بررسی تغییرات الگوهای خودهمبستگی مکانی کلروفیل آ در تالاب بین المللی چغاخور با استفاده از شاخص لکه های داغ (Gi*) و سنجش از دور

احمدرضا پیرعلی زفره‌ئی*[۱]، سیدعلی اکبر هدایتی[۱] ، سعید پورمنافی[۲] ، امید بیرقدار کشکولی[۲]، رسول قربانی[۱]

*ahmadreza.pirali@gmail.com

۱- گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۷

چکیده

منابع آبی ساکن نظیر تالاب‌ها علاوه بر اهمیت اقتصادی و اجتماعی از نظر اکولوژیک نیز منابعی با ارزش در تولید آبزیان بشمار می‌آیند. ضرورت پایش و آگاهی از توزیع مکانی و زمانی کلروفیل آ به دلیل تاثیرات آن در محیط‌های آبی از اهمیت اساسی در مطالعات زیست محیطی برخوردار است. در رویکرد نوین این قبیل مطالعات، استفاده آمار فضایی جایگاه ویژه ای دارد. این مطالعه با هدف پایش وضعیت مقادیر کلروفیل آ در تالاب بین المللی چغاخور با استفاده از آمار فضایی و شاخص لکه های داغ مبتنی بر سنجش از دور می باشد. بدین منظور داده های ماهواره‌ای غلظت کلروفیل آ از لندست ۸ در سال ۲۰۱۷ تهیه گردید و سپس با استفاده از تکنیک‌های آمار فضایی موران جهانی و محلی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج موران جهانی نشاندهنده ی خودهمبستگی قوی و توزیع خوشه‌ای داده‌ها بود که در فصل بهار از قویترین و در فصل پاییز از ضعیف‌ترین خودهمبستگی، برخودار بود. نتایج موران محلی، حاکی از تعداد بالای خوشه‌های بالا- بالا مقادیر غلظت کلروفیل آ در فصل بهار نسبت به پاییز بود. این امر در اطراف تالاب بویژه نواحی غربی و جنوبی بارزتر بود که می‌تواند ناشی از فعالیت‌های متمرکز در این نواحی باشد. همچنین تاثیر و نقش عوامل اقلیمی و محیطی پیرامون تالاب نیز می‌تواند قابل ملاحظه باشد. در مجموع، نتایج این مطالعه کارایی این آماره را در شناسایی نقاط بحرانی و تفکیک مناسب، بر اساس اصول آمار فضایی بخوبی نشان داد و می‌تواند به عنوان الگویی در پارامترهای اکولوژیک در سایر منابع آبی کشور بکار گرفته شود.

لغات کلیدی: کلروفیل آ، آزمون موران، شاخص لکه های داغ، تالاب چغاخور، خودهمبستگی فضایی

