





Investigating the level of stability of the water zone of Hamon wetlands using sensor images GEE in MODIS

Fartout Enayat, M.¹  | Mohammad pour, K.²  | Abdullahi, A. A.³  | Jaddi, B.⁴ 

1. Corresponding Author, Master in Environmental Hazards, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran. E-mail: enayat7258@gmail.com

2. Ph.D. in Climatology, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: kourosh.mohammadpour@yahoo.com

3. Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran. E-mail: aliabdollahi@uk.ac.ir

4. Master in Information and Communication Technology (IT), Payame Noor University, Tehran, Iran. E-mail: bj_bita@yahoo.com

(Received: 28 Jan 2023, Revised: 1 Mar 2023, Accepted: 6 Mar 2023, Published online: 6 Mar 2023)

Abstract

International Hamoon wetland has played an important role in social, economic, security, political and environmental activities in southeastern Iran as the 12th residential wetland. This wetland is composed of three wetlands of Hamon Pozk, Saberi and Human, which has been accompanied by a lot of blue fluctuations over the last two decades. In this research, using the Google System inheritance of the Engine and the NDWI Index of Madis Sensor and its verification with Landsat and Satinel satellite imagery 2, the state of blue fluctuations of Hamoon triple wetlands with 1032 images in 2000 to 2022 was investigated. The results show that the Hamoon wetland has had the most unstable water conditions compared to two other wetlands, and an average of 31.5 square kilometers, equivalent to 1.3% of its total area in the study period was in dewatering. In other words, 98.8% of its area is dry and alternately 226 months of 18.8 years was completely dry. The maximum water area of this wetland was 7.3% of its total area during this period of 183 square kilometers. Also, the Hamon wetland with the average of 243.7 square kilometers of 243.7 square kilometers equivalent to 15.6% of the total area of the wetland in the study period has been the most stable blue conditions, and in this period 194 months, 16.2 years has been alternately watered. Is. Also, the highest area of the wetland was recorded at 797 square kilometers of 51.1% of its total area in 2020. This dewatering level in the dried area of northern Sistan and Baluchestan, which is 50 mm aggregates, can be an important source of water supply.

Keywords: Hamoon wetland, satellite imagery, environmental, water, economy & security

Cite this article: Fartout Enayat, M., Mohammadpour, K., Abdullahi, A. A., Jaddi, B. (2022). Investigating the level of stability of the water zone of Hamon wetlands using sensor images GEE in MODIS. Nivar, Vol. 46, No. 118-119. 130-143. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2023.383507.1236>



بررسی میزان تاب آوری پهنه آبی تالاب‌های هامون با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس

محمد فرتوت عنایت^۱ | کورش محمدپور^۲ | علی اصغر عبداللہی^۳ | بیتا جدی^۴

۱- کارشناس ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران. رایانامه: enayat7258@gmail.com

۲- دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران. رایانامه: kourosh.mohammadpour@yahoo.com

۳- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران. رایانامه: aliabdollahi@uk.ac.ir

۴- کارشناس ارشد فناوری اطلاعات و ارتباطات (IT)، دانشگاه پیام نور تهران، ایران. رایانامه: bj_bita@yahoo.com

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸، بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰، پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵، انتشار آنلاین: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵)

چکیده

تالاب بین المللی هامون به عنوان دوازدهمین ذخیره گاه زیست کره مسکون ایران نقش مهمی در فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی، امنیتی، سیاسی و زیست محیطی جنوب شرق ایران دارد. این تالاب از سه تالاب هامون پوزک، صابری و هیرمند تشکیل شده که در دو دهه اخیر با نوسانات آبی زیادی همراه بوده اند. در پژوهش حاضر با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین و شاخص NDWI سنجنده مادیس و راستی آزمایی آن با تصاویر ماهواره‌های لندست و سنتینل ۲ وضعیت نوسانات آبی تالاب‌های سه گانه هامون با تحلیل ۱۰۳۲ تصویر در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد تالاب هامون «هیرمند» ناپایدارترین شرایط آبی را نسبت به دو تالاب دیگر داشته و به طور میانگین میزان ۳۱.۵ کیلومتر مربع معادل ۱.۳ درصد از مساحت کل آن در دوره مورد مطالعه در حالت آبگیری بوده است. به عبارتی در این مدت ۹۸.۸ درصد مساحت آن خشک و به طور متناوب ۲۲۶ ماه معادل ۱۸۸ سال به صورت کامل خشک بوده است. بیشینه مساحت آبگیری این تالاب نیز در این مدت ۱۸۳ کیلومتر مربع معادل ۷.۳ درصد از کل مساحت آن بوده است. همچنین تالاب هامون «صابری» با میانگین بیشینه مساحت آبگیری ۲۴۳.۷ کیلومتر مربع معادل ۱۵.۶ درصد از کل مساحت این تالاب در دوره مورد مطالعه، پایدارترین شرایط آبی را داشته است و در این دوره ۱۹۴ ماه معادل ۱۶.۲ سال به صورت متناوب دارای آب بوده است. همچنین بیشترین مساحت تحت آبگیری این تالاب با میزان ۷۹۷ کیلومتر مربع معادل ۵۱.۱ درصد کل مساحت آن در سال ۲۰۲۰ ثبت شده است. این سطح آبگیری در منطقه خشک شمال سیستان و بلوچستان که میانگین بارندگی در آن ۵۰ میلی متر است، می تواند منبع مهمی برای تامین آب بخش‌های مختلف لحاظ شود.

کلمات کلیدی: تالاب هامون، مادیس، ماهواره، محیط زیست، آب، اقتصاد و امنیت.

۱. مقدمه

شدت ناپایدار شده و یک بحران زیست محیطی در منطقه ایجاد کرده است. در چند سال گذشته تالاب‌های هامون نوسانات آبی گسترده ای را تجربه کرده‌اند به نحوی که در یک دوره متوالی هفت ساله با خشکسالی مواجه بوده و در یک دوره نیز با سیل‌های مخرب که سبب ویرانی شده است، درگیر شده‌اند. این نوسانات به دلایل مختلف روی داده است، از یک سو به دلیل ترسالی‌های فرا نرمال و بارش‌های سیل آسا در حوضه آبریز این تالاب و از سوی دیگر کاهش بارندگی،

هامون هفتمین تالاب بین المللی جهان و بزرگترین دریاچه آب شیرین ایران است که از به هم پیوستن سه تالاب هامون پوزک، صابری و هیرمند تشکیل شده است. این پهنه آبی به دلایل مختلف از جمله شرایط اقلیمی و کاهش بارندگی، سد سازی‌های متعدد بر روی رودخانه هیرمند (رودخانه اصلی منتهی به هامون) و عدم پایداری افغانستان به رعایت معاهده تقسیم آب این رودخانه و بی ثباتی سیاسی افغانستان و... به

استناد: فرتوت عنایت، محمد، محمدپور، کورش، عبداللہی، علی اصغر، & جدی، بیتا. (۱۴۰۱). بررسی میزان تاب آوری پهنه آبی تالاب‌های هامون با استفاده از تصاویر سنجنده GEE در MODIS. مجله نیوار، دوره ۴۶، شماره ۱۱۸-۱۱۹، ۱۳۰-۱۴۳. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2023.383507.1236>



تالاب به سه مرحله مرطوب در فاصله سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰، مرحله تحلیل یا کاهش از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و مرحله بهبود از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ تقسیم بندی می‌شود.

