



Water cover change detection in Zayandeh-Rood watershed using remote sensing

Pantea Lotfi¹, Mozghan Ahmadi Nadoushan^{2,*}, Aliasghar Besalatpour³

¹ Department of Environmental Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

² Department of Environmental Sciences, Waste and Wastewater Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

³ Inter 3 GmbH - Institut für Ressourcenmanagement, Berlin, Germany.

*Corresponding Author: m.ahmadi1984@gmail.com

© The Author(s) 2023

Received: 14 Aug 2023

Accepted: 10 Oct 2023

Published: 14 Oct 2023

Extended Abstract

Introduction

Water is one of the most fundamental resources for life, playing a critical role in drinking, agriculture, industry, and socio-economic and political security. Given its importance, the sustainable management and utilization of water resources have become a global priority. Remote sensing technology has emerged as a powerful tool for monitoring water resources, offering applications such as land cover classification and water surface detection. This study evaluates the use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) derived from Landsat 9 satellite imagery to detect water bodies and river surfaces in the Zayandeh River basin from 1984 to 2022. The results reveal a significant decline in water levels, likely due to agricultural water extraction. The NDWI proved effective in extracting water features from satellite images, making it a reliable tool for assessing the hydrological conditions of the Zayandeh River basin.

Materials and Method

The study focuses on the Zayandeh River basin, a vital water source in central Iran, covering an area of 41,550 square kilometers. Satellite imagery from Landsat 5, 7, 8, and 9 was used to analyze changes in water surface areas over a 38-year period. The NDWI, calculated using the formula $(NIR - Green) / (NIR + Green)$, was employed to distinguish water bodies from other land cover types. The NDWI values range from -1 to 1, with positive values indicating water surfaces and negative values representing vegetation or dry areas. Image preprocessing, including radiometric and atmospheric corrections, was performed to ensure data accuracy. The study also utilized statistical analysis, such as ANOVA, to compare NDWI values across different stations along the river.



Results and Discussion

The analysis of NDWI values from 1984 to 2022 revealed significant spatial and temporal variations in water surface areas. The upper reaches of the Zayandeh River, particularly near the Zarinshahr station, showed relatively stable water levels, with NDWI values consistently above zero. However, downstream stations exhibited a sharp decline in water levels, with NDWI values frequently falling below zero, indicating dry riverbeds. This trend was especially pronounced after 2011, coinciding with increased agricultural water extraction. The study also identified a strong correlation between water level reductions and human activities, such as canalization and water diversion. Statistical analysis confirmed significant differences in NDWI values between stations, highlighting the uneven distribution of water resources along the river. These findings align with previous studies, such as those conducted on Lake Chilika in India and Lake Parishan in Iran, which also demonstrated the effectiveness of NDWI in monitoring water surface changes.

Conclusion

This study underscores the utility of remote sensing and NDWI in monitoring water resources and detecting changes in river systems. The Zayandeh River basin has experienced significant water level reductions, particularly in its downstream sections, largely due to agricultural water extraction. The NDWI proved to be a reliable and efficient tool for identifying water surfaces and assessing hydrological changes over time. The findings highlight the need for sustainable water management practices to address the growing water scarcity in the region. Future research could explore the integration of additional remote sensing indices and ground-based data to enhance the accuracy of water resource monitoring and support decision-making processes.

Keywords: Temporal-spatial changes, Remote sensing, Landsat, Normalized difference water index



Water cover change detection in Zayandeh-Rood watershed using remote sensing

Pantea Lotfi¹, Mozhgan Ahmadi Nadoushan^{2,*}, Aliasghar Besalatpour³

¹ Department of Environmental Sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

² Department of Environmental Sciences, Waste and Wastewater Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

³ Inter 3 GmbH - Institut für Ressourcenmanagement, Berlin, Germany.

*Corresponding Author: m.ahmadi1984@gmail.com

© The Author(s) 2023

Received: 14 Aug 2023

Accepted: 10 Oct 2023

Published: 14 Oct 2023

Abstract

Water, as one of the most basic needs of life, currently includes our drinking, agriculture, industry, economic-social and security-political issues for survival and expansion. Due to the importance of this issue, the basic management and exploitation of water resources has become one of the important global issues. Nowadays, remote sensing technique has many uses in agriculture, such as determining the area under cultivation and predicting crop yield. In this research, the evaluation of the detection method of zones, water levels and rivers with Normalized Difference Water Index (NDWI) using Landsat 9 satellite images in the period of 1984-2022 was used to separate the water cover. The obtained results showed that there is a noticeable trend in reducing the water level in the desired points, which can be directly related to water harvesting for agricultural purposes in different parts of the route. In other words, the amount of water that the Normalized Difference Water Index index shows in each station has a significant difference with other stations, which indicates significant water extraction in all parts of the Zayandeh-Rood. Therefore, in the present study, it was found that the normalized differential water index was easily able to extract water from satellite images and is a suitable index for predicting the condition of the Zayandeh-Rood Watershed.

Keywords: Temporal-spatial changes, Remote sensing, Landsat, Normalized difference water index



آشکارسازی تغییرات پوشش آب حوضه‌ی زاینده‌رود با استفاده از سنجش از دور

پانته آ لطفی^۱، مژگان احمدی ندوشن^{۲*}، علی اصغر بسالت پور^۳

۱. گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران.

۲. گروه محیط زیست، مرکز تحقیقات پسماند و پساب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران.

