Hakim Sabzevari University

Arid Regions Geographic Studies

Homepage: jargs.hsu.ac.ir ISSN: 2228-7167

Evaluation of the performance of mechanical and biomechanical measures of watershed management on changes in floods, erosion, sedimentation and vegetation in arid and semi-arid areas. (Case study: Badkash Watershed in Minab City)

Masoud Motaghian[1] | Seyed Hassan Alavinia[2]✉ | Reza Ghazavi[3]

1. Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran. masmot89@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran. s.h.alavinia@kashanu.ac.ir
3. Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran. ghazavi@kashanu.ac.ir

Article Information

Research Paper

Vol:	14
No:	53
P:	67-84
Received:	2023-05-14
Revised:	2023-06-11
Accepted:	2023-06-12
Published:	2023-10-15

Keywords:

- *Effectiveness*
- *Soil protection*
- *Biological operations*
- *Mechanical operations*
- *Watershed management*

Cite this Article:

Motaghian, M., Alavinia, S. H., Ghazavi, R. (2023). Evaluation of the performance of mechanical and biomechanical measures of watershed management on changes in floods, erosion, sedimentation and vegetation in arid and semi-arid areas. (Case study: Badkash Watershed in Minab City). *Journal of Arid Regions Geographic Studies* 14(53): 67-84.
doi: 10.22034/JARGS.2023.397286.1029

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)

10.22034/JARGS.2023.397286.1029

Abstract

Aim: This research investigates the effectiveness of watershed management activities carried out in the Badkash watershed.
Material & Method: All the watershed measures carried out in the area were visited. In connection with biological and biomechanical operations, the NDVI index was compared twice before and after the watershed operation to investigate vegetation changes. The comparison of erosion and sedimentation before and after the operation was carried out using the estimated model of preliminary studies (MPSIAC), and the effectiveness and efficiency of watershed operations on erosion and sedimentation, flood, and vegetation were investigated.
Finding: Measures taken in the area can trap sediments of about 7518733 cubic meters; of this tank volume, about 5754910 cubic meters have been trapped by the sediments brought upstream of the basin. The rate of specific erosion has increased from 8.74 tons per hectare to 7.46 tons per hectare, and the amount of sedimentation has also decreased significantly. Two areas of 200 and 58 hectares of the basin lands have also been subjected to the biomechanical operation of catchment crescents, and biological mounding operations have also been carried out inside the catchment crescents.
Conclusion: The results show that the temporal changes of the NDVI index for the entire area have a positive trend, and since 2018, with the implementation of biomechanical operations in the desired area, the value of this index has increased compared to the long-term average of the entire area.
Innovation: Until now, the evaluation of the effects of watershed management measures has been done less. Examining the effectiveness of these measures can help to continue these measures or change how they are implemented. This can help attract the attention of watershed decision-makers in the direction of investment.

Extended Abstract

1. Introduction

Changing the hydrological behavior of watersheds to reduce runoff, evaporation, transpiration, and increase infiltration in order to maintain water resources and reduce flood production in the basin is one of the essential goals in watershed management, which is achieved by implementing biological and mechanical watershed management operations. Watershed management activities carried out in watersheds can directly or indirectly contribute to water infiltration from precipitation into the soil. Implementing biological measures through the development of vegetation and the expansion of the canopy causes water to penetrate the soil. Also, implementing mechanical operations in accordance with the standard conditions can effectively increase the concentration time and reduce the severe response of the basin to precipitation. As a result, the penetration of precipitation increases.

2. Materials and Methods

The Badkash watershed is located in the geographical coordinates of 2984785 to 3012361 north latitude and 549602 to 575026 east longitudes. This basin is one of the sub-basins of the Esteghlal Dam of Minab, located at the southern end of this area. Considering the importance of the Esteghlal Dam, especially in terms of the drinking and industrial water supply of Bandar Abbas city, in the current conditions, the vital and economic artery of this city depends on the quality and quantity of water of the Esteghlal Dam. Therefore, planning for the optimal use of water in this dam and its upstream watershed is of special importance, and the most important plan in this field is the implementation of watershed operations to control erosion and sediment entering the reservoir of the dam. Concerning biological and biomechanical operations, the NDVI index was compared twice before and after watershed operations to investigate changes in vegetation cover.

3. Results and Discussion

During several stages of field visits to the Badkash Minab basin, it was found that 15 cases of mechanical operations have been implemented in this area, which includes the construction of 14 cases of stone-mortar dams and one case of flood spreading. This operation can trap sediments of about 7518733 cubic meters; of this reservoir volume, about 5754910 cubic meters have been trapped by the sediments upstream of the basin. In this study, it has been used to determine the effect of mechanical structures in reducing the output peak flow of each sub-basin through the effect of the set of structures implemented in each hydrological unit on increasing the concentration time and finally increasing the time to reach the peak flow of the hydrograph. The construction of watershed structures in the Badkesh area has significantly reduced the peak discharge (during the different return periods) of hydrological units. For example, in the hydrological unit 3-3, where flood spreading operations and mortar stone structures No. 1, 9, 10, 11 and biomechanical operations of water catchment crescents and pit-seeding have been implemented, the 25-year peak flow rate of the flood is about 50 cubic meters per second. It has been reduced to less than 20 cubic meters per second. This valuable goal has been achieved by implementing a complete set of biological, biomechanical, and mechanical operations in an area rarely seen in other areas of the country. Also, the results showed that in control units such as sub-basin number 1, which do not have operational operations, runoff has not changed significantly over time, and even sometimes, due to drought and destruction of vegetation and excessive livestock grazing, runoff has increased. In this study, in order to investigate the role of watershed measures in reducing the rate of erosion and sedimentation of the basin, the MPSIAC model was used in the detailed executive studies of the basin and using the results of previous studies and field studies, the parameters of the model for after Watershed measures were determined and interpreted. In most sub-basins in which no watershed operations have been carried out, such as sub-basins 2-5-3, the amount of specific sediment has increased significantly since the study. Sediment increases at the time of effectiveness study in sub-area 2-5-1 with one structure and 2-5-5 with two stone-mortar structures were implemented, indicating the insufficiency of operations in these two sub-areas, but despite this, the amount of increase in specific sediment in these years, they are less than 2-5-3, 2-5-4 and 2-5-2, in which no operation was performed. The investigation of this index for the entire area shows that the average annual vegetation cover from 2002 to 2018 is much lower than the long-term average of the NDVI index in the Badkesh area. The study indicated that the vegetation cover level in the area was low.

4. Conclusions

Watershed operations in the Badkash watershed have had positive and beneficial effects on the improvement of vegetation in areas where biological and biomechanical operations were implemented, and

flood control through mechanical operations ultimately reduced erosion and sedimentation, so if watershed operations are complementary and in the form of Biological, biomechanical and mechanical plans are implemented simultaneously, they will have a significant and beneficial effect on preserving water and soil resources and reducing human and financial losses.

5. Aknowledgment & Funding

Authors are thankful to all interview participants for supporting this research. The manuscript did not receive a grant from any organization

6. Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دانشگاه حکیم سبزواری

ارزیابی عملکرد اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی آبخیزداری بر تغییرات سیلاب، فرسایش و رسوب و پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بادکش شهرستان میناب)

مسعود متقیان[۱]، سید حسن علوی‌نیا[۲]✉، رضا قضاوی[۳]

۱- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایـران. masmot89@gmail.com

۲- نویسنده مسئول، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایـران.s.h.alavinia@kashanu.ac.ir

۳- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین ، دانشگاه کاشان، کاشان، ایـران. ghazavi@kashanu.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره: ۱۴

دوره: ۵۳

صفحه: ۸۴-۶۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳

کلیدواژه‌ها:

- *اثربخشی*
- *حفاظت خاک*
- *عملیات بیولوژیکی*
- *عملیات مکانیکی*
- *مدیریت حوزه آبخیز*

نحوه ارجاع به این مقاله:

متقیان، مسعود.، علوی‌نیا، سیدحسن.، قضاوی، رضا. (۱۴۰۲). ارزیابی عملکرد اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی آبخیزداری بر تغییرات سیلاب، فرسایش و رسوب و پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بادکش شهرستان میناب). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۴(۵۳): ۸۴-۶۷.

doi: 10.22034/JARGS.2023.397286.1029

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

© نویسنده(گان).

10.22034/JARGS.2023.397286.1029

چکیده:

هدف: هدف از این پژوهش بررسی میزان اثربخشی فعالیت‌های آبخیزداری انجام‌شده در سطح حوزه آبخیز بادکش بود.

روش و داده‌ها: بدین منظور اطلاعات دوره قبل از اجرای فعالیت‌های آبخیزداری از گزارش‌ها و مطالعات انجام شده استحصال شد. نقشه‌های پایه منطقه نظیر توپوگرافی، زمین‌شناسی و غیره تهیه شد. سپس با مراجعه به منطقه مورد مطالعه از کلیه اقدامات آبخیزداری انجام شده در حوزه، بازدید به عمل آمد. در ارتباط با عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی از مقایسه شاخص NDVI در دو زمان قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری استفاده شد. مقایسه فرسایش و رسوب قبل و بعد از عملیات با استفاده از مدل برآوردی مطالعات اولیه (MPSIAC) انجام و اثربخشی و کارایی عملیات آبخیزداری بر فرسایش و رسوب، سیل و پوشش گیاهی بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تعداد ۱۵ مورد عملیات مکانیکی شامل ۱۴ مورد بند سنگی ملاتی و یک مورد پخش سیلاب در حوزه اجرا شده است. این عملیات قابلیت تله‌اندازی رسوبی در حدود ۷۵۱۸۷۳۳ مترمکعب را دارا هستند، از این حجم مخزن، حدوداً ۵۷۵۴۹۱۰ مترمکعب توسط رسوبات آورده شده از بالادست حوزه تاکنون به تله افتاده است. میزان فرسایش ویژه از ۸/۷۴ تن در هکتار به ۷/۴۶ تن در هکتار رسیده است و میزان رسوب نیز کاهش محسوسی داشته است. دو عرصه ۲۰۰ و ۵۸ هکتاری از اراضی حوضه تحت عملیات بیومکانیکی هلالی‌های آبگیر قرار گرفته و در داخل هلالی‌های آبگیر نیز عملیات بیولوژیک کپه‌کاری انجام شده است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد تغییرات زمانی شاخص NDVI برای کل حوزه دارای روند مثبت بوده و از سال ۲۰۱۸ به بعد با اجرای عملیات بیومکانیکی در عرصه موردنظر مقدار این شاخص نسبت به میانگین بلندمدت کل حوزه، افزایش یافته است.

نوآوری، کاربرد نتایج: تاکنون ارزیابی اثرات اقدامات آبخیزداری کمتر انجام شده است. بررسی اثربخشی این اقدامات می‌تواند به تداوم این اقدامات یا تغییر در نحوه اجرای آن‌ها کمک کند. این امر می‌تواند به جلب توجه تصمیم گیرندگان حوزه آبخیز در جهت سرمایه‌گذاری کمک کند.