اوریمولوی و همکاران با استفاده از شاخص NDWI تغییرات دینامیک تالاب ایسیمانگالیسو (IW) در استان کوازولو-ناتال آفریقای جنوبی را بررسی کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد وسعت تالاب در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷، به ترتیب ۶۵۵.۴۱۶ کیلومتر مربع و ۴۲۹.۴۸۹ کیلومتر مربع بوده است که بیانگر آن است که IW در طول دوره مورد مطالعه در منطقه شاهد تغییرات قابل توجهی بوده است. همچنین مشخص شد که سایر ویژگی‌های زمین یعنی پوشش گیاهی، سطح زمین، سطح سنگی و... در سطح منطقه از ۲۱۴۹.۹۱۱ کیلومتر مربع به ترتیب در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ به ۲۳۷۵.۸۳۸ کیلومتر مربع افزایش یافته است.

جوادی و همکاران با استفاده از شاخص‌های آشکار سازی سطح پهنه‌های آبی، سری زمانی نوسانات آبی تالاب زیربار استان کردستان را بررسی کردند. آنها برای این منظور از تصاویر ماهواره لندست در دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ استفاده نمودند که نتایج نشان داد شاخص‌های MNDWI و AWEI و SWI در مقایسه با روش مینا با مقادیر همبستگی به ترتیب معادل ۰/۷۶، ۰/۷۴ و ۰/۷۴، RMSE به ترتیب برای هر شاخص معادل ۱۰۸/۸۰، ۱۱۱/۳۰ و ۱۱۳/۸۰ هکتار و همچنین مقادیر خطای MAE معادل ۸۴/۶۳، ۹۴/۲۸ و ۸۷/۳۰ هکتار، بهترین شاخص‌ها در تعیین مساحت تالاب هستند.

خسروی و همکاران در مقاله‌ای با عنوان «بررسی پهنه‌های آبی با استفاده از شاخص‌های آبی گوگل ارث انجین (مطالعه موردی: تالاب‌های شهرستان پلدختر، استان لرستان)» با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و بهره‌گیری از ۷ شاخص آشکار سازی پهنه‌های آبی وضعیت آبی این تالاب‌ها را در یک دوره ۳۳ ساله بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که دو شاخص AWEInsh و AWEIsh با صحت کلی ۹۹/۳۹ و ۹۹/۱۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۴ و ۰/۹۱ بهترین شاخص‌ها برای آشکار سازی پهنه‌های آبی هستند.

سعیده ملکی و همکاران با استفاده از داده‌های OLI ماهواره

سیاست‌های کنترل آب افغانستان و ویژگی‌های طبیعی منطقه منجر به این تغییرات پی در پی شده است.

وزش بادهای ۱۲۰ روزه در فصل گرم سال نیز موجب افزایش میزان تبخیر از آب‌های سطحی هامون شده و بر افزایش ناپایداری شرایط آبی آن افزوده است. با این همه تالاب‌های هامون یک ظرفیت اقتصادی-اجتماعی مهم است که در زمان پر آبی برای ۴۰.۸ درصد مردم شمال سیستان و بلوچستان فرصت شغلی ایجاد می‌کند اما در زمان خشکسالی این سهم به ۲.۳ درصد کاهش می‌یابد. همچنین این تالاب یک ظرفیت طبیعی و زیست محیطی مهم است که غفلت از آن موجب مهاجرت مردم ساکن اطراف آن شده است.

با توجه به اینکه مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب از اهمیت زیادی در مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه در منطقه سیستان و تالاب‌های بین‌المللی هامون برخوردار است. هرگونه مدیریت در این حوزه نیازمند شناخت ظرفیت‌های طبیعی و محیطی تالاب و سیکل‌های آبی آن در دوره‌های زمانی مختلف است.

آشکار سازی پهنه‌های آبی نقش حیاتی و مهمی در مدیریت تالاب‌ها، ارزیابی وضعیت پوشش آب و تشخیص و پایش تغییرات آب‌های سطحی دارد. برای این منظور استفاده از داده‌های سنجش از دور به دلیل دسترسی آسان، رزولوشن مکانی و زمانی بالا، پوشش و دامنه وسیع کاری، استخراج شاخص‌های مختلف محیطی و طبیعی و پیامدهای بیوفیزیکی مشتق شده دارای اهمیت زیادی است.

۱-۱. پیشینه تحقیق

الی و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و شاخص‌های NDVI، NDWI و SMMI تغییرات عناصر تالاب در منطقه «شیانگ آن» شامل پهنه آبی، پوشش گیاهی و رطوبت خاک در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ را بررسی کردند. آنها دریافتند که از دهه ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ مساحت تالاب ۱۳۸۴ درصد معادل ۴۰.۹۴ کیلومتر مربع کاهش یافته است. همچنین در این ارزیابی مشخص شد که از بین رفتن

۲۹۹۵ کیلومتر مربع در سال ۱۳۸۴ کاهش یافته است.

۲. روش تحقیق

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

تالاب بین‌المللی هامون در شمال استان سیستان و بلوچستان و در محدوده ۶۰ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی واقع است (شکل ۱) و ارتفاع آب آن بین یک تا پنج متر می‌باشد. این تالاب از به هم پیوستن سه تالاب هامون صابری با مساحت ۱۵۶۰ کیلومتر مربع، هامون هیرمند ۲۵۰۰ کیلومتر مربع و هامون پوزک با مساحت ۱۶۰۰ کیلومتر مربع تشکیل شده است (جدول ۱). هامون پوزک در شمال شرقی، هامون صابری در شمال و هامون هیرمند در غرب و جنوب غرب سیستان قرار دارد و منبع مهمی برای کشاورزی، دامداری، صیادی، گردشگری و... است.

وزش بادهای ۱۲۰ روزه در فصل گرم سال بارزترین ویژگی اقلیمی این منطقه است که میزان تبخیر آب‌های سطحی را به شدت افزایش می‌دهد. داده‌های ایستگاه سینوپتیک هواشناسی زابل در شمال استان نشان می‌دهد که سالانه بیش از ۴۰۰۰ میلی‌متر از آب‌های سطحی این منطقه تبخیر می‌شود. این تبخیر در فصل وزش بادهای ۱۲۰ روزه به دلیل دمای بالای هوا افزایش می‌یابد. داده‌های ایستگاه سینوپتیک هواشناسی زابل در شمال سیستان و بلوچستان نشان می‌دهد که میانگین بارش در این ایستگاه ۵۰ میلی‌متر است. در این پژوهش برای محاسبه نوسانات آبی و تغییرات پهنه آبی تالاب هامون سه محدوده هامون صابری، پوزک و هیرمند به صورت جداگانه در سامانه گوگل ارث انجین انتخاب شد. برای محاسبه شاخص NDWI محصول MOD09A1 مادیس با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ مترمربع مورد استفاده قرار گرفت و سپس بازه زمانی از ابتدای سال ۲۰۰۰ تا ابتدای سپتامبر ۲۰۲۲ تعیین شد. در ادامه وضعیت پوشش ابر آسمان حداکثر ۱۰ درصد در نظر گرفته شد و سری زمانی تغییرات استخراج شد. با اعمال فیلترهای یاد شده ۱۰۳۲ تصویر ماهواره فراخوانی و مورد استفاده قرار گرفت. شاخص NDWI برای افزایش حداکثری بازتاب سطح آب از طریق