3. Inter 3 GmbH - Institut für Ressourcenmanagement, Berlin, Germany.

* ایمیل نویسنده مسئول: m.ahmadi1984@gmail.com

© The Author(s) 2023

چاپ: ۱۴۰۲/۰۷/۲۲

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۸

دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۳

چکیده

آب به عنوان یکی از اساسی‌ترین نیازهای زندگی در حال حاضر برای ادامه حیات و گستردگی موارد استفاده در مسائل شرب، کشاورزی، صنعت، اقتصادی - اجتماعی و امنیتی - سیاسی ما را شامل می‌شود. با توجه به اهمیت این موضوع، مدیریت و بهره‌برداری اصولی از منابع آب به یکی از موضوعات مهم جهانی تبدیل شده است. تکنیک سنجش از دور امروزه در کشاورزی کاربردهای فراوانی از جمله تعیین سطح زیرکشت و پیش‌بینی عملکرد محصول دارد، در این پژوهش، ارزیابی روش تشخیص پهنه‌ها، سطوح آبی و رودخانه‌ها با شاخص آب تفاضلی نرمال شده با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۹ در بازه زمانی ۱۴۰۱-۱۳۶۳ جهت تفکیک پوشش آب استفاده شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که روند محسوسی در کاهش سطح آب در نقاط موردنظر مشاهده می‌شود که می‌تواند ارتباط مستقیمی با برداشت آب برای مصارف کشاورزی در نقاط مختلف مسیر وجود داشته باشد. به عبارت دیگر، مقدار آبی که شاخص آب تفاضلی نرمال شده در هر ایستگاه نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها دارد که نمایانگر استحصال آب معنی‌دار آب در تمام نقاط رودخانه زاینده‌رود است. بنابراین در مطالعه حاضر مشخص شد که شاخص آب تفاضلی نرمال شده به راحتی قادر به استخراج آب از تصاویر ماهواره‌ای بوده است و شاخص مناسبی برای پیش‌بینی وضعیت حوضه زاینده‌رود است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات زمانی - مکانی، سنجش از دور، لندست، شاخص آب تفاضلی نرمال شده

آب به‌عنوان مایه حیات و منشا زندگی، آثار قابل توجهی بر کیفیت زندگی بشر دارد. به‌نحوی که کمبود آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مختل‌کننده‌ی توسعه در بسیاری از کشورها مطرح بوده و چالش بزرگی را در بخش کشاورزی پدید آورده است (Biniaz et al., 2021). از آنجایی که آب یکی از اصلی‌ترین نیازهای بشر است، خشکسالی و کمبود آب یکی از بزرگترین چالش‌هایی است که توسعه کشاورزی کشور در حال و آینده با آن روبه‌رو خواهد بود. خشکسالی دارای اثرات مخرب در سه بعد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی است که منجر به بروز ناپایداری کشاورزی می‌گردد. بنابراین یکی از جنبه‌های مهم برنامه‌ریزی و کاهش اثرات خشکسالی و توسعه همه‌جانبه پایدار، شناخت اثرات این پدیده می‌باشد (Gaznayee et al., 2020; Rostamian & Khosravipour., 2018). زاینده‌رود یک رودخانه حیاتی برای استان اصفهان و فلات مرکزی ایران است که در حوزه آبخیز گاوخونی قرار گرفته و نقش مهمی در تامین آب شرب، صنعت و کشاورزی مناطق مرکزی ایران دارد (Rahpou et al., 2019)، به‌طوری که برای مصارف مختلف از جمله آب شرب برای حدود سه میلیون نفر را تامین می‌کند (Taheri Dehkordi., 2022). همچنین در معرض تخلیه گسترده فاضلاب و پساب از چندین منبع آلودگی نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای قرار گرفته است (Karimian et al., 2020). لازم به ذکر است در دهه‌های اخیر، منابع آبی حوضه کاهش یافته، به‌نحوی که بخشی از طول رودخانه در قسمت میانی و پایین‌دست جریان آب خشک شده یا به‌صورت موقتی در آمده و تخصیص آب کشاورزی به اراضی زراعی این بخش‌ها کاهش شدیدی پیدا کرده است (Rahmanifazli & Salehian., 2018). علاوه بر این برای افرادی که در پایین‌دست محل سد قرار دارند و همچنین حفاظت از منابع اقتصادی و زیست‌محیطی، برنامه‌های مدیریت ریسک در سراسر جهان لازم است (Abu-Abdullah et al., 2020). با پیشرفت فناوری، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل ویژگی‌های خاص خود مانند دید وسیع، یکپارچگی، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیس برای ثبت خصوصیات پدیده‌ها، امکان به کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارها و کم هزینه و سریعتر بودن تجزیه و تحلیل باعث شده که به این منظور با استقبال خاصی روبه رو شود (Henderson et al., 1995). داده‌های ماهواره‌ای سنجش از دور با قدرت تفکیک مکانی، طیفی و زمانی متفاوت، یک منبع ارزشمند را برای ارزیابی سطح آب و تغییرات آن در دهه‌های اخیر ارائه نموده است (Zhaohui et al., 2003; Jawak et al., 2015). سنجش از دور ابزار بسیار مناسبی برای شناسایی پهنه‌های آبی بوده و از این رو یکی از مزایای شناسایی سطح آب به وسیله تصاویر ماهواره‌ای عدم نیاز به حضور فیزیکی در محل است (Ozesmi et al., 2002; Jawak et al., 2015). بنابراین روش‌های مختلف پردازش تصاویر مانند NDWI در دهه‌های اخیر برای استخراج عوارض آب معرفی شده است. تفاوت در عملکرد شاخص‌های پیشنهاد شده آب بر روی انواع داده‌های ماهواره‌ای توسط بسیاری از محققان، مطالعه شده است. (Benzougagh et al. (2022) استفاده ترکیبی از Sentinel-2 و Landsat-8 برای نظارت بر سطح آب و ارزیابی شدت خطر خشکسالی با استفاده از گوگل ارث انجین را مورد بررسی قرار دادند. شاخص آب تفاضلی نرمال شده نوعی تحلیل طیفی آب بر اساس یک باند سبز و یک نمایش باند مادون قرمز نزدیک است. منطقه مورد مطالعه برای این کار سد ۱ ادریس در شمال شرقی مراکش است که در پایین‌دست زهکشی رودخانه اینائونن واقع شده است. نتیجه این مطالعه نشان داد که نقشه‌برداری از آب‌های سد ادریس یکم و ارزیابی شدت و فراوانی خطر خشکسالی با دقت بالا انجام گرفته است. (Al-Obaidi et al. (2022) در مطالعه‌ای بر روی دریاچه سد موصل با استفاده از سری داده‌های سنجش از دور تصاویر لندست (TM5، ETM+7 و OLI8) به این نتیجه دست یافتند که داده‌های سنجش از دور روشی کارآمد برای تشخیص تغییرات کمیت آب در منطقه مورد مطالعه با هزینه‌های کم را فراهم می‌کند و با استفاده از معادله شاخص آب تفاضلی نرمال شده در دوره‌های (۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰)، حجم آب در منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب (۲۸۱،

