



Monitoring the dynamic changes of Miangaran wetland sub-basin using Google Earth Engine system

Heshmat Karami¹ , Zahra Sayadi^{*2}

Date of receive:
2023.01.27
Date of last review:
2023.05.10
Date of accept:
2023.06.25
Date of online publication:
2023.07.04

Extended Abstract

Introduction

Environmental changes are one of the most critical challenges to achieving sustainable development. Wetlands are part of the earth's structure and as one of the important ecosystems consisting of water, vegetation, soil and microorganisms. Monitoring, management and assistance in decision-making and policy-making of surface water changes can be done according to the availability of satellite data. The availability of Landsat data helps a lot in preparing a high-quality map to show the land surface changes. Although remote sensing is superior to traditional methods in terms of time, speed, and cost, these methods require the use of powerful and practical systems that include complex analysis. The use of data and images on the web is a solution that can be used to solve the mentioned problem, which studies can be done with high accuracy and speed without the need for a strong hardware and software system. The Google Earth Engine system creates suitable conditions for processing satellite images for environmental monitoring and analysis. The purpose of this research is to monitor the dynamic changes in the Miangaran wetland sub-basin in the period (2013-2022).

Materials & Methods

Miangaran wetland with an average area of 2500 hectares is located at a distance of one and a half kilometers from Izeh city, in the northeast of Khuzestan province. Time series analysis is one of the most common operations in remote sensing that helps to understand and model seasonal patterns as well as monitor changes. In this research, 421 images from the ee.ImageCollection ("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2") data set were used for the period from 2013 to 2022. The construction of a harmonic model was used in this research due to its flexibility in cyclic calculation with simple and repeatable forms. The normalized differential water index is an index for drawing and monitoring content changes in surface waters. Also, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is one of the most common remote sensing indices. Harmonic time series of water body and vegetation cover were extracted using NDWI and NDVI indices in Google Earth Engine platform, and Mann-Kendall's non-parametric test was performed using time series data output with XLSTAT extension in Excel software. Finally, global water data was used to confirm and complete the results of time series analysis. ... ► Page 162

Keywords:

Miangaran wetland sub-basin,
Google Earth Engine,
Harmonic time series analysis,
Man Kendall,
Global water occurrence data

1- (*Corresponding author) Senior expert in remote sensing and geographic information system (GIS), water and soil studies, faculty of human sciences, department of geography, Hormozgan University, heshmat0939@gmail.com

2- Senior expert in remote sensing and geographic information system (GIS), water and soil studies, faculty of human sciences, department of geography, Hormozgan University, sayadi.zahrah24@gmail.com

Results, discussion and conclusion

The results of the harmonic time series of the water body showed a decreasing and negative trend and more changes in the sub-basin. Kendall's statistical test confirmed the decreasing and negative trend of the water body. Accordingly, since the calculated p-value (<0.0001) is lower than the alpha significance level (0.05), the null hypothesis should be rejected and its alternative hypothesis, the existence of a trend in the time series, should be accepted. The value of Kendall's tau also confirmed a negative value (-0.245) and a decrease. Due to the negative sen's slope statistic for the water area (-0.002), changes are more in the Miangaran Wetland sub-basin. The results of the Mann-Kendall test for the observed vegetation data showed the absence of a trend in the harmonic time series. Since the calculated p-value (0.064) is higher than the significance level of alpha (0.05), the null hypothesis (absence of trend) cannot be rejected. The risk of rejecting the null hypothesis (while true) is 43.6%. Kendall's tau statistic showed a negative value (-0.060) and a non-significant decrease. Therefore, accepting the null hypothesis (absence of trend) indicates that vegetation changes in the harmonic time series were not significantly different from each other. Also, the negative sen's slope statistic for vegetation (-0.026) indicates more changes in the sub-basin of Miangaran Wetland. By comparing with the results and analysis of other researches, it seems that human intervention and change of land use can be the cause of the lack of trend in the Miangaran Wetland sub-basin. Also, according to the negative value of Man-Kendall's vegetation cover which showed a non-significant decreasing trend, it seems that climate change and drought have also played a major role in the changes under the Miangaran wetland basin. The study of the global water data also showed that the water occurrence in terms of space-time is decreasing and the intensity of the change of water occurrence is critical under the basin of Miangaran wetland. The marginal parts of Miangaran Wetland show seasonal water loss, most of these changes occur during the period. This research confirmed the use of harmonic time series in monitoring wetland dynamic changes. Finally, the

allocation of water rights, the establishment of laws and the determination of the limit of the ecological bed, and the use of Google Earth Engine capabilities to monitor environmental changes (use, temperature, precipitation, evaporation, etc.) of the Miangaran Wetland sub-basin were suggested.



پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین

حشمت کرمی^۱، زهرا صیادی^۲

<p>چکیده</p> <p>تغییرات محیطی، از بحرانی‌ترین چالش‌های دستیابی به توسعه پایدار هستند. نظارت، مدیریت و کمک در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری تغییرات آب‌های سطحی را با توجه به در دسترس بودن داده‌های ماهواره‌ای می‌توان انجام داد. سامانه‌ی گوگل ارث انجین شرایط مناسب پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای پایش و تحلیل محیطی را ایجاد می‌کند. هدف از این پژوهش، پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران در بازه زمانی (۲۰۲۲-۲۰۱۳) است. ساخت یک مدل هارمونیک به دلیل انعطاف‌پذیری آن در محاسبه چرخه‌ای با اشکال ساده و قابل تکرار در این پژوهش استفاده شد. سری زمانی هارمونیک پهنه‌ی آبی و پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های NDVI و NDWI در بستر گوگل ارث انجین استخراج شد و آزمون روند من‌کنندال برای آن‌ها در اکسل با افزونه XLSTAT محاسبه شد. درنهایت از داده‌های جهانی آب برای تأیید و تکمیل نتایج تحلیل سری زمانی بهره گرفته شد. نتایج سری زمانی هارمونیک پهنه آبی روند کاهشی و منفی و تغییرات بیشتر در زیر حوضه را نشان داد. برای داده‌های مشاهده‌شده پوشش گیاهی بیانگر عدم وجود روند در سری زمانی هارمونیک بود. در مقایسه با نتایج و تجزیه و تحلیل پژوهش‌های دیگر به نظر می‌رسد دخالت‌های انسانی و تغییر کاربری‌ها می‌تواند علت عدم روند در زیر حوضه تالاب میانگران باشد. همچنین تغییر اقلیم و خشکسالی سهم عمده‌ای در تغییرات زیر حوضه تالاب میانگران داشته است. بررسی داده‌های جهانی آب نیز نشان داد که وقوع آب از نظر مکانی- زمانی کاهشی و شدت تغییر وقوع آب در زیر حوضه‌ی تالاب میانگران بحرانی است. همچنین بیشترین تغییرات مربوط به حاشیه‌ی تالاب میانگران است. درنهایت تخصیص حق آبه، وضع قوانین و تعیین حد بستر محیط زیستی و استفاده از قابلیت‌های گوگل ارث انجین برای پایش تغییرات محیطی (کاربری، دما، بارش، تبخیر و...) زیر حوضه تالاب میانگران پیشنهاد شد.</p>	<p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۷</p> <p>تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۱۳</p> <p>واژه‌های کلیدی: زیر حوضه تالاب میانگران؛ گوگل ارث انجین؛ تحلیل سری زمانی هارمونیک؛ من‌کنندال؛ داده‌های جهانی وقوع آب</p>
---	--

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) گرایش مطالعات آب و خاک، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان
heshmat0939@gmail.com

۲- کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) گرایش مطالعات آب و خاک، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان
sayadi.zahrah24@gmail.com (نویسنده مسئول)

۱- مقدمه

تالاب منبع ارزشمندی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی و کنترل سیل است (Rundquist et al., 2001). تالاب‌ها بخشی از ساختار زمین هستند و یکی از اکوسیستم‌های مهم متشکل از آب، پوشش گیاهی، خاک و میکروارگانیسم‌ها محسوب می‌شوند (Mitsch and Gosselink 2007; Lee and Yeh 2009). ارزش‌های تالاب‌ها را می‌توان در سه گروه دسته‌بندی کرد: (۱) به‌عنوان بهبوددهنده کیفیت محیط‌زیست؛ (۲) زیستگاه حیات‌وحش و گیاهان؛ (۳) ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی (بهریزی راد و سپهرنیا، ۱۳۸۰). در حالی که داده‌های ماهواره‌ای در دسترس باشند، امکان نظارت، مدیریت و کمک در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری تغییرات آب‌های سطحی وجود دارد (Verpoorter et al., 2012). برای محاسبه‌ی این‌گونه تغییرات، می‌توان از تصاویر ماهواره‌ی لندست (TM) (Thematic Mapper) و (ETM+) (Enhanced Thematic Mapper) استفاده کرد (Pekel et al., 2016). در دسترس بودن داده‌های لندست به تهیه‌ی یک نقشه باکیفیت برای نشان دادن تغییرات سطح زمین بسیار کمک می‌کند (Dong et al., 2015).

