Research Article

Iranian Journal of Range and Desert Research
Vol. 32, No. 2, Page 124- 139 (2025)

DOI: 10.22092/ijrdr.2025.133602

Evaluation the effectiveness of biological and biomechanical watershed management practices on vegetation changes, case study: Azimiyeh watershed in Karaj

Majid Kazemzadeh[1*], Zahra Noori[2], Majid Rahmani[3], Asghar Bayat[4], Salma Saedi Farkoush[5]

1*-Corresponding author, Assistant Professor, Range and Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, Email: Kazemzadeh@um.ac.ir
2-Gratuate of PhD in Watershed Science and Engineering, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
3-PhD student in Rangeland Science, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
4 Graduated Master's degree in Watershed Management, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
5- Graduated Master's degree in Rural Development, Faculty of Agriculture, Razi University of Kermanshah, Iran

Received: 06/18/2024 Revised: 03/02/2025 Accepted:04/07/2025 Published:05/10/2025

Abstract

Background and objective

In recent years, extensive watershed management initiatives, including biological, mechanical, and biomechanical measures, have been implemented across various research, planning, and operational stages in Iran. These efforts aim to control floods, erosion, and sedimentation, while also promoting water retention. Evaluating the effectiveness of these measures is essential for performance analysis and for informing future watershed management strategies. This study aims to quantitatively and qualitatively assess the impact of biological and biomechanical interventions on vegetation cover changes in the Azimieh watershed, located in Karaj, Alborz Province.

Materials and Methods

Vegetation changes were analyzed using Landsat satellite imagery (series 5, 7, and 8) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) over 20 years (2000–2019). The Polytrend model was applied to detect linear and non-linear trends in vegetation cover and to evaluate the influence of watershed management practices. Field surveys were conducted to validate the satellite data. Additionally, the effects of climatic factors on vegetation dynamics were examined using drought indices and precipitation data from the Karaj meteorological station.

Results

Trend analysis revealed that 41.9% of the area experienced significant vegetation changes over the 20 years, with 88.3% of those changes reflecting an increase in vegetation. According to the Polytrend analysis, the nature of vegetation changes was predominantly cubic (63.4%), followed by linear (27.8%) and quadratic (8.8%) trends. The assessment showed that average vegetation canopy cover increased from 28% to 34% following the implementation of watershed management measures. In 70% of the biologically treated area (2,724 hectares), vegetation changes were non-linear and occurred primarily in areas where practices such as seeding, tree planting, and terracing were carried out. In contrast, parts of the downstream watershed experienced vegetation loss due to non-linear degradation caused by urban expansion and infrastructure development, including the construction of the Hemmat Highway.

Copyright: © 2025 by the authors. This is an open access, peer-reviewed article published by Research Institute of Forests and Rangelands (http://ijrdr.areeo.ac.ir/) and distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Conclusion
The evaluation of watershed management interventions in the Azimieh watershed indicates a substantial positive impact on vegetation cover. However, urban development in downstream areas has led to significant vegetation loss. Continuous monitoring and evaluation of watershed management plans are essential to identify both the successes and shortcomings of past efforts, enabling more effective planning and mitigation of future challenges.

Keywords: Biological and biomechanical measures, index, satellite images, vegetation cover, watershed,.

ارزیابی اثربخشی اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی آبخیزداری بر تغییرات پوشش گیاهی مطالعه موردی: حوزه آبخیز عظیمیه کرج

مجید کاظم‌زاده[۱*]، زهرا نوری [۲]، مجید رحمانی [۳]، اصغر بیات [۴] و سلما ساعدی فرکوش [۵]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

پست‌الکترونیک: Kazemzadeh@um.ac.ir

۲- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مهندسی احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه مهندسی احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۰۳/۲۹ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۳/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۰۱/۱۸ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰

چکیده

سابقه و هدف

در سال‌های اخیر اقدامات آبخیزداری گسترده‌ای شامل اقدامات بیولوژیکی، مکانیکی و بیومکانیکی با هدف کنترل سیل، فرسایش و رسوب و ذخیره آب در زمینه‌های تحقیقاتی، مطالعاتی و اجرایی در حوزه‌های آبخیز کشور انجام شده است. ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به‌منظور تجزیه‌وتحلیل عملکرد اقدامات آبخیزداری اجرا شده و تدوین راهکارهای اصولی یکی از نیازهای اساسی در مدیریت حوزه های آبخیز است. ازاین‌رو، هدف از این تحقیق ارزیابی کمی و کیفی اثرهای اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی آبخیزداری بر تغییرات پوشش گیاهی حوزه آبخیز عظیمیه کرج، استان البرز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مجموعه لندست ۵، ۷ و ۸ و شاخص NDVI در بازه زمانی ۲۰ سال (۲۰۰۰-۲۰۱۹) تعیین گردید. سپس با استفاده از الگویتم روندچندگانه (پلی‌ترند)، روند تغییرات خطی و غیرخطی و تأثیر اقدامات آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز بر روی پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه کرج، استان البرز بررسی شد. همچنین به منظور ارزیابی صحت و دقت نتایج و تصاویر ماهواره‌ای، از اندازه‌گیری میدانی نیز استفاده شد. همچنین به‌منظور بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر روی تغییرات پوشش گیاهی از شاخص خشکسالی و داده‌های بارش ایستگاه کرج استفاده گردید.

نتایج

نتایج روند پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه نشان داد که ۴۱/۹ درصد از حوزه آبخیز دارای تغییرات معنی‌دار پوشش گیاهی در طول بازه ۲۰ سال بوده است. از تغییرات معنی‌دار پوشش گیاهی، ۸۸/۳ درصد تغییرات دارای روند افزایشی بوده است. نتایج حاصل از روش پلی‌ترند نشان داد که تغییرات پوشش گیاهی در حوزه به ترتیب ۶۳/۴، ۲۷/۸ و ۸/۸ درصد به‌صورت روند درجه سه، خطی و درجه دو بوده است. ارزیابی اثر اقدامات اجرایی در بهبود وضعیت پوشش گیاهی حوزه نشان داد که میزان درصد تاج پوشش گیاهی در حوزه قبل از اقدامات آبخیزداری به‌طور متوسط ۲۸ درصد بوده است که پس از اجرای اقدامات آبخیزداری به ۳۴ درصد افزایش یافته است. از کل عرصه اجرای عملیات بیولوژیکی در حوزه آبخیز عظیمیه (۲۷۲۴ هکتار)، در ۷۰ درصد محدوده، تغییرات در وضعیت

پوشش گیاهی مرتع به‌صورت افزایش غیرخطی بوده است و این تغییرات در پروژه‌هایی مانند کپه‌کاری، بذرپاشی و درخت‌کاری و تراس‌بندی بیشتر از سایر عملیات بیولوژیکی بوده است. همچنین قسمت‌هایی از مناطق پایین‌دست حوزه آبخیز عظیمیه تحت تأثیر رشد و توسعه مناطق مسکونی و عملیات عمرانی مانند احداث آزادراه همت بوده و پوشش گیاهی آن با روند غیرخطی از بین رفته است.