لندست تغییرات تالاب بین‌المللی هامون را در دوره یکساله بررسی کردند. آن‌ها برای این کار از برخی شاخص‌های سنجش از دور نظیر NDWI برای ارزیابی تغییرات سطح آب و NDVI برای تغییرات پوشش گیاهی و... استفاده کردند. نتایج نشان داد که نخستین قسمت آبیگری شده تالاب در جنوب هامون صابری بوده و بیشترین سطح آبیگری نیز در اردیبهشت سال ۱۳۹۳ ثبت شده است. همچنین پوشش گیاهی تالاب از اسفند سال قبل آن شروع به رشد کرده و در فروردین سال ۱۳۹۳ به ۱۰۰۲۴ هکتار رسیده است. بررسی این محققان نشان می‌دهد که روند خشک شدن تالاب هامون از خرداد ماه این سال شروع شده و نخستین بخش خشک شده آن هامون هیرمند بوده است.

خسرویان و همکاران در پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سطح تغییرات دریاچه پریشان را در دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۴ بر اساس شش شاخص سنجش از دور بررسی کردند. نتایج نشان داد که شاخص NDWI بالاترین دقت در آشکار سازی پهنه آبی را داشته است و در دریاچه پریشان در دوره سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۲ بیش از نیمی از مساحت خود را از دست داده است. بر اساس یافته‌های پژوهش این دریاچه در سال ۱۹۸۹ معادل $4/906/890$ متر مربع، ۱۹۹۱ معادل $3/562/880$ متر مربع، در سال ۲۰۰۰ معادل $3/431/580$ مترمربع و در سال ۲۰۰۴ برابر $34/124/420$ مترمربع بوده است. در این مدت کل تغییرات سطح آب دریاچه بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۴ حدود $1/494/470$ متر مربع برآورد شده است. شریفی‌کیا در پژوهشی با «عنوان پایش تغییرات تراز آبی در دریاچه هامون، مبتنی بر تحلیل سری زمانی تصاویر سنجش از دور» با استفاده از سنجنده‌های ETM، TM و MSS ماهواره لندست در دوره ۳۰ ساله روند تغییرات تراز آبی هامون را بررسی کرده است. نتایج نشان داد که مساحت آبی تالاب هامون در سال ۱۳۵۵ به سبب وضع اقلیمی مناسب مطلوب بوده و بیشتر عرصه‌های تالاب آبیگری شده است. همچنین در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ یک دوره خشکی مطلق بر دریاچه حاکم شده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که سطح آبیگری تالاب هامون از ۳۳۵۲ کیلومتر مربع در سال ۱۳۵۵ به

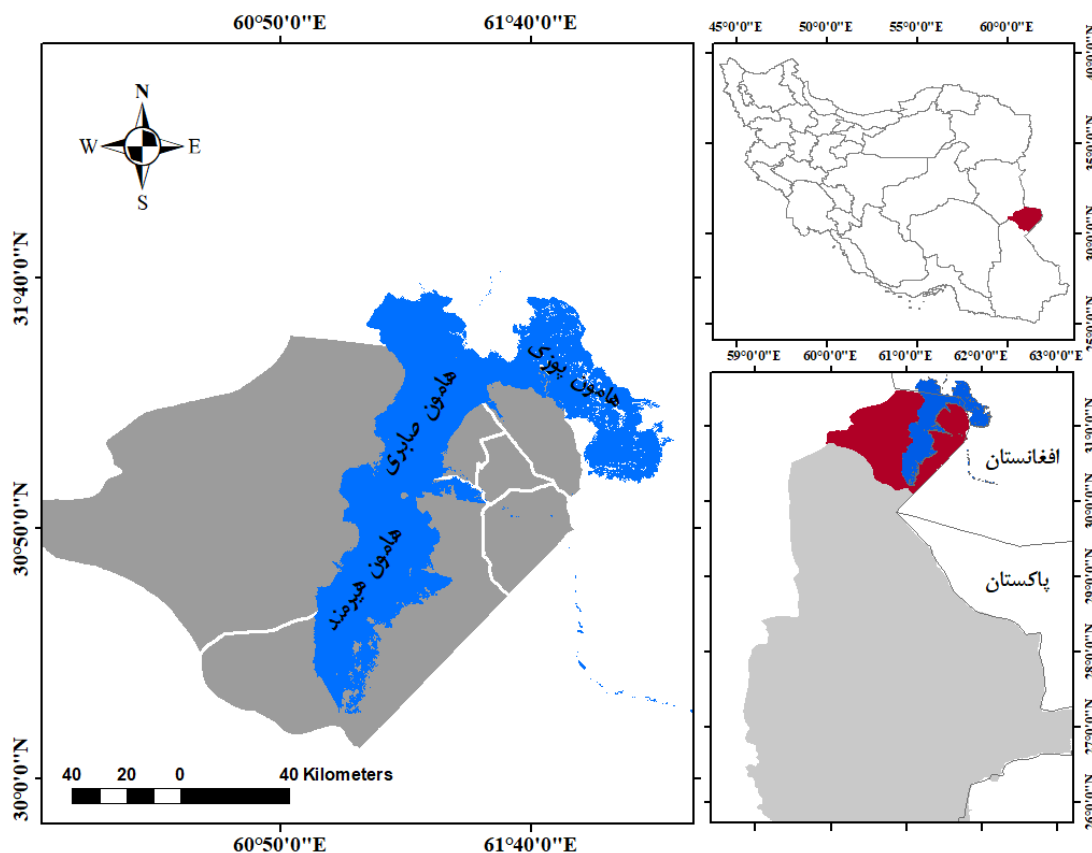
۳. بحث

خروجی شاخص NDWI سنجنده مودیس در بازه زمانی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ نشان می دهد که پهنه آبی تالاب‌های هامون نوسانات گسترده ای را تجربه کرده است. این نوسانات در بازه زمانی چند ماه تا چند سال قابل مشاهده است. تالاب هامون هیرمند با وجود اینکه بیشترین مساحت را در بین تالاب های سه گانه به خود اختصاص داده و کل مساحت آن در خاک ایران است، بیشترین نوسانات آبی را در دوره مورد مطالعه داشته است. به طور میانگین مساحت بیشینه پهنه آبی این تالاب در این مدت ۳۱.۵ کیلومتر مربع معادل ۱.۳ درصد از مساحت کل بوده و بیشینه مطلق مساحت آن ۱۸۳ کیلومتر مربع معادل ۷.۳ درصد از مساحت کل تالاب بوده است. این شرایط در تاریخ ۳۰ آوریل ۲۰۲۰ ثبت شده است (جدول ۲).

