Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Watershed Management Research, Vol. 16, Issue 2, 2025 p: 35-47

OPEN ACCESS

Research Paper

Behavioral Changes of Surface Runoff in Terraced and Non-Terraced Lands (Case Study: Kol Sheikhi and Tang Bovan sub-watersheds, Mamssani City)

Morad Darabi[1], Ali Talebi[2], Mahboobeh Kiani-Harchegani[3], and Yahya Parvizi[4]

1- Ph·D· in Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd، Iran

2-Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, (Corresponding author: talebisf@iut.ac.ir)

3- Ph.D. in Watershed Sciences & Engineering, Expert of Planning and Development Deputy, Esfahan Regional Water, Esfahan, Iran

4- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Research Institute, Tehran, Iran

Received:03 February, 2025 Revised:03 April, 2025 Accepted: 12 May, 2025

Extended Abstract

Background: Many countries around the world have been affected by land degradation, primarily caused by soil erosion and sediment deposition. This has led to a decline in soil productivity, alterations in water quality, and a reduced capacity to mitigate natural disasters, such as floods. Beyond the direct economic impacts, soil erosion has severe environmental consequences, including the loss of nutrients, degradation of soil's chemical, physical, and biological properties, reduction in soil fertility, soil compaction, decreased permeability, deteriorated water quality, loss of wildlife habitats and biodiversity, changes in landscape features, desertification, an increase in greenhouse gases, and global warming. These changes also contribute to climate change, elevation of riverbeds, and a reduction in their carrying capacity. Watershed management practices, such as biological, mechanical, and bio-mechanical interventions—including seeding, planting, mulching, gabion construction, and piling—are effective in reducing erosion and runoff. One such method, paving, is a traditional resource management technique that has been less researched. It is recognized as indigenous knowledge in many parts of Iran and has been used for a long time as a method derived from experience and local wisdom. Unfortunately, despite its widespread use, this method has been under-researched within the context of watershed management and natural resource conservation. The effectiveness of paving has been largely demonstrated through local experience rather than scientific investigation. Paving is a watershed management practice that controls soil erosion and runoff by modifying the length and steepness of slopes. This research aims to investigate the hydrological response to rainfall events on plots of 2 meters by 10 meters in both paved and unpaved lands within the Kol Sheikhi watershed, part of the Parsian Dam headwaters, and the Tang Bawan watershed, part of the Zohra River headwaters, in Mamsani City. To achieve this, suitable locations for nine plots in paved lands and nine plots in unpaved lands were identified across three study sites with varying soil textures. Runoff was measured after each rainfall event was completed. The core of this research is based on field activities, including the collection of data from 10 rainfall events, and the measurement of runoff volumes in the three study areas, encompassing 18 plots, during the years 2020 to 2021.

Methods: Suitable locations for the experimental design were identified following a detailed review of geological maps, soil science data, vegetation cover, and slope characteristics of the study areas, along with extensive field surveys and an evaluation of the history of platform construction in the region. A total of 18 plots were established across three regions and three sub-watersheds, with nine plots located on lands with platforms and nine plots on lands without platforms. Each plot measured 10 meters in length and 2 meters in width, and the precise coordinates for their construction were recorded. The total volume of runoff generated after each rainfall event was measured using graduated containers. Runoff measurements were conducted for 10 natural storm events that occurred between January 26, 2018, and May 11, 2019. Finally, for statistical analysis, the data were compiled into a database using Excel 2016. Various descriptive statistics related to runoff were calculated using SPSS 21 software.

Results: The results from the first, second, and third study sites demonstrated a decrease in the runoff volume in paved areas compared to unpaved areas by 8.88%, 3.28%, and 15.6%, respectively. Additionally, a t-test revealed a significant difference ($p \leq 0.01$) in the average runoff volume between paved and unpaved lands across the study sites. During the maximum recorded

Copyright ©2025. Darabi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 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 properly.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

rainfall event of 118 mm, the minimum runoff volumes were observed at the second, first, and third sites, with values of 6.5, 2.67, and 0.52, respectively. These sites, characterized by the "Pabdeh-Gorpi" and Aghajari formations, which are critically sensitive to erosion and sedimentation, showed the highest efficiency in controlling these processes.

Conclusion: Platforms are among the most significant human interventions in terrestrial ecosystems, designed to create new surfaces for cultivation on sloped terrains, reduce runoff and soil erosion, harvest and store rainwater, and accumulate biomass by enhancing crop production, and restore ecosystems. These structural modifications fundamentally alter land morphology, leading to changes in water infiltration, runoff generation, and ultimately impacting the entire water cycle from individual platforms to slope, catchment, and landscape scales. The scientific community has been studying the ecological, hydrological, and hydrogeological effects of platforms in terraced landscapes for several decades. Given the research gap in understanding the impact of these erosion and runoff control operations both in the country as a whole and in the target area specifically, this study examined the variability of hydrological components, such as runoff and soil loss, in paved and unpaved vineyards and pomegranate orchards under natural torrential conditions. The findings suggest that implementing such measures in runoff management programs—aimed at increasing moisture retention and preserving soil—can boost production and net income for land users. This can be achieved by involving local communities through subsidy plans, encouraging participation by offering free banking facilities, and institutionalizing these practices as part of the local culture. Paving, as a low-cost method, shows potential for improving formations that are sensitive to runoff, erosion, and sedimentation.

Keywords: field plot, runoff, slope, soil and water conservation, terracing

How to Cite This Article: Darabi, M., Talebi, A., Kiani-Harchegani, M., & Parvizi, Y. (2025). Behavioral Changes of Surface Runoff in Terraced and Non-Terraced Lands (Case Study: Kol Sheikhi and Tang Bovan sub-watersheds, Mamssani City). *J Watershed Manage Res,* 16(2), 35-47. DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تغییرات رفتاری رواناب سطحی در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی (مطالعه موردی: زیرحوزه‌های کل شیخی و تنگ بوان، شهرستان ممسنی)

مراد دارابی[۱]، علی طالبی[۲]، محبوبه کیانی‌هرچگانی[۳] و یحیی پرویزی[۴]

۱- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲- گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، (نویسنده مسوول: talebisf@iut.ac.ir)
۳- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، کارشناس معاونت طرح و توسعه شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، اصفهان، ایران
۴- دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵ تاریخ ویرایش:۱۴۰۴/۰۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۲
صفحه: ۳۵ تا ۴۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بسیاری از کشورهای جهان در معرض تخریب زمین قرار گرفته‌اند که در نتیجه فرسایش خاک و رسوبات آب‌ها رخ داده است. این امر منجربه از دست دادن بهره‌وری خاک، تغییر کیفیت آب و ظرفیت کمتر برای جلوگیری از بلایای طبیعی مانند سیل شده است. فرسایش خاک علاوه‌بر پیامدهای اقتصادی مستقیم دارای پیامدهای شدید محیطی مانند هدررفت مواد مغذی، افت شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک و کاهش حاصل‌خیزی آن، فشردگی خاک و کاهش نفوذپذیری، افت کیفیت آب، کاهش زیستگاه‌های حیات‌وحش و کاهش تنوع‌زیستی، تغییر در ویژگی‌های مناظر، بیابان‌زدایی، افزایش گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر و گرم شدن جهانی هوا، تاثیر بر تغییر اقلیم و بالا آمدن سطح بستر رودخانه‌ها و کاهش ظرفیت عبوری آن‌ها است. از جمله اقدامات آبخیزداری موثر در کاهش میزان فرسایش و رواناب می‌توان به عملیات زیستی، مکانیکی و زیست‌مکانیکی شامل بذرپاشی، نهال‌کاری، بذرکاری، خشکه‌چین، گابیون و سکوبندی اشاره کرد. عملیات سکوبندی از عملیات‌های رایج در آبخیزداری و منابع طبیعی است که کمتر مورد تحقیق و پژوهش قرار گرفته است. در چند روش سکوبندی، در بسیاری از نقاط کشور به‌عنوان یک دانش بومی شناخته‌شده است و از دیرباز به‌عنوان یک روش برآمده از تجربه و دانش بومی، مورد استفاده است. ولی متاسفانه این روش از جمله روش‌های و عملیات در آبخیزداری و منابع طبیعی است که علی‌رغم رایج بودن آن، کمتر مورد تحقیق و پژوهش قرار گرفته است. اثربخشی این روش بیشتر از طریق تجربه و در بستر دانش بومی به اثبات رسیده است و پژوهشگران و محققان کمتر به آن پرداخته‌اند. سکوبندی جزو آن دسته از عملیات آبخیزداری محسوب می‌شود که کنترل فرسایش خاک و رواناب را از طریق تعدیل در طول و شدت شیب مدنظر قرار می‌دهد. هدف از این پژوهش، بررسی پاسخ هیدرولوژیکی وقایع رگباری در مقیاس پلات‌های دو متر در ۱۰ متر در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی در زیرحوزه‌های کل شیخی از سرشاخه‌های سد پارسیان و تنگ بوان از سرشاخه‌های رودخانه زهره در شهرستان ممسنی است. در همین راستا، پس از مشاهدات میدانی، مکان‌های مناسب جهت استقرار نه پلات در اراضی سکوبندی و نه پلات در اراضی فاقد سکوبندی در سه سایت مطالعاتی با بافت خاک متفاوت شناسایی شدند و مقدار رواناب‌ها بعد از اتمام کامل هر رگبار اندازه‌گیری شد. بخش عمده تحقیق متکی بر فعالیت‌های میدانی شامل برداشت ۱۰ رگبار در زمان وقوع بارش، تعیین حجم رواناب در سه منطقه مطالعاتی مذکور شامل ۱۸ پلات طی سال‌های ۲۰۲۰ لغایت ۲۰۲۱ بود.