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

مقدمه

تالاب بین المللی چغاخور یکی از مهم ترین تالاب های ایران است که طی دهه های گذشته از طریق برخی فعالیت‌های انسانی از قبیل احداث سد، نوسانات حجم آب، ورود پساب مزارع کشاورزی و غیره در معرض فشارهای اکولوژیک شدید قرار گرفته است (ندوشن و همکاران، ۱۳۸۷). تراکم بالای فیتوپلانکتون‌ها در محیط آبی در عکس‌العمل به ورود مواد مغذی گیاهان در اثر فعالیت‌های انسانی است که همراه با اثرات زیان بار متعدد زیست محیطی می‌باشد. لذا، تغییرات و نحوه پراکنش و غلظت کلروفیل آ (رنگدانه اصلی فتوسنتز) به عنوان شاخص زی‌توده فیتوپلانکتونی، از اهمیت اساسی در مطالعات کیفیت آب و خصوصیات اکولوژیک محیط های آبی برخوردار است (نصراله‌زاده ساروی و حسینی،۱۳۸۳; Mansor *et al*., 2001; Zonn, 2005; Korshenko and Gul, 2005). ضرورت پایش و آگاهی از توزیع مکانی و زمانی کلروفیل آ به دلیل تاثیرات آن در محیط های آبی، یکی از مهم ترین موضوعات مطالعات زیست محیطی و شیلاتی است. در مطالعات زیست محیطی برخی مولفه ها مستقل از یکدیگر نیستند و وابستگی آنها به دلیل موقعیت و مکان آنها در منطقه (فضا) مد نظر قرار می گیرد. لذا، چون این داده‌ها دارای ساختاری پیوسته در مکان و زمان هستند، به "داده های فضایی" معروفند. شیوه‌های سنتی آمار مانند آزمون من کندال، اسپیرمن، رگرسیون خطی و چندگانه (Braganza *et al*., 2004) تبیین کننده این امر نیستند و علت آن وجود همبستگی فضایی بین این داده‌ها می باشد (Philipp and Jollifee, 2010). بنابراین، آمار فضایی و شاخص لکه های داغ[1] یا آمارهٔ گتیس ارد جی[2]، برای تحلیل این نوع داده ها بنحوی که ساختار همبستگی داده‌ها لحاظ گردد، گزینه‌ای مناسب می باشد. آمار فضایی شامل آنالیز الگو، شکل، مدلسازی سطح، رگرسیون مکانی و مدلسازی آماری به همراه مقایسه آماری مجموعه داده های مکانی می‌شود، لذا در رویکرد نوین مطالعات زیست محیطی، استفاده آمار فضایی جایگاه ویژه‌ای دارد (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴). در این راستا، داده‌های سنجش از دور به دلیل یکپارچه و وسیع بودن، تنوع طیفی، تهیه پوشش‌های تکراری و ارزان بودن، در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات از قابلیت‌های ویژه‌ای برخوردار هستند. امکان رقومی بودن، سهل‌الوصول بودن داده‌ها، دسترسی سریع به نقاط دورافتاده و دقت بالای آنها، از امتیازات خاص این تکنیک محسوب می‌شود (احسانی، ۱۳۹۱). از مطالعات که در زمینه پایش تغییرات کلروفیل آ در منابع آبی با استفاده سنجش از دور صورت گرفته است، می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: خسروی و بحری (۱۳۹۷) با استفاده از تکنیک آمار فضایی، تغییرات زمانی-مکانی کلروفیل آ را در خلیج فارس با سنجنده MODIS Aqua[3] بررسی کردند. نتایج نشان داد که فصل زمستان از قوی‌ترین و فصل تابستان از ضعیف‌ترین خودهمسبتگی برخوردار است. علمی‌زاده و فاضل پور (۱۳۹۵) به برآورد تغییرات پارامتر های زیست محیطی تنگه هرمز با استفاده از تصاویر مودیس پرداختند. نتایج توزیع کلروفیل آ، بخش ساحلی محدوده تنگه هرمز را برای شکوفایی، نسبت به بخش غربی و شرقی آن مستعد نشان داد. اولادی (۱۳۹۱)، پراکنش و فراوانی کلروفیل آ را در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از تکنیک سنجش از دور بررسی نمود. پردازش تصاویر دریافتی از ماهواره های MODIS و IRS[4] نشان داد که در منطقه جنوبی دریای خزر با نزدیک شدن از شرق به سمت غرب، میزان کلروفیل آ و کدورت افزایش می‌یابد و از میزان شفافیت آب کاسته می شود که بیانگر افزایش بار آلی این منطقه می‌باشد. El Masri و Rahman (۲۰۰۸) پارامترکیفی آب در دریاچه Kemp تگزاس را با استفاده از داده‌های سنجش از دور بررسی کردند. آنها پارامترهای کلروفیل‌آ، فسفات کل و کدورت را از ژانویه تا اکتبر ۲۰۰۶ با استفاده از سنجنده مودیس بررسی و نقشه‌های توزیعی آن‌ها را برآورد کردند (El Masri and Rahman, 2008).

[1] - Hot Spot Analysis
[2] - Getis- Ord Gi
[3] - ModerateResolution Imaging spectrometer
[4] - Indian Remote Sensing Satellites

باتوجه به اهمیت نحوه توزیع کلروفیل آ در اکوسیستم های آبی، پژوهش در زمینه استفاده از آمار فضایی و شاخص لکه های داغ (Gi*) در پایش کیفی به صورت محدود انجام شده است. لذا، مطالعه حاضر ضمن پایش تغییرات الگوهای خودهمبستگی مکانی کلروفیل آ در یک دوره یکساله با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ در تالاب چغاخور، می‌تواند الگویی مناسب جهت معرفی آمار فضایی بر مبنای سنجش از دور برای سایر محققین علوم شیلاتی فراهم کند.

مواد و روش کار

معرفی منطقه مورد مطالعه

تالاب چغاخور بیست و سومین تالاب بین المللی ثبت شده کشور در کنوانسیون رامسر در استان چهارمحال و بختیاری، شهرستان بروجن و بین عرض های" ۱۷ و '۵۴ و°۳۱ تا "۳۱ و '۵۶ و°۳۱ عرض شمالی و "۴۰ و '۵۲ و °۵۰ تا "۱۴ و '۵۶ و°۵۰ طول شرقی می‌باشد (بهروزی راد، ۱۳۸۷) (شکل ۱).

محاسبه شاخص لکه های داغ (Gi*)

داده‌های کلروفیل آ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ در سال ۲۰۱۷ و برای دو فصل بهار و پاییز از پایگاه Earth Explorer استخراج شد. در تصاویر لندست ۸ مورد استفاده تا سطح ۲، تصحیحات هندسی و اتمسفری صورت گرفته است. پس از پردازش‌های لازم در محیط ArcGIS 10.2، اطلاعات کلروفیل آ از باندهای تصاویر اخذ شده بدست آمد. در نهایت بررسی همبستگی مکانی داده‌های کلروفیل آ با استفاده از آمار فضایی صورت گرفت. جهت واکاوی فضایی و الگوی پراکنش (خوشه ای، پراکنده و تصادفی) توزیع کلروفیل آ از آزمون موران جهانی و شاخص خود همبستگی فضایی (جی استار) یا لکه های داغ (Gi*) استفاده شد. تحلیل لکه‌های‌داغ برای همه عوارض موجود در داده‌ها محاسبه می‌شود و براساس امتیاز z محاسبه شده، نشان می‌دهد که کدام بخش از داده‌ها به مقادیر کم و زیاد خوشه بندی شده‌اند. به عبارت دیگر، اگر مجموعه‌ای از عوارض وزن‌دهی شده داشته باشید، این ابزار خوشه‌های عوارض با مقدار بالا (لکه های-داغ) و خوشه‌های عوارض با مقادیر کم (لکه‌های سرد) را شناسایی می‌کند (عسگری، ۱۳۹۰). آزمون موران به شرح ذیل استفاده شد:

$$I = \frac{n\sum\sum w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{w\sum(x_i - x^-)^2}$$ معادله ۱