طول موج های سبز، کاهش حداکثری بازتاب کم مادون قرمز نزدیک با ویژگی های آب و بازتاب بالای مادون قرمز نزدیک، به وسیله ویژگی های پوشش گیاهی و خاک طراحی شده است که از رابطه پایین بدست می آید..

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \quad (1)$$

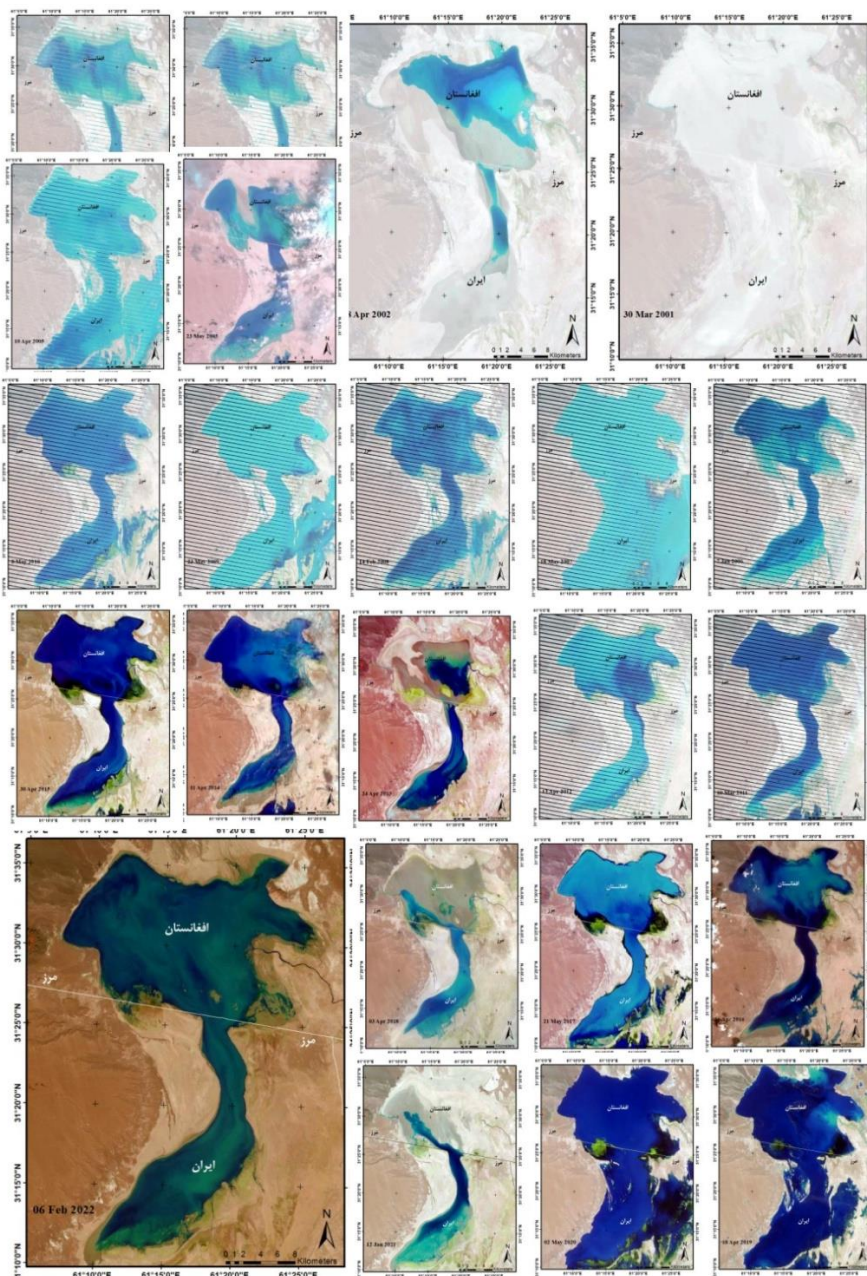
همچنین برای راستایی آزمایشی داده های استخراج شده گوگل ارث انجین، ابتدا مقادیر حدی پهنه آبی تالاب در هر سال به وسیله نرم افزار اکسل جداسازی و بر اساس تاریخ آن، تصاویر همان محدوده های زمانی و مکانی از ماهواره های سنتینل ۲، لندست ۸ و ۷ از طریق پایگاه USGS دانلود شد (شکل های ۱ تا ۳). سپس بعد از انجام تصحیحات اتمسفری و رادیومتریک به وسیله نرم افزار ENVI و آشکار سازی پهنه آبی به وسیله شاخص NDWI، نتایج همبستگی بالایی با داده های مودیس استخراج شده از سامانه گوگل ارث انجین داشت.