مواد و روش‌ها: پس از مطالعه و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، خاکشناسی، پوشش‌گیاهی، شیب مناطق مورد مطالعه و پیمایش‌های میدانی و با در نظر گرفتن سابقه احداث سکو، منطقه مناسب برای طرح آزمایشی تعیین شد و سپس تعداد ۱۸ قطعه یا پلات در سه منطقه و سه زیر حوزه آبخیز (نه پلات در اراضی سکوبندی و نه پلات در اراضی اقد سکو) با ابعاد ۱۰ متر طول و دو متر عرض با مختصات دقیق احداث و حجم رواناب کل پس از هر رویداد بارندگی اندازه‌گیری شدند. به‌منظور اندازه‌گیری رواناب از ظروف مدرج استفاده شد. اندازه‌گیری رواناب برای ۱۰ رویداد رگبار طبیعی از تاریخ ۱۸ ژانویه سال ۲۰۲۰ تا ۳۰ آوریل ۲۰۲۱ (۱۰ رگبار) صورت گرفت. در نهایت برای انجام تجزیه و تحلیل آماری، بعد از تهیه بانک اطلاعاتی داده‌ها در نرم‌افزار Excel 2016، آماره‌های مختلف توصیفی رواناب در نرم‌افزار SPSS 21 محاسبه شدند.

یافته‌ها: نتایج مشاهداتی در سایت اول، دوم و سوم بیان‌گر کاهش حجم رواناب در اراضی سکوبندی نسبت به اراضی فاقد سکوبندی به‌ترتیب ۸/۸۸، ۳/۲۸ و ۱۵/۶ برابر بودند. همچنین، انجام آزمون t نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۱$) حجم رواناب تولیدی بین میانگین‌ها در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی در سایت‌های مطالعاتی بود. در حداکثر بارش ۱۱۸ میلی‌متر حداقل رواناب تولیدی به‌ترتیب در سایت‌های دوم، اول و سوم به‌ترتیب با حجم رواناب ۶/۵، ۲/۶۷ و ۰/۵۲ بهترین کارایی در کنترل رواناب، فرسایش و رسوب را با دارا بودن سازندهای "پابده‌گورپی" و رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان که از نظر حساسیت در ردیف سازندهای بحرانی در حوضه از لحاظ تولید رواناب فرسایش و رسوب هستند، دارا است.

نتیجه‌گیری: سکوها یکی از بارزترین اثرانگشتان بشریت در بوم‌سازگان‌های زمینی هستند که با هدف ایجاد سطوح جدیدی برای کشت در مناطق شیب‌دار، کاهش رواناب و فرسایش خاک، برداشت و ذخیره آب باران، تجمع زیست‌توده با افزایش تولید محصولات و بازسازی خود بوم‌سازگان‌ها انجام می‌شوند. تغییر اساسی در مورفولوژی زمین منجربه تغییر در نفوذ آب و فرآیندهای تولید رواناب و در نهایت تأثیر بر کل چرخه آب از سکو واحد تا شیب، حوزه آبریز و مقیاس چشم‌انداز می‌شود. جامعه علمی چندین دهه است که در حال بررسی آثار زیست‌محیطی مربوط به سکو و فرآیندهای هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی در مناظر پلکانی است. با توجه به خلا تحقیقاتی در بررسی اثرات این عملیات کنترل فرسایش و رواناب در کشور به‌طور عام و در منطقه هدف به‌طور خاص، پژوهش حاضر به بررسی تغییرپذیری مولفه‌های هیدرولوژیکی مثل رواناب و هدررفت خاک در تاکستان‌ها و انارستان‌های سکوبندی‌شده و فاقد سکوبندی در شرایط رگبار طبیعی پرداخت. براساس نتایج، شایسته است که اقدامات سکوبندی در برنامه‌های مدیریت رواناب‌ها در جهت افزایش رطوبت و نگهداشت خاک که سبب افزایش تولید و درآمد خالص بهره‌برداران خواهند شد با مشارکت مردم در قالب طرح‌های یارانه‌ای با تشویق بهره‌برداران با ارائه تسهیلات بانکی بلاعوض، اجرای این عملیات به‌عنوان یک فرهنگ نهادینه شود. نهایتا این که سکوبندی به‌عنوان روشی کم هزینه می‌تواند در بهبود سازندهای حساس به تولید رواناب ، ایجاد فرسایش و رسوب عمل کند.

واژه‌های کلیدی: پلات صحرایی، حفاظت آب و خاک، رواناب، سکوبندی، شیب

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

مقدمه

میزان وقوع رواناب در کنار ویژگی‌های خاک به شدت تحت تاثیر درجه شیب زمین قرار می‌گیرد. در مورد اثر شیب بر شدت رواناب، عقیده بر این است که با افزایش شیب زمین به‌دلیل کاهش فرصت نفوذ شدت رواناب افزایش می‌یابد. پژوهش‌های مختلف نیز موید نقش موثر شیب بر رواناب است. بررسی مقدار رواناب در بوته‌زارهای نیمه‌خشک اسپانیا با استفاده از باراساز نشان می‌دهد که شیب زمین در کنار پوشش‌گیاهی و نوع خاک بر مقدار رواناب اثر می‌گذارد. بیشترین مقدار رواناب و فرسایش در کرت‌های با شیب بالاتر اتفاق افتاد (Navas, 1993).

از جمله اقدامات آبخیزداری موثر در کاهش میزان فرسایش و رواناب می‌توان به عملیات زیستی، مکانیکی و زیست‌مکانیکی شامل بذرپاشی[1]، نهال‌کاری[2]، بذرکاری[3]، خشک‌چین[4]، گابیون[5] و سکوبندی[6] اشاره کرد (Soleimani, 2014). سکوبندی در بسیاری از نقاط کشور به‌عنوان یک دانش بومی شناخته شده است ولی متاسفانه این روش از جمله روش‌های و عملیات در آبخیزداری و منابع طبیعی است که علی‌رغم رایج بودن آن، کمتر مورد تحقیق و پژوهش قرار گرفته است (Moghim, 2014). عملیات سکوبندی در اراضی حاصل‌خیز که از جنبه‌ی تولید اقتصادی توان زیادی دارند، طراحی و اجرا می‌شود. سکوها موجب حذف شیب طولی دامنه‌ها می‌شوند، لذا تاثیرشان بر روی رواناب و کاهش فرسایش خاک از طریق حذف نمودن شیب صورت می‌گیرد (Wei *et al.*,2016). در مقایسه با دامنه‌های طبیعی، سکو می‌تواند دامنه‌های اصلی را تغییر شکل دهد؛ به‌عنوان مثال، شیب، طول، انحنا، زبری و اتصال هیدرولوژیکی را تغییر دهد، ویژگی‌های خاص رواناب و نفوذ را تغییر دهد و حوزه‌های ریزآبخیز زیادی را برای اهداف برداشت آب باران ایجاد کند (Rockström *et al.*, 2015). سکوبندی یکی از مهم‌ترین سامانه‌های جلوگیری از فرسایش خاک، صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش تولید محصولات کشاورزی بوده است. علی‌رغم داشتن سابقه طولانی، اثرات گسترده و سازوکارهای سکو به‌دلیل الگوهای توزیع مکانی و زمانی در مقیاس بزرگ و چالش‌های مربوط به ارزیابی خدمات بوم‌سازگان مناظر سکو، ضعیف شناخته می‌شوند. درک پیچیدگی و تأثیرات چندوجهی سکوبندی برای ساخت و مدیریت سکو حیاتی است، اما تأثیرات منفی سکوبندی با افزایش سن سکو، ظهور پیدا می‌کند. با افزایش سن سکوبندی، به تدریج معایبی از جمله تداخل در گردش آب و ایجاد مشکلات جدی زیست‌محیطی ناشی از سکوهای ضعیف طراحی‌شده یا سوءمدیریت‌شده، ظاهر می‌شود که منجربه آن می‌شود که میانگین رواناب و هدررفت خاک یک تا پنج برابر شود. این مشکلات معمولاً در نظر گرفته نمی‌شوند و مطالعات موجود دارای کاستی‌های متعددی هستند (Deng *et al.*, 2021). در چند سال گذشته، چشم‌اندازهای سکوبندی‌شده در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته‌اند؛ به‌عنوان مثال، دیوارهای سنگی با نام سکو توسط میراث یونسکو در نوامبر (2018) به‌عنوان یکی از اجزای اساسی سامانه‌های کشاورزی، هم از نظر ارزش فرهنگی و هم از نظر اهمیت در تضمین تولید غذا در محیط‌های نامساعد شناخته شدند (Federco *et al.*, 2021).