I = برابر ضریب متغیر فاصله‌ای یا نسبی در واحدهای ناحیه‌ای، n = برابر تعداد واحدهای ناحیه‌ای، وزن (شامل میزان غلظت کلروفیل).

ضریب موران بین ۱- (تعامل فضایی منفی) تا ۱ (تعامل فضایی مثبت) و (عدم تعادل) متغیر است. شاخص لکه‌های داغ (Gi^*) بر اساس جدول (۱) و با توجه به نمره استاندارد (Z-score) بدست آمده از آزمون موران، میزان تمرکز پارامتر کلروفیل آ را در نقاط مختلف با توجه به الگوی پراکنش مشخص می کند و به صورت معادله (۲) قابل ارزیابی است.

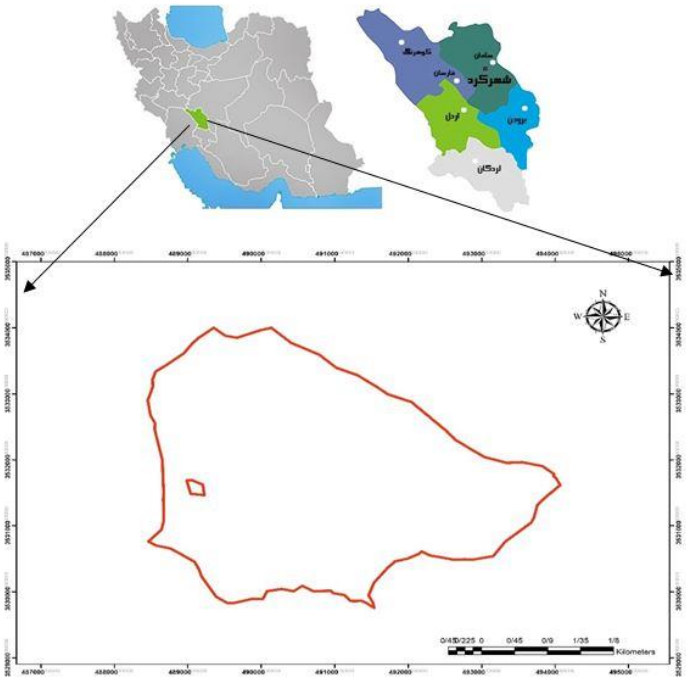
$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{i*j}\, X_j - \bar{X}\sum_{j=1}^{n} w_{i*j}}{S\sqrt{\frac{n\sum_{j=1}^{n} w_{i*j}^2 - (\sum_{j=1}^{n} w_{i*j})}{n-1}}}$$ معادله ۲

X_j = مقدار خصیصه برای عارضه j، $Wi_{\square}j$= وزن فضایی بین عارضه i و j، n = برابر با تعداد کل عارضه‌ها. کلیه آنالیزها در محیط برنامه Arc GIS 10.2 صورت گرفت.

داده ها بر اساس شاخص موران اگر نزدیک به1+ باشد، دارای خودهمبستگی فضایی و الگوی خوشه ی می باشند و اگر مقدار آن نزدیک به عدد ۱- باشد، آنگاه داده‌ها از هم پراکنده خواهند بود. در موران جهانی فرضیه صفر این است که هر نوع خوشه بندی فضایی بین مقادیر عنصر مرتبط با عوارض جغرافیایی مورد نظر وجود ندارد. حال زمانی که مقدار محاسبه شده (مقدار *p-value*) بسیار کوچک و مقدار z محاسبه شده (قدر مطلق آن) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده اطمینان)، آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]



شکل۱: موقعیت تالاب چغاخور بر روی نقشه

Figure 1: Choghakhor wetland position on the map

جدول۱: طبقه بندی نمره استاندارد در تحلیل نوع پراکنش داده های مکان محور

Table 1: Classification of Standard Score in the Type-Dispersion Analysis of Location-Based Data

نمره استاندارد (Z-score)	سطح معناداری (p-value)	نوع الگوی پراکنش فضایی
<- ۲/۵۸	۰/۰۱	خوشه ای قوی- سرد-سرد
-۲/۵۸ -(-۱/۹۶)	۰/۰۵	خوشه ای متوسط- سرد-سرد
-۱/۹۶ -(-۱/۶۵)	۰/۱۰	خوشه ای ضعیف- سرد-سرد
-۱/۶۵ -۱/۶۵	-	تصادفی-توزیع ناموزون
۱/۶۵ - ۱/۹۶	۰/۱۰	خوشه ای ضعیف- داغ-داغ
۱/۹۶ - ۲/۵۸	۰/۰۵	خوشه ای متوسط- داغ-داغ
>۲/۵۸	۰/۰۱	خوشه ای قوی- داغ-داغ

اگر شاخص موران بزرگتر از صفر باشد، داده ها نوعی خوشه بندی فضایی و اگر کمتر از صفر باشد، دارای الگوی پراکنده می‌باشند.

