



# Identifying the Environmental Factors Influencing the Spatial Pattern of Water Quality of Mazandaran Coasts during Winter

## ARTICLE INFO

### Article Type

Original Research

### Authors

Mahmoudi N.<sup>\*1</sup> PhD,  
Babanezhad M.<sup>2</sup> PhD,  
Seyfabadi J.<sup>3</sup> PhD,  
Ahmadi M.<sup>4</sup> PhD,  
Darzi Heydari J.<sup>5</sup> MSc,  
Papizadeh N.<sup>6</sup> MSc,  
Roohi A.<sup>7</sup> PhD,  
Armandeh M.<sup>1</sup> MSc

### How to cite this article

Mahmoudi N, Babanezhad M, Seyfabadi J, Ahmadi M, Darzi Heydari J, Papizadeh N, Roohi A, Armandeh M. Identifying the Environmental Factors Influencing the Spatial Pattern of Water Quality of Mazandaran Coasts during Winter. Journal of Fisheries Science and Technology. 2019;8(3):165-173.

<sup>1</sup>Aquaculture Department, Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Nur, Iran

<sup>2</sup>Statistics Department, Sciences Faculty, Golestan University, Gorgan, Iran

<sup>3</sup>Marine Biology Department, Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Nur, Iran

<sup>4</sup>Health & Aquatic Diseases Department, Veterinary Medicine Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>5</sup>Fisheries Department, Agriculture & Natural Resources Faculty, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

<sup>6</sup>Fisheries Department, Marine Natural Resources Faculty, Khorramshahr University of Science & Technology, Khorramshahr, Iran

<sup>7</sup>Ecology Department, Caspian Sea Institute of Ecology, Sari, Iran

### \*Correspondence

Address: Natural Resources & Marine Sciences Faculty, Tarbiat Modares University, Nur, Iran.

Postal code: 46414356

Phone: +98 (11) 44999000

Fax: +98 (11) 44553499

n.mahmoudi@modares.ac.ir

### Article History

Received: March 17, 2019

Accepted: April 12, 2020

ePublished: September 21, 2019

## ABSTRACT

**Aims** The present study aimed to evaluate the spatial patterns of water quality and its controlling factors in the Mazandaran coastal ecosystem during winter using the multivariate analysis methods.

**Materials & Methods** Water quality parameters such as nutrients, temperature, conductivity, salinity, DO, pH, chlorophyll-a, and turbidity were measured monthly in 16 stations (44 layers) along 4 transects (Amirabad, Babolsar, Nowshahr, and Ramsar). To evaluate the data, several multivariate statistical methods were used including discriminant function analysis, cluster and factor analysis as well as correlation test.

**Findings** Using cluster analysis, sampling sites are classified into four distinct groups based on the similarity in water quality characteristics. Based on discriminant analysis, 93.20% of the sampling sites correctly classified. Factor analysis extracted 4 principal components that explained 74.05% of the total variance. Based on these analyses, organic phosphorus, organic nitrogen, turbidity, chlorophyll-a, and temperature were the most effective parameters on the spatial variation of water quality.

**Conclusion** The present study suggested that the number of sampling locations could be reduced to 3 transects including Amirabad, Babolsar and west coasts (Nowshahr and Ramsar) and two stations (a surface layer and a deep layer). Transport of nutrients from the land, sea floor and fish cage culture were the most effective factors on spatial patterns of water quality in Mazandaran coasts. Based on the results of this study, multivariate statistical methods are also introduced as one of the useful methods for identifying the spatial pattern of water quality.

**Keywords** Caspian Sea; Coastal Ecosystem; Mazandaran; Spatial Pattern; Water Quality; Multivariate Analysis

## CITATION LINKS

[1] Retrieval of Chlorophyll a, suspended solids, and colored dissolved ... [2] A comparison of approaches for modelling the occurrence of marine ... [3] Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam ... [4] Identification of coastal water quality by statistical analysis ... [5] Assessment of temporal and spatial variation of coastal water quality ... [6] A review of methods for analysing spatial and temporal patterns in ... [7] Spatio-temporal patterns and source apportionment of coastal ... [8] Phytoplankton and nutrient dynamics of shallow coastal stations at ... [9] Pollution of the Caspian ... [10] Classification of the Caspian Sea coastal waters based on trophic ... [11] Standard methods for the examination of ... [12] Application of multivariate statistical techniques in the assessment of ... [13] Factors controlling physico-chemical characteristics in the ... [14] Multivariate analysis of interactions between phytoplankton biomass ... [15] Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a ... [16] Temporal distribution and composition of phytoplankton in the southern ... [17] Seasonal variations in temperature, salinity and density in the southern ... [18] Classification of bio-pollution caused by Mnemiopsis leidyi on ... [19] Environmental variables and their interaction effects on ... [20] Study of nitrate and phosphate in eastern south Caspian Sea in spring and ... [21] Tehran: Iranian Small Industries and Industrial Parks ... [22] Sari: Cultural Heritage, Handicraft and Tourism ... [23] Babolsar: Mazandaran Fisheries Organization ... [24] The effect of marine fish cage culture on benthic ... [25] Influence of net cage farming on the diet of associated wild fish in ... [26] Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water ... [27] Seasonal distribution of dominant phytoplankton in the Southern ... [28] Analysis and modelling of the interactive effects of temperature and ... [29] Regulation by low temperature of phytoplankton growth ... [30] Nitrogen and phosphorus inputs control ... [31] Spatial characteristics assessment of water quality and ... [32] Assessment of the surface water quality in Northern ...

## شناسایی عوامل محیطی موثر بر الگوی مکانی کیفیت آب سواحل مازندران در فصل زمستان

نعمت‌الله محمودی: PhD

گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

منوچهر بابانژاد: PhD

گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

جعفر سیف‌آبادی: PhD

گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

محمدرضا احمدی: PhD

گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

جمشید درزی‌حیدری: MSc

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

ناهید پاپی‌زاده: MSc

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشکده علوم و فنون خرمشهر، خرمشهر، ایران

ابوالقاسم روحی: PhD

بخش اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، ساری، ایران

مصطفی آرمنده: MSc

گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

### چکیده

**اهداف:** مطالعه حاضر با هدف ارزیابی الگوی مکانی کیفیت آب و عوامل کنترل‌کننده آن در اکوسیستم ساحلی مازندران طی فصل زمستان با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** پارامترهای کیفی آب شامل مواد مغذی، درجه حرارت، هدایت الکتریکی، شوری، اکسیژن محلول، pH، کلروفیل  $\alpha$  و کدورت در ۱۶ ایستگاه (۴۴ لایه) در امتداد ۴ ترانسکت (بندرامیرآباد، بابلسر، نوشهر و رامسر) به‌صورت ماهیانه سنجش شدند. برای ارزیابی داده‌ها از چند روش آماری چندمتغیره شامل تحلیل ممیزی، تحلیل خوشه‌ای و عاملی و همچنین آزمون همبستگی استفاده شد.

**یافته‌ها:** تحلیل خوشه‌ای، مکان‌های نمونه‌برداری را براساس تشابه در ویژگی‌های کیفی آب به چهار گروه مجزا تفکیک کرد. براساس تحلیل ممیزی، ۹۳/۲۰٪ از مکان‌ها به درستی طبقه‌بندی شدند. تحلیل عاملی، ۴ مولفه اصلی را از ساختار داده استخراج کرد که ۷۴/۰۵٪ واریانس کل تغییرات را تشریح کرد. براساس این آزمون‌ها، فسفر آلی، نیتروژن آلی، کدورت، کلروفیل  $\alpha$  و درجه‌حرارت به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای تاثیرگذار بر تغییرات مکانی کیفیت آب شناسایی شدند.