۱- مقدمه

امروزه با توجه به نیاز انسان به آب، تلاش برای رسیدن به منابع آبی پایدار امری ضروری است. ایران که غالب مناطق آن دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است، از جمله کشورهایی به‌حساب می‌آید که در چند سال اخیر به دلیل افزایش بهره‌برداری از منابع آب و عدم مدیریت صحیح منابع آب موجود با مسئله بحران آب مواجه است. تغییر رفتار هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز با هدف کاهش رواناب، کاهش تبخیر و تعرق و افزایش نفوذ به‌منظور تداوم منابع آبی و کاهش تولید سیلاب حوضه یکی از مهم‌ترین اهداف در مدیریت حوزه‌های آبخیز است که تحقق آن با اجرای عملیات آبخیزداری چه در بخش بیولوژیکی و چه بخش مکانیکی حاصل می‌گردد (Bagherian et al., 2021). فعالیت‌های آبخیزداری انجام شده در حوزه‌های آبخیز می‌تواند به طور مستقیم و یا غیرمستقیم در نفوذ بخشی از آب حاصل از بارش به خاک نقش داشته باشد. انجام اقدامات بیولوژیکی از طریق توسعه پوشش گیاهی و گسترش تاج پوشش باعث می‌شود که زمینه نفوذ آب به درون خاک فراهم شود. توسعه پوشش گیاهی باعث ایجاد پوششی بر سطح خاک می‌گردد که ضمن کاهش سرعت قطرات باران باعث ایجاد محیطی مناسب برای نفوذ آب نیز می‌شود که این کار از طریق افزایش نفوذپذیری خاک سطحی با نفوذ ریشه‌ها و تولید لاشبرگ صورت می‌گیرد. علاوه بر اقدامات بیولوژیکی، احداث سازه در سطح حوضه نقشی مؤثر در نفوذ رواناب‌های فصلی را دارا است (Shiravi et al., 2016).

چنانچه انجام عملیات مکانیکی مطابق با شرایط استاندارد انجام شود نقش به‌سزایی در افزایش زمان تمرکز داشته و باعث کاهش عکس‌العمل شدید حوضه به بارش می‌شود و در نتیجه نفوذ بارش افزایش می‌یابد. احیای پوشش گیاهی در بستر رسوبات پشت بندهای اصلاحی، کاهش سرعت آب و در نتیجه کاهش قدرت فرسایندگی رواناب‌ها از دیگر نتایج اجرای عملیات مکانیکی در سطح حوزه‌های آبخیز است (Jalili pirani & Mousavi, 2016 ؛ Shiravi et al., 2016).

احداث بندهای آبخیزداری یکی از اقداماتی است که می‌تواند باعث کاهش خسارات ناشی از وقوع سیلاب‌ها شود. بندهای آبخیزداری، سازه‌هایی کوتاه هستند که در مسیر جریان آبراهه‌ها به‌منظور کاهش شیب، کاهش سرعت جریان، مهار کردن رسوب و سیلاب، ایجاد شرایط مناسب برای تثبیت بستر و شیب‌های جانبی مسیل‌ها و بهبود منابع آب زیرزمینی و منابع آب سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرند و مخزن سازه با ذخیره کردن مقداری از حجم سیلاب باعث کاهش حجم و ارتفاع سیل در پایین‌دست نیز می‌گردد (Wu et al., 2022 ;Dabiri et al., 2014).

یوآن و همکاران در پژوهش خود به بررسی تأثیر احدث سازه‌های آبخیزداری بر روی فرآیند سیل و فرسایش در یک حوزه آبخیز کوچک در فلات لس در چین پرداختند. نتایج نشان داد که سازه‌های آبخیزداری پیک سیل و حجم سیل را به میزان ۵۸/۶۷ و ۶۵/۳۴ درصد کاهش داده است. بر اساس نتایج این مطالعه، در اثر اجرای عملیات آبخیزداری میزان تخلیه رسوب به میزان ۸۳/۹۲ درصد کاهش یافته است (Yuan et al., 2019). نارندرا و همکاران در پژوهشی به بررسی اثرات اجرای عملیات آبخیزداری و روش‌هایی برای پایداری آن‌ها پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که مشارکت ذینفعان یک عامل حیاتی در اجرای موفقیت آمیز احیای حوزه‌های آبخیز تخریب شده است (Narendra et al., 2021). شکست پروژه‌های آبخیزداری باید با ارائه اطلاعات کافی در مورد ویژگی‌های حوزه آبخیز تخریب شده، انتخاب گونه‌های مناسب و عملیات مکانیکی مؤثر برای حفاظت از خاک و آب به حداقل برسد. مشارکت جامعه به عنوان عامل اصلی هدایت آبخیزداری باید با تقویت آگاهی عمومی درباره اهمیت حوزه پایدار و ایجاد دسترسی برای مشارکت جامعه در هر مرحله از آبخیزداری محقق شود. خالدیان و بیات در پژوهشی نقشه عملیات آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب را در حوزه‌های آبخیز بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که بین رسوبدهی قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری اختلافی معنی‌دار وجود دارد (Khaledian & Bayat, 2017).

چمن پیرا و روغنی به ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب در حوزه دادآباد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در دوره بازگشت‌های پایین، حوضچه‌های ذخیره آب، از توانایی بالایی برای ذخیره‌سازی رواناب و کاهش دبی اوج سیلاب برخوردار هستند لیکن با افزایش دوره بازگشت، نقش این اقدامات در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج کاهش می‌یابد (Chamanpira & Roughani, 2018). باقریان کلات و همکاران در پژوهشی به ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر پوشش گیاهی و میزان فرسایش و رسوب حوزه آبخیز کاخک پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌های آبخیزداری مستلزم توجه کافی به مسائل اجتماعی و اقتصادی ناشی از اجرای پروژه‌ها بوده و ضروری است آبخیزنشینان در کلیه مراحل اجرا و نگهداری پروژه‌ها مشارکت فعال داشته باشند (Bagherian et al., 2021). اختصاصی و همکاران در پژوهشی به ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری و ارائه

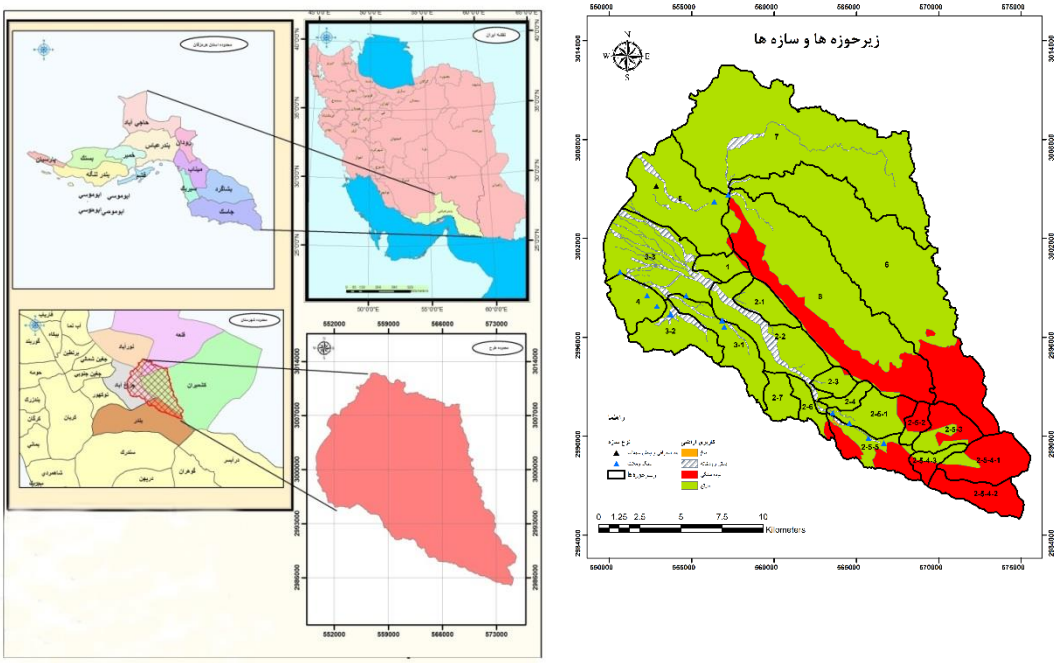
راهبرد و راهکار مناسب جهت توسعه آنها با استفاده از مدل SWOT و AHP در مناطق خشک و نیمه‌خشک پرداختند. در این تحقیق از ۴ معیار اصلی (کاهش فرسایش، کاهش سیل، افزایش پوشش گیاهی و افزایش آبدهی قنوات) و ۸ معیار فرعی استفاده گردید. نتایج نشان داد معیار کاهش فرسایش با اهمیت نسبی ۰/۴۸۲ بیشترین تأثیر را در پروژه‌های آبخیزداری داشته است. نتایج مدل SWOTدر منطقه نشان داد که شرایط منطقه در ربع چهارم، محدودیت‌ها – تهدیدها (WT) یا راهبرد تدافعی قرار گرفته است (Ekhtesasi et al., 2021).