نتایج

وضعیت آماری داده های کلروفیل آ استخراجی از لندست ۸ در جدول ۲ گزارش شده است. با توجه به مطالب مذکور، با استفاده از شاخص موران جهانی، وجود خود همبستگی فضایی داده ها بررسی شد.

جدول۲ : مشخصات آماری پارامتر کلروفیل آ تالاب چغاخور به تفکیک فصل در سال ۲۰۱۷ (mg/m^3)

Table 2: Characteristics of the chlorophyll-*a* parameter of Choghakhor wetland by season in 2017 (mg/m^3)

فصل	میانگین± انحراف معیار	بیشینه	کمینه
بهار	۱/۰۸ ± ۰/۱۷	۱/۸۰	۰/۸۷
پاییز	۱/۰۷ ± ۰/۰۶	۱/۴۷	۰/۹۲

خروجی تحلیل خود همبستگی فضایی موران جهانی، به صورت عددی در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول ۳، مقدار شاخص موران جهانی برای فصل بهار و پاییز بالا و حدود یک است که نشانگر خود همبستگی و الگوی خوشه‌ای بالا هر دو فصل می‌باشد. آماره z در فصول بین ۱۵۹/۷۰ و ۹۶۸/۳۳ می باشد، با توجه به بالا بودن مقدار z و صفر بودن مقدار *p-value*، می‌توان فرضیه فقدان همبستگی بین فصول را رد نمود.

شکل ۲ نمودار گرافیکی الگوی داده‌های کلروفیل آ را به تفکیک فصل بهار و پاییز با استفاده از آزمون موران جهانی نشان می‌دهد و براساس آن نمودار زنگوله‌ای نحوه توزیع داده‌ها و بازه‌های معنی‌داری نمره استاندارد z قابل مشاهده است. همچنین این اشکال الگوی خوشه‌ای را برای دو فصل بهار و پاییز نشان می‌دهد.

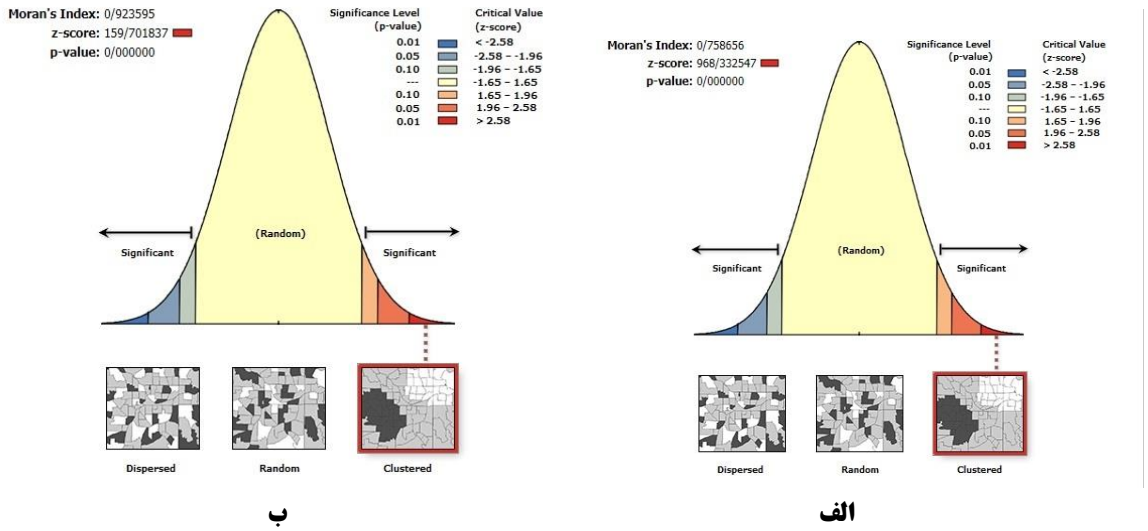
با توجه به جدول ۳ مشاهده شد، از فصل بهار به فصل پاییز کاهش (۰/۷۵۸) در مقادیر آزمون موران جهانی وجود دارد و برای شناسایی آنها از موران محلی استفاده شد.

جدول۳: نتایج آزمون موران مقادیر کلروفیل آ تالاب چغاخور

Table 3: Results of Moran Test Chlorophyll-*a* Values in Choghakhor wetland.

فصل	شاخص موران	Z-Score	*p-value*
بهار	۰/۹۲۳	۱۵۹/۷۰	۰/۰
پاییز	۰/۷۵۸	۹۶۸/۳۳	۰/۰

جهت شناسایی محل تشکیل خوشه‌ها، نقشه‌های خوشه‌های فضایی رسم شد. شکل ۳ و ۴ تغییرات پراکنش الگوهای خود همبستگی فضایی موران محلی کلروفیل آ در تالاب چغاخور را نشان می‌دهد.

