Advanced Technologies in Water Efficiency
homepage:https://atwe.razi.ac.ir
Online ISSN:2783-4964

Monitoring water level changes in Hashilan wetland using remote sensing

Sahel Shirmohamadi[1], **Maryam Hafezparast Mavaddat** [2✉], **Ali Bafkar** [3]

[1] M.Sc. student of Irrigation and Drainage Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: sahel.shirmohammadi1996@gmail.com

[2] Corresponding author, Assistant Professor in the Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: m.hafezparast@razi.ac.ir

[3] Retired Assistant Professor in the Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. Email: alibafkar@yahoo.com

ABSTRACT

There are two approaches to environmental changes; the first approach is based on ignoring these changes and continuing the current situation, which will only result in further environmental destruction. The second approach involves identifying these changes from the past to the present and formulating an environmental management plan to control these changes and plan for improving the environmental situation.Monitoring and examining the water levels of wetlands using remote sensing to protect this natural heritage has received significant attention in recent years by many countries, and this is considered the first step in identifying the problem and attempting to solve it, making it of particular importance.The Heshilan wetland area in ENVI 5.6 software was delineated, and the errors in Landsat satellite images were corrected radiometrically and atmospherically.The 30-meter pixel size image was converted to a 15-meter pixel size to enhance the spatial resolution of the study area, then we normalized the surface reflectance values and used the Target Detection Wizard in ENVI 5.6 software to determine the area of the wetland in Heshilan in February of each year during the years (2000-2022), and the Shape File output was called in ArcMap 10.8.2 to calculate the area of the Heshilan wetland in square kilometers on the date of satellite image acquisition.The results of interpreting satellite images in the years under study show that in 2005 and 2018, the wetland had the highest and lowest surface area, respectively, in the past two decades, with an area of 3.83 and 0.34 square kilometers in those years, respectively. The results indicate that over the past 22 years, the wetland has faced a decrease in water level by 0.79 square kilometers for that specific month.The research results indicate that analyzing satellite images using remote sensing techniques can effectively demonstrate changes in wetland area over time intervals.The results of interpreting satellite images over the years under study show a decrease in the extent of the Heshilan wetland, especially in the western and southwestern regions of the wetland. This decrease can be attributed to natural phenomena such as drying up of some springs due to droughts and periods of low water, as well as adverse effects of human activities such as increased human access to the wetland through access roads in this area, land encroachment by villagers converting them into agricultural lands, presence of deep wells in surrounding lands, and exploitation of wetland water through irrigation channels without proper consideration of water inflow.In these circumstances, the wetland ecosystem has completely changed, and other aquatic birds no longer live in this area.Considering the unfavorable trends in Heshilan wetland, continuing the current trend could endanger the existence and integrity of the Heshilan wetland irreversibly. Ecosystem management of the wetland through formulating a management plan to preserve and restore the structure and functions of this ecosystem with long-term stability can be a solution**.**

Keywords: Environmental changes, Wetlands, Remote sensing, GIS

Article Type:
Article history: Received: 22 January 2024 **Revised:** 13 April 2024 **Accepted:** 05 May 2024 **ePublished:** 24 May 2024

1.Introduction

There are two approaches in dealing with environmental changes. The first approach is based on ignoring these changes and continuing the current situation, which will result in further environmental destruction. The second approach is based on identifying these changes from the past to the present and formulating an environmental management plan to control these changes and plan for improving the environmental situation. Wetlands are one of the most important natural habitats in the world and have many values and benefits, especially in energy circulation in the environment. In the last 20 years, the area of many wetlands has decreased due to the increase in industrial and agricultural development and the lack of water in arid and semi-arid regions (Cui et al., 2009). One of the effective tools in the field of wetland area changes is the use of remote sensing technology and satellite data. The use of satellite images, due to their wide spatial coverage, high resolution, low cost, temporal archive, free access to satellite images, and the availability of practical software and spectral indices, has become very important in estimating the area of aquatic zones. Monitoring and assessing the water level of wetlands using remote sensing to protect this natural heritage has become a focus for many countries in recent years, and this is of particular importance as the first step in identifying problems and attempting to solve them. Heshilan wetland plays a significant role in nourishing and increasing the stability of underground waters, preventing floods, and promoting agriculture in the region, as well as providing a unique habitat for native and migratory birds to easily pass winter. The aim of this research is to monitor changes in the water level of Heshilan wetland over a 22-year period using remote sensing and geographic information systems.

2. Methodology

Landsat satellite images were downloaded from the United States Geological Survey website. After downloading the Landsat satellite images, the Heshilan wetland area was delineated, and the images were radiometrically and atmospherically corrected. To enhance the spatial resolution of the study area, the 30-meter pixel size image was converted to a 15-meter pixel size image for better spatial resolution (the 15-

meter resolution provides more accurate information than approximate surface area estimates of wetlands), then we normalized the surface reflectance values. The Target Detection Wizard tool in ENVI 5.6 software was used to determine the aquatic zone area of the wetland in Murch of each year during (2000-2022), and the output file was imported into ArcMap 10.8.2 to calculate the aquatic zone area of Heshilan wetland in square kilometers on the date of image acquisition.

3. Results and discussion

The results of interpreting satellite images over the years under study indicate that in 2018, the wetland had its lowest surface area in two decades, with an area of 0.34 square kilometers in that year. Additionally, the highest area of the aquatic zone of the wetland occurred in 2005, with an area of 3.83 square kilometers. The results show that over the past 22 years, the wetland has faced a decrease in water level by 0.79 square kilometers for the specific month.

4. Conclusions

The research results indicate that analyzing satellite images using remote sensing techniques can effectively show changes in wetland areas over time intervals. The results of interpreting satellite images over the years under study show a reduction in the extent of Heshilan wetland, especially in the western and southwestern regions, which can be attributed to natural phenomena such as drying up some springs due to droughts and periods of low water levels, as well as undesirable effects of human activities such as increased human access to wetlands through access roads in this area, land grabbing by villagers converting them into agricultural lands, deep wells around the wetlands, and utilizing wetland water through agricultural canals without considering proper water inflow. In these conditions, the wetland ecosystem has completely changed, and other aquatic birds no longer live in this area, with many migratory birds moving to tropical regions, depending on their habitats along the migration route. Given the unfavorable trends in Heshilan wetland developments, continuing the current conditions could jeopardize the existence and integrity of Heshilan wetland irreversibly. Ecosystem management of wetlands by developing a management plan to preserve and revitalize the structure and functions of this ecosystem with long-term stability can be a solution.

5. References

Cui, B., Tang, N., Zhao, X., & Junhong, B. (2009). A management-oriented valuation method to determine ecological water requirement for wetlands in the Yellow River Delta of China. Journal for Nature Conservation, 129-141. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2009.01.003

6. Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Cite this article: Shirmohamadi, S., Hafezparast Mavaddat, M., & Bafkar, A. (2024). Monitoring water level changes in Hashilan wetland using remote sensing, *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 4(2), 22-43. DOI: 10.22126/atwe.2024.10391.1116

Publisher: Razi University

© The Author(s).

فناوری های پیشرفته در بهره وری آب
وبگاه نشریه: https://atwe.razi.ac.ir شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۹۶۴

بررسی تغییرات سطح آب تالاب هشیلان با استفاده از سنجش‌ازدور

ساحل شیرمحمدی[۱]، مریم حافظ پرست مودت[۲]✉، علی بافکار[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه:sahel.shirmohammadi1996@gmail.com
[۲] نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه:m.hafezparast@razi.ac.ir
[۳] استادیار بازنشسته گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: alibafkar@yahoo.com

چکیده

پایش و بررسی سطح آب تالاب‌ها با استفاده از سنجش‌ازدور به‌منظور محافظت از این میراث طبیعی در سال‌های اخیر موردتوجه بسیاری از کشورها قرارگرفته است و این امر به‌عنوان اولین قدم برای پی بردن به وجود مشکل و سعی برای حل آن، از اهمیت خاصی برخوردار است. محدوده تالاب هشیلان در نرم‌افزار ENVI 5.6، برش زده شد و خطای تصاویر ماهواره‌ای لندست ازلحاظ رادیومتریکی و اتمسفری برطرف شد. تصویر پیکسل سایز ۳۰ متری به پیکسل سایز ۱۵ متری تبدیل شد تا توان تفکیک مکانی منطقه موردمطالعه ارتقا پیدا کند، سپس به نرمال کردن مقادیر بازتاب سطحی پرداخته شد و برای تعیین مساحت پهنه آبی تالاب در ماه اسفند هرسال طی سال‌های (۲۰۲۲-۲۰۰۰) از دستور Target Detection Wizard در نرم‌افزار ENVI 5.6استفاده شد و شیب فایل خروجی در Arc Map10.8.2 فراخوانی و مساحت پهنه آبی تالاب هشیلان برحسب کیلومترمربع در تاریخ اخذ تصاویر ماهواره محاسبه شد .نتایج حاصل از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های موردبررسی نشان‌دهنده این نکته است که در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۸ تالاب به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان سطح خود در دو دهه گذشته بوده که مساحت پهنه آبی آن در این سال‌ها به ترتیب ۳.۸۳ و ۰.۳۴ کیلومترمربع است و نتایج نشان داد که در طی ۲۲ ساله گذشته برای ماه مذکور تالاب به میزان ۰.۷۹ کیلومترمربع با کاهش سطح آب مواجه شده است. نتایج حاصل از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای طی سال‌های موردبررسی نشان‌دهنده کاهش وسعت تالاب هشیلان به‌ویژه در ناحیه غرب و جنوب غرب تالاب است که می‌توان دلیل آن را وقوع پدیده‌های طبیعی مانند خشک شدن تعدادی از چشمه‌های جوشان براثر خشک‌سالی و دوره‌های کم‌آبی و همچنین اثرات نامطلوب فعالیت‌های انسانی مانند افزایش دسترسی انسان به تالاب از طریق راه‌های دسترسی در این ناحیه و همچنین تصرف اراضی تالابی توسط روستاییان و تبدیل‌کردن آن‌ها به اراضی کشاورزی و وجود چاه‌های عمیق در زمین‌های اطراف و بهره‌برداری از آب تالاب از طریق کانال کشاورزی، بدون توجه لازم به میزان ورود آب دانست. در این شرایط اکوسیستم تالاب کاملاً تغییریافته است و پرندگان آبزی دیگر در این منطقه زندگی نمی‌کنند. باتوجه به سیر تحولات ناخوشایند تالاب هشیلان، ادامه روند شرایط کنونی می‌تواند موجودیت و یکپارچگی تالاب هشیلان را با خطر جبران‌ناپذیری مواجه کند. مدیریت اکوسیستمی تالاب با تدوین یک برنامه مدیریتی به‌منظور حفظ و احیای ساختار و عملکردهای این اکوسیستم با پایداری طولانی‌مدت، می‌تواند راهگشا باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات زیست‌محیطی، هشیلان، مساحت تالاب، سنجش‌ازدور، GIS

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله: دریافت: ۰۲ بهمن ۱۴۰۲ **اصلاح:** ۲۵ فروردین ۱۴۰۳ **پذیرش:** ۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۳ **چاپ الکترونیکی:** ۰۴ خرداد ۱۴۰۳

استناد: شیرمحمدی، س.، حافظ پرست مودت، م.، و بافکار، ع. (۱۴۰۳). بررسی تغییرات سطح آب تالاب هشیلان با استفاده از سنجش‌ازدور، *فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب*، ۴(۲)، ۴۳-۲۲، شناسه دیجیتال: 10.22126/atwe.2024.10391.1116

