# The Effect of Livestock Trampling Routes on Permeability and Sediment Production in the Rangelands of the Senobar Watershed, Torbat Heydarieh, Khorasan Razavi

**Mehdi Bashiri** [a,*]
[a]*Assistant professor, Department of Nature Engineering and Medicinal Plants, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh , Iran*

*Research Full Paper*
**Article History (Received: 2025/02/14 Accepted: 2025/05/21)**

**Extended abstract**

**1- Introduction**

The most important factors affecting the water infiltration rate on the rangeland surface are livestock trampling and reduced vegetation cover due to excessive grazing. Providing any solution for managing rangeland improvement requires understanding the effect of grazing and enclosure on vegetation cover changes and their relationship with soil parameters, including permeability. Today, the rate of exploitation of the country's rangelands is much higher than the permissible limit, and the major part of this exploitation is dedicated to livestock. Premature and excessive grazing of rangelands by livestock affects the quantity and quality of vegetation cover, permeability, porosity, soil moisture, runoff, and erosion rate of rangeland soil through compaction and physical destruction of the soil. In this regard, the present study was conducted to investigate the effect of micro-terraces created in livestock traffic routes on runoff, sediment, and permeability in six regions of the rangelands in the Torbat-Heydarieh Senobar watershed within 36 points (18 micro-traces and 18 controls) and using a portable rainfall simulator and double rings.

**2- Materials & Methods**

The rainfall intensity for this study was determined using the Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves specific to the region, derived from data collected at the Torbat-Heydariyeh meteorological station near the research area. The intensity was based on runoff observations from preliminary tests, indicating a rainfall rate of 0.9 mm/min, corresponding to a return period of 10 years. During the study, the erosion plots were subjected to simulated rainfall for 15 minutes.

Soil erosion was quantified using an Eijkelkamp rain simulator with a plot area of 30 × 30 cm. During precipitation simulation, runoff volume was determined via direct volumetric measurement using a graduated cylinder. The resulting sediment yield was transported to the laboratory, filtered through Whatman 42 filter paper, and subsequently oven-dried at 110°C for 24 hours before gravimetric analysis. Additionally, soil permeability was assessed at each sampling point using a double-ring infiltrometer. Following data collection, statistical analyses were performed using SPSS v.27, including one-way ANOVA and independent samples t-test to evaluate significant differences between experimental conditions.

**3- Results**

All selected points for field operations were located in rangelands characterized by hillslopes, specifically within the marl and sandstone geological units. Physiographic factors, such as direction, elevation, and slope, were also carefully chosen to minimize the impact of environmental variability. The normal distribution of data across different groups indicates that environmental changes in the field were not significant. As a result, no interference from external factors was observed, and there was no need for more repetitions in the field experiments.

The results of field data analysis showed a significant difference (P. Value=0.05) in infiltration variables in all six regions and runoff in five regions between the treatment and the control. However, in the sediment load and concentration variables, the treatment was significantly higher than the control at only one point. There was a significant difference (P. Value=0.05) between the six study areas only in the sediment load variable, and

* **Corresponding Author: m.bashiri@torbath.ac.ir**



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

considering all six regions together, a significant difference (P. Value=0.01) was observed between the values obtained from the treatment and control groups in all four research variables.

**4- Discussion & Conclusions**

The analysis of the homogeneous units showed that, with the exception of the sediment load variable and one area affected by lighter soil texture, the six study areas did not exhibit significant differences. However, the four variables -infiltration, sediment load, sediment concentration, and runoff-measured in micro-terraces due to continuous livestock traffic displayed significantly different values compared to the control points. As a result, given the widespread presence of micro-traces caused by livestock trampling in the country's rangelands and its significant effect on runoff, sediment, and soil infiltration processes, it is necessary to plan in some way in the development and implementation of a rangeland grazing management program to stop the development of soil degradation process and give the rangeland soil a proper recovery opportunity**.** Due to the excessive grazing in the country's rangelands and the pressure on the soil, a fundamental revision of livestock grazing permits and rangeland management plans is necessary. Finally, considering the limitations of the research, it is recommended that the temporal changes in runoff and sediment during the simulation and higher rainfall intensities with different carrying capacities and in heavy soils be examined to summarize the findings.

**Key Words:** Double ring, Micro terrace, Rainfall simulator, Runoff, Sediment.

[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

**Cite this article:** Bashiri, M. (2025). The Effect of Livestock Trampling Routes on Permeability and Sediment Production in the Rangelands of the Senobar Watershed, Torbat Heydarieh, Khorasan Razavi**.** *Journal of* Environmental *Erosion Research. 2025; 15 (3): 42-58.* **. http//doi.org/10.61186/jeer.15.3.42**

© The Author(s).
DOI: http//doi.org/10.61186/jeer.15.3.42
Published by Hormozgan University Press.
URL: http://magazine.hormozgan.ac.ir

# اثر مسیرهای تردد دام بر نفوذپذیری و رسوب‌زایی مراتع حوضه صنوبر تربت‌حیدریه، خراسان‌رضوی

**مهدی بشیری:** *استادیار گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربت‌حیدریه، تربت‌حیدریه*

نوع مقاله: پژوهشی
**تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: /۱۴۰۴/۰۲)**
DOI: http//doi.org/10.61186/jeer.15.3.42

**چکیده**

امروزه میزان بهره‌برداری از آبخیزهای کشور بسیار بالاتر از حدمجاز است که بخشی عمده از این بهره‌برداری به چرای دام اختصاص دارد. چرای زودرس و مفرط اراضی مرتعی توسط دام بر فرایندهایی همچون کمیت و کیفیت پوشش گیاهی، نفوذپذیری، تخلخل، رطوبت خاک، میزان رواناب و فرسایش خاک مراتع با فشردگی و تخریب فیزیکی خاک اثرگذار است. در این راستا پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر میکروتراس‌های ایجاد شده در مسیرهای تردد دام بر رواناب، رسوب و نفوذپذیری در شش منطقه از مراتع آبخیز صنوبر تربت حیدریه درون ۳۶ نقطه (۱۸ میکروتراس و ۱۸ شاهد) و با استفاده از شبیه‌ساز باران صحرایی و رینگ‌های دوتایی انجام شد. نتایج تحلیل داده‌های میدانی نشان داد که در متغیرهای نفوذ در هر شش منطقه و در رواناب در پنج منطقه بین تیمار و شاهد اختلاف معنی‌داری (P.Value=۰,۰۵) وجود دارد. اما در متغیرهای بار رسوبی و غلظت رسوب تنها در یک نقطه، بطور معنی‌داری تیمار بالاتر از شاهد است. بین شش منطقه مطالعاتی فقط در متغیر بار رسوبی اختلاف معنی‌داری (P.Value=۰,۰۵) با هم وجود داشت و با در نظر گرفتن توأم هر شش منطقه، بین مقادیر بدست آمده از دو گروه تیمار و شاهد در هر چهار متغیر تحقیق اختلاف معنی‌داری (P.Value=۰,۰۱) مشاهده شد. در نتیجه با توجه به عمومیت داشتن حضور میکروتراس‌های ناشی از لگدکوبی دام در مراتع کشور و اثر معنادار آن بر فرایندهای رواناب، رسوب و نفوذ خاک، لازمست در تدوین و اجرای برنامه مدیریت چرای دام مراتع به نحوی برنامه‌ریزی شود تا توسعه فرایند تخریب خاک متوقف و به خاک مراتع فرصت احیاء مناسب داده شود.