کلاروستاقی و همکاران (Klarostaghi *et al.*, 2008) در پژوهش خود که در اراضی کشاورزی روستای رسکت در منطقه دودانگه شهرستان ساری انجام دادند، رواناب و رسوب ناشی از رگبارهای منفرد در مقیاس کرت و تحت سناریوهای مدیریت اراضی مختلف را اندازه‌گیری و مقایسه کردند. نتایج نه رخداد بارش منجر به تولید رواناب و رسوب نشان دادند که بیش‌ترین مجموع مقدار رسوب در دوره پژوهش در کرت با شخم در جهت شیب و به مقدار ۱۵۶ گرم در متر مربع به‌دست‌آمد. همچنین، کشت روی سکو با میزان رسوب ۶/۲ گرم در متر مربع کم‌ترین رسوب را به‌همراه داشت. بیش‌ترین مقدار ضریب رواناب مربوط به تیمار شاهد بدون اعمال شخم ۲۱/۲۴ درصد و کم‌ترین ضریب رواناب مربوط به تیمار کشت روی سکو ۷/۰۸ درصد بودند. به‌علاوه، نتایج نشان دادند که مراحل شخم کرت‌ها اوایل رشد و تا حدودی در مرحله برداشت محصول حساس‌ترین مواقع از لحاظ تولید رسوب بودند.

در پژوهشی در حوزه آبخیز چمانی استان گلستان، نشان دادند که درصد ازت و درصد کربن آلی در منطقه سکوبندی‌شده به‌طور معنی‌داری از منطقه‌ی سکوبندی‌نشده کمتر بود. از طرف دیگر، فسفر قابل جذب، درصد مواد خنثی‌شونده‌ی خاک و درصد رس خاک در منطقه‌ی سکوبندی‌شده بیشتر از منطقه‌ی سکوبندی‌نشده بودند (Nasiri *et al.*, 2008).

پرویزی (Parvizi, 2014) پژوهشی را با هدف بررسی ظرفیت این عملیات در مناطق رویشی زاگرس شمالی و مرکزی در ترسیب کربن اتمسفری اجراء کرد. به این منظور در هر یک از استان‌های کردستان، کرمانشاه، لرستان و فارس یک یا چند سایت که عملیات یادشده برمبنای الگوهای سنتی یا جدید آبخیزداری اجراء شده بود، به‌عنوان معرف انتخاب، سپس با عملیات میدانی نمونه‌برداری خاک، زیست‌توده و لاشبرگ به‌صورت سیستماتیک تصادفی در سایت‌های مطالعاتی و شاهد انجام شد. اندازه‌گیری کربن آلی و دیگر آزمایش‌های خاک و نیز ضریب تبدیل کربن برای نمونه زیست‌توده و لاشبرگ محاسبه و ذخیره کربن در هکتار محاسبه شد. سپس، مقادیر شاخص‌های ترسیب کربن در هر هکتار محاسبه شدند. نتایج نشان دادند که عملیات اجراءشده که عمدتاً به‌صورت درخت‌کاری همراه با عملیات پخش سیلاب و آبخوانداری و بانکت‌بندی و سامانه‌های سنتی سکوبندی و سکوبندی همراه با کشت درخت و درختچه و یا همراه با زراعت بود، موفق به ترسیب از ۴۴/۹ تا ۴۴۷/۴ تن کربن در هکتار شد. از میان عملیات مورد ارزیابی، سامانه سنتی سکوبندی همراه با کشت درختان مو و بادام موفق‌تر از سایر اشکال عملیات بود.

[1] Broadcasting or broadcast seeding
[2] Planting trees
[3] Seedling
[4] Dry chin
[5] Gabion
[6] Terrace

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

در پژوهشی دیگر، نشان دادند که پروژه‌های آبخیزداری منجربه افزایش متغیرهایی ازجمله زمان تمرکز و طول آبراهه‌ی اصلی و کاهش۲۲ و ۴۹ درصدی در حجم سیلاب سالانه به‌ترتیب در زیرحوضه‌های A و C شدند (Darabi *et al*., 2007). همچنین، در صورت وجود بارش 24 ساعته، به‌علت افزایش در کاربری‌های اراضی مرتعی (از وضعیت ضعیف به خوب) و احداث سازه‌های آبخیزداری، سیل‌خیزی منطقه کاهش یافت. هدف از تحقیق مذکور نیز ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری بیولوژیک، مدیریتی و سازهای مکانیکی و تأثیر آن بر روی میزان کاهش فرسایش، رسوب و متغیرهای پوشش حفاظتی زمین در فاصله‌ی سال‌های اجرای ۲۰۰۱–۲۰۱۰ در حوزه‌ی آبخیز شهری خرم‌بید از سرشاخه‌های سد سیوند در استان فارس بود. به این‌منظور، امتیاز عامل‌های مدل تجربی MPSIAC اصلاح‌شده به‌کمک نرم‌افزار GIS برای شرایط قبل و بعد از عملیات آبخیزداری بر روی دامنه و برداشت مستقیم رسوب پشت سازه‌ها تعیین شد. سپس با مقایسه‌ی تغییر امتیاز عامل‌ها، اثرگذارترین برنامه‌های آبخیزداری مشخص شدند. نتایج بیان‌گر معنی‌دار بودن تغییرات رسوب‌دهی زیرحوضه‌ها در سطح ۰/۰۵ و نشان‌دهنده کارا بودن پروژه‌های مدیریت آبخیزداری در کاهش رسوب‌دهی بودند. همچنین، در مطالعه دیگر (Darabi *et al*., 2007) عدم تعادل سیستمی در حوزه‌ی آبریز شهری خرم‌بید که سبب تشدید سیلاب‌های شهری، افزایش فرسایش و رسوب‌گذاری خاک در پشت سدهای مخزنی شد و تخریب اراضی کشاورزی و جاده‌ها و روستاها و در ادامه کاهش توان تولید منابع تولیدی را مورد بررسی قراردادند. این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد پروژه‌های مدیریتی، بیولوژیک، زیست‌سازه‌ای و سازه‌ای بر رواناب خروجی و سیل‌خیزی در آبخیز خرم‌بید در استان فارس انجام شد. نتایج نشان دادند که پروژه‌های آبخیزداری منجربه افزایش متغیرهایی ازجمله زمان تمرکز و طول آبراهه‌ی اصلی و کاهش ۴۹ و ۲۲ درصدی در حجم سیلاب سالانه به‌ترتیب در زیرحوضه‌های A و C شدند. همچنین، در صورت وجود بارش ۲۴ ساعته، به‌علت افزایش در کاربری‌های اراضی مرتعی (از وضعیت ضعیف به خوب) و احداث سازه‌های آبخیزداری، سیل‌خیزی منطقه کاهش یافت.

جراف و آموالو (Graff & Amsalu, 2007) در اراضی مرتفع اتیوپی، تخریب زمین ناشی از فرسایش خاک و مواد مغذی که یک مشکل جدی محیطی، اجتماعی و اقتصادی بود را مورد بررسی قراردادند. اگرچه روش‌های حفاظت آب و خاک در دهه‌های گذشته به‌طور گسترده‌ای ارائه شده‌اند، پایداری استفاده از اقدامات به اندازه مورد انتظار نبوده است. پژوهش فوق براساس اطلاعات به‌دست آمده از ۱۴۷ خانوار کشاورز، عوامل تعیین‌کننده پذیرش کشاورزان و استفاده مداوم از سکوهای سنگی معرفی‌شده در حوضه آبریز اتیوپی را مورد بررسی قرار داد. یک مدل تصمیم‌گیری متوالی از رویکرد دو بعدی پروبیت[7] برای تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرارگرفت. این نتایج نشان می‌دهند که عوامل مؤثر بر پذیرش و ادامه استفاده از سکوهای سنگ متفاوت هستند. پذیرفتن تحت تأثیر سن کشاورزان، اندازه مزرعه، آگاهی و درک نسبت به سودبخشی تکنولوژی، شیب، اندازه دام و حاصل‌خیزی خاک، در حالی‌که تصمیم به ادامه استفاده از تکرار تحت تاثیر واقعی سودآوری فناوری، شیب، حاصل‌خیزی خاک، اندازه خانواده، اندازه مزرعه و مشارکت در کار غیر کشاورزی قرار دارد.

