف	خوب	خوب	خوب	متوسط	کیفیت آب	
سطح تروفی و کیفیت آب در هر ایستگاه										
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲		۱
الیگوتروف	الیگوتروف	الیگوتروف	الیگوتروف	الیگوتروف	مزوتروف	یوتروف	یوتروف	یوتروف	مزوتروف	سطح تروفی
خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	متوسط	ضعیف	ضعیف	ضعیف	متوسط	کیفیت آب

- منطقه : شامل آب های نزدیک ساحلی بندر عباس(۱)، آب های دور از ساحل بندر عباس(۲)، بندر لنگه(۳) و بندر جاسک(۴)
- ایستگاه : ۱= سورو،۲:پشت شهر،۳:گور سوزان،۴: اسکله شیلات ،۵ : پارک دولت،۶: ساحل جزیره هرمز،۷: بین قشم وهرمز ۸ : لنگرگاه ومحل توقف ، رفت و آمد کشتی ها ، قایق ها و لنج های باربری و مسافربری ، ۹: آب های ساحلی مجاور شهر لنگه،۱۰: آب های ساحلی مجاور شهر جاسک.
- دوره اول : شامل ماه های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر ; دوره دوم شامل ماههای آبان ، آذر، دی، بهمن، اسفند
* سطح تروفی(تغذیه گرایی): الیگوتروف(کم غذا ، یوتروف(پرغذا) ، مزوتروف(متوسط)

منابع

اکبرزاده، غ.، محبی نوذر، ل.، آقاجری، ش. و مرتضوی، م.، ۱۳۹۵. بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب های سطحی با استفاده از روش های آماری چند متغیره در آب های ساحلی استان هرمزگان. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سال بیست و پنجم، شماره ۱، صفحات ۱۹۳-۲۰۰.

اکبرزاده، غ.، ابراهیمی، م.، جوکار، ک.، دهقانی، ر. و آقاجری، ن.، ۱۳۹۴. ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و ارتباط آنها با کلروفیل a در آب های ساحلی استان هرمزگان. مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان. ۱۱۲ صفحه.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

اکبرزاده، غ.، محبی نوذر، ل.، اجلالی، ک. و دهقانی، ر.، ۱۳۹۵. ارزیابی و طبقه بندی وضعیت تغذیه گرایی آب های ساحلی استان هرمزگان با استفاده از شاخص های تروفیک مقیاسی و غیر مقیاسی. مجله بوم شناسی آبزیان، نوبت چاپ.

اسماعیلی، ع. و ابراهیمی، ع.، ۱۳۹۰. ارزیابی شرایط تروفی تالاب چغاخور. پایان نامه کارشناسی ارشد بوم شناسی آبزیان شیلاتی.دانشگاه صنعتی اصفهان. ۷۳ صفحه.

زارع چاهوکی، م.ع.،۱۳۸۹. روش های تحلیل چند متغیره در نرم افزار SPSS. دانشگاه تهران. ۳۶ صفحه.

Alves, G., Flores-Montes, M., Gaspar, F., Gomes, J. and Feitosa, F., 2013. Eutrophication and water quality in a tropical Brazilian estuary.Journal of Coastal Research, 65(sp1):7-12. DOI: 10.2112/SI65-002.

Bijoy Nandan, S., Jayachandran, P.R. and 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 Coast Dev,17.392 p. DOI:10.4172/1410-5217.1000392.

Bizse, N. and Uslu, O., 2000. Phosphate, nitrogen and iron enrichment in the polluted Izmir Bay, Aegean Sea. Marine Environmental Research, 49(2): 101-122. DOI:10.1016/S0141-1136(99)00051-3.

Bricker, S.B., Longstaff, B., Dennison, W., Jones, A., Boicourt, K., Wicks, C. and Woerner, J., 2008. Effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries: a decade of change. Harmful Algae, 8(1): 21-32. DOI:10.1016/j.hal.2008.08.028.

DellAnno, A., Mei, M., Pusceddu, A. and Danovaro, R., 2002. Assessing the trophic state and eutrophication of coastal marine systems: a new approach based on the biochemical composition of sediment organic matter. Marine Pollution Bulletin, 44(7): 611-622. DOI:10.1016/S0025-326X(01)00302-2·

Druon, J.N., Schrimpf, W., Dobricic, S. and Stips, A., 2004. Comparative assessment of large-scale marine eutrophication: North Sea area and Adriatic Sea as case studies. Marine Ecology Progress Series, 272: 1-23. DOI: 10.3354/meps272001 .

EC, 2000. Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of Water Policy. Journal of the European Communities, Brussels L, 327: 72. DOI: 10.1023/A:1015448421469.

Ferreira, J.G., Andersen, J.H., Borja, A., Bricker, S.B., Camp, J., Da Silva, M.C. and Ignatiades, L., 2011. Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 93(2): 117-131. DOI, 10.1016/j.ecss.2011.03.014.

