

Research Paper



Changes in the area of dams in western Afghanistan and its impact on the water resources of the Zabol Chahnime in a period of 30 years using the TM sensor of the Landsat 5 satellite and the OLI and TIRS sensors of the Landsat 8 satellite



Mehdi Feyzolahpour¹

1. Associate Professor, Geomorphology, University of Zanjan, Zanjan, Iran. feyzolahpour@znu.ac.ir

Keywords

Arghandab, Kajaki, Chahnime, water bodies, Sistan and Baluchistan, Southeastern Iran.

ABSTRACT

Introduction

Recently, progress has been made in the field of using learning algorithms in the extraction of water zones. Among these methods, neural networks, artificial neural networks, support vector machines, random forest, gradient enhanced machine, recursive classification and regression trees and limited energy minimization can be mentioned. In some situations, these techniques may obtain more accurate results than spectral index methods. However, in order to select a high-quality training sample and consider the complexity of the algorithms, it is necessary to consider these methods to be implemented in large areas. Techniques based on water index are not ideal near snow, ice and cloud pixels, and these parameters show higher values than water pixels. Therefore, simple band combinations such as NDWI and AWEI cannot distinguish pixels containing liquid water from snow and ice. In addition, the above techniques evaluate the threshold according to the reflectance differences between water and other surface features. Nevertheless, such techniques are constantly updated and widely used. In this research, WRI, NWI, AWEI, NDMI, MNDWI and NDWI indexes were used and their accuracy in estimating water areas was investigated. Then, the values of land surface temperature (LST) in the area of the chahnime area were estimated and the correlation between this index with the obtained spectral indices and the area of water zones in the Arghandab and Kajaki dams in Afghanistan were estimated and its effect on the area of the chahnimes Sistan and Baluchistan was investigated.

Methodology

In this research, TM sensor data of Landsat 5 satellite and OLI and TIRS sensor data of Landsat 8 in May 1994 and 2023 were used to analyze the extraction techniques of the water zones of Arghandab and Kajaki dams in Afghanistan and Chahnime of south Zabul. Arc GIS software is used to extract MNDWI, NDWI, NWI, AWEI, NDMI and WRI indices. In addition, the LST index was used to check the surface temperature of the ground in the semi-dried areas of the well, and the correlation between this index and the spectral indices was investigated.

Received: 2023/12/11

Accepted: 2024/01/11

Published: 2024/04/19

*Correspondin Author: Mehdi Feyzolahpour, E-mail: feyzolahpour@znu.ac.ir

How to cite this article: Feyzolahpour, Mehdi. (2025). Change in the area of dams in western Afghanistan and its impact on the water resources of the Zabol Chahnime in a period of 30 years using the TM sensor of he Landsat 5 satellite and the OLI and TIRS sensors of the Landsat 8 satellite. Hydrogeomorphology, 12(42): 1 –19

DOI: 10.22034/hyd.2024.59359.1712



Copyright: © by the authors

Publisher: University of Tabriz

Results and Discussion

The LST index has a negative correlation with water spectral indices. This relationship has been maintained in all the years of 1994 and 2023. In 1994, most of the negative correlation between LST index and NWI index was observed at the rate of -0.941. All indices showed high correlation with LST index. The lowest R2 coefficient was established between LST and NDWI index at 0.79. In 2023, the highest and lowest negative correlations between LST and MNDWI and LST and NDMI were observed at -0.90 and -0.65, respectively. Due to the drying of a large part of the area of Chahnime in 2023, the humidity situation in this area has undergone a large change and this process has been the cause of the low correlation between the NDMI index and LST. Pearson correlation values and R2 coefficient are shown in the table below. Next, the distribution charts of the above relations were displayed.

Conclusions

Investigations show that all the spectral indices have shown similar areas in the dams of Afghanistan, and in the most case, 2.44 square kilometers have shown a decrease in the NDWI index for the Arghandab dam. The values of NDMI index in both Arghandab and Kajaki dams faced an increase equal to 0.65 and 0.64 square kilometers, which shows the increase in cultivated areas in Afghanistan and near these dams. At the same time, the area of the Chahnime in Zabul has decreased significantly. In the worst case, the surface of the Chahnime in the NDMI index decreased from 55.94 square kilometers to 17.82 square kilometers and lost 38.12 square kilometers of its surface. At the same time, no significant changes were observed in Afghanistan's dams. This process was accompanied by an increase in the area of the areas that have been exposed to high temperatures on the earth's surface. The minimum temperature has decreased from 17.47 degrees in 1994 to 11.87 degrees Celsius in 2023 and has seen a decrease of 5.6 degrees Celsius in the minimum values. However, in the maximum values, the temperature has decreased by 1.95 degrees Celsius, but due to the drying of most of the Chahnime, a wide area has faced an increase in temperature. The LST index has a high negative correlation with all the spectral indices used in this research, so that the highest correlation in 1994 was related to the NWI index at the rate of 0.941 and the lowest rate was related to the NDWI index at the rate of -0.89. But in 2023, the highest correlation for the MNDWI index was -0.9 and the lowest correlation for the NDMI index was -0.65. The lowest value of R2 was related to the NDMI index of 0.42. According to the findings, the construction of dams in Afghanistan has severely changed the Chahnime of the southern part of Zabul, and this has left severe environmental consequences in this area.

پښتونستان د علومو او طبيعياتو پوهنتون
پرمختللیو علومو او طبيعياتو پوهنتون

مقاله پژوهشی



تغییرات پهنه سدهای غرب افغانستان و تاثیر آن بر منابع آبی چاه نیمه های زابل در بازه زمانی ۳۰ ساله با استفاده از سنجنده TM ماهواره لندست ۵ و سنجنده OLI و TIRS ماهواره لندست ۸



مهدی فیض اله پور

دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. feyzolahpour@znu.ac.ir

کلیدواژه‌ها

ارغنداب، کجکی، چاه نیمه،
پهنه آبل، سیستان و بلوچستان
جنوب شرق ایران.

چکیده

استخراج پهنه آبی در بخش های غربی افغانستان از طریق تصاویر سنجنش از دور راهی کارآمد برای پایش منابع آب و تاثیر آن بر منابع آبی شرق ایران به خصوص چاه نیمه های سیستان و بلوچستان به شمار می آید. در این تحقیق از سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ و سنجنده TM ماهواره لندست ۵، شاخص های طیفی تفاوت نرمال شده آب (NDWI)، شاخص اصلاح شده تفاوت نرمال شده آب (MNDWI)، شاخص های طیفی نرمال شده رطوبت (NDMI)، شاخص استخراج خودکار آب (AWEI)، شاخص جدید آب (NWI)، و شاخص نسبت آب (WRI) برای استخراج پهنه های آبی استفاده شده است. پهنه سد ارغنداب در بدترین حالت تنها ۲/۴۴ کیلومتر مربع کاهش یافته و شاخص NDMI نشان از افزایش ۰/۶۵ کیلومتر مربعی در منابع رطوبتی این سد داشته است. لیکن سطح چاه نیمه های جنوب زابل از ۵۵/۹۴ کیلومتر مربع به ۱۷/۸۲ کیلومتر مربع کاهش یافته که کاهش معادل ۳۸/۱۲ کیلومتر مربع را نشان می دهد. این امر نشان از کاهش شدید سطح چاه نیمه ها دارد. این امر باعث ساطع شدن دمای بیشتر در مناطق خشک شده گردیده است. لیکن دمای حداقل از ۱۷/۴۷ درجه به ۱۱/۸۷ درجه سانتیگراد کاهش یافته است. شاخص LST با تمامی شاخص ها دارای همبستگی منفی بوده و بیشترین همبستگی مربوط به شاخص NWI به میزان ۰/۹۴۱- در سال ۱۹۹۴ بوده است. کمترین میزان همبستگی نیز به میزان ۰/۶۵- مربوط به شاخص NDMI به دست آمد. شاخص MNDWI با ضریب کاپای ۰/۹۲ در سال ۲۰۲۳ و در منطقه چاه نیمه از بیشترین قابلیت برخوردار بوده است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۲۴

ارجاع به این مقاله: فیض اله پور، مهدی (۱۴۰۳). تغییرات پهنه سدهای غرب افغانستان و تاثیر آن بر منابع آبی چاه نیمه های زابل ماهواره لندست TIRS و OLI ماهواره لندست ۵ و سنجنده TM در بازه زمانی ۳۰ ساله با استفاده از سنجنده ۸. هیدروژئومورفولوژی، دوره ۱۲ (۴۲): ۱۹-۱.