**نتیجه‌گیری:** مطالعه حاضر پیشنهاد می‌کند که تعداد مکان‌های نمونه‌برداری در فصل زمستان می‌تواند به سه ترانسکت امیرآباد، بابلسر و سواحل غربی (نوشهر و رامسر) و دو ایستگاه (یک لایه سطحی و یک لایه عمقی) کاهش یابد. انتقال مواد مغذی از خشکی، بستر دریا، پرورش ماهی در قفس از موثرترین عوامل بر تغییرات مکانی کیفیت آب در سواحل مازندران هستند. براساس نتایج این مطالعه، روش‌های آماری چندمتغیره نیز به‌عنوان یکی از روش‌های مفید برای شناسایی الگوی مکانی کیفیت آب معرفی می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** دریای خزر، اکوسیستم ساحلی، مازندران، الگوی مکانی، کیفیت آب، تحلیل چندمتغیره

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۴

\*نویسنده مسئول: n.mahmoudi@modares.ac.ir

### مقدمه

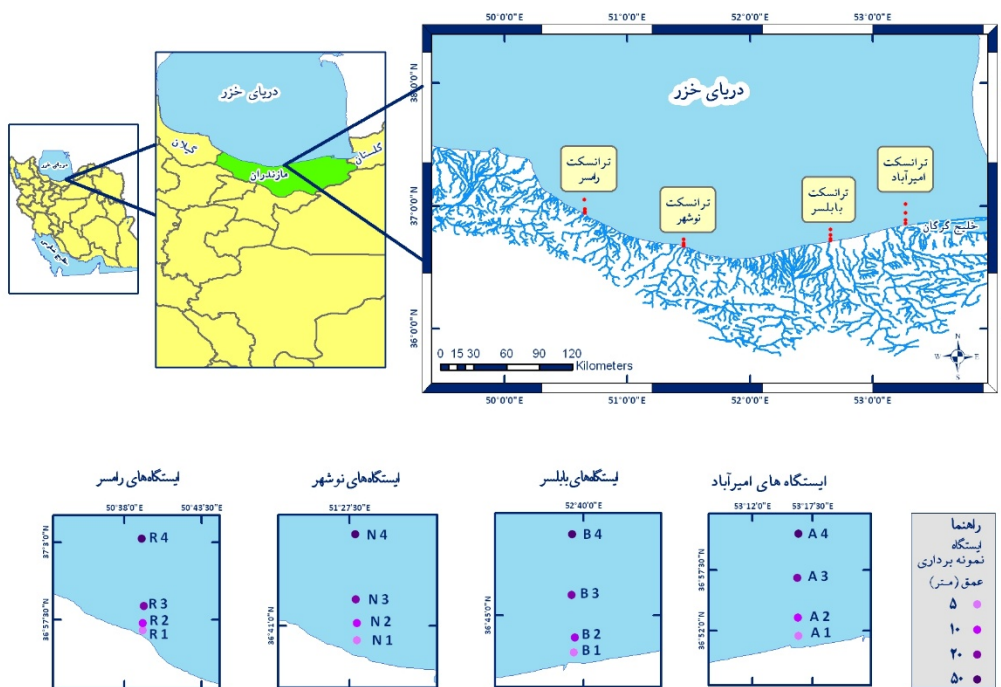
مناطق ساحلی به‌عنوان یکی از اجزای حیاتی اکوسیستم‌های آبی، منبع مهمی برای برخی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی نظیر آبی‌پروری، صیادی و صنعت گردشگری هستند [1]. بنابراین به‌منظور حفاظت از اکوسیستم ساحلی و کنترل کیفی آب آن، پایش منظم کیفیت آب و شناخت الگوهای پیچیده فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بسیار ضروری است [2-4]. برنامه‌های پایش اکوسیستم‌های آبی منجر به ایجاد مجموعه داده‌های زیاد و پیچیده‌ای (پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) می‌شوند که تفسیر و تحلیل آنها به‌دلیل وجود روابط متقابل پنهان بین پارامترها و مکان‌ها مشکل است [5].

روش‌های آماری چندمتغیره به واسطه توانایی آنها در بررسی چندین متغیر اثرگذار به‌طور همزمان و تعیین اهمیت نسبی هر متغیر دارای عملکرد نسبتاً مطلوبی برای ارزیابی و تفسیر رویدادهای اکولوژیکی هستند [6,7]. این روش‌ها نه‌تنها در زمینه تحلیل اکوسیستم‌های آبی (ساحلی و رودخانه‌ای) بلکه در دیگر حوزه‌های علم برای کشف روابط در ساختارهای پیچیده، کاهش ابعاد داده، شناسایی فاکتورهای اصلی موثر بر هر پدیده اکولوژیک، یافتن یک استراتژی مناسب هم از لحاظ علمی و هم اقتصادی برای پایش اکوسیستم‌ها و در برخی موارد به‌منظور پیش‌بینی وضعیت آینده به کار گرفته می‌شوند [7,8]. از مهم‌ترین روش‌های چندمتغیره می‌توان به تکنیک‌هایی نظیر تحلیل خوشه‌بندی، تحلیل ممیزی و تحلیل مولفه‌های اصلی و عاملی اشاره کرد [6].

به‌دلیل تراکم جمعیتی زیاد، توسعه شهری و برخی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی نظیر گردشگری، کشاورزی، صید ماهیان، آبی‌پروری (در رودخانه‌ها و پرورش ماهیان در قفس)، استخراج نفت و فقدان سیستم‌های تصفیه فاضلاب در امتداد سواحل جنوبی دریای خزر، مدیریت کیفیت آب در این منطقه از اهمیت زیادی برخوردار است [9, 10]. در این مطالعه، از روش‌های آماری تحلیل خوشه‌بندی و ممیزی برای شناسایی الگوهای مکانی مشابه و متفاوت سواحل مازندران و همچنین از روش آماری تحلیل عاملی به‌منظور شناسایی عوامل موثر بر تغییرات مکانی کیفی آب استفاده شد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عملکرد روش‌های آماری چندمتغیره در شناسایی الگوی تغییرات کیفیت آب سواحل مازندران، استخراج اطلاعات پنهان در ارتباط با تشابه و مکان‌های نمونه‌برداری و شناسایی عواملی که منجر به تغییرات مکانی در کیفیت آب سواحل مازندران می‌شوند، انجام شد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، سواحل استان مازندران در دریای خزر است که بین عرض شمالی ۵۹° ۰' تا ۴۱° ۰' و ۹۳' ۶" تا ۲۴' ۷" طول شرقی قرار گرفته است. این مطالعه به مدت ۳ ماه در فصل زمستان در ۴ خط مطالعاتی عمود بر ساحل (ترانسکت) شامل امیرآباد (A)،



شکل ۱) موقعیت ترانسکت‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سواحل مازندران از حوزه جنوبی دریای خزر

برای سنجش فسفر و نیترات معدنی مورد سنجش قرار گرفتند. نیتروژن آلی از کم‌کردن مواد نیتروژنی معدنی (نیتريت، نیترات و آمونیوم) از نیتروژن کل و فسفر آلی از کم‌کردن فسفات از فسفر کل تعیین شد. سطوح عمودی پارامترهای کدورت، درجه حرارت، اکسیژن محلول، شوری، هدایت الکتریکی، کلروفیل  $\alpha$  و pH با استفاده از دستگاه میدانی CTD، مدل Idronaut Ocean Seven 316 (ایدرونات؛ ایتالیا) مجهز به سنسورهای چندگانه سنجش شد. به‌منظور سنجش پارامترها در هر مرحله نمونه‌برداری، ابتدا سنسورهای دستگاه کالیبره شدند و سپس به داخل آب رها شد. در داخل ستون آب، پارامترهای مورد نظر با فاصله زمانی یک ثانیه ثبت و ذخیره می‌شد. پس از اتمام عملیات نمونه‌برداری، داده‌های خام ثبت‌شده در دستگاه CTD با استفاده از نرم‌افزار Hyperterminal به رایانه انتقال داده شدند.