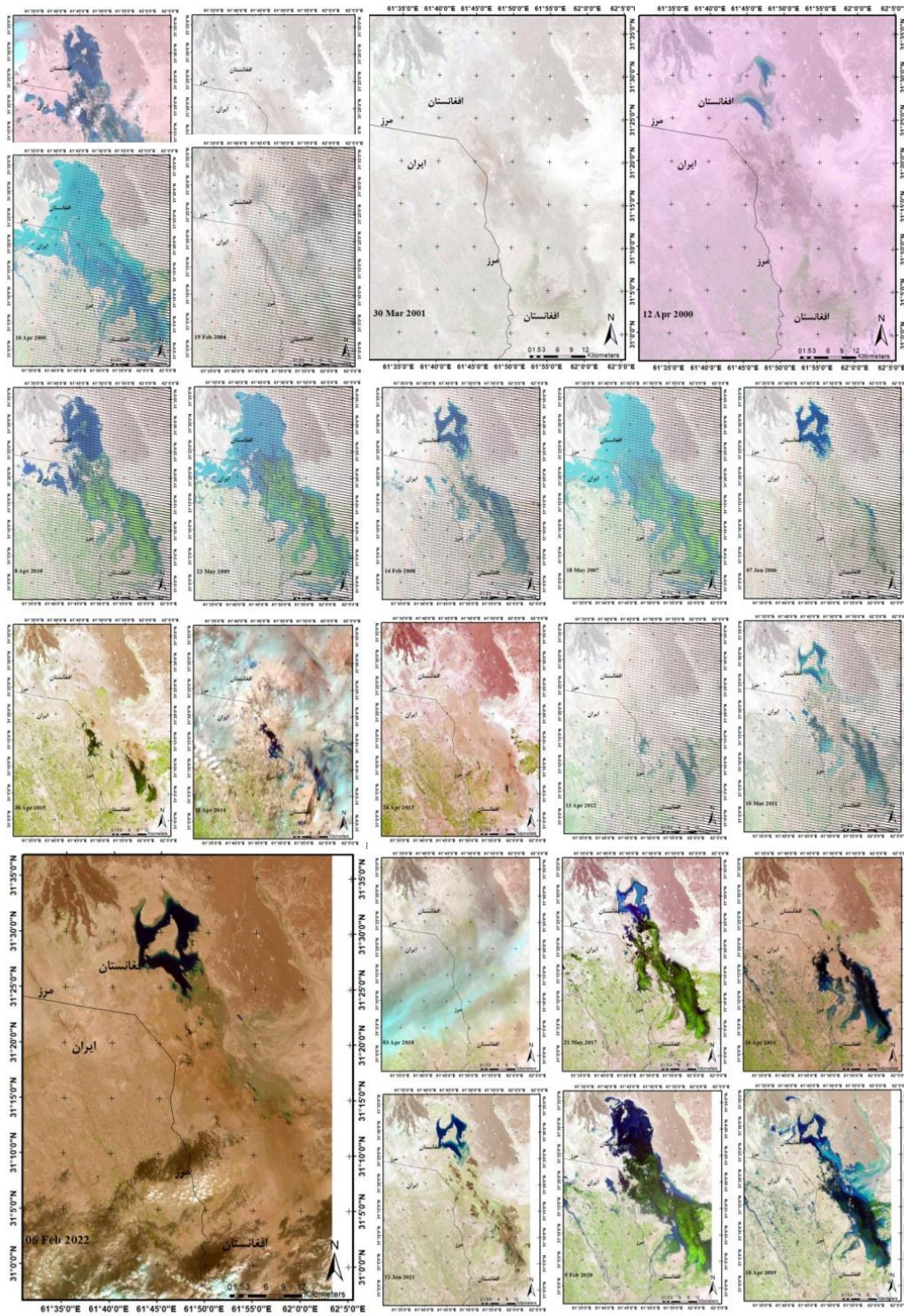
شکل ۱. موقعیت تالاب های سه گانه هامون

جدول ۱. خلاصه وضعیت تالاب های سه گانه هامون - کیلومتر مربع

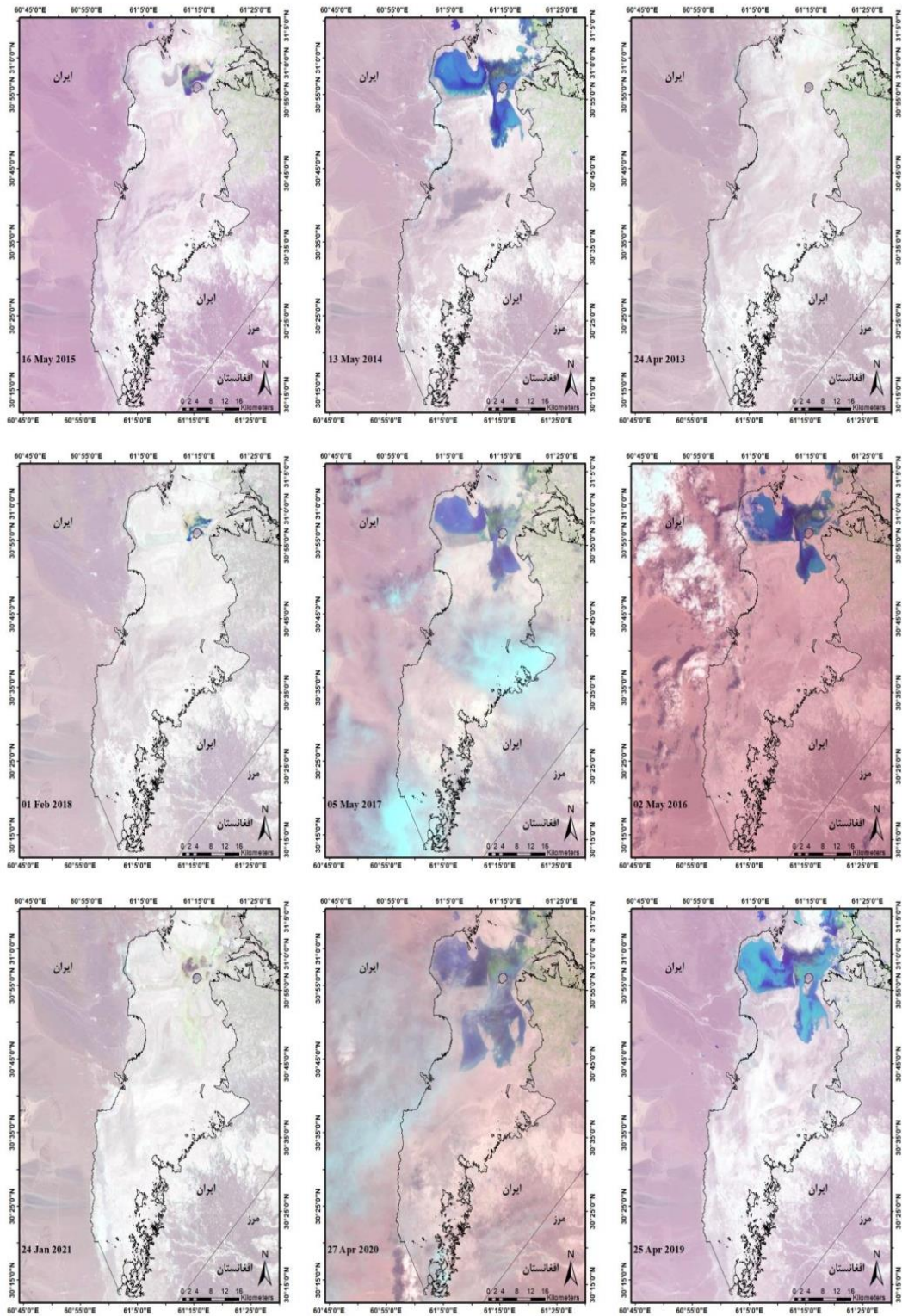
ردیف	تالاب	مساحت کل	بخش داخلی	بخش خارجی	موقعیت جغرافیایی
۱	پوزک	۱۶۰۰	۳۵۰	۱۲۵۰	۳۱.۲۰-۶۱.۴۵
۲	هیرمند	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۰	۳۱.۱۰-۶۱.۱۰
۳	صابری	۱۵۶۰	۹۷۰	۵۹۰	۳۱.۲۰-۶۱.۲۰



شکل ۲. وضعیت پیشینه مساحت آبی تالاب هامون صابری با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و سنتینل ۲-۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲



شکل ۳. وضعیت بیشینه مساحت پهنه آبی تالاب هامون پوزک با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و سنتینل ۲ در بازه سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲



شکل ۴. وضعیت بیشینه مساحت پهنه آبی تالاب هامون هیرمند با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و سنتینل-۲ از ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱

جدول ۲. خلاصه وضعیت تالاب های سه گانه هامون - کیلومترمربع

ردیف	تالاب	مساحت کل	بیشینه مساحت آبیگری	درصد بیشینه به کل مساحت	تاریخ ثبت بیشینه	میانگین آبیگری
۱	پوزک	۱۶۰۰	۵۱۰.۷	۹.۳۱	۲۰۰۵/۰۳/۳۰	۹۷.۲
۲	هیرمند	۲۵۰۰	۱۸۳.۳	۷.۳	۲۰۲۰/۰۴/۳۰	۳۱.۵
۳	صابری	۱۵۶۰	۹.۷۹۶	۵۱.۱	۲۰۲۰/۰۴/۳۰	۲۴۳.۷

تالاب هامون پوزک پس از هامون هیرمند، بیشترین مساحت تالاب های سه گانه را به خود اختصاص داده و ۷۸.۱ درصد از مساحت آن در کشور افغانستان و ۲۱.۹ درصد آن در ایران واقع است (جدول ۱). در طول دوره ارزیابی بیشترین محدوده های آبیگری این تالاب در خارج از مرزهای ایران بوده و عمده فایده آن مربوط به مسائل زیست محیطی و اقلیمی بوده است. این تالاب اگر چه نوسانات آبی و دوره خشکی آن از هامون هیرمند کمتر بوده است، اما در سال های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۸ به طور کامل خشک بوده است (جدول ۴).