(Emadi et al., 2010) روند تغییرات تالاب انزلی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد، تالاب انزلی طی دوره‌ی ده‌ساله دچار تخریب شده است. تغییر در سلامت و تراکم پوشش گیاهی می‌تواند تأثیرات چشمگیری بر اکوسیستم‌های جهان به‌ویژه اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک داشته باشد (Harris et al., 2014).

شاخص ماهواره‌ای NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش پوشش گیاهی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است (Tucker., 1979). این شاخص در پایش گیاهان بسیار مفید است (Tucker., 1979). از جمله اندازه‌گیری تغییرات سطح پوشش گیاهان، (Zhang et al., 2004) برای شناسایی تنش پوشش گیاهی (Lanfredi et al., 2015) و معیار عمومی برای بیان شرایط پوشش گیاهی و سلامت گیاه است (Shewangzaw, 2014).

(Rokni et al. 2014) با استفاده از تصاویر لندست (TM و ETM) تغییرات آب‌های دریاچه ارومیه را برای دوره‌ی ۲۰۱۳ - ۲۰۰۰ با استفاده از شاخص‌های مشتق شده از ماهواره از جمله شاخص تفاوت عادی آب (NDWI) و تفاوت نرمال‌شده شاخص گیاهی (NDVI) استخراج کردند. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای راهی مناسب برای یافتن روند تغییرات پدیده‌های طبیعی و انسانی و پیش‌بینی برای آینده است (هاشمی دره بادامی و همکاران، ۱۳۹۴). با وجود این‌که سنجش از راه دور نسبت به روش‌های سنتی در بحث زمان، سرعت و هزینه از برتری بالایی برخوردار هست، با این حال روش‌های مذکور نیازمند به‌کارگیری سامانه‌های قدرتمند و کاربردی است که تحلیل‌های پیچیده‌ای را شامل می‌شود (Deng & wu, 2012). استفاده از داده‌ها و تصاویر تحت وب راه‌حلی است که می‌توان به‌منظور رفع مشکل مذکور از آن استفاده کرد و مطالعات با دقت و سرعت بالا و بدون نیاز به سیستم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری قوی قابل انجام است (Hansen & Loveland, 2012). لزوم استفاده از روشی با حداقل هزینه و زمان و حداکثر دقت به دلیل افزایش تعداد داده‌ها وجود دارد. یکی از این روش‌ها استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ارائه‌شده در پایگاه اطلاعاتی گوگل ارث انجین است. این تصاویر فواید بسیار زیادی همچون قابلیت تکرار، پوشش بسیار وسیع، قدرت تفکیک مکانی زیاد و همچنین رایگان بودن را دارا هستند (potere; 2008). برخلاف داده‌های سنجش‌ازدور طیفی این داده‌ها رایگان و به‌سادگی توسط هر کاربری قابل دسترس هستند (liste; 2006).

خسروی و همکارانش (۱۳۹۹) برای بررسی تغییرات پهنه‌ی آبی با استفاده از شاخص‌های آبی و گوگل ارث انجین به مطالعه تالاب‌های شهرستان پلدختر استان لرستان پرداختند و توزیع فضایی و زمانی پهنه آبی تالاب‌ها را در ۳۳ سال اخیر ترسیم کردند. اعتبارسنجی نتایج به‌دست آمده از گوگل ارث انجین ماهواره لندست ۸۷ درصد صحت کلی و ضریب کاپای ۸۶٪ را نشان دادند. نتایج فوق نشان‌گر این هستند که شاخص‌های آب و گوگل ارث انجین ابزار

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین ... / ۱۶۵

گیاهی و آبی زیر حوضه تالاب میانگران به طور دقیق و سریع شناسایی شد. همچنین پژوهش‌های سنجش‌ازدوری انجام‌شده مربوط به پایش وضعیت تالاب میانگران مانند (دوستی و همکاران، ۱۳۹۵؛ بیرانوند و همکاران، ۱۳۹۳) با استفاده از روش‌های دستی و نرم‌افزار ENVI^۱ صورت گرفته است که نسبت به سامانه گوگل ارث انجین به زمان و مراحل پردازش بیشتری نیازمند است. تفاوت و نوآوری پژوهش حاضر در مقایسه با مقالات دیگر، علاوه بر روش کار و ابزار بررسی سری زمانی، استفاده از مجموعه داده‌های جهانی آب به‌عنوان مکمل پایش وضعیت پهنه‌ی آبی است. این مجموعه داده‌ها، اطلاعات دینامیک کلی آب در گام‌های زمانی ماهانه، تغییرات بین سالانه و درون سالانه، شدت تغییرات وقوع آب، رفتار آب سطحی (دائمی از فصلی در طول سال)، فراوانی، در دسترس بودن آب در طول دوره‌ی زمانی، تغییر فصلی آب بین اولین و آخرین سال دوره‌ی زمانی در محدوده‌ی زیر حوضه تالاب میانگران را نشان دادند. نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مستندات علمی تغییرات مکانی-زمانی پهنه‌ی آبی و پوشش گیاهی محدوده‌ی مورد مطالعه که نشان‌دهنده‌ی وضعیت اضطراری تالاب است مورد توجه مسئولین مربوطه قرار گیرد و راهنمای تصمیم‌گیری در این زمینه باشد.

۲- مواد و روش‌ها

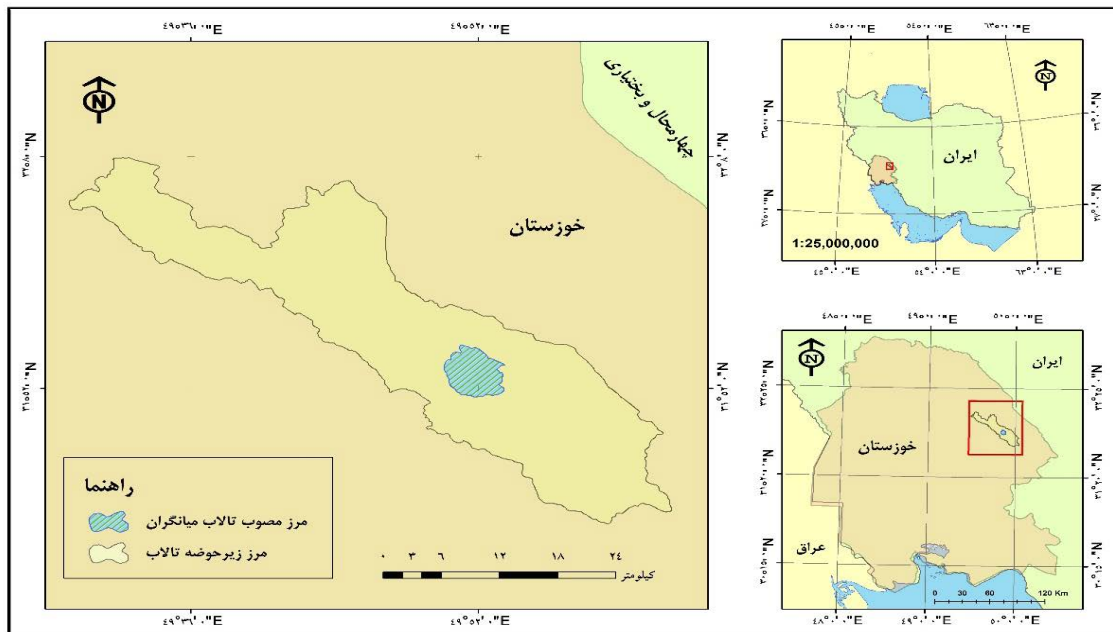
۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

تالاب میانگران با میانگین ۲۵۰۰ هکتار وسعت در فاصله یک و نیم کیلومتری از شهر ایذه، شمال‌شرقی استان خوزستان واقع شده است. وسعت این تالاب در فصول پرآب سال بیش از ۳۰۰۰ هکتار است و در سال‌های کم باران وسعت آن به کمتر از ۲۵۰۰ هکتار نیز می‌رسد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۹۷). زیر حوضه تالاب میانگران در ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۱ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۲ درجه

مفیدی برای شناسایی روند افزایشی و کاهش سطح آب تالاب‌ها محسوب می‌شوند.