در مطالعه حاضر از چند روش آماری چندمتغیری شامل تحلیل عاملی، تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیزی برای مجموعه داده‌ها استفاده شد. تحلیل خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری چندمتغیره است که هدف آن گروه‌بندی داده‌ها یا مشاهدات با توجه به شباهت یا درجه نزدیکی آنها است. خوشه‌بندی مرتبه‌ای متراکم یکی از معروف‌ترین و رایج‌ترین رویکردهای تحلیل خوشه‌ای است که درک مستقیمی از ارتباط متقابل بین هر یک از نمونه‌ها و همچنین مجموع داده‌ها فراهم می‌کند [12]. در این روش آماری مناطق با خصوصیات مشابه براساس پارامترهای مورد نظر در داخل یک خوشه قرار می‌گیرند. در این مطالعه از روش وارد (Ward) و معیار فاصله Block به‌عنوان معیار سنجش تشابه و تفاوت برای تفکیک

نمونه‌برداری به‌صورت ماهیانه از لایه‌های متفاوت در ۴ ایستگاه مستقر در اعماق ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ متر انجام شد. شماره‌گذاری ایستگاه‌ها و لایه به این ترتیب است: ایستگاه ۱) عمق ۵ متر، لایه صفر تا ۵ (۲۱) و ۵-۱۰ (۲۲)؛ ایستگاه ۲) عمق ۱۰ متر، لایه صفر تا ۵ (۳۱) و ۱۰-۲۰ (۳۲)؛ ایستگاه ۳) عمق ۲۰ متر، لایه‌های صفر تا ۵ (۴۱) و ۱۰-۲۰ (۴۲)؛ ایستگاه ۴) عمق ۵۰ متر، لایه‌های صفر تا ۵ (۴۳) و ۱۰-۲۰ (۴۴) و ۲۰-۳۵ (۴۵) و ۳۵-۵۰ (۴۶). برای سنجش مواد مغذی، آب از لایه‌های مختلف به وسیله نمونه‌بردار نیسکین (Niskin; Hydro-Bios Coporation) ۵ لیتری برداشته شد. نمونه آب در بطری‌های ۵/۵ لیتری پلاستیکی تیره ریخته و سپس بطری‌ها با پوششی از یخ، بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شدند. مواد مغذی آب براساس روش‌های استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا (APHA) [11]، ترکیب شوری و محدوده پارامترهای مورد نظر در دریای خزر با اسپکتروفتومتر Lambda 25 system (PerkinElmer؛ ایالات متحده) سنجش شدند. سنجش غلظت مواد مغذی نیتروژنی شامل نیتريت ( $\text{NO}_2^-$ ) با روش سولفانیل‌آمید و  $\text{N}^-$  -۱ نفتیل اتیلن‌دی‌آمین‌دهیدروکلرید در طول موج ۵۴۳ نانومتر، نیترات ( $\text{NO}_3^-$ ) با ستون کاهشی کادمیوم و آمونیوم با روش فنل در طول موج ۶۳۰ نانومتر انجام شد. فسفات با روش اسیدآسکوربیک در طول موج ۸۸۵ نانومتر و سیلیس با روش کمپلکس زرد ناشی از آمونیوم‌مولیبدات و اسیدسولفوریک در طول موج ۳۸۰ نانومتر سنجیده شدند. برای سنجش فسفر کل و نیتروژن کل ابتدا به‌منظور تجزیه مواد آلی نمونه‌های آب در محلول پتاسیم‌پرسولفات هضم شدند. سپس نیترات و فسفات آزادشده توسط روش استفاده‌شده

لایه‌های نزدیک ساحل آن (B21 و B22) در گروه اول و برخی از لایه‌های دور از ساحل آن (B43 و B44) در گروه چهارم قرار گرفتند. میانگین پارامترهای کیفی آب در گروه‌های تفکیک شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

بررسی صحت طبقه‌بندی، حاکی از تطابق ۱۰۰٪ گروه‌های سوم و چهارم با نتایج تحلیل ممیزی است، در حالی که ۵/۶٪ از مکان‌های گروه سوم براساس نتایج آنالیز ممیزی، می‌بایست در گروه دوم، همچنین ۱۰٪ از مکان‌های گروه سوم و ۱۰٪ از گروه چهارم باید در گروه اول قرار می‌گرفتند. به‌طور کلی ۹۳/۲٪ از مکان‌ها بر مبنای تحلیل ممیزی، به‌درستی طبقه‌بندی شده‌اند (جدول ۲).

تحلیل عاملی پارامترهای کیفی آب در ترانسکت‌ها، ایستگاه‌ها و لایه‌های مورد بررسی در سواحل مازندران نشان داد که در مجموع ۴ مولفه اصلی، ۷۴/۰۵٪ کل تغییرات را شرح می‌دهند (جدول ۳). روش استخراج تحلیل عاملی این پارامترها، آنالیز مولفه اصلی (PCA) بود.

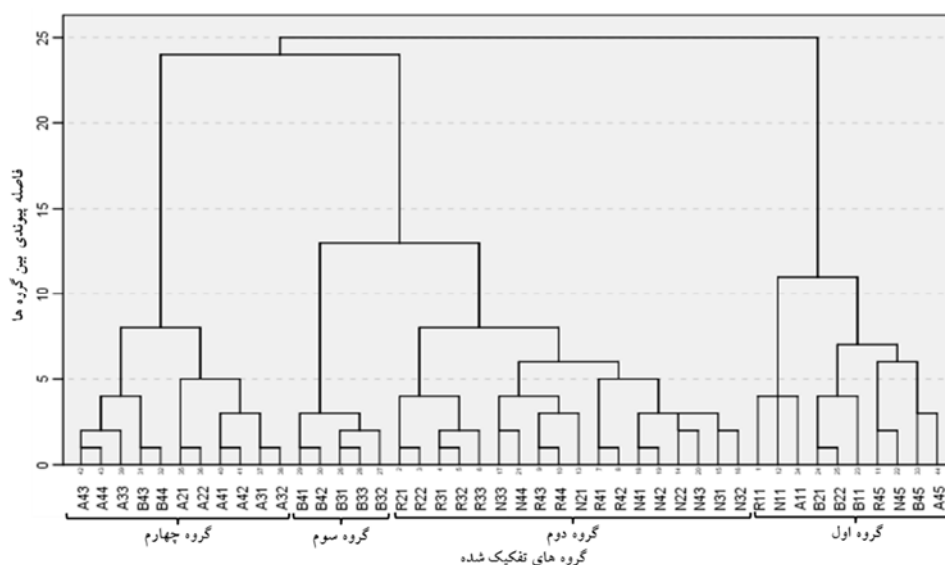
مولفه اول ۲۱/۱۳٪ کل تغییرات را محاسبه کرد که مربوط به بارگذاری عاملی مثبت قوی نیتروژن آلی و نیتروژن کل، بارگذاری مثبت متوسط نیتريت، نیترات و فسفات است. مولفه دوم ۱۹/۷۹٪ تغییرات کل پارامترهای کیفی آب را توضیح داد که مرتبط با بارگذاری مثبت قوی کدورت و بارگذاری منفی قوی شوری، بارگذاری مثبت متوسط آمونیوم، نیتريت و سیلیس و بارگذاری منفی متوسط pH است. مولفه سوم ۱۸/۰۱٪ تغییرات را تشریح می‌کند که شامل بارگذاری مثبت قوی درجه حرارت و هدایت الکتریکی و بارگذاری مثبت متوسط آمونیوم و pH است. مولفه چهارم ۱۵/۱۱٪ تغییرات کل را شرح می‌دهد که مربوط به بارگذاری مثبت قوی فسفر آلی و بارگذاری مثبت متوسط فسفر کل، اکسیژن محلول و کلروفیل α است (جدول ۳).