در چند دهه گذشته عملیات اجرایی آبخیزداری در سطح وسیعی در کشور اجرا شده است. عملکرد این فعالیت‌ها در حوضه‌های مختلف و بسته به نوع عملیات متفاوت گزارش شده است، لیکن ارزیابی نتایج حاصل از اجرای این طرح‌ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این پژوهش بررسی و ارزشیابی فعالیت‌های آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز است. در واقع با انجام آن می‌توان نتیجه‌گیری نمود که آیا اقدامات آبخیزداری اعم از مکانیکی، بیولوژیک و... در رفع مشکلات حوزه آبخیز مانند سیل، فرسایش خاک، پوشش گیاهی و... تأثیر مثبت داشته است یا نه. همچنین بعد از انجام مطالعات اثربخشی عملیات اجراشده، می‌توان نسبت به اصلاح دیدگاه‌های موجود اظهارنظر و نواقص و اشتباهات را اصلاح و برنامه‌ریزی را در جهت درست هدایت نمود. بر همین اساس در این مقاله به موضوع مهم اثربخشی عملیات آبخیزداری در حوزه آبخیز بادکش پرداخته شده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده حوزه آبخیز بادکش در مختصات جغرافیایی ۲۹۸۴۷۸۵ تا ۳۰۱۲۳۶۱ عرض شمالی و ۵۴۹۶۰۲ تا ۵۷۵۰۲۶ طول شرقی قرار دارد. این حوزه یکی از زیرحوزه‌های سد استقلال میناب است که در منتهی‌الیه جنوبی این حوزه واقع شده است. زیرحوزه بادکش بخشی از زیر حوزه VIII سد استقلال میناب است. لازم به ذکر است که زیر حوزه VIII سد استقلال میناب در مطالعات فاز توجیهی دارای مساحتی برابر با ۸۵۰ کیلومترمربع است و این در حالی است که زیرحوزه بادکش با مساحت ۳۸۰۶۵ هکتار، ۴۵ ٪ از مساحت زیر حوزه مذکور را به خودش اختصاص می‌دهد. شکل شماره (۱) موقعیت حوزه در کشور و استان را ارائه می‌دهد. حوزه آبخیز بادکش جزء دهستان توکهور از بخش مرکزی شهرستان میناب است که در فاصله ۶۵ کیلومتری شمال شرقی این شهر واقع شده است. دسترسی به این حوزه از طریق جاده آسفالته میناب – دهستان توکهور طی مسافت حدود ۶۰ کیلومتر جاده آسفالته از میناب و سپس طی مسافت حدود ۵ کیلومتر جاده خاکی از شهر هشت‌بندی امکان‌پذیر است. همچنین دسترسی به این حوزه از طریق شهر رودان و آبادی جغین و نیز از شهر کهنوج، شهر منوجان و دشت هشت‌بندی امکان‌پذیر است. با توجه به اهمیت سد استقلال میناب خصوصاً از نظر تأمین آب شرب و صنعتی شهر بندرعباس، در شرایط فعلی شاهرگ حیاتی و اقتصادی این شهر به وضعیت کیفی و کمی آب سد استقلال میناب بستگی دارد؛ لذا برنامه‌ریزی جهت استفاده بهینه از آب موجود در این سد و حوزه آبخیز بالادست آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که مهم‌ترین برنامه در این زمینه اجرای عملیات آبخیزداری به منظور کنترل فرسایش و رسوب ورودی به مخزن سد مذکور است. از طرفی دیگر بخشی از دشت هشت بندی که یکی از دشت‌های مهم کشاورزی در شهرستان میناب است در پایین‌دست این زیرحوزه واقع شده است که از یک طرف از خسارات ناشی از سیل‌های وحشی این زیرحوزه در امان نخواهد بود و از طرف دیگر طی چند سال گذشته با افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و وقوع خشکسالی، بخش کشاورزی این دشت از نظر منابع آب به خطر افتاده است.



شکل ۱. موقعیت حوزه و زیرحوزه‌های بادکش شهرستان میناب

۲-۲- روش پژوهش

در واقع با انجام مطالعات اثربخشی بررسی و ارزشیابی فعالیت‌های آبخیزداری در حوزه‌های آبخیز می‌توان نتیجه‌گیری نمود که آیا اقدامات آبخیزداری اعم از مکانیکی، بیولوژیک و... در رفع مشکلات حوزه آبخیز مانند سیل، فرسایش خاک، بهبود پوشش گیاهی و... اثر مثبت داشته است یا نه. همچنین بعد از انجام مطالعه اثربخشی عملیات اجراشده، می‌توان نسبت به اصلاح دیدگاه‌های برنامه‌ریزی و اجرایی اظهارنظر و نواقص و اشتباهات را اصلاح و برنامه‌ریزی را در جهت درست هدایت نمود. بر همین اساس در این مقاله به موضوع مهم اثربخشی عملیات آبخیزداری در حوزه بادکش پرداخته شده است.

منطقه مورد مطالعه دارای مطالعات تفصیلی اجرائی مربوط به قبل از زمان اجرای عملیات آبخیزداری است. جهت انجام این مطالعه، اطلاعات دوره قبل از اجرای فعالیت‌های آبخیزداری از گزارش‌ها و مطالعات انجام شده استحصال شد. سپس تأثیر اجرای عملیات آبخیزداری از طریق مقایسه شرایط موجود و شرایط قبل از عملیات تجزیه و تحلیل شد. برای این منظور ضمن تهیه نقشه‌های پایه منطقه نظیر نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و غیره، اطلاعات مربوط به قبل از احداث سازه‌ها نیز گردآوری شد. سپس با مراجعه به منطقه مورد مطالعه از کلیه اقدامات آبخیزداری انجام شده در حوزه، بازدید به عمل آمد و موقعیت هر یک از عملیات اجرایی، وضعیت کنونی آن‌ها و در ارتباط با کارهای سازه‌ای میزان تأثیر سازه‌ها بر کنترل رسوب، تعیین گردید. در ارتباط با عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی از مقایسه شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی NDVI استخراج شده از تصاویر ماهواره لندست ۸، ۷ و ۴-۵ در دو زمان قبل و بعد از انجام عملیات آبخیزداری استفاده شد. به این منظور تصاویر این سنجنده در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ و در فصل رویش (اسفند، فروردین و اردیبهشت) برای منطقه مورد مطالعه دانلود شد. برای محاسبه شاخص مذکور از معادله زیر استفاده شد:

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$$

معادله (۱)

که در آن،

NIR = باند مادون‌قرمز نزدیک

R= باند قرمز است. دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ و ۱- است. ابرها، برف و آب کم‌ترین مقدار و پوشش گیاهی سبز بیش‌ترین مقدار شاخص NDVI را در پدیده نشان می‌دهند. گیاهان سبز، مقادیر شاخص بالایی را نشان خواهد داد، آب مقادیر منفی و خاک برهنه مقادیری نزدیک به صفر دارد (Pandey and Sahu, 2002). لندست، شاخص تفاضل نرمال پوشش گیاهی ماهانه با قدرت تفکیک مکانی ۳۰- متر را تولید می‌کند. این تصاویر شامل شاخص‌های پوشش گیاهی برای پایش جهانی پوشش گیاهی و همچنین

نمایش پوشش زمین و تغییرات پوشش مورداستفاده قرار می‌گیرند. این داده‌ها به‌عنوان ورودی‌هایی برای مدل‌سازی جهانی بیوشیمیایی و فرآیندهای هیدرولوژیکی جهانی و منطقه‌ای اقلیم، استفاده می‌شوند. علاوه بر این، این داده‌ها برای مشخص کردن خواص و فرآیندهای سطح زمین، شامل تولید خالص اولیه و تغییرات پوشش زمین مورداستفاده قرار می‌گیرند.

سپس نقشه کاربری و پوشش گیاهی و رخساره ژئوموفولوژیکی و اجزاء واحدهای اراضی، اشکال فرسایش، پهنه‌های سیل‌گیر به‌هنگام‌سازی و تدقیق گردید. نقشه واحدهای برنامه‌ریزی و رقومی‌سازی نقشه جانمایی طراحی پروژه‌های مدیریتی، بیولوژیکی، بیومکانیکی و مکانیکی بررسی شد. همچنین نقشه جانمایی پروژه‌های اجرا شده مدیریتی، بیولوژیکی، بیومکانیکی و مکانیکی رقومی‌سازی گردید. در نهایت پروژه‌های اجرایی تخریب یافته طی سالیان گذشته تعیین گردید. هزینه‌های اصلاحی و مرمت و نگهداری پروژه‌های اجرایی برآورد اقتصادی شد و شناسنامه پروژه‌های اجرایی و میزان تأثیرگذاری هریک در بهبود وضعیت منابع آب و خاک و پوشش گیاهی حوزه تهیه و حجم و دبی سیلاب کنترل و استحصال شده توسط اقدامات اجرایی اندازه‌گیری گردید. مقایسه فرسایش و رسوب قبل و بعد از عملیات با استفاده از مدل برآوردی مطالعات اولیه (MPSIAC) انجام و اثربخشی و کارایی عملیات آبخیزداری بر سیل، فرسایش و پوشش گیاهی بررسی گردید.

۳- یافته‌ها

در طی چندین مرحله بازدید صحرایی از حوزه آبخیز بادکش میناب مشخص گردید که تعداد ۱۵ مورد عملیات مکانیکی در این حوزه اجرا شده است که این عملیات شامل احداث ۱۴ مورد بند سنگی ملاتی و یک مورد پخش سیلاب است. در شکل ۲ تصویر برخی از سازه‌ها نشان داده شده است. این عملیات قابلیت تله‌اندازی رسوبی در حدود ۷۵۱۸۷۳۳ مترمکعب را دارا هستند، از این حجم مخزن ایجاد شده حدوداً ۵۷۵۴۹۱۰ مترمکعب توسط رسوبات آورده شده از بالادست حوزه تاکنون به تله افتاده است. در جداول ۱ فعالیت‌های مکانیکی انجام شده در سطح حوزه ارائه گردیده است.