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

مقدمه

ازآنجایی‌که تالاب‌ها از حیاتی‌ترین زیستگاه‌های انواع جانوران و ازنظر تنوع زیست‌محیطی در مقایسه با سایر اکوسیستم‌ها از غنای بالایی برخوردارند و از جهت بقا تأمین غذای بسیاری از جانوران اعم از پرندگان، ماهی‌ها و آبزیان بهترین زیستگاه محسوب شده و در تأمین بخشی از سفره‌های آب زیرزمینی نقش بسزایی دارند و خاستگاه نهایی بسیاری از آبراهه‌ها، رودخانه و سیلاب‌ها بوده و با تنظیم جریان آب مانع گسترش سیلاب و نفوذ آب‌های شور می‌شوند، لذا حفظ و صیانت از چنین اکوسیستمی که بالاترین مولدهای بیولوژیکی محسوب می‌شوند در جهت استفاده و بهره‌وری عالمانه بسیار حائز اهمیت است. در دهه‌های اخیر با گرمایش جهانی زمین و افزایش آثار رو به رشد فعالیت‌های انسانی و تغییرات رودخانه‌ها، آب شدن یخچال‌ها و دیگر تغییرات مکانی و زمانی، کاهش سطح تالاب‌ها و دیگر منابع آب سطحی بیشتر نمایان شده است. بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی پهنه‌های آبی بر مدیریت صحیح و حفاظت این اکوسیستم‌های ارزشمند، تأثیر زیادی دارد و حفاظت از این منابع ارزشمند مستلزم پایش و نظارت بر این تغییرات گذشته، حال و آینده است (جوادی و همکاران،۱۳۹۹). تمام اکوسیستم‌ها برای حفظ فرآیندهای بوم‌شناختی و جوامع گیاهی و جانوری مرتبط به آب نیاز دارند. تالاب‌ها زیست‌بوم‌هایی هستند که در آن‌ها فاکتور اصلی تأثیرگذار بر محیط و جوامع گیاهی و جانوری، آب است(اسماعیلی افق، ۱۳۹۰). تالاب‌ها به‌عنوان دلتای رودخانه‌ها، از ارزشمندترین و حساس‌ترین اکوسیستم‌های طبیعی می‌باشند. تصفیه آب، اکوتوریسم، تعدیل اقلیم و تولید مواد غذایی، فراهم کردن موقعیت‌های اقتصادی و توریستی، تأمین آب شرب و معاش مردم بومی و ... از مهم‌ترین خدمات تالاب هامحسوب می‌شود(طرح حفاظت از تالاب‌های ایران و مهندسین مشاور آساراب ، ۱۳۹۷). در ۲۰ سال اخیر، مساحت بسیاری از تالاب‌ها به دلیل افزایش توسعه صنعتی و کشاورزی و کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک کاهش‌یافته است (کویی وهمکاران[1] ، ۲۰۰۹) . تغییرات میزان آب تالاب در اثر عوامل گوناگون می‌تواند بر حیات‌وحش و پوشش گیاهی منطقه تأثیرگذار باشد . هرچند تالاب‌ها درروند تکاملی خود ، امروزه به بستری خشک و عاری از آب مبدل می‌شوند ، اما فعالیت‌های انسانی این روند را بیش‌ازپیش سرعت بخشیده و به سمت نابودی و مرگ زودرس تالاب سوق می‌دهد(بیات وهمکاران ، ۱۳۹۳). بسیاری از برنامه‌های توسعه منابع آب که برای افزایش دستیابی به آب اجراشده‌اند به‌اندازه کافی به پیامدها و ایجاد اختلال در خدماتی که به‌وسیله تالاب‌ها ارائه می‌شود توجه نداشته و در تعداد زیادی از تالاب‌ها، افزایش استحصال آب در بالادست به بهای از دست رفتن و یا حداقل کاهش وسعت و خدمات تالاب‌ها در مناطق پایین‌دست حوضه آبریز به انجام رسیده است(گارگ[2]،۲۰۱۵) .سدسازی و تنظیم یا انحراف جریان آب بدون رعایت ملزومات زیست‌محیطی، وقوع سیلاب و خشک‌سالی، تغییر اقلیم و گرمایش جهانی نیز از عوامل تأثیرگذار در تخریب اکوسیستم‌های طبیعی است(شکوهی وهانگ [3]، ۲۰۱۱). اطلاعاتی درباره تغییرات زمانی و مکانی مساحت سطح دریاچه می‌تواند یکی از ضروریات برنامه‌ریزی، مدیریت و ارزیابی برنامه‌های منابع آبی در سطوح محلی و منطقه‌ای باشد (باستاوزی و همکاران[4]، ۲۰۰۸).ازآنجاکه تغییرات در پهنه‌های آبی در سطوح مختلف زمانی و مکانی صورت می‌گیرد، بنابراین استفاده از تکنولوژی سنجش‌ازدور، ابزاری ضروری و باارزش جهت پایش تغییرات است (آرخی و نیازی، ۱۳۸۹). یکی از فنون نو و کارآمد در زمینهٔ پایش تغییرات سنجش‌ازدور است. از طریق این فن می‌توان با استفاده از مجموعه تصاویر چند زمانه و پردازش آن‌ها با یکی از روش‌های مناسب موجود و با سرعت و دقت بالا نسبت به آشکارسازی تغییرات موردنظر در منطقه اقدام کرد. سنجش‌ازدور همچنین یکی از بهترین ابزارها در بهبود کیفیت شناخت و اطلاع از وضع موجود دریاچه‌ها به‌منظور اتخاذ سیاست‌های مدیریتی صحیح در آن‌هاست. با استفاده و به‌کارگیری داده‌های سنجش از دور می‌توان به شیوه‌ای علمی و کارآمد به مدیریت تالاب‌ها پرداخت (گراس و همکاران[5]،۲۰۰۶).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

محققان پژوهش‌های متفاوتی در خصوص بررسی تغییرات سطح تالاب‌ها از طریق سنجش‌ازدور در داخل و خارج کشور کارکرده‌اند که به مواردی از آن‌ها پرداخته می‌شود. میزان بارش بر تغییر سطح آب دریاچه مهارلو واقع در استان شیراز با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجنده

[1] Cui et al
[2] Garg
[3] Shokoohi & Hong
[4] Bastawesy et al
[5] Gross et al

TMماهواره لندست در تاریخ‌های ۲۰ مارس ۱۹۹۹ و ۱۸ مارس ۲۰۰۹ بررسی شد. یافته‌های آن‌ها نشان داد، مساحت دریاچه در سال ۲۰۰۹ با کاهش ۱۰۷ کیلومترمربعی در زمان مشابه نسبت به سال ۱۹۹۹ همراه بوده است که عمدتاً به دلیل کاهش ۲۰۰ میلی‌متری میزان بارش در سال آبی نسبت به دوره مشابه است (مظفری و نارنگی فرد،۱۳۹۲). امیری و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از سه شاخص NDWI[1]، MNDWI[2]و AWEI[3]میزان سطح تالاب‌های هورالعظیم و شادگان واقع در استان خوزستان در بازه زمانی ۱۳۹۷ –۱۳۷۸ موردبررسی قراردادند. بررسی روند تغییرات سطح تالاب‌ها با استفاده از آزمون من–کندال نشان داد که میزان تغییر مساحت تالاب‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای روند معنی‌دار نیست. این موضوع بیانگر تأثیر دخالت انسان در تنظیم میزان جریان ورودی به این تالاب‌ها توسط سدهای بالادست به‌خصوص در زمان خشک‌سالی و سیلاب است. به طوریکه بیشترین تغییرات مربوط به ماه فروردین و کمترین آن در ماه شهریور اتفاق افتاده است. همچنین بررسی همبستگی تغییرات دمایی تالاب‌ها با تغییر مساحت‌ها نشان داد که به‌طور متوسط به ازای تغییر هر ۱۰۰۰ هکتار از مساحت تالاب‌های هورالعظیم و شادگان میزان دما۰.۴ ± درجه سلسیوس تغییر می‌کند. بررسی و مقایسه تغییرات تالاب بین‌المللی شادگان طی دو دهه توسط رحیمی بلوچی و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد. نتایج این تحقیق، کاهش ۶ درصدی مساحت تالاب شادگان در طی این سال‌ها و کـاهش مساحت بخش‌های آبی و خاکی (اراضی بایر و گل‌ولای) تالاب بـه میـزان ۱۷۹۶.۶۱ کیلومترمربع و افزایش مساحت پوشش گیاهی تالاب به میزان ۷. ۱۷۹۶ نشان می‌دهد. نتیجه محاسبه شاخص WRASTIC[4] نشان‌دهنده تـأثیر زیاد اجزاء حوزه آبریز تالاب شادگان در ایجاد آلودگی آب تالاب است. جوادی و همکاران (۱۳۹۹) بهترین شاخص ماهواره‌ای برای استخراج مساحت تالاب زریبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 5,7,8 را محاسبه کردند. مساحت تالاب با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ محاسبه و این روش به‌عنوان روش مبنا در تعیین بهترین شاخص در نظر گرفته‌شده است شاخص‌های AWEI وSWI[5] و MNDWI و NDWI وNDVI[6]و WRI[7] به‌عنوان متداول‌ترین شاخص‌ها در تعیین پهنه‌های آبی مقایسه شده‌اند که مقادیر هر یک از شاخص‌ها در تصاویر گرفته‌شده محاسبه‌شده و مقادیر آستانه شاخص‌ها در هر تصویر تعیین و درنهایت با استفاده از روش مبنا صحت سنجی شـــده است. در این میان، شاخص‌های MNDWI و AWEI و SWI در مقایسه با روش مبنا با مقادیر همبستگی به ترتیب معادل ۰.۷۶،۰.۷۶ و۰.۷۴ RMSE به ترتیب برای هر شاخص معادل ۱۰۸.۸۰ ، ۱۱۱.۳۰و ۸۰. ۱۱۳ هکتار و همچنین مقادیر خطای MAE معادل ۸۴.۶۳ ، ۲۸. ۹۴ و ۳۰ .۸۷ هکتار، بهترین شاخص‌ها در تعیین مساحت تالاب هستند استفاده از شاخص‌های تعیین‌شده با توجه به سهولت و سرعت انجام محاسبات امکان ایجاد سری زمانی تغییرات مساحت تالاب به‌منظور مدیریت بهینه این پهنه آبی را فراهم می‌آورد. برای طبقه‌بندی پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات منطقه موردمطالعه در مینه سوتا آمریکا با مقایسه شاخص NDVI وRVI[8] از شاخص NDVI برای تهیه نقشه پوشش گیاهی استفاده کردند .داده‌های ماهواره‌ای ازجمله لندست با دوره تکرار تصاویر ۱۸ روزه منبع ارزشمندی از تصاویـر را برای پایش منابع آبـــی فراهم می‌کند . بـــا کمک این داده‌ها، به‌راحتی می‌توان ایـــن اکوسیستم‌های ارزشمند را در دوره‌های زمـــانـــی مختلف رصد کـــرد و اطلاعات لازم بـــرای مـــدیـــریت و نگهداری آن‌ها بـــه دست آورد (یوان و همکاران[9]، ۲۰۰۵). بررسی‌های وینتر و همکاران[10] (۲۰۰۱) نشان داد مساحت پهنه آبی بسیاری از تالاب‌ها در سراسر جهان به دلایلی مانند افزایش جمعیت و استفاده آب در بالادست، انحراف آب، سدسازی، بیابان‌زایی، تغییرات آب‌وهوایی و سیاست‌های نادرست به‌شدت کاهش‌یافته است. بیش از ۸۱ درصد مساحت تالاب‌ها از طریق تبدیل به زمین‌های کشاورزی طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۱ از بین رفته است. با توجه به پژوهشی که توسط نجفی و همکاران (۱۳۹۲) برای بررسی روند افت آب