مطابق با مطالعات آلکودا و همکاران (Al Qudah *et al*., 2015)، برای درک بهتر ویژگی‌های باران، رواناب و نفوذ در شرایط سطح سکو و فاقد سکو، آزمایش‌های شبیه‌سازی بارانی در منطقه مورد مطالعه انجام شدند. همچنین، این روش با موفقیت در حوضه یرموک در شمال اردن برای درک بهتر شارژ آب‌های زیرزمینی در آن منطقه مورد استفاده قرار گرفت. در تحقیق دیگر، آلکودا و همکاران (Al Qudah *et al*., 2016) تأثیرات هیدرولوژیکی سکوبندی باستانی در اردن را مورد مطالعه قرار دادند. سکوی گسترده یکی از اجزای مهم رژیم مدیریت آب و کشاورزی در منطقه‌ی پترا بود. عملکرد دقیق (مشخص) این سکوها، از نظر کمی و کیفی بررسی شدند. مطالعات میدانی و مدل‌سازی رایانه‌ای برای دو سایت در حوضه زهکشی پترا نشان دادند که این سکوها در کاهش رواناب سطحی بسیار موثر بودند. سایت Beidha در قسمت پایین‌تر حوزه آبریز در منطقه تشکیل ماسه‌سنگ قرار می‌گیرد. در اینجا سیستم سکو برای کندکردن جریان آب و به دام انداختن رسوبات طراحی شد. از طرف دیگر، سایت Baqa'a در قسمت بالایی حوضه زهکشی در داخل سازند سنگ‌آهک سیلیکاته کرتاسه بالا قرار داشت. تأثیر سیستم سکو در اینجا بر رواناب قابل‌توجه بود، اما کمتر از سایت Beidha بود. این سیستم بیشتر برای حفاظت از خاک و کشاورزی مناسب بود، زیرا خاک در حالت طبیعی خود از قبل دارای سرعت نفوذ بالایی بود. غفلت و رهاکردن این سکوها در هر دو سایت باعث افزایش رواناب شد که این امر با توسعه دره‌ها و طغیان دوره‌ای پایین‌دست در هسته اصلی شهر باستانی پترا مشهود بود. بر اساس شش مورد مدل‌شده، سکوها توانستند جریان سطحی را به‌طور متوسط ۲۸ درصد با مقادیر بالای ۹۰ درصد هنگام استفاده از داده‌های بارشی ۲۰۱۰ به حداقل برسانند.

در مطالعه‌ای که جیا و همکاران (Jia *et al*., 2017) برای بررسی اثرات سکو روی آب، خاک و تعرق تاج *Pinustabulaeformis* در فلات لوس‌چین انجام دادند، نشان دادند که مدت طولانی سکوسازی یکی از مؤثرترین اقدامات برای حفاظت از آب، خاک و بهبود سایت بود. در این مطالعه، محتوای آب خاک (SWC[8]) و تعرق تاج از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵ در هر دو محیط سکو و شیب در فلات نیمه‌خشک لوس‌چین کنترل شد. نتایج نشان دادند که سکو تأثیرات مثبتی بر محتوای آب خاک در بین لایه‌ها داشت. میانگین محتوای آب خاک در سکو ۲۵/۴ درصد و ۱۳/۷ درصد بیشتر از سطح دامنه در سال ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ بود و تعرق تاج در سایت سکو به‌ترتیب ۹/۱ درصد و ۴/۸ درصد افزایش یافت. این مطالعه نقش حیاتی سکو را در بهبود آب و خاک و کاهش تنش آب در محیط‌های کم آب برجسته می‌کند. بنا بر این، سکو دارای پتانسیل برای بهبود احیای گیاهان پایدار در مناطق با محدود آب است.

[7] Probit

[8] Soil water content

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

ژائو و همکاران (Xua *et al*., 2017) در مطالعه خود ویژگی‌های زمانی و مکانی محتوای آب خاک در لایه‌های متنوع خاک در سکوهای زمینی فلات لس‌چین را بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان دادند که عمق خاک به‌طور قابل‌توجهی بر توزیع محتوی آب خاک در طول زمان و مکان تأثیرگذار بود و جذب آب عمدتاً بین ۱/۰ و ۱/۲ متر عمق خاک در هر دو فصل بارندگی و کل فصل رخ داد. علاوه بر این، توزیع آب در خاک تنوع مکانی متوسطی را نشان داد و به‌طور معمول در هر عمق توزیع شد. ثبات زمانی الگوهای مکانی SWC برای هر دو دوره سال و فصل باران قوی بود. ذرات خاک عامل اصلی تأثیرگذار بر میانگین اختلاف نسبی بودند و تراکم ریشه عامل اصلی تأثیرگذار بر انحراف معیار تفاوت‌های نسبی بود. در نتیجه، میزان آب در خاک در سکوها ثبات زمانی قوی‌تری را در طول فصل بارندگی نسبت به دوره سال نشان داد. در پژوهش دیگری، وی و همکاران (Wei *et al*., 2019) اثرات سکو و پوشش گیاهی بر حفظ رطوبت خاک در یک حوزه آبریز تپه‌ای در چین را بررسی کردند. در این مطالعه، ۷۰ سایت نمونه‌برداری در دامنه‌های مختلف کوهستانی انتخاب و میزان نگهداشت آب اندازه‌گیری شد. نتایج آن‌ها نشان دادند که سکوبندی به‌طور کلی نقش بسیار مثبتی در افزایش آب خاک داشت. به‌طوری‌که میزان رطوبت را از ۰/۸۲ درصد به ۳۷/۷۱ درصد افزایش داد و به‌علاوه درختان و بوته‌های معرفی‌شده معمولاً باعث کاهش بیشتر آب خاک نسبت به گیاهان طبیعی در شرایط محیطی مشابه شدند. تعداد کمی از تپه‌های اصلی که توسط چمن‌های طبیعی پوشیده شده‌اند می‌توانند آب خاک را بهتر حفظ کنند، زیرا تفاوت زیادی در استراتژی‌های استفاده از آب بین گونه‌های کاشته‌شده و طبیعی وجود دارد.

تحقیق نیلی (Nilly, 2000) در روستای کمتیک شهرستان چادگان استان اصفهان بر روی اراضی سکوبندی‌شده نشان داد که میزان برداشت محصول سیب‌زمینی از ۱۷ تن در هکتار زمین‌های بدون سکوبندی به ۳۰ تن در هکتار از زمین‌های سکوبندی‌شده افزایش پیداکرد. همچنین، وی نشان داد که هزینه‌ی عملیات زراعی به میزان ۲۳ درصد کاهش یافت و علت این کاهش، صرفه‌جویی در مصرف کود، بذر، کارگر و استفاده راحت‌تر از ماشین‌آلات کشاورزی اعلام شد. براساس این نتایج، درآمد حاصل از زمین‌های سکوبندی شده نسبت به زمین‌های سکوبندی‌نشده ۴۳ درصد رشد داشت و نسبت سود به هزینه با نرخ ماهی ۲۰ درصد به ۱/۷ درصد و نرخ بازه داخلی برابر ۳۳/۷ درصد رسید که نشان‌گر پویایی اقتصادی این عملیات بود.

در مطالعه‌ای در کشور رواندا، که به‌عنوان کشور هزارتپه شناخته می‌شود و در معرض چالش‌های شدید فرسایش خاک است، اثرات سکوهای با شیب معکوس در حوزه آبخیز سیبیا، که در رواندا سکوهای رادیکال نامیده می‌شوند، با استفاده از شاخص‌های فرسایش در زمین‌های کشاورزی، کیفیت آب‌های سطحی بررسی شد. نمونه‌های آب در ۱۲ مکان استراتژیک در امتداد رودخانه سیبیا جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی همبستگی بین استفاده از زمین و متغیرهای کیفیت آب مشخص شدند. نتایج نشان دادند که سکوهای رادیکال توانستند ابزاری برای کاهش فرسایش خاک و بهبود کیفیت آب در حوزه آبخیز سیبیا باشند، به‌خصوص اگر همراه با روش‌های بازیافت آب و گزینه‌های مدیریت مزرعه باشند (Uwacu, 2020). تحقیق دیگری نشان داد که تخریب سکوهای کشاورزی یک چالش اساسی برای حفاظت از خاک و آب در تاکستان شیب‌دار تلقی می‌شود. اگرچه سکوبندی یک روش حفاظت گسترده است، اما پایداری آن توسط شرایط نامساعد آب و هوایی و ساخت بشر تهدید می‌شود (Pijl, 2021).