(Amani et al., 2019) به‌منظور مطالعه‌ی تالاب‌های کشور کانادا از پردازش تصاویر لندست ۸ در سامانه گوگل ارث انجین بهره گرفتند. (Wang et al., 2020) تالاب‌های چین را با استفاده از سری زمانی لندست در سامانه‌ی گوگل ارث انجین به کمک شاخص‌های آب مطالعه کردند. با توجه به عواملی همچون وجود گردوغبارهای جوئی، ذرات معلق در هوا و گازها و به‌ویژه، حضور ابرها، پیوستگی زمانی داده‌های سنجش از راه دور ممکن است دستخوش تغییر شود (Ghafarian Malamiri et al., 2018) که این امر انرژی بازتاب یافته از سطح را برای سنجنده‌های اپتیکی با خطا مواجه می‌کند (زارع خورمیزی و همکاران، ۱۳۹۶). الگوریتم هارمونیک طی چند سال اخیر به‌منظور حذف داده‌های دورافتاده و یا بازسازی داده‌های از بین رفته بر اثر ابر در سری‌های زمانی تصاویر ماهواره‌ای، کاربرد گسترده‌ای داشته است و افرادی همچون غفاریان مالمیری و زارع خورمیزی (۱۳۹۶) (Zhou et al, 2015; Xu and shen, 2013) از این روش استفاده کرده‌اند. در پژوهش (Ashok, et al, 2021) از داده‌های کاوشگر جهانی آب‌های سطحی (GSWE) مرکز تحقیقات مشترک کمیسیون اروپا برای تحلیل تغییرات تالابی در هند و تأیید نتایج تغییرات پهنه‌ی آبی استفاده شده است.

هدف از این پژوهش توسعه و تحلیل و ثبت تغییرات زیر حوضه تالاب میانگران با استفاده از الگوریتم‌های سری زمانی لندست ۸ و استفاده از گوگل ارث انجین با توجه به شاخص‌های NDVI و NDWI است. برخی پژوهش‌های انجام‌شده در محدوده‌ی تالاب میانگران با روش‌های کیفی همچون مصاحبه یا بازدید میدانی صورت گرفته است مانند (کیان‌پور، حسین و همکاران، ۱۴۰۱)) که انجام این پژوهش‌ها نیازمند صرف زمان و هزینه‌ی زیاد بوده است. درحالی‌که در این پژوهش با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین بدون نیاز به تجهیزات پیشرفته و هزینه‌های بسیار بالا، تغییرات سری زمانی در دوره‌ی بلندمدت در پوشش



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

و پایش تغییرات محتوایی در آب‌های سطحی است (Esri, 2022). این شاخص برای: (۱) به حداکثر رساندن بازتاب آب با استفاده از طول موج‌های سبز طراحی شده است. (۲) بازتاب کم مادون قرمز نزدیک توسط ویژگی‌های آب را به حداقل می‌رساند؛ و (۳) از انعکاس بالایی مادون قرمز نزدیک توسط ویژگی‌های گیاهی و خاک استفاده می‌کند. در نتیجه، ویژگی‌های آبی دارای ارزش‌های مثبت هستند، در حالی که پوشش گیاهی و خاک معمولاً مقادیر صفر یا منفی دارند (McFeeters 1996; Xu, H. 2006). شاخص تفاوت نرمال شده آب (NDWI) به شدت با محتوای آب گیاه مرتبط است؛ بنابراین یک نماینده بسیار خوب برای تنش آبی گیاه به شمار می‌رود. این شاخص بسته به محتوای آب برگ و نوع پوشش گیاهی بین -۱ تا +۱ متغیر است. مقادیر بالای NDWI نشان‌دهنده محتوای بالای آب گیاهی و پوشش گیاهی زیاد است. مقادیر کم NDWI نشان‌دهنده محتوای کم آب گیاهی و پوشش گیاهی کم است. در دوره تنش آبی، NDWI کاهش می‌یابد (European Commission, 2011).

NDWI براساس بازتاب سطحی باندهای NIR و SWIR

و ۲ دقیقه‌ی عرض شمالی قرار دارد (نگاره ۱). حداکثر عمق تالاب میانگران در فصول پرآب تا ۳/۵ متر و عمق متوسط ۱/۷۵ متر برآورد شده است (اداره کل حفاظت محیط‌زیست خوزستان، ۱۳۷۴: ۲۸۱؛ ظفری، ۱۳۹۹). منبع اصلی تأمین آب تالاب بارندگی است که به صورت رواناب سطحی، جریان‌های اصلی رودی تالاب را تشکیل می‌دهد (خلاصه گزارش ارزیابی زیست‌محیطی، ۱۳۸۱؛ سپید نامه و همکاران، ۱۳۹۰). پوشش گیاهی این تالاب به‌طور کلی شامل انواع نی، لویی، جگن (چولان)، مرغ و گونه‌هایی نظیر شبدر، یونجه، مرغا و... است. از عوامل مهم محدودکننده زیستگاهی، آتش‌سوزی در فصول گرم سال، تخلیه وسیع فاضلاب شهر و کشتارگاه ایزه و ورود پساب کشاورزی حاوی کود و سموم شیمیایی به تالاب میانگران است (ظفری، ۱۳۹۹).

۲-۲- مواد و روش‌ها

۲-۲-۱- شاخص NDWI و NDVI

شاخص آب تفاضلی نرمال شده^۱، شاخصی برای ترسیم

-2Near - infrared

1- The Normalized Difference Water Index (NDWI)

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین ... / ۱۶۷

شدت نور منعکس شده در محدوده قرمز و مادون قرمز تقسیم بر مجموع این شدت‌ها است. کلروفیل (رنگدانه شاخص سلامتی) به شدت نور مرئی را جذب می‌کند و ساختار سلولی برگ‌ها به شدت نور مادون قرمز نزدیک را منعکس می‌کند. هنگامی که گیاه کم آب می‌شود، بیمار می‌شود و لایه اسفنجی خراب می‌شود و گیاه به جای بازتابش، نور مادون قرمز نزدیک را جذب می‌کند؛ بنابراین، مشاهده چگونگی تغییر NIR در مقایسه با نور قرمز، نشانه دقیقی از وجود کلروفیل که با سلامت گیاه مرتبط است، ارائه می‌کند. NDVI گیاهان که به طور منظم در طول دوره‌های زمانی محاسبه می‌شود می‌تواند اطلاعات زیادی را در مورد تغییرات در شرایط آن‌ها نشان دهد. (EOS DATA ANALYTICS. 2022)

۲-۲-۲- تجزیه و تحلیل سری زمانی

تحلیل سری زمانی یکی از رایج‌ترین عملیات‌ها در سنجش از دور است که به درک و مدل‌سازی الگوهای فصلی و همچنین نظارت بر تغییرات کمک می‌کند. گوگل ارث انجین به طور منحصربه‌فردی برای امکان استخراج سری‌های زمانی متراکم در دوره‌های زمانی طولانی مناسب است (Gandhi, 2020). داده‌های سری زمانی در Earth Engine به صورت مجموعه‌ای از تصاویر به نام "ImageCollection" نمایش داده می‌شوند (Campos, 2022). با توجه به ویژگی داده‌های لندست ۸ که دارای وضوح زمانی ۱۶ روزه است و همچنین شرایط جوی (مه، رطوبت زمین، پوشش ابر) که می‌تواند نتایج بصری را تغییر دهد، در این پژوهش از ۴۲۱ تصویر از مجموعه داده‌ی "LANDSAT/LC08/ee.ImageCollection(C02/T1_L2)" برای دوره زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۲ استفاده شد. از مفهوم برنامه‌نویسی JavaScript در محیط گوگل ارث انجین، داده‌ها به یکدیگر می‌پیوندند تا روابط زمانی بین بخش‌های مجموعه تعریف شود و توابع ساخت را برای کاهش زمان مورد مطالعه بسازد. یک سری زمانی آرایه‌ای از مقداری است که اندازه‌گیری می‌شود و به ترتیب زمانی

لندست ۸ محاسبه شده و توسط معادله NDWI به شکل رابطه (۱) است:

$$NDWI = \frac{Green(B3) - NIR(B5)}{Green(B3) + NIR(B5)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

مقادیر شاخص بیشتر از ۰/۵ معمولاً مربوط به آب است. پوشش گیاهی معمولاً با مقادیر بسیار کوچک‌تر و مناطق ساخته‌شده با مقادیر بین صفر تا ۰/۲ مطابقت دارد (EOS DATA ANALYTICS. 2022)

شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) احتمالاً یکی از رایج‌ترین شاخص‌های سنجش از راه دور است. کاربردهای عملی آن بسیار متنوع است، از جمله می‌توان استفاده از آن به عنوان شاخص خشکسالی و تخمین سلامت گیاه اشاره کرد. این شاخص سبزی‌نگی و تراکم پوشش گیاهی ثبت‌شده در یک تصویر ماهواره‌ای را اندازه‌گیری می‌کند. پوشش گیاهی سالم دارای منحنی بازتاب طیفی بسیار مشخصی است که با محاسبه تفاوت بین دو باند قرمز مرئی و مادون قرمز نزدیک به دست می‌آید. NDVI مقادیر را از ۱/۰- تا ۱/۰+ تعریف می‌کند که در آن مقادیر منفی عمدتاً از ابرها، آب و برف تشکیل می‌شوند و مقادیر نزدیک به صفر عمدتاً از سنگ‌ها و خاک لخت تشکیل می‌شوند. مقادیر بسیار کوچک (۰/۱ یا کمتر) تابع NDVI مربوط به مناطق خالی از سنگ، ماسه یا برف است. مقادیر متوسط (از ۰/۲ تا ۰/۳) نشان‌دهنده درختچه‌ها و علفزارها است، در حالی که مقادیر بزرگ (از ۰/۶ تا ۰/۸) جنگل‌های معتدل و گرمسیری را نشان می‌دهد. NDVI از تصاویر ماهواره‌ای مشتق شده و مطابق با رابطه (۲) محاسبه شد:

$$NDVI = \frac{NIR(B5) - Red(B4)}{NIR(B5) + Red(B4)} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه‌ی (۲)؛ NIR- نور منعکس شده در طیف مادون قرمز نزدیک و RED- نور منعکس شده در محدوده قرمز طیف را نشان می‌دهد. براساس این رابطه، تراکم پوشش گیاهی (NDVI) در یک نقطه مشخص از تصویر برابر با اختلاف

مرتب شده است (رابطه ۳):

$$pt = t0 + t1 \dots tN \quad \text{رابطه (۳)} \quad (\text{Campos. 2022})$$

در آن هر t مقدار داده شده در سری زمانی است (Campos. 2022).

مدل خطی رابطه (۴) برای تخمین روند خطی سری زمانی در نظر گرفته شده است:

$$pt = \beta_0 + \beta_1 t + e_t \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن یک خطای تصادفی e_t و مقادیر β_0 و β_1 از هر پیکسل تصویر ضرایب دو باندی به دست می آید. این مدل در کاهش روند داده ها و ایستایی در سری های زمانی مناسب است (Campos. 2022).

۲-۲-۳- سری زمانی هارمونیک

آزمون Mann-Kendall برای تعیین اینکه آیا یک سری زمانی روند صعودی یا نزولی یکنواخت دارد استفاده می شود. نیازی به توزیع معمولی یا خطی داده ها نیست. مستلزم این است که هیچ خودهمبستگی وجود نداشته باشد. فرض صفر برای این آزمون این است که هیچ روندی وجود ندارد و فرضیه جایگزین این است که در آزمون دوطرفه روند وجود دارد یا در آزمون یک طرفه روند صعودی (یا روند نزولی) وجود دارد. برای سری های زمانی x_1, \dots, x_n آزمون MK از آمار رابطه (۷) استفاده می کند:

در این پژوهش مدل خطی رابطه (۵) در نظر گرفته شد که e_t : خطای تصادفی، A : دامنه، ω : فرکانس و ϕ : فاز است:

$$p_t = \beta_0 + \beta_1 t + A \cos(2\pi \omega t - \phi) + e_t \quad \text{رابطه (۵)}$$

تجزیه تابع مورداستفاده به عناصر کسینوس و سینوسی جداگانه در رابطه (۶) نشان داده شده است:

$$p_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 \cos(2\pi \omega t) + \beta_3 \sin(2\pi \omega t) + e_t \quad \text{رابطه (۶)}$$

توجه داشته باشید که اگر $S > 0$ باشد، مشاهدات بعدی در سری های زمانی بزرگ تر از مشاهداتی هستند که در سری های زمانی زودتر ظاهر می شوند، درحالی که اگر $S < 0$ باشد، عکس آن صادق است. واریانس S از رابطه (۸) به دست می آید:

قابل توجه است که $\beta_2 = A \cos(\phi)$ و $\beta_3 = A \sin(\phi)$ همچنین $A = (\beta_2^2 + \beta_3^2)^{\frac{1}{2}}$ و $\phi = \text{atan}(\frac{\beta_3}{\beta_2})$. دلالت دارد. به عبارت ساده تر، منحنی های پیچیده تر به مجموعه ای از امواج کسینوس ساده شده با یک عبارت افزایشی شکسته شد. ساخت یک مدل هارمونیک به دلیل انعطاف پذیری آن در محاسبه چرخه ای با اشکال ساده و قابل تکرار در کاربردهای سنجش از دور استفاده می شود. اگر یک روند فصلی در داده ها وجود داشته باشد، ماهیت مرتب

$$\text{var} = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_t f_t(f_t-1)(2f_t+5) \right] \quad \text{رابطه (۸)}$$

جایی که t در مجموعه رتبه های همسو متفاوت است و f_t

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران با سامانه گوگل ارث انجین ... / ۱۶۹

نگاره (۲) سری زمانی هارمونیک پهنه‌ی آبی را برای دوره زمانی ۲۰۱۳ تا نوامبر ۲۰۲۲ نشان می‌دهد. همان‌طور که این نگاره نشان می‌دهد روند تغییرات پهنه‌ی آبی زیر حوضه در دوره زمانی مورد مطالعه کاهش و منفی است. نتایج بررسی بهتر توسط آزمون آماری من‌کندال روند کاهش و منفی پهنه آبی را مورد تأیید قرار داد. بر این اساس از آنجایی که p-value محاسبه شده (<0.0001) کمتر از سطح معنی‌داری آلفا (0.05) است، باید فرضیه صفر (عدم وجود روند در سری زمانی) را رد کرد و فرضیه جایگزین آن، وجود روند در سری زمانی را پذیرفت. خطر رد فرضیه صفر (درحالی که درست است) کمتر از 0.01% است. مقدار آماره من‌کندال (Kendall's tau) نیز مقدار منفی (-0.245) و کاهش را مورد تأیید قرار داد. جدول (۱) نتایج آزمون آماری من‌کندال را برای سری زمانی هارمونیک پهنه‌ی آبی و پوشش گیاهی نشان می‌دهد.

آماره Sen Slope یکی از قدرتمندترین روش‌های ناپارامتری برای برآورد روند خطی داده‌ها است و به‌طور گسترده‌ای در مباحث هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چنانچه مقادیر عددی موجود در متغیر مورد نظر عددی مثبت یا منفی را بیان کند، نشان‌دهنده بزرگی تغییرات در متغیر مورد نظر است. به این صورت که هر چه میزان این عدد، در محدوده اعداد بزرگ‌تر از صفر باشد، میزان تغییرات کمتر بوده و هر چه این میزان به مقادیر منفی نزدیک شود بیانگر تغییرات بیشتر است (امیری و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به منفی بودن آماره sen's slope برای پهنه آبی (-0.002) تغییرات در زیر حوضه تالاب میانگران بیشتر است.

در رابطه با بررسی تغییرات پهنه‌ی آبی، سالارپور (۱۳۹۶) تغییرات کاربری و پوشش اراضی و رتبه‌بندی عوامل تهدیدکننده تالاب میانگران را مورد بررسی قرار داد. نتایج روند کاهش پهنه‌ی آبی در دوره‌ی زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ را مورد تأیید قرار داد. این پژوهش همچنین نشان داد که خشکسالی به‌تنهایی باعث کاهش پهنه تالاب میانگران نشده است بلکه عوامل دیگری مانند تغییر کاربری‌های

تعداد دفعاتی است (یعنی فرکانس) که رتبه t ظاهر می‌شود. آزمون MK از آمار آزمون (۹) استفاده می‌کند:

$$z = \begin{cases} (S - 1)/se, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ (S + 1)/se, & S < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۹)}$$

جایی که $se =$ ریشه مربع واریانس! اگر روند یکنواخت وجود نداشته باشد (فرضیه صفر)، برای سری‌های زمانی با بیش از ۱۰ عنصر، $z \sim N(0, 1)$ ، یعنی z دارای توزیع نرمال استاندارد است (Charles, 2023). آزمون ناپارامتری من‌کندال در این پژوهش با استفاده از خروجی داده‌های سری زمانی هارمونیک پهنه‌های آبی و پوشش گیاهی در سامانه گوگل ارث انجین و با افزونه الحاقی XLSTAT در نرم‌افزار اکسل انجام شد.

