Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Watershed Management Research, Vol. 15, Issue 1, 2024 ……............ p: 147-158

Research paper

The Relationship between the Suspended Sediment Concentration of Doab Mereg and Pol Chehr Hydrometric Stations with Vegetation in Upstream Areas Using Sentinel-2 MSI Images

Sara Parvizi [1], Seyed Zeynalabedin Hosseini[2], Ali Talebi[3], Somayeh Talebi Esfandarani[4], Hadi Jalili[5] and Reza Zakerinejad[6]

1- Ph.D. Student in Watershed Science and Engineering, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

2- Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran, (Corresponding author: zhosseini@yazd.ac.ir)

3- Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

4- Assistant Professor, Iranian Space Research Institute, Tehran, Iran

5- Associate Professor, Iranian Space Research Institute, Tehran, Iran

6- Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received: 03 May, 2023 Accepted: 20 October, 2023

Extended Abstract

Background: Soil erosion and sedimentation are among the major problems and environmental challenges in watersheds. The sediment load in rivers causes numerous issues, such as sedimentation in dam reservoirs, changes in river courses due to sedimentation in their beds, reduced water carrying capacity in waterways and water transfer facilities, and changes in water quality for drinking and agriculture. These problems are of great concern to researchers and water resource managers as they can investigate sedimentation, erosion, and potential effects on biological processes. Therefore, it is essential to investigate and evaluate suspended sediment concentrations to determine water quality and hydrological functions. In this regard, the use of accurate, extensive, and cost-effective techniques, such as remote sensing, is invaluable for improving sedimentation estimation and, consequently, water quality assessment. Understanding the spatial relationships between upstream vegetation and sedimentation is crucial for the effective control and optimal management of water resources and soil. The present study aimed to determine the relationship between vegetation cover and suspended sediment concentrations in the Doab Mereg and Gamasiab watersheds.

Methods: In this research, the Sentinel-2 satellite data were investigated in the first step. If there were cloudy conditions, dust particles, or other radiometric problems, they were removed from the calculations. Then, factors such as band type (visible and infrared bands), river width (higher than the image pixel - 40 meters at the Doab station and 80 meters at the Polchehr station), separation power, and sensor location (10 and 20 meters) were considered to select the appropriate image pixel for obtaining the spectral reflectance of water. The pixel corresponding to the hydrometric station and its surroundings was selected to extract the spectral reflectance. Then, the suspended sediment concentration statistics of the Doab Mereg station located in the Qarasu River and the Polchehr station located in the Gamasiab River in the five-year period (2016 to 2020) were used simultaneously to investigate the correlation between the spectral reflectance of the Sentinel-2 image bands and sediment concentration. Next, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for the two May and June seasons was extracted using Sentinel-2 images. The relationship between vegetation cover and suspended sediment concentration recorded at the station and extracted from the images was estimated separately.

Results: The results of the correlation analysis of suspended sediment concentration showed that the best result for the Doab and Polchehr stations belonged to band 4 (R2 = 0.86) and band

Copyright ©2024 Parvizi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]

5 ($R2 = 0.83$), respectively. The suspended sediment concentrations varied from 0.17 to 76.45 and 0.44 to 118.86 mg/liter in the Doab Mereg and Polchehr stations, respectively. In the Doab station, the depth of the power state had the highest correlation coefficient between the observational data (recorded in the station) and the data extracted from the images. In the Polchehr station, it had a high correlation coefficient in both polynomial and exponential modes. The best values of the coefficient of determination (R2) of the normalized vegetation cover difference index for the Doab and Polchehr stations were 0.98 and 0.64, respectively. This means that the amount of sediment decreases with an increase in vegetation cover. The average values of the vegetation index for the Mereg watershed (0.35) and the Gamasiab watershed (0.28) show the relatively sparse vegetation in the area. The lowest average values of vegetation cover in the studied season (spring) were respectively equal to 0.11 and 0.21 in the Mereg watershed in June and the Gamasiab watershed at the end of May. The results of the regression test showed a strong and significant relationship between the density of vegetation and the amount of suspended sediment concentration recorded in the hydrometric stations of the two basins.

Conclusion: The results showed that six models were extracted for the studied area, which had acceptable and suitable R2 and error values. Among the obtained models, better results were obtained in the single-band model than in the case of using the band ratio. The highest correlations belonged to bands B2, B3, B4, and B5 in the Doab Mereg station, and to B4 and B5 in the Pol Cheher station. The highest R2 values obtained for the two stations were 0.86 and 0.83, respectively, in the exponential model. The results of this study show that Sentinel-2 can be used as a suitable tool to estimate suspended sediment concentrations with acceptable accuracy in small-scale basins and flood conditions, which has been confirmed in a number of similar studies. Sediment rate refers to the positive effect of vegetation on soil protection and the reduction of sediment production and transport within watersheds. In general, the results demonstrate that vegetation has been effective in the quantity and quality of the spatial changes in the sedimentation rate of the basins. In fact, the NDVI vegetation index, as a representative of the vegetation, can be successfully used to create a statistical model of the changes in the sedimentation rate. The revitalization of vegetation should be included in development plans.

Keywords: Correlation relationship, NDVI, Remote Sensing, Soil erosion, Suspended sediment concentration

How to Cite This Article: Parvizi, S., Hosseini, Z., Talebi, A., Talebi Esfandarani, S., Jalili, H., & Zakerinejad, R. (2024). The Relationship between the Suspended Sediment Concentration of Doab Mereg and Pol Chehr Hydrometric Stations with Vegetation in Upstream Areas Using Sentinel-2 MSI Images. *J Watershed Manage Res,* 15(1), 147-158. .DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]

مقاله پژوهشی

بررسی رابطه غلظت رسوب معلق ایستگاه‌های هیدرومتری دوآب مرگ و پل چهر با پوشش گیاهی در مناطق بالادست با استفاده از تصاویر Sentinel-2 MSI

سارا پرویزی[۱]، سید زین العابدین حسینی[۲]، علی طالبی[۳]، سمیه طالبی اسفندارانی[۴]، هادی جلیلی[۵] و رضا ذاکری‌نژاد[۶]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، (نویسنده مسوول: zhosseini@yazd.ac.ir)
۳- .استاد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۴- استادیار، پژوهشگاه فضایی ایران، تهران، ایران
۵- دانشیار، پژوهشگاه فضایی ایران، تهران، ایران
۶- استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۸
صفحه: ۱۴۷ تا ۱۵۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: فرسایش خاک و رسوب‌دهی در زمره مهم‌ترین معضلات و چالش‌های زیست‌محیطی حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شود. بار رسوب رودخانه مشکلات زیادی از جمله رسوب‌گذاری در مخازن سدها، تغییر مسیر رودخانه‌ها به‌دلیل رسوبگذاری در بستر آن‌ها، کاهش ظرفیت آبگذری آبراهه‌ها و تأسیسات انتقال آب و تغییر کیفیت آب به لحاظ مصارف شرب و کشاورزی به وجود می‌آورد رسوبات معلق در آب رودخانه‌ها مورد توجه دانشمندان، محققان و مدیران منابع آب هستند زیرا می‌توان از آن برای بررسی رسوب، فرسایش و اثرات بالقوه بر فرآیندهای بیولوژیکی استفاده کرد. بنابراین، بررسی و ارزیابی غلظت رسوب معلق در تعیین کیفیت آب و عملکردهای هیدرولوژیکی ضروری است. در این راستا استفاده از تکنیک‌های دقیق، گسترده و مقرون به صرفه، مانند سنجش از دور، جهت بهبود برآورد رسوب و در نتیجه بررسی کیفیت آب، ارزش زیادی دارد شناخت روابط مکانی پوشش گیاهی بالادست با رسوب‌دهی حوضه‌ها جهت کنترل و مدیریت بهینه منابع آب و خاک ضروری است. پژوهش حاضر با هدف تعیین روابط بین پوشش گیاهی با غلظت رسوب معلق در دو حوزه آبخیز دوآب مرگ و گاماسیاب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش در مرحله اول داده‌های ماهواره‌ای سنتینل-۲ مورد بررسی قرار گرفت و در صورت وجود شرایط ابری، ریزگردها یا سایر اشکالات رادیومتریک از محاسبات خارج گردید. در ادامه برای انتخاب پیکسل مناسب تصویر (جهت اخذ انعکاس طیفی آب)، عواملی نظیر نوع باند (باندهای مرئی و مادون قرمز)، عرض رودخانه (بالاتر از پیکسل تصویر- ۴۰ متر در ایستگاه دوآب و ۸۰ متر در ایستگاه پل‌چهر) و قدرت تفکیک مکانی سنجنده (۱۰ و ۲۰ متر) مد نظر قرار گرفته و پیکسل مربوط به ایستگاه هیدرومتری و اطراف آن انتخاب و انعکاس طیفی استخراج شد. سپس به‌منظور بررسی همبستگی میان بازتاب طیفی باندهای تصاویر سنتینل-۲ و غلظت رسوب از آمار غلظت رسوبات معلق ایستگاه دوآب مرگ واقع در رودخانه قره‌سو و ایستگاه پل‌چهر واقع در رودخانه گاماسیاب در دوره پنج ساله (۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰) همزمان با آن‌ها استفاده شد. در ادامه شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) برای دو فصل اردیبهشت و خرداد با استفاده از تصاویر سنتینل-۲ استخراج شد و رابطه پوشش گیاهی و غلظت رسوب معلق ثبت شده در ایستگاه و استخراج شده از تصاویر به‌صورت مجزا برآورد شد.