۳۲۰، ۲۲۵، ۲۷۶ و ۲۹۵) کیلومتر مربع بوده است. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات پوشش آب حوضه‌ی زاینده‌رود با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز زاینده‌رود با وسعت ۴۱۵۵۰ کیلومتر مربع به‌عنوان بخشی از فلات مرکزی ایران در استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری و بختیاری بین طول جغرافیایی ۳۲° ۵۰' تا ۳۲° ۱۸' عرض شمالی و ۵۱° ۴۲' تا ۵۰° ۵۲' طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه از قسمت جنوب و جنوب غرب به کوه‌های دامنه‌ی رشته‌کوه زاگرس و از غرب به نواحی دشتی واحد هیدرولوژیک دشت کوهپایه و سگزی ختم می‌شود. از لحاظ توپوگرافی، قسمت عمده این منطقه به خصوص در قسمت مرکز شامل دشت‌های مسطح با شیب کمتر از ۸ درصد است که به مجموعه‌ای از کوه‌های پراکنده در حاشیه‌ی آن ختم شده و مرز منطقه را تشکیل می‌دهد.

شکل ۱. حوضه آبخیز زاینده‌رود در مرکز ایران

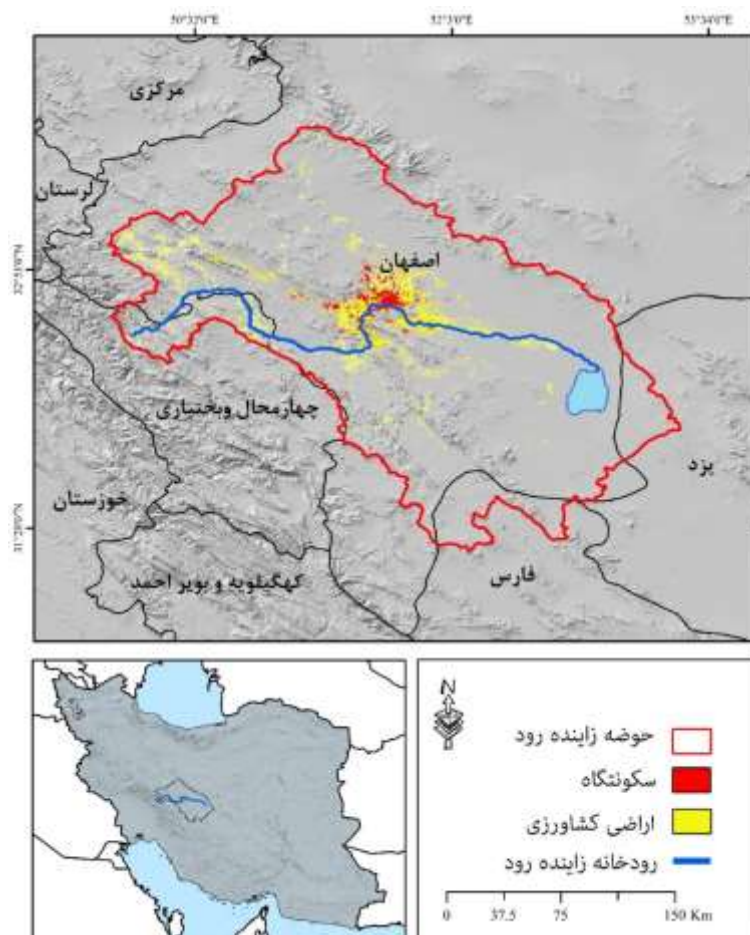


Fig 1. Zayandeh Road watershed in central Iran

شکل ۲. نواحی منتخب برای شناسایی تغییرات آب رودخانه توسط تصاویر ماهواره لندست

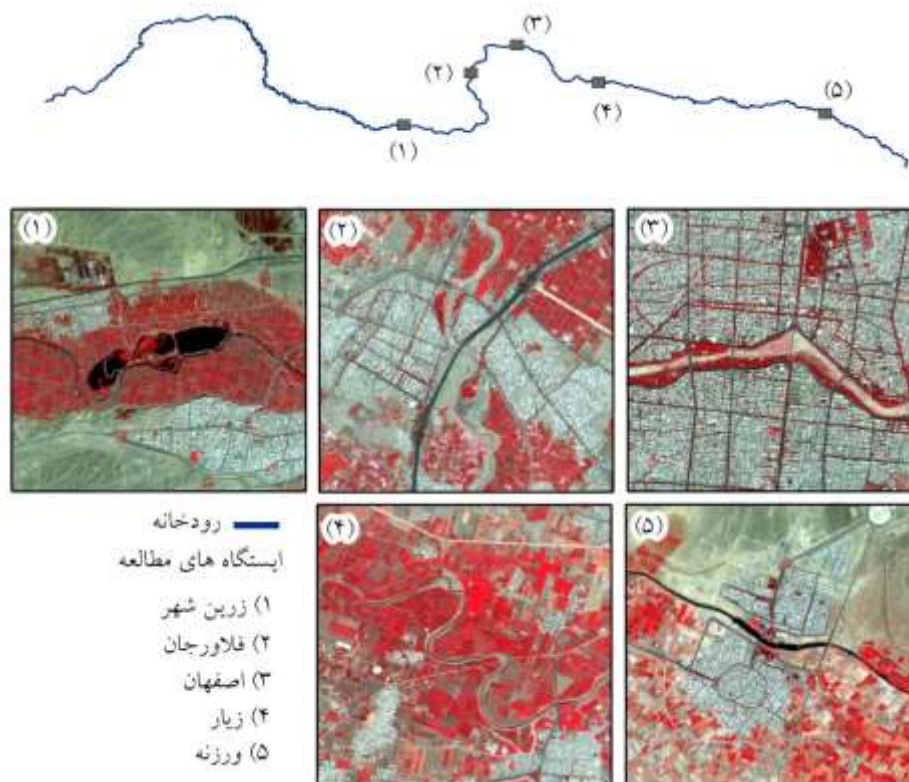


Fig 2. Selected areas to identify river water changes by Landsat satellite images

۲-۲- روش کار

در این مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع دریافت داده‌های اولیه مورد استفاده قرار گرفت. پوشش زمانی و مکانی گسترده و همچنین دوره‌های گذر مجدد کوتاه مدت از مزایای اصلی سری ماهواره‌های