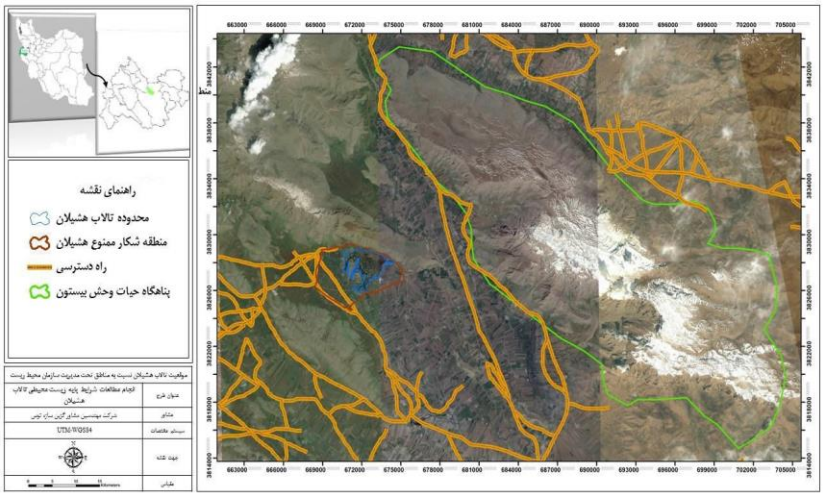
[1] Normalized Difference Water Index
[2]Modified Normalized Difference Water Index
[3]Automated Water Extraction Index
[4] Wastewater discharge Recreational Land Use Impacts Agricultural Land Use Impacts Size of watershed Transportation Avenues Industrial Land Use Impacts Amount of Vegetative Ground Cover
[5] Standardized Water-Level Index
[6] Normalized Difference Vegetation Index
[7] Water Ratio Index
[8] Ration Vegetation Index
[9] Yuan et al
[10] Winter et al

در تالاب هشیلان و نگرانی از خشک شدن این تالاب انجام شد، با بررسی ۱۲ چاه پیزومتری در اطراف این تالاب و همچنین دبی سالانه سراب سبز علی در دوره ده‌ساله (۱۳۸۱–۱۳۹۰)، افت چشمگیری (۳ تا ۱۲ متر) در پیزومترهایی که در جهت جریان آب زیرزمینی در محل پایین‌دست واقع شده بود، مشاهده شد. علاوه بر این، خطوط هم افت ترسیم‌شده در اطراف تالاب نشان از افت ۲ تا ۸ متری در محدوده اطراف تالاب در یک بازه زمانی ده‌ساله دارد. این افت بر آبدهی تالاب تأثیر گذاشته به‌نحوی‌که آبدهی از بیش از ۴۰۰ لیتر بر ثانیه در سال ۱۳۸۱ به کمتر از ۱۵ لیتر بر ثانیه در سال ۱۳۸۷–۱۳۸۸ کاهش‌یافته است. باتوجه به پژوهشی که توسط نوروزی میرزایی و کرم علی (۱۳۹۴) بر روی تالاب کارستی هشیلان انجام شد، نتایج حاکی از آن است که خشک‌سالی‌های متعدد دهه ۱۹۹۸–۲۰۰۸ در این منطقه تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر سطح و وسعت تالاب داشت. با استفاده از تصاویر سنجنده TM در فاصله سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۸، ثبت شده است که مساحت تالاب به مقدار ۱.۲ کیلومترمربع کاهش‌یافته است، همچنین باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش، مشخص‌شده است که وسعت تالاب در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال‌های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۷ دارای روند کاهشی به میزان ۲.۸۵ و ۲.۷۵ کیلومترمربع بوده است. در پژوهش ویسی و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی خشک‌سالی بر تالاب هشیلان، نتایج حاصل نشان داد که مساحت تالاب در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۷ حدود ۱.۷ کیلومترمربع کاهش‌یافته و حدود ٪۴۷ از سطح تالاب خشک‌شده است. باتوجه‌به مطالعات قبلی و اهمیت تصاویر ماهواره‌ای در تحلیل زیست‌محیطی تالاب‌ها، این مقالـه سـعی دارد بـا استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست روند تغییرات پهنه آبی تالاب هشیلان را در ماه اسفند در طول سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ موردبررسی قرار دهد تا بتوان با آشکارسازی روند تغییرات به‌طور هرچـه بهتـر تـالاب مذکور را مدیریت کرد و با در اختیار داشتن اطلاعات جدید از تغییرات آن‌ها به یافتن علل تغییر و اتخاذ برنامه‌ها و سیاست‌های لازم پرداخت .علت انتخاب ماه اسفند به‌عنوان ماهی که بیشترین و یا حداکثر حجم آبی تالاب در سال در آن ماه قرار دارد این است که در این ماه بیشترین میانگین بلندمدت بارش و کمترین میانگین بلندمدت تبخیر و بالاترین تخلیه متوسط ماهیانه چشمه سبز علی در طی دور آماری سی‌ساله (۱۳۷۰–۱۴۰۰) را داریم. تغییرات پهنه آبی تأثیرات بسیار زیادی بر اکوسیستم اطراف تالاب هشیلان را دارد. این تالاب به دلیل اینکه دارای منبع آب شیرین در یک اکوسیستم است، بنابراین حیات موجودات اطراف خود را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ازاین‌رو پایش مداوم آن در طی دو دهه اخیر، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را جهت تصمیم‌گیری و مدیریت منطقه فراهم کند. این اطلاعات به‌خوبی در مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی حفاظت از آن استفاده می‌شود. علاوه بر این می‌تواند در زمینه مدیریت مسائل اقتصادی و اجتماعی و همچنین حفاظت از اکوسیستم طبیعی نیز به کار رود. ازاین‌رو باتوجه به اینکه شناسایی روند تغییرات تالاب‌ها در درازمدت و کوتاه‌مدت نیاز به تجزیه‌وتحلیل سری‌های زمانی با استفاده از فنون سنجش‌ازدور دارد؛ بنابراین ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای محدوده مطالعاتی و پردازش آن‌ها در نرم‌افزار ENVI 5.6 و ARC GIS 10.8.2 روند تغییرات تالاب و پدیده‌های مختلف مرتبط با آن در طی یک دورهٔ زمانی ۲۲ ساله بررسی گردید.

روش پژوهش

منطقه موردمطالعه

زیست‌بوم نادر و منحصربه‌فرد هشیلان، تالابی است به مساحت تقریبی ۴۵۰ هکتار در شمال غربی دشت کرمانشاه و شمال دشت الهیار خانی، در منتهی‌الیه منطقه میان دربند که بین شیب جنوبی ارتفاعات خورین و شمال کوه ویس قرارگرفته است. موقعیت ریاضی این محدوده در حدفاصل طول جغرافیای "۴۰ ' ۵۱ ۴۶ °و"۵۰ ' ۵۴ ۴۶° شرقی و عرض جغرافیایی "۱۰ '۳۴ ۳۴°تا "۳۳ '۳۵ ۳۴° شمالی با ارتفاع ۱۳۱۰ متر از سطح دریای آزاد قرار دارد. شکل (۱) موقعیت تالاب هشیلان نسبت به مناطق تحت مدیریت سازمان محیطزیست نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت تالاب هشیلان نسبت به مناطق تحت مدیریت سازمان محیطزیست (شرکت مهندسین مشاور گزین سازه توس، ۱۳۹٤)

این زیستگاه از اکوسیستم‌ها و بیوم های واجد ارزش استان و منطقه غرب کشور است که از سال ۱۳۷۳ توسط اداره کل حفاظت محیطزیست، به‌عنوان منطقه " شکار و تیراندازی ممنوع " برای افزایش ضریب امنیتی پرندگان مهاجر، اعلام‌شده و هم‌اکنون تحت حفاظت اداره کل محیطزیست استان قرار دارد. منابع اصلی تأمین آب این تالاب شامل سراب سبز علی، سراب شله و چشمه مِن می است که در دامنه جنوبی ارتفاع خورین با میانگین آبدهی ۳۵۰ لیتر در ثانیه (مجموع سراب‌ها و چشمه‌ها) قرار دارند. علاوه بر این سراب‌ها و چشمه‌ها؛ روان آب‌ها و آب‌های سطحی حوزه بالادست و دامنه‌های رو به جنوب ارتفاعات خورین از دیگر منابع اصلی تأمین‌کننده آب این تالاب محسوب می‌شوند. به علت تنوع اقلیمی خاص منطقه غرب، سیستم‌های طبقه‌بندی آمبرژه و دومارتن اندکی باهم تفاوت دارند بر اساس سیستم طبقه‌بندی دو مارتن اقلیم کرمانشاه نیمه‌خشک و اقلیم روانسر نیمه مرطوب است. درحالی‌که سیستم آمبرژه اقلیم کرمانشاه را نیمه‌خشک سرد و اقلیم روانسر را نیمه مرطوب سرد می‌داند، میانگین بارندگی سالانه آن ۴۵۱ میلی‌متر است که انحراف معیار آن ۱۳۷.۲ و ضریب تغییرات آن ۳۰.۴ درصد است دامنه تغییرات بارندگی در طول دوره آماری ۵۴۴ میلی‌متر است که بیشترین بارندگی در سال ۱۳۴۸ شمسی برابر با ۷۸۶ میلی‌متر و کمترین آن در سال ۱۳۴۳ برابر ۲۴۲ میلی‌متر بوده است.

داده‌های موردنیاز

تصاویر ماهواره‌ای لندست

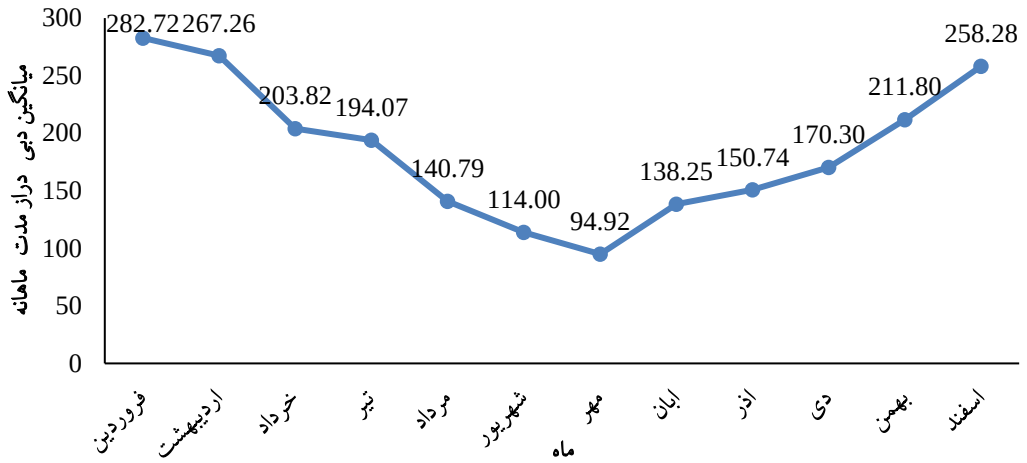
تصویرهای استفاده‌شده در این پژوهش، تصاویر سنجنده‌های TM، ETM^{+} وOLI سری ماهواره‌های لندست است که از تصویر ماهواره لندست ۷ و ۸ با توان تفکیک مکانی ۱۵ متر (باند پنکورماتیک دارد) و تصویر ماهواره لندست ۵ (لندست ۵ باند پنکورماتیک ندارد)