یافته‌ها: نتایج تحلیل همبستگی غلظت رسوب معلق نشان داد که بهترین نتیجه برای ایستگاه دوآب مربوط به باند ۴ (R^2=0.86) و برای ایستگاه پل‌چهر مربوط به باند ۵ (R^2=0.83) بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که غلظت رسوب معلق در ایستگاه دوآب مرگ ۰/۱۷ تا ۷۶/۴۵ و در ایستگاه پل‌چهر از ۰/۴۴ تا ۱۱۸/۸۶ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده است. هم چنین مشخص شد که در ایستگاه دوآب مرگ در حالت توانی بین داده‌های مشاهداتی (ثبت شده در ایستگاه) و داده‌های مستخرج شده از تصاویر دارای بیشترین ضریب همبستگی می‌باشد. و در ایستگاه پل‌چهر در دو حالت چندجمله‌ای و حالت نمایی دارای ضریب همبستگی بالایی بود. بهترین مقادیر ضریب تبیین (R^2) شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده برای دو ایستگاه دوآب و پل‌چهر به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۶۴ بدست آمد که نشان‌دهنده این است که با افزایش پوشش گیاهی مقادیر رسوب کاهش می‌یابد. میانگین مقادیر متوسط شاخص گیاهی برای حوزه آبخیز مرگ برابر با ۰/۳۵ است و برای حوزه آبخیز گاماسیاب برابر ۰/۲۸ بدست آمد که نشان از پوشش گیاهی نسبتاً تنک منطقه دارد. کمترین مقدار میانگین پوشش گیاهی در فصل مورد بررسی (بهار) در حوزه آبخیز مرگ خرداد ماه برابر ۰/۱۱ و برای حوزه آبخیز گاماسیاب اواخر اردیبهشت ماه برابر ۰/۲۱ بدست آمد. همانطور که نتایج آزمون رگرسیون نشان داد که رابطه قوی و معناداری بین تراکم پوشش گیاهی و میزان غلظت رسوب معلق ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری دو حوضه وجود دارد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که ۶ مدل برای منطقه مورد مطالعه استخراج شد که دارای ضرایب تعیین و مقادیر خطای قابل قبول و مناسب بودند. از میان مدل‌های بدست آمده مشخص شد که در حالت تک باند نتایج بهتری بدست آمد نسبت به حالتی که نسبت باندی مورد استفاده قرار گرفته شد. بیشترین همبستگی در ایستگاه دوآب مرگ مربوط به باند های B2، B3، B4 و B5 بوده است و برای ایستگاه پل چهر B4 و B5 می‌باشد. بالاترین ضریب تعیین بدست آمده برای دو ایستگاه به‌ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۸۳در حالت نمایی بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد که سنتینل-۲ می‌تواند به‌عنوان ابزار مناسبی برای تخمین غلظت رسوب معلق با دقت قابل قبولی در حوضه‌های کوچک مقیاس و شرایط سیلاب استفاده شود که در تعدادی از مطالعات مشابه تایید شده است وجود رابطه معکوس و نزدیک بین متوسط شاخص گیاهی NDVI با رسوب اشاره به تأثیر مثبت پوشش گیاهی بر حفاظت خاک و کاهش تولید و انتقال رسوب در داخل حوزه‌های آبخیز دارد. در کل، نتایج نشان داد که پوشش گیاهی به‌طرز مؤثری در کمیت و کیفیت تغییرات مکانی میزان رسوب‌دهی حوضه‌ها مؤثر افتاده و شاخص گیاهی NDVI به‌عنوان نماینده پوشش گیاهی به طرز موفقیت آمیزی برای ایجاد یک مدل آماری از تغییرات میزان رسوب‌دهی می‌تواند مورد استفاده واقع شود، و احیا پوشش گیاهی در برنامه‌های توسعه‌ای قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، رابطه همبستگی، فرسایش خاک، NDVI

مقدمه

فرسایش خاک و رسوب‌دهی در زمره مهم‌ترین معضلات و چالش‌های زیست‌محیطی حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شود. بار رسوب رودخانه مشکلات زیادی از جمله رسوب‌گذاری در مخازن سدها، تغییر مسیر رودخانه‌ها به‌دلیل رسوبگذاری در بستر آن‌ها، کاهش ظرفیت آبگذری آبراهه‌ها و تأسیسات

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]