لندست است که در این تحقیق به عنوان داده‌های ماهواره‌ای مرجع مورد استفاده قرار گرفتند. برای شناسایی گستره و تغییرات آب سطحی، از ماهواره‌ی لندست ۵ که از سال اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی به طور پیوسته به جمع‌آوری اطلاعات بازتابی از سطح زمین پرداخت است، ماهواره‌ی لندست ۸ که در سال ۲۰۱۴ جانشین این ماهواره شد، ماهواره‌ی لندست ۷ در سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۰ به جمع‌آوری داده‌های مشابه با ماهواره‌ی لندست ۵ پرداخت و در نهایت از ماهواره‌ی لندست ۹ که در سال ۲۰۲۲ به صورت ماهواره دوقلو به کمک ماهواره‌ی لندست ۸ آمد استفاده شد که در شکل (۳) نشان داده شده است.

تصحیح اولیه تصاویر یکی از مهم‌ترین مراحل آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای در سنجش از دور است که اثر شگرفی در حصول نتایج صحیح دارد. از آنجایی که تصاویر ماهواره‌ی لندست به صورت خام برداشت و در اختیار کاربر قرار می‌گیرد، لازم است تا تصحیحات مورد نیاز برای تبدیل این مقادیر به بازتاب سطح زمین یا بازتاب بالای سطح زمین صورت گیرد. لزوم این امر به طور ویژه در زمانی احساس می‌شود که هدف، مقایسه‌ی تغییرات بازتاب و در نتیجه تغییرات پوشش سطح زمین در بین زمان‌های مختلف باشد.

شکل ۳. تصاویر ماهواره‌ی لندست در ردیف و گذرهای مختلف بر روی حوضه آبریز زاینده‌رود

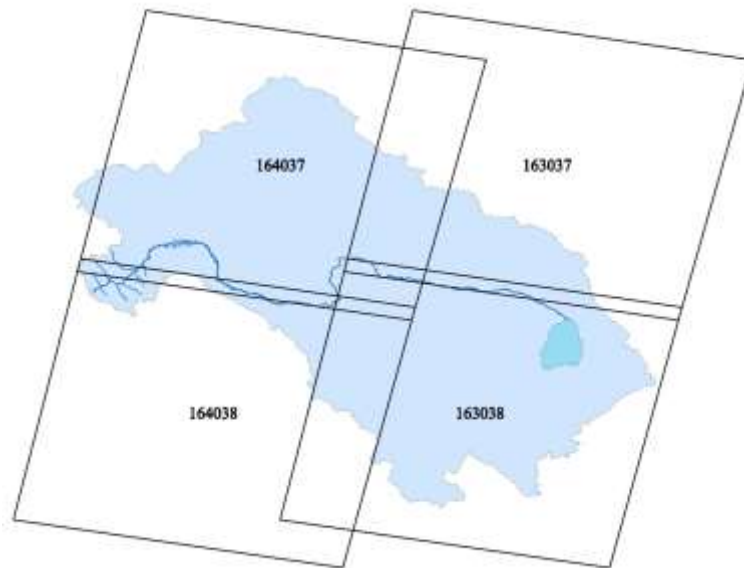


Fig 3. Landsat satellite images in different rows and passes on the Zayandeh-Rood watershed