۲-۲-۵- کاوشگر جهانی آب‌های سطحی (GSWE)

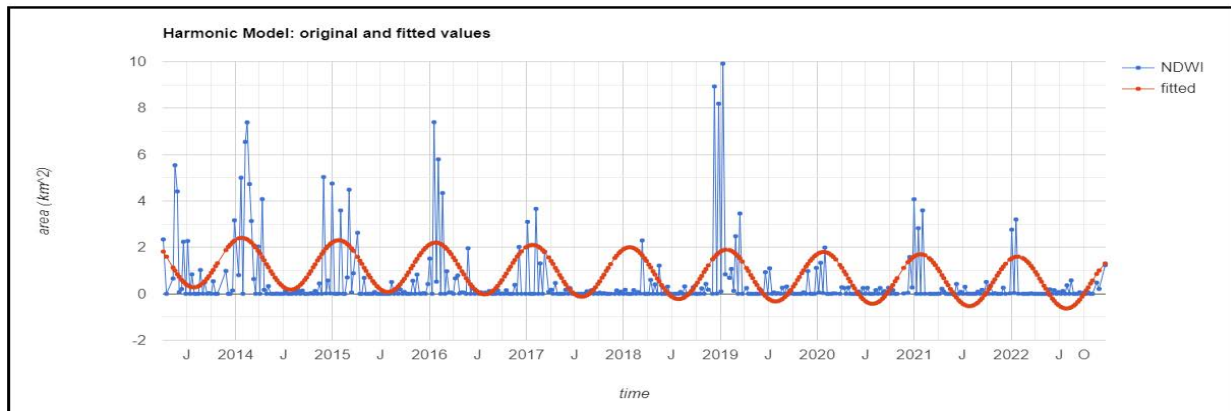
این مجموعه داده تحت برنامه کوپرنیک تولید شده و به‌صورت رایگان و بدون محدودیت استفاده، ارائه می‌شوند. مقاله‌ی مرجع معرفی و اطلاعات توصیفی و کاربردی این داده‌ها (Pekel et al., 2016) است. این مجموعه داده در سایت <https://global-surface-water.appspot.com/download> در دسترس و قابل دانلود است. همچنین طبق قوانین برنامه کوپرنیک برای استفاده از این محصولات به‌عنوان نقشه در پژوهش‌ها باید داده‌ها را به منبع 'Source: EC JRC2/7' در گوگل انتساب داد. در این پژوهش از مجموعه داده‌ی جهانی آب‌های سطحی (GSWE) برای بررسی دقیق‌تر پایش آب سطحی زیر حوضه تالاب میانگران استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش سری زمانی هارمونیک پهنه آبی با استفاده از شاخص‌های NDWI در سامانه گوگل ارث انجین ترسیم و تغییرات آن در زیر حوضه‌ی تالاب میانگران بررسی شد.

1- the square root of var

2- Joint Research Centre



نگاره ۲: سری زمانی هارمونیک و داده‌های مشاهده‌شده NDWI با استفاده از مجموعه تصاویر Landsat 8

جدول ۱: نتایج آزمون من‌کندال سری زمانی مدل هارمونیک شاخص NDWI و NDVI از مجموعه تصاویر Landsat 8

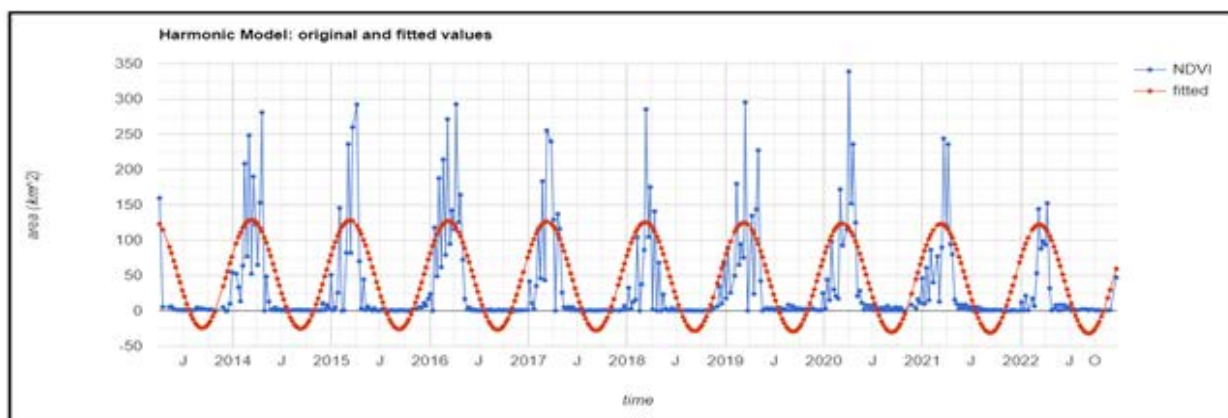
sen's slope	alpha	p-value(Two-tailed)	Kendall's tau	پارامتر
-0/002	0/05	< 0/0001	-0/245	مساحت پهنه آبی
-0/026	0/05	0/064	-0/060	مساحت پوشش گیاهی

اطراف تالاب و ورود فاضلاب شهری به تالاب نیز سهم قابل توجهی داشته‌اند. در نهایت بر اهمیت شناخت درست و دقیق روند تغییرات یک تالاب و عوامل تهدیدکننده آن تأکید شد. در رابطه با علل تغییرات زمانی وسعت آب تالاب میانگران پژوهش (بیرانوند و همکاران، ۱۳۹۳) با بررسی نوسان بارندگی در منطقه‌ی نیمه‌خشک تالاب نشان داد که در بازه‌های زمانی که میزان بارش کم شد از مساحت پهنه آبی تالاب کاسته شده است. همچنین در بازه زمانی ۱۳۸۴-۱۳۷۹ با افزایش میانگین سالیانه بارش، پهنه‌ی آبی نیز افزایش پیدا کرد. نتایج دیگر این پژوهش بیانگر ارتباط تغییر کاربری و پوشش زمین پیرامون دریاچه‌های میانگران و آب‌بندان با تغییر پهنه‌ی آبی این دو دریاچه بوده است و هرگاه در یک بازه زمانی مساحت پهنه آب کاهش یافته، مساحت زمین بایر و پوشش بوته‌زار افزایش پیدا کرده است. همچنین پژوهش (رشیدی، ۱۳۹۶) در رابطه با اثرات محیط زیستی تغییرات تالاب میانگران ایذه به این نتیجه رسید که در شرایط موجود که تالاب با حالت بحرانی ناشی از کمبود و کاهش آب محیط زیستی روبه‌رو است، با توجه

به نزدیکی سد و دریاچه کارون ۳ به تالاب، انتقال آب به محوطه‌ی تالاب می‌تواند نیاز آبی آن را به‌خوبی تأمین کند. تأمین نیاز آبی تالاب اثرات چشمگیری بر گیاهان و جانوران موجود در آن دارد. همچنین پرآبی تالاب می‌تواند باعث رونق اقتصادی، فرهنگی و تاریخی منطقه شود. با توجه به موارد مطرح‌شده چنانچه توجهی به این زیستگاه ارزشمند صورت نگیرد، در آینده‌ای نزدیک این اکوسیستم منحصربه‌فرد برای همیشه به خاطره‌ها خواهد پیوست. در این پژوهش تغییرات سری زمانی هارمونیک پوشش گیاهی با شاخص NDVI در سامانه گوگل ارث انجین پایش شد. نگاره (۳) نمودار سری زمانی هارمونیک پوشش گیاهی را برای دوره زمانی ۲۰۱۳ تا نوامبر ۲۰۲۲ نشان می‌دهد. نتایج آزمون من‌کندال برای داده‌های مشاهده‌شده در سری زمانی هارمونیک نشان داد از آنجایی که p-value محاسبه‌شده (0.064) بیشتر از سطح معنی‌داری آلفا (0.05) است، نمی‌توان فرضیه صفر (عدم وجود روند) را رد کرد. خطر رد فرضیه صفر (درحالی‌که درست است) 6.43% است. مقدار آماره من‌کندال (Kendall's tau) مقدار منفی (-0.060) و کاهش

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مجله)

پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین ... / ۱۷۱



نگاره ۳: سری زمانی هارمونیک و داده‌های مشاهده شده NDVI با استفاده از مجموعه تصاویر Landsat 8

بوده است درحالی‌که کاربری‌های نیزار، زمین‌های بایر و به‌خصوص کاربری شهری درصد تغییرات مثبتی داشته است که این موارد نیز می‌تواند به‌عنوان علل منفی بودن سری زمانی پوشش گیاهی در نظر گرفته شود. در پژوهشی دیگر سودانی و همکاران (۱۳۹۸) به مطالعه و بررسی تغییرات اقلیمی تالاب میانگران ایذه پرداختند که نتایج نشان داد که این تالاب در اقلیم خشک قرار گرفته و در دهه اخیر بر میزان گرما و خشکی منطقه افزوده شده است. شکری کوچک و بهینا (۱۳۹۲) برای دهه‌ی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ پیش‌بینی ۳۵/۵ ماه خشکسالی به‌طور متوسط برای کل استان خوزستان را کرده بود. با توجه به این‌که تالاب‌ها شاخص‌های تغییر اقلیم در یک منطقه هستند (مناف فر و همکاران، ۱۴۰۱) و مقدار آماره من‌کندال (-0.060) روند کاهشی غیر معنی‌داری را نشان داد به نظر می‌رسد تغییر اقلیم و خشکسالی نیز سهم عمده‌ای در تغییرات زیر حوضه تالاب میانگران داشته است. (میرا حسنی و همکاران، ۱۳۹۸) در پژوهشی به ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سری زمانی و آزمون من‌کندال در حوضه‌ی آبخیز گاوخونی پرداختند. نتایج نشان داد طی سال‌های مطالعه مناطق شمال، جنوب و غرب حوضه که دارای پوشش گیاهی و پتانسیل بالای تنوع گونه‌ای بوده‌اند و نیز مناطق با کاربری کشت آبی با روند کاهشی روبه‌رو هستند که نشان‌دهنده خطر وسیع در حوضه آبخیز گاوخونی است.