انتقال آب و تغییر کیفیت آب به لحاظ مصارف شرب و کشاورزی به وجود می‌آورد (Grauso *et al*., 2007). رودخانه‌ها گیرنده و انتقال‌دهنده اصلی رسوبات ناشی از فرسایش خاک هستند. با این حال، در بیشتر جریان‌های آبی جهان، آمار رسوبات در حال شکل‌گیری به‌دلیل عدم بررسی به آسانی در دسترس نیستند (Syvitski *et al*., 2000). رسوبات معلق در آب رودخانه‌ها مورد توجه دانشمندان، محققان و مدیران منابع آب هستند زیرا می‌توان از آن برای بررسی رسوب، فرسایش و اثرات بالقوه بر فرآیندهای بیولوژیکی استفاده کرد (Asselman, 1999). بنابراین، بررسی و ارزیابی غلظت رسوب معلق در تعیین کیفیت آب و عملکردهای هیدرولوژیکی ضروری است(Bahmanesh et al., 2018; Tabatabaei *et al*., 2019) برای بررسی انتقال غلظت رسوب معلق در رودخانه‌های بزرگ، اندازه‌گیری‌ها معمولاً با استفاده از نمونه‌بردارهای دستی انجام می‌شود که در موارد خاص می‌توانند داده‌های پیوسته را ارائه دهند (Edwards &Glysson, 2018). این روش می‌تواند اندازه‌گیری دقیق رسوبات معلق را در یک مکان معین در زمان معین ارائه دهد. با این حال، دسترسی به تغییرات مکانی و زمانی در مقیاس بزرگتر به‌دلیل توزیع مکانی و فواصل طولانی بین مکان‌های مورد بررسی می‌تواند دشوار باشد. از این‌رو، استفاده از تکنیک‌های دقیق، گسترده و مقرون به صرفه، مانند سنجش از دور، جهت بهبود برآورد رسوب و در نتیجه بررسی کیفیت آب، ارزش زیادی دارد، برخلاف روش‌های سنتی، سنجش از دور ماهواره‌ای امکان جمع‌آوری داده‌ها را برای مناطق بزرگ به صورت مکرر و منظم فراهم می‌کند. در واقع، مقدار رسوب در آب به‌طور مستقیم بر بازتاب تابش خورشیدی در بخش‌های مرئی و مادون قرمز نزدیک طیف تأثیر می‌گذارد، به‌طور کلی، هر چه غلظت رسوب معلق بیشتر باشد، بازتاب آب سطحی نیز بیشتر می‌شود (Ritchie *et al*., 2000). با این حال، عرض رودخانه سبب محدودیت در تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای می‌شود. برای جلوگیری از اختلاط اطلاعات طیفی، عرض رودخانه باید بزرگتر از اندازه پیکسل باشد (Wackerman *et al*., 2017). پژوهش‌های زیادی در ارتباط با برآورد غلظت رسوب معلق با استفاده از تکنیک سنجش از دور انجام گرفته است که در ادامه به ذکر چند مورد پرداخته شده است. کابلی‌زاده و همکاران (Kabulizadeh *et al*., 2017) به برآورد غلظت متغیرهای کیفیت آب کل مواد جامد محلول و گل‌آلودگی در سدهای کرخه و دز و رودخانه کارون بزرگ با استفاده از تصاویر برداشت شده به‌وسیله ماهواره سنتینل-۲ پرداختند. برای ارزیابی دقت مدل‌سازی‌های انجام شده شاخص‌های ریشه میانگین مربعات خطا و خطای نسبی استفاده شد و مقادیر هرکدام از آن‌ها برای مدل‌سازی میان تصاویر ماهواره‌ای و پارامتر کل مواد جامد محلول به‌ترتیب برابر با (ppm) ۱۰۵/۴۸ و ۰/۰۸۸ و برای مدل‌سازی میان تصاویر ماهواره‌ای و پارامتر گل‌آلودگی برابر ۳/۱ و ۰/۱۱۰ به‌دست آمد. در نهایت نقشه پراکندگی متغیرهای کیفیت آب برای سدهای کرخه و دز و رودخانه کارون بزرگ در مقطع ملاثانی تا ایستگاه هیدرومتری فارسیات تهیه شد. همبستگی غلظت رسوب را با داده‌های بازتاب ماهواره‌ای با استفاده از حسگرهای MERIS و مودیس (MODIS) تایید کرد (Martinez *et al*., 2004). نتایج مطالعه‌ای که ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2014) جهت تعیین روند رسوبات رودخانه زرد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست انجام شد، بیانگر این است که با استفاده از الگوریتم اصلاح و بازیابی مدل جوّی مناسب، می‌توان از + ETM. TMبرای تعیین کمّیت غلظت رسوب معلق در مصب رودخانه زرد استفاده کرد. پالیستا و همکاران (Paulista *et al*., 2023) به تخمین غلظت رسوب معلق با استفاده از سنجش از دور برای رودخانه تلس پیرس، برزیل پرداختند. نتایج نشان داد که بهترین برآوردگر غلظت رسوب معلق، بازتاب باند چهار مربوط به محدوده قرمز طیف مرئی بود که در حالت مدل نمایی بهترین نتایج و دقت را نشان داد. تحقیقات گسترده‌ای با استفاده از تصاویر سنتینل-۲ در مطالعات آب‌های سطحی از جمله مصب‌ها، دلتای رودخانه‌ها، مخازن طبیعی و مصنوعی آب، رودخانه‌های بزرگ، حوضه‌های جزر و مدی و دریاچه‌ها انجام شده است (Ambrose-Igho *et al*.,2021; Li etal., 2021). رسوب‌دهی حوضه‌ها ناشی از عوامل مختلفی از جمله: اقلیمی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و ویژگی‌های مورفومتری حوضه بالادست است. در میان این عوامل، پوشش گیاهی نقش اساسی در تولید رسوب و انتقال آن دارد. پوشش گیاهی شاخص مهمی از شرایط اکولوژیکی و زیست‌محیطی است که از سطح زمین در برابر اثرات قطرات باران محافظت می‌کند و نرخ نفوذ را کنترل و رواناب سطحی را کاهش می‌دهد (Xin *et al*., 2011). در این خصوص، نقش پوشش جنگلی در کاهش رسوب‌دهی و رواناب به روشنی مشخص است. با این اوصاف، شناخت درست و علمی از کمیت و کیفیت تأثیر پوشش گیاهی بر میزان رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز ضروری است که نیازمند استفاده از داده‌های وسیع و به‌هنگام از کمیت پوشش گیاهی است. امروزه با توجه به پیشرفت‌ها در زمینه سنجش از دور، امکان ارزیابی بسیاری از متغیرها از جمله اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان‌پذیر است. در ارتباط پوشش گیاهی، شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده به‌طور گسترده‌ای برای تحلیل وضعیت پوشش گیاهی در مقیاس منطقه‌ای مورد استفاده واقع شده است (Du & Shi, 2013). مطالعات فراوانی در خصوص روابط بین پوشش گیاهی و فرسایش و رسوب‌دهی حوضه‌های آبخیز از گذشته تاکنون انجام شده است که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود. ژاو و همکاران (2016) ضمن مقایسه عوامل پوشش گیاهی و توپوگرافی با عوامل انسانی در قبال رسوبدهی حوضه‌های فلات لسی کشور چین پی بردند که نرخ فرسایش و رسوبدهی،همبستگی معنی‌داری با درصد پوشش گیاهی و شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده داشت (Zhao *et al*., 2016). لی و همکاران (2020) با استفاده از تحلیل همبستگی و رگرسیون خطی چندگانه به بررسی اثرات توأم بارندگی و پوشش گیاهی روی رواناب و رسوب‌دهی سالانه در حوضه‌های شمال شرق

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]

چین پرداختند. نتایج حاصل نشان از وجود رابطه معکوس شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده با رسوب‌دهی سالانه داشت (Li *et al.*, 2016). فو (Fu, 1989) نشان داد که ایجاد پوشش گیاهی چند ساله یکی از مؤثرترین روش‌ها برای تثبیت خاک و به حداقل رساندن فرسایش است. بررسی پیشینه تحقیق نشان داد که با بهره‌گیری فناوری سنجش از دور در کنار قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان با استفاده از تصاویر غلظت رسوب معلق را برآورد کرد و در مناطقی که امکان اندازه‌گیری وجود ندارد از آن استفاده کرد. هم‌چنین روابط بین رسوب‌دهی و پوشش گیاهی حوزه‌های آبخیز را شناخت و به کمیت و کیفیت تأثیر پوشش گیاهی بر میزان رسوب‌دهی حوضه‌ها دست پیدا کرد. در واقع در مطالعات پیشین معمولاً ارتباط پوشش گیاهی را با داده‌های زمینی رسوب برآورد شده است در این تحقیق ارتباط پوشش گیاهی با داده‌های زمینی ثبت شده در ایستگاه، و غلظت رسوب معلق استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای نیز بدست آمده است نتایج نشان دهنده روابط معنی‌دار بین شاخص پوشش گیاهی میزان غلظت رسوب معلق بود. هم چنین نتایج نشان داد که می‌توان با استفاده از تکنیک سنجش غلظت رسوب معلق در حوضه‌های فاقد آمار را برآورد نمود. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند برای مدیران منابع آب وخاک که به دنبال کنترل و کاهش اثرات زیان‌بار فرسایش و رسوب‌دهی بر محیط زیست و پایداری منابع طبیعی هستند، مفید واقع شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

در این مطالعه دو ایستگاه واقع در حوزه آبخیز مرگ و حوزه آبخیز گاماسیاب مورد بررسی قرار گرفت. حوزه آبخیز مرگ در محدوده ″۴۶°۲۱′۵۵ تا ″۴۶°۲۲′۲۰ طول شرقی و ″۳۴°۱′۰ تا″۳۴°۵۳′۲۵ عرض شمالی در استان کرمانشاه قرار دارد. حوزه آبخیز مرگ با مساحت ۱۴۶۶/۱۵ کیلومترمربع یکی از سرشاخه‌های رودخانه کرخه در ایران و از مهمترین زیرحوضه‌های رودخانه قره‌سو است. حوضه مرگ منطقه‌ای نسبتاً کوهستانی است که ۳۷/۹ درصد اراضی آن را کوه‌ها و تپه‌ها تشکیل می‌دهد. ارتفاع متوسط این حوضه ۱۵۲۴ متر از سطح دریا است. مرتفع‌ترین قله آن ۲۷۶۰ متر و پست‌ترین نقطه آن ۱۳۱۵ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. شیب عمومی اراضی در حدود ۴/۶ درصد محاسبه شده و به سوی شمال‌غربی است. این منطقه با زمین‌های حاصلخیز کشاورزی و استفاده از آب‌های زیرزمینی، موقعیت ممتازی را از نظر اقتصادی در غرب ایران به وجود آورده است. بر این اساس، شغل اصلی مردم ناحیه کشاورزی و دامداری و کارهای جانبی وابسته به آن است (Maleki *et al.*, 2017) حوزه‌ی آبخیز گاماسیاب در بخش شمال شرقی حوضه‌ی آبریز کرخه واقع شده است که از سراب سنگ سوراخ و چشمه‌سارهای اطراف نهاوند سرچشمه می‌گیرد. در مسیر رودخانه‌ی گاماسیاب رشته‌های فرعی مختلفی به آن ملحق می‌شود در جنوب بیستون، شاخه‌ی فرعی رودخانه‌ی دینور به آن پیوسته و به نام گاماسیاب ادامه مسیر می‌دهد و در نزدیکی فرامان به رودخانه‌ی قره‌سو متصل شده و بعد از آن به نام سیمره وارد خاک لرستان می‌شود. حوزه‌ی آبخیز آن با مساحتی در حدود ۱۱۰۴۰ کیلومترمربع بین طول ′۴۷°۰۷ تا ′۴۹°۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ′۳۳°۴۸ تا ′۳۴°۵۴ دقیقه شمالی واقع شده است. ارتفاع از سطح دریا در این حوضه بین ۱۲۷۵ تا ۳۶۸۰ متر می‌باشد. (شکل ۱) موقعیت عمومی منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