نتیجه‌گیری

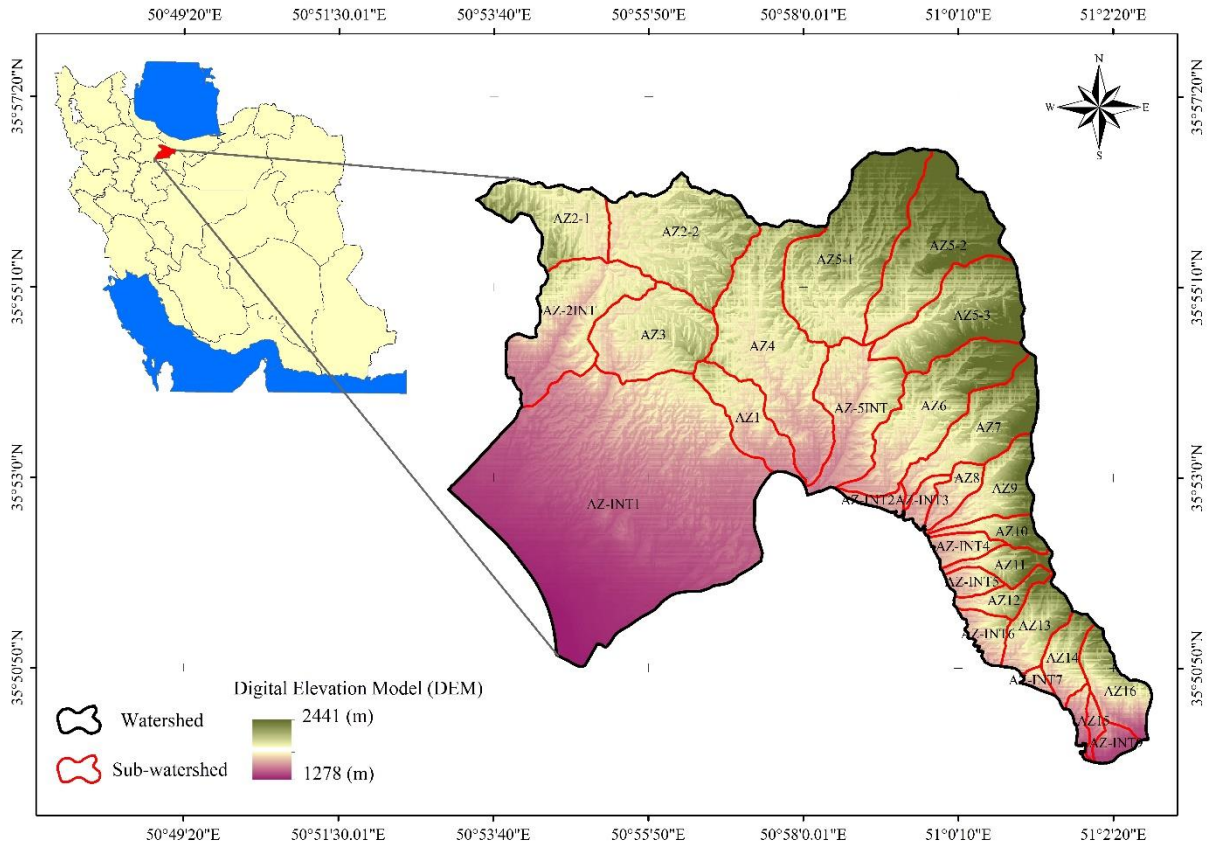
ارزیابی عملکرد طرح‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز عظیمیه کرج نشان داد که اقدامات آبخیزداری باعث افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی در منطقه شده است. از سویی، توسعه و شهرسازی در مناطق پایین‌دست حوزه آبخیز، باعث از بین رفتن و تخریب پوشش گیاهی طی سال‌های گذشته شده است. ارزیابی طرح‌های آبخیزداری می‌تواند نتایج مثبت و منفی اقدامات اجرا شده گذشته را نمایان کند و از این طریق می‌توان در جهت رفع موانع و مشکلات گام برداشت.

واژه‌های کلیدی: اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی، پوشش گیاهی، تصاویر ماهواره‌ای، حوزه آبخیز، شاخص.

مقدمه

اجرای طرح‌های آبخیزداری به‌منظور حفاظت آب و خاک و حفظ اکوسیستم‌های طبیعی ضروری بوده و منجر به جلوگیری از هدررفت منابع ملی با ارزش ازجمله آب، خاک و پوشش گیاهی می‌شود. آبخیزداری یکی از فعالیت‌های عمده و زیربنایی است که براساس اصول مدیریت پایدار حوزه آبخیز، به‌منظور حفاظت منابع آب، خاک و پوشش گیاهی و بهره‌برداری بهینه از این منابع و حفظ سرمایه‌های اصلی اجرا می‌گردد (Haji Biglou, 2017). در سال‌های اخیر اقدامات آبخیزداری گسترده‌ای شامل اقدامات بیولوژیکی، مکانیکی و بیومکانیکی با هدف کنترل سیل، فرسایش و رسوب در زمینه‌های تحقیقاتی، مطالعاتی و اجرایی در حوزه‌های آبخیز کشور انجام شده است، این در حالی است که ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به‌منظور تجزیه‌وتحلیل عملکرد اقدامات و تدوین راهکارهای اصولی یکی از نیازهای اساسی در این زمینه است (Haji Biglou, 2017). البته آگاهی از میزان اثربخشی اجرای هر نوع پروژه برای مجریان آن از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا با شناخت کافی از میزان اثربخشی آن، ضمن آگاهی از میزان حصول اهداف اولیه، مزایا و معایب مرتبط شناسایی‌شده و تصمیم‌گیری لازم در مورد اصلاح معایب، پیشنهاد اجرای عملیات جدید و یا تجدیدنظر در شیوه اجرا، یا حتی نوع عملیات اجرایی اتخاذ خواهد شد (Teymouri & Omrani, 2010). پوشش گیاهی به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی در تعیین کمیت و کیفیت خاک، کنترل رواناب و نفوذ در خاک و نیز پاسخ‌های هیدرولوژیکی سطحی زمین می‌باشد (Maghsoudi *et al.*, 2014). از سویی دخالت های نسنجیده انسانی در محیط منجر به از بین رفتن پوشش گیاهی و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود (Terrence *et al.*, 2001). از سوی دیگر، اقدامات آبخیزداری که در حوزه‌های آبخیز با هدف حفاظت از آب و خاک اجرا می‌شود نیز تأثیر به‌سزایی در وضعیت پوشش گیاهی ایجاد می‌کند که یکی از راه‌های مهم ارزیابی موفقیت این عملیات، اندازه‌گیری شاخص‌های پوشش گیاهی و روند تغییرات آن در حوزه آبخیز است. تاکنون برای ارزیابی موفقیت طرح‌های آبخیزداری بیشتر شاخص‌های میانگین تولید رسوب و رواناب مطالعه شده است، در حالی که ضروری است ارزیابی پوشش گیاهی و تنوع گونه‌ای نیز مورد توجه قرار گیرد، زیرا پوشش گیاهی بخش مهارکننده اصلی این فرایندهاست. در زمینه تأثیر اقدامات آبخیزداری بر پوشش گیاهی مطالعاتی انجام شده، ازجمله Motamedi و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر احداث سدهای کوتاه اصلاحی بر تنوع گونه‌های گیاهی در حوزه آبخیز عنبران چای در استان اردبیل پرداختند. نتایج نشان داد که احداث سدهای کوتاه اصلاحی تأثیر بسزایی بر بهبود شاخص‌های تنوع گونه‌ای در منطقه داشته است. ارزیابی اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی آبخیزداری در حوزه آبخیز مهوید توسط Khatibi و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که

اقدامات آبخیزداری منجر به افزایش ۲۰ درصدی تاج پوشش گیاهی در حوزه شده است. Kazemzadeh و همکاران (۲۰۲۱a) به بررسی تأثیر عامل‌های طبیعی و انسانی بر تغییرات خطی و غیرخطی پوشش گیاهی در آبخیز خور-سفیدارک در استان البرز پرداختند. نتایج نشان داد که عملیات آبخیزداری باعث ایجاد تغییرات خطی و گسترش مناطق مسکونی (عامل انسانی) باعث ایجاد الگوی غیرخطی در پوشش گیاهی شده است. Motaghian و همکاران (۲۰۲۳) به ارزیابی عملکرد اقدامات مکانیکی و بیومکانیکی آبخیزداری بر تغییرات پوشش گیاهی، سیلاب و فرسایش و رسوب پرداختند. نتایج آنان نشان داد که تغییرات زمانی شاخص پوشش گیاهی برای کل حوزه آبخیز دارای روند مثبت بوده و از سال ۲۰۱۸ به بعد با اجرای اقدامات بیومکانیکی در عرصه مورد نظر مقدار این شاخص نسبت به میانگین بلندمدت کل حوزه آبخیز افزایش یافته است. بنابراین، بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر روی تغییرات پوشش گیاهی به عنوان یک عامل کلیدی اجتناب‌ناپذیر است. ازاین‌رو، در این مطالعه به ارزیابی تأثیر اجرای اقدامات آبخیزداری (بیولوژیکی و بیومکانیکی) بر روی پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته می شود.