با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر (۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲) استفاده شد. در تصاویر مورداستفاده از مجموعه ۲ سطح ۱ سایت زمین‌شناسی ایالت متحده استفاده شد که این داده ها به‌صورت DN[1] بوده و نیاز به تصحیحات رادیومتریکی، اتمسفری دارد که برای رفع خطای نوار شدگی و انجام تصحیحات لازم نیز از نرم‌افزار ENVI5.6[2] استفاده شد. باتوجه به اینکه از تصاویر ماهواره‌ای برای استخراج اطلاعات آب و پوشش گیاهی از منطقه استفاده می‌شود بدین منظور زمانی را انتخاب می‌کنیم که بیشترین و یا حداکثر حجم آبی تالاب در سال در آن ماه قرار داشته باشد و همچنین نباید به‌گونه‌ای باشد که آب تالاب در اثر تبخیر و تعرق ازدست‌رفته باشد؛ بنابراین بر اساس اطلاعات بارش و تبخیر سایت اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه و اطلاعات اداره آب منطقه‌ای استان کرمانشاه به ترتیب به محاسبه‌ی میانگین درازمدت ماهیانه بارش، تبخیر و دبی سراب سبز علی برای سی سال آماری (۱۴۰۰-۱۳۷۰) پرداختیم. سپس بر اساس اینکه چه ماهی دارای بیشترین میانگین بلندمدت بارش و کمترین میانگین بلندمدت تبخیر و بالاترین میانگین بلندمدت دبی است ماه موردنظر را انتخاب کردیم. بر اساس جدول (۱) و شکل (۲) ماه اسفند به‌عنوان ماهی که بیشترین و یا حداکثر حجم آبی تالاب در سال در آن ماه قرار دارد انتخاب شد که در ماه موردنظر بیشترین میانگین بلندمدت بارش به میزان ۵۹.۸۲ میلی‌متر و کمترین میانگین بلندمدت تبخیر به میزان ۱.۹۳ میلی مترو بیشترین میانگین بلندمدت دبی به میزان ۲۵۸.۲۸ لیتر بر ثانیه است (این ماه بر اساس ماه میلادی در ماه مارس قرار می‌گیرد).

جدول ۱. میانگین درازمدت بارش و تبخیر سی‌ساله ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه

ماه	میانگین بلندمدت بارش	میانگین بلندمدت تبخیر
فروردین	٦٦.۲۷	۱۰۲.۸۳
اردیبهشت	٤۲.٦۸	۱۸۰.۳۰
خرداد	۲.۸۹	۲۸۸.۳۱
تیر	۰.۵۰	۳٦۳.۹۰
مرداد	۰.۳۸	۳٦۷.۱۷
شهریور	۱.۵۰	۳۰۳.۱۵
مهر	۱۲.۹۹	۱۹۵.۰۹
آبان	٦۵.۲۸	۸٦.۸۰
آذر	۵۵.۳۹	۳۱.۷۸
دی	٤۷.۳۰	۰
بهمن	۵۹.۲۸	۰
اسفند	۵۹.۸۲	۱.۹۳

[1] Digital Number
[2] Environment for Visualizing Images



شکل ۲. میانگین دبی بلندمدت ماهانه سراب سبز علی

استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای

برای استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای باید مراحل زیر را انجام داد:

الف) پیش‌پردازش داده‌های ماهواره‌ای

تصحیحات رادیومتریکی

تصاویر سنجش‌ازدور همیشه حاوی خطاهایی در مقادیر ثبت‌شده پیکسل‌ها هستند که به‌عنوان خطاهای رادیومتریکی شناخته می‌شوند. تصحیحات رادیومتریکی برای کاهش یا حذف دو نوع خطا استفاده می‌شود: خطاهای اتمسفری و خطاهای دستگاهی. خطاهای اتمسفری به آن دسته از خطاهایی گفته می‌شود که به دلیل تأثیر اتمسفر روی انرژی الکترومغناطیس رخ می‌دهد. خطاهای دستگاهی خطاهایی هستند که در طراحی یا عملکرد سنجنده رخ می‌دهد. این نوع خطاها متفاوت بوده و از سنجنده به سنجنده دیگر متفاوت بر اساس نوع سیستم به‌کاربرده شده متفاوت هست (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶). تصویر اولیه‌ای که سنجنده به ما می‌دهد درجه خاکستری (DN value) است و معنای فیزیکی ندارد؛ بنابراین با انجام تصحیح رادیومتریکی درجه خاکستری (DN value) را به رادیانس تبدیل می‌کنیم.

تصحیح اتمسفری

خطای اتمسفری در نتیجه جذب و پراکنش ذرات اتمسفر رخ می‌دهد. خطاهای اتمسفری باعث محوشدن جزئیات تصویر می‌شود و درنتیجه قدرت تفکیک مکانی سنجنده را نیز کاهش می‌دهد. بیشترین اثر اتمسفری مربوط به پراکنش است که وابستگی زیادی به طول‌موج دارد، بنابراین اثر اتمسفر در باندهای مختلف یک سنجنده باهم یکسان نیست. هرچه طول‌موج بیشتر شود اثر پراکنش اتمسفری نیز کمتر خواهد بود (ریچاردز[1]، ۲۰۰۵). تصحیح اتمسفر اغلب در کارهای معمولی زمانی که مقدار خطای اتمسفری آن‌قدر زیاد نیست که مانعی برای استخراج اطلاعات محسوب شود، اغلب اعمال نمی‌شود؛ اما برای کار دقیق، به‌خصوص در مواردی که مقدار واقعی انرژی ساطع‌شده از یک جسم موردنیاز است، باید تصحیح اتمسفری روی تصویر اعمال شود. تصحیح اتمسفر در مواردی ضروری است که شدت سیگنال ساطع‌شده توسط جسم کمتر از اثر اتمسفری باشد. این مسئله در مطالعات اقیانوس‌شناسی بیشتر دیده می‌شود. آب انرژی الکترومغناطیسی را مخصوصاً در طول‌موج‌های بلند جذب می‌کند و بنابراین میزان انرژی ساطع‌شده از سطح آب کم است و معمولاً اثرات جوی در مناطق آبی مشهود است. در هنگام کشف تغییرات مقایسه دو تصویر در دو زمان مختلف، نیز بهتر است اثر اتمسفر از روی مقادیر

[1] Richards

پیکسل‌ها برداشته شود تا بتوان مقایسه بهتری از تصاویر مورداستفاده به‌منظور کشف تغییرات داشت (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶). خروجی حاصل از تصحیح اتمسفری (QUAC)[1]، تصویر بازتاب سطحی است؛ یعنی خروجی آن نشان‌دهنده بازتاب‌هایی است که اثر اتمسفر از روی آن حذف‌شده و بازتاب‌های ثبت‌شده توسط سنسور معادل بازتاب‌هایی است که از سطح زمین منتشرشده است. بدین خاطر تصحیحات اتمسفری انجام می‌شود که اثر پخش و جذب امواج الکترومغناطیس در محدوده امواج مرئی و مادون‌قرمز، از بین برده شود.

بالابردن قدرت تفکیک مکانی و نرمال کردن مقادیر

تصویر به‌دست‌آمده از تصحیح اتمسفری را با تصویر پانکروماتیک (قدرت تفکیک مکانی این تصاویر از متوسط تا بسیار زیاد است) مربوطه تلفیق می‌کنیم تا بتوانیم یک تصویر باقدرت تفکیک مکانی ۱۵ متری داشته باشیم. باند پانکروماتیک دارای توان تفکیک مکانی ۱۵ متری است و سایر باندهای لندست دارای توان تفکیک مکانی ۳۰ متری هستند به همین خاطر مبنای افزایش اطلاعات مکانی ما هستند. مزیت تصویری که دارای توان تفکیک مکانی ۱۵ متری است این است که مساحت دقیق‌تری را نسبت به تصویری که ۳۰ متری است برآورد می‌کنیم. مقادیر بازتاب سطحی باید ازلحاظ فیزیکی در بازهٔ ۰ تا ۱ قرار داشته باشد؛ بنابراین باید فرمولی بنویسیم که ضمن نگه‌داشتن نسبت بازتاب باندها نسبت به هم دیگر، رنج مقدار را به بازهٔ ۰ تا ۱ منتقل می‌کند. مزیت دیگر نرمال کردن مقادیر بازتاب سطحی این است که محاسبه شاخص‌های طیفی را برای ما آسان‌تر می‌کند.

ب)پردازش تصاویر ماهواره‌ای (استخراج اطلاعات)

شاخص اصلاحی آب تفاضلی نرمال شده[2](MNDWI)

در این مطالعه برای تفکیک مرز آب و خشکی از شاخص MNDWI استفاده شد. این شاخص از ترکیب باندهای سبز (Green)و مادون‌قرمز میانی (Mid- infrared)ایجادشده است. باند سبز (۰.۵۲ µm–۰.۶) حساس به تفاوت کدورت آب و رسوب و توده آلودگی است؛ چراکه اوج بازتاب سبز از سطح برگ را پوشش می‌دهد که می‌تواند برای تشخیص طبقات گسترده‌ای از پوشش گیاهی مفید باشد. باند مادون‌قرمز میانی (۱.۶۰–۱.۷۰ µm) مغایرت قوی بین ویژگی‌های زمین و آب باتوجه به درجه بالایی از جذب توسط آب و بازتاب قوی توسط زمین را در این محدوده نشان می‌دهد؛ بنابراین، الگوریتم MNDWI که ترکیبی از باندهای سبز(Green) و مادون‌قرمز میانی (Mid- infrared) است، برای تبعیض بین زمین و آب ایده آل است و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (گوش و همکاران[3]، ۲۰۱۵).

$$MNDWI= (GREEN - MIR) / (GREEN+ MIR) \quad (۱)$$

خروجی تصویر نرمال شده را به‌عنوان ورودی دستور spectral index در نظر می‌گیریم و با استفاده از این دستور در نرم‌افزار ENVI 5.6 به محاسبه شاخص MNDWI می‌پردازیم. MNDWI برای پهنه‌های آبی دارای مقادیر مثبت است.

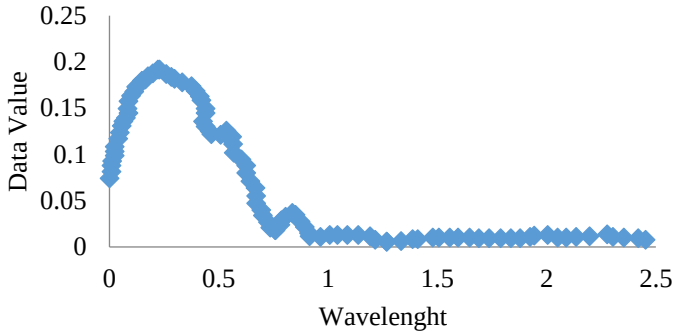
جدا کردن آب از سایر پوشش‌ها:

با استفاده از دستورTarget Detection Wizard در نرم‌افزار ENVI 5.6 به جدا کردن آب از سایر پوشش‌ها می‌پردازیم و شیپ فایل خروجی دستور Target Detection Wizard را در محیط ARC GIS 10.8.2 فراخوانی کرده و مساحت پهنه آبی را بر اساس کیلومترمربع محاسبه می‌کنیم و درنهایت نقشه مربوطه را استخراج می‌کنیم. نرم‌افزار ENVI 5.6 یک سیستم تحلیل تصاویر هست که قابلیت تحلیل تصاویر را می‌تواند برای ما فراهم کند. در سنجش‌ازدور تغییرات نسبی مساحت پهنه آبی را نشان می‌دهد، اما مقادیر مطلق را نمی‌تواند برآورد کند، لذا در سنجش‌ازدور یک برآورد نسبی از پدیده‌ها وجود دارد (یوسفی روشن، ۱۴۰۱).