مشاهدات میدانی ون و همکاران (Wen *et al*., 2021) نیز بر روی تپه‌های سکودار و نیمه‌متروکه در منطقه خاک سیاه در شمال‌شرقی چین، منطقه‌ای که از اواسط قرن بیستم به‌شدت تحت‌تأثیر فرسایش خندق قرار گرفته است، نشان می‌دهند که تشکیل خندق ممکن است توسط سکو ایجاد شود. تأثیرپذیری رواناب و رسوب از اقدامات حفاظتی چکدم و تراس را بررسی کردند. نتایج ایشان آنها دادند که استفاده از چکدم سد در حوضه رودخانه چنگو به‌طور متوسط ۵۵/۶۱ درصد از رواناب و ۴۷ درصد از هدررفت خاک در حوضه را کاهش داد و تراس‌بندی نیز تولید رواناب را تا ۱۰/۵۴ درصد و از هدررفت خاک را تا ۳۳/۸ درصد کاهش داد.

عملیات احداث سکوبندی نقش مهمی را در اصلاح شیب، کاهش رواناب و فرسایش خاک، افزایش رطوبت در لایه‌های مختلف خاک و در نهایت افزایش تولیدات باغی و کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایفا می‌کنند. با توجه به این که سکوبندی سابقه دیرینه‌ای در استان فارس دارد، درسال‌های اخیر این روش‌ها بیش از پیش به اجرا درآمده‌اند. از طرفی، تحقیقات کافی در زمینه اثرات مثبت این روش‌ها بر ویژگی‌های مقدار رواناب، فرسایش، رسوب و افزایش تولید در اراضی باغی وجود ندارند. بنا بر این، بررسی اثرات این عملیات اصلاحی بر فاکتورهای رواناب، فرسایش خاک، رسوب‌گذاری در پایین‌دست، افزایش مقدار رطوبت در لایه‌های خاک و افزایش مقدار تولید در اراضی باغی ضروری به‌نظر می‌رسد. همچنین، بین ۳۰ تا ۱۰۰ سال از اجرای عملیات سکوبندی به‌ترتیب در دو منطقه کل شیخی و تنگ بوان گذشته است و تاکنون مطالعه جامعی در مورد تاثیر عملیات اصلاحی سکوبندی در منطقه ممسنی در استان فارس انجام نگرفته است. لذا، با توجه پیشینه پژوهش ارائه‌شده، بررسی تغییرات رفتاری حجم رواناب در مقیاس رگبار و در پلات‌های دو متر در ۱۰ متر در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی در زیرحوزه‌های کل شیخی از سرشاخه‌های سد پارسیان و تنگ بوان از سرشاخه‌های رودخانه زهره در شهرستان ممسنی طراحی و اجرا شد.

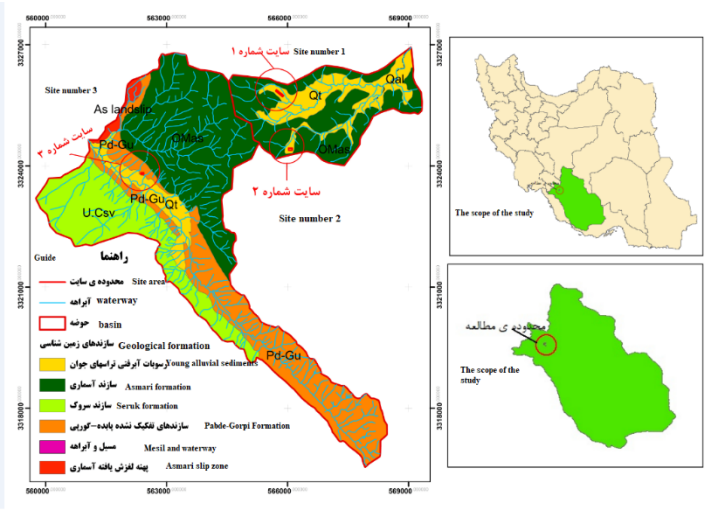
مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل دو زیرحوزه هیدرولوژیکی مجزا که یکی تحت عنوان حوزه آبخیز کل شیخی از زیر حوزه‌های سد پارسیان در ۴۰ کیلومتری شهرستان ممسنی و یک حوزه دیگر تحت عنوان حوزه آبخیز تنگ بوان از سرشاخه‌های زهره در فاصله ۱۰ کیلومتری شهرستان ممسنی و این محدوده‌ها در ۱۵۰ کیلومتر مرکز کلان‌شهر شیراز واقع شده‌اند. الگوی کشت این مناطق باغات انگور، انار بادام و انجیر است. حوضه‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

مطالعاتی در استان فارس، در ارتفاعات شهرستان ممسنی قرار گرفته‌اند و موقعیت جغرافیایی بین "۱۱ ′۳۷ °۵۱ تا "۴۲′۹۸ °۵۱ طول شرقی و"۴۰ ′۵۸ ۲۹ تا"۱۳ ′۴ ۳۰ عرض شمالی با مساحتی حدود ۳۱۴۸ هکتار است (شکل ۱). سکوبندی از دیر باز در کشور ایران متداول بوده است و عمدتاً برای اهداف مختلفی به‌کار برده شده است. بر اساس پژوهش راهی (۲۰۰۹)، سابقه سکوبندی در آبخیز تنگ بوان به دوره ساسانیان برمی‌گردد و در آبخیز کل شیخی از سرشاخه‌های سد پارسیان بین ۲۵ تا ۵۰ سال بر اساس شواهد عینی است.



شکل ۱- موقعیت و نوع سازند زمین‌شناسی در محل سایت‌های آبخیز کل شیخی و تنگ بوان در استان فارس
Figure 1. The location and type of geological formation in the sites of Kol Sheikhi and Tang Bawan watersheds in Fars Province

مشخصات حوزه آبخیز کل شیخی (سایت اول و دوم)

کاربری اراضی کشاورزی و باغات انگور و بافت خاک عمدتاً لوم‌رسی است و از نظر زمین‌شناسی رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان و متوسط ارتفاع ۱۹۷۷ متر از سطح دریاهای آزاد با شیب متوسط وزنی ۱۴/۳۸ درصد و جهت شیب غالب جنوب‌شرقی است (شکل ۱). اقلیم حوزه سرد و مرطوب با متوسط بارندگی ۸۵۰ میلی‌متر در سال متوسط دما ۱۶ درجه سانتی‌گراد از نقطه نظر پوشش گیاهی در باغات درختان انگور با پوشش یک‌ساله و در اراضی که به‌صورت جنگل و مرتع مانده‌اند و دست‌نخورده‌اند پوشش اشکوب بالا درختان بلوط و زیراشکوب پایین گون و گونه‌های یک‌ساله هستند.

مشخصات حوزه آبخیز تنگ بوان (سایت سوم)

کاربری اراضی باغات انار و گردو و بافت خاک لوم، رسی‌شنی است و از نظرزمین‌شناسی سازند پابده-گورپی و متوسط ارتفاع ۱۸۴۳ متر از سطح دریاهای آزاد با شیب متوسط وزنی ۵۱/۶ درصد و جهت شیب غالب غرب است (شکل ۱). اقلیم حوزه سرد و معتدل با متوسط بارندگی ۶۵۰ میلی‌متر در سال متوسط دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد از نقطه نظر پوشش گیاهی در باغات درختان انار با پوشش یک‌ساله و در اراضی که به‌صورت جنگل و مرتع مانده و دست‌نخورده‌اند. پوشش اشکوب بالا درختان بلوط، بنه و بادام زیراشکوب پایین گون و خوشک و گونه‌های یک‌ساله است. شکل (۲) نمایی از باغات سکوبندی‌شده در سایت تنگ بوان از سرشاخه‌های حوضه شهرستان ممسنی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایی از باغات سکوبندی‌شده در سایت تنگ بوان از سرشاخه‌های حوزه شهری شهرستان ممسنی
Figure 2. A view of the terraced gardens in the Tang Boan site from the headwaters of the Mamsani basin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

روش مکان‌یابی پلات‌ها

پس از مطالعه و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش‌گیاهی، شیب مناطق موردمطالعه و پیمایش‌های میدانی و با در نظر گرفتن سابقه احداث سکو، منطقه مناسب برای طرح آزمایشی تعیین شد و سپس تعداد ۱۸ قطعه یا پلات در سه سایت و دو زیرحوزه آبخیز (نه پلات در اراضی سکوبندی و نه پلات در اراضی فاقد سکوبندی) با ابعاد ۱۰ متر طول و ۲ متر عرض با مختصات دقیق احداث و رواناب پس از هر رویداد بارندگی اندازه‌گیری شدند. شکل (۳) پلات‌های احداث‌شده و مراحل اندازه‌گیری رواناب در حوزه کل شیخی از سرشاخه‌های سد پارسیان در شهرستان ممسنی را نشان می‌دهد.