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در کشور

Figure 1 - Location of the studied area in the country

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در محدوده طول ´۵۰ °۵۳ تا ´۰۳ °۵۱ و عرض جغرافیایی ´۵۰ °۳۵ تا ´۵۷ °۳۵ قرار گرفته است. حوزه آبخیز عظیمیه از شمال با حوزه آبخیز برغان و نوجان، از جنوب به شهر کرج، از شرق با رودخانه کرج و از غرب به شهرستان ساوجبلاغ محدود می‌گردد. این منطقه با وسعت ۹۴۳۹/۵ هکتار در شمال شهر کرج و در استان البرز واقع شده است. با در نظر گرفتن نقشه‌های مقدماتی و مطالعاتی و بررسی‌های به‌عمل‌آمده، حوزه‌های مورد مطالعه مطابق با تقسیم‌بندی حوزه آبخیز تماب در زیر حوزه آبخیز پایاب کرج واقع شده است. شکل (۱) موقعیت محدوده موردمطالعه را نشان می‌دهد. متوسط بارندگی سالانه حوزه آبخیز عظیمیه ۴۲۰ میلی‌متر می‌باشد. اقلیم منطقه براساس روش دومارتن نیمه‌مرطوب سرد و مدیترانه‌ای و براساس روش آمبرژه از نوع اقلیم نیمه‌خشک سرد و اقلیم ارتفاعات است.

روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا به بررسی تراکم پوشش گیاهی و تغییرات آن در یک دوره ۲۰ ساله (۲۰۱۹-۲۰۰۰) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و شاخص NDVI در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. سپس برای ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی و روند افزایشی یا کاهشی آن، از روش الگوریتم روندچندگانه (پلی‌ترند) که روند تغییرات خطی و غیرخطی را مشخص می‌کند استفاده گردید. به منظور ارزیابی صحت و دقت نتایج تصاویر ماهواره‌ای از اندازه‌گیری میدانی استفاده شد. در نهایت تأثیر اقدامات آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز بر روی پوشش گیاهی بررسی شد. همچنین به‌منظور بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر روی تغییرات پوشش گیاهی از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) (Mckee *et al.*, 1993) در مقیاس‌های زمانی ۱۲ ماهه و داده‌های بارش ایستگاه کرج استفاده گردید.

ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده تصاویر ماهواره‌ای

به‌منظور بررسی وضعیت پوشش گیاهی و تغییرات آن، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از تصاویر ماهواره ای استخراج شد. تصاویر سنجنده لندست ۵، ۷ و ۸ از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ مورد استفاده قرار گرفت. یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی NDVI است که از طریق نسبت‌گیری باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک از رابطه ۱ به دست می‌آید (Tucker, 1979).

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \qquad (۱)$$

در این رابطه، NIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و R مقدار بازتاب در محدوده باند قرمز است. مقدار عددی این شاخص بین ۱- تا ۱+ می‌باشد، البته هرچه مقدار این شاخص به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده پوشش گیاهی انبوه‌تری است. پس از محاسبه شاخص NDVI برای کل حوزه، روند پوشش گیاهی با استفاده از روش روندچندگانه (PolyTrend) در نرم‌افزار متلب محاسبه گردید. روش روند چندگانه (پلی‌ترند) یک روش جدید برای پیدا کردن روند و تشخیص تیپ روند (خطی، کوادراتیک و کیوبیک) در مجموعه‌های زمانی است. برخلاف روش‌های قدیمی، تعیین روند که فقط روند خطی را در داده‌ها نشان می‌دهند، این روش روند خطی و غیرخطی (روند درجه ۲ و روند درجه ۳) را در داده‌ها نشان می‌دهد (Jamali *et al.*, 2014). این روش شامل سه مرحله برای ایجاد کلاس‌های روند شامل کیوبیک (درجه سه، Cubic)، کوادراتیک (درجه دو، Quadratic) و خطی است. این روش با آزمایش مناسب بودن چندجمله‌ای درجه سه ($ax^3 + bx^2 + cx + d$ passes a t-test at $\alpha = 0.05$) بر داده‌ها و ارزیابی معنی‌داری روش برازش داده شده آغاز می‌شود. اگر این مدل بر داده‌ها برازش مناسب نداشت، مدل به مرحله بعدی و سطح پایین‌تر یعنی مدل کوادراتیک منتقل می‌شود. در مرحله سوم اگر مدل کوادراتیک بر داده‌ها برازش نگردید این روش مدل چندجمله‌ای خطی را بر داده

ها برازش می‌دهد. در پایان اگر ضرایب مدل خطی از نظر آماری معنی‌دار نگردید، پیکسل‌ها در کلاس بدون روند قرار می‌گیرند (Jamali *et al*., 2014).

مطالعات میدانی

در ابتدا با بازدیدهای صحرایی در ۳۳ نقطه محل، درصد پوشش گیاهی در تیپ‌های پوشش گیاهی منطقه تعیین گردید که نشان‌دهنده میزان پوشش گیاهی بعد از اجرای اقدامات آبخیزداری می‌باشد. سپس نتایج حاصل از این بخش با نتایج اندازه‌گیری‌های پوشش گیاهی مطالعات تفضیلی – اجرایی حوزه آبخیز عظیمیه که در سال ۱۳۷۸ (قبل از اجرای اقدامات آبخیزداری) توسط سازمان جهاد سازندگی استان تهران انجام شده است مورد مقایسه قرار گرفت تا تغییرات پوشش گیاهی و روند تغییرات براساس مطالعات میدانی به دست آید و برای صحت‌سنجی نتایج حاصل از تغییرات پوشش گیاهی به دست آمده توسط تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

اثربخشی اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی آبخیزداری

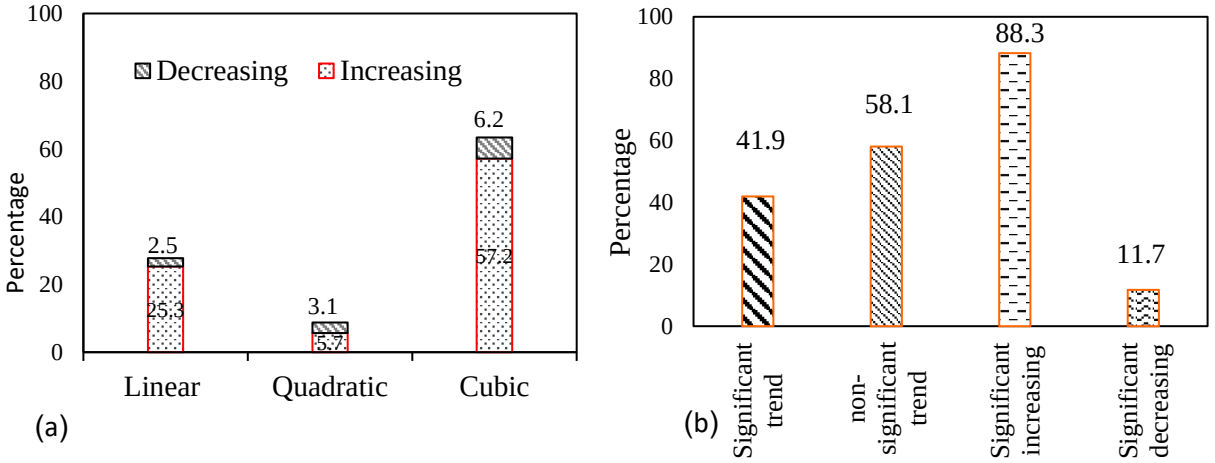
به‌منظور ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری (بیولوژیکی و بیومکانیکی) بر روی پوشش گیاهی، ابتدا مجموعه اقدامات انجام شده در منطقه مورد مطالعه تعیین گردید. طی سال‌های گذشته در حوزه آبخیز عظیمیه مجموعه‌ای از اقدامات بیولوژیکی و اقدامات سازه‌ای برای حفاظت خاک، کنترل فرسایش، رسوب و کنترل سیل اجرا شده است. اقدامات بیولوژیکی اجرا شده شامل بذرپاشی، کپه‌کاری، درخت‌کاری، تراس‌بندی و بانکت‌کاری به مساحت ۲۷۲۴ هکتار بوده است. همچنین اقدامات سازه‌ای اجرا شده در منطقه در مجموع تعداد ۲۴۷ سازه شامل ۱۴ سازه خشکه‌چین، ۲۱۵ سازه گابیون، ۴ سازه سنگی ملاتی و ۱۴ سد خاکی می‌باشد که اطلاعات آن از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان البرز اخذ شد. سپس تأثیر اقدامات اجرا شده بر روی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی قبل و بعد از اقدامات اجرا شده و بررسی روند و مقدار این تغییرات تعیین گردید. با مقایسه تغییرات پوشش گیاهی در زیرحوزه هایی که اقدامات آبخیزداری اجرا شده با تغییرات پوشش گیاهی در زیرحوزه‌هایی که اقدامات آبخیزداری انجام نشده (به‌عنوان مناطق شاهد) می‌توان تأثیر این اقدامات را مشخص نمود.