[1] Quick Atmospheric Correction
[2] Modified Normalized Difference Water Index
[3] Ghosh et al

ج) پس‌پردازش (اعتبارسنجی به روش تحلیل طیفی)

مقدار انرژی که به سنجنده می‌رسد تا حد زیادی به نحوه تعامل انرژی با جسم بستگی دارد. اگر برای هر جسم، مقدار انرژی منعکس‌شده از کل انرژی رسیده به جسم در طول‌موج‌های مختلف اندازه‌گیری شود و به‌صورت نمودار رسم شود، منحنی حاصل را منحنی رفتار طیفی یا امضای طیفی (Spectral Signature) می‌نامند. منحنی رفتار طیفی یک بردار دوبعدی است که شامل محور افقی (طول‌موج) و محور عمودی (شدت بازتاب) است. این انرژی‌ها را می‌توان در آزمایشگاه یا در یک محیط واقعی اندازه‌گیری کرد. پس از ترسیم منحنی رفتار طیفی اطلاعات بسیار زیادی راجع به شیء و چگونگی ظاهرشدن آن در تصویر می‌توان به دست آورد (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۶). به‌عنوان‌مثال اگر به منحنی رفتار طیفی پوشش آبی در شکل (۳) توجه کنید درمی‌یابید که آب به‌صورت کلی جذب‌کننده امواج است و نسبت بازتاب در آن در مقایسه با سایر پوشش‌های سطح زمین بسیار اندک است. بیشترین بازتاب آب در باند آبی طیف است و هرچه از باند آبی به سمت بخش مادون‌قرمز طول‌موج کوتاه حرکت می‌کنیم نسبت بازتاب به‌شدت کاهش پیدا می‌کند تا آنکه در بازه مادون‌قرمز میانی میزان بازتاب آب به صفر می‌رسد. آب بیشتر از آنکه پدیده‌های مختلف را بازتاب کند جذب می‌نماید.



شکل ۳. منحنی رفتار طیفی آب در طول‌موج‌های مختلف طیف الکترومغناطیس

می‌توانیم از طریق رفتارهای طیفی که در داخل تصویر به‌دست‌آمده نسبت به اعتبارسنجی خروجی‌مان اقدام کنیم به این صورت که یک محدوده‌ای که دارای پوشش آبی است را با استفاده از نرم‌افزار envi و دستورspectral profil ، انتخاب می‌کنیم و رفتار طیفی به‌دست‌آمده از آن را ارزیابی می‌کنیم اگر رفتار طیفی به‌دست‌آمده کاملاً از رفتار طیفی شاخص پوشش آبی پیروی کند می‌توانیم نتیجه بگیریم که پهنه‌های آبی استخراج‌شده از تصاویر به‌خوبی از سایر پوشش‌ها جداشده‌اند و نتایج پردازش تصاویر به ما اطلاعات صحیحی ارائه را می‌دهند.

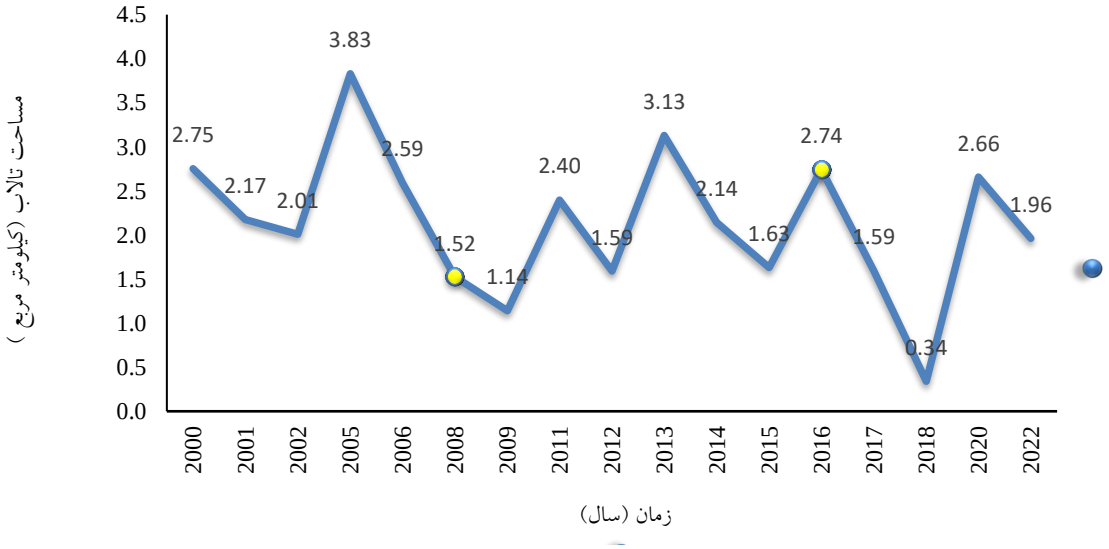
یافته‌ها

محاسبه مساحت پهنه آبی تالاب هشیلان

در پژوهش حاضر تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب هشیلان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ موردبررسی قرار گرفت. بر اساس اطلاعات میانگین بلندمدت ماهانه بارش و تبخیر ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه طی ۳۰ سال اخیر ماه اسفند به‌عنوان ماهی که بیشترین میزان بارش و کمترین میزان تبخیر راداریم انتخاب شد و باتوجه به اینکه بخش اصلی تأمین آب تالاب هشیلان از طریق سراب سبز علی تأمین می‌شود و بر اساس شکل (۲) نیز بالاترین میانگین دبی بلندمدت ماهانه سراب سبز علی به ترتیب در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و اسفند رخداده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سراب سبز علی به‌عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده آب تالاب به دلیل اینکه در ماه اسفند دارای بیشترین میانگین دبی بلندمدت ماهانه بوده و در ماه موردنظر نیز دارای بیشترین میانگین بلندمدت ماهانه بارش و کمترین میانگین بلندمدت تبخیرمی باشد؛ بنابراین تالاب در این ماه دارای بیشترین میزان سطح آب نیز است؛ بنابراین برای محاسبه مساحت پهنه آبی تالاب در سال‌های مدنظر از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 7,8باقدرت تفکیک مکانی ۱۵ مترو Landsat 5باقدرت تفکیک مکانی ۳۰

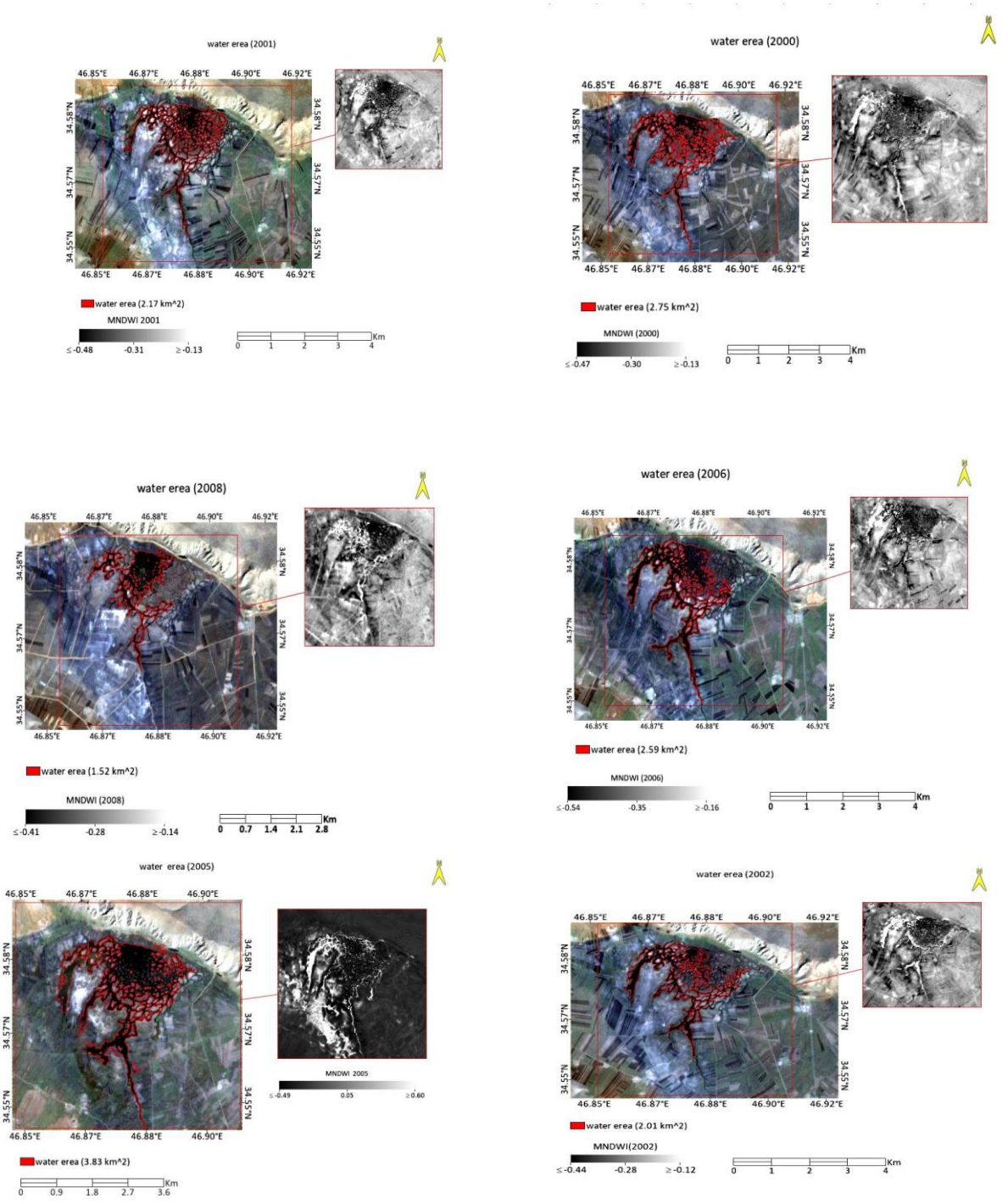
متر استفاده شد و پیش‌پردازش‌های لازم روی تصاویر اعمال شد. در گام بعدی، با استفاده از دستور Target Detection Wizard مساحت پهنه آبی تالاب به‌صورت کیفی برای هر یک از تصاویر گرفته‌شده در دوره زمانی ۲۲ ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲) به دست می‌آوریم و با استفاده از نرم‌افزار ARC MAP 10.8.2 به محاسبه مساحت پهنه آبی تالاب بر اساس کیلومترمربع پرداختیم و درنهایت، نقشه‌های تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ به دست آمد.