شکل ۲. برخی از سازه‌های موجود در حوزه

جدول ۱. شناسنامه عملیات مکانیکی انجام شده در سطح حوزه آبخیز بادکش

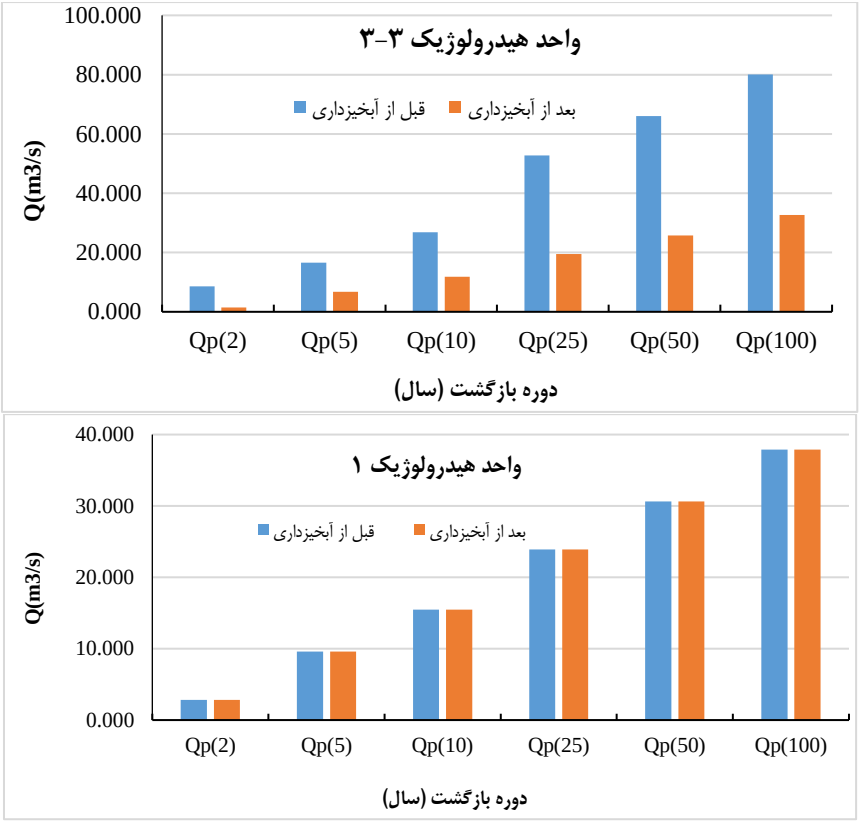
ردیف	نوع سازه	X	y	ارتفاع	طول بالا	طول پایین	ارتفاع رسوب در محل بدنه سد	طول رسوب	وضعیت سازه
۱	سنگ و ملات	۵۵۰۶۳۲	۲۹۹۹۹۶۴	۸	۵۳۴	۵۱۰	۲.۵	۶۰۰	سالم
۲	سنگ و ملات	۵۵۲۲۸۶	۲۹۹۸۵۴۱	۳	۲۴	۱۷	۱	۶۰	سالم
۳	سنگ و ملات	۵۵۲۸۷۵	۲۹۹۷۸۹۳	۵	۲۵	۱۸	۱	۱۵۰	سالم
۴	سنگ و ملات	۵۵۳۷۲۷	۲۹۹۷۳۹۷	۴	۲۴	۱۰	۱	۱۲۰	سالم
۵	سنگ و ملات	۵۵۳۷۰۴	۲۹۹۷۳۹۲	۴	۴۰	۱۹	۱	۲۰۰	سالم
۶	سنگ و ملات	۵۵۶۹۶۷	۲۹۹۶۶۲۵	۶	۳۵	۱۵	۲	۱۰۰	سالم
۷	سنگ و ملات	۵۵۶۸۴۱	۲۹۹۷۰۱۴	۸	۲۸	۱۸	۴	۲۲۰	سالم
۸	سنگ و ملات	۵۶۴۵۷۵	۲۹۹۰۷۸۵	۸	۱۲۰	۱۰۰	۴	۱۶۰۰	سالم
۹	سنگ و ملات	۵۵۴۶۵۳	۲۹۹۸۵۱۹	۴	۳۷	۲۵	۱	۲۰۰	سالم
۱۰	سنگ و ملات	۵۵۷۲۰۵	۳۰۰۴۶۵۰	۸	۷۰	۴۵	۸	۲۷۰۰	سالم
۱۱	سنگ و ملات	۵۵۶۳۵۷	۳۰۰۴۲۲۶	۱۰	۶۲	۳۸	۴	۵۰۰	سالم
۱۲	سنگ وملات	۵۶۵۷۲۶	۲۹۸۹۸۷۶	۱۰	۳۲	۱۶	۸	۳۷۰	سالم
۱۳	سنگ وملات	۵۵۸۷۲۱	۲۹۹۷۸۶۳	۴	۴۰	۲۷	۲	۱۵۰	سالم
۱۴	سنگ و ملات	۵۶۶۶۶۶	۲۹۸۹۵۷۸	۱۰	۵۱	۳۵	۱۰	۵۵۰	سالم
۱۵	بند انحرافی و پخش سیلاب	۵۵۲۸۴۵	۳۰۰۵۱۶۲	–	–	–	–	–	سالم

۳-۱- تعیین میزان حجم سیلاب‌های کنترل شده سالانه حوزه در قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری

سرنوشت نهایی تمام مخازن آبی که با هدف بهره‌برداری از آب سطحی، تأمین مصارف شرب، کنترل سیلاب، برقابی و تأمین آب کشاورزی ساخته می‌شوند، پر شدن از رسوبات است (Estapa et al., 2020). این سرنوشت برای سازه‌های احداث شده در حوزه بادکش نیز رخ خواهد داد. بدون شک بارزترین نقش سازه‌های آبخیزداری با ارتفاع متوسط و بلند در کاهش دبی پیک در خروجی واحدهای هیدرولوژیک از طریق افزایش زمان تمرکز رخ می‌دهد. در این مطالعه، برای تعیین اثر سازه‌های مکانیکی در کاهش دبی پیک خروجی هر زیر حوزه، از طریق اثر مجموعه سازه‌های اجرا شده در هر واحد هیدرولوژیکی بر افزایش زمان تمرکز و نهایتاً افزایش زمان رسیدن به دبی اوج هیدروگراف استفاده شده است. به عنوان مثال، در واحد هیدرولوژیکی ۲-۵-۵، دو سازه سنگی ملاتی شماره ۱۲ و ۱۴ با مجموع طول مخزن ۹۲۰ متر احداث شده است. شیب خالص این واحد ۲۱/۶ درصد و طول آبراهه آن ۷۲۰۴ متر است. به عبارت دیگر، ۹۲۰ متر از کل طول آبراهه دارای شیب خالص صفر درصد و ۶۲۸۴ متر دیگر دارای شیب ۲۱/۶ درصد است. بنابراین، شیب خالص جدید آبراهه، ناشی از احداث این دو سازه برابر با ۱۸/۸۴ درصد است. مجموع عملیات‌های مکانیکی انجام شده در این واحد توانسته است که ۲/۷۶ درصد از شیب خالص آبراهه را بکاهد. این کاهش شیب باعث افزایش زمان تأخیر و نهایتاً کاهش مقدار پیک سیلاب در این واحد گردیده است. ضمن اینکه با این اتفاق فرصت بیشتری برای نفوذ آب فراهم خواهد شد. این یافته با پژوهش یوآن و همکاران که بیان کردند سازه‌های آبخیزداری پیک سیل و حجم سیل را به میزان ۵۸/۶۷ و ۶۵/۳۴ درصد کاهش داده است، همخوانی دارد (Yuan et al., 2019). این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های برخی دیگر از محققان که بیان کردند سدهای اصلاحی اثربخشی قابل توجهی دارند، مطابقت دارد (Sutanto & Ginting, 2009; Xiang-zhou et al., 2004; Xu et al., 2013; Roshani, 2003).

احداث سازه‌های آبخیزداری در حوزه بادکش نقش بسزایی در کاهش دبی پیک عبوری (در دوره بازگشت‌های مختلف) از واحدهایی هیدرولوژیکی داشته است. به طور مثال، در واحد هیدرولوژیکی ۳-۳ که در آن عملیات پخش سیلاب و سازه‌های سنگ و ملاتی شماره ۱، ۹، ۱۰، ۱۱ و عملیات بیومکانیکی بانکت‌های هلالی و کپه کاری اجرا شده‌اند، مقدار دبی پیک ۲۵ساله سیلاب از حدود ۵۰ مترمکعب بر ثانیه به کمتر از ۲۰ مترمکعب بر ثانیه تقلیل یافته است (شکل ۳). این هدف ارزشمند از طریق اجرای یک

مجموعه کامل از عملیات بیولوژیک، بیومکانیک و مکانیکی در یک حوزه حاصل شده است که به‌ندرت در سایر حوزه‌های کشور به چشم می‌خورد. همچنین نتایج نشان داد، در واحدهای شاهد مانند زیرحوزه شماره ۱ که فاقد عملیات اجرایی هستند، رواناب در طول زمان تغییرات محسوسی نداشته و حتی بعضاً به دلیل خشکسالی و تخریب پوشش گیاهی و چرای مفرط دام، رواناب افزایش پیدا کرده است (شکل ۳). این یافته با پژوهش نبی‌پور که بیان کردند فاکتورهایی نظیر زمان تداوم، زمان فروکش، زمان اوج و دبی اوج تحت تأثیر عملیات اجرا شده از ۰/۵ تا ۷۰ درصد کاهش یافته است، مطابقت دارد (Nabipoor et al., 2014). همچنین در پژوهش نجفی‌نژاد و همکاران که در ارزیابی اثر اقدامات آبخیزداری بر سیل‌خیزی حوضهٔ رامیان با استفاده از مدل HEC-HMS که بیان کردند با اجرای عملیات آبخیزداری سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف کاهش یافته است؛ به‌گونه‌ای که بیشترین کاهش دبی اوج و حجم جریان به‌ترتیب در دوره بازگشت‌های ۱۰ و ۲۰ سال رخ داده است، همخوانی دارد (Najafinejad et al., 2018). هارجوین و همکاران با ارزیابی مدیریت جامع حوزه آبخیز یکی ازحوزه‌های آبخیز کشور اتیوپی نتیجه گرفتند که در اثر اجرای پروژه‌های بیولوژیکی، میزان رواناب و فرسایش خاک در این حوضه به ترتیب ۲۷ و ۸۹ درصد کاهش یافته است (Haregeweyn et al., 2012).



شکل ۳. مقایسه دبی پیک سیلاب مربوط به دوره بازگشت‌های مختلف در قبل و بعد از عملیات آبخیزداری در زیرحوزه‌های ۱ و ۳-۳

۳-۲- ارزیابی نقش اقدامات آبخیزداری در فرسایش و رسوب

اقدامات آبخیزداری که بیشتر در سطح حوضه انجام می‌گیرد عمدتاً شامل برنامه‌های بیولوژیکی و مدیریتی است که روی کاهش میزان فرسایش استوار است و به طور کل میزان رسوب تولیدی حوضه را کاهش می‌دهد در حالی که سازه‌های ایجاد شده در آبراهه‌ها در مراحل اولیه با رسوب‌گیری و در مراحل بعدی با کنترل فرسایش سبب کاهش میزان فرسایش و رسوب حوضه می‌شوند (Santhi et al., 2006). کمّی کردن تأثیر اقدامات مکانیکی و احداث سازه‌ها با اندازه‌گیری میزان رسوب جمع شده در پشت سازه‌ها علی‌رغم دشواری کار قابل انجام است ولی در خصوص فعالیت‌های انجام شده در سطح حوضه شامل اقدامات بیولوژیکی و مدیریتی جزء با بهره‌گیری از مدل‌های تجربی فرسایش و رسوب امکان‌پذیر نیست. اما نکته‌ای که باید توجه نمود این است در مرحله ارزیابی اقدامات باید بر اساس مدل‌های به کار رفته در مطالعات تفصیلی – اجرایی اقدام به ارزیابی نمود؛ زیرا پارامترهای لازم برای تعیین میزان فرسایش و رسوب برای مدل‌های مختلف متفاوت است. لذا در مطالعه حاضر به منظور بررسی نقش اقدامات آبخیزداری حوضه در

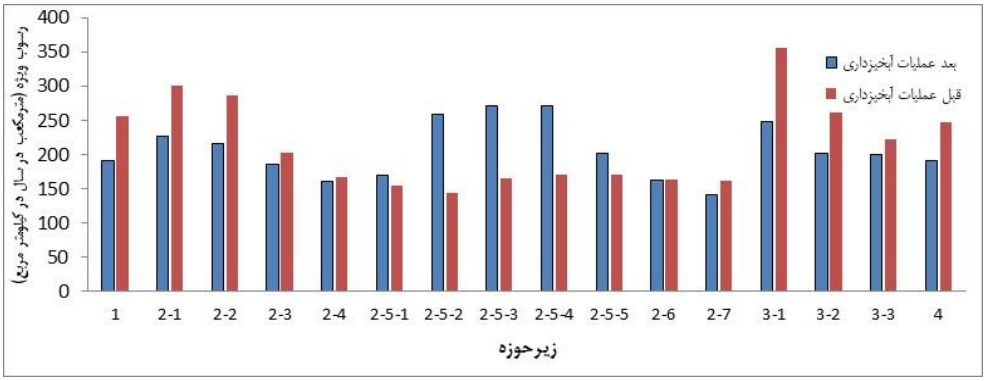
کاهش میزان فرسایش و رسوب حوضه از مدل MPSIAC که در مطالعات تفصیلی – اجرایی حوضه استفاده شده است، بهره گرفته و با استفاده از نتایج مطالعات قبلی و مطالعات صحرایی پارامترهای مدل برای بعد از اقدامات آبخیزداری تعیین و تفسیر گردید.