۳-۲- شاخص آب تفاضلی نرمال شده

این شاخص به دلیل حساس بودن به خصوصیات مختلف مانند محتوای آبی گیاه انتخاب شد. در حالیکه NDVI اطلاعاتی در مورد میزان فتوسنتز و محتوای کلروفیل فراهم می‌کند، از NDWI می‌توان به عنوان شاخص محتوای آب گیاه بهره برد. NDWI به طور گسترده‌ای جهت مطالعه محتوای آب پوشش‌های گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است (Mohamadi, 2022). شاخص آب تفاضلی نرمال شده بر مبنای بیشترین مقدار جذب آب و بیشترین مقدار بازتاب برای پوشش گیاهی در باند مادون قرمز نزدیک طراحی شده است. هدف از استخراج این رابطه توسط McFeeters (1996) مشخص کردن پهنه‌های آبی بوده است. در رابطه زیر NIR، باند مادون قرمز نزدیک و Green، باند سبز می‌باشد. محدوده شاخص بین ۱- تا ۱ قرار دارد. مقادیر صفر تا ۱ پهنه‌های آبی و مقادیر کمتر از صفر پوشش گیاهی را نشان می‌دهد.

$$NDWI = \frac{NIR - Green}{NIR + Green}$$

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات پوشش آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه

در این تحقیق، تغییرات حوضه‌ی زاینده‌رود را در بازه زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۱ شمسی با استفاده از داده‌های تصاویر لندست مورد بررسی قرار گرفت و شاخصی برای پیش‌بینی وضعیت حوضه ارائه گردید. ابتدا برای ارزیابی تغییرات از شاخص اختلاف آب نرمال شده استفاده شده است. در شکل (۴) روند مقادیر شاخص NDWI برای تشخیص نحوه‌ی توزیع آب رودخانه‌ی زاینده‌رود در ایستگاه زرین شهر، که آب آن اغلب برای مصارف فعالیت‌های کشاورزی استفاده می‌شود، به دست آمد. مهمترین خصیصه‌ی این شاخص در ایستگاه مورد نظر نوسانات شدید فصلی آن است که نشان‌دهنده‌ی یک رودخانه فصلی با نوسانات دبی بسیار بالا است. در این ایستگاه که در نواحی انتهایی بالادست رودخانه مشاهده می‌شود شاخص

NDWI اغلب بالاتر از صفر قرار دارد. به طور خاص در سال‌های اخیر که رودخانه زاینده‌رود با خشکی بی‌سابقه‌ای روبرو شده است، این بخش از رودخانه دارای پوشش آب بوده است.

سطح آب در ایستگاه دوم شکل (۵) و ایستگاه سوم شکل (۶) نسبت به ایستگاه اول به شدت کاهش یافته است به طوری که مقادیر منفی زیادی در این شاخص در سال‌های اخیر به چشم می‌خورد. به طور خاص از سال ۱۳۹۰ تاکنون، مقدار این شاخص عموماً در محدوده‌های منفی قرار داشته که نشان‌دهنده‌ی خشک بودن کامل رسوبات بستر رودخانه است. این روند خشک‌شدگی در ایستگاه‌های چهارم شکل (۷) و پنجم شکل (۸) بسیار بارز و مشخص است به طوری که در ایستگاه پنجم، سطح آب تالاب به شدت کاهش یافته و به طور کامل در محدوده‌ی منفی قرار گرفته است.

با در نظر گرفتن تمامی نمودارها می‌توان روند محسوسی در کاهش سطح آب در نقاط نمونه مشاهده کرد که می‌تواند ارتباط مستقیمی با برداشت آب برای مصارف کشاورزی در نقاط مختلف مسیر وجود داشته باشد. شکل (۹) متوسط سالانه‌ی این شاخص در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد. تا ایستگاه سوم، متوسط سالانه‌ی این شاخص بیشتر از صفر است که نشان‌دهنده‌ی غالبیت سطح مرطوب آن نسبت به سطح خشک رودخانه است حال آنکه در ایستگاه چهارم و پنجم به دلیل عدم وجود آب در مقاطع زمانی بسیار زیاد، متوسط سالانه‌ی این شاخص در محدوده منفی و نمایانگر خشک بودن پایین دست رودخانه است. علیرغم اینکه تبخیر و تعرق چنان اثر بارزی بر کاهش سریع مقدار آب رودخانه ندارد، بنابراین تغییرات رخ داده را می‌توان به استحصال و کانال کشی آب رودخانه نسبت داد. نکته بارز دیگر در این بخش، تفاوت معنی‌دار بین متوسط شاخص NDWI هر ایستگاه به ایستگاه مجاور است شکل (۹). به عبارت دیگر، مقدار آبی که شاخص NDWI در هر ایستگاه نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها دارد که نمایانگر استحصال آب معنی‌دار آب در تمام نقاط رودخانه زاینده‌رود است. در جدول (۱) مقادیر عددی این مقایسه در جدول مقایسه میانگین ANOVA نشان داده شده است که تفاوت بسیار معنی‌دار در سطح یک صدم را نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق با تحقیقات Nandi et al. (2018) در دریاچه چیلیکا در ایالت اودیشای هند، که در مطالعه تشخیص خودکار پهنه‌های آبی از خشکی، شاخص‌های NDWI، MNDWI و AWEI بهترین نتایج برای شناسایی پهنه‌ها و تغییرات زمانی دریاچه را داشتند، همخوانی دارد و در این منطقه برای شناسایی پهنه‌های آبی و تغییرات زمانی آن‌ها می‌توان از شاخص‌های استخراج اتوماتیک آب و همچنین از شاخص اصلاح شده تفاضلی نرمال آب بهره برد. از تحقیقات داخلی نیز (Khosrovian et al. 2018) در پایش و بررسی تغییرات بر روی سطح آب دریاچه پریشان با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور، به این نتیجه رسیدند که؛ به دلیل حساسیت بیش از حد به مناطق آبی، زمین‌های مرطوب کشاورزی را هم جز محدوده دریاچه به حساب می‌آورد، درحالی‌که شاخص تفاضل نرمال شده آبی و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی بالاترین نتایج را ارائه می‌دهند.