بر اساس شکل (۳) روند تغییرات مساحت پهنه آبی تالاب در دوره موردمطالعه نشان‌دهنده آن است که مساحت پهنه آبی تالاب هشیلان در سال ۲۰۰۰ برابر با ۲.۷۵ کیلومترمربع و در سال ۲۰۰۸ برابر با ۱.۵۲ کیلومترمربع است و در دوره ۸ ساله اول مساحت تالاب هشیلان ۱.۲۳ کیلومترمربع کاهش‌یافته است و نیز مساحت تالاب در سال ۲۰۰۹ برابر با ۱.۱۴ کیلومترمربع و در سال ۲۰۱۶ برابر با ۲.۷۴ کیلومترمربع است که در دوره ۸ ساله دوم مساحت تالاب ۱.۶۰ کیلومترمربع افزایش‌یافته است. همچنین در سال ۲۰۱۷ مساحت تالاب برابر با ۱.۵۹ کیلومترمربع و در سال ۲۰۲۲ برابر با ۱.۹۶ کیلومترمربع است که در چند سال اخیر مساحت تالاب ۰.۳۷ کیلومترمربع افزایش‌یافته است. بر اساس شکل (۳) طی ۲۲ سال گذشته مساحت تالاب ۰.۷۹ کیلومترمربع کاهش‌یافته است و مساحت تالاب بین ۳.۸۳ کیلومترمربع تا ۰.۳۴ کیلومترمربع نوسان می‌نماید و همچنین کمترین مساحت در سال ۲۰۱۸ به میزان ۰.۳۴ کیلومترمربع و بیشترین افزایش مساحت در سال ۲۰۰۵ به میزان ۳.۸۳ کیلومترمربع بوده است.

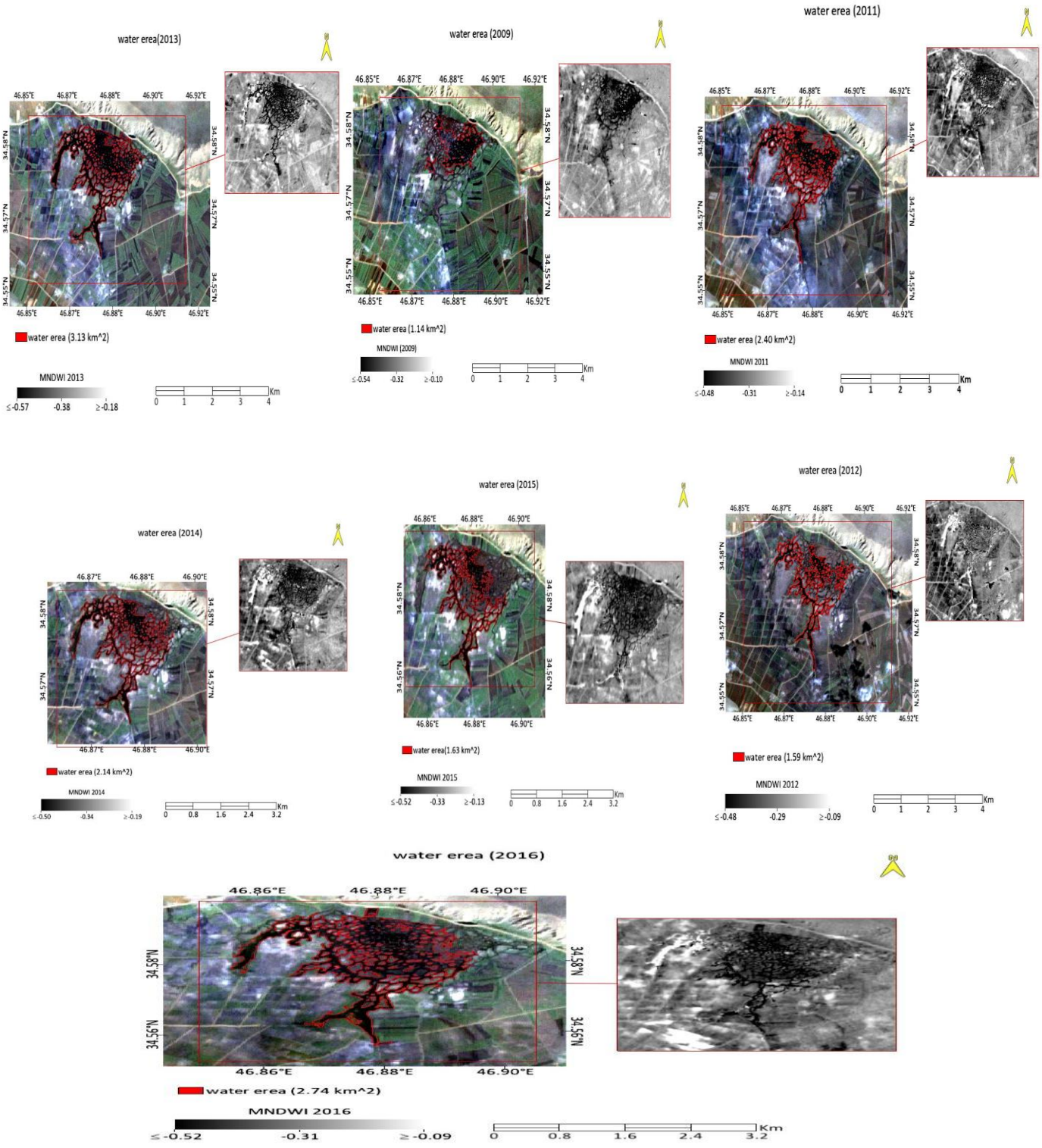


شکل ۳. نمودار تغییر مساحت تالاب طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ (ماه اسفند)

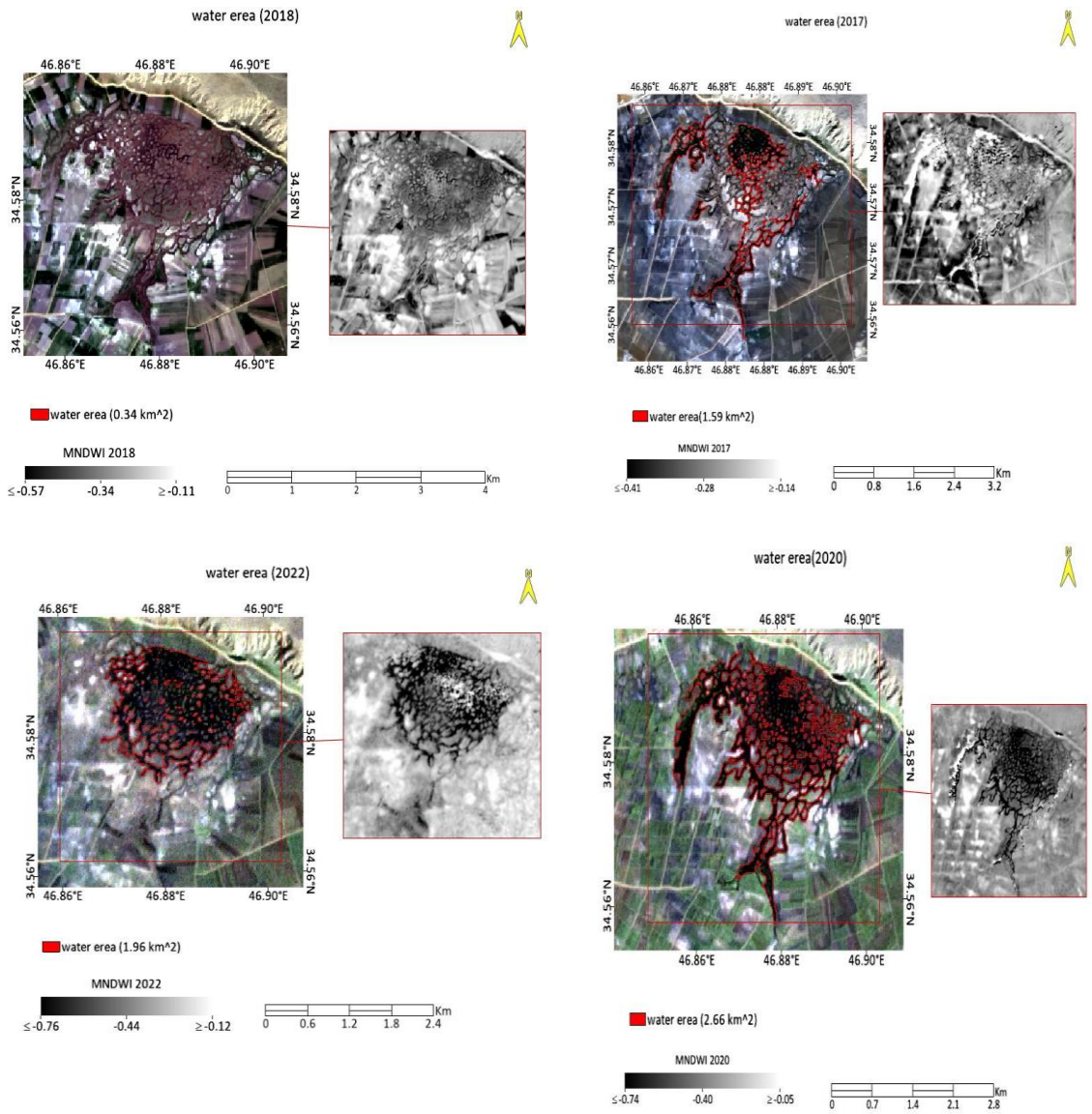
شکل‌های (۴ تا ۶) نقشه تغییرات مساحت آب تالاب هشیلان با استفاده از دستور Target Detection Wizard در نرم‌افزار ENVI5.6، در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ نشان می‌دهد.



شکل ٤. تغییر مساحت پهنه آبی تالاب برای دوره هشت‌ساله اول



شکل ۵. تغییر مساحت پهنه آبی تالاب برای دوره هشت‌ساله دوم



شکل ٦. تغییر مساحت پهنه آبی تالاب برای چندین ساله آخر

جدول ۲. تغییرات سطح آب تالاب هشیلان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲

سال	مساحت پهنه آبی تالاب (کیلومترمربع)	تغییرات مساحت سطح تالاب نسبت به سال قبل (کیلومترمربع)	تغییرات مساحت سطح تالاب نسبت به سال ۲۰۰۰
۲۰۰۰	۲.۷۵		
۲۰۰۱	۲.۱۷	-۰.۵۸	-۰.۵۸
۲۰۰۲	۲.۰۱	-۰.۱۶	-۰.۷۴
۲۰۰۵	۳.۸۳	۱.۸۲	۱.۰۸
۲۰۰۶	۲.۵۹	-۱.۲۴	-۰.۱۶
۲۰۰۸	۱.۵۲	-۱.۰۷	-۱.۲۳
۲۰۰۹	۱.۱۴	-۰.۳۸	-۱.۶۱
۲۰۱۱	۲.۴۰	۱.۲۶	-۰.۳۵
۲۰۱۲	۱.۵۹	-۰.۸۱	-۱.۱۶
۲۰۱۳	۳.۱۳	۱.۵۴	۰.۳۸
۲۰۱۴	۲.۱۴	-۰.۹۹	-۰.۶۱
۲۰۱۵	۱.۶۳	-۰.۵۱	-۱.۱۲
۲۰۱۶	۲.۷۴	۱.۱۱	-۰.۰۱
۲۰۱۷	۱.۵۹	-۱.۱۵	-۱.۱۶
۲۰۱۸	۰.۳۴	-۱.۲۵	-۲.۴۱
۲۰۲۰	۲.۶۶	۲.۳۲	-۰.۰۹
۲۰۲۲	۱.۹۶	-۰.۷	-۰.۷۹

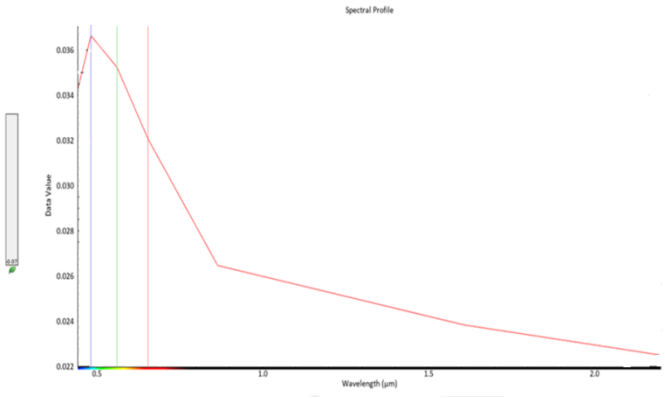
علامت منفی نشان‌دهنده کاهش مساحت تالاب و علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش آن است.