جدول ۲. فرسایش و رسوب واحدهای هیدرولوژیکی به روش MPSIAC (قبل از اجرا)

شماره زیرحوزه	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	R	رسوب ویژه (m^3/km^2)	فرسایش ویژه (ton/ha)	رسوب کل (m^3)
۱	۴/۸	۲	۵/۹	۴/۲	۷/۶۲	۶/۴	۱۷/۲	۱۸	۶/۷	۷۲/۸۲	۲۵۵/۸۷	۴/۹۰	۱۰۰۴/۱۹
۲-۱	۵/۲	۳	۵/۹	۷/۹	۸/۲	۶/۴	۱۷	۱۷	۶/۷	۷۷/۳	۳۰۰/۶۵	۶/۰۸	۱۷۱۸/۷۴
۲-۲	۶/۱۵	۳	۵/۹	۶/۰۷	۴/۵۸	۶/۲	۱۷	۱۷	۱۰	۷۵/۹	۲۸۵/۸۸	۶/۸۲	۵۲۶۱/۵۴
۲-۳	۵/۵	۳	۵/۹	۰/۳	۹/۴۷	۴	۱۵/۸	۱۴	۸/۳	۶۶/۲۷	۲۰۲/۱۲	۳/۷۹	۶۸۷/۵۰
۲-۴	۵/۵	۳	۵/۹	۰/۶۴	۵/۹۷	۴/۲	۱۶	۱۳	۶/۷	۶۰/۹۱	۱۶۶/۶۵	۳/۰۰	۴۲۴/۱۱
۲-۵-۱	۵/۵	۳	۵/۹	۱/۱	۴/۱۲	۴	۱۵/۸	۱۱	۸/۳	۵۸/۷۲	۱۵۴/۰۲	۳/۳۱	۱۳۷۱/۳۵
۲-۵-۲	۵/۷	۳	۵/۹	۰/۳۴	۵/۹۷	۳/۸	۱۵/۶	۱۰	۶/۷	۵۷/۰۱	۱۴۴/۸۲	۲/۶۶	۴۱۸/۷۵
۲-۵-۳	۶	۴	۵/۹	۰/۶۷	۷/۴۲	۳/۸	۱۵/۶	۱۰/۵	۶/۷	۶۰/۶	۱۶۴/۷۵	۳/۴۸	۱۲۸۷/۶۸
۲-۵-۴	۵/۴	۴	۵/۹	۱	۱۱	۳/۸	۱۵/۶	۱۰	۵	۶۱/۷	۱۷۱/۴۶	۳/۲۰	۵۶۳/۶۸
۲-۵-۵	۴/۹	۳	۵/۹	۱/۵	۷/۱۳	۴	۱۵/۸	۱۱	۸/۳	۶۱/۵۳	۱۷۰/۴۲	۳/۷۵	۱۷۸۰/۲۷
۲-۶	۵/۸	۲	۵/۹	۰/۲۶	۵/۵۷	۴/۶	۱۶	۱۲	۸/۳	۶۰/۴۳	۱۶۳/۸۰	۳/۱۲	۶۱۷/۴۸
۲-۷	۵/۲۵	۲	۵/۹	۰/۸	۳/۷۶	۵/۲	۱۶/۴	۱۲/۵	۸/۳	۶۰/۱۱	۱۶۱/۹۲	۳/۲۱	۸۱۰/۱۴
۳-۱	۵/۷	۴	۵/۹	۳/۸	۱۳	۶/۸	۱۶/۸	۱۶	۱۰	۸۲	۳۵۶/۰۸	۷/۹۴	۴۰۶۷/۴۸
۳-۲	۵/۳	۶	۵/۹	۳/۶	۶/۸	۶/۸	۱۶/۸	۱۴	۸/۳	۷۳/۵	۲۶۲/۲۳	۵/۷۷	۲۷۱۷/۱۰
۳-۳	۸	۴	۵/۹	۰	۲/۸۳	۶	۱۸	۱۶	۸/۳	۶۹/۰۳	۲۲۳/۲۴	۵/۵۱	۵۲۰۳/۰۹
۴	۶/۶	۴	۵/۹	۳/۷	۴/۴۵	۶/۶	۱۷/۴	۱۵	۸/۳	۷۱/۹۵	۲۴۷/۹۸	۵/۲۳	۱۹۰۳/۹۷
حوزه اصلی	۶	۳/۴	۵/۹	۵/۰۱	۷/۹۵	۵	۱۶/۶	۱۳/۵	۷/۵	۷۰/۸۶	۲۳۸/۴۴	۸/۷۴	۹۰۷۶۱/۹۱

جدول ۳. فرسایش و رسوب واحدهای هیدرولوژیکی به روش MPSIAC (بعد از اجرا)

شماره زیرحوزه	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	R	رسوب ویژه (m^3/km^2)	فرسایش ویژه (ton/ha)	رسوب کل (m^3)
۱	۴/۸۰	۲/۰۰	۵/۹۰	۴/۲۰	۷/۶۲	۶/۵۸	۱۶/۳۸	۱۴/۰۱	۳/۳۴	۶۴/۸۲	۱۹۱/۸۷	۳/۶۸	۷۵۳/۰۱۵۶
۲-۱	۵/۲۰	۳/۰۰	۵/۹۰	۷/۹۰	۸/۲۰	۵/۶۷	۱۶/۱۳	۱۴/۰۶	۳/۳۴	۶۹/۴۰	۲۲۶/۲۶	۴/۵۷	۱۲۹۳/۴۵۱
۲-۲	۶/۱۵	۳/۰۰	۵/۹۰	۶/۰۷	۴/۵۸	۸/۱۰	۱۶/۷۸	۱۴/۱۲	۳/۳۴	۶۸/۰۵	۲۱۵/۴۷	۵/۱۴	۳۹۶۵/۷۷۹
۲-۳	۵/۵۰	۳/۰۰	۵/۹۰	۰/۳۰	۹/۴۷	۶/۰۸	۱۶/۲۴	۱۴/۰۶	۳/۳۴	۶۳/۸۹	۱۸۵/۵۰	۳/۴۸	۶۳۰/۹۶۲۹
۲-۴	۵/۵۰	۳/۰۰	۵/۹۰	۰/۶۴	۵/۹۷	۵/۳۲	۱۶/۰۳	۱۴/۱۱	۳/۳۴	۵۹/۸۲	۱۶۰/۲۲	۲/۸۹	۴۰۷/۷۲۷۶
۲-۵-۱	۵/۵۰	۳/۰۰	۵/۹۰	۱/۱۰	۴/۱۲	۷/۷۱	۱۶/۶۸	۱۴/۱۰	۳/۳۴	۶۱/۴۴	۱۶۹/۸۹	۳/۶۶	۱۵۱۲/۶۵۴
۲-۵-۲	۵/۷۰	۳/۰۰	۵/۹۰	۰/۳۴	۵/۹۷	۱۵/۵۸	۱۸/۸۸	۱۴/۰۹	۳/۳۴	۷۳/۰۷	۲۵۸/۱۹	۴/۷۴	۷۴۶/۵۵۷۱
۲-۵-۳	۶/۰۰	۴/۰۰	۵/۹۰	۰/۶۷	۷/۴۲	۱۴/۵۲	۱۸/۵۲	۱۴/۰۴	۳/۳۴	۷۴/۴۱	۲۷۰/۹۷	۵/۷۲	۲۱۱۷/۹۲۲
۲-۵-۴	۵/۴۰	۴/۰۰	۵/۹۰	۱/۰۰	۱۱/۰۰	۱۱/۹۹	۱۷/۸۳	۱۴/۰۲	۳/۳۴	۷۴/۴۹	۲۷۱/۶۸	۵/۰۸	۸۹۳/۱۵۱۷
۲-۵-۵	۴/۹۰	۴/۰۰	۵/۹۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱۳/۸۵	۱۸/۲۵	۱۴/۰۶	۳/۳۴	۶۶/۳۱	۲۰۲/۳۸	۴/۴۶	۲۱۱۴/۲۱۶
۲-۶	۵/۸۰	۲/۰۰	۵/۹۰	۰/۲۶	۵/۵۷	۶/۹۲	۱۶/۴۷	۱۴/۰۶	۳/۳۴	۶۰/۳۲	۱۶۳/۱۷	۳/۱۱	۶۱۵/۰۹۳۷
۲-۷	۵/۲۵	۲/۰۰	۵/۹۰	۰/۸۰	۳/۷۶	۵/۲۰	۱۶/۰۰	۱۴/۰۳	۳/۳۴	۵۶/۲۸	۱۴۱/۰۷	۲/۸۰	۸۰۵/۸۲۰۲
۳-۱	۵/۷۰	۴/۰۰	۵/۹۰	۳/۸۰	۱۳/۰۰	۶/۰۶	۱۶/۲۳	۱۴/۰۲	۳/۳۴	۷۲/۰۳	۲۴۸/۶۷	۵/۵۴	۲۸۴۰/۵۰۵
۳-۲	۵/۳۰	۴/۰۰	۵/۹۰	۳/۶۰	۶/۸۰	۶/۹۱	۱۶/۴۶	۱۴/۰۰	۳/۳۴	۶۶/۳۱	۲۰۲/۴۴	۴/۴۵	۲۰۹۷/۵۷۲
۳-۳	۸/۰۰	۴/۰۰	۵/۹۰	۰/۰۰	۲/۸۳	۱۰/۰۵	۱۷/۶۴	۱۴/۲۳	۳/۳۴	۶۶/۰۰	۲۰۰/۱۸	۴/۹۴	۴۶۶۵/۶۵۶
۴	۶/۶۰	۴/۰۰	۵/۹۰	۳/۷۰	۴/۴۵	۶/۲۳	۱۶/۳۹	۱۴/۰۴	۳/۳۴	۶۴/۶۵	۱۹۰/۶۸	۴/۰۲	۱۴۶۴/۰۱۸
حوزه اصلی	۵/۵۹	۳/۲۳	۵/۹۰	۱/۸۴	۶/۳۹	۹/۶۸	۱۷/۱۷	۱۴/۱۴	۳/۷۹	۶۷/۷۳	۲۱۳/۰۰	۷/۴۶	۸۱۰۷۷/۶۵