جدول ۱. جدول مقایسه میانگین شاخص NDWI بین ایستگاه‌های مختلف

Table 1. Comparison table of average NDWI index between different stations

Sig.	F	مربع میانگین	درجه آزادی	مجموع مربعات	
۰/۰۰	۷۸۹/۳۷	۱۳/۴۷	۴	۵۳/۸۹	بین گروه
		۰/۰۱۷	۴۷۰۳	۸۰/۲۷	درون گروه
			۴۷۰۷	۱۳۴/۱۶	مجموع

شکل ۴. مقادیر شاخص NDWI در ایستگاه اول از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۱

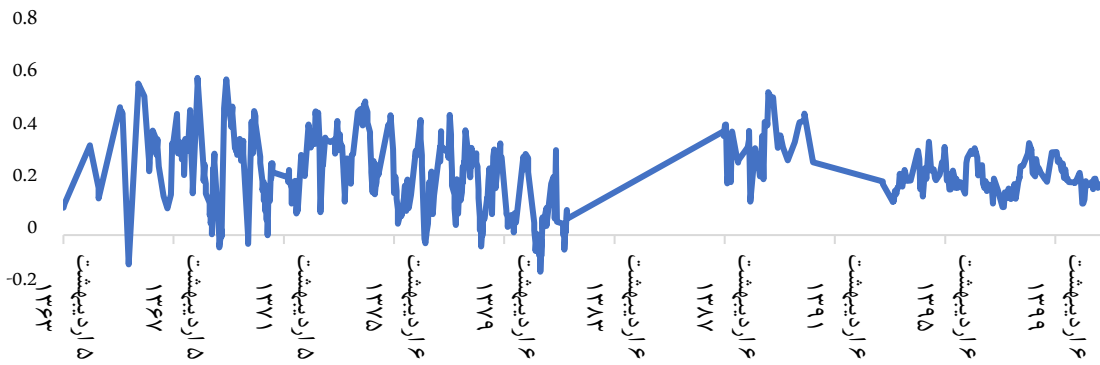


Fig 4. NDWI index values at the first station from 1984 to 2022

شکل ۵. مقادیر شاخص NDWI در ایستگاه دوم از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۱

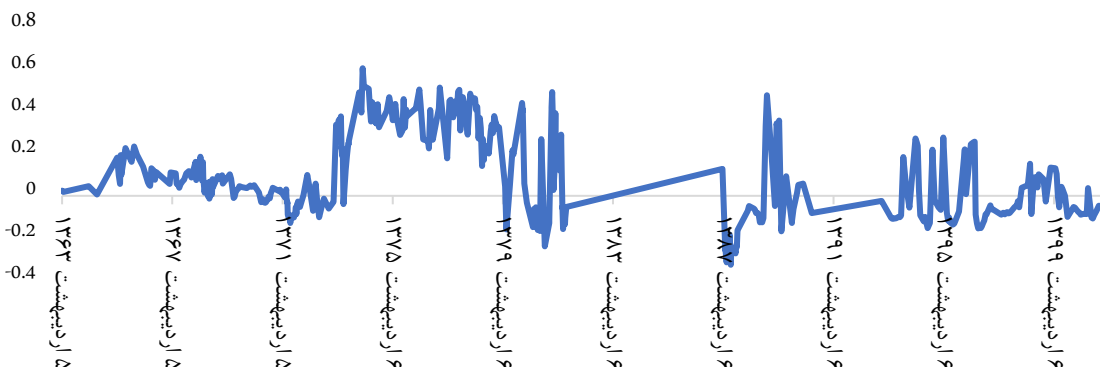


Fig 5. NDWI index values at the second station from 1984 to 2022

شکل ۶. مقادیر شاخص NDWI در ایستگاه سوم از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۱

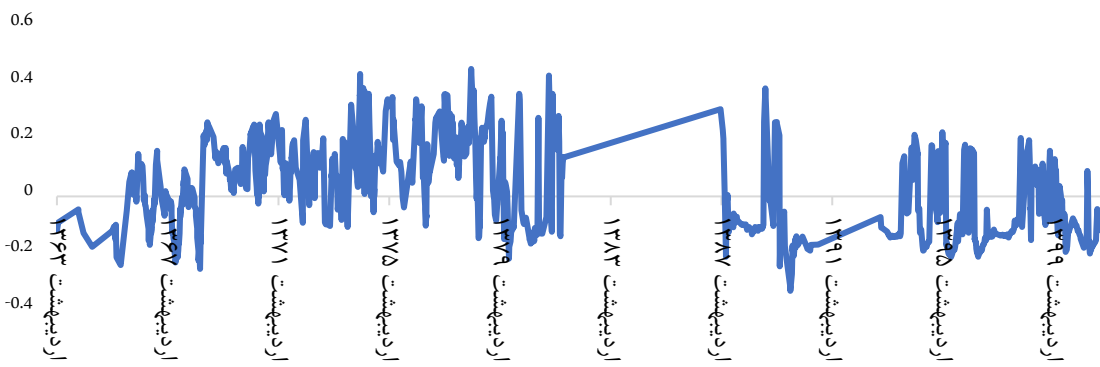


Fig 6. NDWI index values at the third station from 1984 to 2022

شکل ۷. مقادیر شاخص NDWI در ایستگاه چهارم از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۱