شکل ۳- پلات‌های احداث‌شده و مراحل اندازه‌گیری حجم رواناب در حوزه کل شیخی از سرشاخه‌های سد پارسیان در شهرستان ممسنی
Figure 3. Constructed plots and the stages of measuring the runoff volume in the Sheikhi area of the main branches of the Parsian dam in Mamsani City

جدول ۱- مشخصات کلی پلات‌های اندازه‌گیری در منطقه‌ی مورد مطالعه
Table 1. General characteristics of measurement plots in the study area

منطقه مطالعاتی Study area	سکوبندی Terraced	فاقد سکوبندی Non Terraced	شماره پلات Plot number	مختصات جغرافیایی Geographical coordinates X	مختصات جغرافیایی Geographical coordinates Y	شیب (درصد) Slope (percentage)	پوشش گیاهی Vegetation	بافت خاک Soil pattern	فرم گیاهی Plant form	زمین‌شناسی Geology
سایت اول (حوضه کل شیخی) The first site (Kol Sheikhi basin)	*		1	565813	3325783	5	گراس‌های یک‌ساله Annual grasses	لومی رسی Clay loam	گراس Grass	رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان Alluvial deposits of young terraces
	*		2	565726	3325855					
	*		3	565789	3325808					
		*	4	565878	3325735	25	گراس‌های یک‌ساله Annual grasses	لومی رسی clay loam	گراس grass	رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان Alluvial deposits of young terraces
		*	5	565813	3325797					
		*	6	565809	3325790					
سایت دوم (حوضه کل شیخی) The second site (Kol Sheikhi Basin)	*		7	566044	3324426	5	گراس‌های یک‌ساله Annual grasses	لومی رسی clay loam	گراس grass	رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان Alluvial deposits of young terraces
	*		8	566034	3324411					
	*		9	566049	3324401					
		*	10	566088	3324417	20	گراس‌های یک‌ساله Annual grasses	لومی رسی clay loam	گراس grass	رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان Alluvial deposits of young terraces
		*	11	566099	3324422					
		*	12	566111	3324434					
سایت سوم (حوضه تنگ بوان) The third site (Tang Bawan Basin)	*		13	562396	3323813	2.5	گراس‌های یک‌ساله Annual grasses	لومی رسی clay loam	گراس grass	پابده گورپی Pabde Gurpi
	*		14	562389	3323821					
	*		15	562416	3323806					
		*	16	562396	3323813	25	بوته زار bushland	شنی رسی sandy clay	فورب Forbes	پابده گورپی Pabde Gurpi
		*	17	562380	3323810					
		*	18	562398	3323808					

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

اندازه‌گیری نمونه‌ها و تحلیل آماری

رواناب کل ناشی از هر واقعه رگبار در دبه‌های ۲۰ لیتری جمع‌آوری شد و سپس حجم رواناب با استفاده از ظروف مدرج محاسبه شد. اندازه‌گیری رواناب برای ۱۰ رویداد رگبار طبیعی از تاریخ ۱۶ ژانویه ۲۰۲۰ تا ۳۰ آوریل ۲۰۲۰(۱۰ رگبار) صورت گرفت. در نهایت، برای انجام تجزیه و تحلیل آماری، بعد از تهیه بانک اطلاعاتی داده‌ها در نرم‌افزار Excel 2016، آماره‌های مختلف توصیفی رواناب در نرم‌افزار SPSS 21 محاسبه شدند. همچنین، برای بررسی و تحلیل مقایسه‌ای حجم رواناب تولیدی ناشی از وقایع رگباری در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی از آزمون t استفاده شد.