مکان‌های مورد بررسی (ترانسکت، ایستگاه و لایه) استفاده شد. تحلیل ممیزی یکی از روش‌های آماری چندمتغیره است که به‌منظور تعیین نقش پارامترها در تمایز گروه‌ها و پیش‌بینی میزان صحت تفکیک گروه‌های تشکیل شده، استفاده می‌شود [6]. در مطالعه حاضر تحلیل ممیزی براساس روش گام‌به‌گام انجام شد. روش تحلیل عاملی اساساً تکنیک آماری چندمتغیره‌ای است که هدف آن ایجاد یک مجموعه جدید و کوچکتر از متغیرهای غیرهمبسته بیان‌کننده بخش زیادی از تغییرات در متغیرهای اصلی و شناسایی روابط متقابل بین متغیرها است [13, 14]. در این مطالعه، عامل بارگذاری و محدوده مورد قبول آن براساس مطالعه لیو و همکاران [15] انتخاب شد. برای بررسی نوع و کمیت رابطه بین پارامترها از آزمون همبستگی پیرسون نیز استفاده شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد.

## یافته‌ها

نتایج تحلیل خوشه‌ای (نمودار درختی) نشان داد که همه ترانسکت‌ها (۴)، ایستگاه‌ها (۱۶) و لایه‌های مورد بررسی (۴۴) در ۴ گروه مشخص قرار گرفتند (نمودار ۱).

گروه اول مربوط به لایه ۵۰-۳۵ متری از ایستگاه ۵۰ متر و ایستگاه ۵ متر همه ترانسکت‌ها (A45, R45, B45, N45, B11, N11)، گروه دوم مربوط به اکثریت لایه‌های ترانسکت‌های غرب شامل نوشهر و رامسر (R42, R41, R43, R33, R44, R31, R32, R21, R22, N44, N32, N22, N33, N21, N42, N43, N41 و N31)، گروه سوم شامل اکثریت لایه‌های ترانسکت بابلسر (B32, B33, B31, B41 و B42) و گروه چهارم شامل اکثریت لایه‌های ترانسکت امیرآباد (A43, A44, A22, A33, A21, A31, A42 و A41) است. همان‌طور که در نمودار ۱ مشخص است ترانسکت بابلسر به‌طور کامل در یک خوشه قرار نگرفت و برخی از



**نمودار ۱** دیاگرام درختی تفکیک مکان‌های مختلف (ترانسکت، ایستگاه و لایه) براساس روش Ward's در سواحل مازندران؛ امیرآباد (A)، بابلسر (B)، نوشهر (N) و رامسر (R): ایستگاه ۱ عمق ۵ متر، لایه صفر تا ۵ (۱۱)؛ ایستگاه ۲ عمق ۱۰ متر، لایه صفر تا ۵ (۲۱) و ۵-۰ (۲۲)؛ ایستگاه ۳ عمق ۲۰ متر، لایه‌های صفر تا ۵ (۳۱)، ۵-۰ (۳۲) و ۲۰-۱۰ (۳۳)؛ ایستگاه ۴ عمق ۵۰ متر، لایه‌های صفر تا ۵ (۴۱)، ۵-۱۰ (۴۲)، ۱۰-۲۰ (۴۳)، ۲۰-۳۵ (۴۴) و ۳۵-۵۰ (۴۵)

جدول ۱) میانگین آماری پارامترهای کیفی آب در گروه‌های تفکیک‌شده

پارامتر/گروه‌ها	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم	میانگین کل
آمونیم (میکروگرم بر لیتر)	۳۱/۸۰±۷/۵۵	۲۶/۳۷±۵/۵۱	۲۶/۱۶±۲/۸۳	۳۵/۱۹±۵/۷۵	۲۹/۷۹±۶/۸۷
نیتريت (میکروگرم بر لیتر)	۲/۳۳±۰/۵۱	۱/۳۷±۰/۳۵	۱/۱۸±۰/۴۹	۱/۴۸±۰/۳۸	۱/۶۰±۰/۵۷
نیترات (میکروگرم بر لیتر)	۲۷/۵۹±۳/۳۵	۲۲/۳۳±۲/۹۹	۲۰/۳۱±۲/۷۵	۱۹/۱۵±۳/۶۷	۲۲/۵۰±۴/۳۸
نیتروژن آلی (میکروگرم بر لیتر)	۴۳۳/۶۲±۵۲/۶۰	۳۴۴/۴۵±۳۷/۳۵	۳۷۶/۵۲±۱۶/۰۶	۳۴۵/۸۸±۷۸/۱۲	۳۶۸/۷۲±۶۲/۷۷
نیتروژن کل (میکروگرم بر لیتر)	۴۹۷/۷۰±۴۷/۷۶	۳۹۴/۵۳±۳۸/۸۱	۴۲۴/۱۸±۱۶/۶۷	۴۳۳/۵۶±۶۵/۹۷	۴۳۱/۱۰±۶۰/۹۰
فسفات (میکروگرم بر لیتر)	۲۹/۱۹±۵/۴۰	۲۳/۷۱±۴/۱۳	۲۱/۵۵±۲/۶۵	۱۸/۸۹±۲/۶۴	۲۳/۵۱±۵/۳۴
فسفر آلی (میکروگرم بر لیتر)	۵۵/۳۳±۷/۸۲	۵۰/۳۸±۴/۹۴	۴۲/۷۹±۵/۸۳	۶۰/۵۷±۳/۱۷	۵۳/۱۹±۷/۶۶
فسفر کل (میکروگرم بر لیتر)	۸۴/۵۳±۶/۸۰	۷۴/۱۰±۴/۴۲	۶۴/۳۵±۴/۹۱	۷۹/۴۶±۲/۱۱	۷۶/۷۰±۷/۵۸
سیلیس (میکروگرم بر لیتر)	۳۱۶/۴۷±۵۶/۹۳	۲۶۱/۷۷±۴۹/۵۲	۲۴۳/۳۸±۳۶/۰۰	۲۳۷/۷۸±۳۳/۰۸	۲۶۶/۱۲±۵۳/۷۲
درجه حرارت (°C)	۱۱/۷۱±۰/۴۵	۱۱/۴۸±۰/۱۸	۱۲/۱۰±۰/۰۴	۱۲/۲۲±۰/۰۵	۱۱/۷۹±۰/۳۹
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۱۴/۱۳±۰/۱۱	۱۴/۱۱±۰/۰۶	۱۴/۳۱±۰/۰۳	۱۴/۳۱±۰/۰۳	۱۴/۱۸±۰/۱۱
شوری (گرم بر لیتر)	۱۲/۲۶±۰/۲۶	۱۲/۵۲±۰/۱۰	۱۲/۴۶±۰/۰۲	۱۲/۴۹±۰/۱۲	۱۲/۴۴±۰/۱۸
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۰/۴۵±۰/۲۰	۱۰/۵۷±۰/۲۳	۱۰/۴۰±۰/۱۹	۱۰/۷۲±۰/۱۶	۱۰/۵۶±۰/۲۳
pH	۸/۰۲±۰/۰۷	۸/۰۵±۰/۰۵	۸/۱۴±۰/۰۴	۸/۰۹±۰/۰۵	۸/۰۶±۰/۰۶
کلروفیل α (میکروگرم بر لیتر)	۰/۸۵±۰/۱۶	۰/۸۰±۰/۱۴	۰/۷۰±۰/۰۵	۱/۰۲±۰/۱۲	۰/۸۶±۰/۱۷
کدورت (FTU)	۵/۵۰±۰/۷۴	۲/۷۹±۱/۳۴	۲/۵۸±۰/۳۰	۲/۸۹±۱/۷۲	۳/۴۱±۲/۷۲