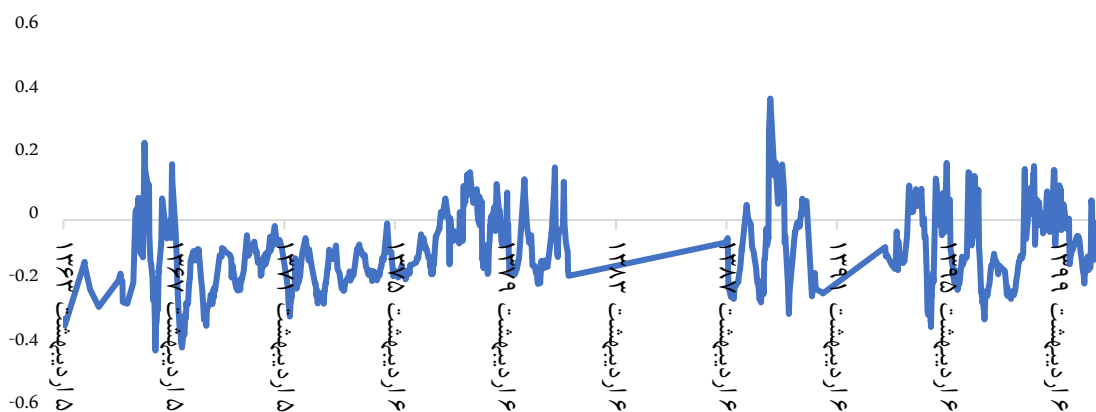


Fig 7. NDWI index values at the fourth station from 1984 to 2022

شکل ۸. مقادیر شاخص NDWI در ایستگاه پنجم از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۱

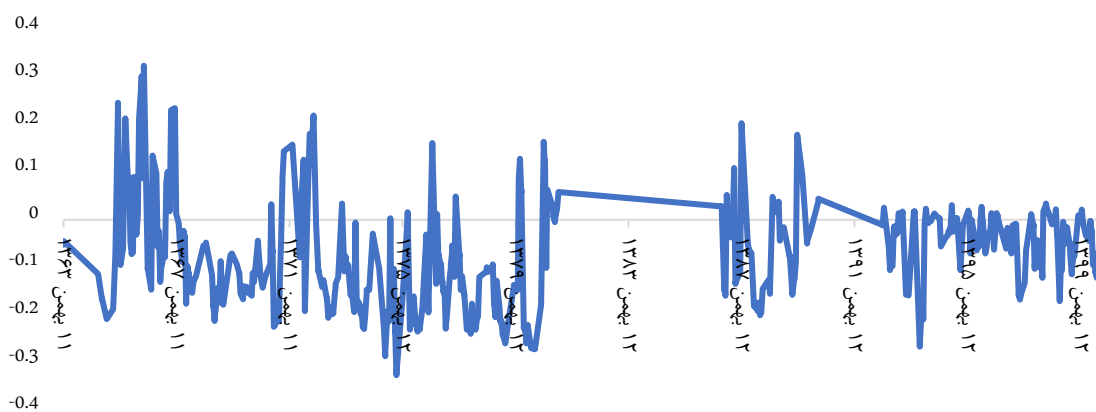


Fig 8. NDWI index values at the fifth station from 1984 to 2022

شکل ۹. متوسط شاخص NDWI در ایستگاه‌های مختلف (حروف متفاوت نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد است)

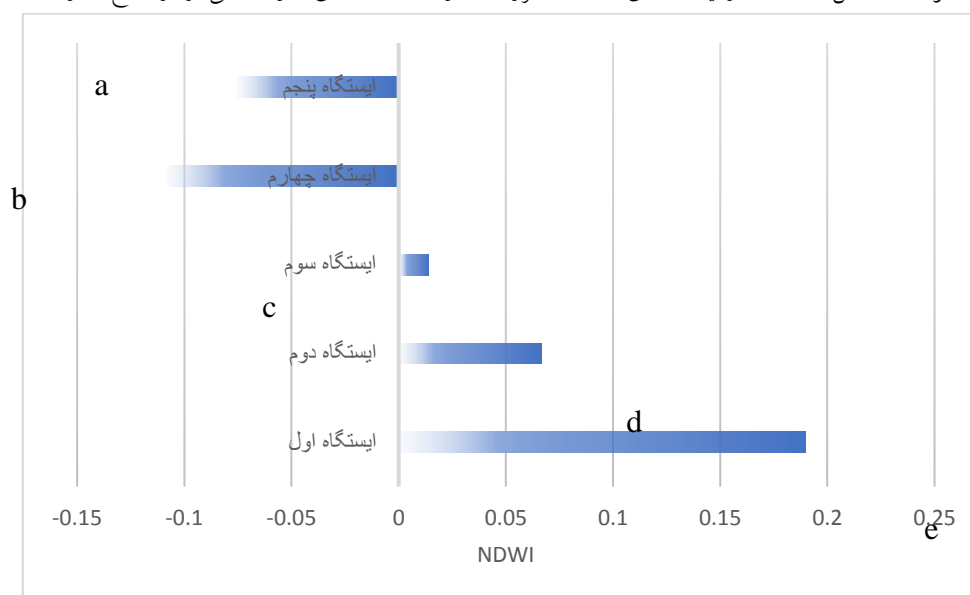


Fig 9. Average NDWI index at different stations (different letters indicate significant differences at the 1% level)