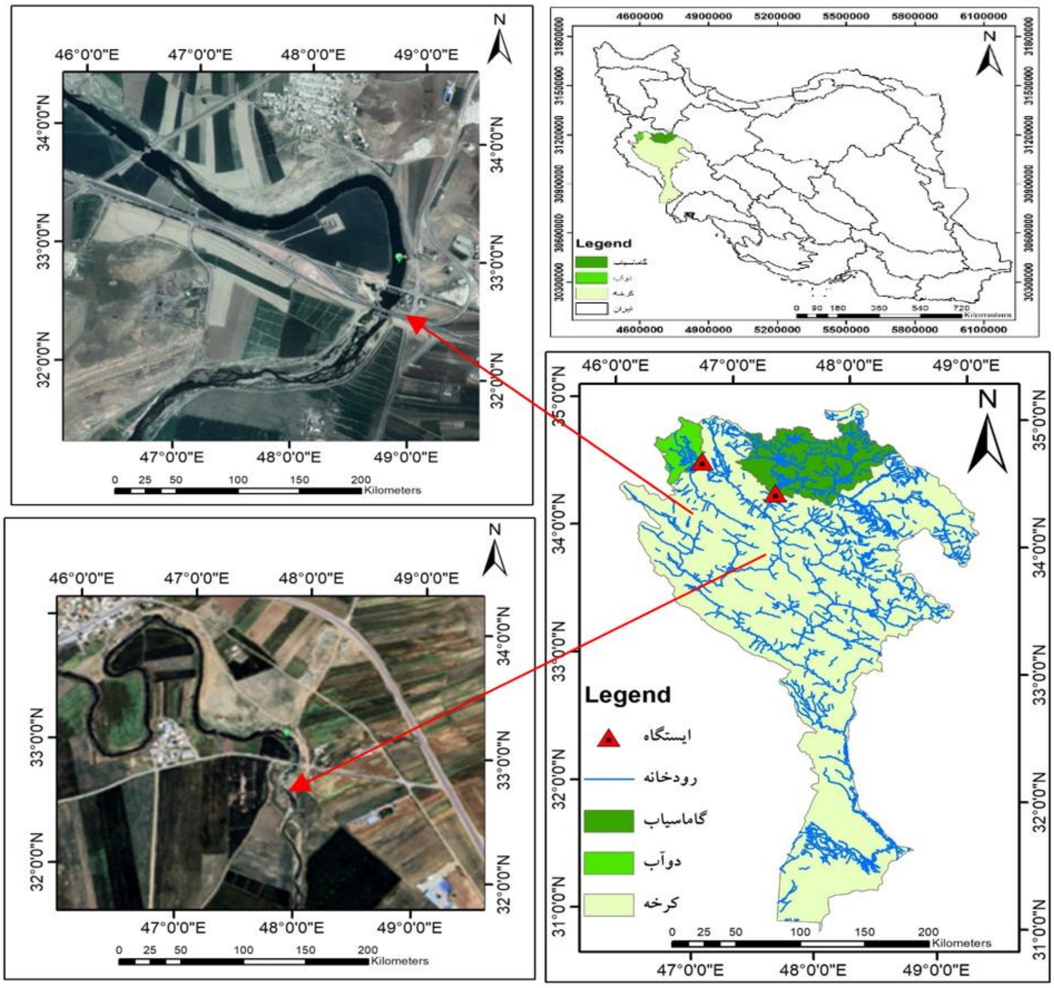
روش تحقیق

در این پژوهش در مرحله اول داده‌های ماهواره‌ای سنتینل-۲ مورد بررسی قرار گرفت و در صورت وجود شرایط ابری، ریزگردها یا سایر اشکالات رادیومتریک از محاسبات خارج گردید. در ادامه برای انتخاب پیکسل مناسب تصویر (جهت اخذ انعکاس طیفی آب)، عواملی نظیر نوع باند (باندهای مرئی و مادون قرمز)، عرض رودخانه (بالاتر از پیکسل تصویر- ۴۰ متر در ایستگاه دوآب و ۸۰ متر در ایستگاه پل‌چهر) و قدرت تفکیک مکانی سنجنده (۱۰ و ۲۰ متر) مد نظر قرار گرفته و پیکسل مربوط به ایستگاه هیدرومتری و اطراف آن انتخاب و انعکاس طیفی استخراج شد. سپس همبستگی بین انعکاس آب (متغیر مستقل) و غلظت رسوب معلق (متغیر وابسته) در طول دوره آماری تحقیق بدست آمد. در این ارتباط، علاوه بر استفاده از مقادیر انعکاس باندها (به تنهائی)، نسبت‌گیری طیفی باندها نیز به‌عنوان متغیر مستقل بررسی و در هر مورد میزان همبستگی رابطه استخراج شد. به‌منظور تعیین نوع مدل رگرسیونی (خطی یا غیرخطی بودن) و ضرائب به‌کار رفته در آن، با بررسی و مقایسه ضریب تعیین (R^2) بهترین الگوی رگرسیونی انتخاب شد. اعتبارسنجی مدل در نهایت با استفاده از پارامتر ریشه میانگین مربعات خطابررسی شد. جهت برآورد شاخص پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنتینل -۲ استفاده شد و اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده برآورد شد. در نهایت رابطه میان رسوب ایستگاه و رسوب استخراج شده از تصاویر سنتینل-۲ با شاخص پوشش گیاهی بدست آمد و مدل‌های بهینه استخراج شد.

داده‌های رسوب معلق ایستگاه

داده‌های دو ایستگاه اندازه‌گیری شامل دبی آب روزانه و مقادیر غلظت رسوب بود که توسط شرکت منابع آب ثبت شده است، مکان ایستگاه‌های اندازه‌گیری در (شکل ۱) نشان داده شده است. در این پژوهش غلظت مواد معلق ایستگاه‌های هیدرومتری از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ به تعداد ۱۸ داده برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل استفاده شد.

[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]



شکل۱- موقعیت عمومی منطقه مورد مطالعه
Figure 1. General location of the study area

جدول۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه و مقادیر حداکثر و حداقل غلظت مواد معلق منطبق بر تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده ذکر شده است
Table 1. The location of the studied stations and the values of the maximum and minimum concentration of suspended substances according to the used satellite images are mentioned

ایستگاه Station	x	Y	تعداد داده Number of data	بیشینه رسوب (میلی‌گرم بر لیتر) Maximum sediment (mg.liter)	کمینه رسوب (میلی‌گرم بر لیتر) Minimum sediment (mg.liter)	میانگین رسوب (میلی‌گرم بر لیتر) Average sediment (mg.liter)
دوآب مرگ	664125	3825017	18	76.45	0.17	10.77
پل چهر	723223	3802124	18	118.86	0.44	27.80

پردازش تصویر سنتینل -۲ جهت برآورد غلظت رسوب معلق و تهیه شاخص پوشش گیاهی

تصاویر سنتینل-۲ سطح ۱ (Level-1C) مربوط به دو رودخانه استان کرمانشاه (قره‌سو و گاماسیاب) از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ با پوشش ابری کمتر از ۱۰٪ از سایت کوپرنیکوس تهیه شد و در مجموع، ۳۶ تصویر در این مطالعه جهت برآورد غلظت رسوب معلق به کار برده شد و برای شاخص پوشش گیاهی از تصاویر مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد استفاده شد.