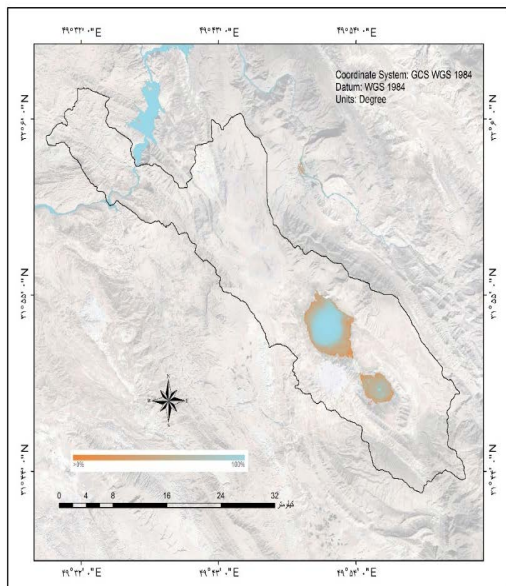
غیرمعنی‌دار را نشان داد. میزان P-Value و آماره کندال مشابه با یکدیگر عمل می‌کنند، به‌این‌صورت که بیشترین مقدار آماره کندال با بیشترین میزان P-Value و به‌طور بالعکس متناظر است (امیری و همکاران، ۱۴۰۰). بنابراین پذیرفته شدن فرض صفر (عدم وجود روند) بیانگر این است که تغییرات پوشش گیاهی در سری زمانی هارمونیک با همدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. همچنین منفی بودن آماره sen's slope برای پوشش گیاهی (-0.026) نشان‌دهنده تغییرات بیشتر در زیر حوضه تالاب میانگران است.

از دلایل عدم وجود روند در سری زمانی می‌توان به پژوهش (امیری و همکاران، ۱۴۰۰) اشاره کرد که نبود روند معنی‌دار در سری زمانی پهنه آبی را بیانگر تأثیر دخالت انسانی (کشاورزی، آتش‌سوزی و...) در زیر حوضه مورد مطالعه دانسته‌اند. پژوهش (سالارپور، ۱۳۹۶) تغییر کاربری‌های اطراف تالاب میانگران را مورد تأیید قرار داد. همچنین این پژوهش روند معنی‌دار کاهشی پارامتر بارش را برای دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ نشان داد. بر این اساس به نظر می‌رسد دخالت‌های انسانی و تغییر کاربری‌ها می‌تواند علت عدم روند در سری زمانی هارمونیک پوشش گیاهی در زیر حوضه تالاب میانگران باشد. (دوستی و همکاران، ۱۳۹۵) نیز در پژوهشی با بررسی تغییرات کاربری اراضی محدوده تالاب میانگران نشان دادند که در دوره‌ی زمانی ۱۹۹۱-۲۰۱۴ کاربری کشاورزی با درصد تغییرات منفی روبه‌رو

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (س)

پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین ... / ۱۷۳

نگاره (۷)، باز رخداد سالانه آب در طول سالهای ۱۹۸۴-۲۰۲۱ را برای زیر حوضه تالاب میانگران نشان می‌دهد. درصد پایین نمایانگر محدوده‌هایی است که سیلاب و آب‌گرفتگی در آنها از حالت سامانمند به دور است، به طوری که هر چه رنگ روشن‌تر باشد (درصد بیشتر)، منطقه آب‌گرفته و سیلابی بیشتر است. هم‌چنین در نگاره (۷) رنگ نارنجی نمایانگر مناطقی است که به صورت رویدادی سیلابی می‌شوند و رنگ آبی روشن، مناطقی که به طور مرتب سیلابی می‌شوند (قابل پیش‌بینی) را نشان می‌دهد (Global Surface Water, 2020). در بخش شمال‌غربی زیر حوضه‌ی تالاب میانگران (رودخانه کارون) و قسمت مرکزی محدوده‌ی تالاب جزء مناطقی هستند که به طور مرتب دچار سیلاب و آب‌گرفتگی می‌شوند و محدوده‌ی حاشیه‌ای تالاب میانگران جزء مناطقی است که به صورت رویدادی سیلابی می‌شود. پارامتر بازگشت سالانه آب وجود اثرات سیلاب و آب‌گرفتگی بر سطوح آبی زیر حوضه به‌ویژه بر محدوده‌ی تالاب میانگران را نشان داد.

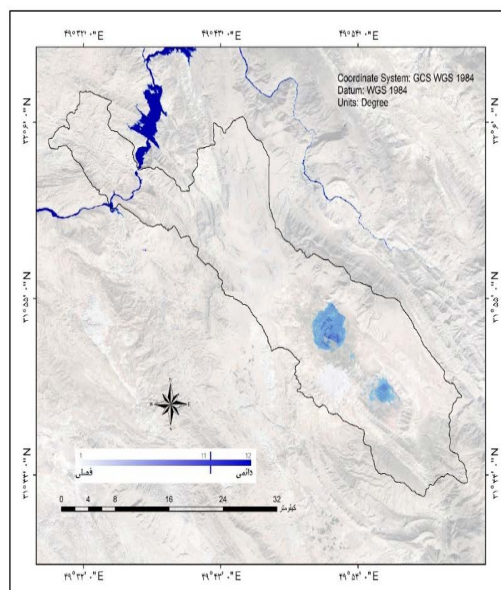


نگاره (۷): عود یا باز رخداد (بازگشت) سالانه آب

در دوره ۱۹۸۴-۲۰۲۱

۳-۱-۳- وقوع یا رخداد آب فصلی

این داده رفتار درون سالانه سطح آب (دائمی از فصلی در طول سال) را بررسی می‌کند (Global Surface Water, 2020). نگاره (۶) وقوع آب فصلی در زیر حوضه تالاب میانگران را نمایش می‌دهد. رنگ آبی تیره، افزایش فصلی در وقوع آب و رنگ آبی روشن، کاهش فصلی در مناطق آب دائمی را نشان می‌دهد (Global Surface Water, 2020). نواحی (به رنگ آبی روشن) در قسمت شمال‌غربی تالاب (مربوط به رودخانه کارون) نشان‌دهنده افزایش حجم آب فصلی و یا کاهش با شدت بارندگی بیشتر است. با این حال، بیشتر محدوده‌ی تالاب میانگران به‌ویژه قسمت‌های حاشیه نمایانگر از دست دادن آب فصلی است.



نگاره ۶: وقوع آب فصلی در دوره ۱۹۸۴-۲۰۲۱

۳-۱-۴- عود یا باز رخداد (بازگشت) سالانه آب

نقشه بازگشت سالانه آب، تنوع بین سالانه و فراوانی در دسترس بودن آب را در طول هر سال ثبت می‌کند (واحد درصد) (Global Surface Water, 2020).

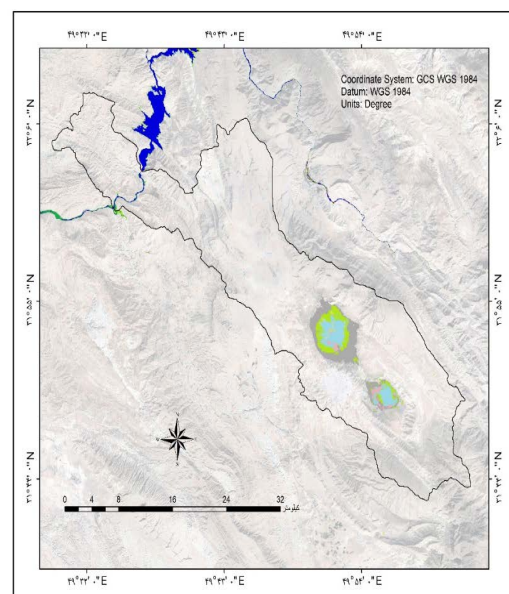
۳-۱-۵- نقشه‌های مرحله تغییر یا انتقال آب^۱