*نویسنده مسئول: مهدی فیض اله پور

رایانامه: feyzolahpour@znu.ac.ir

شناسه دیجیتال مقاله: 10.22034/hyd.2024.59359.1712



Copyright: ©2025 by the authors

Publisher: University of Tabriz

آب عنصر اصلی برای بقای انسان و سایر اشکال زنده حیات بر روی زمین می باشد (لاکیو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰: ۲۱۶۱). این فاکتور مسئول توسعه تمدن بشر بوده است (فالکنمارک^۲، ۲۰۲۰: ۳۸۲). همچنین چرخه کربن، اکوسیستم و آب و هوا را کنترل نموده و از انرژی آبی، سیستم های آبیاری و کشاورزی پشتیبانی می کند. کمبود و در دسترس نبودن آب ممکن است اثرات نامطلوب زیست محیطی داشته و منجر به فاجعه شود (الکساندراتوس^۳ و همکاران، ۲۰۱۹: ۲۸۸۴). آب در روی زمین به اشکال مختلف سطحی، ساحلی و سفره های زیرزمینی دیده می شود. تنها ۰/۳ درصد از کل آب زمین به راحتی در دسترس بوده و قابل استفاده می باشد (بیلوار^۴ و هرناندز، ۲۰۱۹: ۶). از بین اشکال آب در زمین، آبهای سطحی عمیقاً بر محیط زیست تاثیر گذاشته و مسئول گردش و تبادل انرژی زمین بوده است (استفنز^۵ و همکاران، ۲۰۲۰: ۸). بنابراین، نقشه برداری و ارزیابی دینامیک آبهای سطحی برای پایش مستمر منابع آب ضروری بوده و پیامدهای قابل توجهی در تحقیقات علمی برای تعیین مناطق سیل زده (پسومیادیس^۶ و همکاران، ۲۰۱۹: ۷). وضعیت تالاب ها (وو^۷، ۲۰۱۹: ۱۴۵)، تنوع زیستی (جیلر^۸ و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۹۲)، تغییرات اقلیمی (احمد، ۲۰۱۸: ۲۰) و مدیریت منابع آب (تاکور^۹ و همکاران، ۲۰۱۸: ۵) داشته است. سنجش از دور ماهواره ای نقش پیشرو در ارزیابی و پایش مستمر منابع آب سطحی ایفا می کند. حسگرها و وضوح مختلف در سنجش از دور ماهواره ای برای به دست آوردن اطلاعات مربوط به منابع آب سطحی استفاده می شود (هوانگ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۸: ۳۳۸). عموماً از تصاویر لندست برای شناسایی آب های سطحی استفاده می شود (جیانگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۸: ۶). از چندین تکنیک سنجش از دور در کاربردهای مختلف منابع آب مانند ارزیابی کیفیت آب (هی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۲: ۸۵۵)، پایش خسارات سیل (پرو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۱: ۵۴۱) و مدیریت منابع آب سطحی (هاس^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۹: ۵۷) بهره گرفته شده است. در برخی از تکنیک ها از داده های سنجش از دور برای شناسایی و استخراج پهنه های آب استفاده شده است. به این منظور، تکنیک های شاخص آب مانند شاخص تفاوت نرمال شده آب (NDWI) (زو^{۱۵}، ۲۰۰۶: ۳۰۳۰)، شاخص استخراج خودکار آب (AWEI) (فیس^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۸)، شاخص اصلاح شده NDWI (MNDWI) (زو، ۲۰۰۶: ۳۰۳۰)، شاخص تفاوت نرمال شده رطوبت (NDMI) (گانو^{۱۷}، ۱۹۹۶: ۲۶۲)، شاخص جدید آب (NWI) (دینگ^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۵) و شاخص نسبت آب (WRI) (شن^{۱۹} و لی، ۲۰۱۰: ۳) بطور گسترده ای استفاده شده است. در کنار آن ها روش های طبقه بندی شامل مدل درخت تصمیم (مولر^{۲۰} و همکاران، ۲۰۱۶: ۳۴۶)، حداکثر احتمال (فریزر و پاگ^{۲۱}، ۲۰۰۲: ۱۴۶۶) و تکنیک های تشخیص آماری (جی^{۲۲} و همکاران، ۲۰۱۵: ۷۹۹) نیز برای تهیه اطلاعات پهنه های آبی به کار گرفته می شوند. اخیراً پیشرفت هایی در زمینه استفاده از الگوریتم های یادگیری در استخراج پهنه های آبی حاصل شده است. از جمله این روش ها می توان به شبکه های عصبی (رکنی و همکاران، ۲۰۱۵: ۲۳۱)، شبکه های عصبی مصنوعی (اسکاگان^{۲۳}، ۲۰۱۸: ۱۰۱۸)، ماشین های بردار پشتیبانی (SVM) (زانگ^{۲۴} و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۸۰)، جنگل تصادفی (RF)، ماشین تقویت شده گرادیان (GBM)، طبقه بندی بازگشتی و درخت های رگرسیونی (RPART) و حداقل سازی انرژی محدود (CEMS) اشاره کرد (جی و همکاران، ۲۰۱۵: ۷۹۹). در برخی شرایط این تکنیک ها ممکن است نسبت به روش های شاخص طیفی نتایج دقیق تری به دست آورند. با این حال، برای انتخاب نمونه آموزشی با کیفیت بالا و در نظر گرفتن پیچیدگی الگوریتم ها لازم است که این روش ها برای اجرا در مناطق وسیع در نظر گرفته شوند. تکنیک های مبتنی بر شاخص آب در جوار پیکسل های برف، یخ و ابر ایده آل نبوده و این پارامترها ارزش های بالاتری را نسبت به پیکسل آب نشان می دهند. بنابراین ترکیب های باندی ساده مانند NDWI و AWEI نمی توانند پیکسل های حاوی آب مایع را از برف و یخ متمایز سازند. علاوه بر این، تکنیک های فوق آستانه را با توجه به تفاوت های بازتابی بین آب و سایر ویژگی های سطحی ارزیابی می کنند. با این وجود، چنین تکنیک هایی به طور مداوم به روز شده و به طور

¹ Lakew
² Falkenmark
³ Alexandratos
⁴ Bellver
⁵ Stephens
⁶ Psomiadis

⁷ Wu
⁸ Geller
⁹ Thakur
¹ Huang
¹ Jiang
¹ He

¹ Proud
¹ Haas
¹ Xu
⁰¹ Feyisa
¹¹ Gao
²¹ Ding

³¹ Shen
⁴² Mueller
⁵² Frazier
⁶² Ji
⁷² Skakun
⁸² Zhang

گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند (مک فیتز؛ ۱۹۹۶: ۱۴۳۵). شاخص MNDWI در مناطق شهری به نتایج بهتری دست می یابد (زو، ۲۰۰۶: ۳۰۳۱). برخی از تکنیک های اصلاح شده در ترکیب با چندین روش، به طور موثری سایه ناهمواری ها را از بین برده و پهنه های کوچک آبی را استخراج می کنند. اگر چه اکثر تکنیک ها در مناطق شهری نتایج خوبی به دست آورده اند لیکن در مناطق مرتفع کوهستانی با چالش هایی در استخراج مواجه شده اند. برف، توپوگرافی، ابر و سایه از جمله عواملی هستند که در استخراج پهنه های آبی مشکل ایجاد می کنند (راجرس و کرنی، ۲۰۰۴: ۲۳۲۲). در صورت وجود این موانع، تکنیک های استخراج پهنه آبی برای از بین بردن اجزای مداخله گر در ناحیه با مشکل مواجه شده و به نتایج دقیقی دست نمی یابند. در ایران در برخی از تحقیقات از شاخص های طیفی استفاده شده است (بیاتی خطیبی و همکاران، ۲۰۲۳، رحمتی نیا و همکاران، ۲۰۲۲، علیزاده و همکاران، ۲۰۲۳). جلیل و همکاران (۱۳۹۱) با بهره گیری از شاخص های طیفی به بررسی رفتار دوره ای سری زمانی تراز سطح آب دریاچه ارومیه پرداختند. بررسی سری بازسازی شده از نوسانات هارمونیک تراز آب دریاچه ارومیه نشان داد که با وجودی که نوسانات دوره ای در رفتار دریاچه ارومیه تاثیرگذار می باشند رفتار دریاچه طی سال های اخیر کاملاً با این نوسانات دوره ای قابل توصیف نمی باشد. لرستانی و اسماعیلی (۱۳۹۸) با استفاده از پارامترهای طیفی چهارگانه اقدام به استخراج پهنه های آبی نمودند. نتایج نشان می دهد که بالاترین دقت کلی متعلق به شاخص اصلاحی نرمال شده تفاوت آب بوده است. فرهادی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ روش نوینی را در بهبود پایش فصلی دمای سطح آب رودخانه کارون ارائه کردند. نتایج حاصل نشان داد که داده های سنجنش از دور یک ابزار دقیق به منظور برآورد دمای سطوح آبی می باشد. یوسفی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از شاخص های طیفی تفاضل نرمال و تصاویر لندست تغییرات دریاچه زریبار کردستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که شاخص MNDWI با ضریب کاپای ۰/۹۴ شاخص مناسبی برای این منطقه محسوب می شود. یوسفی روشن (۱۴۰۱) با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و شاخص طیفی MNDWI اقدام به برآورد پهنه آبی دریاچه ارومیه نمود. نتایج نشان داد که بر اساس این شاخص طیفی مساحت دریاچه حدود ۳۱۰۷ کیلومتر مربع برآورد گردید.

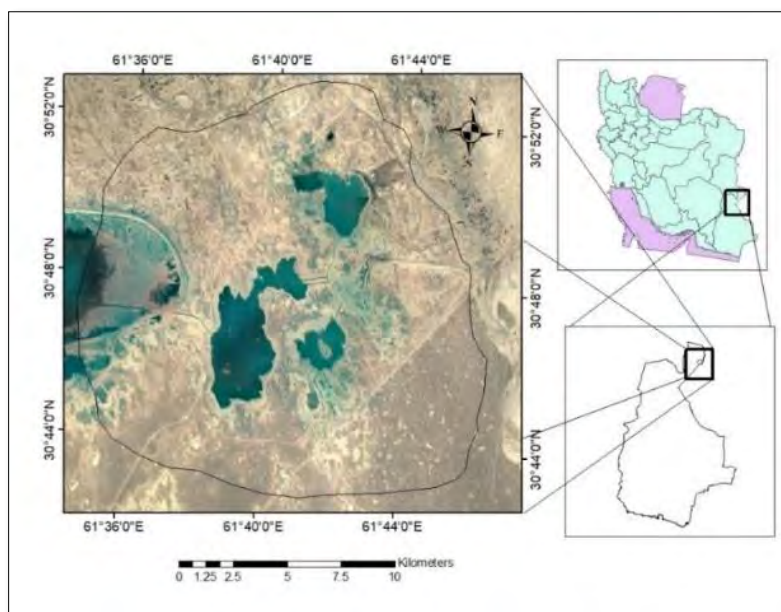
استان سیستان و بلوچستان در سال های اخیر شاهد تغییرات شدید در منابع آبی بوده که بخشی از آن مربوط به خشک شدن دریاچه هامون بوده است. منابع آبی این دریاچه از رودخانه های غرب افغانستان تامین شده است. احداث سدها بر روی این رودخانه ها باعث خشک شدن دریاچه هامون شده و اثرات زیست محیطی و اجتماعی قابل توجهی را به وجود آورده است. در این تحقیق از شاخص های MNDWI، NDMI، AWEI، NWI، WRI و NDWI استفاده شده و دقت آنها در برآورد پهنه های آبی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس مقادیر دمای سطح زمین (LST) در ناحیه چاه نیمه برآورد شده و همبستگی بین این شاخص با شاخص های طیفی به دست آمده و میزان مساحت پهنه های آبی در سدهای ارغنداب، کجکی در کشور افغانستان برآورد شده و اثر آن بر مساحت چاه نیمه های سیستان و بلوچستان بررسی شد.