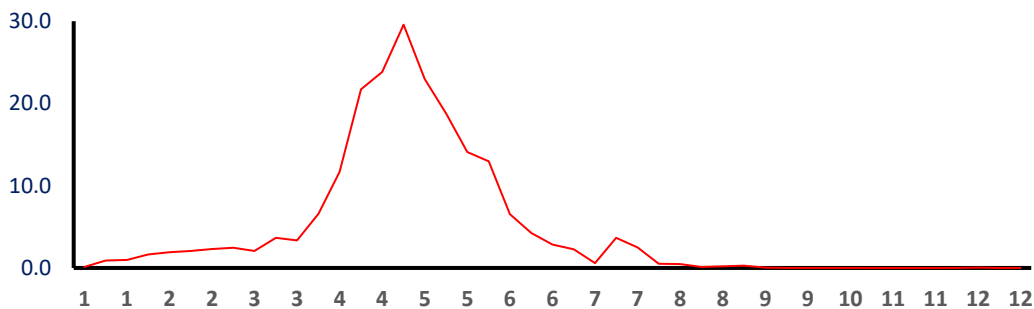
به طور کلی نوسانات آبی تالاب هامون پوزک در دوره مورد مطالعه نشان می دهد که این تالاب ۱۸۳ ماه معادل ۱۵.۳ سال به صورت متناوب بی آب بوده است. از سوی دیگر میانگین بیشینه مساحت آبیگری آن نیز ۹۷.۲ کیلومتر مربع معادل ۶.۱ درصد و بیشینه مساحت آبیگری آن نیز در این دوره ۵۱۰.۷ کیلومتر مربع معادل ۳۱.۹ درصد از مساحت کل آن بوده است که در ۳۰ مارس سال ۲۰۰۵ ثبت شده است (جدول ۵).

تالاب هامون پوزک علاوه بر مسائل زیست محیطی و چالش وزش بادهای ۱۲۰ روزه در فصل خشک تالاب، به دلیل پوشش گیاهی آن برای تامین خوراک دام از اهمیت بالایی برخوردار است. در سال های خشک دامداران منطقه از این ظرفیت تالاب بی بهره می شوند.

تالاب هامون صابری به طور میانگین در ماه جولای، آگوست و سپتامبر کمترین پهنه آبی را داشته است که تقریباً مساحت تحت آبیگری تالاب در این بازه زمانی صفر بوده است. همچنین بخش هایی از این هامون در سایر ماه های سال دارای آب بوده است. علاوه بر این بیشترین مساحت تحت آبیگری تالاب نیز در ماه های مارس تا می روی داده است (شکل ۷).

تالاب هامون هیرمند به طور میانگین از اواخر ماه جولای تا دسامبر کمترین پهنه آبی را داشته و تقریباً در این دوره زمانی به صورت کامل خشک است. همچنین داده های میانگین پهنه آب این تالاب در دوره مورد مطالعه نشان می دهد که بخش های جزئی از هامون هیرمند از اواخر ماه مارس تا اوایل جولای دارای آب است و سپس از ماه جولای تا دسامبر به طور کامل خشک می شود. علاوه بر این بیشترین مساحت تحت آبیگری تالاب در ماه های آوریل و می روی داده است (شکل ۵).

تالاب هامون هیرمند در دوره مورد مطالعه به طور متناوب ۲۲۶ ماه معادل ۱۸۸ سال به صورت کامل خشک بوده است. همچنین در برخی سال ها شامل سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲، ۲۰۰۴، ۲۰۰۶، ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۱ به صورت کامل بی آب بوده است. بررسی داده های شاخص NDWI نشان می دهد که طول دوره مورد مطالعه تنها یک سال مساحت پهنه تالاب به بیش از ۵ درصد از مساحت آن رسیده است. شرایطی که در همانطور که گفته شد، در سال ۲۰۲۰ روی داده است. (جدول ۳). تالاب هامون هیرمند به دلیل مساحت گسترده آن و به سبب قرار گرفتن در مسیر بادهای ۱۲۰ روزه از اهمیت ویژه ای برخوردار است به نحوی که خشک شدن آن پتانسیل وقوع پدیده های خاکداز در منطقه را به ویژه در شهرستان زاهدان و برخی نواحی شرقی و مرکزی استان به شدت افزایش می دهد. تالاب هامون صابری به طور میانگین از اواخر ماه جولای تا دسامبر و ماه های فوریه و مارس کمترین پهنه آبی را داشته است. همچنین میانگین پهنه آب این تالاب در دوره مورد مطالعه نشان می دهد که بخش های از این هامون از ماه مارس تا جون دارای آب بوده است. علاوه بر این بیشترین مساحت تحت آبیگری تالاب نیز در ماه های آوریل تا جون روی داده است (شکل ۶).



شکل ۵. میانگین تغییرات زمانی و پهنه ای مساحت آبی تالاب هامون هیرمند ۲۰۲۲-۲۰۰۰

جدول ۳. وضعیت پوشش آبی تالاب هامون هیرمند با شاخص NDWI - ۲۰۲۲-۲۰۰۰ (کیلومتر مربع)

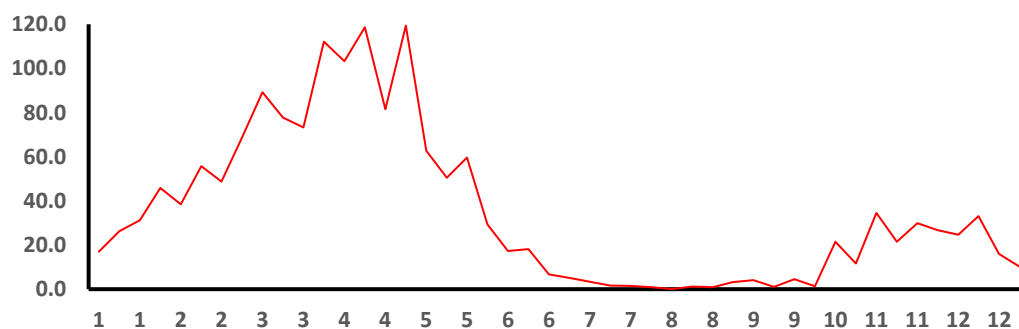
ردیف	سال	مساحت کل تالاب	بیشینه مساحت آبگیری	درصد مساحت بیشینه آبگیری	میانگین مساحت آبگیری	درصد مساحت میانگین آبگیری
1	2000	2500	0.00	0.00	0.0	0.000
2	2001	2500	0.00	0.00	0.0	0.000
3	2002	2500	0.00	0.00	0.0	0.000
4	2003	2500	1.07	0.04	0.1	0.003
5	2004	2500	0.00	0.00	0.0	0.000
6	2005	2500	99.67	3.99	10.2	0.408
7	2006	2500	0.00	0.00	0.0	0.000
8	2007	2500	66.61	2.66	12.0	0.478
9	2008	2500	0.00	0.00	0.0	0.000
10	2009	2500	16.22	0.65	1.1	0.044
11	2010	2500	3.84	0.15	0.2	0.010
12	2011	2500	3.09	0.12	0.1	0.004
13	2012	2500	0.12	0.00	0.0	0.000
14	2013	2500	0.00	0.00	0.0	0.000
15	2014	2500	64.72	2.59	6.9	0.276
16	2015	2500	1.92	0.08	0.1	0.006
17	2016	2500	98.90	3.96	10.6	0.422
18	2017	2500	60.40	2.42	5.7	0.229
19	2018	2500	0.44	0.02	0.0	0.000
20	2019	2500	105.78	4.23	12.5	0.501
21	2020	2500	183.29	7.33	33.3	1.331
22	2021	2500	0.00	0.00	0.0	0.000
23	2022	2500	19.31	0.77	1.0	0.040