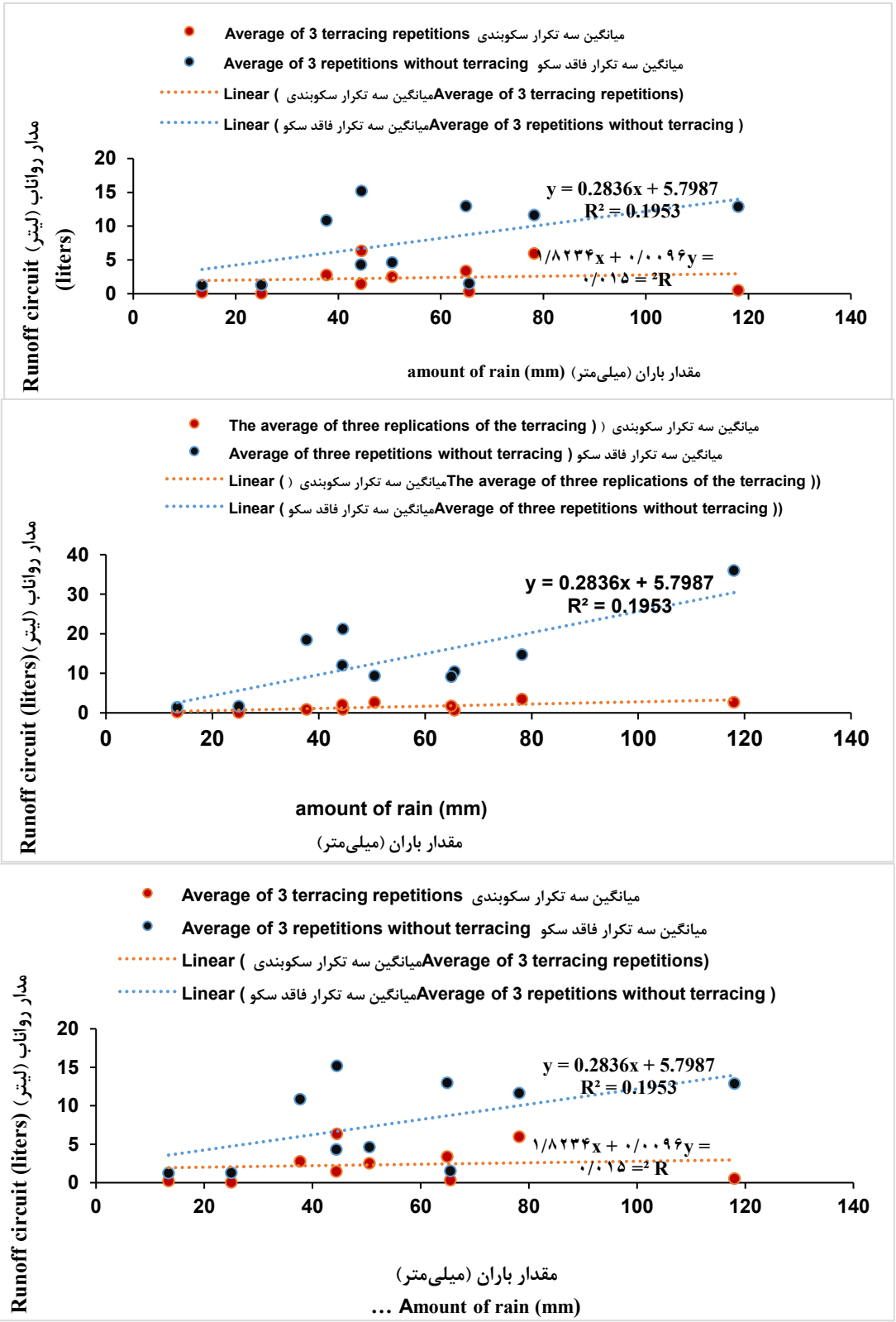
نتایج و بحث

مدیریت صحیح یک سایت کشاورزی بر شناخت عوامل مؤثر و بررسی رفتار آن‌ها در شرایط متفاوت است. نقش خصوصیات کلی توپوگرافی (شیب و جهت شیب)، بارش (مقدار، شدت و مدت)، سازنده‌های زمین‌شناسی، بافت خاک و لایه‌های پوششی زمین بر تولید رواناب‌های سطحی و افزایش و کاهش نفوذپذیری خاک امری بدیهی است. در این پژوهش، با استفاده از پلات‌های آزمایشی در شرایط رگبار طبیعی، در وضعیت اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی در سه سایت باغی (باغات انگور دیم و انار آبی) با اجرای سکوبندی شیب اراضی از ۲۵ درصد به ۵ درصد در سایت‌های شماره ۱ و ۲ و در سایت شماره ۳ به ۲/۵ درصد تعدیل شده است. با تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل و ایجاد رابطه همبستگی بین مقدار بارش رگبارهای طبیعی و مقدار رواناب خروجی از پلات‌های (۲۰ مترمربعی)، نتایج زیر به‌دست آمدند. طبق نتایج جدول ۲، در سایت اول در مجموع رواناب خروجی کل پلات‌ها ۱۵/۱۲ لیتر معادل ۰/۲۵ لیتر در مترمربع در اراضی سکوبندی و در اراضی فاقد سکو ۱۳۴/۳ لیتر معادل ۲/۲۳ لیتر در مترمربع به‌دست آمد. از طرف دیگر، ضرایب همبستگی بین مقدار بارش و رواناب خروجی از پلات‌ها در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی به‌ترتیب ۰/۴۹۱ و ۰/۶۰۲ هستند. به‌طور کلی، اراضی سکوبندی نسبت به اراضی فاقد سکوبندی مقدار رواناب را ۸/۸۸ برابر کاهش داده‌اند. در سایت دوم، در مجموع رواناب خروجی کل پلات‌ها ۲۳/۴۳ لیتر معادل ۰/۳۹ لیتر در مترمربع در اراضی سکوبندی و در اراضی فاقد سکو ۷۶/۳۸ لیتر معادل ۱/۲۸ لیتر در متر مربع به‌دست آمد. از طرف دیگر، ضرایب همبستگی بین مقدار بارش و رواناب خروجی از پلات‌ها در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی به‌ترتیب ۰۱۵/ و ۰/۲۷۸ هستند (شکل ۴). به‌طور کلی، اراضی سکوبندی نسبت به اراضی فاقد سکوبندی مقدار رواناب را ۳/۲۸ برابر کاهش داده‌اند. در سایت سوم، با توجه به این که در اراضی سکوبندی شیب زیاد تعدیل داده شده است و از طرف دیگر نوع پوشش‌گیاهی و بافت خاک سبب کاهش رواناب خروجی از پلات‌های شده‌اند، اما در عوض به‌دلایل شیب زیاد، بافت خاک سنگین و نوع پوشش کم، رواناب خروجی در اراضی فاقد سکوبندی زیاد است. نتایج مشاهده‌ای بعد از هر رگبار طبیعی نشان دادند که حجم رواناب در اراضی فاقد سکوبندی ۲۱۱/۷۱ لیتر در مترمربع و ۱۳/۵۷ لیتر در مترمربع در اراضی سکوبندی‌شده بودند. بنا بر این، سکوبندی در سایت مذکور توانست ۱۵/۶ برابر رواناب را کنترل کند و از طرف دیگر با استناد به این موضوع که جاری شدن رواناب و نفوذپذیری رابطه عکس با هم دارند، نفوذپذیری در اراضی سکوبندی بیش‌تر شده است. بر اساس جدول ۱ و شکل ۱، سازنده‌های تشکیل‌دهنده سایت‌های شماره ۱ و ۲ در حوزه کل شیخی شامل رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان و با بافت لومی‌رسی هستند که رواناب تولیدی این سازند با این بافت خاک بالا است. این مشکل با سکوبندی برطرف شد، میزان رواناب کاهش داشت و میزان نفوذپذیری و ظریب نگه‌داشت خاک افزایش داشت. همین روند در سایت شماره ۳ در حوزه تنگ بوان بر روی سازنده‌های پابده گورپی با بافت شنی لومی دارای پتانسیل زیادی برای تولید رواناب و رسوب بود. با احداث سکوبندی میزان تولید رواناب تا ۱۵/۶ برابر نسبت به اراضی فاقد سکوبندی کاهش نشان می‌دهد. همچنین، انجام آزمون t بیان‌گر اختلاف معنی‌دار ($p \leq$ ۰/۰۱) حجم رواناب تولیدی بین میانگین‌ها در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی در سایت‌های شماره اول، دوم و سوم بود.

جدول ۲- مقدار بارش و میانگین سه تکرار حجم رواناب (لیتر) ناشی از رگبار در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی در سایت‌های مطالعاتی
Table 2. The amount of precipitation and runoff after natural storms in terraced and non-terraced lands in the study sites.

سایت سوم The third site		سایت دوم The second site		سایت اول The first site		مقدار باران (میلی‌متر) Amount of rain (mm)
سکوبندی Terraced	فاقد سکوبندی Non-Terraced	سکوبندی Terraced	فاقد سکوبندی Non-Terraced	سکوبندی Terraced	فاقد سکوبندی Non-Terraced	
6.5	30.69	0.52	12.88	2.67	36	118
0.2	6.5	0.04	1.28	0.04	1.63	25
3.7	38.52	2.50	4.62	2.67	9.36	50.50
2.4	56.88	6.33	15.17	0.83	21.17	44.50
0	0.27	0.20	1.23	0.15	1.38	13.40
0.01	1.95	1.43	4.28	2.07	12.03	44.40
0.2	16.83	0.31	1.50	0.67	10.42	65.50
0.2	5.7	2.77	10.83	0.87	18.46	37.70
0.2	34.47	5.95	11.62	3.45	14.70	78.20
0.3	17.53	3.37	12.97	1.70	9.15	64.90

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]



شکل ۴- رابطه همبستگی بین مقدار بارش و حجم رواناب در اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی در سایت‌های اول (بالا)، دوم (وسط) و سوم (پایین)

Figure 4. Correlation relationships between the amount of precipitation and runoff in the terraced and non-terraced lands in the first (top), second (middle), and third (bottom) sites

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

نتیجه‌گیری کلی

انسان در گذر زمان با آزمون و خطا به نتایجی دست یافته است که امروزه به‌عنوان یک تجربه مفید و موفق در زمینه‌های مختلف از جمله عرصه‌های منابع طبیعی کاربرد دارند. شناسایی و بهره‌گیری از تجارب گذشتگان و تلفیق آن با دانش جدید تحول اساسی در افزایش تولید و به‌تبع آن افزایش درآمد را برای ساکنان حوضه‌های آبخیز و عرصه‌های منابع طبیعی به‌دنبال دارند و موجبات حفاظت خاک، آب و کنترل فرسایش را فراهم می‌آورند. دراین تحقیق، تراس‌بندی و سکوبندی به‌عنوان یک فعالیت موفق سنتی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. سکوها یکی از بارزترین اثر انگشتان بشریت در بوم‌سازگان‌های زمینی هستند که با هدف ایجاد سطوح جدیدی برای کشت در مناطق شیب‌دار، کاهش رواناب و فرسایش خاک، برداشت و ذخیره آب باران، تجمع زیست‌توده با افزایش تولید محصولات و بازسازی خود بوم‌سازگان‌ها انجام می‌شوند (Wei *et al*., 2016). تغییر اساسی در مورفولوژی زمین منجر به تغییر در نفوذ آب و فرآیندهای تولید رواناب و در نهایت، تأثیر بر کل چرخه آب از سکو واحد تا شیب، حوزه آبریز و مقیاس چشم‌انداز می‌شود. از سوی دیگر، بنا به اظهارات دنگ (Deng, 2021)، جامعه علمی چندین دهه است که در حال بررسی آثار زیست‌محیطی مربوط به سکو و فرآیندهای هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی در مناظر پلکانی است. با توجه به خلا تحقیقاتی در بررسی اثرات این عملیات کنترل فرسایش و رواناب در کشور به‌طور عام و در منطقه هدف به‌طور خاص، پژوهش حاضر به بررسی تغییرپذیری مولفه‌های هیدرولوژیکی مثل رواناب و هدررفت خاک در تاکستان‌ها و انارستان‌های سکوبندی‌شده و فاقد سکوبندی در شرایط رگبار طبیعی پرداخت. برای بررسی تاثیر اراضی سکوبندی و فاقد سکوبندی اقدام به احداث ۱۸ پلات آزمایشی (نه پلات در اراضی دارای سکو و نه پلات در اراضی فاقد سکو در سه سایت آزمایشی) در تاکستان، احداث ۱۲ پلات آزمایشی (شش پلات در اراضی دارای سکو و شش پلات در اراضی فاقد سکو) در انارستان‌های شهرستان ممسنی، و شش پلات (سه پلات در اراضی سکوبندی و سه پلات در اراضی فاقد سکوبندی) به‌ترتیب در دو حوزه کل شیخی و تنگ بوان با طول ده متر و عرض دو متر گردید.

از نتایج این مطالعه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- بر اساس جدول ۱، در اراضی فاقد سکوبندی که شیب حداکثری ۲۵ درصدی دارند در سایت‌های شماره ۱، ۲ و ۳ مقدار رواناب خروجی از پلات‌ها زیاد است. در نتیجه، افزایش شیب با مقدار رواناب رابطه مستقیم دارد که این افزایش رواناب با سکوبندی و تعدیل شیب به ۵ درصد، کاهش پیدا کرده است که با پژوهش نواس (Navas, 1993) در کشور اسپانیا همخوانی دارد.

۲- با استناد به داده‌های خروجی در قسمت نتایج، حجم رواناب در اراضی سکوبندی نسبت به اراضی فاقد سکوبندی کاهش داشته است که این مقدار در سایت‌های شماره ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب حدود ۳، ۹ و ۱۵/۶ برابر بوده است.