Gupta, A., Gupta, S.K. and Patil, R.S., 2003. A comparison of water quality indices for coastal water. Journal of Environmental Science and Health, Part A: 38(11):2711-2725. DOI:10.1081/ESE-120024458.

Karydis, M., 2003. Eutrophication assessment of coastal waters based on indicators: a literature review. Global Nest Journal, 11(4): 373-390. DOI:10.1016/j.ecolind.2009.04007.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

Khenari, A.G., Maznah, W.W., Najafpour, S., Najafpour, G.D., Fazli, H. and Roohi, A., 2010. Principal component analysis and multivariate index for assessment of eutrophication in southern part of Caspian Sea.World Applied Sciences Journal, 9(3): 283-290. Available in www. idosi.org/wasj/wasj9(3)/9.pdf

Kitsiou, D. and Karydis, M., 2001. Marine eutrophication: a proposed data analysis procedure for assessing spatial trends. Environmental monitoring and assessment, 68(3): 297-312.
DOI: 10.1023/A:1010790826759.

Lundberg, C., Lonnroth, M., Von Numers, M. and Bonsdorff, E., 2005. A multivariate assessment of coastal eutrophication. Examples from the Gulf of Finland, northern Baltic Sea. Marine Pollution Bulletin, 50(11): 1185-1196.
DOI:10.1016/j.marpolbul.2005.04.029·

Mehmet saleh, K., Tugrul, S. and Koçak, M., 2013. Assessment of the trophic status of the mersin bay waters (North estern Mediterranean). A thesis submitted to the institute of marine sciences of middle east technical university. In partial fullfilment of the requirment for the degree of master of science in chemizal oceanography.93P. Available in www://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12615784/index.pdf.

Mirzajani, A.R., Khodaparast Sharifi, H., Babaei, H., Abedini, A. and 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. and Gorinstein, S., 2002. Application of eutrophication indices for assessment of the Bulgarian Black Sea coastal ecosystem ecological quality. Water Science and Technology, 46(8): 19-28. Available in www.researchgate.net/publication/265002941.

Montes, M.d.J.F., Paulo, J., Nascimento-Filho, G., Gaspar, F., Feitosa, F., Santos-Junior, A. and Pitanga, M., 2011. The trophic status of an urban estuarine complex in Northeast Brazil. Journal of Coastal Research, Coastal Research. pp: 408-411.

Nasrollahzadeh saravi, H., Bin, D.Z., Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Cont Shelf Res. 28(9): 1153–65. DOI:10.1016/j.csr.2008.02.015.

Parinet, B., Lhote, A. and Legube, B., 2004. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management-application to a tropical lake system. Ecological modelling, 178(3): 295-311. DOI: 10.1016/S0304-3800(04) 00149-8.

Pejman, A., Bidhendi, G.N., Karbassi, A., Mehrdadi, N. and Bidhendi, M.E., 2009. Evaluation of spatial and seasonal variations in surface water quality using multivariate statistical techniques. International Journal of Environmental Science and Technology, 6(3): 467-476. DOI: 10.1007/BF03326086.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

Penna, N., Capellacci, S. and Ricci, F., 2004. The influence of the Po River discharge on phytoplankton bloom dynamics along the coastline of Pesaro(Italy) in the Adriatic Sea. Marine Pollution Bulletin, 48(3): 321-326. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2003.08.007·

Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F. and 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. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2007.05.013.

Primpas, I., Tsirtsis, G., Karydis, M. and 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. DOI:10.1016/j.ecolind.2009. 04.007.

Primpas, I. and Karydis, M., 2009. Improving statistical distinctness in assessing trophic levels: the development of simulated normal distributions. Environmental monitoring and assessment, 169(1-4): 353-365. doi:10.1007/s10661-009-1177-1.

Primpas, I., Karydis, M. and Tsirtsis, G., 2008. Assessment of clustering algorithms in discriminating eutrophic levels in coastal waters.Global nest .The international, journal,10(3): 359-365.

Qian, Y.K.W., Migliaccio, Y.W. and Li, Y., 2007. Surface water quality evaluation using multivariate methods and a new water quality index in the Indian River Lagoon, Florida, Water Resources Research., 43(8): 5-10. DOI:10.1029/2006WR005716.

Saraji, Fereshteh. "Phytoplankton community and water quality during pre and post monsoon in the Oman Sea (Part Of Iranian Waters)." PhD diss., Universiti Sains Malaysia, 2014. 257 p.

Scavia, D. and Bricker, S.B., 2006. Coastal eutrophication assessment in the United States.Biogeochemistry, 79(1-2): 187-208. Doi:10.1007/s10533-006-9011-0.