**واژگان کلیدی:** دبل رینگ، رسوب، رواناب، شبیه‌ساز باران، میکروتراس.

* **نویسندهٔ مسئول:** m.bashiri@torbath.ac.ir



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]
[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

**۱ـ مقدمه**

تغییر در پوشش سطح زمین و کاربری اراضی توسط فعالیت‌های انسانی می‌تواند پیامدهای جبران‌ناپذیر تخریب منابع‌طبیعی، آلودگی‌های زیست‌محیطی، افزایش و تجمع رسوبات در پشت سدها و به دنبال آن مشکلات فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی را در پی داشته باشد (Soleimani-Moorchekhorti & Cheraghi, 2024). تخریب خاک ناشی از فرسایش یک مشکل اساسی در کاهش کیفیت منابع خاک و آب است و انسان امروزه جهت معاش بیشتر از هر چیزی به این منابع وابسته است. با افزایش شدت بهره‌برداری انسان از طبیعت، فرسایش و پیامدهای ناشی از آن، در دهه‌های اخیر، آثار منفی خود را برروی اکوسیستم‌های مرتعی نشان داده و در نتیجه، پدیده فرسایش خاک اهمیت قابل توجهی پیدا کرده است (Alipour et al, 2016). مطالعه تغییرات مکانی رسوب و آگاهی از چگونگی این تغییرات و عوامل مؤثر بر آن، در برنامه‌ریزی آبخیزها اهمیت زیادی دارد (Pir Mohammadi et al, 2008; Akbari et al, 2017). ویژگی‌های فیزیک خاک یکی از عوامل موثر در رشد گیاهان مرتعی است که بر رشد ریشه و توسعه گیاهان مرتعی نقش مهمی ایفا می‌نماید (Chaichi et al, 2004). اما چرای بی‌رویه مراتع توسط دام ویژگی‌های خاک و عملکرد اکوسیستم را از طریق کاهش کیفیت و حاصل‌خیزی خاک تغییر می‌دهد (Ghorbani et al, 2013). مراتع کشور علاوه بر تامین بخش زیادی از علوفه مورد نیاز دام، عامل مهمی در نفوذ و ذخیره آب است (Kohandel et al, 2011) اما همواره بین این دو کارکرد مراتع به دلیل چرای بی‌رویه، تعارض و اثرات دوسویه منفی برقرار است. چرای دام رایج‌ترین روش بهره‌وری از زمین در سراسر جهان است و از مهم‌ترین تداخلات اثرگذار بر ترکیب گونه‌ها نیز است که با نابودی زیستگاه همراه است (Adel & Sedighi, 2020).

از مهمترین عوامل مؤثر بر سرعت نفوذ آب در سطح مراتع، لگدکوبی دام و کاهش پوشش گیاهی ناشی از چرای بی‌رویه دام است. ارائه هر راهکاری برای مدیریت بهبود مراتع، مستلزم شناخت تأثیر چرا و قرق در تغییر پوشش گیاهی و رابطه آن با پارامترهای خاک از جمله نفوذپذیری است (Hoseini et al, 2010). کوبیدگی خاک ناشی از چرای شدید دام موجب افزایش آسیب‌پذیری خاک نسبت به هدررفت آب و خاک و سرانجام کاهش ذخیره آب در دسترس گیاه، کاهش لاشبرگ سطح خاک، کاهش ذخیره کربن آلی در خاک و در نهایت کاهش قدرت تولید مراتع می‌شود (Kavianpour et al, 2016). مطالعات متفاوتی به بررسی جنبه‌های مختلف چرای دام بر خاک مراتع پرداخته‌اند و نتایج متفاوتی نیز گزارش شده است. به عنوان نمونه Eskandari و همکاران (۲۰۰۵) نتایجی همچون وجود بیشترین مقدار رطوبت خاک در تیمار چرای کنترل شده در فصل بهار و کمترین مقدار در تیمار چرای مفرط در فصل پاییز، Afrah و همکاران (۲۰۱۰) کاهش ۳۰ درصدی میانگین شدت نفوذپذیری خاک در اثر لگدکوبی دام، Kohandel و همکاران (۲۰۱۱) کاهش نفوذپذیری خاک با گذشت زمان، شدت چرا و تداوم آن، Hoseini و همکاران (۲۰۱۰) اختلاف معنی‌دار شدت نفوذ و میزان نفوذ نهایی آب در خاک بین سه تیمار فشار چرایی سنگین، محدوده چرایی ثابت و محدوده بدون چرا، Kavianpour و همکاران (۲۰۱۶) بیشترین میزان پایداری، نفوذپذیری و چرخه عناصر در منطقه مرجع و اختلاف معنی‌دار با دو منطقه چرای متوسط و شدید، Javadinejad و همکاران (۲۰۲۲) اثر معنادار چرای دام در میزان نفوذپذیری، وزن مخصوص ظاهری و شوری و Aghbash-Ghasemi و همکاران (۲۰۲۴) تشابه خصوصیات فیزیکی و بافت خاک در مسیر مال‌رو و عرصهٔ جنگل را گزارش نمودند. این پژوهش‌ها بر تغییرات

* نویسندهٔ مسئول: m.bashiri@torbath.ac.ir



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

نفوذپذیری خاک در اثر فشـردگی ناشـی از لگدکوبی دام تمرکز نموده‌اند و به‌عنوان یک دیدگاه کلی، رواناب و نفوذ همبسـته به یکدیگر لحاظ می‌شـوند. در حالیکه فرایندهای تولید رواناب و رسوب به دلیل تاثیرپذیری بالا از لایه سطحی خاک می‌توانند واکنش متفاوتی از نفوذ سـتون خاک داشـته باشند. همچنین لگدکوبی خاک بسته به بافت آن می‌تواند اثرات متفاوتی بر سـله سطحی، فشردگی و ساختمان خاک سطحی داشته باشد که باعث افزایش یا کاهش تولید رواناب و رسـوب حتی در جهـت مخالف هم به دلایلی همچون محدودیت تامین رسـوب (Lopez-Tarazon et al, 2012)، پایداری ذرات درشت (Wang et al, 2016) یا عملیات خاکورزی (Garcia-Rama et al, 2021) گردد. لذا در پژوهش حاضـر تلاش گردیده تاثیرپذیری همزمان سـه فرایند رواناب، رسـوب و نفوذ از لگدکوبی خاک و همچنین معناداری ارتباط بین این سه فرایند ارزیابی گردد.