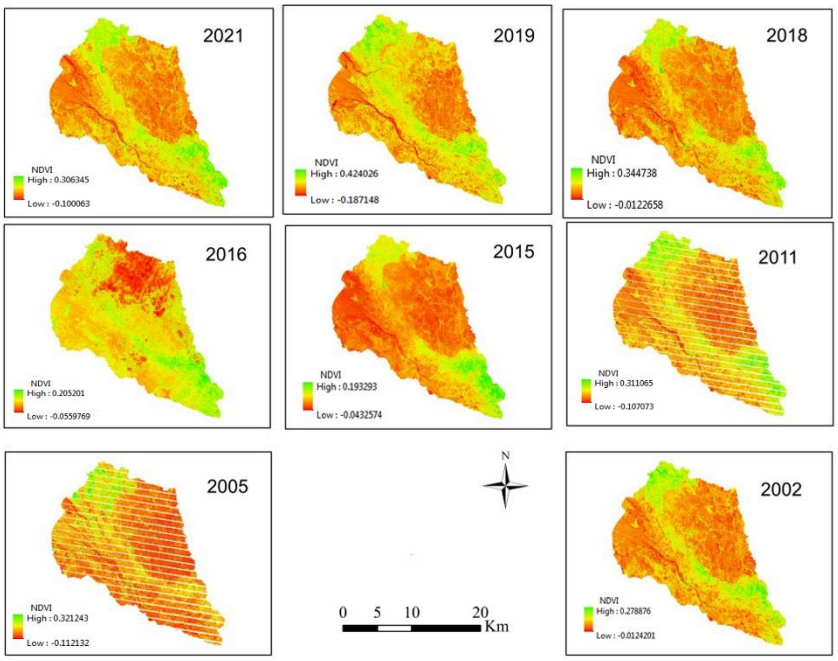
شکل ٤. میزان رسوب ویژه (مترمکعب در کیلومترمربع در سال) زیر حوضه‌های مختلف

همان‌طور که از شکل ۴ مشخص است، در اغلب زیرحوزه‌هایی که هیچ نوع عملیات آبخیزداری در آن‌ها انجام نشده است؛ مانند زیر حوزه ۲-۵-۳ میزان رسوب ویژه از زمان مطالعه تاکنون افزایش چشمگیری یافته است. افزایش رسوب در زمان مطالعه اثربخشی در زیر حوزه ۲-۵-۱ با یک سازه و ۲-۵-۵ با دو سازه سنگی ملاتی اجرا شده، نشان‌دهنده عدم کفایت عملیات در این دو زیرحوزه بوده است، اما با این وجود مقدار افزایش رسوب ویژه آن‌ها در این سال‌ها نسبت به ۲-۵-۳، ۲-۵-۴ و ۲-۵-۲ که هیچ عملیاتی در آن‌ها اجرا نشده است کم‌تر است. خالدیان و بیات در پژوهشی نقش عملیات آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب را در حوزه آبخیز چهل گزی سنندج بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که بین رسوب‌دهی قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری اختلافی معنی‌دار وجود دارد (Khaledian & Bayat, 2017). مهدی‌پور و همکاران به ارزیابی و اثربخشی عملیات آبخیزداری در بند خاکی لاله‌زار بردسیر در استان کرمان بر روی کاهش تلفات خاک، خسارات سیل و بهبود وضعیت اقتصادی اجتماعی ساکنین منطقه پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که تلفات خاک منطقه بعد از احداث بند خاکی به میزان ۱۸/۹۲ تن در هکتار کاهش‌یافته است. سطح زیر کشت محصولات باغی و زراعی رایج محلی نیز از ۲۰۹۰ هکتار به ۲۹۰۰ هکتار رسیده است. درصد اشتغال به کار ساکنین منطقه نیز ۳۸/۲ درصد افزایش‌یافته است. در نتیجه احداث این بند خاکی در منطقه سودمند بوده است (Mehdipour et al., 2007). همچنین نتایج تحقیق Nyssen و همکاران در ارزیابی پروژه حفاظت آب و خاک شمال اتیوپی نشان داد کاهش قابل ملاحظه در فرسایش خاک و افزایش آبدهی چشمه‌ها از اثرات بارز این پروژه‌ها است (Nyssen et al., 2008). همچنین پژوهش کوهدرزی مقدم و همکاران که به اثربخشی اقدامات آبخیزداری در کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب را در حوزه دهلکوه پرداختند و بیان کردند که بر اثر اجرای طرح‌های آبخیزداری، در طول دوره آماری ۱۱ ساله پس از اجرای طرح، فرسایش کل این حوزه از ۲۸۳۹۳/۷ به ۱۶۶۷۹/۵ تن در سال (کاهش ۴۰ درصدی) و رسوب آن از ۱۵۶۴۷/۶ به ۱۲۱۰۳/۵ تن در سال (کاهش ۲۱ درصدی) تقلیل یافته است حاکی از کارا بودن پروژه‌های آبخیزداری در کاهش رسوب‌دهی بوده است (Koohdarzi et al., 2022). Bai و همکاران در پژوهشی پس از برآورد میزان فرسایش و منشأیابی رسوبات حاصل از فرسایش اراضی بالادست در فلات لسی چین در ۷ تا ۲۶ رگبار حدی بیان کردند میزان کل فرسایش، ۴/۲۰ میلیون تن بوده که سازه‌های اصلاحی در بستر آبراهه به مقدار ۲۶/۳۶ درصد معادل ۱/۱۱ میلیون تن را در مخازن خود حفظ کرده‌اند (Bai et al., 2020).

۳-۳- ارزیابی اثرات اقدامات اجرایی در وضعیت پوشش گیاهی

در این مطالعه به منظور بررسی اثرات اقدامات اجرایی بر میزان سطح پوشش گیاهی از شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) استخراج شده از تصاویر ماهواره لندست ۸ استفاده شد. به این منظور تصاویر این سنجنده در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ و در فصل رویش (اسفند، فروردین و اردیبهشت) برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد (جدول ۴). نتایج بررسی این شاخص برای کل حوزه بیانگر این است که مقدار متوسط سالانه پوشش گیاهی طی بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ بسیار کمتر از میانگین بلندمدت شاخص NDVI در حوزه بادکش است. نتایج نشان داد که کل حوزه مورد مطالعه از سطح تاج پوشش گیاهی پایین برخوردار است (شکل ۶). همان‌طور که از شکل ۵ پیداست، سطح تاج پوشش گیاهی به‌جز در سال ۲۰۱۶، تغییرات چشمگیری نداشته است. تمرکز و تراکم پوشش گیاهی در کف آبراهه‌ها و مسیل‌ها بیشتر از سایر مناطق است. طی بازدید میدانی مشخص گردید که بستر آبراهه در محل احداث سازه‌های سنگی ملاتی و سیل‌بندهای سنتی به دلیل افزایش رطوبت توسط پوشش درختی و درختچه‌ای تثبیت شده است. فروتن در ارزیابی اثر اقدامات بیولوژیکی آبخیزداری بر سیل‌خیزی حوزه آبخیز پردیسان استان قم بیان کردند کلاس‌های

سیل‌خیزی در شرایط فعلی و آینده نشان می‌دهد که با انجام اقدامات بیولوژیکی آبخیزداری، طبقات سیل‌خیزی زیاد و متوسط به ترتیب ۷/۳ و ۳۹/۷ درصد کاهش و طبقات با حساسیت کم و خیلی کم به ترتیب ۲۲/۱۸ و ۲۲/۸۲ درصد افزایش خواهد یافت (Forootan, 2022).



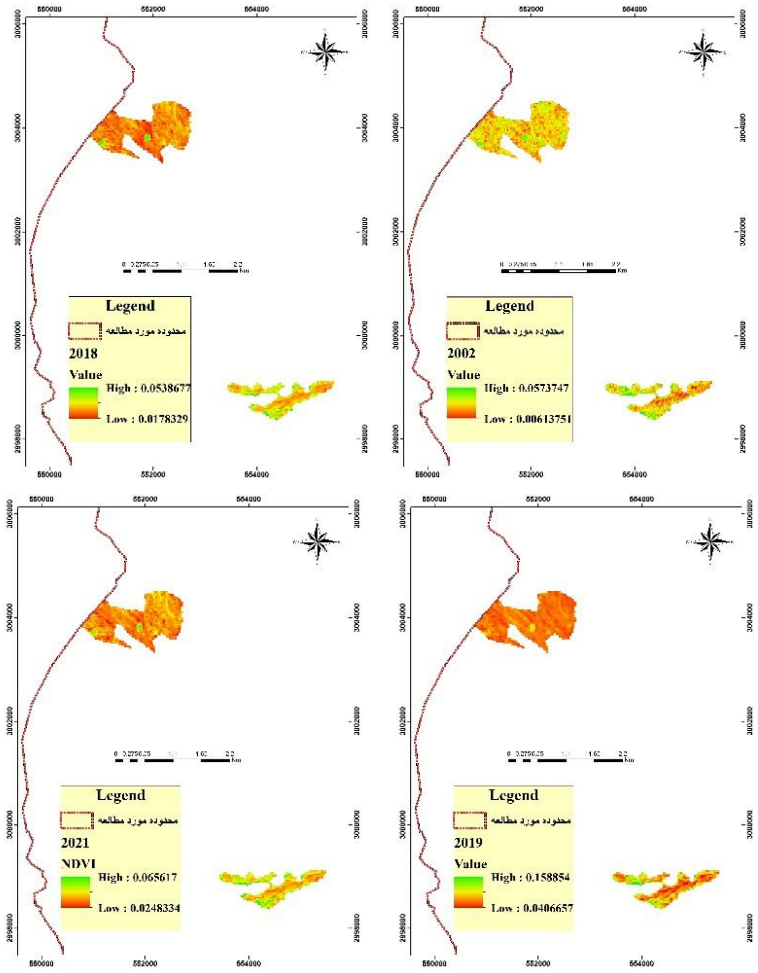
شکل ۵. تغییرات مقادیر شاخص NDVI برای کل حوزه بادکش در سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۲۱

جدول ٤. تغییرات مقادیر شاخص NDVI برای کل حوزه بادکش در سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۲۱

سال‌ها	میانگین عرصه بیولوژیک	میانگین بلندمدت کل حوزه	میانگین سالانه کل حوزه
۲۰۰۲	۰.۰۲۹	۰.۰۵۰	۰.۰۴۰
۲۰۰۵	۰.۰۵۰	۰.۰۵۰	۰.۰۴۵
۲۰۱۱	۰.۰۳۵	۰.۰۵۰	۰.۰۴۷
۲۰۱۵	۰.۰۳۱	۰.۰۵۰	۰.۰۴۶
۲۰۱۶	۰.۰۳۹	۰.۰۵۰	۰.۰۴۶
۲۰۱۸	۰.۰۲۸	۰.۰۵۰	۰.۰۴۲
۲۰۱۹	۰.۰۶۴	۰.۰۵۰	۰.۰۸۵
۲۰۲۰	۰.۰۳۸	۰.۰۵۰	۰.۰۵۲