Seisdedo, M., Herrera, R. and Arencibia, G., 2013. Index for assessing water trophic status in semi-enclosed Cuban Bays. Case Study: Cienfuegos Bay. Preprint submitted to Marine Pollution Bulletin. arXiv preprint arXiv:1305.6575.Doi:10.1007/s12237-012-9553-4.

Shahrban, M. and 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. DOI:10.1007/s10661-009-0897-6.

Shrestha, S. and Kazama, F., 2007. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques:A case study of the Fuji river basin, Japan. Environmental Modelling & Software, 22(4): 464-475.
DOI: 10.1016/j.envsoft.2006.02.001.

Simonassi, J.C., Hennemann, M.C., Talgatti, D. and Marques, A.N., 2010. Nutrient variations and coastal water quality of Santa Catarina Island, Brazil. Revista Biotemas, 23(1): 211-223.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

Specchiulli, A., Focardi, S., Renzi, M., Scirocco, T., Cilenti, L., Breber, P. and Bastianoni, S., 2008. Environmental heterogeneity patterns and assessment of trophic levels in two Mediterranean lagoons: Orbetello and Varano, Italy. Science of the total environment, 402(2): 285-298. DOI:10.1016/j.scitotenv.2008.04.052.

Strickland, J. and Parsons, T., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bullten. Fish. Research. Board Can. BULLETIN 167(Second Edition).310 p.

Taebi, S., Etemad-Shahidi, A. and Fardi, G.A. 2005. Examination of three eutrophication indices to characterize water quality in the north east of Persian Gulf. Journal of Coastal Research, 42: 405-411. DOI:10.5829/idosi.wjfms.2013.05.03.7297.

Vollenweider, R., 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(3): 329-357. DOI:10.1002/(SICI)1099-095X(199805/06)9:3/329.

Vollenweider, R.A., Marchetti, R. and Viviani, R. 1992. Marine coastal eutrophication: the response of marine transitional systems to human impacts; problems and perspectives for restoration. In Marine coastal eutrophication: the response of marine transitional systems to human impacts; problems and perspectives for restoration**.** Elsevier. 23rd December**.** E Book ISBN: 9781483291581**.**

Wu, M.L., Wang, Y.S., Sun, C.C., Wang, H., Dong, J.D., Yin, J.P. and Han, S.H., 2010. Identification of coastal water quality by statistical analysis methods in Daya Bay, South China Sea. Marine Pollution Bulletin, 60(6):52-860. DOI.org/10.1371/journal.pone.0123515.

Wu, M.L., Wang, Y.S., Sun, C.C., Wang, H., Lou, Z.P. and Dong, J.D., 2009. Using chemometrics to identify water quality in Daya Bay,China. Oceanologia, 51(2): 217-232. DOI:10.5697/oc.51-2.217.DOI:10.5697/oc.51-217.

Zhou, F., Liu, Y. and Guo, H., 2006. Application of multivariate statistical methods to water quality assessment of the watercourses in Northwestern New Territories,Hong Kong. Environmental monitoring and assessment, 132(1-3): 1-13. DOI:10.1007/s10661-006-9497-x.

Zoriasatein, N., Jalili, S. and 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. DOI: 10.5829/idosi.wjfms.2013.05.03.7297.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]

Determination of eutrophication status in coastal waters by using a multivariate index with principal component analysis (PCA) in Hormozgan province

Akbarzadeh Gh.[1]*; Sadeghi M.R.[1]; Mohebbi Nozar L.[1]; Ejlali K.[1] ; Mortazavi M.S.[1]

* gholamaliakbarzadeh@gmail.com

1-Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Abbas, Iran

Abstract

The present study, Principal component analysis and multivariate index were used for Classification and determine of trophy by according to the European water framework directive in coastal water hormozgan province. In the proposed approach, the first principal component is used and evaluated as a eutrophication index on independent dataset and four variables nitrate, nitrite, ammonia and phosphate as abiotic factors for biomass and chlorophyll a was used as an indicator of phytoplankton production. Water samples were collected at 10 stations during the 12 months in 2012. During the investigation, Lower Trophy (0.1) were at stations 9 & 10 and the Highest value (1.5) observed at the station 3 (goorsoozan area). Based on the criteria by according to the European water framework directive, level trophy in near coastal water and far from coast of Bandar Abbas have been In the situation of mezotroph condition, and the area Jask and Lengeh in oligotrophic condition respectively.Temporal analysis of Trophic conditions showed that the trophic status can be divided into first (oligo- mezotroph) and second (Mezo-Eutroph) periods. Also in many times, the level of water quality in coastal water of Bandar Abbas is the rank good or fairly good and the other area (Jask and Lengeh) the good rating respectively. The low quality of coastal water in Bandar Abbas due to the potential impacts of the entry of nutrients from domestic and urban sewage into coastal waters.

Keywords: Water quality, multivariate index, Eutrophication, PCA, Hormozgan province

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-09]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.2.5]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113927]