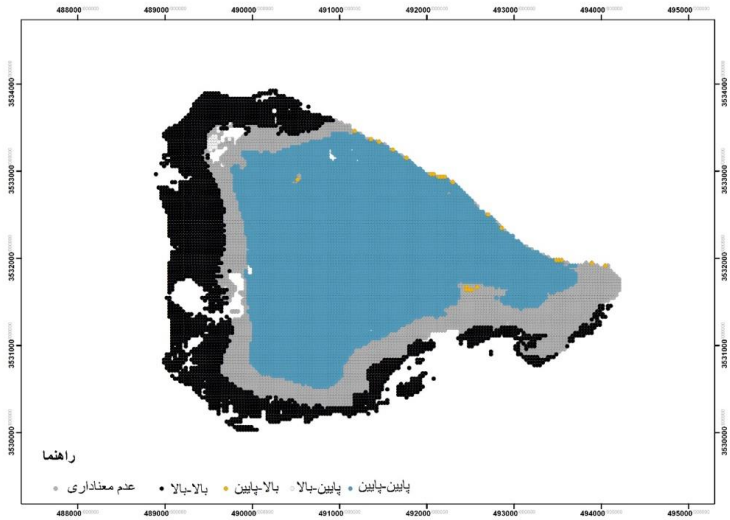


شکل۲: نمودار گرافیکی شاخص موران الف) فصل بهار ، ب) فصل پاییز

Figure 2: Graphic chart Moran index, a) Spring season; b) Autumn season.

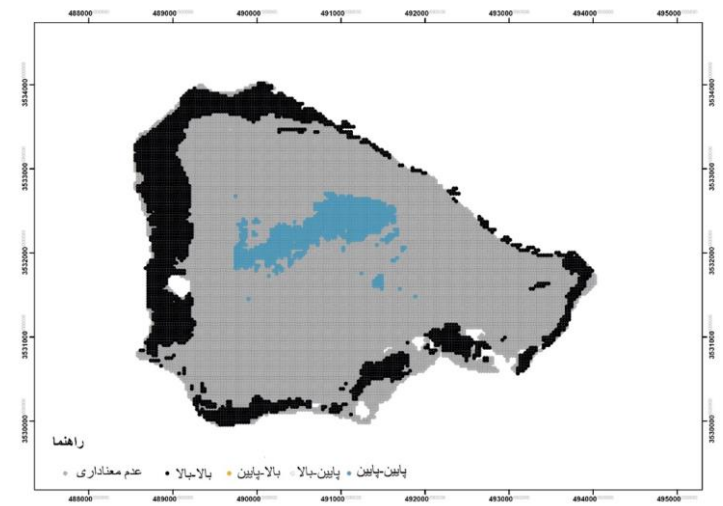
[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]



شکل۳: نتایج حاصل از پراکنش الگوی موران محلی کلروفیل آ تالاب چغاخور-فصل بهار

Figure 3: The results of the distribution of chlorophyll-*a* local moraine pattern in Choghakhor wetland - spring season



شکل۴: نتایج حاصل از پراکنش الگوی موران محلی کلروفیل آ تالاب چغاخور-فصل پاییز

Figure 4: Results of distribution of chlorophyll-*a* local moraine pattern in Choghakhor wetland - autumn season

بحث

با بررسی شاخص موران جهانی مشخص شد (جدول۳)، داده‌های کلروفیل آ در مقیاس زمانی فصلی به شکل خوشه‌ای توزیع شدند که با یافته‌های خسروی و بحری (۱۳۹۷) در بررسی مقادیر کلروفیل آ در خلیج فارس مطابقت داشتند. این به معنی تمایل به متمرکز یا خوشه‌ای شدن مقادیر کلروفیل آ در تالاب چغاخور است.

در بررسی شکل‌های ۳ و ۴ و مقایسه فصل بهار و پاییز مشاهده می شود که اکثر نواحی تالاب چغاخور در فصل پاییز نا متوازن و فاقد الگوی مشخص می‌باشند. در مطالعه انتظاری و همکاران (۱۳۹۴) بر جزایر گرمایی خراسان رضوی نیز اکثر مناطق در فصول سرد مانند زمستان، هیچ نوع الگویی حاکم نبود و به عبارتی، فاقد خود همبستگی فضایی بود. از سویی، فصل بهار الگوهای خودهمبستگی