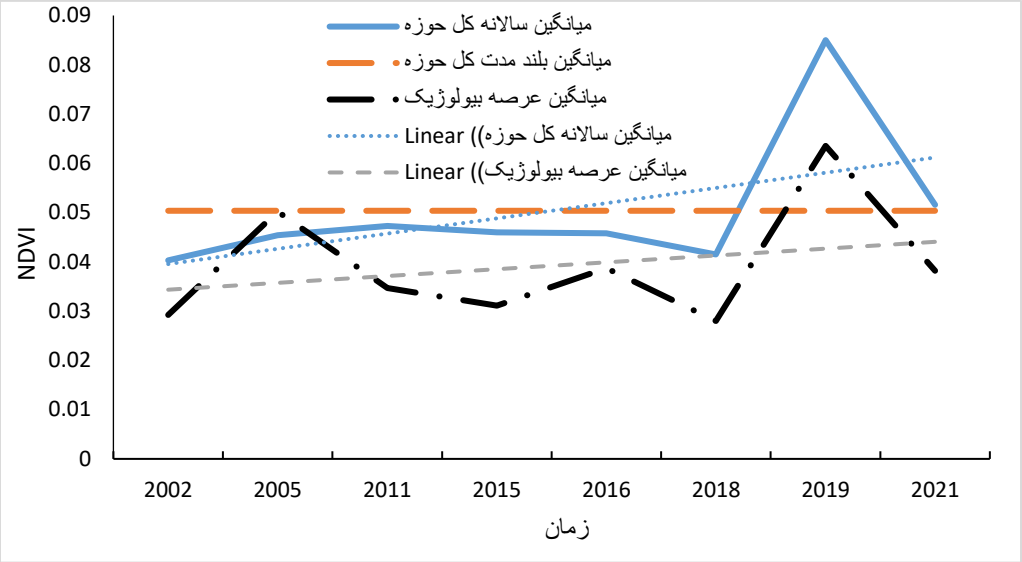
در سال ۱۳۹۷ دو عرصه ۲۰۰ و ۵۸ هکتاری از اراضی بالادست هشت‌بندی، تحت عملیات بیومکانیک شامل هلالی‌های آبگیر قرار گرفته و در داخل هلالی‌های آبگیر عملیات بیولوژیک کپه‌کاری انجام شده است. بررسی تصاویر شاخص پوشش گیاهی NDVI ماهواره لندست در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱ از این عرصه‌ها نشان داد که مکان انتخاب شده از لحاظ فقر پوشش و یا تخریب آن توسط دام به‌درستی انجام شده است. نتایج نشان داد که سطح تاج پوشش گیاهی در این عرصه‌ها به نسبت سال ۲۰۰۲ بالاتر بوده است. اجرای هم‌زمان عملیات استحصال آب باران توسط هلالی‌های آبگیر و عملیات بیولوژیک در داخل آنها نتایج موفقیت‌آمیزی را از حیث افزایش تاج پوشش ایجاد کرده است (شکل ۶). باقریان کلات و همکاران در پژوهشی به ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر پوشش گیاهی و میزان فرسایش و رسوب حوزه آبخیز کاخک پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که با اجرای طرح آبخیزداری، میانگین تاج پوشش گیاهی حوضه از ۲۵ به ۴۹ درصد و متوسط علوفه خشک قابل بهره‌برداری از ۱۷ به ۸۹ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است (Bagherian et al., 2021). قائمی نیز ضمن بررسی تأثیر عملیات پخش سیلاب بر تغییرات پوشش گیاهی مراتع پلدشت آذربایجان غربی، دریافت که کل پوشش تاجی در عرصه پخش سیلاب نسبت به شاهد، ۴/۹ درصد افزایش نشان می‌دهد، وی همچنین تغییرات زادآوری گونه‌های دائمی در عرصه پخش سیلاب و شاهد را بررسی نمود و نتیجه گرفت که

زادآوری گونه‌های دائمی در مرتع آبگیری شده نسبت به شاهد افزایش داشته است (Ghaemi, 2005). ژانگ و همکاران با بررسی تأثیر سازه‌های اصلاحی بر مقدار بار رسوبی پس از اقدامات احیایی پوشش گیاهی با مطالعه سری زمانی مقدار رسوب ورودی به ایستگاه هیدرومتری موجود در نقطه خروجی حوزه آبخیز از سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ بیان کردند که مقدار بار رسوبی در طول سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۹ نسبت به مقدار بار رسوبی در طول سال‌های ۱۹۵۲ تا ۱۹۷۹، ۵۴/۸۴ درصد کاهش و در طول سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ نسبت به دوره ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۹ مقدار بار رسوبی ۸۸/۸۰ درصد کاهش داشته است (Zhang et al., 2022).



شکل ٦. مقادیر شاخص NDVI برای مناطق تحت عملیات بیومکانیکی در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۱۸، ۲۰۱۹، ۲۰۲۱

نتایج تغییرات مکانی شاخص نشان می‌دهد که به‌جز مسیل‌ها، در سایر مناطق مرتعی به دلیل رطوبت ناکافی، ماهیت سازند و خاک‌شناسی محدوده، سطح تاج پوشش گیاهی در کمترین مقدار قرار دارد (شکل ۵). بررسی تغییرات مکانی مقادیر شاخص NDVI برای منطقه احداث هلالی آبگیر حاکی از آن است که این ناحیه دارای تخریب پوشش گیاهی بالایی بوده است. نتایج نشان داد که جانمایی این محدوده برای عملیات بیومکانیکی و بیولوژیکی به دلیل شدت تخریب پوشش گیاهی در ۲۰ سال اخیر، به درستی انتخاب شده است. تغییرات زمانی شاخص برای کل حوزه دارای روند مثبت است؛ ولی این روند بر اساس شاخص من – کندال معنادار نیست. همچنین نتایج نشان می‌دهد از سال ۲۰۱۸ به بعد با اجرای عملیات بیومکانیکی در عرصه موردنظر مقدار شاخص نسبت به میانگین بلندمدت کل حوزه، افزایش یافته است (شکل ۷). این یافته‌ها با پژوهش فروزه و حشمتی که به بررسی نقش عملیات پخش سیلاب بر برخی از ویژگی‌های پوشش گیاهی پرداختند و بیان کردند که پخش سیلاب بر افزایش درصد پوشش تاجی و تولید فرم‌های رویشی موجود تأثیر معنی‌داری داشته است و از میان گونه‌های بوته‌ای موجود، تراکم گونه غالب (*Helianthemum lippii* L) در شبکه پخش سیلاب افزایش داشته است، همخوانی دارد (Forouzeh & Heshmati, 2008).



شکل ۷. تغییرات مقادیر شاخص NDVI برای کل حوزه بادکش در سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۲۱

٤- بحث و نتیجه‌گیری

حفظ منابع آبی و خاکی حوزه‌های آبخیز یکی از اصول مدیریت و توسعه پایدار منطقه قلمداد می‌گردد و تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش خاک از اقدامات مهم و حیاتی حوزه‌های آبخیز هستند. جابه‌جایی خاک فرسایش‌یافته نه‌تنها موجب کاهش تولید و هدررفت خاک می‌گردد، بلکه می‌تواند باعث افزایش سرعت تخریب آبراهه‌ها و عدم تثبیت بستر آنها گردد. از این رو اقدامات کنترلی آبخیزداری، اعم از مکانیکی و بیولوژیکی و... به تثبیت خاک و همچنین نگهداشت رسوب منجر می‌گردد که متعاقب آن موجب تثبیت دیواره و بستر آبراهه‌ها و همچنین پایداری و توسعه کل منطقه می‌گردد.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که حدود ۷۶/۵ درصد کل حجم مخازن ایجاد شده توسط بندهای آبخیزداری، با رسوبات بالادست پر شده است. به عبارتی احداث این بندها علاوه بر کنترل سیلاب، منجر به تثبیت رسوبات و جلوگیری از انتقال آن به مناطق پایین دست و بعضاً مخازن سدهای بزرگ پایین‌دست گردیده است؛ لذا می‌توان نتیجه‌گیری نمود این اقدامات انجام شده کارایی مناسبی داشته‌اند و این امر با یافته‌های دبیری و همکاران و وئو و همکاران که عنوان نمودند چکدم‌های در تمامی ابعاد مدیریت و کنترل فرسایش و رسوب کارایی مؤثری دارند مطابقت دارد (Dabiri et al., 2014; Wu et al., 2022).

همچنین اقدامات مکانیکی انجام شده باعث کاهش شیب خالص آبراهه و به تبع آن سرعت جریان سیلاب کاهش و زمان تمرکز حوزه افزایش داشته است. بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری نمود که عملیات احداث بندهای آبخیزداری در این حوزه بر کاهش دبی پیک سیلاب و به تبع آن کاهش قدرت تخریبی آن اثر مثبت داشته است. این نتیجه با نتایج مطالعه یوآن و همکاران که بیان کردند اقدامات مکانیکی آبخیزداری باعث کاهش پیک و حجم سیلاب می‌شوند، همخوانی دارد (Yuan et al., 2019).

همچنین این کاهش شیب در مکان احداث سازه‌های سنگی ملاتی باعث افزایش نفوذ آب و افزایش سطح و تاج پوشش گیاهی شده است که خود باعث بهبود حفاظت و کاهش فرسایش خاک که پایداری و تثبیت خاک در منطقه کمک خواهد کرد. این مورد نیز در نتایج مطالعه نبی‌پور و همکاران که بیان نمودند عملیات آبخیزداری بر کلیه مولفه‌های سیلاب تأثیر مثبت داشته است همخوانی دارد (Nabipoor et al., 2014).

عملیات آبخیزداری در حوزه آبخیز بادکش تأثیرات مثبت و مفیدی بر بهبود پوشش گیاهی در مناطقی که عملیات بیولوژیک و بیومکانیکی اجرا شده بود (به دلیل افزایش سطح و تاج پوشش گیاهی) و کنترل سیلاب به واسطه عملیات مکانیکی، و در نهایت کاهش فرسایش و رسوب داشته است، بنابراین اگر عملیات آبخیزداری به‌صورت مکمل و در قالب طرح‌های بیولوژیک (به‌منظور تقویت پوشش گیاهی و کاهش فرسایش سطحی)، بیومکانیکی (به‌منظور تثبیت خاک دامنه‌های شیب‌دار و کاهش رواناب و فرسایش شیاری) و مکانیکی (به‌منظور کنترل سیلاب و فرسایش رودخانه‌ای و جلوگیری از انتقال رسوبات به مناطق پایین‌دست) در هر حوزه آبخیز به طور هم‌زمان اجرا شوند، تأثیر بیشتری بر حفظ منابع آب و خاک و کاهش تلفات جانی و مالی ناشی از سیلاب و فرسایش

خاک خواهند داشت. همراه شدن این سه گروه اقدامات موجب تثبیت همه‌جانبه منطقه از قبیل حفظ خاک و جلوگیری از فرسایش، نگهداشت رسوب، تثبیت پوشش گیاهی و در نهایت کاهش پیک سیلاب می‌گردد.