جدول ۲) درصد تطابق طبقه‌بندی مکان‌ها براساس گروه‌های شناسایی‌شده با تحلیل ممیزی (صحت طبقه‌بندی کل ۹۳/۲٪)

مجموع	عضویت گروه‌های پیش‌بینی‌شده				گروه‌های اصلی	تعداد
	۴	۳	۲	۱		
۱۰	۱	۱	صفر	۸	۱	تعداد
۱۸	صفر	۱	۱۷	صفر	۲	
۵	صفر	۵	صفر	صفر	۳	
۱۱	۱۱	صفر	صفر	صفر	۴	
۱۰۰	۱۰	۱۰	صفر	۸۰	۱	درصد
۱۰۰	صفر	۵/۶	۹۴/۴	صفر	۲	
۱۰۰	صفر	۱۰۰	صفر	صفر	۳	
۱۰۰	۱۰۰	صفر	صفر	صفر	۴	

جدول ۳) تحلیل عاملی پارامترهای کیفی آب سواحل مازندران (تعداد= ۴۴)

پارامتر	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم	مولفه چهارم
آمونیم		۰/۵۲۰	۰/۵۲۱	
نیتريت	۰/۵۸۸	۰/۵۵۳		
نیترات	۰/۶۶۵			
نیتروژن آلی	۰/۹۲۲			
نیتروژن کل	۰/۹۲۱			
فسفات	۰/۶۵۰			
فسفر آلی				۰/۹۱۱
فسفر کل				۰/۷۱۹
سیلیس		۰/۵۵۷		
درجه حرارت			۰/۹۳۳	
هدایت الکتریکی			۰/۹۰۷	
شوری		-۰/۸۹۱		
اکسیژن محلول				۰/۵۲۵
pH		-۰/۶۰۸		۰/۵۷۵
کلروفیل α				۰/۶۶۲
کدورت		۰/۸۶۵		
مقادیر ویژه	۳/۳۸	۳/۱۶	۲/۸۸	۲/۴۱
درصد واریانس	۲۱/۱۳	۱۹/۷۹	۱۸/۰۱	۱۵/۱۱
درصد واریانس تجمعی	۲۱/۱۳	۴۰/۹۲	۵۸/۹۴	۷۴/۰۵

## بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر در مورد غلظت پارامترها تقریباً با نتایج مطالعات بلندمدت در سواحل خزر جنوبی مطابقت دارد [16]. در این مطالعه، تحلیل خوشه‌ای، ۴ ویژگی مکانی متمایز از هم را نشان داد. قرارگرفتن لایه ۵۰-۳۵ از ایستگاه ۵۰ متر همه ترانسکت‌ها و ایستگاه ۵۰ متر در یک گروه جداگانه، احتمالاً ناشی از تشابه در غلظت بالای مواد مغذی آنها است. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است غلظت ترکیبات نیتروژنی، فسفر و سیلیس در این مناطق بیشتر از سایر مناطق است. افزایش میزان ترکیبات مواد مغذی در ایستگاه ۵۰ متر احتمالاً ناشی از ورود مواد معلق، آلی و معدنی از طریق رودخانه‌ها و بندار و در لایه ۵۰-۳۵ از ایستگاه ۵۰ متر نیز احتمالاً به‌دلیل حضور همزمان چند عامل همچون اکسیداسیون بالا ناشی از کاهش درجه حرارت در زمستان، ارتباط با بستر دریا و تأثیر کمتر باد بر این لایه است. جمشیدی و بکار [17] و سروری نصرالله‌زاده و همکاران [18] نیز گزارش کردند که غلظت مواد مغذی در سواحل خزر جنوبی بیشتر تحت تأثیر خروجی رودخانه‌ها، انتقال از ستون آب و تجمع لاشه موجودات به‌ویژه شانه‌دار مهاجم *M. leidy* در بستر و تجزیه آنها است. با توجه به جدول ۲، میزان تطابق این خوشه با نتایج صحت‌سنجی تحلیل ممیزی ۸۰٪ بوده است. عدم تطابق کامل این گروه به‌دلیل حضور لایه‌های ایستگاه ۱۰ متر نزدیک ساحل بابل (B21 و B22) در خوشه اخیر است. طبق این نتیجه، به نظر می‌رسد که حجم ورود مواد آلی و معدنی از طریق خروجی خشکی به‌ویژه رودخانه بابل‌رود در این منطقه بیشتر از سایر رودخانه‌ها در استان مازندران است و به این دلیل بر خروجی رودخانه در منطقه بابل‌رود تا عمق ۱۰ متر اثر مستقیم گذاشته و غلظت مواد مغذی آن نسبت به ایستگاه ۱۰ متر بقیه ترانسکت‌ها از غلظت بالاتری برخوردار است.

گروه دوم مربوط به اکثریت لایه‌های ۲ ترانسکت نوشهر و رامسر (ترانسکت‌های غربی) است. با توجه به جدول ۲، میزان تطابق خوشه دوم با نتایج صحت‌سنجی تحلیل ممیزی ۹۴/۴٪ بوده است. عدم تطابق کامل این گروه به‌دلیل این مساله بود که احتمالاً یکی از ایستگاه‌های نزدیک ساحل غرب مازندران تشابه بیشتری با خوشه سوم دارد.