۱- شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده: پرکاربردترین معیار رویش پوشش گیاهی، شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده است که با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور به‌دست می‌آید. این شاخص به‌صورت (رابطه‌ی ۱) محاسبه می‌شود.

$$NDVI = \frac{P_{nir} - P_{red}}{P_{nir} + P_{red}} \quad (۱)$$

P_{nir} و P_{red} به ترتیب بازتابندگی در باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز است. مقادیر این شاخص بین ۱- تا ۱ است. این شاخص معرف انعکاس انرژی خورشیدی از سطح زمین است که انواع شرایط پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. مقادیر شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده بین ۱- و ۱+ در نوسان است زمانی‌که پاسخ طیفی اندازه‌گیری شده از سطح زمین برای هر دو باند خیلی مشابه باشد، مقادیر شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده به صفر نزدیک می‌شود. پوشش گیاهی سالم در بخش طیفی مادون قرمز در مقایسه با

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]

بخش طیفی مرئی قرمز انعکاس بیشتری دارد. بنابراین مقادیر شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده برای پوشش گیاهی سبز مثبت خواهد شد. مناطق با پوشش گیاهی کم یا بدون پوشش گیاهی مانند مناطق شهری و اراضی بایر معمولاً مقادیر شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده بین ۱- و ۱+ را نشان می‌دهند.

مدل‌سازی رسوب معلق

مدل‌سازی غلظت رسوب معلق با استفاده از از داده‌های حاصل از بازتاب سطح باندهای سنتینل-۲ و مقادیر میانگین روزانه همزمان غلظت رسوب معلق انجام شد. در نهایت از مجموع تصویر ماهواره‌ای که در اختیار بود ۷۰ درصد داده‌ها جهت استفاده در مرحله واسنجی و ۳۰ درصد در مرحله اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه ارزش‌های مربوط به پیکسل‌های تصاویر منطبق بر داده‌های موجود هیدرومتری در دو حالت تک باند، نسبت باند استخراج شد و مدل‌های رگرسیونی مناسب بدست آمد.

ارزیابی کمی

به‌منظور ارزیابی نتایج از معیارهای ارزیابی ضریب تعیین از (معادله ۲) و جهت برآورد ریشه میانگین مربعات خطا از (معادله ۳) استفاده شد.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(A_t - F_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(A_t - \bar{A}_t)^2} \qquad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(A_t - F_t)^2}{n}} \qquad (۳)$$

که در آن A_t به غلظت رسوب معلق اندازه گیری شده، F_t به غلظت رسوب معلق محاسبه شده. و N به اندازه نمونه اشاره دارد. مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا کوچکتر نشان‌دهنده دقت کلی بالاتر و خطای پیش‌بینی شده کمتر مدل است.

نتایج و بحث

در این تحقیق از ۸ باند ماهواره سنتینل-۲ با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ و ۲۰ متری به‌صورت تک باند و نسبت‌های باندی استفاده شد که نتایج در جدول ۲ ذکر شده است. با بررسی همبستگی میان باندهای مختلف مشخص شد بیشترین همبستگی در ایستگاه دوآب مرگ مربوط به باندهای B4 بوده است و برای ایستگاه پل‌چهر B5می‌باشد که با نتایج مطالعات پیشین همخوانی دارد (Long & Pavelsky.2013). نتایج به‌دست آمده نشان داد که غلظت رسوب معلق در ایستگاه دوآب مرگ ۰/۱۷ تا ۷۶/۴۵ و در ایستگاه پل‌چهر از ۰/۴۴ تا ۱۱۸/۸۶ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بوده است. در (جدول ۲ و ۳) نیز تاریخ تصاویر مورد استفاده و انعکاس طیفی باندهای مورد استفاده ذکر شده است.

جدول۲- میزان مواد معلق ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری دوآب و میانگین بازتاب باندهای طیفی مربوطه

Table 2. The amount of suspended matter recorded in the Doab hydrometric station and the average reflectance of the respective spectral bands

B8A	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	رسوب Sediment) mg.l(	دبی Q(m3.s)	تاریخ Date
0.0587	0.0143	0.053	0.0487	0.0507	0.04	0.0365	0.0001	0.031	7.92	71.3	13.6.2016
0.0606	0.0606	0.061	0.0606	0.0606	0.061	0.0606	0.0606	0.061	2.12	09.1	3.7.2016
0.4094	0.1118	0.178	0.1508	0.1574	0.088	0.0797	0.042	0.061	1.41	0.69	21.9.2016
0.1001	0.0672	0.101	0.0899	0.1148	0.113	0.1157	0.0719	0.041	20.506	8.66	9.5.2017
0.2273	0.1634	0.21	0.1968	0.1577	0.123	0.0975	0.033	0.062	2.48	0.76	18.6.2017
0.1893	0.2397	0.21	0.179	0.1545	0.12	0.1085	0.0805	0.069	3.175	1	3.7.2017
0.3458	0.3297	0.317	0.2815	0.1881	0.098	0.0992	0.0568	0.074	0.17	0.05	12.8.2017
0.244	0.2072	0.227	0.1957	0.1263	0.054	0.0638	0.0244	0.054	1.983	0.33	6.9.2017
0.2295	0.1932	0.222	0.1957	0.1752	0.119	0.0986	0.0676	0.045	1.29	0.40	31.10.2017
0.2434	0.2587	0.218	0.1968	0.1255	0.07	0.0702	0.0359	0.047	2.51	0.58	26.9.2018
0.1075	0.0552	0.543	0.368	0.436	0.356	0.221	0.154	0.111	76.453	7.76	29.5.2019
0.2295	0.1896	0.229	0.1927	0.1392	0.074	0.0802	0.053	0.076	24.25	5.81	3.7.2019
0.2343	0.2688	0.247	0.2125	0.1192	0.066	0.0697	0.0413	0.074	3.21	0.74	6.9.2019
0.1927	0.2332	0.223	0.159	0.1191	0.088	0.0828	0.055	0.082	4.712	1.21	26.9.2019
0.0727	0.0968	0.063	0.0534	0.0582	0.044	0.0384	0.0153	0.03	8.946	2.49	15.11.2019
0.2013	0.1323	0.183	0.1591	0.1088	0.077	0.0849	0.0563	0.046	24.827	5.75	13.5.2020
0.2768	0.3118	0.261	0.2376	0.1458	0.077	0.0871	0.058	0.08	4.735	1.1	27.6.2020
0.2824	0.3376	0.275	0.2489	0.1356	0.07	0.0886	0.0545	0.056	3.257	0.75	7.6.2020

جدول ۳- میزان مواد معلق ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری پل‌چهر و میانگین بازتاب باندهای طیفی مربوطه

Table 3. The amount of suspended matter recorded in Polchehr hydrometric station and the average reflectance of the respective spectral bands

B8A	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	رسوب Sediment (mg.l)	دبی Q(m3.s)	تاریخ Date
0.0375	0.0403	0.0376	0.032	0.0417	0.0491	0.073	0.0349	36.93	9.16	2016.6.20
0.0322	0.0323	0.0298	0.023	0.057	0.0784	0.114	0.0639	1.04	0.40	2016.7.10
0.0741	0.0815	0.0712	0.0671	0.1006	0.1028	0.128	0.0828	0.44	0.26	2016.8.19
0.0517	0.0533	0.0469	0.0445	0.0612	0.0668	0.083	0.0424	0.67	0.25	2016.9.28
0.1223	0.1192	0.1221	0.1119	0.1305	0.1292	0.146	0.0985	48.947	15.792	2017.5.16
0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0204	0.048	0.0073	2.341	0.862	2017.6.5
0.0454	0.0493	0.0485	0.0464	0.0503	0.0485	0.056	0.0279	0.95	0.31	2017.7.15
0.0167	0.0188	0.0207	0.0172	0.0206	0.026	0.038	0.0242	3.25	1.03	2017.11.17
0.0259	0.0312	0.0272	0.0245	0.0282	0.0395	0.051	0.032	1.85	0.49	2018.10.3
0.0001	0.0001	0.0043	0.0823	0.0576	0.0633	0.121	0.0694	36.93	9.16	2019.6.20
0.421	0.311	0.261	0.178	0.164	0.213	0.116	0.0799	118.86	21.721	2019.7.5
0.034	0.0395	0.0498	0.0401	0.0788	0.0808	0.101	0.0697	32.638	7.555	2019.8.14
0.02	0.0243	0.0252	0.0237	0.0588	0.0669	0.109	0.0679	18.991	5.495	2019.9.13
0.0227	0.022	0.0226	0.0212	0.1211	0.0596	0.1	0.0709	61.726	17.146	2019.11.12
0.0304	0.0329	0.0375	0.0443	0.11	0.108	0.14	0.0984	91.52	23.539	2020.5.15
0.065	0.0458	0.0604	0.0674	0.0983	0.0777	0.107	0.0701	28.013	7.205	2020.6.4
0.0775	0.0885	0.075	0.0733	0.0902	0.0906	0.107	0.0774	13.746	3.182	2020.7.4
0.0971	0.0324	0.1043	0.1011	0.1067	0.0492	0.085	0.0511	1.54	0.396	2020.8.13