فضایی بالاتری نسبت به فصل پاییز نشان داد که این روند در مطالعه انتظاری و همکاران (۱۳۹۴) نیز مشاهده گردید. بررسی شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که نقاط با الگوی خوشه‌ای پایین-پایین در فصل بهار و پاییز در مرکز تالاب متمرکز شده‌اند که تعداد آنها در فصل بهار بیشتر است. از سویی، در هر دو فصل نقاط داغ و با الگوی خوشه ای بالا-بالا (خود همبستگی فضایی مثبت) در اطراف تالاب بویژه در نواحی غربی و جنوبی تالاب چغاخور متمرکزترند. دلیل این وضعیت را می‌توان مزارع کشاورزی و ورود زه آب آن در این نواحی و پساب های روستایی دانست. خسروی و بحری (۱۳۹۷) علت تمرکز نقاط با الگوی خوشه ای بالا کلروفیل آ خلیج فارس را ناشی از ورود رودهای نواحی اطراف و جریانات و گردش های سطحی دانستند. تاکنون آن دسته از نواحی تالاب دارای خود همبستگی فضایی مثبت (خوشه گرم و بالا) و پایین مشخص گردیدند، اما به منظور حصول اطمینان از مناطق با خوشه‌ای ارزش بالا و پایین از شاخص Gi^* استفاده شد و نتایج در شکل ۵ ارائه شده است. شاخص Gi^* برای هر عارضه موجود در داده‌ها محاسبه می‌شود، نوعی امتیاز z است. هر چه امتیاز z بزرگ تر، مقادیر بالا به نسبت خوشه بندی و لکه داغ تشکیل می‌دهند و بالعکس. امتیاز z محاسبه شده در این تحلیل نشان می‌دهد در کدام ناحیه داده‌ها مقادیر زیاد یا کم خوشه بندی شده‌اند (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۴). این ابزار در واقع، به هر عارضه در چارچوب عوارضی که در همسایگی اش قرار دارد، توجه می‌کند.

براساس شکل ۵، در فصل بهار و پاییز، مقادیر با ارزش بالا (خود همبستگی فضایی مثبت) نمایانگر لکه‌های داغ و مقادیر با ارزش پایین (خود همبستگی فضایی منفی) نمایانگر لکه های سرد است. نتایج فصل بهار مقادیر باخود همبستگی فضایی مثبت بالاتری را نسبت به پاییز نشان می‌دهد. جهت مقایسه بهتر، تغییرات هر کدام از الگوها تفکیک فصل در جدول۴ به شکل درصد ارائه شده است. این مناطق علاوه بر دلیل آماری (خودهمبستگی معنادار)، نمایانگر آن دسته از مقادیر کلروفیل آ می‌باشند که بیشترین تمایل را به متمرکز شدن و خوشه‌ای شدن در فضا دارند. همانطوریکه مشاهده می‌شود در فصل بهار مقادیر کلروفیل آ با خود همبستگی فضایی مثبت بالا نسبت به فصل پاییز در حدود ۱۹/۶ درصد افزایش یافته است. نقاط با خودهمبستگی پایین در فصل پاییز نسبت به بهار کمتر و ۵/۶ درصد بود که مشابه نتایج انتظاری و همکاران (۱۳۹۴) بود. از سویی، همانطوریکه در جدول ۴ مشاهده می‌شود، فصل پاییز بیشترین درصد مناطق فاقد الگو را بخود اختصاص داده است. Krishna (۲۰۱۰) دما را عامل مهمی در تغییرات فصلی و سالانه کلروفیل آ را طی سالهای ۲۰۰۳-۱۹۹۸ در سواحل هند دانست که سبب افزایش زی توده فیتوپلانکتونی و فرآیند فراجوششی شده است. لذا، می‌توان گفت که علت بالاتر بودن لکه های داغ و همچنین الگوهای خود همبستگی قوی در فصل بهار در این مطالعه، می‌تواند در ارتباط با دما باشد. خود همبستگی به رابطه بین مقادیر باقی مانده در طول خط رگرسیون مربوط می شود، از نظر آماری یک خود همبستگی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر باقیمانده، با یکدیگر در ارتباط باشند. به عبارت دیگر، تغییرات آنها به صورت سیستماتیک رخ دهد. با این وجود خود همبستگی قوی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر متغیری که از نظر جغرافیایی بهم نزدیک هستند، باهم مرتبط نیز باشند. در مجموع، باید نقش عوامل بیرونی را در شکل‌گیری الگوهای پراکنش کلروفیل آ از جمله عوامل اقلیمی مانند تغییرات دمای هوا، رطوبت، وزش باد و بارش را در نظر گرفت. در مطالعه انتظاری و همکاران (۱۳۹۴)، خوشه‌های گرمایی بالا و پایین فاقد شباهت بودند، آنها این تباین را ناشی از تأثیر عناصر گردش عمومی جو ذکر کردند.