شکل ۶. میانگین تغییرات زمانی و پهنه ای مساحت آبی تالاب هامون پوزک ۲۰۲۲-۲۰۰۰

جدول ۴. وضعیت پوشش آبی تالاب هامون پوزک با شاخص NDWI -۲۰۲۲-۲۰۰۰ (کیلومتر مربع)

ردیف	سال	مساحت کل تالاب	بیشینه مساحت آبیگری	درصد مساحت بیشینه آبیگری	میانگین مساحت آبیگری	درصد مساحت میانگین آبیگری
۱	2000	1600	10.1	0.63	0.8	0.05
۲	2001	1600	0.0	0.00	0.0	0.00
۳	2002	1600	0.0	0.00	0.0	0.00
۴	2003	1600	118.8	7.42	11.6	0.73
۵	2004	1600	0.2	0.01	0.0	0.00
۶	2005	1600	510.7	31.92	96.2	6.01
۷	2006	1600	67.6	4.22	10.3	0.64
۸	2007	1600	493.2	30.83	95.4	5.97
۹	2008	1600	96.3	6.02	25.4	1.59
۱۰	2009	1600	200.5	12.53	65.2	4.07
۱۱	2010	1600	149.1	9.32	39.7	2.48
۱۲	2011	1600	32.5	2.03	5.4	0.34
۱۳	2012	1600	0.2	0.01	0.0	0.00
۱۴	2013	1600	0.0	0.00	0.0	0.00
۱۵	2014	1600	51.8	3.24	6.6	0.41
۱۶	2015	1600	1.8	0.11	0.1	0.00
۱۷	2016	1600	62.7	3.92	7.5	0.47
۱۸	2017	1600	20.9	1.30	3.3	0.20
۱۹	2018	1600	0.0	0.00	0.0	0.00
۲۰	2019	1600	146.0	9.12	13.9	0.87
۲۱	2020	1600	207.0	12.94	41.0	2.56
۲۲	2021	1600	28.0	1.75	2.5	0.16
۲۳	2022	1600	39.0	2.44	7.9	0.50



شکل ۷. میانگین تغییرات زمانی و پهنه ای مساحت آبی تالاب هامون صابری ۲۰۲۲-۲۰۰۰

در واقع این تالاب در طول دوره ارزیابی تنها در همین سال به طور کامل خشک نشد. پایداری این تالاب و حجم بالای آبیگری آن در طول ۲۳ سال اخیر نشان می دهد که می توان از آب شیرین این تالاب با حفظ اولویت های زیست محیطی، بخشی از نیاز آبی منطقه در بخش های مختلف را تامین کرد. برآورد می شود که حجم آب ورودی به تالاب هامون صابری در ۲۲ سال اخیر بین هفت تا حدود ۱۳ میلیارد متر مکعب بوده است که در زمان نگارش این پژوهش به طور کامل از بین رفته است (جداول ۲ و ۵).

بررسی نوسانات آبی تالاب هامون «صابری» نشان می دهد که این تالاب با میانگین بیشینه مساحت آبیگری ۲۴۳.۷ کیلومتر مربع معادل ۱۵.۶ درصد از کل مساحت این تالاب در دوره مورد مطالعه، پایدار ترین شرایط آبی را داشته است و در این دوره ۱۹۴ ماه معادل ۱۶.۲ سال به صورت متناوب دارای آب بوده است. همچنین بیشترین مساحت تحت آبیگری این تالاب با میزان ۷۹۷ کیلومتر مربع معادل ۵۱.۱ درصد کل مساحت آن در سال ۲۰۲۰ ثبت شده است. تالاب هامون صابری در سال ۲۰۰۷ با وجود اینکه نوسانات آبی زیادی تجربه کرد و بخش زیادی از مساحت آن خشکید اما به صورت کامل خشک نشد.

جدول ۵. وضعیت پوشش آبی تالاب هامون صابری با شاخص NDWI - ۲۰۰۰-۲۰۲۲ (کیلومتر مربع)

ردیف	سال	مساحت کل تالاب	بیشینه مساحت آبیگری	درصد مساحت بیشینه آبیگری	میانگین مساحت آبیگری	درصد مساحت میانگین آبیگری
۱	2000	۱۵۶۰	19.8	1.3	1.5	0.09
۲	2001	۱۵۶۰	0.0	0.0	0.0	0.00
۳	2002	۱۵۶۰	41.7	2.7	3.3	0.21
۴	2003	۱۵۶۰	123.1	7.9	19.7	1.26
۵	2004	۱۵۶۰	130.4	8.4	10.4	0.66
۶	2005	۱۵۶۰	546.4	35.0	98.3	6.30
۷	2006	۱۵۶۰	134.7	8.6	18.6	1.19
۸	2007	۱۵۶۰	458.0	29.4	127.5	8.17
۹	2008	۱۵۶۰	385.7	24.7	72.7	4.66
۱۰	2009	۱۵۶۰	155.1	9.9	14.3	0.92
۱۱	2010	۱۵۶۰	313.6	20.1	46.3	2.97
۱۲	2011	۱۵۶۰	381.3	24.4	30.4	1.95
۱۳	2012	۱۵۶۰	160.1	10.3	15.9	1.02
۱۴	2013	۱۵۶۰	69.0	4.4	6.7	0.43
۱۵	2014	۱۵۶۰	221.3	14.2	22.2	1.42
۱۶	2015	۱۵۶۰	356.9	22.9	31.3	2.00
۱۷	2016	۱۵۶۰	239.3	15.3	39.4	2.53
۱۸	2017	۱۵۶۰	328.6	21.1	37.2	2.38
۱۹	2018	۱۵۶۰	65.3	4.2	5.1	0.33
۲۰	2019	۱۵۶۰	384.8	24.7	62.6	4.01
۲۱	2020	۱۵۶۰	796.9	51.1	96.4	6.18
۲۲	2021	۱۵۶۰	30.0	1.9	2.7	0.17
۲۳	2022	۱۵۶۰	262.8	16.8	55.6	3.56