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]

جدول ۴- نتایج میزان همبستگی انعکاس تک باند و حاصل ضرب باندی باندهای تصویربرداری ماهواره سنتینل-۲ با پارامتر رسوب معلق
Table 4. Correlation results of single band reflection, band ratio and band product of Sentinel-2 satellite imaging bands with suspended sediment parameter

نام ایستگاه Station name	مدل رگرسیون Regression model	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B8A	B4*B3
دوآب مرگ Doab mereg	خطی linear	0.67	69.0	0.75	0.67	0.28	0.47	0.4	0.24	0.84
	نمایی exponential	0.86	0.86	0.86	0.81	0.26	0.64	0.55	24.0	0.86
	چند جمله‌ای Polynomial	0.86	0.86	0.86	0.86	0.84	0.86	0.49	29.0	0.86

جدول ۵- نتایج میزان همبستگی انعکاس تک باند، نسبت باندی باندهای تصویربرداری ماهواره سنتینل-۲ با پارامتر رسوب معلق
Table 5. Correlation results of single-band reflection, band ratio of Sentinel-2 satellite imaging bands with suspended sediment parameter

نام ایستگاه Station name	مدل رگرسیون Regression model	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B8A	B5.B4
پل چهر Polchehr	خطی linear	0.36	0.28	0.65	0.66	0.41	0.23	0.19	0.25	0.58
	نمایی exponential	0.25	0.16	0.69	0.83	0.58	0.27	0.23	0.31	0.61
	چند جمله‌ای Polynomial	0.36	0.29	0.7	0.8	0.59	0.31	0.32	0.4	0.66

پس از بررسی همبستگی باندهای مختلف در نهایت بهترین مدل‌سازی را که دارای دقت بالایی بود، انتخاب شده و نتایج در (جدول ۴) و ارائه گردید. جهت بررسی دقت مدل‌سازی RMSEمیانگین محاسبه گردید. نتایج نشان داد که باند ۴ و باند ۵ درحالت تک باند دارای بالاترین ضریب تبیین و کمترین مقدار خطا می‌باشند.

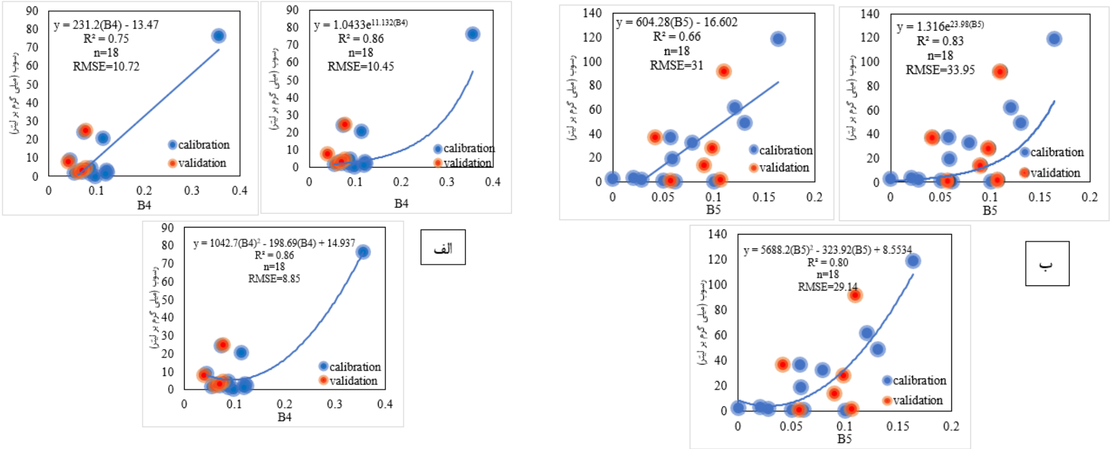
جدول ۶- دقت مدل تجربی بر اساس تصاویر Sentinel-2 MSI برای تخمین غلظت رسوب معلق در رودخانه قره‌سو (ایستگاه هیدرومتری دوآب) و در رودخانه گاماسیاب (ایستگاه هیدرومتری پل‌چهر)
Table 6. The accuracy of the experimental model based on Sentinel-2 MSI images for estimating the concentration of suspended sediment in Qarasu River (Doab hydrometric station) and in Gamasiab River (Polchehr hydrometric

نام ایستگاه Station name	مدل Model	R^2	RMSE (mg.l)	P-value
دوآب مرگ Doab mereg	$y = 231.2(B4) - 13.47$	0.75	10.72	0.000021
	$y = 1.0433e^{11.132(B4)}$	0.86	10.45	4.4832E-7
	$y = 1042.7(B4)^2 - 198.69(B4) + 14.937$	0.86	8.85	4.0207E-7
پل چهر Polchehr	$y = 604.28(B5) - 16.602$	0.66	31	0.01
	$y = 1.316e^{23.98(B5)}$	0.83	33.95	0.000084
	$y = 5688.2(B5)^2 - 323.92(B5) + 8.5534$	0.8	29.14	0.000134

همانطور که در بخش مواد و روش بیان شد ۷۰ درصد داده‌های موجود در مرحله واسنجی و ۳۰ درصد آن در مرحله اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه ارزش‌های مربوط به پیکسل‌های تصاویر منطبق بر داده‌های موجود در ایستگاه هیدرومتری در دو حالت تک باند، نسبت باند استخراج شد و مدل های رگرسیونی مناسب بدست آمد. که در (شکل ۲) به سه حالت رگرسیون خطی و نمایی و چندجمله‌ای نتایج نشان داده شده است. همانطور که مشخص شده است در ایستگاه دوآب مرگ در حالت توانی بین داده‌های مشاهداتی (ثبت شده در ایستگاه) و داده‌های مستخرج شده از تصاویر دارای بیشترین ضریب همبستگی می‌باشد. و در ایستگاه پل‌چهر در دو حالت چندجمله‌ای و حالت نمایی دارای ضریب همبستگی بالایی بود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]



شکل ۲- بهترین مدل‌های رگرسیون بر اساس تصاویر Sentinel-2 MSI برای تخمین غلظت رسوب معلق در ایستگاه دوآب مرگ (الف) و پل‌چهر (ب) در دو مرحله واسنجی و اعتبارسنجی

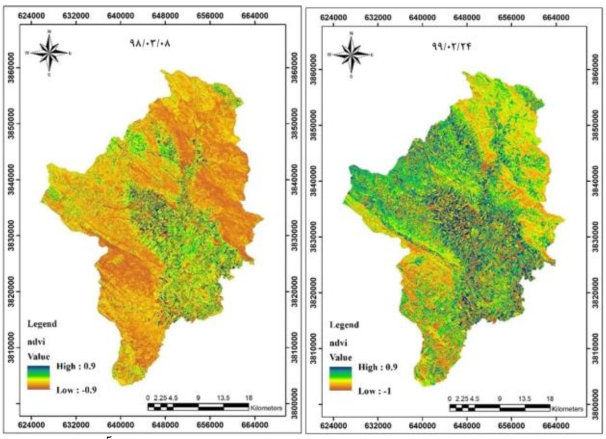
Figure 2. The best regression models based on Sentinel-2 MSI images to estimate the concentration of suspended sediment in Doab Mereg station (a) and Polchehr (b) in two stages of calibration and validation

در مرحله بعد جهت برآورد رابطه بین رسوب و پوشش گیاهی در فصل دارای پوشش گیاهی (ماه‌های اردیبهشت و خرداد) بررسی شد. طبق جدول معلوم شد که میانگین مقادیر متوسط شاخص گیاهی برای حوزه آبخیز مرگ برابر با ۰/۳۵ است و برای حوزه آبخیز گاماسیاب برابر ۰/۲۸ بدست آمد که نشان از پوشش گیاهی نسبتاً تنک منطقه دارد. کمترین مقدار میانگین پوشش گیاهی در فصل مورد بررسی (بهار) در حوزه آبخیز مرگ خرداد ماه برابر ۰/۱۱ و برای حوزه آبخیز گاماسیاب اواخر اردیبهشت ماه برابر ۰/۲۱ بدست آمد.