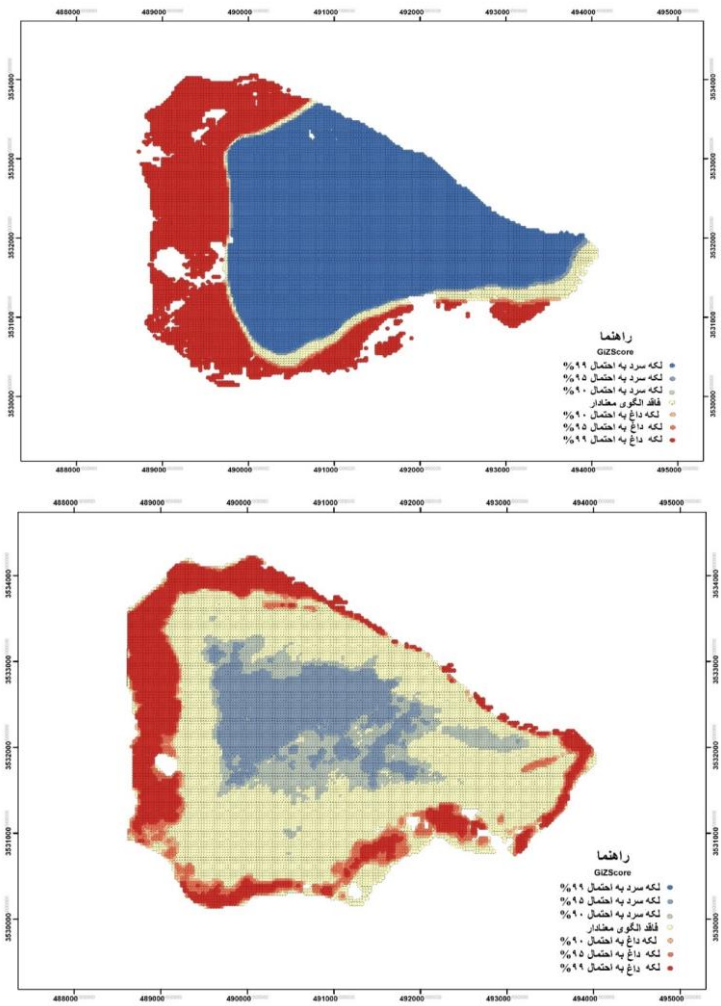
جدول ۴: درصد مساحت تحت پوشش الگوی حاصل شده
Table 4: The coverage area covered by the pattern

نوع لکه	بهار	پاییز
الگوی خوشه بالا-بالا	۱۹/۶	۱۸/۶
الگوی خوشه بالا-پایین	۰/۲	-
الگوی خوشه پایین-بالا	۰/۲	-
الگوی خوشه پایین-پایین	۴۶/۳	۵/۶
فاقد الگو معنی دار	۳۵/۷	۷۵/۸

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

الف



ب

شکل ۵: نتایج حاصل از پراکنش الگوی لکه داغ برای کلروفیل آ طی دوره مورد مطالعه الف) بهار؛ ب) پاییز

Figure 5: The results of the distribution of hot spot pattern for chlorophyll-*a* during the aforementioned study period; a) spring; b) autumn

منابع آبی ساکن نظیر تالاب ها و دریاچه ها علاوه بر اهمیت اقتصادی و اجتماعی از نظر اکولوژیک نیز منابعی با ارزش در تولید آبزیان بشمار می‌آیند. با توجه به اینکه ایران یکی از کشورهای خشک محسوب می‌شود، توسعه منابع آبی قابل استفاده و حفظ و بهبود کیفیت آن امری حیاتی است. لذا، اطلاع از وضعیت کیفی این منابع این امکان را فراهم می‌سازد تا علاوه بر استخراج اطلاعات بهنگام، سیاست های مناسب نیز اتخاذ شود تا کمترین آسیب به این منابع وارد شود. در این راستا در این پژوهش، روش آزمون موران و شاخص لکه های داغ مبتنی بر تکنیک سنجش از دور، معرفی و برای اولین بار در تالاب چغاخور مورد استفاده قرار گرفت. بررسی الگوهای خودهمبستگی مکانی حاکی از نامتوازن بودن آن در فصل پاییز بود، در حالیکه فصل بهار خودهمبستگی فضایی بالاتری را نشان داد. تمرکز نقاط داغ با الگوی خوشه ای بالا-بالا (خود همبستگی فضایی مثبت) در نواحی غربی و جنوبی تالاب می‌تواند به دلیل فعالیت‌های کشاورزی و روستایی پیرامون آن باشد. همچنین تاثیر و نقش عوامل

اقلیمی و محیطی پیرامون تالابرا نیز نمی‌توان نادیده گرفت. نتایج این مطالعه کارایی این ابزار را در شناسایی نقاط بحرانی و تفکیک مناسب بر اساس اصول آمار فضایی بخوبی نشان داد و می‌تواند به عنوان الگویی در سایر منابع آبی کشور بکار گرفته شود. همچنین مطالعه این شاخص بر سایر پارامترهای اکولوژیک، تلفیق اطلاعات حاصل از آمارفضایی با اطلاعات اقلیمی، بررسی تاثیر طولانی مدت تغییرکاربری ها بر تغییرات الگوی لکه های داغ و توسعه سایر شاخص های فضایی در مطالعات آینده پیشنهاد می‌گردد.

منابع

احسانی، ا.، ۱۳۹۱. ارزیابی صحت داده های دور سنجی اصول و روش ها. چاپ اول، دانشگاه تهران، ۱۸۰ صفحه.

انتظاری، ع.ا.، داداشی رودباری، ع. و اسدی، م.، ۱۳۹۴. ارزیابی خودهمبستگی فضایی تغییرات زمانی - مکانی جزایر گرمایی در خراسان رضوی. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۴(۱۶)، ۱۲۵-۱۴۶.

اولادی، ا.، ۱۳۹۱. پراکنش و فراوانی کلروفیل آ در سواحل جنوبی دریای خزر بااستفاده از تکنیک RS. پایان نامه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۰صفحه.