نتایج

بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه

روند پوشش گیاهی (NDVI) در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ در حوزه آبخیز عظیمیه نشان داد که ۴۱/۹ درصد حوزه دارای تغییرات معنی‌دار پوشش گیاهی و ۵۸/۱ درصد حوزه دارای تغییرات غیر معنی‌دار در طول بازه ۲۰ سال می‌باشد. از تغییرات معنی‌دار پوشش گیاهی ۸۸/۳ درصد دارای روند افزایشی و ۱۱/۷ درصد از این تغییرات دارای روند کاهشی بوده است (شکل ۲ الف). با توجه به شکل، بیشترین مقدار تغییرات پوشش گیاهی در حوزه با ۶۳/۴ درصد به‌صورت روند درجه سه (۵۷/۲ درصد افزایشی و ۶/۲ درصد کاهشی) بوده است، ۸/۸ درصد تغییرات به صورت روند درجه دو (۵/۷ درصد افزایشی و ۳/۱ درصد کاهشی) و ۲۷/۸ درصد تغییرات به‌صورت روند خطی (۲۵/۳ درصد افزایشی و ۲/۵ درصد کاهشی) می‌باشد. نتایج نشان داد که بیشترین درصد تغییرات پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه به صورت افزایشی بوده است (شکل ۲ ب). با توجه به این نقشه شیب تغییرات پوشش گیاهی از ۰/۶- در مناطق پایین‌دست حوزه تا ۰/۶+ متغیر می‌باشد. همچنین بیشترین سطح تغییرات پوشش گیاهی در حوزه از صفر تا ۰/۲ افزایشی بوده است که در بیشتر سطح حوزه و زیرحوزه‌هایی که اقدامات آبخیزداری اجرا شده گسترش دارد. به‌منظور نشان دادن میزان تغییرات پوشش گیاهی در دوره‌های مختلف، از اختلاف میانگین شاخص NDVI در بازه‌های ۵ ساله استفاده گردید (شکل ۳). با توجه به این نقشه‌ها می‌توان

میانگین تغییرات پوشش گیاهی را در دوره‌های متوالی ۵ ساله مشاهده نمود. به‌طورکلی بازه تغییرات پوشش گیاهی در این حوزه بین ۰/۲۶- تا ۰/۴ می‌باشد که در ۵ کلاس طبقه‌بندی شده است (شکل ۴).



شکل ۲- درصد روند معنی‌دار و غیرمعنی‌دار (افزایشی و کاهشی) (الف) و درصد تیپ روند و درصد افزایشی و کاهشی تیپ‌های پوشش گیاهی (ب) در حوزه آبخیز عظیمیه

Figure 2- Percentage of significant and non-significant trend (increasing and decreasing) (a) and percentage of trend type and percentage of increasing and decreasing vegetation types (b) in Azimieh watershed

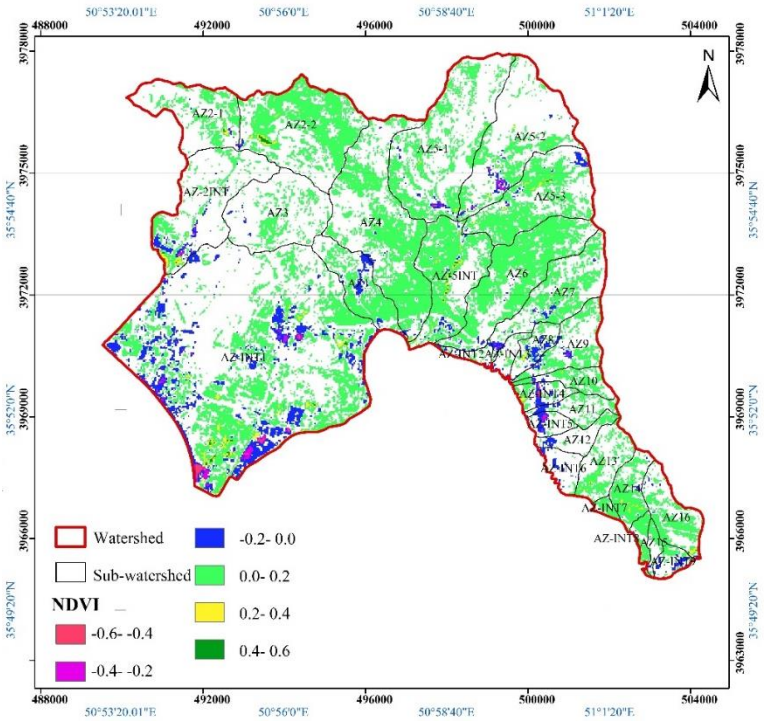
بررسی اختلاف میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره (۲۰۰۵-۲۰۰۹) با میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره (۲۰۰۰-۲۰۰۴) نشان داد که مقادیر مثبت (۰/۰۵-۰) نشان‌دهنده افزایش پوشش گیاهی نسبت به دوره قبل می‌باشد که ۶۳ درصد سطح حوزه را پوشش می‌دهد. با توجه به نقشه بخش‌هایی از شمال و غرب حوزه، شیب تغییرات پوشش گیاهی بین مقادیر ۰-۰/۰۵- بوده است که ۱۶/۵ درصد از سطح حوزه را شامل می‌شود (شکل ۴ الف). نتایج اختلاف میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره ۵ ساله (۲۰۱۰-۲۰۱۴) با میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره (۲۰۰۵-۲۰۰۹) نشان داد که این نقشه روند متفاوتی را نسبت به نقشه قبلی نشان می‌دهد. به‌طوری که میانگین شاخص پوشش گیاهی در دوره (۲۰۱۰-۲۰۱۴) نسبت به میانگین ۵ ساله دوره قبلی (۲۰۰۵-۲۰۰۹) در بخش وسیعی از حوزه (۸۷ درصد سطح حوزه) بین مقادیر ۰-۰/۰۵- کاهش یافته است (شکل ۴ ب).

نتایج اختلاف میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره ۵ ساله (۲۰۱۵-۲۰۱۹) با میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره قبل (۲۰۱۰-۲۰۱۴) نشان داد که بخش وسیعی از حوزه به میزان ۸۷ درصد دارای افزایش پوشش گیاهی بین مقادیر (۰/۰۵-۰) نسبت به دوره ماقبل خود می‌باشد (شکل ۴ ج).