۴- نتیجه‌گیری

منبع اصلی تامین آب حوضه زاینده‌رود در استان اصفهان، بالادست سد زاینده‌رود می‌باشد. رودخانه‌ها از حساس‌ترین سامانه‌های محیطی محسوب می‌شوند که تحت تاثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم، تغییرات آن‌ها تقریباً سریع بوده و شاید از این نظر قابل مقایسه با دیگر سامانه‌های ژئومورفولوژی نباشد. خشکسالی اولین تاثیر خود را در محیط طبیعی یک منطقه می‌گذارد. در این مطالعه، با روش NDWI، تغییرات پوشش آب حوضه زاینده‌رود بررسی شد. بررسی تغییرات در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۶۳ نشان می‌دهد که افزایش بهره‌برداری از ظرفیت منابع آب باعث ناپایداری منابع آب می‌شود و رودخانه از قسمت‌های میانی از حالت دائمی خارج می‌شود. بهره‌برداران قسمت‌های پایین‌تر حوضه کمبود آب خود را از منابع آب زیرزمینی جبران می‌کنند که باعث چرخه‌ی ناپایداری منابع آب، خشکسالی و... می‌شود. در واقع، افزایش بهره‌برداری موجب تخریب اکوسیستم طبیعی و برهم خوردن تعادل اکوسیستم، می‌شود و اکولوژی جانوری، گیاهی و انسانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. روش سنجش از دور ماهواره‌ای از روش‌های معمول شناسایی آب‌های سطحی است که کارایی آن در مطالعات گوناگون به اثبات رسیده است. در این بین تصاویری برای شناسایی پهنه‌های آبی مناسب هستند که از ماهواره‌هایی تهیه شده باشند که دارای باندهای جذبی آب باشند. ماهواره لندست از جمله ماهواره‌های پرکاربرد در این زمینه است.

۵- تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

۶- منابع

- Abu-Abdullah, M. M., Youssef, A. M., Maerz, N. H., Abu-AlFadail, E., Al-Harbi, H. M., & Al-Saadi, N. S. (2020). A flood risk management program of Wadi Baysh dam on the downstream area: An integration of hydrologic and hydraulic models, Jizan region, KSA. *Sustain*, 12(3), 1069. <https://doi.org/10.3390/su12031069>
- Al-Obaidi, M. A., & Al-Timimi, Y. K. (2022). Change detection in Mosul dam lake, north of Iraq using remote sensing and GIS techniques. *Iraqi Journal of Agricultural Science*, 53(1), 38-47.
- Benzougagh, B., Meshram, S. G., El Fellah, B., Mastere, M., Dridri, A., Sadkaoui, D., Mimich, K., & Khedher, K. M. (2022). Combined use of Sentinel-2 and Landsat-8 to monitor water surface area and evaluated drought risk severity using Google Earth Engine. *Earth Science Informatics*, 15(2), 929-940. <https://doi.org/10.1007/s12145-021-00761-9>
- Biniiaz A., Ahmadpour Borazjani M., Ziaee S., & Mohammadi H. (2021). Potential effects of agricultural water pricing and quota on productivity and use of agricultural inputs in Kohgiluyeh. *Journal of Water Research Agriculture*, 35(1): 89-106. <https://doi.org/10.22092/jwra.2021.352382.834>. (In Persian)
- Gaznaye, H., & Al-Quraishi, A. (2020). Identifying drought status in Duhok Governorate (Iraqi Kurdistan Region) from 1998 through 2012 using landsat time series dataset. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 1(1), 17-23. <https://doi.org/10.38094/jastt1112>
- Henderson, F. M. (1995). Environmental factors and the detection of open surface water areas with X-band radar imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 16(13), 2423-2437. <https://doi.org/10.1080/01431169508954567>
- Jawak, S. D., Kulkarni, K., & Luis, A. J. (2015). A review on extraction of lakes from remotely sensed optical satellite data with a special focus on cryospheric lakes. *Advances in Remote Sensing*, 4(03), 196.
- Karimian, S., Chamani, A., & Shams, M. (2020). Evaluation of heavy metal pollution in the Zayandeh-Rud River as the only permanent river in the central plateau of Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8183-8>
- Khosrovian M., Inteziri A., Rahmani A., & Baaqideh M. (2018). Monitoring changes in the water level of Parshan Lake using remote sensing indicators. *Hydrogeomorphology*, 4(13): 99-120. (In Persian)

- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425-1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- Mohamadi Monavar, H., & Zibazadeh, S. (2022). Distinguishing Rain-fed and Irrigated Crops in Hamadan Province Using Spectral Indices of Satellite Images. *Journal of Agriculture Machinery*, 12(4), 529-542. (In Persian)
- Nandi D, Chowdhury R, Mohapatra J, Mohanta K, & Ray D. (2018). Automatic delineation of water bodies using multiple spectral indices. *Themed Section: Engineer Technology* 4(4): 498- 512.
- Ozesmi, S. L., & Bauer, M. E. (2002). Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10, 381-402. <https://doi.org/10.1023/A:1020908432489>
- RahmaniFazli, A., & Salehian, S. (2018). Investigating the relationship between the spreading of human settlements and instability of agricultural water resources in the Zayandeh-Rud basin. *Town and Country Planning*, 10(1): 167-192. (In Persian)
- Rahpou, F., Ghayoor, H., & Rajabi, Z. (2019). Investigation the quality changes of Zayandehrud river water using fuzzy logic. *Geography Development*, 16(53):1-3.
- Rostamian Z., & Khosravipour B. (2018). Investigating the impact of drought on sustainable development. The First International Conference on Applied Research in Agricultural Sciences. Natural Resources Environ.
- Taheri Dehkordi , A., Valadanzouj, M.J., & Safdarinezhad, A. (2022). Cropland mapping through integration of segmentation and classification techniques in google earth engine. *Iranian Remote Sensing & GIS*, 14(1): 1-20. (In Persian)
- Zhaohui, Z., Prinet, V., & Songde, M. A. (2003). Water body extraction from multi-source satellite images. In IGARSS 2003. 2003 IEEE Int Geoscience and Remote Sensing Symposium. Proceedings (IEEE Cat. No. 03CH37477), 6, 3970-3972. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2003.1295331>