نقشه انتقال آب سطحی اطلاعاتی را در مورد رصد تغییر فصلی آب بین اولین و آخرین سال ارائه می‌کند (Andrew, 2020). نگاره (۸) تغییرات کلاس‌های آب سطحی (بدون آب، آب فصلی و دائمی) نقشه انتقال آب را نشان می‌دهد. مطابق با این نقشه انتقال‌های؛ سطوح آب دائمی بدون تغییر ۱/۰۱۹۲٪، سطوح آب دائمی جدید حدود ۰/۰۷۴۰٪ (تبدیل زمین به آب دائمی)، سطوح آب دائمی ازدست‌رفته حدود ۰/۰۰۰۵٪، سطوح آب فصلی بدون تغییر ۱/۱۸۶۶٪، سطوح آب فصلی جدید ۱/۵۰۶۱٪ (تبدیل زمین به آب فصلی)، سطوح آب فصلی ازدست‌رفته حدود ۰/۳۵۲۵٪ (تبدیل آب فصلی به خشکی)، تبدیل آب فصلی به آب دائمی حدود ۰/۰۰۱۷٪، تبدیل آب دائمی به آب فصلی حدود ۰/۰۸۵۶٪، آب دائمی زودگذر یا بی‌دوام حدود ۰/۰۰۳۷٪ و آب فصلی زودگذر یا بی‌دوام حدود ۲/۷۵۲۴٪ در زیر حوضه تالاب میانگران شناسایی شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، تغییرات فصلی زیر حوضه تالاب میانگران نمایانگر این مطلب است که بیشتر این تغییرات در طول دوره اتفاق می‌افتند. همچنین لزوم توجه به بهبود وضعیت زیر حوضه تالاب میانگران را مورد تأیید قرار داد.

۴- نتیجه‌گیری

تالاب میانگران از مهم‌ترین تالاب‌های کشور است که تحت عنوان پناهگاه حیات‌وحش میانگران به تأیید سازمان محیط‌زیست کشور رسیده است. در این پژوهش تغییرات دینامیک پهنه آبی و پوشش گیاهی زیر حوضه تالاب با استفاده از شاخص‌های NDWI و NDVI در سامانه گوگل ارث انجین پایش شد. نتایج سری زمانی هارمونیک پهنه آبی روند کاهشی و منفی و تغییرات بیشتر در زیر حوضه را نشان داد. نتایج آزمون من‌کندل برای داده‌های مشاهده‌شده پوشش گیاهی بیانگر عدم وجود روند در سری زمانی هارمونیک بود. به‌نظر می‌رسد دخالت‌های انسانی و تغییر کاربری‌ها می‌تواند علت عدم روند در زیر حوضه تالاب میانگران باشد. همچنین با توجه به مقدار منفی آماره من‌کندل پوشش گیاهی که روند کاهشی غیرمعنی‌داری را نشان داد به‌نظر می‌رسد تغییر اقلیم و خشکسالی نیز سهم عمده‌ای در تغییرات زیر حوضه تالاب میانگران داشته است. بررسی داده‌های جهانی آب نیز نشان داد که وقوع آب از نظر مکانی - زمانی کاهشی و شدت تغییر وقوع آب در زیر حوضه تالاب میانگران بحرانی است. قسمت‌های حاشیه تالاب میانگران نمایانگر از دست دادن آب فصلی است که بیشتر این تغییرات در طول دوره اتفاق می‌افتند.

این پژوهش استفاده از سری‌های زمانی هارمونیک در پایش تغییرات دینامیک تالاب را تأیید کرد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش تخصیص حق‌آبه به تالاب با توجه به نزدیکی این زیر حوضه به دریاچه‌ی سد کارون ۳؛ وضع قوانین و تعیین حد بستر محیط زیستی و استفاده از قابلیت‌های گوگل ارث انجین برای پایش تغییرات محیطی (کاربری، دما، بارش، تبخیر و...) زیر حوضه تالاب میانگران پیشنهاد می‌شود.



نگاره ۸: کلاس انتقال آب بر روی زیر حوضه تالاب میانگران

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین ... / ۱۷۵

منابع و مآخذ

- ۱- اداره کل حفاظت محیط‌زیست خوزستان (۱۳۷۴). طرح مطالعاتی شناخت و احیای محیط‌زیست طبیعی استان، پروژه گونه‌های نادر جانوری و گیاهی، ص ۲۸۱.
- ۲- امیری، سید کابلی، محمودی کهن؛ خدیجه، حسام، فرهاد، ۱۴۰۰، مطالعه و پایش تغییرات سطح آب و تأثیر آن بر دمای سطح تالاب با استفاده از شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI (مطالعه موردی: تالاب‌های شادگان و هورالعظیم)، <https://civilica.com/doc/1420614>.
- ۳- بهروزی‌راد، سپهرنیا؛ بهروز، شهرام (۱۳۹۰). اهمیت و نقش تالاب بند علی‌خان در حفاظت از پرندگان آبی و کنار آبی. فصلنامه علمی محیط‌زیست، شماره ۳.
- ۴- بیرانوند، احمدنژاد، بوسلیک، کشاورزی (۱۳۹۳). آشکارسازی تغییرات دریاچه‌های میانگران و آب‌بندان خوزستان در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۳۶۸. پژوهش‌های دانش زمین، ۵(۴)، ۶۱-۴۵.
- ۵- خسروی، رضا و همکارانش (۱۳۹۹). بررسی پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص‌های آبی و گوگل ارث انجین (مطالعه موردی: تالاب‌های شهرستان پلدختر استان لرستان) اکو هیدرولوژی دوره ۷، شماره ۱۰، ص ۱۴۶-۱۳۱.
- ۶- خلاصه گزارش ارزیابی زیست‌محیطی (۱۳۸۱). پروژه تأمین آب کشاورزی اراضی مجاور تالاب میانگران، سازمان حفاظت محیط‌زیست خوزستان.
- ۷- دوستی، رنگزن، ساکی؛ رحمن، کاظم، عادل (۱۳۹۵)، بررسی تغییرات زیست‌محیطی تالاب میانگیران با استفاده از سنجش از دور، نهمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، تهران، <https://civilica.com/doc/582958>.
- ۸- رشیدی، مریم ۱۳۹۶، اثرات زیست‌محیطی تغییرات تالاب میانگران ایذه، چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، تهران، <https://civilica.com/doc/589951>.
- ۹- زارع خورمیزی، ه. غفاریان المیری، ح. ۱۳۹۶، پایش خشکسالی و تأثیر آن بر پوشش گیاهی با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور (بررسی موردی: استان یزد، سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۴) مدیریت بیابان، دوره ۵، شماره ۱۰، صص ۶۸-۸۶.
- ۱۰- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۹۷). صفحه اصلی / دسته‌های گالری تصاویر / زمین‌گردشگری (ژئوتوریسم) استان خوزستان / تالاب میانگیران ایذه. <https://gsi.ir/ahwaz/fa/album/32/>
- ۱۱- سالارپور، رقیه (۱۳۹۶). عنوان پایان‌نامه؛ ارزیابی زیستگاه پرندگان مهاجر تالاب میانگران. استاد راهنما؛ ملکیان، منصوره، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی.
- ۱۲- سپیدنامه، زهرا و همکاران (۱۳۹۰). جامعه پرندگان آبی و کنار آبی تالاب میانگران ایذه، استان خوزستان، همایش ملی جنگل‌های زاگرس مرکزی، قابلیت‌ها و تنگناها، دوره برگزاری: ۱.
- ۱۳- سودانی، الهایی سحر، رضایی سولگانی، حلفی؛ علیرضا، مصطفی، یاسین، علی، ۱۳۹۸، مطالعه و بررسی تغییرات اقلیمی تالاب میانگران ایذه با استفاده از تکنیک‌های ...، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط‌زیست و منابع طبیعی، تهران، <https://civilica.com/doc/934017>
- ۱۴- شگری کوچک، بهینا؛ سعید، عبدالکریم. پایش و پیش‌بینی خشکسالی استان خوزستان با استفاده از شاخص خشکسالی SPI و زنجیره مارکوف. نشریه: علوم مهندسی و آبیاری (مجله علمی کشاورزی) سال: ۱۳۹۲، دوره: ۳۶، شماره: ۳ صفحات: ۱-۱۲.
- ۱۵- ظفری، غلامحسین (۱۳۹۹). تالاب‌های استان خوزستان، تالاب میانگران. وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر انتشارات و فناوری آموزشی. <https://www.roshdmag.ir/fa/article/24546> تالاب‌های استان خوزستان.
- ۱۶- غفاریان المیری، ح. زارع خورمیزی، ه. ۱۳۹۶، بازسازی سری‌های زمانی داده‌های ماهواره‌ای دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم تجزیه و تحلیل هارمونیک سری‌های

Time Series Modeling, Linear modeling of time. <https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/time-series-modeling>.

26- Campos, Ozzy. 2022. Google Earth Engine, Time Series Modeling, Estimate seasonality with a harmonic model. <https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/time-series-modeling>.