مواد و روش

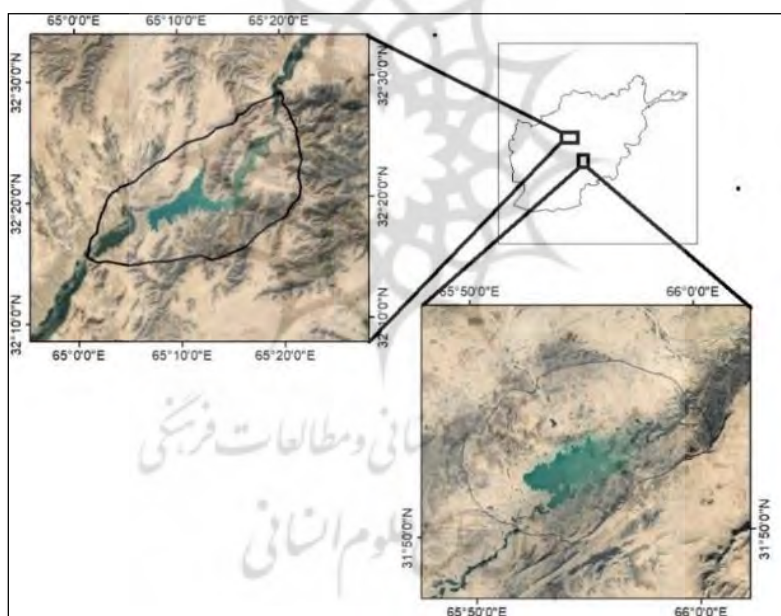
سد ارغنداب در ۴۵ کیلومتری شمال ولایت قندهار افغانستان واقع شده و در سال ۱۹۵۲ ساخته شده است. این سد دومین سد بزرگ این کشور به شمار می آید. سد کجکی نیز یکی از سدهای مهم کشور افغانستان است که بر روی رود هیرمند احداث شده است. این سد در فاصله ۱۶۱ یلومتری شهر قندهار در ولایت هلمند قرار گرفته است. در زمان حکومت طالبان آب این سد بر روی ایران بسته شد. این سدها در ارتفاعات مرکزی افغانستان واقع شده است. این ارتفاعات وابسته به فلات پامیر بوده است. چاه نیمه ها نیز در جنوب شهر زابل در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. این منابع آبی شدیداً وابسته به آب رود هیرمند بوده و سدسازی در افغانستان آنها را شدیداً با کاهش مواجه کرده است. این منطقه از اقلیم گرم و خشک برخوردار بوده و خشکی دریاچه هامون این منطقه را با توفان های شدید گرد و غبار مواجه ساخته است.

¹ McFeeters

² Rogers



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در چاه نیمه های جنوب شهر زابل
Figure (1): The location of the studied area in the Chahnime in the south of Zabol city



شکل (۲): موقعیت سدهای ارغنداب و کجکی در بخش غربی کشور افغانستان
Figure (2): Location of Arghandab and Kajaki dams in the western part of Afghanistan

در این تحقیق از داده های سنجنده TM ماهواره لندست ۵ و داده های سنجنده OLI و TIRS لندست ۸ در ماه می سال های ۱۹۹۴ و ۲۰۲۳ برای تحلیل تکنیک های استخراج پهنه های آبی سد ارغنداب و کجکی در افغانستان و چاه نیمه های جنوب زابل استفاده شده است. برای استخراج شاخص های MNDWI، NDWI، NWI، AWEI، NDMI و WRI از نرم افزار Arc GIS استفاده می شود. در کنار آن از شاخص LST برای بررسی دمای سطح زمین در پهنه های خشک شده چاه نیمه بهره گرفته شده و روابط همبستگی بین این شاخص با شاخص های طیفی مورد بررسی قرار گرفت.

شاخص تفاوت نرمال شده آب (NDWI) در سال ۱۹۹۶ ایجاد شد. این شاخص شبیه شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) می باشد (McFeeters, 1996: 1435). تابش خورشیدی اندازه گیری شده توسط شاخص NDWI با مولکول های مایع در تاج پوشش گیاهی بر هم کنش داشته است. این شاخص از دو باند مادون قرمز نزدیک و باند سبز در ماهواره لندست استفاده می کند. جذب آب در باند NIR زیاد بوده و به شدت در باند سبز منعکس می شود. بنابراین، شاخص NDWI از این مزیت استفاده می کند. برای محاسبه این شاخص از معادله زیر استفاده شده است (McFeeters, 1996: 1439).

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

در این معادله، P_{green} و P_{NIR} به ترتیب معرف باندهای سبز و مادون قرمز نزدیک می باشند. شاخص اصلاح شده تفاوت نرمال شده آب (MNDWI) توسط زو در سال ۲۰۰۶ ارائه شد. این شاخص به جای باند مادون قرمز نزدیک از باند مادون قرمز میانی استفاده می کند. اختلال های ایجاد شده به وسیله پوشش گیاهی و نواحی ساخت و ساز شده در این الگوریتم به راحتی بازگردانده می شوند. مقادیر مثبت نشان دهنده پهنه های آبی بوده و مقادیر منفی نشانه سایر عوامل می باشد. این شاخص با بهره گیری از باند SWIR1 به کار گرفته می شود.

$$NDWI = \frac{P_{green} - P_{SWIR1}}{P_{green} + P_{SWIR1}} \quad (2)$$

در این معادله P_{green} معرف باند سبز بوده و P_{SWIR1} نشانه باند مادون قرمز موج کوتاه می باشد. گائو (۱۹۹۶) اولین بار شاخص NDMI را برای استخراج رطوبت موجود در توده های زیستی و گیاهان استفاده کردند. تحقیقات مختلف نشان می دهد که شاخص NDMI نسبت به شاخص NDVI به نتایج بهتری دست می باید. مقادیر این شاخص بین ۱- و ۱+ بوده و بیشترین مقادیر وابسته به مقادیر زیاد آب می باشد. بنابراین شاخص NDMI برای تشخیص محتوای رطوبتی به کار گرفته شده است.

$$NDWI = \frac{NIR - P_{SWIR1}}{NIR + P_{SWIR1}} \quad (3)$$

اشکالی با بیشترین بازتاب از قبیل برف، یخ و بازتاب پشت بام ها در نواحی شهری در بعضی مواقع به اشتباه به عنوان پهنه آبی طبقه بندی می شوند. بنابراین فیسا و همکاران (۲۰۱۴) دونوع از شاخص های خودکار آب با نام شاخص AWEI-nsh و AWEI-sh را ارائه کردند. شاخص AWEI-nsh برای حذف سایه ها استفاده شده است. این شاخص به طور موثری نواحی تاریک و سایر پیکسل های غیر آبی را باز می گرداند. این در حالیست که شاخص AWEI-sh برای بهبود دقت در استخراج پهنه آبی در نواحی که سایه به عنوان مشکل اصلی مطرح می گردد، استفاده شده است.

$$AWEI = (P_{blue} + 2.5(P_{green}) - 1.5(P_{NIR} + P_{SWIR1}) - 0.25(P_{SWIR2})) \quad (4)$$

تکنیک NWI به وسیله دینگ و همکاران (۲۰۱۸) پیشنهاد شده و از چهار باند طیفی آبی، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز موج کوتاه ۱ و ۲ برای استخراج پهنه های آبی استفاده کرده است. این شاخص باند سبز را با باند آبی جایگزین کرده و باند NIR با مجموع بازتابی ۳ باند مادون قرمز جایگزین شده است.

$$NWI = \frac{(P_{blue} - (P_{NIR} + P_{SWIR1} + P_{SWIR2}))}{(P_{blue} + (P_{NIR} + P_{SWIR1} + P_{SWIR2}))} \quad (5)$$

شین و لی (۲۰۱۰) شاخص نسبت آب را در سال ۲۰۱۰ ارائه کردند. در این تکنیک چهار باند طیفی به کار گرفته شد. این شاخص از نسبت بین مجموع بازتاب طیفی دو باند مرئی سبز و قرمز به مجموع بازتاب طیفی مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه (SWIR1) به دست می آید.

$$WRI = \frac{(P_{green} + P_{red})}{(P_{NIR} + P_{SWIR1})} \quad (6)$$

شاخص LST با بهره گیری از معادله پیشنهاد شده توسط وکلیک و همکاران (۱۹۸۹) و از طریق داده های تابش سطحی تصحیح شده باند حرارتی به دست می آید. برای تولید تصاویر LST نیاز به ایجاد تصاویر تابش طیفی ($L\lambda$)، دمای جسم سیاه (BT)، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، نسبت پوشش گیاهی (PV) و گسیل مندی سطحی (E) می باشد. در هنگام دانلود تصاویر از لندست ۸، فایلی با فرمت TXT و با عنوان MTL نیز دانلود می گردد که مقادیر مربوط به این پارامترها در آن موجود بوده و امکان محاسبه این شاخص ها را میسر می سازد. در اولین گام، مقادیر تابش طیفی برآورد می گردد. فرمول مربوط به این شاخص به صورت زیر می باشد.