در مطالعات خارج از کشـور در موضـوع رابطه چرا دام برخاک نیز نتایجی همچون محدودیت شـدید نفوذ آب به خاک رس سنگین و خاک لومی شنی با لگدکوبی (Pietola et al, 2005)، کاهش نفوذ آب در خاک و کاهش ظرفیت نگهداشـت آب در خاک‌های گچی در شدت چرای زیاد (Moret-Fernández et al, 2021)، اثر قابل توجه شدت چرا بر اکثر شاخص‌های خاک، به ویژه در لایه ۰ تا۱۰ سانتی‌متری، افزایش فشار بر پوشش گیاهی سطحی و افزایش تخریب خاک (Liu et al, 2022)، افزایش فشـردگی خاک ناشـی از لگدکوبی دام و استفاده از ماشین‌آلات سنگین و ارتباط با تخریب اکوسـیسـتم خاک و خدمات اقتصادی (Romero-Ruiz et al, 2023) و همچنین کاهش نفوذپذیری خاک در مراتع تحت چرا در مقایسه با علف‌زارهای غیر چرا شده و اختلال در خاک و موجودات زیرزمینی و در نتیجه نفوذپذیری خاک به دلیل چرای مفرط دام (Cui et al, 2023)، گزارش گردیده است.

بررسی منابع، پاسخ‌های متفاوت خاک نسبت به تخریب آن توسط لگدکوبی دام را در فرایندهای رواناب، رسوب و نفوذ نشـان می‌دهد. از سویی عمده مطالعات بر فرایند نفوذ و ساختمان خاک تمرکز نموده‌اند و در نتیجه لازمست جهت توسـعه نتایج، فرایندهای سـطحی شامل رواناب و رسوب نیز در ترکیب با نفوذ ستون خاک دیده شوند تا به جمع‌بندی مناسب رسید. تخمین صحیح رواناب و فرسایش خاک در هر منطقه اهمیت بسزایی دارد. چراکه با در دست داشتن یک تخمین خوب می‌توان اطلاعاتی مهمی برای مدیریت کاربری اراضـی، پوشش گیاهی، خاک، سیلاب و اقدامات توسعه‌ای بدست آورد. نزدیک به ۹۰ درصد سطح آبخیز صنوبر تربت حیدریه به کاربری مرتع اختصاص دارد و سطح این مراتع توسط دام‌های روستاییان منطقه مورد بهره‌برداری آزادانه و مفرط قرار می‌گیرند. در نتیجه پوشش گیاهی مراتع منطقه به شـدت کاهش یافته اسـت و همچنین در اثر تردد مداوم دام از مسـیرهای مشخص، ساختمان خاک نیز تخریب گردیده اسـت. به طوری که مسـیرهای متعدد عبور دام را می‌توان در عرصـه مشاهده نمود. در نتیجه شدت تخریب و فرسایش آبخیز بیش از حد قابل تحمل خاک و فراتر از حدمجاز است. لذا در پژوهش حاضر با استفاده از شبیه‌ساز باران صحرایی و اسـتوانه‌های مضـاعف در مراتع حوضه صنوبر و نقاط تصادفی و شاهد تلاش گردید به دو هدف بررسی اثر مسیرهای تردد دام بر میزان نفوذپذیری خاک و همچنین رسـوب‌زایی آن پرداخته شـود تا با تکیه بر نتایج بتوان در راسـتای مدیریت مراتع منطقه تصمیمات مناسبی را اتخاذ نمود.

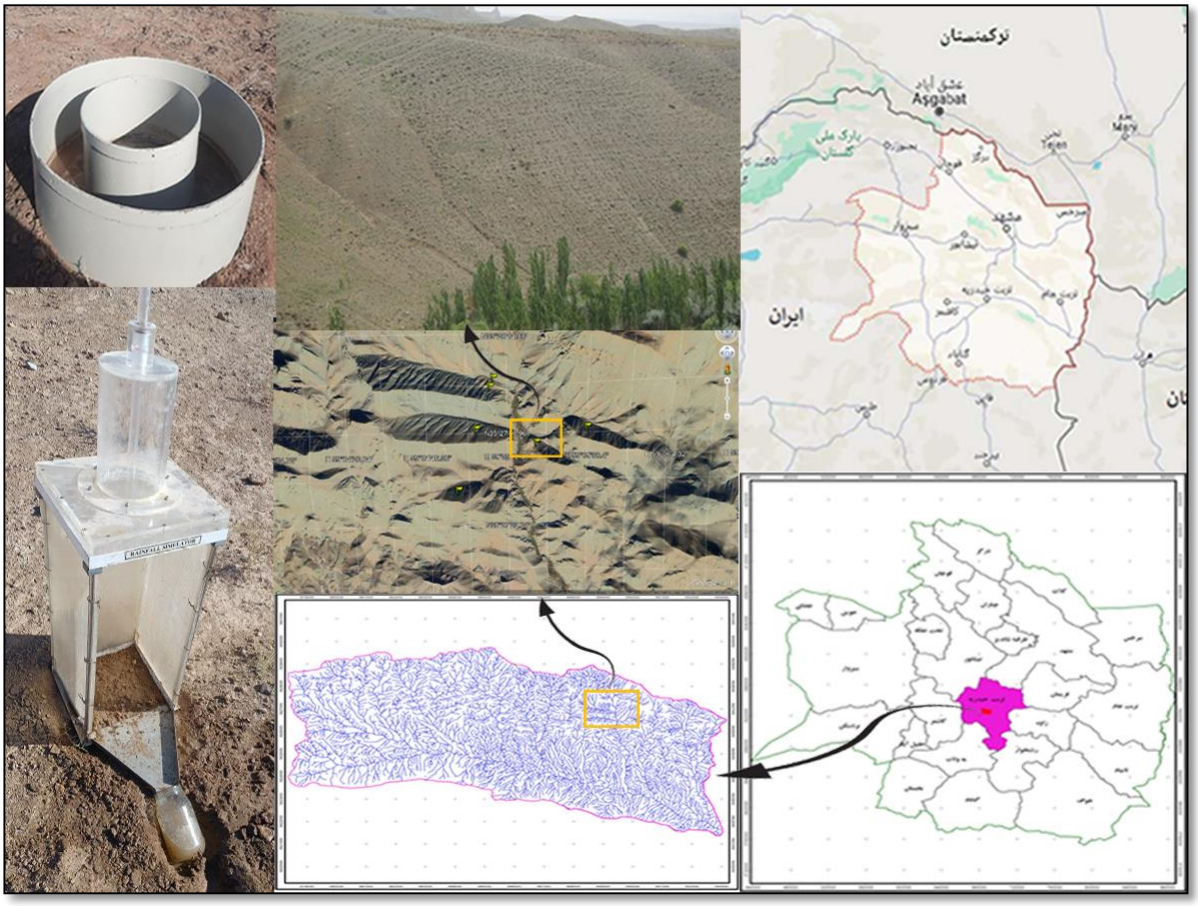


[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

**۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه**

محدوده مطالعاتی شامل زیرحوزه‌های آبخیز صنوبر تربت حیدریه در بخش شمال غربی شهرستان تربت‌حیدریهاست (شکل ۱) که با مساحتی در حدود ۲۷۰۰/۷ هکتار در حوزه آبخیز کویر مرکزی قرار گرفته است. از این مساحت حدود ۸۸ درصد متعلق به مراتع، ۸ درصد اراضی صخره‌ای و توده‌های سنگی و وسعت باقیمانده باغات و بستر مسیل است. این حوضه در طول جغرافیایی ″۵۷ ′۶ °۵۹ تا ″۱۸ ′۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ″۵۴ ′۲۵ °۳۵ تا ″۵۹ ′۲۵ °۳۵ شمالی قرار دارد (Azarakhshi et al, 2017).