27- Charles, Zaiontz. 2023. REAL STATISTICS USING EXCEL, Mann-Kendall Test, Basic Concepts. <https://www.real-statistics.com/time-series-analysis/time-series-miscellaneous/mann-kendall-test/>.

28- Deng, C., & Wu, C. (2012). BCI: A biophysical composition index for remote sensing of urban environments. *Remote Sensing of Environment*, 127, 247-259.

29- Dong, J., Xiao, X., Kou, W., Qin, Y., Zhang, G., Li, L., Jin, C., Zhou, Y., Wang, J., Biradar, C., 2015. Tracking the dynamics of paddy rice planting area in 1986–2010 through time series Landsat images and phenology-based algorithms. *Rem. Sens. Environ.* 160, 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.01.004>.

30- Emadi, M., et al., An approach for land suitability evaluation using geostatistics, remote sensing, and geographic information system in arid and semiarid ecosystems. *Environmental monitoring and assessment*, 2010. 164(1-4): p. 501-511.

31- EOS DATA ANALYTICS. 2022. Make an Analysis, NDVI: Normalized Difference Vegetation Index. <https://eos.com/make-an-analysis/ndvi/>.

32- EOS DATA ANALYTICS. 2022. Make an Analysis, Normalized Difference Water Index. <https://eos.com/make-an-analysis/ndwi/>.

33- Esri, 2022. ArcGIS Pro, Python/ Image Analysis module/ Functions/ Band Indices. NDWI, Discussion. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/ndwi.htm>.

34- European Commission. NDWI: Normalized Difference Water Index. 2011. Version 1. DESERT Action - LMNH Unit. Accessed March 13, 2019. Available at: http://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/factsheets/factsheet_ndwi.pdf.

35- Gandhi, Ujaval. 2020. Spatial Thoughts. Extracting

زمانی، سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۸، شماره ۳، صص ۳۷-۵۵.

۱۷- کیان‌پور، دشتی، بهباش؛ حسین، سولماز، روشنا. ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم تالاب میانگرن. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۱۴۰۱؛ ۹(۱): ۴۱-۵۶.

۱۸- مناف‌فر، جباری، فیضی، زینال‌زاده، مرادخانی. (۲۰۲۲). بررسی تغییرات پوشش گیاهی و آب تالاب کانی‌برازان با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ طی ۲۰۱۶-۲۰۱۳. نشریه علمی بوم‌شناسی آبریان، ۱۲(۱)، ۱۷-۲۶.

۱۹- میراحسنی، سلمان ماهینی، سفیانیان، محمدی، مدرس، جعفری، پورمناف؛ مرضیه سادات، عبدالرسول، علیرضا، جهانگیر، رضا، سعید. ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سری زمانی و آزمون من-کندال در حوضه آبخیز گاوخونی. محیط‌شناسی، دوره ۴۵، شماره ۱، بهار، ۱۳۹۸، صفحه ۹.

۲۰- هاشمی دره بادامی س. نورایی صفت، ا. کریمی، س؛ و نظری، س. ۱۳۹۴. تحلیل روند توسعه جزیره حرارتی شهری در رابطه با تغییر کاربری اراضی/پوشش با استفاده از سری زمانی تصاویر لندست. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. ۶۳: (۱۵-۲۸).

21- Amani, M., Salehi, B., Mahdavi, S., & Brisco, B. (2018). Spectral analysis of wetlands using multisource multisource optical satellite imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 144, 119-136.

22- Andrew, Cottam. 2020. Global Surface Water Transitions (EC Joint Research Centre/Google). <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=d9ba7767bede4d28be28e5658a864642>.

23-Ashok, A., Rani, H. P., & Jayakumar, K. V. (2021). Monitoring of Dynamic Wetland Changes using NDVI and NDWI based Landsat Imagery. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 100547.

24- Campos, Ozzy. 2022. Google Earth Engine, Time Series Modeling, Multi-temporal data in Earth Engine. <https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/time-series-modeling>.

25- Campos, Ozzy. 2022. Google Earth Engine,

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سفر)

پایش تغییرات دینامیک زیر حوضه تالاب میانگران با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین ... / ۱۷۷

ecoleng.2008.01.007.

47- Lisle, R.J. 2006. Google Earth: a new geological resource. *Geology today*, 22(1): 29-32.

48- Mann H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13: 245-259.

49- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.

50- Mitsch, W.J., Gosselink, J.G., 2007. *Wetlands Ecosystems*, fourth ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.

51- Pekel, J.F., Cottam, A., Gorelick, N., Belward, A.S., 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 540 (7633), 418-422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>.

52- Potere, D. 2008. Horizontal positional accuracy of Google Earth's highresolution imagery archive. *Sensors*, 8: 7973-7981.

53- Rokni, K., Ahmad, A., Selamat, A., Hazini, S., 2014. Water feature extraction and change detection using multitemporal Landsat imagery. *Rem. Sens.* 6 (5), 4173-4189. <https://doi.org/10.3390/rs6054173>.

54- Rundquist, D.C., Narumalani, S., Narayanan, R.M., 2001. A review of wetlands remote sensing and defining new considerations. *Rem. Sens.* 20, 207-226. <https://doi.org/10.1080/02757250109532435>.

55- Shewangzaw, M. 2014. Vegetation dynamics analysis using normalized differences vegetation index as indicator of restoration or degradation, south wollo zone, northern ethiopia (Doctoral dissertation).

56- Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Rem. Sens. Environ.* 8 (2), 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).

57- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8: 127-150.

58- Verpoorter, T., Kutser, T., Tranvik, L., 2012. Automated mapping of water bodies using Landsat multispectral data. *Limnol Oceanogr. Methods* 10, 1037-1050. <https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.1037>.

Time Series using Google Earth Engine. <https://spatialthoughts.com/2020/04/13/extracting-time-series-ee/>.

36- Ghafarian Malamiri, H.R., Rousta, I., Oiafsson, H., Zare, H. & Zhang, H, 2018, Gap-filling of MODIS Time Series Land surface temperature (LST) Products Using Singular spectrum Analysis (SSA), *Atmospheric*. 9(9), p.334.

37- Global Surface Water. 2020. EXPLORE. Identification. Water occurrence(1984-2021). <https://global-surface-water.appspot.com/map>.

38- Global Surface Water. 2020. EXPLORE. Identification. Water occurrence change intensity(1984-1999 to 2000-2021). <https://global-surface-water.appspot.com/map>.

39- Global Surface Water. 2020. EXPLORE. Identification. water seasonality (2021). <https://global-surface-water.appspot.com/map>.

40- Hansen, M. C., & Loveland, T. R. (2012). A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 122, 66-74.

41- Harris, A., Carr, A.S. and Dash, J. 2014. Remote sensing of vegetation cover dynamics and resilience across southern Africa. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28: 131-139.

42- Hirsch, R. M., & Slack, J. R. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water resources research*, 20(6), 727-732.

43- Jean-Francois Pekel, Andrew Cottam, Noel Gorelick, Alan S. Belward, High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 540, 418-422 (2016). (doi:10.1038/nature20584).

44- Kendall M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.

45- Lanfredi, M., Coppola, R., Simoniello, T., Coluzzi, R., Imbrenda, V. and Macchiato, M. 2015. Early identification of land degradation hotspots in complex bio-geographic regions. *Remote Sensing*, 7(6): 8154-8179.

46- Lee, T., Yeh, H., 2009. Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: a case study of Danshui river estuary mangrove communities, Taiwan. *Ecol. Eng.* 35, 487-496. <https://doi.org/10.1016/j>

59- Wang, X., Xiao, X., Zou, Z., Hou, L., Qin, Y., Dong, J., . . . Chen, Y. (2020). Mapping coastal wetlands of China using time series Landsat images in 2018 and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 163, 312-326.

60- XLSTAT, 2023. MANN-KENDALL TREND TESTS, Mann-Kendall test history. <https://www.xlstat.com/en/solutions/features/mann-kendall-trend-tests>.

61- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033.

62- Xu, Y. & Shen, Y., 2013, Reconstruction of the Land Surface Temperature Time Series Using Harmonic Analysis, *Computers and Geosciences*, 61, pp.126-132.

63- Zhang, X., Friedl, M.A., Schaaf, C.B. and Strahler, A.H. 2004. Climate controls on vegetation phenological patterns in northern mid and high latitudes inferred from MODIS data. *Global change biology*, 10(7): 1133-1145.

64- Zhou, J., Jia, L. & Menenti, M., 2015, Reconstruction of Global MODIS NDVI Time Series: Performance of Harmonic Analysis of Time Series (HANTS), *Remote Sensing of Environment*, 163(15), pp. 217-228.

COPYRIGHTS

©2024 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons [Attribution-NoDerivs 3.0 Unported \(CC BY-ND 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/)