$$L\lambda = ML(Qcal) + AL \quad (7)$$

مقادیر ML از فایل دانلود شده MTL ماهواره لندست ۸ برآورد می گردد. مقادیر فوق در ردیف 10 Radiance mult band قابل استخراج می باشد. در این فرمول Qcal معرف باند ۱۰ می باشد و در نهایت مقدار AL از همان فایل و از ردیف 10 Radiance add band قابل استخراج می باشد. مقادیر فرمول از قسمت Arc Toolbox، spatial Analyst Tools، Map Algebra وارد شده و نقشه تابش طیفی ترسیم می شود. برای محاسبه دمای جسم سیاه از فرمول زیر استفاده می شود.

$$BT = \left(\frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \right) - 273.15 \quad (8)$$

در این فرمول K1 و K2 از فایل دانلود شده MTL و از ردیف های 10 constant band K1 و 10 constant band K2 قابل استخراج می باشد. برای ترسیم شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) از باندهای ۴ و ۵ و فرمول زیر استفاده شد.

$$NDVI = \frac{(band5 - band4)}{(band5 + band4)} \quad (9)$$

باند ۵ در محدوده NIR یا مادون قرمز نزدیک قرار داشته و برای بررسی سلامت گیاهان به کار برده می شود و باند ۴ در محدوده دید مرئی و طول موج ۰/۶۳۰ تا ۰/۶۸۰ میکرومتر قرار گرفته است. برای محاسبه نسبت پوشش گیاهی (PV) از معادله زیر استفاده می شود.

$$PV = \left(\frac{NDVI + NDVI_{min}}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} \right) 2 \quad (10)$$

مقادیر NDVI_{max} و NDVI_{min} از مقادیر به دست آمده در معادله NDVI قابل استخراج می باشد. برای محاسبه گسیل مندی سطحی (E) از فرمول زیر استفاده می شود.

$$E = 0.004(PV) + 0.986 \quad (11)$$

در نهایت با جایگزینی مقادیر فوق در فرمول زیر، مقادیر دمای سطح زمین (LST) برآورد می گردد.

$$LST = (BT / (1 + (\lambda \left(\frac{BT}{C2} \right) (\ln(E)))) \quad (12)$$

در فرمول فوق C2 معادل ۱۴۳۸۸ بوده و λ برای باند ۱۰ ماهواره لندست ۸ معادل ۱۰/۸ می باشد.

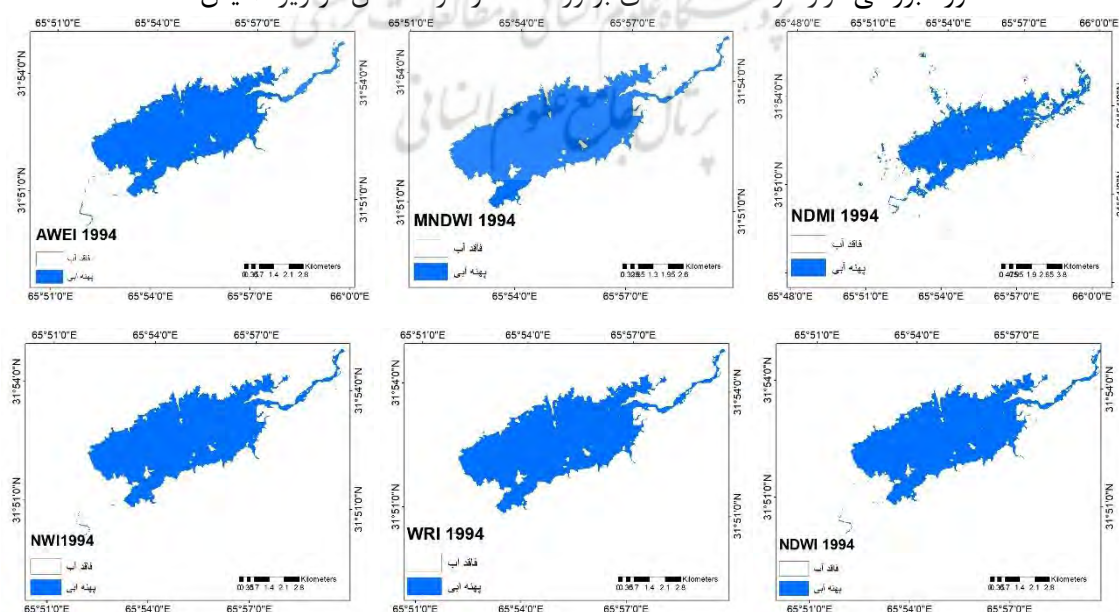
از طریق روش نمونه گیری تصادفی ۱۷۴۲ نقطه در منطقه چاه نیمه، ۱۳۴۷ نقطه در سد ارغنداب و ۱۴۶۰ نقطه در سد کجکی برای ارزیابی دقت انتخاب شد. برای توده های آبی کوچکتر مانند دریاچه ها، رودخانه ها و مناطقی که استخراج پهنه های آبی را مختل می کند نقاط نمونه بیشتری در نظر گرفته شد. هر نقطه با استفاده از تصاویر Google Earth مورد ارزیابی قرار گرفت. دقت طبقه بندی برای شش تکنیک NWI، AWEI-sh، NDMI، MNDWI، NDWI و WRI با استفاده از ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب کاپا (KIA) توسط کوهن در سال ۱۹۶۰ ارائه گردید. این ضریب با گنجاندن تمام مقادیر خارج از حد مورب در محاسبات، تمایل شاخص دقت کلی را به تخمین بیش از حد مقادیر، کنترل می کند. در این ضریب تفاوت های آماری در ماتریس خطاهای مختلف مورد آزمایش قرار می گیرد. ضریب کاپا در بین صفر تا ۱ قرار دارد. برای محاسبه ضریب کاپا از معادله زیر استفاده می شود.

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} + x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} + x_{+i})} \quad (13)$$

در این معادله، N، به ترتیب تعداد کل نمونه ها، مقادیر دارای چولگی، دقت کاربر و دقت تولید کننده هستند.

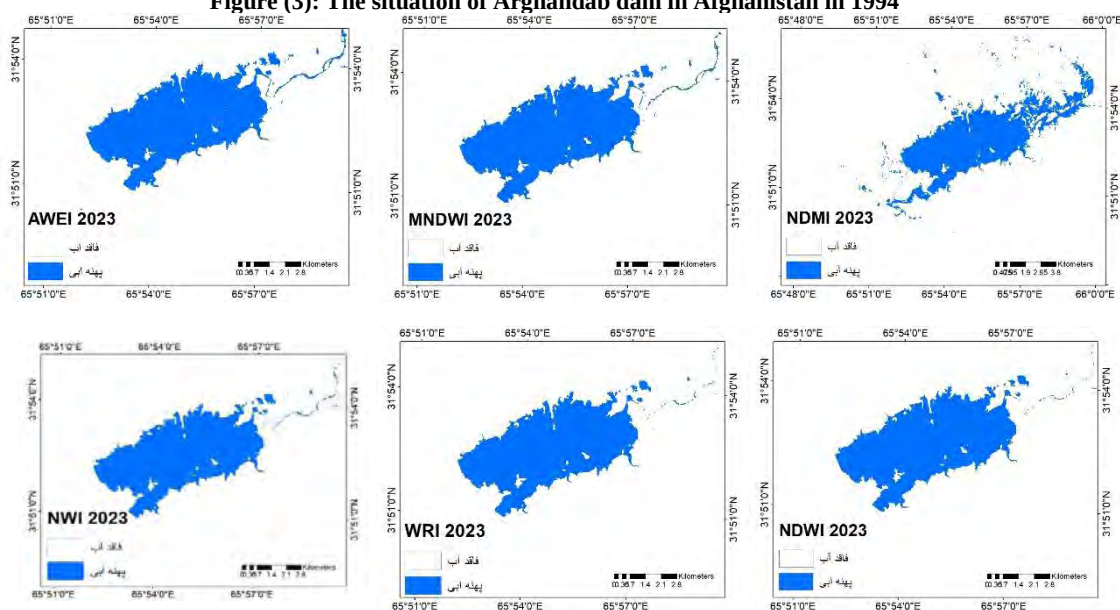
یافته ها و بحث

سدهای ارغنداب و کجکی در غرب افغانستان از جمله سدهایی هستند که بر روی رودخانه های وارد شده به دریاچه هامون احداث شده و نقش مهمی در کاهش حجم آن داشته اند. لذا از طریق شاخص های طیفی استفاده شده در این تحقیق نوسانات آنها در بازه زمانی سال های ۱۹۹۴ تا ۲۰۲۳ مورد بررسی قرار گرفت. نقشه های برآورد شده از هر شاخص در زیر نمایش داده شده است.



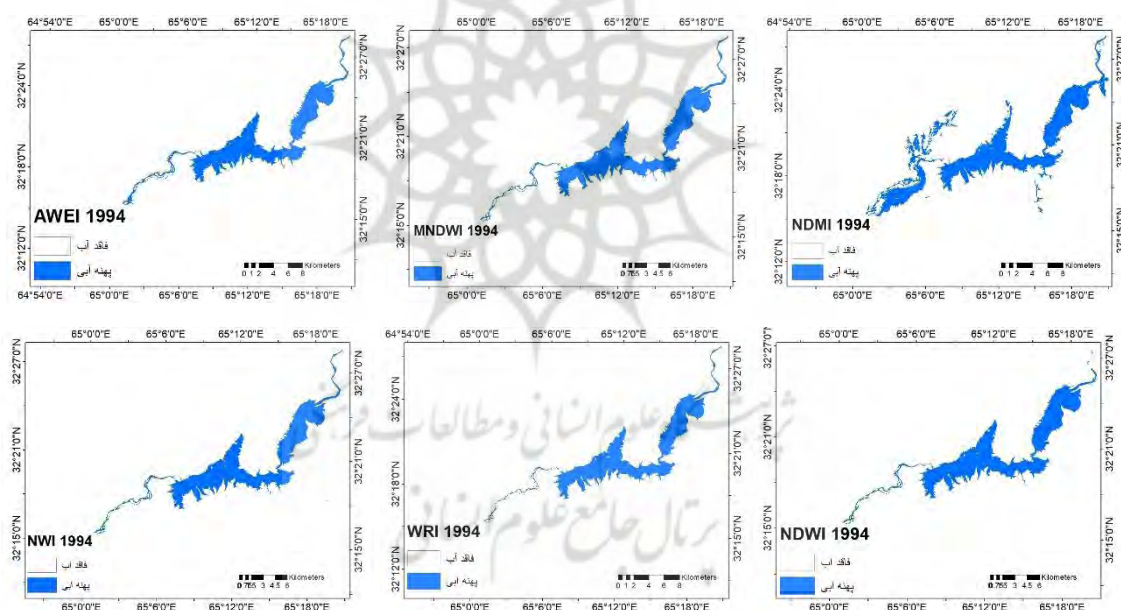
شکل (۳): وضعیت سد ارغنداب افغانستان در سال ۱۹۹۴