ارزیابی اثرهای اقدامات اجرایی آبخیزداری در وضعیت پوشش گیاهی

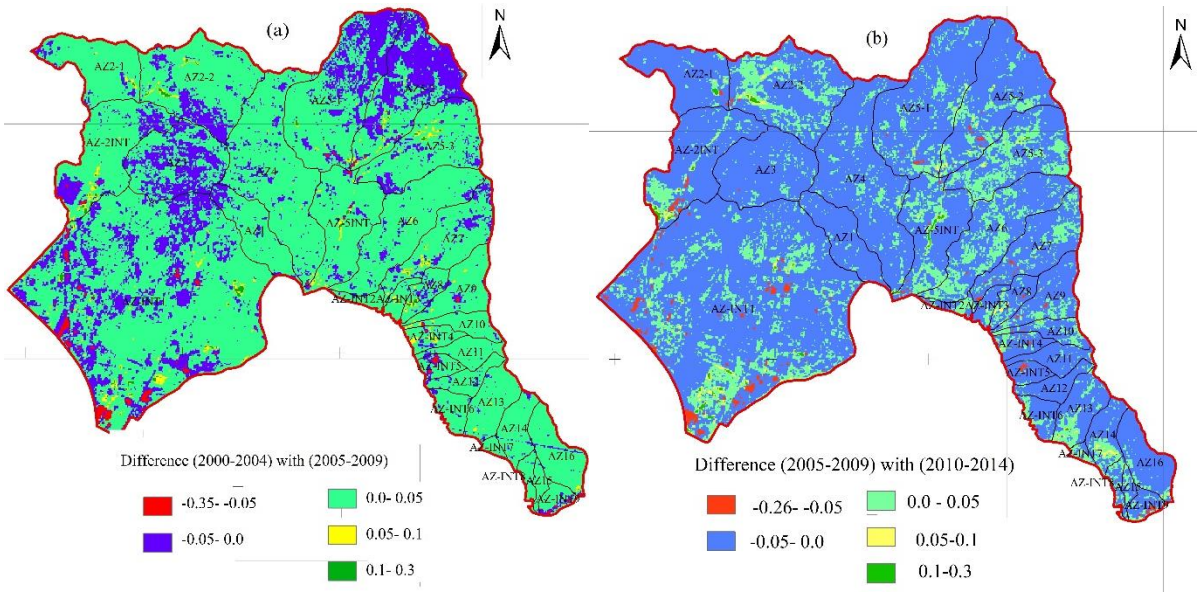
به‌منظور تقویت پوشش گیاهی، حفظ خاک و کنترل فرسایش و رسوب و کنترل سیل مجموعه‌ای از اقدامات بیولوژیکی و اقدامات بیومکانیکی طی سالهای گذشته در حوزه آبخیز عظیمیه اجرا شده است. اقدامات بیولوژیکی اجرا شده شامل بذرپاشی، کپه‌کاری، درختکاری، تراس‌بندی و بانکت‌کاری و بانکت‌بندی و درختکاری به مساحت ۲۷۲۴ هکتار بوده است. همچنین تعداد ۲۴۷ سازه آبخیزداری در کل حوزه عظیمیه اجرا شده است. شکل (۵)

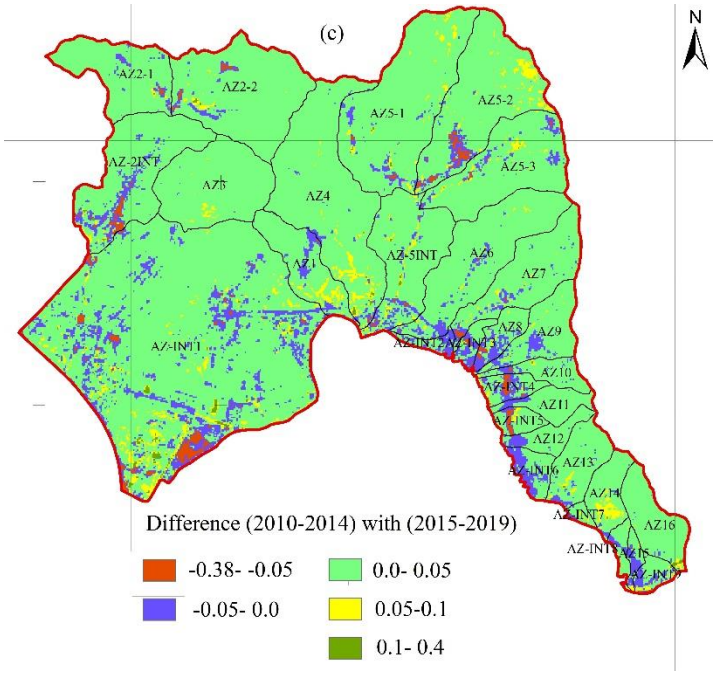
تصاویری از عملیات بیولوژیکی اجرا شده در حوزه آبخیز عظیمیه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- شیب روند تغییرات پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰

Figure 3- Slope of vegetation changes in Azimieh watershed in the period of 2000-2019





شکل ۴- اختلاف میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در حوزه آبخیز عظیمیه در بازه زمانی (۲۰۰۰-۲۰۰۴) با (۲۰۰۵-۲۰۰۹) (الف) و (۲۰۰۵-۲۰۰۹) با (۲۰۱۹-۲۰۱۴) (ب) و (۲۰۱۰-۲۰۱۴) با (۲۰۱۹-۲۰۱۵) (ج)

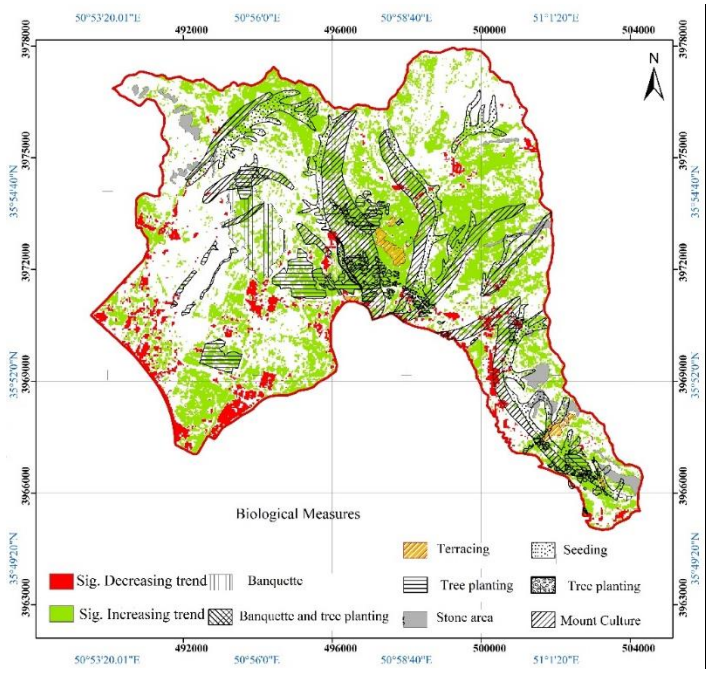
Figure 4- The average difference of vegetation cover index (NDVI) in the Azimieh watershed in the time period (2000-2004) with (2005-2009) (a) and (2005-2009) with (2014-2019) (b) and (2010) -2014) with (2015-2019) (c)

شکل ۵- نمونه تصاویری از عملیات بیولوژیکی کپه‌کاری در حوزه آبخیز عظیمیه (سال ۱۳۸۳ - ۲۰۰۴)

Figure 5- Sample images of the biological sciences of mounding in the Azimieh watershed (year 2004)