**شکل ۱: بالا راست: موقعیت استان خراسان رضوی در کشور، پایین راست: شهرستان تربت‌حیدریه و آبخیز صنوبر در خراسان رضوی، پایین وسط: نمای کلی از مرز و شبکه زهکشی آبخیز صنوبر، مرکز: نمایی از نقاط اندازه‌گیری، وسط بالا: نمایی از مراتع حوضه و میکروتراس‌های متعدد ایجاد شده در اثر لگدکوبی دام، چپ بالا و پایین: تجهیزات شبیه‌ساز باران و رینگ‌های دوتایی مورد استفاده در عرصه**

متوسط بارندگی سالانه آبخیز صنوبر برابر با ۳۶۵ میلی‌متر است. اقلیم منطقه در روش آمبرژه نیمه خشک و سرد و در روش دومارتن نیمه خشک است و در روش منحنی آمبروترمیک فاصله زمانی اوایل اردیبهشت تا اوایل آبان منطبق بر دوره خشک محاسبه گردید. کلاس‌های فرسایشی خیلی شدید، شدید، متوسط، کم و خیلی کم در حوضه به ترتیب مقادیر ۱۱/۳، ۶/۳، ۲۸/۲، ۳۰/۸ و ۲۳/۴ درصد از مساحت کل را به خود اختصاص داده است. سه رخساره عمده فرسایش در حوضه نیز شامل رخساره فرسایش سطحی زیاد-شیاری کم-واریزه ریز (وسعت ۲۶/۵ درصد)، رخساره فرسایش سطحی کم-واریزه درشت (وسعت ۱۸/۷ درصد) و رخساره فرسایش سطحی زیاد-شیاری کم-آبراهه ای کم (وسعت ۱۱/۷ درصد) می‌باشند. این حوضه دارای دبی سالیانه پایه و سیلابی به ترتیب ۹/۸۳ و ۶/۲۷ میلیون مترمکعب



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]
[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

است و طبق روش Justin درصد متوسط ضریب رواناب آن ۲۱/۹ می‌باشد (Anonymous, 2011). این حوضه آبخیز کوهستانی است که کوه شصت‌دره در شمال حوزه، ارتفاعات مهم آن را تشکیل می‌دهند. این آبخیز از واحدهای سنگی Kl1 (آهکی)، Jbg (شیل، مارن، ماسه سنگ و سنگ آهک)، KPcm (افیولیتی)، Pr (پریدوتیتی)، dr (دیوریتی) و EI (آهکی) تشکیل شده است. خاک‌های حوزه نیز در دو رده Entisols و Aridisols قرار دارند (Anonymous, 2011). آبخیز صنوبر دارای چهار تیپ گیاهی (سه تیپ فقیر با گرایش منفی، یک تیپ متوسط با گرایش مثبت) و ۱۰۱ گونه مرتعی می‌باشد. وضعیت مراتع در تیپ‌های حوضه مورد مطالعه از نظر پوشش گیاهی، نوع گیاه، ظرفیت تولیدی تیپ و درصد پوشش گیاهی نشان می دهد که این مراتع به شدت مورد بهره‌برداری قرار گرفته است و تعداد دام در حوضه صنوبر با توجه به ظرفیت مراتع حداقل دو برابر حد مجاز است.

**۳ـ مواد و روش**

**۳ـ۱ـ داده‌ها و مراحل اجرای پژوهش**

در شش محدوده از مراتع مختلف منطقه و مسیرهای تردد دام، تعداد سه نقطه در هر میکروتراس همراه با سه نقطه شاهد (مجموع ۳۶ نقطه شامل ۱۸میکروتراس و ۱۸ شاهد) به صورت تصادفی انتخاب شد. نقاط درون واحد زمین شناسی غالب حوضه، جهت دامنه و تراز ارتفاعی یکسان انتخاب گردید تا با توجه به انتخاب شیب مشابه با پلات‌های استاندارد فرسایشی برای عملیات میدانی شبیه‌سازی باران، پیش فرض واحدهای همگن ژئومورفولوژیکی (Kashi zenouzi et al, 2013; Maghsoudlou Nezhad et al, 2013; Ahmadi Birgani & Ravan, 2019) برای عملیات میدانی برقرار باشد. برای اندازه‌گیری فرسایش خاک از دستگاه شبیه‌ساز باران صحرایی ایجل‌کمپ[1] استفاده شد که دارای سطح پلات ۳۰ در ۳۰ سانتی‌متر، ارتفاع بارش ۴۰ سانتی‌متری، قطر قطرات ۵/۹ میلی‌متر و انرژی جنبشی ۴ ژول بر مترمربع است. شبیه‌ساز از سه قسمت آب‌پاش با تنظیم‌کننده فشاری برای ایجاد بارش با شدت‌های مختلف، پایه و قاب فلزی تشکیل شده است (Farzi et al, 2016). شدت بارش در این پژوهش بر اساس منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی منطقه که مربوط به ایستگاه هواشناسی تربت‌حیدریه در نزدیکی خروجی عرصه تحقیق است و بر اساس میزان رواناب تولیدی در پیش آزمون‌ها به میزان ۰/۹ میلی‌متر در دقیقه (بارش با دوره بازگشت ۱۰ سال) نهایی شد. پلات‌های فرسایشی در مدت زمان ۱۵ دقیقه در معرض باران شبیه‌سازی شده قرار گرفت و حجم رواناب تولیدی با اندازه‌گیری مستقیم توسط استوانه مدرج تعیین شد. رسوب تولیدی نیز پس از انتقال به آزمایشگاه، با عبور از کاغذ صافی واتمن[2] ۴۲، به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون و در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، خشک و سپس توزین گردید (Putjaroon & Pongboon, 2004; Kiani Harchegani & Sadeghi, 2013; Hejabi-Jordovey et al, 2021).