Figure (3): The situation of Arghandab dam in Afghanistan in 1994



شکل (۴): وضعیت سد ارغنداب افغانستان در سال ۲۰۲۳

Figure (4): The status of Arghandab dam in Afghanistan in 2023



شکل (۵): وضعیت سد کجکی افغانستان در سال ۱۹۹۴

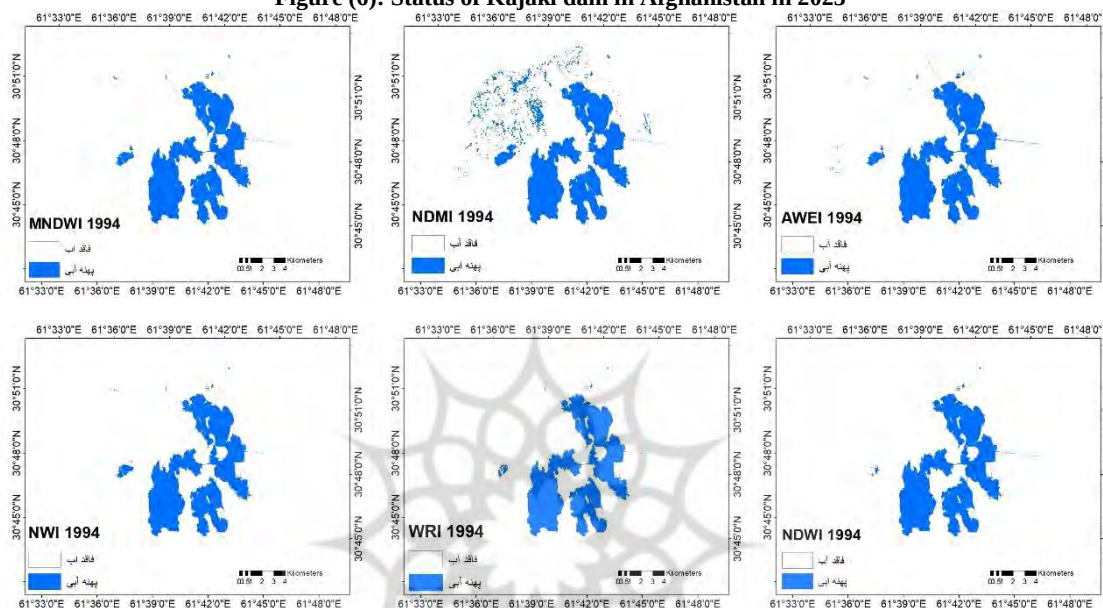
Figure (5): The status of Kajaki dam in Afghanistan in 1994





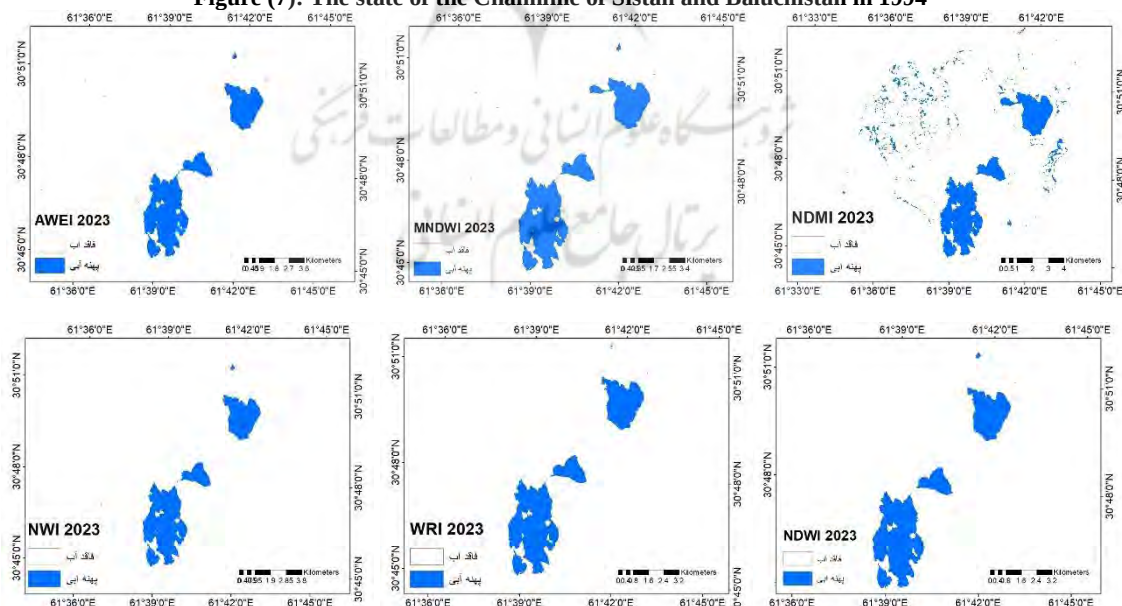
شکل (۶): وضعیت سد کجکی افغانستان در سال ۲۰۲۳

Figure (6): Status of Kajaki dam in Afghanistan in 2023



شکل (۷): وضعیت چاه نیمه های سیستان و بلوچستان در سال ۱۹۹۴

Figure (7): The state of the Chah Nimeh of Sistan and Baluchistan in 1994



شکل (۸): وضعیت چاه نیمه های سیستان و بلوچستان در سال ۲۰۲۳

Figure (8): The state of the Chah Nimeh of Sistan and Baluchistan in 2023

برای تفکیک پهنه های آبی از نواحی فاقد آب لازم است که حد آستانه هایی تعیین گردد. بر اساس مقادیر بازتابی می توان به راحتی این آستانه ها را مشخص نمود. این مقادیر برای هر شاخص و هر سال متفاوت تر از انواع دیگر می باشد. بازتاب آب با مناطق فاقد آب کاملاً مشخص بوده و تغییرات بازتابی را می توان در مرز این نواحی به درستی تشخیص داد. بیشترین میزان نوسانات مربوط به شاخص AWEI می باشد به طوری که این میزان از ۸۷ در سال ۱۹۹۴ به ۲۵۲۷ در سال ۲۰۲۳ رسیده است. در مقابل، کمترین نوسان شاخص آستانه مربوط به شاخص WRI بوده به طوری که از ۱/۵۷ در سال ۱۹۹۴ به ۱/۲۶ در سال ۲۰۲۳ رسیده و تغییرات قابل توجهی نداشته است. در حالت کلی، آستانه های تعیین شده به درستی پهنه های آبی را از سایر ساختارها جدا ساخته و از طریق آنها مبادرت به تعیین مساحت پهنه های آبی و میزان تغییرات آنها شده است. مقادیر آستانه ها در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول (۱): مقادیر آستانه های تفکیک کننده پهنه های آبی در شاخص های طیفی

Table (1): Values of thresholds separating blue zones in spectral indices

شاخص	سد ارغنداب		چاه نیمه		سد کجکی	
	۱۹۹۴	۲۰۲۳	۱۹۹۴	۲۰۲۳	۱۹۹۴	۲۰۲۳
AWEI	۸۷	۲۵۲۷	۶۸/۲۵	۲۰۸۱	۲۹	-۳۶۸۷
MNDWI	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	-۰/۰۱
NDMI	-۰/۱۱	۰/۰۱۱	-۰/۱۴	۰/۰۴	-۰/۰۳	۰/۰۳
NDWI	۰/۱۷	۰/۰۶۸	۰/۱۷	۰/۰۳	۰/۱۴	-۰/۰۱
NWI	۰/۰۰۴	-۰/۴۳	-۰/۰۷	-۰/۴۶	-۰/۰۷	-۰/۴۹
WRI	۱/۵۷	۱/۲۶	۱/۵۴	۱/۱۵	۱/۶۱	۱/۰۱