گروه سوم مربوط به اکثریت لایه‌های بابل‌رود و گروه چهارم مربوط به ترانسکت امیرآباد بود. نتایج این مطالعه به‌خوبی تفاوت ترانسکت‌های غربی و شرقی را نشان داد. این موضوع می‌تواند ناشی از عدم وجود ترموکلاین در فصل زمستان باشد [19] که به این دلیل اثر لایه‌های آب بر تغییرات پارامترها ناچیز و تغییرات پارامترها بیشتر براساس تغییرات مناطق (ترانسکت) و دورشدن از ساحل (ایستگاه) است. در مطالعه نجات‌خواه معنوی و همکاران [20] میزان مواد مغذی در بخش‌های شرقی سواحل جنوبی خزر بیشتر از بخش‌های غربی بود که از این نظر با مطالعه حاضر مطابقت دارد. نتایج این مطالعه نیز نشان داده است که میزان کلروفیل  $\alpha$  در مناطق شرقی بیشتر است (جدول ۱). در منطقه شرقی، وجود صنایع

بزرگ از جمله خروجی نیروگاه نکا، بندر امیرآباد و همچنین تراکم بیشتر کارگاه‌های صنعتی در این منطقه شیب بستر کمتر و دشت وسیعی از اعماق کمتر و ارتباط بیشتر عمق با سطح وجود مناطق گردشگری کمتر نسبت به مناطق غرب ورود مواد مغذی و آلاینده‌های از رودخانه نکا و بابل‌رود (احتمالاً متفاوت با رودخانه‌های مناطق غرب از لحاظ کمیت و کیفیت مواد مغذی و آلاینده) و استقرار بیشتر قفس‌های پرورش ماهی در غرب احتمالاً سبب شده است که در این مطالعه دو منطقه شرق و غرب کاملاً از هم تفکیک شوند [20-23]. با توجه به اطلاعات موجود، تحقیق در ارتباط با اثرات سیستم پرورش ماهی در قفس در دریای خزر انجام نشده است. اما مطالعات در اکوسیستم‌های مختلف از جمله جهانی و همکاران [24] در خلیج فارس، هانگ و همکاران [5] در خلیج ماگنوک وان (تایوان) و دمتریو و همکاران [25] در سد مخزنی روسانا (برزیل) نشان داده‌اند که سیستم پرورش ماهیان در قفس سبب افزایش بار آلی به‌ویژه فسفر آلی در آب و بستر می‌شود. در شرق استان مازندران، دو ترانسکت بابل‌رود و امیرآباد با وجود برخی شباهت‌ها در دو خوشه جداگانه قرار گرفتند. این نتیجه ممکن است به‌دلیل نوع و اثر جریان‌ات دریایی بر خصوصیات کیفی آب این دو منطقه و اختلاف در شیب بستر (بابل‌رود دارای شیب بیشتر) و در نتیجه ظرفیت خودپالایی دو منطقه باشد. تایید این فرضیه نیاز به مطالعات بیشتر در این زمینه‌ها دارد.

نتایج تحلیل عاملی (جدول ۳) نشان می‌دهند که با وجود اینکه مولفه‌های اول درصد بیشتری از واریانس مکانی را شرح دادند اما از لحاظ میزان درصد واریانس، مولفه‌ها اختلاف چندانی با هم ندارند. به عبارت دیگر هر ۴ مولفه را می‌توان به‌عنوان مولفه‌های مهم استخراج داده دانست و درواقع همه پارامترهای استخراجی آنها می‌تواند به یک اندازه مهم باشد. مولفه اول مربوط به بارگذاری عاملی قوی و همگرایی مثبت ترکیبات نیتروژنی به‌ویژه نیتروژن آلی و نیتروژن کل است. آزمون همبستگی پیرسون نیز نشان می‌دهد که در مولفه اول ترکیبات نیتروژنی با همدیگر همبستگی مثبتی دارند. از این رو این مولفه را می‌توان به‌عنوان مولفه نیتروژن آلی نامگذاری کرد (جدول ۴).

مولفه دوم مرتبط با بارگذاری مثبت قوی کدورت و بارگذاری منفی قوی شوری، بارگذاری مثبت متوسط آمونیوم، نیتريت و سیلیس و بارگذاری منفی متوسط pH است. در مولفه دوم سیلیس با کدورت به‌طور معنی‌داری همبستگی مثبت دارند. وجود چنین همبستگی بالایی بین کدورت و سیلیس نشان‌دهنده وجود یک منبع مشترک است. با توجه به اینکه بالاترین میزان کدورت آب در ایستگاه‌های نزدیک ساحل (به‌ویژه ۵ متر) مشاهده شده است می‌توان نتیجه گرفت که بالابودن کدورت این ایستگاه‌ها ناشی از ورود مواد معلق از رودخانه‌ها است. بنابراین مولفه دوم را می‌توان به‌عنوان مولفه انتقال از خشکی نامید. در مطابقت با نتایج مطالعه حاضر، سروری نصرالله‌زاده و همکاران [26] گزارش کرده‌اند که بالابودن مقادیر تروفی (بالابودن نوترینت‌ها) در ایستگاه‌های نزدیک ساحل در مقایسه با

تفکیک خوشه‌ها نیز ترکیبات فسفری بودند و به همین دلیل می‌توان نتیجه گرفت که منابع (از لحاظ کمی و کیفی) ورودی فسفر به سواحل استان مازندران و همچنین قدرت خودآلایی فسفر در مناطق مختلف، متفاوت است. محمودی و همکاران [31] نیز نشان دادند که علی‌رغم وجود لایه ترموکلاین در فصل تابستان همچنان تغییرات مکانی فسفر آلی در سواحل مازندران بیشتر تحت تاثیر فاکتور ترانسکت و خروجی متفاوت خشکی بود. مطالعات بیشتر در زمینه شناسایی مبدا و بالابودن میزان مواد آلی در این منطقه نیاز است. آزمون همبستگی پیرسون نیز نشان می‌دهد که در مولفه چهارم فسفر آلی و کلروفیل α با همدیگر همبستگی مثبتی دارند. این رابطه نشان می‌دهد که فسفر آلی نقش مهمی در تولیدات اولیه سواحل مازندران دارد. به‌طور مشابهی محمودی و همکاران [19] نیز نشان دادند که در سواحل مازندران فسفر آلی هم به‌صورت مستقیم و هم به‌صورت غیرمستقیم (تبدیل به فسفر معدنی) نقش به‌سزایی بر غلظت کلروفیل α دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که ارزیابی تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای تقریباً مشابه بوده است و نتایج همدیگر را تایید کردند. تحلیل خوشه‌ای و ممیزی طبقه‌بندی مفیدی از آب‌های ساحلی در سواحل مازندران ارائه کردند، به‌طوری که از آنها می‌توان برای طراحی یک شبکه پایش مکانی مطلوب با هزینه کمتر استفاده کرد. به‌طور مشابهی هانگ و همکاران [5] در شبه‌جزیره ماکائو، ژو و همکاران [7] در آب‌های ساحلی هنگ‌کنگ و سیمئونو و همکاران [32] در رودخانه‌های شمال یونان نیز گزارش کردند که تحلیل خوشه‌ای برای طراحی مطلوب شبکه پایش مناسب است.