خسروی، ی. و بحری، ع.، ۱۳۹۷. استفاده از تکنیکهای آمار فضایی جهت بررسی تغییرات زمانی-مکانی غلظت کلروفیل آ در خلیج فارس. مجله زیست شناسی دریا، ۱۰(۳۷)، ۳۳-۴۶.

عسگری، ع.، ۱۳۹۰. تحلیل های امار فضایی با ArcGIS، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، چاپ اول،۱۲۷صفحه.

علمی‌زاده، ه. و فاضل پور، خ.، ۱۳۹۵. برآورد تغییرات پارامترهای زیست محیطی در تنگه هرمز با استفاده از تصاویر ماهواره ای مودیس. اقیانوس شناسی، ۷(۱۱)، ۲۹-۳۹.

علیجانی، ب.، دوستکامیان، م.، اشرفی، س. و شاکری ف.، ۱۳۹۴. بررسی تغییرات الگوهای خودهمبستگی فضایی درون دهه ای بارش ایران طی نیم قرن اخیر. جغرافیا و امایش شهری-منطقه ای، ۵(۱۴): ۷۱-۸۸.

ندوشن موسوی، ر.، فاطمی، م.ر.، اسماعیلی ساری، ع. و وثوقی، غ.، ۱۳۸۷. تعیین وضعیت تروفی و پتانسیل تولید ماهی در دریاچه چغاخور، مجله فن آوری های نوین در توسعه آبزی پروری(شیلات) دانشگاه آزاد اسلامی آزادشهر ،۲(۲)، ۷۱-۷۵.

نصراله زاده ساروی، ح. و حسینی، س.ع.، ۱۳۸۳. بررسی میزان همبستگی تغییرات کلروفیل a و عامل شفافیت در حوضه جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران، ۱۳(۱): ۱۹۱-۲۰۰.

Braganza, K., Karoly, D.J. and Arblaster, J., 2004. Diurnal temperature ranges as an index of global climate change during the twentieth century. Geophysical Research Letters, 31(13): 1-4. DOI:10.1029/ 2004GL019998.

El Masri, B. and Rahman, A.F., 2008. Estimation of water quality parameters for Lake Kemp Texas derived from remotely sensed data. Available online at twri.tamu.edu/funding/usgs/2006-07/el-masri_manuscript.pdf.

Jolliffe, I.T. and Philipp, A., 2010. Some recent developments in cluster analysis. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 35(9): 309-315. DOI: 10.1016/ j.pce.2009.07.014.

Korshenko, A. N. and Gul, A.G., 2005. Pollution of the Caspian Sea. In: Kostianov, A.G. and, Kosarev A. N. (Ed.). The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry). Springer, pp. 109-142.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

Krishna, K.M., 2010. Variability of SeaWiFS-derived chlorophyll-*a* concentrations in waters off central east coast of India, 1998–2003. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 12: 101–109. DOI: 10.1016/j.jag.2009.12.001.

Mansor, B., Chun Knee, T., Ibrahim, H.M., and Sharif, A.R.M., 2001. Satellite Fish Forecasting IN South China Sea Proc.ACRS 2001. 22nd Asian Conference On Remote Sensing, 2: 887-892.

Zonn, I.S., 2005. Environmental Issues of the Caspian. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (Ed.). The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry). Springer, pp. 223-242.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]
[ ]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1398.28.1.19.0]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2019.118978]

Investigation of changes of spatial autocorrelation patterns of chlorophyll-*a* in Choghakhor International wetland using hot spots index (Gi *) and remote sensing

Pirali Zefrehei A.R.[1*]; Hedayati A.A.[1]; Pourmanafi S.[2]; Beyraghdar Kashkooli O.[2]; Ghorbani R.[1]

[*]ahmadreza.pirali@gmail.com

1- Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

Abstract

Water resources such as wetlands, in addition to their economic and social importance, are ecologically valuable sources of aquaculture production. Due to its effects on aquatic environments, necessity of monitoring and awareness of the spatial and temporal distribution of chlorophyll-*a* is important for environmental studies. In the new approach to such studies, application of spatial statistics has a special place. This study aims were to monitor the status of chlorophyll-*a* content in Choghakhor international wetland using spatial statistics and hot spots index based on remote sensing. For this purpose, satellite data of chlorophyll-*a* were prepared from Landsat 8 in 2017 and then analyzed using global and local spatial Moran of spatial statistics techniques. The results of global Moran showed strong correlation and data cluster distribution, which was the strongest in the spring and weakest attachment in the autumn. The results of local Moran showed a high number of high-dwarf clusters (levels of chlorophyll-*a)* in spring compared to autumn. This was more pronounced around the wetland, especially in the western and southern regions, which could be attributed to concentrated activities in these areas. Also, the impact and role of climatic and environmental factors around the wetland could be significant. Overall, the results of this study showed the efficiency of this statistic in identification of critical points and the appropriate separation based on the principles of spatial statistics and can serve as a model for other ecological parameters in other water resources.

Keywords: Chlorophyll-*a*, Moran test, Hot spots index, Choghakhor wetland, Spatial Autocorrelation

[*]Corresponding author