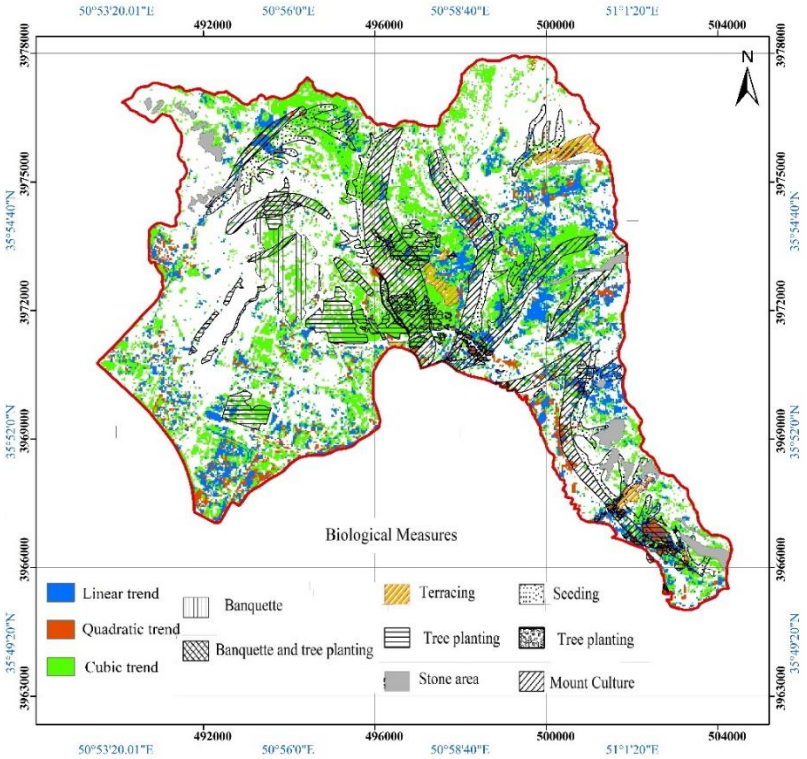
روند تغییرات پوشش گیاهی همراه با عملیات بیولوژیکی اجرا شده در حوزه آبخیز عظیمیه در شکل (۶) ارائه شده است. در زیرحوزه‌هایی که عملیات بیولوژیکی اجرا شده است روند تغییرات پوشش گیاهی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ افزایشی معنی‌دار بوده است، به این معنی که در طول بازه ۲۰ سال پوشش گیاهی در این مناطق افزایش یافته است. همچنین در قسمت آبراهه‌ها نیز تغییرات افزایشی معنی‌دار پوشش گیاهی به‌خوبی مشاهده می‌شود که در این مناطق اقدامات سازه‌ای مانند بندهای گابیونی، خشکه‌چین و سنگی ملاتی اجرا شده است. اما در مناطقی از زیرحوزه‌هایی که عملیات

بیولوژیک اجرا نشده است (AZ-INT، AZ2-1، AZ5-1) روند تغییرات پوشش گیاهی معنی‌دار نبوده است. در مناطقی که عملیات بیولوژیکی اجرا شده اما تأثیری در تغییرات پوشش گیاهی نداشته است نشان‌دهنده عدم موفقیت روش اجرا شده در تقویت پوشش گیاهی می‌باشد. همچنین در مناطقی از حوزه که دارای شیب بیشتری بوده (شمال حوزه) عملیات تراس‌بندی اجرا شده نقش مؤثری در تقویت پوشش گیاهی داشته است. تیپ تغییرات روند پوشش گیاهی شامل تیپ خطی، درجه دو و تیپ درجه سه همراه با عملیات بیولوژیکی اجرا شده در حوزه آبخیز عظیمیه در شکل (۷) نشان داده شده است. با توجه به شکل در اثر اجرای بذرپاشی و کپه‌کاری در قسمت‌های میانی حوزه، پوشش گیاهی به‌صورت خطی (۲۷/۸ درصد) و درجه سه (۶۳/۴ درصد) افزایش یافته است و بیشترین تیپ تغییرات پوشش گیاهی در حوزه به‌صورت غیرخطی (درجه سه) بوده است. همچنین در بخش‌های شمالی و شرق حوزه بیشترین مقدار تیپ تغییرات پوشش گیاهی روند خطی و درجه سه بوده است که در این مناطق عملیات بذرپاشی، کپه‌کاری، تراس‌بندی و درخت‌کاری اجرا شده است. اما در بخش‌های پایین‌دست حوزه با وجود اجرای عملیات بیولوژیکی مانند کپه‌کاری، بذرپاشی و درخت کاری مانند زیرحوزه‌های AZ-INT1، AZ-INT2، AZ-INT3، AZ-INT4 و AZ-INT5، به دلیل فعالیت‌های ساخت وساز و عمرانی مانند احداث جاده، توسعه مناطق مسکونی و مناطق صنعتی پوشش گیاهی به‌صورت درجه دو و درجه سه کاهش یافته است. تغییرات پوشش گیاهی در تیپ درجه دو و درجه سه کاهشی بسیار بیشتر از تیپ خطی است که این نشان‌دهنده شدت تخریب پوشش گیاهی در مناطق مذکور ناشی از فعالیت‌های انسانی است.



شکل ۶- روند تغییرات پوشش گیاهی همراه با عملیات بیولوژیکی اجرا شده در حوزه آبخیز عظیمیه

Figure 6- Vegetation changes process along with biological activities implemented in Azimieh watershed



شکل ۷- تیپ روند تغییرات پوشش گیاهی همراه با عملیات بیولوژیکی اجرا شده در حوزه آبخیز عظیمیه

Figure 7- Vegetation changes types along with biological activities implemented in Azimieh watershed