بر اساس جدول (۲) بیشترین میزان کاهش سطح آب تالاب مربوط به سال ۲۰۱۸ است که در این سال میزان کاهش مساحت سطح تالاب نسبت به سال قبل برابر با ۱.۲۵- کیلومترمربع است و در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۲۰ شاهد بیشترین مقدار افزایش مساحت سطح آب تالاب نسبت به سال‌های قبل هستیم که مقدار آن به ترتیب ۱.۸۲ و ۲.۳۲ کیلومترمربع است. بیشترین میزان کاهش سطح تالاب نسبت

به سال ۲۰۰۰ در سال ۲۰۱۸ اتفاق افتاده است که میزان این تغییر برابر با ۲.۴۱- کیلومترمربع است و بیشترین میزان افزایش مساحت تالاب در سال ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است که در این سال میزان تغییرات برابر با ۱.۰۸ کیلومترمربع است.

اعتبارسنجی به روش تحلیل منحنی رفتار طیفی

باتوجه به شکل (۷) مشاهده می‌کنیم که رفتار طیفی به‌دست‌آمده کاملاً از رفتار طیفی شاخص پوشش آبی پیروی می‌کند و کاملاً افزایش و کاهش روند بازتابی در محدوده‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی را به‌خوبی می‌توانیم در محدوده مرئی و مادون‌قرمز ملاحظه کنیم. باتوجه به شکل (۷) و مقایسه آن با منحنی رفتار طیفی آب، مشاهده شد که پهنه‌های آبی استخراج‌شده از تصاویر به‌خوبی از سایر پوشش‌ها جداشده‌اند و نتایج پردازش تصاویر به ما اطلاعات صحیحی ارائه می‌دهند. همچنین، از توجه به مقدار شاخص NDVI برای پوشش آبی که منفی شده است، می‌توان نتیجه گرفت که ناحیه آبی به‌خوبی استخراج‌شده است. ستونی که در سمت چپ نمودار قرارگرفته است مقدار شاخص NDVI را به میزان ۰.۰۷-، به ما نشان می‌دهد. با استفاده از نمودار طیفی نسبت جذب و بازتاب آب، می‌توان به‌وضوح تفاوت‌ها و الگوهای مختلف در طیف بازتاب آب را مشاهده کرد.



شکل ۷. منحنی رفتار طیفی برای پوشش آبی در نرم‌افزار ENVI

بحث

در تحقیق حاضر تغییرات مساحت و سطح تالاب هشیلان طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ برای ماه اسفند موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طی ۲۲ ساله گذشته برای ماه مذکور تالاب به میزان ۰.۷۹ کیلومترمربع با کاهش سطح آب و خشکی مواجه شده است به‌طوری‌که برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ مساحت پهنه آبی تالاب به میزان ۱.۲۳ کیلومترمربع کاهش‌یافته است و همچنین طی دوره ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۶ برخلاف دوره قبل تالاب مذکور با پیشروی آب و افزایش مساحت مواجه بوده است به‌طوری‌که ۱.۶۰ کیلومترمربع به مساحت تالاب افزوده‌شده است و در سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲ مساحت پهنه آبی تالاب به میزان ۰.۳۷ کیلومترمربع افزایش‌یافته است. براین‌اساس مشاهده می‌شود که بیشتر مناطق غرب و جنوب غرب تالاب تحت تأثیر این پدیده قرارگرفته است. تالاب هشیلان در سال‌های اخیر به دلیل خشک‌شده تعدادی از چشمه‌های جوشان براثر خشک‌سالی، وجود چاه‌های عمیق در زمین‌های اطراف و بهره‌برداری از آب تالاب از طریق کانال کشاورزی، بدون توجه لازم به میزان ورود آب و صید و شکار بی‌رویه پرندگان، برداشت علوفه، احداث جاده آسفالته که بعضاً از وسط تالاب می‌گذرد تنش‌های شدید هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی بر پیکره آن‌ها وارد گردیده است.

نتیجه‌گیری

یکی از ابزارهای مؤثر در زمینه تغییرات مساحت تالاب، استفاده از فناوری سنجش‌ازدور و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل پوشش وسیع مکانی، قدرت تفکیک بالا، هزینه کم، آرشیو زمانی، دسترسی رایگان به تصاویر ماهواره‌ای و وجود

نرم‌افزارهای کاربردی و شاخص‌های طیفی کاربردی، اهمیت فراوانی در مطالعات برآورد مساحت پهنه‌های آبی پیدا کرد. در این پژوهش سعی شد که از طریق سنجش‌ازدور و پردازش تصاویر ماهواره‌ای، مساحت سطحی تالاب هشیلان محاسبه گردد. تصاویر ماهواره لندست از وب‌سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات‌متحده آمریکا https://earthexplorer.usgs.gov دانلود گردید. بعد از دانلود تصاویر ماهواره‌ای لندست در نرم‌افزار ENVI5.6 محدوده تالاب هشیلان، برش زده شد، خطای تصاویر ماهواره‌ای ازلحاظ رادیومتریکی و اتمسفری برطرف شد. جهت ارتقای توان تفکیک مکانی منطقه موردمطالعه تصویر پیکسل سایز ۳۰ متری را به پیکسل سایز ۱۵ متری تبدیل شد تا توان تفکیک منطقه موردمطالعه ارتقا پیدا کند (توان تفکیک ۱۵ متری اطلاعات دقیق‌تری نسبت به برآورد مساحت سطحی تقریبی تالاب را در اختیار ما قرار می‌دهد)، سپس به نرمال کردن مقادیر بازتاب سطحی پرداختیم. برای تعیین مساحت پهنه آبی تالاب در ماه اسفند هرسال طی سال‌های (۲۰۲۲-۲۰۰۰) از دستور Target Detection Wizard در نرم‌افزار ENVI5.6 استفاده شد و شیب فایل خروجی در Arc Map10.8.2 فراخوانی و مساحت پهنه آبی تالاب هشیلان برحسب کیلومترمربع در تاریخ اخذ تصاویر ماهواره محاسبه شد. نتایج حاصل از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های موردبررسی نشان‌دهنده این نکته است که در سال ۲۰۱۸ تالاب دارای کمترین میزان سطح خود در دو دهه گذشته بوده که مساحت آن در این سال برابر ۰.۳۴ کیلومترمربع است و همچنین بیشترین میزان مساحت پهنه آبی تالاب در سال ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است که در این سال مساحت پهنه آبی مرتبط با آن ۳.۸۳ کیلومترمربع است. پس از بررسی و مقایسه نتایج این پژوهش با سایر مطالعات انجام‌شده در این حوزه، نتیجه گرفتیم که در پژوهشی که توسط نجفی و همکاران (۱۳۹۲) برای بررسی روند افت آب در تالاب هشیلان و نگرانی از خشک‌شده این تالاب انجام شد، باتوجه به خطوط هم افت ترسیم‌شده در اطراف تالاب که نشان از افت ۲ تا ۸ متری در محدوده اطراف تالاب در یک بازه زمانی ده‌ساله دارد با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش که نشان‌دهنده کاهش مساحت تالاب در سال‌های مذکور به میزان ۰.۳۵ کیلومترمربع است، همخوانی دارد. همچنین وسعت تالاب هشیلان در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۰، دارای روند کاهشی به میزان ۱.۶۱ کیلومترمربع و در سال ۲۰۰۸ نسبت به سال ۲۰۰۰، کاهش وسعتی به میزان ۱.۲۳ کیلومترمربع رخداده است که با پژوهش انجام‌شده توسط نوروزی میرزایی و کرم علی (۱۳۹۴) که حاکی از کاهش وسعت تالاب در فاصله سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۸ به میزان ۱.۲ کیلومترمربع است مطابقت دارد. کاهش وسعت تالاب به میزان ۱.۴۵ کیلومترمربع در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۶، انطباق خوبی با نتایج پژوهش ویسی و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی خشک‌سالی بر تالاب هشیلان دارد. در این پژوهش، نتایج حاصل نشان می‌دهد که مساحت تالاب در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۷ حدود ۱.۷ کیلومترمربع کاهش‌یافته و حدود ۴۷٪ از سطح تالاب خشک‌شده است. نتایج تحقیق نشان‌دهنده این است که تجزیه‌وتحلیل تصاویر ماهواره‌ای به کمک فنون سنجش‌ازدور می‌تواند به‌طور مؤثری روند تغییرات مساحت تالاب را در بازه‌های زمانی به‌خوبی نشان دهد. نتایج حاصل از تفسیر تصاویر ماهواره‌ای طی سال‌های موردبررسی نشان‌دهنده کاهش وسعت تالاب هشیلان به‌ویژه در ناحیه غرب و جنوب غرب تالاب است که می‌توان دلیل آن را هم وقوع پدیده‌های طبیعی مانند وقوع خشک‌سالی و دوره‌های کم‌آبی و همچنین اثرات نامطلوب فعالیت‌های انسانی مانند افزایش دسترسی انسان به تالاب از طریق راه‌های دسترسی در این ناحیه و همچنین تصرف اراضی تالابی توسط روستاییان و تبدیل کردن آن‌ها به اراضی کشاورزی دانست. متخصصان محیط‌زیست بر این باورند که تالاب هشیلان در سه سال ۱۳۸۷، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ دچار خشکی کامل شده است که دلیل آن را می‌توان به خشک شدن تعدادی از چشمه‌های جوشان براثر خشک‌سالی، وجود چاه‌های عمیق در زمین‌های اطراف و بهره‌برداری از آب تالاب از طریق کانال کشاورزی، بدون توجه لازم به میزان ورود آب، ربط داد. در این شرایط اکوسیستم تالاب کاملاً تغییریافته است و پرندگان آبزی دیگر در این منطقه زندگی نمی‌کنند و بسیاری از پرندگان مهاجر به مناطق گرمسیری مهاجرت کرده و مسیر مهاجرت آن‌ها بستگی به زیستگاه‌های طول مسیر دارد. باتوجه به سیر تحولات ناخوشایند تالاب هشیلان، ادامه روند شرایط کنونی می‌تواند موجودیت و یکپارچگی تالاب هشیلان را با خطر جبران‌ناپذیری مواجه کند. مدیریت اکوسیستمی تالاب با تدوین یک برنامه مدیریتی به‌منظور حفظ و احیای ساختار و عملکردهای این اکوسیستم با پایداری طولانی‌مدت، می‌تواند راهگشا باشد. باتوجه به اینکه تالاب‌ها با فعل‌وانفعالات و فرایندهای بالادست و پایین‌دست خود در ارتباط هستند، تالاب هشیلان باید در چارچوب حوزه آبریز تالاب مدیریت شود، چراکه فعالیت‌های حوزه بر تالاب اثر خواهند داشت. باتوجه به بررسی امکانات و محدودیت‌های منطقه موردمطالعه، برخی از اهداف کلی برای برنامه مدیریتی تالاب هشیلان شامل تأمین آب کافی برای تالاب از طریق بررسی و تعیین حداقل نیاز آبی تالاب، پیاده‌سازی مدیریت یکپارچه منابع آب حوزه آبریز تضمین کیفیت آب تالاب؛ از طریق تدوین استانداردهای مناسب برای کیفیت آب تالاب هشیلان، ایجاد شبکه و انجام پایش کیفیت آب تالاب، جلوگیری از ورود انواع آلودگی‌ها به آب تالاب و جلوگیری از تصرف و تغییر کاربری، از طریق تعیین

حریم و علامت‌گذاری محدوده تالاب، حفظ و نگهداری مناطق مناسب برای برخی از استفاده‌های انسانی همراه با به حداقل رساندن اثرات آن‌ها بر زیست‌بوم تالاب است.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله از تمام کسانی که آن ها را در انجام این تحقیق یاری کردند، صمیمانه تشکر می کنند.