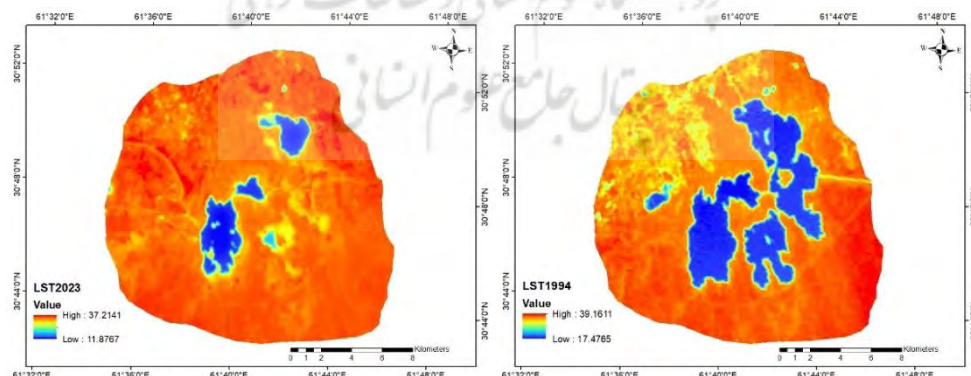
از طریق آستانه ها مقادیر مساحت در هر یک از شاخص ها برآورد گردید. نتایج نشان می دهد که تمامی شاخص ها به نتایج مشابهی دست یافته اند. تنها در شاخص NDMI تغییرات کمی متفاوت تر بوده است. علت این امر توجه این شاخص به مقادیر رطوبتی است که می تواند متفاوت تر از مقادیر آبی بوده و مناطقی را در خارج از پهنه های آبی در بر بگیرد. در بازه زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۲۳ تغییرات قابل توجهی در سدهای ارغنداب و کجکی افغانستان مشاهده نشد. به عبارتی کاهش محسوسی در این سالها در آب این سدها رخ نداده است. لیکن تغییرات چاه نیمه های سیستان بسیار شدید بوده و از ۴۹/۷۱ کیلومتر مربع به ۱۴/۱۰ کیلومتر مربع کاهش یافته است. در این بازه زمانی ۷۲ درصد از مساحت چاه نیمه ها کاسته شده و این امر وضعیت وخیم این مناطق را نشان می دهد. رودخانه های وارد شده به این مناطق از طریق سدهای افغانستان مسدود شده و وخامت اوضاع را در منطقه سیستان و بلوچستان شدت بخشیده است. مقادیر حاصل از تمامی شاخص ها موید این امر می باشد. در منطقه چاه نیمه نیز شاخص ها به مقادیر مشابهی دست یافته اند. بیشترین برآورد مربوط به شاخص NDMI به میزان ۵۵/۹۴ کیلومتر مربع بوده و این امر نشانه اختصاص منابع رطوبتی در خارج از چاه نیمه ها به این امر بوده است. مقادیر این شاخص در سال ۲۰۲۳ به ۱۷/۸۲ کیلومتر مربع رسیده که کاهشی معادل ۳۸/۱۲ کیلومتر مربعی را نشان می دهد. در مقابل مشاهده می شود که پهنه های رطوبتی در هر دو سد ارغنداب و کجکی با افزایش مواجه شده اند که این امر نشانه افزایش سطح زیر کشت در این نواحی بوده است. مقادیر مساحت پهنه های سدهای ارغنداب و کجکی به همراه چاه نیمه های سیستان در جدول ۲ نمایش داده شده است.

جدول (۲): مساحت پهنه های آبی ارغنداب، چاه نیمه و کجکی در بازه زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۲۳ بر حسب کیلومتر مربع

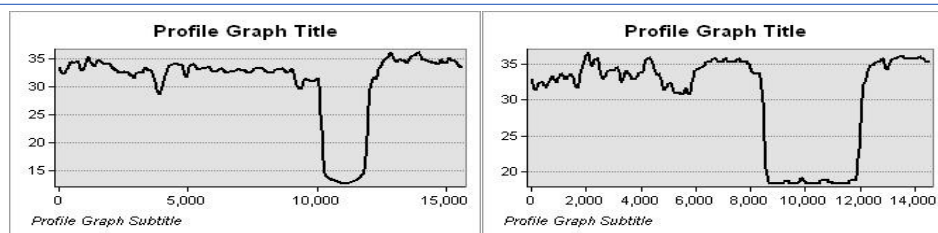
Table (2): Area of water areas of Arghandab, Chahnime and Kajaki in the period from 1994 to 2023 in terms of square kilometers

Area of water areas of Arghandab, Channinie and Rajaki in the period from 1994 to 2023 in terms of square										
تغییرات	سد کجکی		تغییرات	چاه نیمه		تغییرات	سد ارغنداب		شاخص	
	۲۰۲۳	۱۹۹۴		۲۰۲۳	۱۹۹۴		۲۰۲۳	۱۹۹۴		
-۵/۶۶	۶۱/۳۴	۶۷/۰۱	-۳۵/۶۱	۱۴/۱۰	۴۹/۷۱	-۱/۸۱	۲۴/۰۴	۲۵/۸۵	AWEI	
-۳/۷۵	۵۹/۸۴	۶۳/۵۹	-۳۴/۱۹	۱۴/۲۸	۴۸/۴۷	-۰/۹۶	۲۳/۵۸	۲۴/۵۴	MNDWI	
+۰/۶۴	۷۳/۴۱	۷۲/۷۷	-۳۸/۱۲	۱۷/۸۲	۵۵/۹۴	+۰/۶۵	۳۰/۹۱	۳۰/۲۶	NDMI	
-۳/۸۱	۵۹/۰۴	۶۲/۸۵	-۳۳/۹	۱۳/۴۳	۴۷/۳۳	۲/۴۴	۲۳/۰۲	۲۵/۴۶	NDWI	
-۴/۳	۵۹/۱۱	۶۳/۴۱	-۳۴	۱۳/۸۴	۴۷/۸۴	۲/۳۹	۲۳/۲۲	۲۵/۶۱	NWI	
-۲/۳۸	۵۸/۵۴	۶۰/۹۲	-۳۳/۲۴	۱۳/۴۶	۴۶/۷۰	۲/۰۶	۲۲/۷۸	۲۴/۸۴	WRI	

روند تغییر مساحت چاه نیمه های جنوب زابل منجر به تغییرات دمایی در این پهنه شده است. دمای حداقل در سال ۱۹۹۴ معادل ۱۷/۴۷ درجه سانتیگراد بوده و این میزان در سال ۲۰۲۳ معادل ۱۱/۸۷ درجه سانتیگراد برآورد گردید. تصویر سال ۱۳۹۴ مربوط به روز ۲۲ می بوده و تصویر سال ۲۰۲۳ مربوط به روز ۳۰ می می باشد. لیکن کاهش دمای حداقلی معادل ۵/۶ درجه سانتیگراد مشاهده شده است. این امر نشانه کاهش حداقل دما در بازه ۳۰ ساله در این ناحیه بوده است. مقادیر حداکثر در سال ۲۰۲۳ معادل ۳۹/۱۶ درجه سانتیگراد بوده و این میزان در سال ۲۰۲۳ معادل ۳۷/۲۱ درجه سانتیگراد برآورد گردید. در بازه زمانی ۳۰ سال مقادیر حداکثر دما نیز با کاهشی معادل ۱/۹۵ درجه سانتیگراد مواجه گردید. لیکن با خشک شدن ۳۸/۱۲ کیلومتر مربع از ۵۵/۹۴ کیلومتر مربع پهنه رطوبتی، سطح وسیعی از منطقه با مقادیر دمای حداکثر مواجه گردیده که این امر مشکلات قابل توجه زیست محیطی را به وجود آورده است. این امر با تهیه برش عرضی حرارتی از منطقه چاه نیمه های زابل مشهودتر است. لذا به این منظور از ۳ قسمت منطقه در بازه های زمانی ۱۹۹۴ و ۲۰۲۳ برش عرضی حرارتی تهیه شد. از طریق نیمرخ های عرضی مشاهده می شود که نواحی خشک شده در چاه نیمه ها با بازتاب دمایی بالا همراه بوده اند.

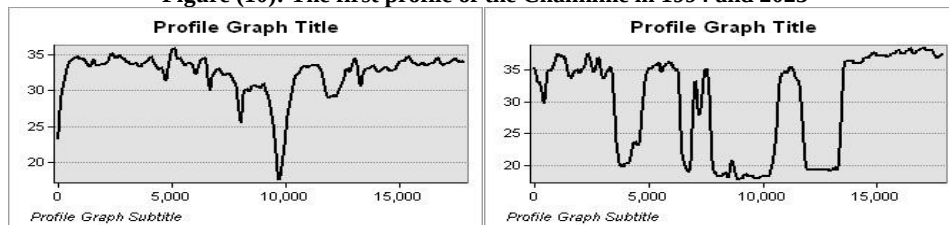


شکل (۹): دمای سطح زمین (LST) چاه نیمه های زابل در سال ۱۹۹۴ (سمت راست) و ۲۰۲۳ (سمت چپ)
Figure (9): Land surface temperature (LST) of Zabol Chahnime in 1994 (right) and 2023 (left)



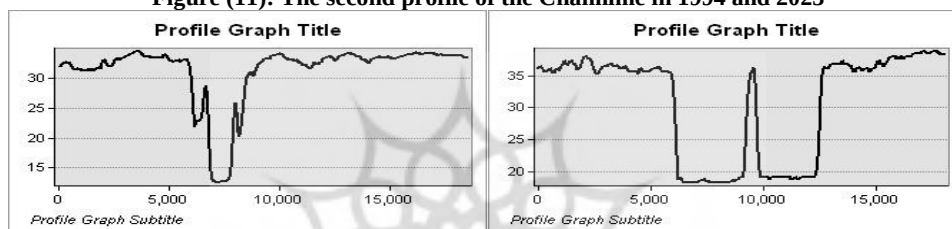
شکل (۱۰): نیمرخ اول از چاه نیمه در سال ۱۹۹۴ و ۲۰۲۳

Figure (10): The first profile of the Chahnime in 1994 and 2023



شکل (۱۱): نیمرخ دوم از چاه نیمه در سال ۱۹۹۴ و ۲۰۲۳

Figure (11): The second profile of the Chahnime in 1994 and 2023



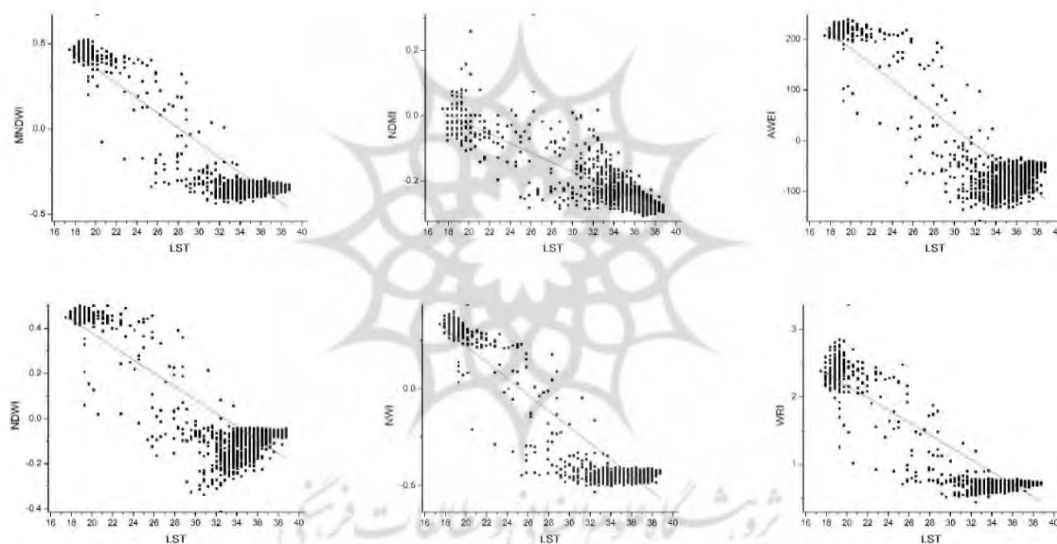
شکل (۱۲): نیمرخ سوم از چاه نیمه در سال ۱۹۹۴ و ۲۰۲۳