جدول۷- نتایج محاسبه مقادیر متوسط شاخص پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز مرگ و گاماسیاب

Table 7. The results of calculating the average values of the vegetation cover index in the Qarasu and Gamasiyab watersheds

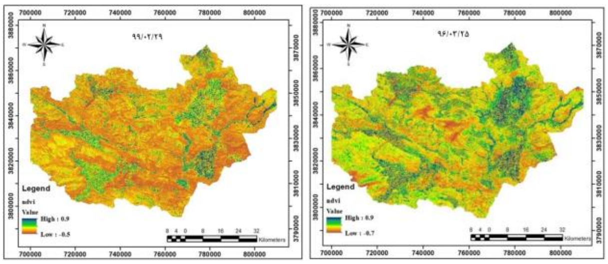
میانگینNdvi Average Ndvi	رسوب Sediment	تاریخ Date	نام ایستگاه Station name
0.36	7.92	95.03.24	
0.44	20.506	96.02.19	
0.3	2.48	95.03.28	
0.11	76.453	98.03.08	دوآب مرگ Doab mereg
0.47	24.827	99.02.24	
0.4	4.735	99.03.13	
0.23	36.93	95.03.25	
0.31	48.947	96.02.27	
0.37	2.341	96.03.25	
0.29	36.93	98.03.30	
0.21	91.52	99.02.29	پل چهر Polchehr
0.35	28.013	99.03.17	



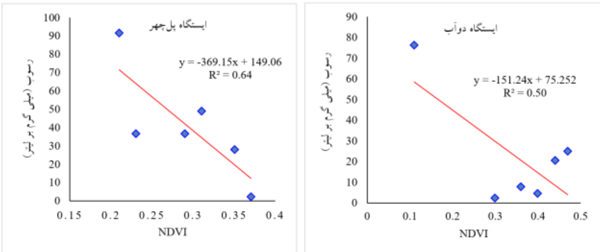
شکل ۳-. شاخص پوشش گیاهی در بالادست ایستگاه دوآب مرگ

Figure 3. Vegetation index upstream of Doab Mereg station

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]

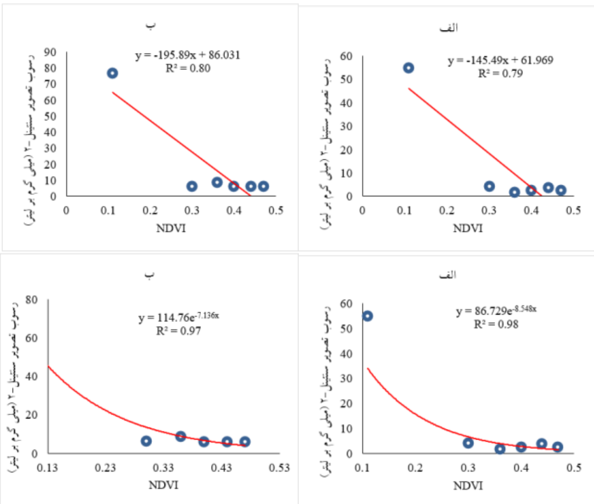


شکل ۴- شاخص پوشش گیاهی در بالادست ایستگاه پل‌چهر
Figure 4. Vegetation index upstream of Polchehr station



شکل ۵- برآورد رابطه رسوب ایستگاه و پوشش گیاهی در حوزه‌های آبخیز مرگ و گاماسیاب
Figure 5. Estimation of the relationship between station sediment and vegetation in Qarasu and Gamasiyab watersheds

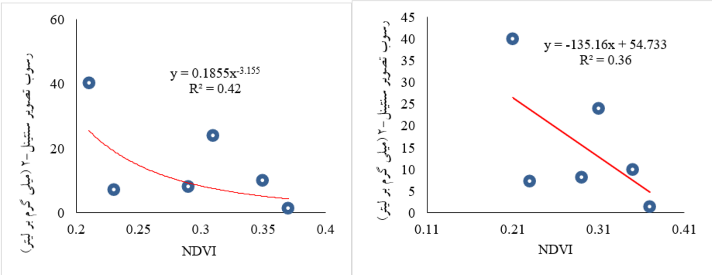
همانطور که نتایج آزمون رگرسیون در (شکل ۵) نشان می‌دهد که رابطه قوی و معناداری بین تراکم پوشش گیاهی و میزان غلظت رسوب معلق ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری دو حوضه وجود دارد. وجود رابطه معکوس و نزدیک بین متوسط اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده با رسوب در مطالعات پیشین نیز به اثبات رسیده است.



شکل۶- رابطه پوشش گیاهی و رسوب استخراج شده با استفاده تصاویر سنتینل- ۲ ایستگاه دوآب در دو حالت رگرسیون خطی و نمایی
Figure 6. The relationship between vegetation cover and sediment extracted using Sentinel-2 images of Doab station in two modes of linear and exponential regression

در ادامه جهت بررسی رابطه پوشش گیاهی و رسوب استخراج شده از تصاویر سنتینل-۲ با استفاده از مدل‌های بهینه بدست آمده در مرحله قبل در دو حالت نمایی و چندجمله‌ای مقادیر رسوب بدست آمد و رابطه شاخص پوشش گیاهی و رسوب برآورد شده با تصاویر برقرار شد همانطور در (شکل ۶) مشخص است در حالت نمایی نتایج بهتری نسبت مدل رگرسیون خطی بدست آمد.

[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]



شکل۷- رابطه پوشش گیاهی و رسوب استخراج شده با استفاده تصاویر سنتینل- ۲ ایستگاه پل‌چهر در دو حالت رگرسیون خطی و نمایی
Figure 7. The relationship between vegetation cover and sediment extracted using Sentinel-2 images of Polchehr station in two modes of linear and exponential regression

نتیجه‌گیری کلی

پایش و ارزیابی کیفیت آب در رودخانه‌ها، مخازن سدها و دریاچه‌ها امری حیاتی و ضروری است. این مطالعه به‌دنبال دست‌یابی به دو هدف امکان برآورد رسوب معلق با استفاده از تصاویر سنتینل-۲ و برآورد شاخص پوشش گیاهی بررسی ارتباط این شاخص‌ها و مقدار رسوب ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری و استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه مطالعاتی بود. در این راستا شاخص‌های طیفی مناسبی از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ استخراج گردید و سپس ارتباط میان تصاویر ماهواره‌ای و پارامترهای زمینی رسوب معلق ذکر شده به‌صورت بهینه مدل‌سازی شد. درنهایت ۶ مدل برای منطقه مورد مطالعه استخراج شد که دارای ضرایب تعیین و مقادیر خطای قابل قبول و مناسب بودند. از میان مدل‌های بدست آمده مشخص شد که در حالت تک باند نتایج بهتری بدست آمد نسبت به حالتی که نسبت باندی مورد استفاده قرار گرفته شد. بیشترین همبستگی در ایستگاه دوآب مرگ مربوط به باند های B3،B2، B4 و B5 بوده است و برای ایستگاه پل چهرB4 وB5 می‌باشد. بالاترین ضریب تعیین بدست آمده برای دو ایستگاه به‌ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۸۳در حالت نمایی بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد که سنتینل-۲ می‌تواند به‌عنوان ابزار مناسبی برای تخمین غلظت رسوب معلق با دقت قابل قبولی در حوضه‌های کوچک مقیاس و شرایط سیلاب استفاده شود که در تعدادی از مطالعات مشابه تایید شده است (Marinho *et al.*, 2021). بیندینگ و همکاران و اویلون و همکاران (2004)، چندین باند از محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک را به‌عنوان باندهای مناسب جهت برآورد مواد معلق استفاده کرد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد(Binding *et al*., 2005; Ouillon *et al*., 2004).