مقادیر نفوذپذیری نیز با استفاده از استوانه مضاعف (رینگ های دوتایی) در هر نقطه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان نفوذ (طبق دستورالعمل ۱۰۵/۱۲۲۴۴-۵۴/۴۶۳۴) (National Management and Planning Organization, 2001) ابتدا نقطه موردنظر از خار و خاشاک پاکسازی شده و رینگ داخلی عمود بر سطح موردنظر در خاک کوبیده شد. رینگ خارجی نیز به طور مشابه و متحدالمرکز در خاک کوبیده شد. سپس افزودن آب تا حدی که ۷ سانتی‌متر از ارتفاع رینگ‌ها از آب بیرون باشد اجرا و ثبت زمان آغاز شد و پس از نفوذ آب، مدت‌زمان نفوذ و

[1] Eijkelkamp
[2] Whatman



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

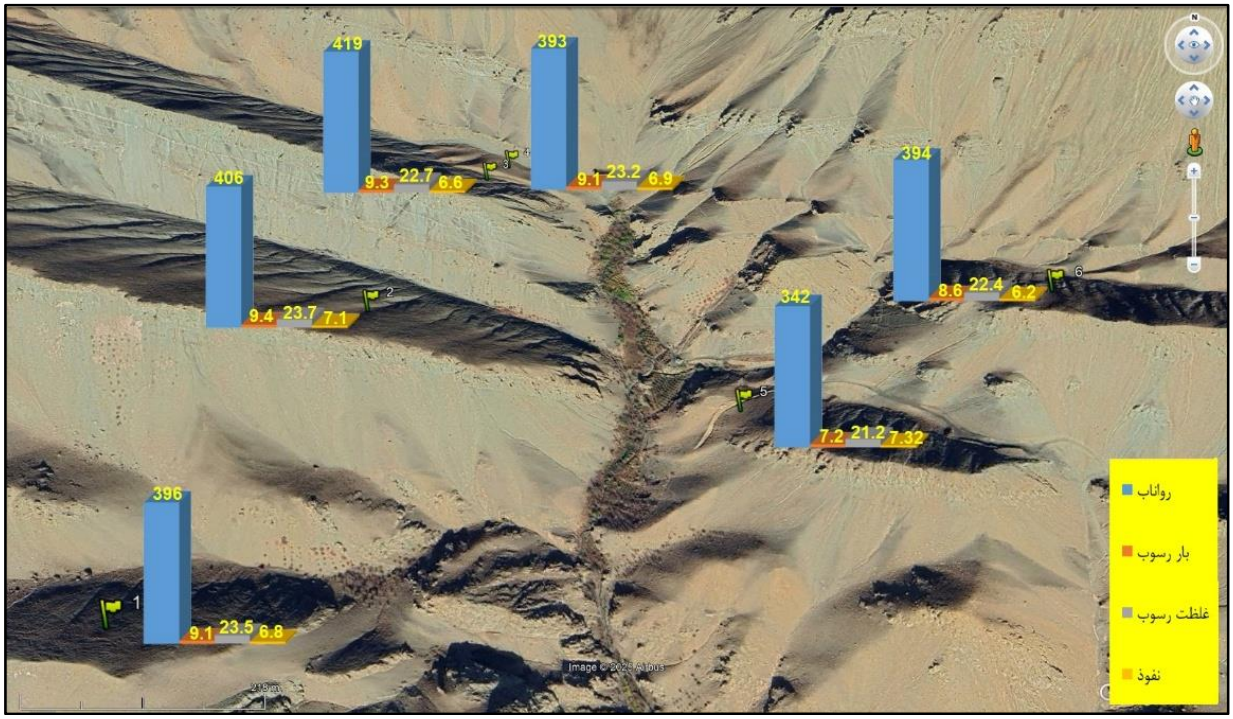
ارتفاع آب توسط اشل ثبت گردید. پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌ها و ایجاد بانک داده‌ها، برای تجزیه وتحلیل آماری داده‌ها با توجه به فرضیات تحقیق، در محیط نرم‌افزار SPSS v.27 از آنالیز واریانس یک‌طرفه[1] و آزمون T با نمونه‌های مستقل[2] استفاده شد.

**۴-یافته‌ها**

شاخص‌های آماری داده‌های به دست آمده در چهار متغیر رواناب (میلی‌لیتر)، بار رسوب (گرم)، غلظت رسوب (گرم بر لیتر) و نفوذپذیری (سانتی‌متر برساعت) به تفکیک نقاط شاهد و میکروتراس در جدول ۱ ارایه شده است. همچنین متوسط مقادیر تیمار و شاهد برای متغیرهای مذکور در شش نقطه مطالعاتی در شکل ۲ نمایش داده شده است.

**جدول ۱: شاخص‌های آماری داده‌های چهار متغیر رواناب، بار رسوب، غلظت رسوب و نفوذپذیری به تفکیک شاهد و میکروتراس**

| | شاهد | | | | میکروتراس | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **شاخص/متغیر** | نفوذپذیری (cm/hr) | غلظت رسوب (gr/l) | بار رسوب (gr) | حجم رواناب (ml) | نفوذپذیری (cm/hr) | غلظت رسوب (gr/l) | بار رسوب (gr) | حجم رواناب (ml) |
| **میانگین** | ۸/۰۴ | ۲۴/۶۰ | ۸/۰۷ | ۳۲۹/۰۰ | ۵/۵۹ | ۲۰/۹۹ | ۹/۵۴ | ۴۵۵/۲۸ |
| **انحراف استاندارد** | ۰/۶۲ | ۲/۶۶ | ۰/۸۲ | ۲۰/۲۷ | ۰/۸۲ | ۲/۲۵ | ۱/۳۹ | ۵۲/۴۲ |
| **چولگی** | ۰/۰۸ | -۰/۷۰ | -۰/۲۷ | ۰/۴۵ | ۰/۱۷ | -۰/۰۲ | -۰/۵۴ | -۱/۳۳ |
| **دامنه تغییرات** | ۲/۳۰ | ۱۰/۷۴ | ۳/۰۰ | ۷۰/۰۰ | ۳/۰۰ | ۸/۱۵ | ۴/۷۰ | ۱۸۰/۰۰ |




**شکل ۲: متوسط مقادیر رواناب، بار رسوب، غلظت رسوب و نفوذ در نقاط مطالعاتی**

[1] One-way ANOVA
[2] Independent Samples T Test



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]
[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

مقایسه داده‌های رواناب، رسوب و نفوذ بین میکروتراس و شاهد به تفکیک نقاط شش‌گانه انجام شد. با توجه به نرمال بودن توزیع تمامی گروه‌ها (Sig.>0.05) از آزمون T با نمونه‌های مستقل[1] برای مقایسه تیمار و شاهد استفاده گردید که طبق نتایج آزمون همگنی واریانس لون[2]، و همگنی واریانس همه گروه‌ها، نتایج آزمون به شرح جدول ۲ است. در متغیر رواناب تنها در نقطه ۵ بین تیمار و شاهد اختلاف معناداری وجود ندارد. متغیر بار رسوبی تنها در نقطه ۴ و متغیر غلظت رسوب تنها در نقطه ۲، بطور معناداری در تیمار متفاوت از شاهد است. نهایتا در میزان نفوذپذیری در تمامی نقاط مطالعاتی، تیمارها با شاهد اختلاف معناداری (سطح اعتماد ۹۵ درصد) وجود دارد.