Figure (12): The third profile of the Chahnime in 1994 and 2023

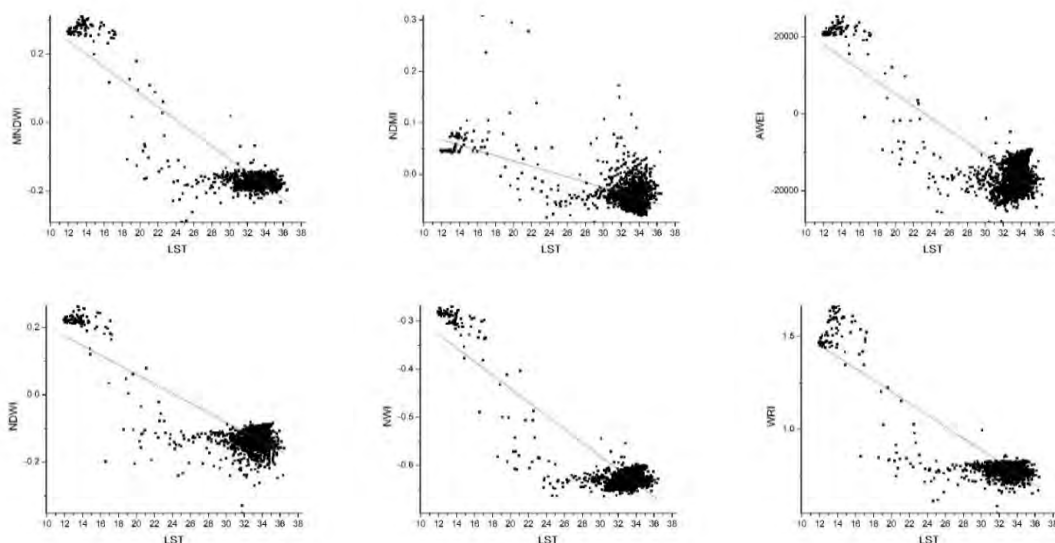
پیکسل های داده های حرارتی ۱۰۰ متر و پیکسل باندهای دیگر لندست ۸ حدود ۳۰ متر می باشد لیکن در نرم افزار Arc GIS عمل نمونه گیری به تعداد کاملاً یکسان انجام گرفته و مقادیر عددی که نشانه بازتاب طیفی هستند برداشت می شوند. مقادیر فوق برای هر نقطه بدون توجه به ابعاد پیکسل، نمونه گیری عددی را انجام می دهد. فرایند فوق می تواند بین هر باند، شاخص طیفی و یا شاخص حرارتی انجام پذیرفته و برای هر نقطه مقادیر حاصله را نشان داده و بین آنها رابطه همبستگی برقرار نماید. شاخص LST با شاخص های طیفی آبی دارای رابطه همبستگی منفی می باشد. این رابطه در تمامی سال های ۱۹۹۴ و ۲۰۲۳ برقرار بوده است. در سال ۱۹۹۴ بیشتر میزان همبستگی منفی بین شاخص LST و شاخص NWI به میزان -0.941 - مشاهده شد. تمامی شاخص ها همبستگی بالایی را با شاخص LST نشان دادند. کمترین میزان ضریب R^2 نیز بین شاخص LST و NDWI به میزان 0.79 برقرار شد. در سال ۲۰۲۳ نیز بیشترین و کمترین میزان همبستگی منفی بین دو شاخص LST با MNDWI و LST با NDMI به ترتیب به میزان -0.90 و -0.65 - مشاهده شد. به علت خشک شدن بخش وسیعی از پهنه چاه نیمه ها در سال ۲۰۲۳ وضعیت رطوبتی در این منطقه به شکل گسترده ای دستخوش تغییر شده و این فرایند علت همبستگی پایین بین شاخص LST و NDMI بوده است. مقادیر همبستگی پیرسون و ضریب R^2 در جدول زیر نمایش داده شده است. در ادامه، نمودارهای پراکنش روابط فوق نمایش داده شد.

جدول (۳): مقادیر ضریب همبستگی پیرسون و ضریب R^2 بین شاخص ها و LST در منطقه چاه نیمهTable (3): Pearson's correlation coefficient and R^2 coefficient values between the indices and LST in the Chahnime area

سال ۲۰۲۳		سال ۱۹۹۴		شاخص
R^2	ضریب همبستگی	R^2	ضریب همبستگی	
۰/۶۶	-۰/۸۱	۰/۸۴	-۰/۹۱	LST و AWEI
۰/۸۱	-۰/۹۰	۰/۹۰۱	-۰/۹۴	LST و MNDWI
۰/۴۲	-۰/۶۵	۰/۸۵	-۰/۹۲	LST و NDMI
۰/۶۷	-۰/۸۱	۰/۷۹	-۰/۸۹	LST و NDWI
۰/۷۹	-۰/۸۹	۰/۹۱	-۰/۹۴۱	LST و NWI
۰/۷۷	-۰/۸۸	۰/۸۷	-۰/۹۳	LST و WRI



شکل (۱۳): نمودار پراکنش بین LST و شاخص های طیفی برای منطقه چاه نیمه در سال ۱۹۹۴
 Figure (13): Scatter plot between LST and spectral indices for Chahnime area in 1994



شکل (۱۴): نمودار پراکنش بین LST و شاخص های طیفی برای منطقه چاه نیمه در سال ۲۰۲۳
Figure (14): Scatter plot between LST and spectral indices for Chahnameh area in 2023

در آخرین بخش از تحقیق مقادیر ضریب کاپای شاخص ها در سال ۱۹۹۴ و ۲۰۲۳ برآورد گردید. به علت قابلیت تفکیکی بالا بین آب و محیط پیرامونی در تمامی شاخص ها مقادیر مناسبی برای پهنه های آبی برآورد گردید. بر این اساس مقادیر کاپا در دو سد ارغنداب و کجکی به مقادیر واقعی بسیار نزدیک بوده و در تمامی شاخص ها مقادیر بالای ۰/۹ به دست آمد. در منطقه چاه نیمه به علت تغییرات شدید و قابل توجهی که در پهنه آبی رخ داده مقادیر کاپای کمتری به دست آمد. کمترین مقادیر کاپا متعلق به شاخص رطوبتی NDMI و در سال ۲۰۲۳ به میزان ۰/۸۱ به دست آمد. بررسی ها نشان داد که شاخص های MNDWI و NWI به نتایج مشابهی دست یافته و در بین شاخص های مورد مطالعه با بیشترین ضریب کاپا از قابلیت بالایی برخوردار هستند. مشاهده می شود که در سال ۲۰۲۳ و در چاه نیمه شاخص MNDWI با ضریب کاپای ۰/۹۲ بهترین شاخص در برآورد تغییرات پهنه آبی بوده است.

جدول (۴): مقادیر ضریب کاپای شاخص ها برای سد ارغنداب، کجکی و منطقه چاه نیمه های زابل در سال های ۱۹۹۴ و ۲۰۲۳

Table (4): Kappa coefficient values of indicators for Arghandab dam, Kajaki and Zabol Chahnameh area in 1994 and 2023

شاخص	سد ارغنداب		چاه نیمه		سد کجکی	
	۱۹۹۴	۲۰۲۳	۱۹۹۴	۲۰۲۳	۱۹۹۴	۲۰۲۳
AWEI	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۸۳	۰/۹۶	۰/۹۱
MNDWI	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۹۶
NDMI	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۸۱	۰/۹۷	۰/۹۸
NDWI	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۸۴	۰/۹۴	۰/۹۲
NWI	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۹۹	۰/۹۶
WRI	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۹۸	۰/۹۷