نتایج این پژوهش با تحقیقات کلاروستاقی و همکاران (Klarostaghi *et al*., 2008) و وی و همکاران (Wei *et al*., 2008) هم‌خوانی دارند. به‌طور کلی، اراضی که عملیات سکوبندی در آن‌ها اجرا شده است نسبت به اراضی فاقد سکوبندی که به‌صورت زوجی هم هستند مقدار رواناب را خیلی کاهش داده‌اند و از طرف دیگر، مقدار رطوبت و نگه‌داشت خاک افزایش یافته‌اند و تولید محصول در آن‌ها افزایش داشته است. این نتایج با پژوهش‌های دنگ و همکاران (Deng *et al*., 2021) و نیلی (Nili, 2018) هم‌خوانی دارند. براساس نتایج، شایسته است که یکی از مهم‌ترین اقدامات در برنامه‌های مدیریت رواناب‌ها در جهت افزایش رطوبت و نگه‌داشت خاک که سبب افزایش تولید و درآمد خالص بهره‌برداران خواهد شد با مشارکت مردم در قالب طرح‌های یارانه‌ای با تشویق بهره‌برداران با ارائه تسهیلات بانکی بلاعوض، اجرای این عملیات به‌عنوان یک فرهنگ نهادینه شود.

۳- مطابق با شکل (۱)، موقعیت زمین‌شناسی سایت‌ها (۱ و ۲)، رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان و سایت (۳) سازند پابده-گورپی هستند. هر دو سازند جزء حساس‌ترین سازندهای زمین‌شناسی در تولید رواناب و رسوب هستند. مطابق با خاکسار (Khaksar, 2006)، سازندهای "پابده - گورپی" و رسوبات آبرفتی تراس‌های جوان از نظر حساسیت در ردیف سازندهای بحرانی در حوضه از لحاظ فرسایش و رسوب هستند. مطابق با جدول، در حداکثر بارش ۱۱۸ میلیمتر حداقل رولناب تولیدی به ترتیب در سایت های دوم، اول و سوم به‌ترتیب با حجم رولناب ۶/۵، ۲/۶۷ و ۰/۵۲ بهترین کارایی در کنترل میزان رواناب، فرسایش و رسوب را دارا هستند. این مقدار رواناب نسبت به اراضی فاقد سکوبندی‌شده در شرایط یکسان منطقه به‌ترتیب ۴ درصد (سایت دوم)، ۷/۴ درصد (سایت اول) و ۲۱ درصد (سایت سوم) از کل حجم رواناب تولیدی را دارا است. سکوبندی یکی از بهترین گزینه‌ها در کنترل رواناب در مناطق حساس به تولید رواناب است که با نتایج وی و همکاران (Wei *et al*., 2016) در مورد کنترل رواناب در مناطق خشک و حساس به فرسایش از طریق سکوبندی با شیب ملایم مطابقت دارد.

References

Al Qudah, K., Abdelal, Q., Hamarneh, C., & Abu-Jaber, N. (2016). Taming the torrents: The hydrological impacts of ancient terracing practices in Jordan. *Journal of Hydrology,* 542, 913-922. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2016.09.061.

Al Qudah, K., Abu-Jaber, N., Jaradat, R., & Awawdeh, M. (2015). Artificial rainfall tests, soil moisture profiles and geoelectrical investigations for the estimation of recharge rates in a semi-arid area (Jordanian Yarmouk River Basin). *Environmental Earth Sciences,* 73(10), 6677-6689. DOI:10.1007/s12665-014-3889-y.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

Darabi, M., Qara, D., & Najabat, M. (2017). Evaluation of the performance of watershed management plans on the amount of erosion and sediment transport in the catchment area of Sivand dam in Fars province. *Journal of Hydrogeomorphology,* 14(6), 218-199.

Darabi, M, Malekinejad, H, & Talebi, A. (2019). Evaluation of the performance of watershed management plans on the flood situation of Sivand Dam catchment area in Fars province. *Journal of Hydrogeomorphology,* 23(6), 83-105.

Deng, C., Zhang, G., Liu, Y., Nie, X., Li, Z., Liu, J., & Zhu, D. (2021). Advantages and disadvantages of terracing: A comprehensive review. *International Soil and Water Conservation Research.* 9(3), 344-359. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.03.002.

Jia, X., Zhu, Y., & Luo, Y. (2017). Soil moisture decline due to afforestation across the Loess Plateau, China. *Journal of Hydrology*, 546, 113-122. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.011.

Klarostaghi, A., Ahmadi, H., & Ismaali, A. (2008). Comparison of runoff and sediment production in different agricultural use treatments. *Iranian Scientific-Research Journal of Watershed Sciences and Engineering,* 2(5), 41-52. 20.1001.1.20089554.1387.2.5.5.2.

Katebi Kord, A., Sadeghi, H., &Singh, V P. (2023). Effects of Different Methods for Calculation of Topographic Factor on Precision of Storm-Wise Soil Loss Estimation. *Journal of Watershed Management Research*. *14*(28), 1-13. doi:10.61186/jwmr.14.28.1 [In Persian]

Mein, R. G., & Larson, C. L. (1973). Modeling infiltration during a steady rain. *Water Resources Research,* 9(2), 384-394. https://doi.org/10.1029/WR009i002p00384.

Nili, N. (2000). Investigating the role of terracing in reducing erosion and improving the agricultural, economic and social conditions of watershed residents. *Second National Erosion and Sedimentation Conference*, Lorestan, Khorramabad.

Navas, N. (1993). Soil losses under simulated rainfall in semi-arid shrublands of the Ebro Valley, Spain. *Soil Use and Manage*, 9(4), 152-156.

Nearing, M. A., Wei, H., Stone, J. J., Pierson, F. B., Spaeth, K. E., Weltz, M. A., ... & Hernandez, M. (2011). A rangeland hydrology and erosion model. *Transactions of the ASABE,* 54(3), 901-908. DOI: 10.13031/2013.37115.

Novotny, V., & Olem, H. (1994). Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution. *Van Nostrand Reinhold, New York*. P: 46.

Vice President of Strategic Planning and Supervision. (2008). Basics of designing and implementing guidelines for erosion control structures, guidelines and technical guidelines for belt design and implementation. Publication No. 450-2.

Pijl, A., Quarella, E., Vogel, T. A., D'Agostino, V., & Tarolli, P. (2021). Remote sensing vs. field-based monitoring of agricultural terrace degradation. *International Soil and Water Conservation Research*, 9(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.09.001.

Parvizi, Y. (2014). Investigating the efficiency of traditional methods of rainfed tree planting along with biomechanical operations of watershed management for carbon sequestration in the vegetation areas of North and Central Zagros, *Scientific-Research Journal of Watershed Engineering and Management.* 7(4), 351-341. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2015.103080.

Rockström, J., & Falkenmark, M. (2015). Agriculture: Increase water harvesting in Africa. *Nature News,* 519(7543), 283. DOI:10.1038/519283a.

Rahi, Gh., Fakhri, F., & Toosi, T. (2009). *Survey and Social Evaluation of Traditional Watershed Structures in Bushehr province*, 5th National Conference, 1-7.

Refahi, H. (2014). *Water erosion and its control. Tehran University Press*, 7th edition, 674 pages.

Rutebuka, J., Uwimanzi, A. M., Nkundwakazi, O., Kagabo, D. M., Mbonigaba, J. J. M., Vermeir, P., & Verdoodt, A. (2021). Effectiveness of terracing techniques for controlling soil erosion by water in Rwanda. *Journal of Environmental Management,* 277, 111369.

Soleimani, F. (2014). Investigating the effectiveness of watershed management measures on the amount of erosion and sedimentation in the Khorsan Valley watershed based on the modified Psiak method. *Watershed Promotion and Development Journal*, 3(10).

Wei, H., Nearing, M. A., & Stone, J. J. (2007). A comprehensive sensitivity analysis framework for model evaluation and improvement using a case study of the rangeland hydrology and erosion model. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 945-953. DOI: 10.13031/2013.23159.

Wei, W., Chen, D., Wang, L., Daryanto, S., Chen, L., Yu, Y., & Feng, T. (2016). Global synthesis of the classifications, distributions, benefits and issues of terracing. *Earth-Science Reviews,* 159, 388-403. DOI: 10.1016/j.earscirev.2016.06.010.

Weltz, M. A., Jolley, L., Nearing, M., Stone, J., Goodrich, D., Spaeth, K., & Wei, H. (2008). Assessing the benefits of grazing land conservation practices. *Journal of Soil and Water Conservation,* 63(6), 214A-217A. DOI: 10.2489/jswc.63.6.214A.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]

Wen, Y., Kasielke, T., Li, H., Zhang, B., & Zepp, H. (2021). May agricultural terraces induce gully erosion? A case study from the Black Soil Region of Northeast China. *Science of The Total Environment*, 750, 141715. DOI:10.2489/jswc.63.6.214A.

Xu, G., Zhang, T., Li, Z., Li, P., Cheng, Y., & Cheng, S. (2017). Temporal and spatial characteristics of soil water content in diverse soil layers on land terraces of the Loess Plateau, China. *Catena*, 158, 20-29. 10.1016/j.catena.2017.06.015.

Yousefi, M. E., & Shirani, K. (2023). Assessment of Maximum Entropy (ME) to identify Effective Factors on Gully Erosion and Determination of Sensitive Areas in Alaa Semnan Watershed. *Journal of Watershed Management Research*, 14.28: 37-54.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1284]