**جدول ۲: نتایج مقایسه زوجی متغیرهای تحقیق بین تیمار و شاهد به تفکیک نقاط شش‌گانه مورد مقایسه**

| نقطه | متغیر | آماره t | سطح معناداری | نقطه | متغیر | آماره t | سطح معناداری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | حجم رواناب (ml) | ۸/۸۳۳ | ۰/۰۰۱** | ۴ | حجم رواناب (ml) | ۹/۸۳۸ | ۰/۰۰۱** |
| | بار رسوب (gr) | ۲/۲۱۱ | ۰/۰۹۲ns | | بار رسوب (gr) | ۳/۶۵۱ | ۰/۰۲۲* |
| | غلظت رسوب (gr/l) | -۲/۴۲۲ | ۰/۰۷۳ns | | غلظت رسوب (gr/l) | -۰/۴۰۶ | ۰/۷۰۵ns |
| | نفوذپذیری (cm/hr) | -۶/۴۶۴ | ۰/۰۰۳** | | نفوذپذیری (cm/hr) | -۶/۶۱۶ | ۰/۰۰۳** |
| ۲ | حجم رواناب (ml) | ۶/۵۵۸ | ۰/۰۰۳** | ۵ | حجم رواناب (ml) | ۱/۱۰۹ | ۰/۳۳۰ns |
| | بار رسوب (gr) | ۲/۷۵۴ | ۰/۰۵۱ns | | بار رسوب (gr) | ۰/۶۶۷ | ۰/۵۴۱ns |
| | غلظت رسوب (gr/l) | -۷/۷۰۴ | ۰/۰۰۲** | | غلظت رسوب (gr/l) | -۰/۰۴۲ | ۰/۹۶۹ns |
| | نفوذپذیری (cm/hr) | -۵/۴۵۹ | ۰/۰۰۵** | | نفوذپذیری (cm/hr) | -۳/۶۲۵ | ۰/۰۲۲* |
| ۳ | حجم رواناب (ml) | ۸/۴۴۶ | ۰/۰۰۱** | ۶ | حجم رواناب (ml) | ۱۱/۸۸۱ | ۰/۰۰۰** |
| | بار رسوب (gr) | ۱/۳۳۷ | ۰/۲۵۲ns | | بار رسوب (gr) | ۱/۴۰۵ | ۰/۲۳۳ns |
| | غلظت رسوب (gr/l) | -۲/۶۸۳ | ۰/۰۵۵ns | | غلظت رسوب (gr/l) | -۲/۳۷۵ | ۰/۰۷۶ns |
| | نفوذپذیری (cm/hr) | -۷/۶۸۶ | ۰/۰۰۲** | | نفوذپذیری (cm/hr) | -۶/۴۲۴ | ۰/۰۰۳** |

ns: غیر معنی‌دار، **: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد، *: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد

برای مقایسه هر یک از ۴ متغیر تحقیق بین ۶ نقطه مطالعاتی (جدول ۳)، متغیر رواناب از توزیع نرمالی برخوردار نبود. ولی با توجه به نتایج آزمون‌های مربوطه، فقط در متغیر بار رسوبی اختلاف معناداری بین گروه‌ها به دست آمد که طبق آزمون دانکن (جدول ۴) در مقایسه میانگین‌ها، نقطه ۵ با کمترین میانگین مقادیر رواناب، نتایج متفاوت و معناداری با سایر گروه‌ها (بجز ۶) نشان می‌دهد. در حالی‌که میانگین رواناب ۵ گروه دیگر فاقد اختلاف معنادار هستند.

مقایسه هر یک از چهار متغیر در کل نقاط مطالعاتی بین مقادیر تیمار و شاهد نیز صورت گرفت که طبق آزمون نرمالیتی جدول ۳، بجز متغیر رواناب سایر متغیرها دارای توزیع نرمال بودند. لذا نتایج آزمون T با نمونه های مستقل برای متغیرهای باررسوبی، غلظت رسوب و نفوذپذیری در جدول ۵ و نتایج بررسی رواناب با آزمون من-ویتنی-یو[3] در جدول ۶ آمده است. طبق نتایج، با در نظر گرفتن توآم هر ۶ نقطه مطالعاتی، بین مقادیر بدست آمده از دو گروه تیمار و شاهد در هر چهار متغیر تحقیق اختلاف معناداری مشاهده می‌شود.

[1] Independent Samples T Test
[2] Levene's Test for Equality of Variances
[3] Mann-Whitney U



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]
[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

**جدول ۳: نتایج نرمالیتی، همگنی واریانس و مقایسات گروهی متغیرهای تحقیق بین ۶ نقطه مطالعاتی**

| متغیر | سطح معنی‌داری | | | |
|---|---|---|---|---|
| | آزمون نرمالیتی شاپیرو ویلک[2] | آزمون همگنی واریانس لون | آنالیز واریانس بین گروه‌ها | آزمون کروسکال-والیس[1] بین گروه‌ها |
| **حجم رواناب (ml)** | ۰/۰۰۰$^{**}$ | – | – | ۰/۷۰۷$^{ns}$ |
| **بار رسوب (gr)** | ۰/۳۷۷$^{ns}$ | ۰/۱۲۷$^{ns}$ | ۰/۰۴۱$^{*}$ | – |
| **غلظت رسوب (gr/l)** | ۰/۸۰۸$^{ns}$ | ۰/۶۸۰$^{ns}$ | ۰/۷۶۴$^{ns}$ | – |
| **نفوذپذیری (cm/hr)** | ۰/۱۲۷$^{ns}$ | ۰/۰۰۰$^{**}$ | ۰/۸۵۵$^{ns}$ | – |

$^{ns}$: غیر معنی‌دار، $^{**}$: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد، $^{*}$: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد

**جدول ۴: نتایج بررسی زیرمجموعه‌های همگن متغیر بار رسوب (gr) در ۶ نقطه مطالعاتی با آزمون دانکن۳**

| کد نقطه | تعداد | زیرمجموعه‌ها در آلفای برابر ۰/۰۵ | |
|---|---|---|---|
| | | ۲ | ۱ |
| **۵** | ۶ | | ۷/۲۵ |
| **۶** | | ۸/۶۵ | ۸/۶۵ |
| **۴** | | ۹/۰۵ | |
| **۱** | | ۹/۱۲ | |
| **۳** | | ۹/۳۲ | |
| **۲** | | ۹/۴۵ | |
| **سطح معناداری** | | ۰/۳۱۷$^{ns}$ | ۰/۰۵۵$^{ns}$ |

$^{ns}$: غیر معنی‌دار

**جدول ۵: نتایج مقایسه متغیرهای بار رسوبی، غلظت رسوب و نفوذپذیری بین تیمار و شاهد در کل نقاط مطالعاتی**

| متغیر | | آزمون همگنی واریانس لون | | آزمون t با نمونه‌های مستقل | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | فرض | آماره F | سطح معنی‌داری | آماره t | درجه آزادی | سطح معنی‌داری |
| **بار رسوب (gr)** | فرض همگنی واریانس | ۴/۲۹۷ | ۰/۰۴۶$^{*}$ | ۳/۸۵۲ | ۳۴/۰۰ | ۰/۰۰۰$^{**}$ |
| | فرض عدم همگنی واریانس | | | ۳/۸۵۲ | ۲۷/۶۰ | ۰/۰۰۱$^{**}$ |
| **غلظت رسوب (gr/l)** | فرض همگنی واریانس | ۰/۱۱۴ | ۰/۷۳۷$^{ns}$ | -۴/۳۹۸ | ۳۴/۰۰ | ۰/۰۰۰$^{**}$ |
| | فرض عدم همگنی واریانس | | | -۴/۳۹۸ | ۳۳/۰۹ | ۰/۰۰۰$^{**}$ |
| **نفوذپذیری (cm/hr)** | فرض همگنی واریانس | ۰/۹۰۰ | ۰/۳۴۹$^{ns}$ | -۱۰/۱۱۵ | ۳۴/۰۰ | ۰/۰۰۰$^{**}$ |
| | فرض عدم همگنی واریانس | | | -۱۰/۱۱۵ | ۳۱/۸۵ | ۰/۰۰۰$^{**}$ |