۴. نتیجه گیری

صورت متناوب دارای آب بوده است. همچنین بیشترین مساحت تحت آبیگری این تالاب با میزان ۷۹۷ کیلومتر مربع معادل ۵۱.۱ درصد کل مساحت آن در سال ۲۰۲۰ ثبت شده است. تالاب هامون صابری در سال ۲۰۰۷ با وجود اینکه نوسانات آبی زیادی تجربه کرد و بخش زیادی از مساحت آن خشکید اما به صورت کامل خشک نشد. در واقع این تالاب در طول دوره ارزیابی تنها در همین سال به طور کامل خشک نشد. پایداری این تالاب و حجم بالای آبیگری آن در طول ۲۳ سال اخیر نشان می دهد که می توان از آب شیرین این تالاب با حفظ اولویت های زیست محیطی، بخشی از نیاز آبی منطقه در بخش های مختلف را تامین کرد. برآورد می شود که حجم آب ورودی به تالاب هامون صابری در ۲۲ سال اخیر بین هفت تا حدود ۱۳ میلیارد متر مکعب بوده است که در زمان نگارش این پژوهش به طور کامل از بین رفته است.

۵. منابع

1. Sazmand B, Yari M. Hamoon Wetland's challenges and rescue strategies. Scientific Research Quarterly of Public Policy. 2016;2(2):122-133.
2. GHaleban M. Hamoon Wetland in danger of destruction. International Conference on Water Crisis. 2008; 1(2): 3.
3. Mirza Mostafa N, Khalili D, Nazemolsadat M, Haderbadi GH. Hourly prediction of the speed and direction of erosive winds using three-hour data (case study: Zabul region). Iran Pasture and Desert Research Journal. 2008; 15 (1): 72.
4. Dahmarde M, Yazdani S, Soloki M, piri A, Azariyan H. Investigating the importance of the Hamoon wetland in eliminating poverty and unemployment and reducing the migration of wetland residents. International Conference on Water Crisis. 2008;1(5):20.
5. Velayati S, Miri GH. Investigating the environmental issues of Lake Hamoon, Geographical Research Journal. 2006; 38 (56): 113.
6. Khaledi S, Nohtani M, Dahmarde M. Management of Sistan's water resources with the approach of dealing with the phenomenon of fine dust and sedimentation, Journal of

خروجی شاخص NDWI سنجنده مودیس نشان می دهد که در دوره مورد مطالعه بخش های مختلف تالاب هامون نوسانات آبی شدیدی را تجربه کردند به نحوی که در برخی سال ها تمام مساحت هر سه تالاب به طور کامل خشکیده و در برخی سال ها نیز بخش قابل توجهی از مساحت آن ها آبیگری شده است. با این همه تالاب هامون «هیرمند» ناپایدارترین شرایط آبی را به لحاظ زمانی و مکانی نسبت به دو تالاب دیگر داشته و به طور میانگین میزان ۳۱.۵ کیلومتر مربع معادل ۱.۳ درصد از مساحت کل آن در دوره مورد مطالعه در حالت آبیگری بوده است. به عبارتی در این مدت ۹۸.۸ درصد مساحت آن خشک و به طور متناوب ۲۲۶ ماه معادل ۱۸.۸ سال به صورت کامل خشک بوده است. بیشینه مساحت آبیگری این تالاب نیز در این مدت ۱۸۳ کیلومتر مربع معادل ۷.۳ درصد از کل مساحت آن بوده است. این تالاب در برخی سال ها ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴، ۲۰۰۶، ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۱ به صورت کامل خشک بوده است.

نوسانات آبی تالاب هامون پوزک در دوره مورد مطالعه نشان می دهد که این تالاب ۱۸۳ ماه معادل ۱۵.۳ سال به صورت متناوب بی آب بوده است. همچنین این تالاب در سال های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۸ به طور کامل خشک بوده است. با این همه بیشینه مساحت آب این تالاب در دوره مورد مطالعه ۵۱۰.۷ کیلومتر مربع معادل ۳۱.۹ درصد از مساحت کل آن بوده است. داده های مکانی نشان می دهد اکثر مساحت آبیگری شده در دوره مورد مطالعه در بخش های خارجی این تالاب و در خاک افغانستان قرار داشته است. برآورد می شود حدود ۲۱.۹ درصد از مساحت این تالاب در مرزهای جغرافیایی ایران قرار دارد که بخش های زیادی از آن در دوره مورد مطالعه هرگز آبیگری نشده است.

همچنین تالاب هامون «صابری» با میانگین بیشینه مساحت آبیگری ۲۴۳.۷ کیلومتر مربع معادل ۱۵.۶ درصد از کل مساحت این تالاب در دوره مورد مطالعه، پایدارترین شرایط آبی را داشته است و در این دوره ۱۹۴ ماه معادل ۱۶.۲ سال به

11. Khosravi R, Hasanzadeh R, Hoseynzadeh M, Mohamadi S. Investigating the changes of blue areas using blue indicators and Google Earth Engine, Case study: Wetlands of Poldakhtar city in Lorestan province. *Journal of Ecohydrology*. 2019; (7)1:131.
12. Maleki S, Sfyaniyan A, Soltani S, Purmanafi S, Sheykhhol Eslam F. Analysis of the pattern of changes in the water area of Hamoon wetland during the annual water withdrawal period and land use changes in the area. *Iran Water Resources Research Journal*. 2018;4(1): 217-222.
13. Khosraviyan M, Entezari A, Rahmani A, Baaghdeh M. Monitoring changes in the water level of Parshan Lake using remote sensing indicators. *Hydrogeomorphology Journal*. 2017; 13: 105-116.
14. Sharifikiya M. Monitoring water level changes in Hamoon Lake based on time series analysis of remote sensing images. *Journal of Space Planning and Design*. 2010;14(3): 162-165.
15. Nori GH, Arbabi T, Nori S. Hamon is the life of Sistan. Sepehr Publishing Center. 2007: 34.
7. Ashok, A, PonnammaraRani, H, Jayakumara, k, Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery: *Journal of Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 2021; 23, 2-3.
8. Orimoloye, I, Kalumba, K, Mazinyo, S, Nel, W, Geospatial Analysis of Wetland Dynamics: Wetland Depletion and Biodiversity Conservation of Isimangaliso Wetland, South Africa: *Journal of King Saud University - Science*, 2018; 3, 1-3.
9. Lv, j, Jiang, W, Wang, W, Wu, Z, Liu, Y, Wang, X, Li, Z, Wetland Loss Identification and Evaluation Based on Landscape and Remote Sensing Indices in Xiong'an New Area: the Special Issue Remote Sensing of Wetlands, 2019; 11, (23), 1-2.
10. Javadi F, Rezaeean S, Jozi A. Evaluation of quantitative satellite indicators in determining the level of water areas using satellite gauges, Case study: Zarebar Wetland of Kurdistan province. *Journal of Ecology*. 2020;7 (2): 539-540.