۵- سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد آقای مسعود متقیان است که با حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه کاشان انجام شده است.

٦- فهرست منابع

اختصاصی، محمدرضا. چزگی، جواد. و خواجویی، مریم. (۱۴۰۰). ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری و ارائه راهبرد و راهکار مناسب جهت توسعه آنها با استفاده از مدل SWOT و AHP در مناطق خشک و نیمه‌خشک. مهندسی و مدیریت آبخیز. ۱۳ (۱): ۶۴-۵۵.

باقریان کلات، علی، لشکری پور، غلامرضا، و غفوری، محمد. (۱۴۰۰). ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر پوشش گیاهی و میزان فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز کاخک. علوم و تکنولوژی محیطزیست، ۲۳(۷ (پیاپی ۱۱۰))، ۵۱-۶۳.

چمن پیرا، رضا. و روغنی، محمد. (۱۳۹۷). ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب حوضه دادآباد. نشریه علمی - پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. ۱۰ (۳): ۳۶۰-۳۵۰.

خالدیان، حسین. و بیات، رضا. (۱۳۹۶). نقش پروژه‌های آبخیزداری در کاهش فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز. محیطزیست و مهندسی آب. ۳ (۳): ۲۱۳-۲۰۰.

شیروی، بیتا.، گلکاریان، علی. و ابوطالبی پیرنعیمی، علی. (۱۳۹۵). بهینه‌سازی مکانی بندهای آبخیزداری جهت کنترل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصدی سیلاب (مطالعه موردی زیرحوزه‌ای از کشف رود). تحقیقات آب و خاک ایران. ۳: ۶۱۱-۶۰۵.

فروتن، الهام. (۱۴۰۰). ارزیابی اثر اقدامات بیولوژیکی آبخیزداری بر سیلخیزی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز پردیسان در استان قم). فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی. ۳ (۱۲۰): ۱۸۶-۱۷۰.

فروزه، محمدرحیم. و حشمتی، غلامعلی. (۱۳۸۷). بررسی تاثیر عملیات پخش سیلاب بر برخی از ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک سطحی (مطالعه موردی: دشت گربایگان فارس). پژوهش سازندگی در منابع طبیعی. ۷۹: ۲۰-۱۱.

قائمی، محمدطاها. (۱۳۸۳). بررسی تأثیر پخش سیلاب در وضعیت، گرایش و تغییرات پوشش گیاهی مرتعی آبخوان پلدشت آذربایجان غربی. جنگل و مرتع. ۶۶: ۶۶-۴۷.

کوهدرزی مقدم، مینا، تقی‌پور، سید مهدی. و عرفانی پورقاسمی، و. (۱۴۰۱). اثربخشی اقدامات آبخیزداری در کاهش فرسایش خاک و تولید رسوب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دهلکوه). مدلسازی و مدیریت آب و خاک. ۲ (۴): ۱۷-۱.

مهدی‌پور، آزاده.، طغرلی، نورا. و قائم مقامیان، شهرام. (۱۳۸۶). ارزیابی و اثر بخشی عملیات ابخیزداری مطالعه موردی: بند خاکی لاله زار واقع در استان کرمان، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه های آبخیز، کرج، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

نجفی‌نژاد، علی، تلوری، عبدالرسول. و تاجیکی، مریم. (۱۳۹۷). ارزیابی اثر اقدامات آبخیزداری بر سیلخیزی حوضهٔ رامیان با استفاده از مدل HEC-HMS. مجله پژوهش آب ایران. ۱۲ (۳): ۲۶-۱۹.

References

Bagherian Kalat, Ali, Lashkaripour, Gholam Reza, & Gafoori, Mohammad. (2021). Evaluating the Impacts of Implemented Watershed Management Project on Vegetal Cover and Sediment Yield in Kakhk Watershed Project. journal of environmental science and technology, 23(7 (110)), 51-63, https://doi.org/10.30495/jest.2022.27360.3642. **[In Persian]**

Bai, L., Wang, N., Jiao, J., Chen, Y., Tang, B., Wang, H., Chen, Y., Yan, X., & Wang, Z. (2020). Soil erosion and sediment interception by check dams in a watershed for an extreme rainstorm on the Loess Plateau, China. International Journal of Sediment Research, 35(4), 408-416

Chamanpira, R., & Roughani, M. (2018). Evaluation of the effects of watershed management operations in flood mitigation of Dadabad Watershed. Watershed Engineering and Management, 10(3), 350-360. (In Persian with English abstract), https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.117334. **[In Persian]**

Dabiri, S. S., Sofi, M., & Talbbedokhti, N. (2014). Effect of watershed check dams in control sediment (case study: Eghlid & Marvdasht & Mamsani watershed). Journal of water Resources Engineering, 6, 1-21.

Ekhtesasi, M. A., Chezgi, J., & Khajavi, M. (2021). Evaluation of watershed management projects and offering appropriate strategy and solution for their development using SWOT and AHP models in arid and semi-arid regions. Watershed Engineering and Management, 13(1), 55-64, https://doi.org/10.22092/ijwmse.2020.127843.1721. **[In Persian]**

Estapa, M., Valdes, J., Tradd, K., Sugar, J., Omand, M., & Buesseler, K. (2020). The neutrally buoyant sediment trap: two decades of progress. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 37(6), 957-973.

Forootan, E. (2022). 'The evaluation of biological watershed management measures effect on flood susceptibility - Case study: Pardisan watershed in Qom province', Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 30(120), pp. 171-186. https://doi.org/10.22131/sepehr.2022.251061. **[In Persian].**

Forouzeh, M.R., & Heshmati, Gh.A. (2008). Investigation of the effect of floodwater spreading on some of the characteristics of vegetation and soil surface parameters (case study: gareh bygone plain). Pajouhesh-va-sazandegi, 21(2 (79 in natural resources)), 11-20, https://ges.razi.ac.ir/article_975.html. **[In Persian].**

Ghaemi, M. (2005). Investigating the effect of flood spreading on the status, trend and changes of the pasture vegetation of the West Azarbaijan Poldasht aquifer. Forest and Pasture (Forests and Pasture), -(66), 47-66, https://www.sid.ir/paper/452080/fa. **[In Persian].**

Haregeweyn, N., Berhe, A., Tsunekawa, A., Tsubo, M. & Derege Tsegaye M. (2012). Integrated Watershed Management as an Effective Approach to Curb Land Degradation: A Case Study of the Enabered Watershed in Northern Ethiopia, Environmental Management, 50, 1219–1233.

Jalili Pirani, F. & Mousavi, S. A., (2016). Integrating socio-economic and biophysical data to enhance watershed management and planning, Journal of Hydrology, 540, 727-735.

Khaledian, H., & Bayat, R. (2017). The Role of Watershed management projects in reducing erosion and sediment of watersheds. Environment and Water Engineering, 3(3), 200-213, https://www.jewe.ir/article_51049.html. **[In Persian]**

Koohdarzi Moghaddam, M., Taghipour, S. M., Erfani Pourghasemi, V. (2022). 'Effectiveness of watershed management measures on soil erosion and sediment yield reduction (Case study: Doholkooh Watershed, South Khorasan Province)', Water and Soil Management and Modelling, 2(4), pp. 1-17. doi: 10.22098/mmws.2022.10282.1080, https://doi.org/10.22098/mmws.2022.10282.108. **[In Persian].**

Mehdipour, A., Togharli, N., Qaem Maggian, Sh. (2007), Evaluation and Effectiveness of Watershed Management Operations, a case study: Lalezar Earth dam located in Kerman province, the 4th National Conference of Iran Watershed Science and Engineering, Watershed Management, Karaj, Iran, https://www.sid.ir/paper/822035/fa#downloadbottom. **[In Persian].**

Nabipoor, Y., Vafakhah, M., & Moradi, H. R. (2014). Evaluation of watershed management practices (wmps) effect on flood characteristics. JWSS-Isfahan University of Technology, 18(67), 199-215, **[In Persian].**

Najafinejad, A., Telvari, A., Tajiki, M. (2018). 'Evaluation of watershed management measures on flooding using HEC-HMS model in Ramian watershed', Iranian Water Researches Journal, 12(3), pp. 19-26, https://iwrj.sku.ac.ir/article_10597.html. **[In Persian].**

Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pramono, I. B., Basuki, T. M., ... & Yuwati, T. W. (2021). A review on sustainability of watershed management in Indonesia. Sustainability, 13(19),11125. https://doi.org/10.3390/su131911125.

Nyssen, J., Poesen, J., Descheemaeker, K., Haregeweyn, N., Haile, M., Moeyersons, J., ... & Deckers, J. (2008). Effects of region-wide soil and water conservation in semi-arid areas: the case of northern Ethiopia. Zeitschrift Fur Geomorphologie, 52(3), 291.

Roshani R. (2003). Evaluating the effect of check dams on flood peaks to optimize the flood control measures, Kan case study in Iran. MA thesis. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation in partial fulfillment of the requirements. 43 p.

Santhi, C., Srinivasan, R., Arnold, J. G., & Williams, J. R. (2006). A modeling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas. Environmental modelling & software, 21(8), 1141-1157.

Shiravi, B., Golkarian, A., & Abotalebi Pirnaeimi, A. (2016). Distribution pattern optimization of watershed check dams to 25, 50, and 75 percent of flood control (Case study: A sub-catchment of Kashaf

rood). Iranian Journal of Soil and Water Research, 47(3), 605-611, https://doi.org/10.22059/ijswr.2016.59330. **[In Persian].**

Sutanto, S.J. & Ginting, S. (2009). Use of Proposed Reservoirs to Reduce Flood in Semarang City, International Seminar on Climate Change Impacts on Water Ressources and Coastal Management in Developing Countries, 1-10, Manado Indonésie.

Wu, S., Sun, L., Zhang, B., Yin, Z., Guo, H., Siddique, K.H., & Yang, J. (2022). Assessing the performance of conservation measures for controlling slope runoff and erosion using field scouring experiments. Agricultural Water Management, 259, 107212.

Xiang-zhou, Xu. Hong-wu, Zh. & Ouyang, Zh. (2004). Development of check-dam systems in gullies on the Loess Plateau, China. Environmental Science and Policy. 7(2): 79-86.

Xu Y. D. Fu B. J. & He C. S. (2013). Assessing the hydrological effect of the check dams in the Loess Plateau, China, by model simulations. Hydrology and Earth System Sciences. 17(6): 2185-93.

Yuan, S., Li, Z., Li, P., Xu, G., Gao, H., Xiao, L., ... & Wang, T. (2019). Influence of check dams on flood and erosion dynamic processes of a small watershed in the Loss Plateau. Water, 11(4), 834.

Zhang, Z., Chai, J., Li, Z., Chen, L., Yu, K., Yang, Z., Zhang, X., & Zhao, Y. (2022). Effect of check dam on sediment load under vegetation restoration in the Hekou-Longmen Region of the Yellow River. Frontiers in Environmental Science, 713.