ایستگاه‌های دور از ساحل می‌تواند در ارتباط با رودخانه‌های حوزه جنوبی خزر باشد. با توجه به اینکه گروه غالب فیتوپلانکتونی در فصل زمستان در سواحل جنوبی خزر گروه دیاتومه‌ها هستند [27]، یقیناً سیلیس یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر تغییرات بیولوژیکی و شیمیایی سواحل جنوبی خزر است [19]. همچنین همبستگی منفی معنی‌دار بین pH و کدورت نشان می‌دهد که آب‌های نزدیک ساحل که دارای مواد معلق بالاتری هستند، میزان pH کمتری نسبت به آب‌های دور از ساحل دارند. مولفه سوم شامل بارگذاری مثبت قوی درجه حرارت و هدایت الکتریکی است. در فصل زمستان با توجه به عدم وجود ترموکلاین، تفاوت درجه حرارت بیشتر ناشی از تغییر ترانسکت است (جدول ۲). هر چند تغییرات دما بسیار زیاد نبود اما نتایج نشان داد که ترانسکت‌های شرقی به‌طور معنی‌داری دارای دما بالاتری هستند و با توجه به اینکه دما به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اثرگذار در تولیدات اولیه (به‌واسطه اثر بر جذب مواد مغذی، متابولیسم و فرآیندهای بیوشیمیایی و فعالیت‌های میکروبی) است یقیناً تفاوت کم آن نیز می‌تواند بسیار مهم باشد [28-30]. مولفه چهارم مربوط به بارگذاری مثبت قوی فسفر آلی و بارگذاری مثبت متوسط فسفر کل، اکسیژن محلول و کلروفیل α است. وو و همکاران [4] گزارش کردند که ورود فاضلاب‌های خانگی به‌ویژه شوینده‌ها، فاضلاب‌های صنعتی و رواناب کودهای شیمیایی به دریا سبب افزایش میزان فسفات در ستون آب می‌شود. به علاوه غلظت زیاد فسفات می‌تواند نشان‌دهنده حضور دائمی آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی باشد. در این مطالعه علاوه بر شناسایی ترکیبات فسفری به‌عنوان یک مولفه مهم، بااهمیت‌ترین پارامتر

جدول ۴) همبستگی بین پارامترهای کیفی آب سواحل مازندران (تعداد= ۴۴)

پارامتر	کدورت	کلروفیل α	pH	اکسیژن محلول	شوری	هدایت الکتریکی	درجه حرارت	سیلیس	فسفر کل	فسفر آلی	فسفات	نیترژن کل	نیترژن آلی	نیتрат	نیتريت	آمونیم
آمونیم	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۵۳	۰/۵۷	-۰/۴۳	۰/۳۱	۰/۴۸	۰/۰۹	۰/۲۴	۰/۳۰	-۰/۰۸	۰/۱۲	-۰/۲۲	-۰/۰۴	۰/۲۵	۱
نیتريت	۰/۶۰	۰/۲۵	-۰/۳۱	۰/۰۴	-۰/۵۴	-۰/۳۰	-۰/۱۱	۰/۳۸	۰/۵۹	۰/۲۰	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۶۴	۱	
نیترات	۰/۳۴	-۰/۱۱	-۰/۱۷	-۰/۳۱	-۰/۳۱	-۰/۴۷	-۰/۳۴	۰/۴۱	-۰/۳۹	-۰/۰۴	۰/۶۱	۰/۴۶	۰/۴۹	۱		
نیترژن آلی	-۰/۰۶	-۰/۳۰	۰/۰۸	-۰/۲۴	-۰/۰۵	-۰/۱۳	-۰/۱۲	۰/۳۶	۰/۲۱	-۰/۱۴	۰/۵۲	۰/۸۸	۱			
نیترژن کل	۰/۰۸	۰/۱۹	۰/۰۹	-۰/۲۰	-۰/۲۲	-۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۴۳	۱				
فسفات	۰/۱۷	-۰/۲۷	-۰/۱۸	-۰/۳۵	-۰/۲۹	-۰/۴۵	-۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۳۳	-۰/۳۶	۱					
فسفر آلی	۰/۱۶	۰/۴۷	-۰/۲۴	۰/۲۷	-۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۲۳	-۰/۰۶	۰/۷۵	۱						
فسفر کل	۰/۲۸	۰/۲۸	-۰/۳۷	۰/۰۲	-۰/۳۸	-۰/۲۱	-۰/۰۹	۰/۲۰	۱							
سیلیس	۰/۳۹	۰/۰۲	-۰/۴۱	-۰/۱۶	-۰/۴۶	-۰/۳۳	-۰/۱۳	۱								
درجه حرارت	۰/۱۱	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۲۲	-۰/۲۰	۰/۹۰	۱									
هدایت الکتریکی	-۰/۱۴	۰/۲۵	۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۰۵	۱										
شوری	-۰/۷۰	۰/۱۵	۰/۵۱	۰/۱۴	۱											
اکسیژن محلول	۰/۱۰	۰/۴۱	۰/۰۵	۱												
pH	-۰/۴۸	-۰/۰۱	۱													
کلروفیل α	۰/۲۷	۱														
کدورت	۱															

\* و \*\* نشان‌دهنده معنی‌دار بودن همبستگی بین پارامترها به ترتیب در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ هستند (p < ۰/۰۵).

اثرگذار کیفیت آب‌های ساحلی مازندران در مناطق مختلف را شناسایی و تشریح کرد. با توجه به نتایج آزمون‌های این مطالعه، انتقال مواد مغذی و آلاینده از خشکی، بستر دریا و پرورش ماهی

طبق نتایج مطالعه حاضر، براساس تحلیل خوشه‌بندی، تعداد مکان‌های نمونه‌برداری می‌تواند به سه ترانسکت و دو ایستگاه کاهش یابد. تحلیل عاملی نیز به‌طور موفقیت‌آمیزی منابع بالقوه

- 7- Zhou F, Huang GH, Guo H, Zhang W, Hao Z. Spatio-temporal patterns and source apportionment of coastal water pollution in eastern Hong Kong. *Water Res.* 2007;41(15):3429-39.
- 8- Choudhury AK, Pal R. Phytoplankton and nutrient dynamics of shallow coastal stations at Bay of Bengal, Eastern Indian coast. *Aquat Ecol.* 2010;44(1):55-71.
- 9- Korshenko AN, Gul AG. Pollution of the Caspian Sea. In: Kostianoy AG, Kosarev AN, editors. *The Caspian Sea environment.* Berlin: Springer Science+Business Media; 2005. pp. 109-42.
- 10- Shahrban M, Etemad-Shahidi A. Classification of the Caspian Sea coastal waters based on trophic index and numerical analysis. *Environ Monit Assess.* 2010;164(1-4):349-56.
- 11- American Public Health Association. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
- 12- Iscen CF, Emiroglu Ö, İlhan S, Arslan N, Yilmaz V, Ahiska S. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Ulubat Lake, Turkey. *Environ Monit Assess.* 2008;144(1-3):269-76.
- 13- Shirodkar PV, Mesquita A, Pradhan UK, Verlekar XN, Babu MT, Vethamony P. Factors controlling physico-chemical characteristics in the coastal waters off Mangalore-a multivariate approach. *Environ Res.* 2009;109(3):245-57.
- 14- Wang X, Lu Y, He G, Han J, Wang T. Multivariate analysis of interactions between phytoplankton biomass and environmental variables in Taihu Lake, China. *Environ Monit Assess.* 2007;133(1-3):243-53.
- 15- Liu CW, Lin KH, Kuo YM. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Sci Total Environ.* 2003;313(1-3):77-89.
- 16- Ganjian-khenari A. Temporal distribution and composition of phytoplankton in the southern part of Caspian Sea in Iranian water from 1994 to 2007 [Dissertation]. George Town: University Sciences Malaysia; 2011.
- 17- Jamshidi S, Bakar NA. Seasonal variations in temperature, salinity and density in the southern coastal waters of the Caspian Sea. *Oceanology.* 2012;52(3):380-96.
- 18- Sarvari Nasrollahzadeh H, Pourang N, Makhloogh A, Fazli H, Eslami F. Classification of bio-pollution caused by *Mnemiopsis leidyi* on habitat traits of the southern of Caspian Sea. *J Environ Stud.* 2015;41(1):46-8. [Persian]
- 19- Mahmoudi N, Ahmadi MR, Babanezhad M, Seyfabadi J. Environmental variables and their interaction effects on chlorophyll-a in coastal waters of the southern Caspian Sea: Assessment by multiple regression grey models. *Aquat Ecol.* 2014;48(3):351-65.
- 20- Nejatkhah Manavi P, Pasandi AA, Saghali M, Beheshtinia N, Mirshekar D. Study of nitrate and phosphate in eastern south Caspian Sea in spring and summer. *J Mar Sci Technol Res.* 2009;4(3):11-9. [Persian]
- 21- Isipo.ir [Internet]. Tehran: Iranian Small Industries and Industrial Parks Organization; 2016 [cited 2016 August 29]. Available from: <http://isipo.ir>. [Persian]
- 22- Mchto.ir [Internet]. Sari: Cultural Heritage, Handicraft and Tourism Organization of Mazandaran; 2016 [cited 2016 August 29]. Available from: <http://www.mchto.ir/en>. [Persian]