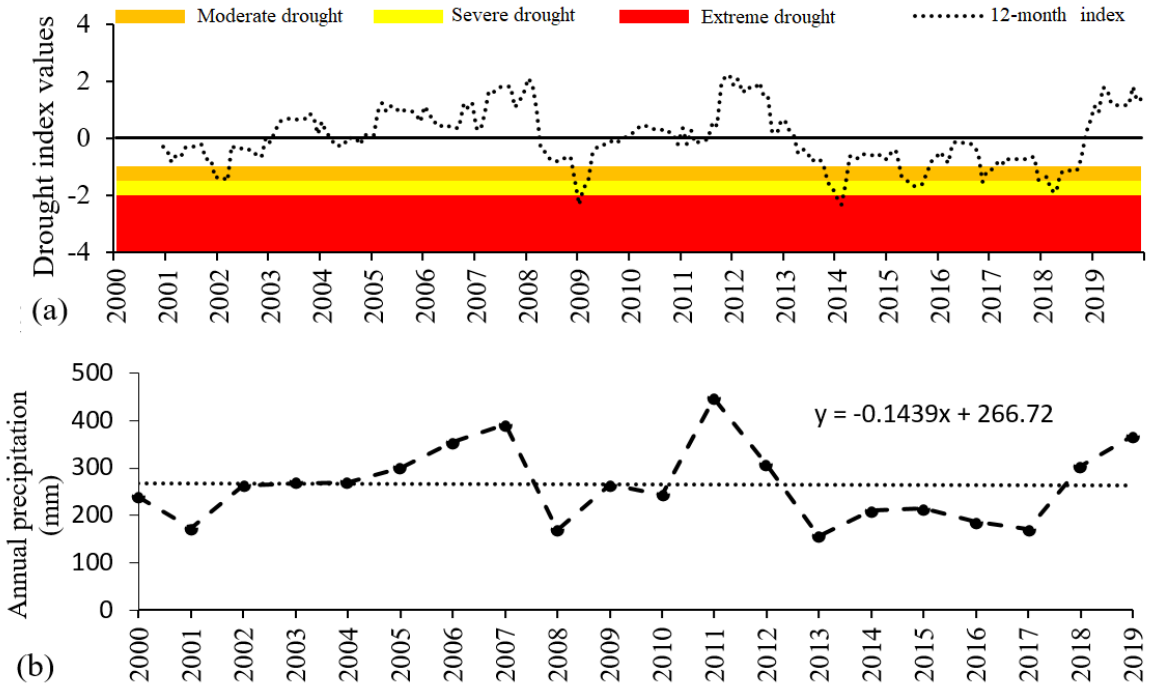
ارزیابی میدانی تغییرات درصد پوشش گیاهی

بررسی درصد تغییرات پوشش گیاهی قبل از اجرای اقدامات آبخیزداری (سال ۱۳۷۸) و بعد از اجرای اقدامات آبخیزداری (۱۳۹۹) براساس مطالعه و بررسی‌های میدانی نشان داد که در طول سال‌های اخیر با توجه به اجرای اقدامات بیولوژیکی قابل توجهی در حوزه عظیمیه و افزایش بارش‌های سال گذشته (۱۳۹۸) درصد پوشش گیاهی در برخی تیپ‌ها افزایش یافته است. به‌طور متوسط درصد پوشش گیاهی در حوزه در سال ۱۳۷۸ از میزان ۲۸/۵ درصد به میزان ۳۴/۵ درصد در سال ۱۳۹۹ افزایش یافته است. در بخش‌هایی از حوزه که تحت تأثیر عملیات بیولوژیکی و سازه‌ای اقدامات آبخیزداری بوده پوشش گیاهی از وضعیت بهتری برخوردار بوده است. این نتایج صحت بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای را تأیید کرد. اجرای عملیات بیولوژیکی و احیای پوشش گیاهی منجر به ایجاد توالی ثانویه در اکوسیستم‌های مرتعی و تغییر در ساختار و پویایی پوشش گیاهی می‌گردد. با مقایسه مناطق احیایی با مناطق شاهد متناظر خود در حوزه که تحت عملیات بیولوژیکی قرار نگرفتند، می‌توان تأثیر اقدامات احیایی بیولوژیکی را در تغییرات درصد پوشش گیاهی نشان داد. به‌عبارتی، نتایج ارزیابی میدانی تغییرات پوشش گیاهی نیز تأییدکننده نتایج ازریابی تغییرات پوشش گیاهی توسط تصاویر ماهواره‌ای (لندست مجموعه ۵، ۷ و ۸) بوده است.

ارتباط تغییرات پوشش گیاهی با دوره‌های ترسالی و خشکسالی

شاخص SPI ۱۲ ماهه نشان‌دهنده یک دوره خشکسالی شدید در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ و یک دوره ترسالی در سال ۲۰۱۹ بوده است (شکل ۸ الف). میانگین بارش سالانه در طول بازه ۲۰ ساله در شکل (۸ ب) در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات بارش روند خاصی را ندارد اما کمترین مقدار بارش مربوط به سال ۲۰۰۸ و خشکسالی سال

۲۰۰۸ است که نهایتاً باعث گسترش کمترین مقدار پوشش گیاهی شده است. همچنین افزایش مقدار بارش در سال ۲۰۱۹ که منجر به تقویت پوشش گیاهی شده است نیز بخوبی نشان داده شده است.



شکل ۸- مقادیر شاخص خشکسالی SPI ۱۲ ماهه (الف) و روند تغییرات میانگین بارش در دوره ۲۰۱۹-۲۰۰۰

Figure 8 - 12-month SPI drought index values (a) and average rainfall changes in the period of 2000-2019

بحث

باتوجه به نقش پروژه‌های آبخیزداری در مدیریت حوزه های آبخیز و حفاظت از آب و خاک، ارزیابی اثربخشی و عملکرد این اقدامات به منظور دستیابی به روش‌های مناسب و یافتن علل شکست و عدم کارایی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش تأثیر اقدامات آبخیزداری ازجمله اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی بر روی روند تغییرات پوشش گیاهی در یک بازه ۲۰ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. یافته پژوهش نشان داد که ۴۱/۹ درصد حوزه دارای تغییرات معنی‌دار پوشش گیاهی بوده است. اجرای اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی منجر به تقویت و افزایش پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه شده است. به‌طوری‌که در زیرحوزه‌هایی که اقدامات آبخیزداری اجرا شده در مقایسه با زیرحوزه‌هایی که اقدامات آبخیزداری اجرا نشده، تغییرات پوشش گیاهی دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده است. این مطالعه با نتایج Kim و همکاران (۲۰۱۵) که نشان دادند تغییرات پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۹۹۸-۲۰۱۴ تحت تأثیر عوامل بارش و دما و اقدامات احیایی دارای روند معنی‌داری بوده همخوانی دارد. نتایج تیپ روند نشان داد که ۶۳/۴ درصد تغییرات پوشش گیاهی در حوزه به‌صورت روند درجه سه، ۸/۸ درصد تغییرات به صورت روند درجه دو و ۲۷/۸ درصد تغییرات به‌صورت روند خطی بوده که بیشترین درصد تغییرات پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه به صورت غیرخطی افزایشی بوده است. تغییرات غیرخطی، شدت تغییرات پوشش گیاهی را نشان می‌دهد که می‌توان از روی آن عوامل تأثیرگذار در این تغییرات را مشخص نمود. تغییرات پوشش گیاهی می‌تواند به‌صورت تدریجی، تغییرات

ناگهانی یا بدون تغییر باشد (Coppin *et al.*, 2004). تغییرات ناگهانی در پوشش گیاهی می‌تواند ناشی از فعالیت‌های انسانی یا وقایع طبیعی مانند آتش‌سوزی، سیل و خشکسالی باشد (Watts *et al.*, 2014; Fang *et al.*, 2018). مطالعات نشان دادند که فعالیت‌های انسانی مانند اقدامات احیایی و بیولوژیکی آبخیزداری منجر به افزایش غیرخطی پوشش گیاهی و اقداماتی مانند ساخت‌وساز و تغییر کاربری نیز منجر به کاهش غیرخطی پوشش گیاهی می شود (Kazemzadeh *et al.*, 2021a). در حالی که پوشش گیاهی به تغییرات اقلیمی به صورت تدریجی و خطی پاسخ می‌دهد و تغییر می‌کند. بنابراین بیشترین تغییرات پوشش گیاهی در حوزه آبخیز عظیمیه به صورت غیرخطی بوده است که می‌تواند ناشی از تأثیر اجرای اقدامات بیولوژیکی و بیومکانیکی آبخیزداری که در سطح وسیعی از حوزه انجام شده است باشد. این نتایج با نتایج Fang و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی دارد. Xiao و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی روند پوشش گیاهی در Chongqing با استفاده از تصاویر ماهواره ای نشان دادند که در طول دوره ۱۰ ساله پژوهش آنها پوشش گیاهی به‌طور معنی‌داری ناشی از اقدامات احیاء و سیاست‌های حفاظتی اکوسیستم و بهبود شرایط اقلیمی افزایش پیدا کرده است.Wang و همکارانش (۲۰۱۹) نشان دادند که ۸۷/۳۹ درصد از پوشش گیاهی حوزه رودخانه شیانگ دارای روند معنی‌دار بوده که از آن ۵۰/۸۶ درصد دارای تغییرات غیرخطی و ۳۶/۵۳ درصد دارای تغییرات خطی است. در مناطق پایین‌دست حوزه شیب کاهشی تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی و ساخت‌وساز و احداث جاده در حوزه می‌باشد. هم‌راستا با این نتایج، Xue و همکاران (۲۰۱۹) و Li و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که فعالیت‌های انسانی ازجمله جنگل‌زدایی، تغییر کاربری و چرای بیش از حد منجر به کاهش پوشش گیاهی و شیب کاهشی روند شده است. همچنین Cao و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که فعالیت‌های انسانی همراه با تغییرات اقلیمی می‌تواند اثرهای مثبت و در مواردی مانند تغییر کاربری و توسعه مناطق شهری اثرهای منفی بر روی پوشش گیاهی داشته باشد. اختلاف میانگین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در دوره ۵ ساله (۲۰۱۵-۲۰۱۹) با دوره قبل (۲۰۱۰-۲۰۱۴) نشان داد که بخش وسیعی از حوزه (۸۷ درصد) به‌ویژه زیرحوزه‌هایی که در آن اقدامات آبخیزداری اجرا شده دارای افزایش پوشش گیاهی بین مقادیر (۰/۰۵-۰) نسبت به دوره ماقبل خود بوده که نشان‌دهنده تأثیر اقدامات آبخیزداری اجرا شده در حوزه همراه با افزایش بارندگی‌ها سال ۱۳۹۸ (۲۰۱۹) می‌باشد. این موضوع توسط اقدامات و بازدیدهای میدانی و اندازه‌گیری تاج پوشش نیز صحت‌سنجی شده است که درصد پوشش گیاهی از ۲۸/۵ درصد به ۳۴/۵ درصد افزایش یافته است. Zhang و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که روند تغییرات زمانی پوشش گیاهی تحت تأثیر اقدامات احیایی در دوره‌های ۵ ساله (۲۰۰۰-۲۰۰۵، ۲۰۱۰-۲۰۱۴) با افزایش عمر اقدامات احیایی افزایش می‌یابد. در بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر روی تغییرات پوشش گیاهی، شاخص خشکسالی (SPI) دو دوره خشکسالی شدید در سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ و یک دوره ترسالی در سال ۲۰۱۹ را نشان داد که بر روی تغییرات پوشش گیاهی تأثیر داشتند اما بارش روند معنی‌داری در منطقه نداشته است. Kazemzadeh و همکاران (۲۰۲۱b) نیز نشان دادند که خشکسالی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ هر چند تأثیر زیادی بر تغییرات ناگهانی پوشش گیاهی در سطح حوزه آبخیز زوجی زیدشت البرز داشته، اما روند تغییرات بلندمدت بارش و دما در این منطقه معنی‌دار نبوده است. در مطالعه‌ای Han و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که بین بارش و دما با تغییرات پوشش گیاهی (NDVI) در چین رابطه معنی‌داری وجود ندارد و عوامل اقلیمی (بارش و دما) عوامل اصلی در تغییر پوشش گیاهی نبوده و افزایش پوشش گیاهی ناشی از اقدامات حفاظت محیط‌زیست و اقدامات احیایی و مدیریتی بوده است. با وجود این، اقدامات بیولوژیکی آبخیزداری به‌ویژه حفاظت از پوشش گیاهی می‌تواند به عنوان یک جزء مهم راهکارهای عملی در احیای حوزه‌های آبخیز مستعد در مناطق خشک و نیمه‌خشک در نظر گرفته شود (Kazemzadeh *et al.*, 2021c).