منابع

آرخی، صالح.، و نیازی، یعقوب. (۱۳۸۹). ارزیابی روش‌های مختلف سنجش‌ازدور برای پایش تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی حوزه دره شهر – استان ایلام). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۷(۱)، ۹۳– ۷۴. https://civilica.com/doc/1633066

اسماعیلی افق، علیرضا. (۱۳۹۰). ارزیابی شرایط تروفی تالاب چغاخور. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه بوم‌شناسی آبزیان شیلاتی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. https://library.iut.ac.ir/dL/search/default.aspx?Term=6863&Field=0&DTC=107

امیری، خدیجه.، سید کابلی، حسام.، و محمودی کهن، 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). علوم و مهندسی آبیاری، ۴۴(۴)، ۵۹–۷۴. https://doi.org/10.22055/jise.2020.31854.1898

بیات، رضا.، جعفری، سمیه.، و چرخابی، امیرحسین. (۱۳۹۳). پایش تغییرات سطح خاک، پوشش گیاهی و آب در تالاب شادگان با استفاده از فن آوری سنجش‌ازدور. دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری، سمنان، ایران. https://civilica.com/doc/32949

جعفربیگلو، منصور.، ویسی، عبدالکریم.، نورایی صفت، ایثار.، و نادری، سیروس. (۱۳۹۴). ارزیابی تأثیرات خشکسالی بر تالاب هشیلان. اکو بیولوژی تالاب (تالاب)، ۷(۲۵)، ۹۲–۸۱. https://sid.ir/paper/174800/fa

جوادی، فاطمه.، رضایان، سحر.، و جوزی، سید علی. (۱۳۹۹). ارزیابی شاخص‌های کمی ماهواره‌ای در تعیین سطح پهنه‌های آبی با استفاده از سنجنده‌های ماهواره‌ای (مطالعه موردی: تالاب زریبار استان کردستان). اکوهیدرولوژی، ۷(۲)، ۵۵۰–۵۳۹. https://doi.org/10.22059/ije.2020.295355.1267

رحیمی بلوچی، لیلا.، زرع کار، آزاده.، و ملک‌محمدی، بهرام. (۱۳۹۱). بررسی تغییرات زیست‌محیطی با استفاده از سنجش‌ازدور و شاخص کیفیت آب (مطالعه موردی: تالاب بین‌المللی شادگان). سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۳(۴)، ۵۵–۴۳. https://sid.ir/paper/189632/fa

رضایی، یوسف.، و فاطمی، سید باقر. (۱۳۹۶). کتاب مبانی سنجش‌ازدور. نشر آزاده، تهران، ایران. https://www.gisoom.com/book/11362937

شرکت مهندسین مشاور گزین سازه توس. (۱۳۹۴). گزارش انجام مطالعات شرایط پایه زیست‌محیطی تالاب هشیلان (استان کرمانشاه). خراسان رضوی، ایران. https://bamahse.com/gstce.html

طرح حفاظت از تالاب‌های ایران.، و مهندسین مشاورآسارب. (۱۳۹۷).راهنمای تعیین نیاز آبی تالاب‌ها. نشر طلایی، تهران، ایران. https://api.cwipkm.ir/storage/content_attache/Manual%20for%20determining%20the%20water%20requirement%20of%20the%20wetlands.pdf

مظفری، غلامعلی.، و نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹۳). بررسی میزان بارش بر تغییر سطح آب دریاچه مهارلو با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور. اکو بیولوژی تالاب، ۶ (۱۹)،۸۲–۷۳. https://sid. r/paper/174840/fa

نجفی، زینب.، کرمی، غلامحسین.، و طاهری، عزیزالله. (۱۳۹۲). بررسی روند افت آب در تالاب هشیلان و نگرانی از خشک‌شدن این تالاب. اولین همایش حفاظت از تالاب‌ها و اکوسیستم‌های آبی، همدان، ایران. https://civilica.com/doc/207693

نوروزی میرزایی، مصطفی،، و کرم علی، اشرف. (۱۴۰۱). ارزیابی اثرگذاری خشکسالی‌های متعدد دهه ۱۹۹۸ – ۲۰۰۸ بر تالاب‌های غرب ایران: مطالعه موردی تالاب کارستی هشیلان. دهمین کنفرانس بین‌المللی کشاورزی، محیطزیست، توسعه شهری و روستایی، تفلیس، گرجستان. https://civilica.com/doc/1541984

یوسفی روشن، محمدرضا. (۱۴۰۱). برآورد پهنه آبی دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ با استفاده از شاخص MNDWI. جغرافیا، ۲۰(۷۴)، ۱۸۶-۱۶۵. https://sid.ir/paper/1046237/fa

References

Arekhi, S., & Niazi, Y. (2010). Assessing different remote sensing techniques to detect land use changes (case study in Dareshahr, Ilam province). Iranian journal of Range and Desert Research, 17(1), 74-93. https://civilica.com/doc/864204/ [In Persian]

Amiri, K., Seyed kaboli, H., & Mahmoodi-kohan, F. (2021). Study and monitoring of wetland area changes and its impact on wetland surface temperature using NDWI, MNDWI, and AWEI indices (case study: Hor-alazim and Shadegan wetlands). Irrigation Sciences and Engineering, 44(4), 59-74. https://doi.org/10.22055/jise.2020.31854.1898[In Persian]

Bastawesy, M. A., Khalaf, F. I., & Arafat, S. M. (2008). The use of remote sensing and GIS for the estimation of water loss from Tushka lakes, southwestern desert, Egypt. Journal of African Earth Sciences, 52(3), 73-80. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2008.03.006

Bayat, R., Jafari, S ., & Charkhabi, A.H.(2014). Monitoring of soil surface changes, vegetation and water in Shadegan Wetland using the technology of cross-sensing .The second national conference on desert with the approach of managing arid and desert areas, Semnan, Iran. https://civilica.com/doc/329497[In Persian]

Conservation Plan of Iranian Wetlands., & Assarab Consulting Engineers. (2018). guide to Determining the Water Needs of Wetlands. Talaee Publishing, Tehran, Iran. https://api.cwipkm.ir/storage/content_attache/Manual%20for%20determining%20the%20water%20requirement%20of%20the%20wetlands.pdf [In Persian]

Cui, B., Tang, N., Zhao, X., & Junhong, B. (2009). A management-oriented valuation method to determine ecological water requirement for wetlands in the Yellow River Delta of China. Journal for Nature Conservation, 129-141. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2009.01.003

Esmaeil Ofogh, alireza. (2011). Evaluation of Trofi Wetland Choghakhor. Department of Aquatic Plant Ecology, Faculty of Natural Resources. Master's degree Thesis, Isfahan university of technology, Isfahan, Iran. https://library.iut.ac.ir/dL/search/default.aspx?Term=6863&Field=0&DTC=107 [In Persian]

Garg, J. K. (2015). Wetland assessment, monitoring and management in India using geospatial techniques. Journal of environmental management, 123-148. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.018

Ghosh, M. K., Kumar, L., & Roy, C. (2015). Monitoring the coastline change of Hatiya Island in Bangladesh using remote sensing techniques. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 101, 137-144. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.12.009

Gross, J. E., Nemani, R. R., Turner, W., & Melton, F. (2006). Remote sensing for the national parks. Park Science, 24(1), 30-36.https://www.researchgate.net/profile/John-Gross-5/publication/259286117_Remote_sensing_for_the_national_parks/links/5f0500cfa6fdcc4ca455be83/Remote-sensing-for-the-national-parks.pdf

Gozin Sazeh Toos Consulting Engineers Co. (2015). report of studies of environmental conditions of Heshailan Wetland (Kermanshah province). Razavi Khorasan, Iran. https://bamahse.com/gstce.html [In Persian]

Jafarbigloo, M., Veysi, A., Nuraeesefat, I., & Naderi, Sirus. (2015). study of drought impact assessment on hashiland wetland. journal of wetland ecobiology, 7(25), 81-92. sid. https://sid.ir/paper/174800/en[In Persian]

Javadi, F., Rezayan, S., & Jozi, S. A. (2020). Evaluating Satellite Indicators in Determining the Level of Aquatic Areas Using Satellite Sensors (Case Study: Zaribar Wetland, Kurdistan Province). Iranian journal of Ecohydrology, 7(2), 539-550. https://doi.org/10.22059/ije.2020.295355.1267 [In Persian]

John, A., & Richards, X. J. (2005). Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction Springer.https://torob.com/p/58d9551a-bbee-4098-a0fe-74f08d83993e/%D8%AF%D8%A7%D9%86%D9%84%D9%88%D8%AF%DA%A9%D8%AA%D8%A7%D8%A8-remote-sensing-digital-image-analysis-an-introduction/

Mozafari, G., &Narangifard, M. (2014).The Study of rainfallimpact onMaharlou Lake watersurface change using remote sensingdata. Wetland Ecobiology, 6 (1),73-82.http://jweb.ahvaz.iau.ir/article-1-192-fa.html[In Persian]

Najafi, Z., Karami, Gh.H., & Taheri, A. (2013).Investigating the trend of water loss in Heshailan Wetland and concerns about drying of this wetland.First Conference on Conservation of Wetlands and Aquatic Ecosystems, Hamedan, Iran. https://civilica.com/doc/207693[In Persian]

Norouzi Mirzaei, M., & Karem Ali, A. (2022). Evaluation of the Effect of Decade Droughts(1998-2008)On the Wetlands of Western Iran: A Case Study of Karst Wetland in Heshailan.International Conference on Agriculture, Environment, Urban and Rural Development. Teflis, Georgia . https://civilica.com/doc/1541984[In Persian]

Rahimi Blouchi, L., Zarkar, A., & Malekmohammadi, B. (2012). Detecting environmental change of shadegan international wetland using remote sensing and wrastic index (case study: shadegan international wetland). journal of rs and gis for natural resources (journal of applied rs and gis techniques in natural resource science), 3(4), 43-55. https://sid.ir/paper/189632/en [In Persian]

Rezaei, Yousef And Fatemi, Seyyed Baqir. (2017).the Basics of the Measurement of the From. Tehran, Iran. https://www.gisoom.com/book/11362937[In Persian]

Shokoohi, A., & Hong, Y. (2011). Using hydrologic and hydraulically derived geometric parameters of perennial rivers to determine minimum water requirements of ecological habitats (case study: Mazandaran Sea Basin—Iran). Hydrological Processes, 25(22), 3490-3498. https://doi.org/10.1002/hyp.8076

Yousefiroshan,M. (2022). Estimation of Lake Urmia water area using Landsat 8 satellite imagery using MNDWI Index. Geography, 20(74), 165-186. https://sid.ir/paper/1046237/en[In Persian]

Yuan, F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C., & Bauer, M. E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. Remote sensing of Environment, 98(2-3), 317-328. https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.08.006

Winter, T. C., Rosenberry, D. O., Buso, D. C., & Merk, D. A. (2001). Water source to four US wetlands: implications for wetland management. Wetlands, 21(4), 462-473. https://doi.org/10.1672/0277-5212(2001)021[0462:WSTFUS]2.0.CO;2