$^{ns}$: غیر معنی‌دار، $^{**}$: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد، $^{*}$: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد

[1] Kruskal-Wallis H
[2] Shapiro-Wilk
[3] Duncan



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]
[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

**جدول ۶: نتایج مقایسه متغیر حجم رواناب (ml) بین مقادیر تیمار و شاهد در کل نقاط مطالعاتی**

| آماره آزمون | مقدار |
|---|---|
| **من-ویتنی-یو** | ۹/۰۰۰ |
| **ویلکلکسون**[1] | ۱۸۰/۰۰۰ |
| **Z** | -۴/۸۴۴ |
| **سطح معنی‌داری تقریبی** | ۰/۰۰۰** |
| **سطح معنی‌داری دقیق** | ۰/۰۰۰** |

**: معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد

## ۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

همه نقاط منتخب برای اجرای عملیات میدانی در مراتع با تیپ تپه ماهور و واحد زمین‌شناسی مارن و ماسه‌سنگ مستقر گردیدند و عوامل فیزیوگرافی جهت و ارتفاع همراه با شیب آزمایشات نیز مشابه انتخاب شد با این هدف که تا حد امکان اثر عوامل مداخله‌کننده محیطی حذف گردد. در این راستا نرمال بودن توزیع عمده‌ی داده‌ها در گروه‌های مختلف نشان می‌دهد تغییرات محیطی در عرصه چندان بالا نیست و اثر عوامل مداخله کننده مشاهده نمی‌شود و نیاز به تکرارهای بالاتر در عرصه مشاهده نشد. اما اثر تردد دام بر خصوصیات فیزیکی خاک فرایند پیچیده‌ای است چرا در رطوبت بالای خاک باعث تراکم خاک و در خاک خشک باعث از هم پاشیده شدن خاکدانه‌ها می‌شود (Eskandari et al, 2005). اما مشخص شده است که دام تقریباً هر جنبه‌ای از ساختار و عملکرد خاک را به طور قابل توجهی (مثلاً با پایمال کردن، چرا کردن و فضولات) تغییر می‌دهد (Apollo et al, 2018; Cui et al, 2023). به طور کلی چرا و لگدکوبی دام با تراکم خاک، نفوذ را کاهش، رواناب سطحی را افزایش (Dunne & Dietrich, 2011l; Schrama et al. 2013) و تولید رسوب را بالا می‌برد (Eldridge et al. 2022) که همه این عوامل ناشی از تخریب و تراکم خاک لگدکوبی شده است (Liu et al, 2022; Minea et al. 2022). اما نقطه مطالعاتی شماره ۵ نتایج متفاوتی بین تیمار میکروتراس و شاهد را نشان داد و گرچه همه نقاط دارای بافت سیلتی-لومی بودند اما در این نقطه میزان ماسه تا ۷۴ درصد بافت خاک و بالاتر از سایر نقاط است. در نتیجه در مناطق با خاک بافت سبک تردد دام با توجه به شدت بارش کم، اثر معناداری بر بار رسوب تولیدی ندارد و لازمست همسو با مشخصات بافت خاک مرتع از سنگین تا سبک، شدت‌های متفاوت بارش برای بررسی اثر لگدکوبی خاک مراتع انتخاب گردد. به عبارت دیگر لگدکوبی دام اثر دایمی و معناداری بر بار رسوبی نقاط ندارد، چرا که با توجه به شدت پایین بارش همواره در سطح عرصه بار رسوبی ریزدانه و در دسترس جهت حمل توسط رواناب و جریان‌های ورقه‌ای وجود دارد (Wang et al, 2023) که به صورت انتخابی توسط رواناب حمل می‌شود (Zhao et al, 2019) و در مدت زمان طولانی‌تر شبیه‌سازی یا آغاز فرسایش‌های کانالی می‌تواند اثر معنادار خود را نشان دهد. افزون بر آن توالی بارش‌ها نیز می‌تواند غلظت رسوب و هدررفت خاک را بسته به شدت بارش و بافت خاک مورد مطالعه تحت اثر قرار دهد (Bashiri et al, 2015; Zarei & Khaledi Darvishan, 2022). همچنین می‌تواند ناشی از اثر تخلیه اولیه رسوب نیز باشد چرا که فرآیند بارش منجر به غلظت بالای رسوب در ابتدای فرایند فرسایشی می‌گردد که به عنوان

[1] Wilcoxon



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

زمانی‌که جریان سطحی در انتهای کرت نمایان می‌شود یا به عنوان اثر تخلیه اولیه[1] تعریف می‌گردد (Jomaa et al, 2012).

به طور کلی تغییرات زمانی رواناب و رسوب طی بارش بسیار بالا است (Luo et al, 2020) و اندکی پس از شروع بارندگی ذرات ریزدانه در سطح، باعث سله سطحی و درنتیجه افزایش میزان حجم رواناب می‌شود (Bashari et al, 2013; Jahanbakhshi et al, 2018). نفوذ هم در خاک‌های سنگریزه‌دار افزایش می‌یابد، اما آستانه‌ای وجود دارد که بالای آن، مقدار نفوذ به خاطر سطوح در دسترس کمتر برای جریان آب کاهش می‌یابد (Valentin, 1994). در نتیجه فرسایش اولیه بطور مشخصی تنها به سطوح در معرض باران مرتبط نیست اما پس از زمان کوتاه اولیه، نرخ فرسایش دچار تغییر شده و تناسب آن با سطح در معرض باران نمایان می‌گردد (Jomaa et al, 2012). همچنین افزایشی جزیی در محتوی رطوبت خاک‌دانه‌ها، پایداری آنها را افزایش می‌دهد (Boix-Fayos et al, 1998; Wu et al, 2023). اما محتوای بیشتر آب خاک، باعث پیوند ضعیف‌تر برای خاک‌های ریزدانه می‌شود (Zhang et al, 2019). تمامی این موارد تغییرپذیری لحظه‌ای فرایندهای فرسایش و رسوب را بیان می‌کند، اما حجم کل رواناب و رسوب کل از متغیرهایی است که در تدوین طرح‌های سیلاب و آبخیزداری بسیار کاربردی است.