سپاسگزاری

از مسئولان محترم اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری اســـتان البرز به دلیل حمایت و همـــکاری در انجام این پژوهش صمیمانه تشـــکر می‌کنیم.

References:

– -Cao, W., Wu, D., Huang, L., Pan, M. and Huhe, T., 2021. Determinizing the contributions of human activities and climate change on greening in the Beijing–Tianjin–Hebei Region, China. Scientific Reports, 11(1): 1-11. https://doi.org/10.1038/s41598-021-00788-4.
– -Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B. and Lambin, E. 2004. Review ArticleDigital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. International journal of remote sensing, 25(9): 1565-1596. https://doi.org/10.1080/0143116031000101675.
– Fang, X., Zhu, Q., Ren, L., Chen, H., Wang, K. and Peng, C. 2018. Large-scale detection of vegetation dynamics and their potential drivers using MODIS images and BFAST: A case study in Quebec, Canada. Remote Sensing of Environment, 206: 391-402. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.11.017.
– Han, G., Yang, Y. and Yan, S. 2013. Vegetation activity trend and its relationship with climate change in the Three Gorges Area, China. Advances in Meteorology, 2013: 1-11. https://doi.org/10.1155/2013/235378.
– Haji Biglou, M., Rashidi, M. and Atbin Mohabbati, A. 2017. Hydrological evaluation of the performance of watershed management measures on flood characteristics in the watershed Vashmgir Dam in Golestan province. Iranian Natural Ecosystems, 8(2): 67-82. (In Persian).
– Jamali, S., Seaquist, J., Eklundh, L. and Ardö, J. 2014. Automated mapping of vegetation trends with polynomials using NDVI imagery over the Sahel. Remote Sensing of Environment, 141: 79-89. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.10.019.
– Kazemzadeh, M., Noori, Z., Bayat, A., Saedi Farkoush, S., Elyasi, A., Alipour, H. and Mansour Fallah, A. 2021a. An Evaluation of the Effect of Natural and Human Factors on the Linear and Non-linear Changes in Vegetation Using the Landsat Images of the Khor-Sefidarak Watershed, the Province of Alborz. Watershed Management Research, 34(3): 95-114.
– Kazemzadeh, M., Noori, Z., Alipour, H., Jamali, S. and Seyednasrollah, B. 2021b. Natural and anthropogenic forcings lead to contrasting vegetation response in long-term vs. short-term timeframes. Journal of Environmental Management, 286: 112249. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112249.
– Kazemzadeh, M., Salajegheh, A., Malekian, A., Liaghat, A. and Hashemi, H. 2021c. Soil moisture change analysis under watershed management practice using in situ and remote sensing data in a paired watershed. Environmental Monitoring and Assessment, 193(5): 299. https://doi.org/10.1007/s10661-021-09078-y.
– Kim, J. Y., Rastogi, G., Do, Y., Kim, D. K., Muduli, P. R., Samal, R. N. and Joo, G. J. 2015. Trends in a satellite-derived vegetation index and environmental variables in a restored brackish lagoon. Global Ecology and Conservation, 4: 614-624. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.10.010.
– Khatibi, S. A., Golkarian, A., Mosaedi, A. and H. Sojasi Qeidari. 2017. Evaluation biological and biomechanical watershed management activities Case study: Mahvid Catchment. Extension and Development of Watershed Management, 5(16): 45-53. (In Persian).
– Li, Z., Deng, X., Yin, F. and Yang, C. 2015. Analysis of climate and land use changes impacts on land degradation in the North China Plain. Advances in Meteorology, 2015: 1-12. https://doi.org/10.1155/2015/976370.
– McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, United state, 17(2): 179-183.
– Motamedi, J., Karkaj, E., Ashayer, M. and Mofidi chelan, M. 2017. Effects of check dams on plant species diversity in sub-basins of Anbaran-Chai. Watershed Management Research, 116: 74-85. https://doi.org/10.22092/wmej.2017.116717. (In Persian).
– Maghsoudi, M., Goorabi, A. and Darabi shahmari, S. 2014. The Study of Effect of Vegetation Cover Factor on the Water Erosion Case Study: Razin Basin. Journal of Environmental Erosion Research, 3(4): 43-57. https://doi.org/20.1001.1.22517812.1392.3.4.1.9. (In Persian).
– Motaghian, M., Alavinia, S. H. and 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.

https://doi.org/10.22034/jargs.2023.397286.1029. (In Persian).
- Terrence, J.T., R.F. George. and G.R. Kenneth. 2001. Soil erosion, Jon wiley & sons,NC, usa, 338p.
- Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combanations for monitoring vegetation. Remote.Sensing of Environment, 8: 127-150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0.
- Teymouri, A. and Omrani, M. 2010. Evaluation of the performance of short watershed dams on the sediment rate of Nahand dam basin. Master Thesis, 178p. (In Persian).
- Wang, J., Xie, Y., Wang, X., Dong, J. and Bie, Q. 2019. Detecting Patterns of Vegetation Gradual Changes (2001–2017) in Shiyang River Basin, Based on a Novel Framework. Remote Sensing, 11(21): 2475. https://doi.org/10.3390/rs11212475.
- Watts, L. M. and Laffan, S. W. 2014. Effectiveness of the BFAST algorithm for detecting vegetation response patterns in a semi-arid region. Remote Sensing of Environment, 154: 234-245. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.08.023.
- Xiao, Q., Tao, J., Xiao, Y. and Qian, F. 2017. Monitoring vegetation cover in Chongqing between 2001 and 2010 using remote sensing data. Environmental monitoring and assessment, 189(10): 1-13. https://doi.org/10.1007/s10661-017-6210-1.
- Xue, Y., Zhang, B., He, C. and Shao, R. 2019. Detecting vegetation variations and main drivers over the Agropastoral Ecotone of northern China through the ensemble empirical mode decomposition method. Remote Sensing, 11(16): 1860. https://doi.org/10.3390/rs11161860.
- Zhang, K., Yihe, L. Ü., Bojie, F. U. and Ting, L. I. 2018. The effects of restoration on vegetation trends: spatiotemporal variability and influencing factors. Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 109(3-4): 473-481. https://doi.org/10.1017/S1755691018000518.