نتیجه گیری

تغییرات اقلیمی و فعالیت های انسانی در سال های اخیر پهنه های آبی را دستخوش تغییر قرار داده است. فعالیت های انسانی به شکل سدسازی یکی از عوامل اصلی تاثیرگذار بر این امر بوده است. این رخداد به خصوص بر روی رودخانه های مرزی باعث بروز فجایع زیست محیطی شده و در سطح روابط بین الملل باعث بروز بحران شده است. در نواحی خشک و نیمه خشک این فجایع شدیدتر بوده است. دریاچه هامون به علت وابستگی آن به رودخانه هیرمند که از ارتفاعات افغانستان تغذیه می شود به علت سدسازی بر روی آن در کشور افغانستان به شدت کاهش یافته و نواحی مانند چاه نیمه های جنوب زابل با کاهش قابل توجهی مواجه شده اند. سنجش از دور و شاخص های طیفی یکی از ابزارهای نوین شناسایی پهنه های آبی به شمار آمده و می تواند روند تغییرات این پهنه ها را نمایش دهد. با توجه به این نکته در این تحقیق از شاخص های طیفی MNDWI، NDWI، NDMI، WRI، NWI و AWEI برای بررسی پهنه های آبی سد ارغنداب و کجکی افغانستان مورد استفاده قرار گرفته و تاثیر آن بر روی پهنه آبی چاه نیمه های زابل مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی ها نشان می دهد که تمامی شاخص های طیفی مساحت های مشابهی را در سدهای مورد افغانستان نشان داده و در بیشترین حالت ۲/۴۴ کیلومتر مربع در شاخص NDWI کاهش را برای سد ارغنداب نشان داده است. مقادیر شاخص NDMI در هر دو سد ارغنداب و کجکی با افزایشی معادل ۰/۶۵ و ۰/۶۴ کیلومتر مربع مواجه بوده که این امر نشان از افزایش مناطق سطح زیر کشت شده در افغانستان و در جوار این سدها دارد. این در حالی است که پهنه چاه نیمه های زابل به شکل قابل توجهی کاهش یافته است. در بدترین حالت چاه نیمه در شاخص NDMI از ۵۵/۹۴ کیلومتر مربع به ۱۷/۸۲ کیلومتر مربع کاهش یافته و ۳۸/۱۲ کیلومتر مربع از سطح خود را از دست داده است. این در حالیست که تغییرات قابل توجهی ر سدهای افغانستان مشاهده نشد. این فرایند با افزایش سطح مناطقی همراه گردید که با دمای بالای سطح زمین مواجه بوده اند. میزان دمای حداقل از ۱۷/۴۷ درجه در سال ۱۹۹۴ به ۱۱/۸۷ درجه سانتیگراد در سال ۲۰۲۳ کاهش یافته و کاهشی معادل ۵/۶ درجه سانتیگراد را در مقادیر حداقل شاهد بوده است. لیکن در مقادیر حداکثری، دما ۱/۹۵ درجه سانتیگراد کاهش یافته است لیکن به علت خشک شدن بخش اعظم چاه نیمه، پهنه وسیعی با افزایش دما مواجه گردیده است. شاخص LST با تمامی شاخص های طیفی استفاده شده در این تحقیق دارای همبستگی منفی بالایی می باشد بطوریکه بیشترین میزان همبستگی در سال ۱۹۹۴ مربوط به شاخص NWI به میزان ۰/۹۴۱ بوده و کمترین میزان مربوط به شاخص NDWI به میزان ۰/۸۹- می باشد. لیکن در سال ۲۰۲۳ بیشترین همبستگی مربوط به شاخص MNDWI به میزان ۰/۹- بوده و کمترین میزان همبستگی برای شاخص NDMI به میزان ۰/۶۵- به دست آمد. کمترین میزان R^2 نیز مربوط به شاخص NDMI به میزان ۰/۴۲ بوده است. بر اساس یافته های به دست آمده، سدسازی های کشور افغانستان به شدت چاه نیمه های جنوب زابل را دستخوش تغییر قرار داده و این امر تبعات زیست محیطی شدیدی را در این منطقه بر جای گذاشته است.

References

- Ahmed, S. (2018). Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over Suez Governorate using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 21 (1), 15–25.
- Alexandratos, S.D., Barak, N., Bauer, D., Davidson, F.T., Gibney, B.R., Hubbard, S.S., Taft, H.L., & Westerhof, P. (2019). Sustaining water resources: Environmental and conomic impact. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 7 (3), 2879–2888.
- Alizadeh, S., Yamani, M., Sarvati, M., & Chahroudi, M. (2023). Analyzing the relationship between changes in the coastline and landuse within coastal cell, case study Talesh to Anzali, Hydrogeomorphology, 10(36), 113-137. (in persian)
- Bayatikhatibi, M., & Zabet, N. (2023). Monitoring soil salinity changes due to Urmieh underground saline water in the industrial and agricultural area of west Tabriz using spectral indices, Hydrogeomorphology, 10(35), 81-101. (in persian)

- Bellver-Domingo, Á., & Hernández-Sancho, F. (2019). Overview of water abstraction in the world. *Water Consumption, Tariffs Regulation*, p. 1.
- Cohen, J. (1960) A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Ding, J., Cuo, L., Zhang, Y., & Zhu, F. (2018). Monthly and annual temperature extremes and their changes on the Tibetan Plateau and its surroundings during 1963– 2015. *Sci. Rep.*, 1–23
- Falkenmark, M. (2020). Water resilience and human life support-global outlook for the next half century. *Int. J. Water Resour. Dev.* 36 (2-3), 377–396.
- Frazier, P.S., & Page, K.J. (2000). Water body detection and delineation with Landsat TM data. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 66, 1461–1468.
- Feyisa, G.L., Meilby, H., Fensholt, R., & Proud, S.R. (2014). Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* 140, 23–35.
- Gao, B.-C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sens. Environ.* 58 (3), 257–266.
- Geller, G.N., Halpin, P.N., Helmuth, B., Hestir, E.L., Skidmore, A., Abrams, M.J., Aguirre, N., Blair, M., Botha, E., & Colloff, M. (2017). Remote sensing for biodiversity. In: *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks*. Springer, Cham, 187–210.
- Haas, E.M., Bartholomé, E., & Combal, B. (2009). Time series analysis of optical remote sensing data for the mapping of temporary surface water bodies in sub-Saharan western Africa. *J. Hydrol.* 370 (1-4), 52–63.
- He, B., Oki, K., Wang, Y.i., Oki, T., Yamashiki, Y., Takara, K., Miura, S., Imai, A., Komatsu, K., & Kawasaki, N. (2012). Analysis of stream water quality and estimation of nutrient load with the aid of Quick Bird remote sensing imagery. *Hydrol. Sci. J.* 57 (5): 850–860.
- Huang, C., Chen, Y., Zhang, S., & Wu, J. (2018). Detecting, extracting, and monitoring surface water from space using optical sensors: A review. *Rev. Geophys.* 56 (2), 333–360.
- Ji, L., Geng, X., Sun, K., Zhao, Y., & Gong, P. (2015). Target detection method for water mapping using Landsat 8 OLI/TIRS imagery. *Water* 7 (12), 794–817.
- Jiang, W., He, G., Long, T., Ni, Y., Liu, H., Peng, Y., Lv, K., & Wang, G. (2018). Multilayer perceptron neural network for surface water extraction in Landsat 8 OLI satellite images. *Remote Sensing* 10 (5), 755-782.
- Lakew, H.B., Moges, S.A., Anagnostou, E.N., Nikolopoulos, E.I., & Asfaw, D.H. (2020). Evaluation of global water resources reanalysis runoff products for local water resources applications: case study-upper Blue Nile basin of Ethiopia. *Water Resour. Manage.* 34 (7), 2157–2177.
- Lorestani, G., & Esmaili, R. (2019). Feasibility study of Quadratic spectral parameters for extraction of water zone using Landsat satellite images (case study: Lake Lar Dam), *Hydrophysics*, 5(8), 87- 96.
- McFeeters, S.K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.* 17 (7), 1425–1432.

- Mueller, N., Lewis, A., Roberts, D., Ring, S., Melrose, R., Sixsmith, J., Lymburner, L., McIntyre, A., Tan, P., & Curnow, S., Ip, A. (2016). Water observations from space: Mapping surface water from 25 years of Landsat imagery across Australia. *Remote Sens. Environ.* 174, 341–352.
- Proud, S.R., Fensholt, R., Rasmussen, L.V., & Sandholt, I. (2011). Rapid response flood detection using the MSG geostationary satellite. *Internat. J. Appl. Earth Observ. Geoinform.* 13 (4), 536–544.
- Psomiadis, E., Soulis, K., Zoka, M., & Dercas, N. (2019). Synergistic approach of remote sensing and gis techniques for flash-flood monitoring and damage assessment in Thessaly plain area, Greece. *Water* 11 (3), 448-461.
- Rahmatinia, V., & Feizizadeh, B. (2022). Identification of semi automatic landforms using object-oriented processing digital elevation model and satellite imagery case study: Dez river basin located in the western and southwestern slopes of Zagros, Hydrogeomorphology, 9(30), 105-123. (in persian)
- Rogers, A.S., & Kearney, M.S. (2004). Reducing signature variability in unmixing coastal marsh Thematic Mapper scenes using spectral indices. *Int. J. Remote Sens.* 25 (12), 2317–2335.
- Rokni, K., Ahmad, A., Solaimani, K., & Hazini, S. (2015). A new approach for surface water change detection: Integration of pixel level image fusion and image classification techniques. *Internat. J. Appl. Earth Observ. Geoinform.* 34, 226– 234.
- Shen, L., & Li, C. (2010). Water body extraction from Landsat ETM+ imagery using adaboost algorithm. In: *18th International Conference on Geoinformatics*. IEEE, 34: 1–4.
- Skakun, S. (2012). A neural network approach to flood mapping using satellite imagery. *Comput. Inform.* 29, 1013–1024.
- Stephens, G.L., Slingo, J.M., Rignot, E., Reager, J.T., Hakuba, M.Z., Durack, P.J., Worden, J., & Rocca, R. (2020). Earth's water reservoirs in a changing climate. *Proc. RoyalN Soc. A* 476 (2236), 20190458.
- Thakur, D., Bartarya, S., & Nainwal, H. (2018). Mapping groundwater prospect zones in an intermontane basin of the Outer Himalaya in India using GIS and remote sensing techniques. *Environ. Earth Sci.* 77, 1–15.
- Wu, Q. (2017). GIS and remote sensing applications in wetland mapping and monitoring. In *Comprehensive Geographic Information Systems*. 23, 140-157.
- Wukelic, G.E., Gibbons, D.E., Martucci, L.M., & Foote, H.P. (1989). Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper thermal band. *Remote Sens. Environ.* 28, 339–347.
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int. J. Remote Sens.* 27 (14), 3025–3033.
- Yousefi, H., Torabi, H., Haghizadeh, A., Samadi, A., Arshiya, A., & Yarahmadi, Y. (2022). Monitoring the Changes of Zaribar Lake in Kurdistan using spectral indicators and Landsat images in Google Earth Engine system, *Hydrology*, 6(2), 30- 41.
- Yousefiroshan, M. (2022). Estimation of Lake Urmia water area using Landsat 8 satellite imagery using MNDWI index, *Journal of Geography*, 20(74): 165- 186.
- Zhang, H., Jiang, Q., & Xu, J. (2013). Coastline extraction using support vector machine from remote sensing image. *J. Multimedia* 8, 175–182.