در قفس از جمله فاکتورهای مهم اثرگذار بر کیفیت آب سواحل مازندران در فصل زمستان هستند. پارامترهای فسفر آلی، نیتروژن آلی، کدورت، کلروفیل  $\alpha$  و درجه حرارت به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای تاثیرگذار بر تغییرات مکانی کیفیت آب و خوشه‌بندی شناسایی شدند. مطالعه حاضر می‌تواند برای ایجاد یک استراتژی مناسب برای نمونه‌برداری (کاهش هزینه نمونه‌برداری) و اعمال فعالیت‌های مدیریتی از جمله پرورش ماهیان، کنترل تروفی و آلودگی در بخش‌های مختلف سواحل مازندران به کار گرفته شود.

**تشکر و قدردانی:** از مدیریت و پرسنل محترم دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، حراست منابع آبی استان مازندران، سازمان زمین‌شناسی، مرکز ملی اقیانوس‌شناسی و پژوهشکده اکولوژی دریای خزر که در فراهم کردن امکانات این مطالعه نهایت همکاری را مبذول داشتند، تقدیر و تشکر می‌شود.

**تاییدیه اخلاقی:** موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

**تعارض منافع:** هیچ‌گونه تعارض منافی بین نویسندگان وجود ندارد.

**سهم نویسندگان:** نعمت‌الله محمودی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی (۱۵٪)؛ منوچهر بابانژاد (نویسنده دوم)، پژوهشگر اصلی/روش‌شناس/نگارنده بحث (۱۵٪)؛ جعفر سیف‌آبادی (نویسنده سوم) پژوهشگر کمکی/نگارنده بحث (۱۵٪)؛ محمدرضا احمدی (نویسنده چهارم)، تحلیلگر آماری (۱۵٪)؛ جمشید درزی‌حیدری (نویسنده پنجم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۱۲٪)؛ ناهید پاییزاده (نویسنده ششم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۱۲٪)؛ ابوالقاسم روحی (نویسنده هفتم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۱۰٪)؛ مصطفی آرمنده (نویسنده هشتم)، پژوهشگر کمکی (۶٪)

**منابع مالی:** مطالعه حاضر با حمایت مالی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

## منابع

- 1- Kishino M, Tanaka A, Ishizaka J. Retrieval of Chlorophyll a, suspended solids, and colored dissolved organic matter in Tokyo Bay using ASTER data. *Remote Sens Environ.* 2005;99(1-2):66-74.
- 2- MacLeod CD, Mandelberg L, Schweder C, Bannon SM, Pierce GJ. A comparison of approaches for modelling the occurrence of marine animals. In: Valavanis VD, editor. *Essential fish habitat mapping in the Mediterranean.* Dordrecht: Springer; 2008. pp. 21-32.
- 3- Varol M, Gökot B, Bekleyen A, Şen B. Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey. *CATENA.* 2012;92:11-21.
- 4- Wu ML, Wang YS, Sun CC, Wang H, Dong JD, Yin JP, et al. Identification of coastal water quality by statistical analysis methods in Daya Bay, South China Sea. *Mar Pollut Bull.* 2010;60(6):852-60.
- 5- Huang J, Ho M, Du P. Assessment of temporal and spatial variation of coastal water quality and source identification along Macau peninsula. *Stoch Environ Res Risk Assess.* 2011;25(3):353-61.
- 6- Bierman P, Lewis M, Ostendorf B, Tanner J. A review of methods for analysing spatial and temporal patterns in coastal water quality. *Ecol Indic.* 2011;11(1):103-14.



modelling of the interactive effects of temperature and light on phytoplankton growth and relevance for the spring bloom. *J Plankton Res.* 2008;30(1):75-91.

29- Reay DS, Priddle J, Nedwell DB, Whitehouse MJ, Ellis-Evans JC, Deubert C, et al. Regulation by low temperature of phytoplankton growth and nutrient uptake in the Southern Ocean. *Mar Ecol Prog Ser.* 2001;219:51-64.

30- Xu H, Paerl HW, Qin B, Zhu G, Gao G. Nitrogen and phosphorus inputs control phytoplankton growth in eutrophic Lake Taihu, China. *Limnol Oceanogr.* 2010;55(1):420-32.

31- Mahmoudi N, Ahmadi MR, Babanezhad M, Seyfabadi J, Roohi A. Spatial characteristics assessment of water quality and identify its controlling factors along Mazandaran coasts during summer (multivariate approach). *J Fish Sci Technol.* 2013;2(2):47-61. [Persian]

32- Simeonov V, Stratis JA, Samara C, Zachariadis G, Voutsas D, Anthemidis A, et al. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Res.* 2003;37(17):4119-24.

23- Shilat-maz.ir [Internet]. Babolsar: Mazandaran Fisheries Organization; 2016 [cited 2016 August 29]. Available from: <https://www.shilat-maz.ir/>. [Persian]

24- Jahani N, Nabavi SN, Dehghan Madiseh S, Mortezaie SR, Fazeli N. The effect of marine fish cage culture on benthic communities using bopa index in ghazale creek. *Iran J Fish Sci.* 2012;11(1):78-88. [Persian]

25- Demétrio JA, Gomes LC, Latini JD, Agostinho AA. Influence of net cage farming on the diet of associated wild fish in a Neotropical reservoir. *Aquaculture.* 2012;330-333:172-8.

26- Sarvari Nasrollahzadeh H, Bin Din Z, Foong SY, Makhloogh A. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. *Cont Shelf Res.* 2008;28(9):1153-65.

27- Mahmoudi N, Ahmadi MR, Babanezhad M, Seyfabadi J. Seasonal distribution of dominant phytoplankton in the Southern Caspian Sea (Mazandaran coast) and its relationship with environmental factors. *J Mar Sci Technol.* 2017;16(1):87-101. [Persian]

28- Nicklisch A, Shatwell T, Köhler J. Analysis and