پژوهش حاضر به‌منظور تشخیص و تعیین اثرات پوشش گیاهی رسوب‌دهی حوزه‌های آبخیز مرگ و گاماسیاب به‌منظور رسیدن به مدل‌های برآورد منطقه‌ای انجام گرفت. نتایج آزمون‌های رگرسیون نشان می‌دهد که رابطه قوی و معناداری بین تراکم پوشش گیاهی و میزان رسوب‌دهی حوضه‌ها وجود دارد. وجود رابطه معکوس و نزدیک بین متوسط شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی با رسوب با نتایج بسیاری از پژوهش‌های پیشین (Du & Shi, 2013; Zhao *et al*., 2016; Li *et al*., 2020) همخوانی داشته و اشاره به تأثیر مثبت پوشش گیاهی بر حفاظت خاک و کاهش تولید و انتقال رسوب در داخل حوزه‌های آبخیز دارد. در کل، نتایج نشان داد که پوشش گیاهی به طرز مؤثری در کمیت و کیفیت تغییرات مکانی میزان رسوب‌دهی حوضه‌ها مؤثر افتاده و شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی به‌عنوان نماینده پوشش گیاهی به طرز موفقیت آمیزی برای ایجاد یک مدل آماری از تغییرات میزان رسوب‌دهی می‌تواند مورد استفاده واقع شود. این فاکتور از آن جهت اهمیت دارد که برخلاف سایر متغیرهای طبیعی، پویا بوده و قابل کنترل و مدیریت است.

References

Ambrose-Igho, G., Seyoum, W. M., Perry, W. L., & O'Reilly, C. M. (2021). Spatiotemporal analysis of water quality indicators in small lakes using Sentinel-2 satellite data: Lake Bloomington and Evergreen Lake, Central Illinois, USA. *Environmental Processes*, 8, 637-660. DOI: 10.1016/j.sciaf.2023.e01877.

Asselman, N. E. (1999). Suspended sediment dynamics in a large drainage basin: the River Rhine. *Hydrological processes*, 13(10), 1437-1450. DOI: 10.3390/w16071063

Binding, C. E., Bowers, D. G., & Mitchelson-Jacob, E. G. (2005). Estimating suspended sediment concentrations from ocean colour measurements in moderately turbid waters; the impact of variable particle scattering properties. *Remote sensing of Environment*, 94(3), 373-383. DOI: 10.1016/j.rse.2004.11.002.

Bahmanesh, J. Mohammadpour, M. Batani, M. Mahdi. (2018). Comparison of River Suspended Sediment Load Estimation, using Regression and GA Methods. *J Watershed Manage Res*, 8(16), 132-141 (In Persian). DOI:10.29252/jwmr.8.16.132.

Du, J., & Shi, C. X. (2013). Modeling and analysis of effects of precipitation and vegetation coverage on runoff and sediment yield in Jinsha River Basin. *Water Science and Engineering*, 6(1), 44-58. DOI:10.3882/j.issn.1674-2370.2013.01.004

Edwards, T.K., & Glysson, G.D. (2018). Field Methods for Measurement of Fluvial Sediment. Available online: https: pubs.er.usgs.gov.publication.ofr86531. DOI:10.3133/ofr86531

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]

Fu, B. (1989). Soil erosion and its control in the Loess Plateau of China. *Soil Use and Management*, 5(2), 76-82. DOI:10.1111/j.1475-2743.1989.tb00765.x

Grauso, S., Fattoruso, G., Crocetti, C., & Montanari, A. (2007). A spatially distributed analysis of erosion susceptibility and sediment yield in a river basin by means of geomorphic parameters and regression relationships. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 4(2), 627-654.

Kabulizadeh, M., Rangzen, K., Rashidian, M., & Delfan, H. (2017). Estimation of the concentration of total dissolved solids and water turbidity of Karkheh and Dez dams and the Karun Boghor river using Sentinel-2 satellite images. *Journal of Advanced Applied Geology*, 8(4), 17-27 (In Persian).

Li, P., Chen, S., Ji, H., Ke, Y., & Fu, Y. (2021). Combining Landsat-8 and Sentinel-2 to investigate seasonal changes of suspended particulate matter off the abandoned distributary mouths of Yellow River Delta. *Marine Geology*, 441, 106622. DOI:10.1016/j.margeo.2021.106622

Long, C. M., & Pavelsky, T. M. (2013). Remote sensing of suspended sediment concentration and hydrologic connectivity in a complex wetland environment. *Remote Sensing of Environment*, 129, 197-209. DOI: 10.1016/j.rse.2012.10.019.

Li, T., Dong, J., & Yuan, W. (2020). Effects of precipitation and vegetation cover on annual runoff and sediment yield in Northeast China: A preliminary analysis. *Water Resources*, 47, 491-505. DOI: 10.1134/S0097807820030173.

Martinez, J. M., Maurice-Bourgoin, L., Moreira-Turcq, P., & Guyot, J. L. (2004). Use of MODIS and MERIS data for the water quality monitoring of Amazonian rivers and floodplain lakes. In LBA Third International Conference, Brasilia, Brazil. DOI: 10.1109/IGARSS.2007.4423873.

Marinho, R. R., Harmel, T., Martinez, J. M., & Filizola Junior, N. P. (2021). Spatiotemporal dynamics of suspended sediments in the negro river, amazon basin, from in situ and sentinel-2 remote sensing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(2), 86. DOI:10.3390/ijgi10020086

Maleki, A., Hesadi, H., Naderian, P., 2009. Site Selection of Artificial Rechange of Mereg Watershed Aquifer. *Geographical Research*, 24(1), 53-78 (In Persian).

Ouillon, S., Douillet, P., & Andréfouët, S. (2004). Coupling satellite data with in situ measurements and numerical modeling to study fine suspended-sediment transport: a study for the lagoon of New Caledonia. *Coral Reefs*, 23, 109-122. DOI: 10.1007/s00338-003-0352-z.

Paulista, R. S. D., de Almeida, F. T., de Souza, A. P., Hoshide, A. K., de Abreu, D. C., da Silva Araujo, J. W., & Martim, C. C. (2023). Estimating Suspended Sediment Concentration Using Remote Sensing for the Teles Pires River, Brazil. *Sustainability*, 15(9), 7049. DOI: 10.3390/su15097049.

Ritchie, J. C., & Schiebe, F. R. (2000). Water quality. In Remote sensing in hydrology and water management (pp. 287-303). Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-59583-7.

Syvitski, J. P., Morehead, M. D., Bahr, D. B., & Mulder, T. (2000). Estimating fluvial sediment transport: the rating parameters. *Water resources research*, 36(9), 2747-2760. DOI: 10.1029/2000WR900133

Tabatabaei M, Salehpour Jam A, Hosseini S A. (2019). Presenting a New Approach to Increase the Efficiency of the Sediment Rating Curve Model in Estimating Suspended Sediment Load in Watersheds (Case Study: Mahabad-Chai River, Lake Urmia Basin, West Azarbayejan Province, Iran). *J Watershed Manage Res*. 10(19), 181-193. (In Persian). DOI:10.29252/jwmr.10.19.181

Wackerman, C., Hayden, A., Jonik, J., 2017. Deriving spatial and temporal context for point measurements of suspended sediment concentration using remote-sensing imagery in the Mekong Delta. *Cont. Shelf Res.* 147, 231–245. DOI:10.1016/j.csr.2017.08.007

Xin, Z., Yu, X., & Lu, X. X. (2011). Factors controlling sediment yield in China's Loess Plateau. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36(6), 816-826. DOI:10.1002/esp.2109

Zhao, J., Vanmaercke, M., Chen, L., & Govers, G. (2016). Vegetation cover and topography rather than human disturbance control gully density and sediment production on the Chinese Loess Plateau. *Geomorphology*, 274, 92-105. DOI: 10.1016/j.geomorph.2016.09.022

Zhang, J., Zhou, Z., Yao, F., Yang, L., & Hao, C. (2014). Validating the modified perpendicular drought index in the North China region using in situ soil moisture measurement. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(3), 542-546. DOI: 10.1109/LGRS.2014.2349957.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-09-24]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.1.147]