گرچه نفوذپذیری خاک عاملی مهم و مؤثر بر رواناب است و ضریب رواناب به عنوان شاخصی برای ارزیابی پتانسیل سیل حوزه آبخیز استفاده می‌شود (Alijanpour Shelmani & Vaezi, 2017) اما طبق نتایج، دو متغیر رواناب و نفوذ همسو با Aliramayee و همکاران (2018)، در برخی موارد عملکرد متفاوتی از خود نشان دادند. در حالی‌که در موارد متعددی این دو فرایند نقطه مقابل یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند. اما فرایندهایی از جمله تشکیل سله سطحی ناشی از رس خاک، می‌تواند در شیب بالاتر فرسایش خاک و نفوذ را همزمان افزایش دهد (Seifi et al, 2014) یا با وجود نفوذ مناسب ستون آب داخل دبل رینگ، ضربه قطرات باران در شبیه‌سازی، فشردگی، سله سطحی و رواناب بالایی را از همان سطح تولید کند (Sadeghian et al, 2019; Vaezi & Bigdeli, 2023). در نتیجه شدت بارش و ضربه قطره ناشی از شدت‌های مختلف (Vaezi & Bigdeli, 2023)، افزایش نقش ضربه قطرات باران با افزایش شیب (Sadeghian et al, 2020)، سله سطحی و ضریب آبگذری متاثر از آن (Assouline, 2011; Avizhgan et al, 2021)، اثر معنادار رس درون پروفیل خاک‌های ریزدانه بر تورم و محدود نمودن آب‌گذری و نفوذ (Alizadeh Mansouri, 2016; Zewide, 2021) و اثر معنادار شدت بارش و نوع خاک بر قطر معادل حفرات سطح بالایی و پایینی سله خاک (Dibaei et al, 2017) در مطالعات رواناب و نفوذ باید لحاظ گردد.

در حال حاضر مراتع به روش‌های مختلفی تحت اثر اقدامات مخرب قرار دارد که از بارزترین انواع آن، فعالیت‌های آبخیزنشینان از طریق دامداری است. این چرای بیش از ظرفیت، سبب افزایش شدت تخریب خاک آبخیزها می‌شود. بخش‌های مختلف حوزه آبخیز صنوبر مورد تخریب قرار گرفته است که دو عامل چرای زودرس و بهره‌برداری بیش از حد مجاز در آن، مرتبط با مدیریت مراتع حوضه است. این حوزه با توجه به کوهستانی بودن و زمستان‌های سرد، باعث عدم خروج دام از منطقه می‌شود که با کمبود ذخیره زمستانی دام، بلافاصله پس از زمستان تحت چرا قرار می‌گیرد. همچنین افزایش جمعیت و انگیزه‌های اقتصادی باعث افزایش بیش از حد دام در منطقه و در نتیجه چرای

[1] First-Flush Effect



[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

مفرط شـده اسـت. در نتیجه لازمست تحولی اساسی در مدیریت مراتع صورت پذیرد که خود نیازمند ارایه راهکارهای صحیح مدیریتی بر مبنای مطالعات گسترده میدانی است.

پژوهش حاضـر به بررسی اثر میکروتراس‌های ایجاد شده در دامنه‌ها ناشی از لگدکوبی دام بر متغیرهای رواناب، بار و غلظت رسوب و نفوذ پرداخت. با توجه به نمونه‌برداری از واحدهای همگن، بجز متغیر بار رسوب و در یک منطقه به دلیل بافت سـبک‌تر خاک، شش محدوده مطالعاتی اختلاف معناداری با هم نشان ندادند. اما متغیرهای چهارگانه نفوذ، بار رسـوب، غلظت رسـوب و رواناب در میکروتراس‌های ناشـی از تردد مداوم دام، به طور معناداری نسبت به نقاط شاهد، مقادیر متفاوتی را ارایه نمودند. در نتیجه با توجه به چرای مفرط در سـطح مراتع کشـور و فشـار بیش از حد تحمل به خاک عرصه‌ها، بازنگری اساسی در پروانه‌های چرای دام و طرح‌های مدیریت مراتع ضرورت دارد. در پایان با توجه به یافته‌های پژوهش چند محور را می‌توان جهت جمع‌بندی یافته‌ها پیشـنهاد نمود. نخست بررسی تغییرات زمانی رواناب و رسـوب خروجی از میکروتراس‌ها طی فرایند شبیه‌سازی بارش، دوم بررسی واکنش خاک میکروتراس‌ها در شدت‌های بالای بارش و ظرفیت حمل رسـوب بالا و نهایتاً ارزیابی واکنش خاک‌های رسـی با سـله سطحی به لگدکوبی، داده‌های مناسبی را برای تحلیل جامع فراهم خواهد نمود.

**سپاس گزاری**

این مقاله مسـتخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شـده به شـماره طرح **۱۵۶** از محل اعتبارات معاونت آموزشـی و پژوهشی دانشگاه تربت‌حیدریه می‌باشد که بدین‌وسیله از این حمایت‌های مادی و معنوی قدردانی می گردد.

**منابع**

1. Adel, M.N. & Sedighi, A. N. (2020). Study of Effects of Livestock and Forest Dwellers Exclusion Planning on Regeneration in Fouman Forests, Guilan Province. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(3 (94) ), 157-167. *(in Persian)*
2. Afrah, H., Barani, H., Bahremand, A. & Sheikh, V. (2010). Comparison of soil physical properties in micro terraces and inters micro terraces on rangelands (case study: baba shamlak ranch). *Journal of water and soil conservation (journal of agricultural sciences and natural resources*), 17(2), 141-153. *(in persian)*
3. Ahmadi Birgani, H. & Ravan, P. (2019). The impact of various landforms on vegetation cover distribution of the Lake Urmia western shore catchment. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(2), 487-499. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.119368 *(in Persian)*
4. Akbari, M., Bashiri, M. & Rangavar, A. (2017). Application of Data-Mining Algorithms in the Sensitivity Analysis and Zoning of Areas Prone to Gully Erosion in the Indicator Watersheds of Khorasan Razavi Province. *Environmental Erosion Research*, 7 (2), 16-42. *(in Persian)*
5. Alijanpour Shelmani, A. & Vaezi, A. (2017). Physical Factors Determining Runoff Coefficient in the Watersheds of Ardabil Province. *Water and Soil Science, 27*(3), 1-14. (*in Persian*)
6. Alipour, H., Malekian, A., Kheirkhah Zarkedh, M. & Gharachelo, S. (2016). Estimation of Erosion Intensity and Sedimentation of Ivar Watershed Using MPSIAC Empirical Methods. *Geography and Development*, *14*(45), 243-268. https://doi.org/10.22111/gdij.2016.2931
7. Aliramayee, R., Khaledi Darvishan, A. & Arabkhedri, M. (2018). Effect of rainfall intensity and slope gradient on infiltration and surface runoff in rainfed lands of Kalaleh region, Golestan Province. *Watershed Engineering and Management*, *10*(4), 714-726. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.117882 (*in Persian*)

[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

8. Alizadeh Mansouri, M. (2016). Investigating the effect of soil permeability on runoff rate and flood volume (Case study of the Kuhzan River Basin). 2nd International conference on research in science and technology, 14 March, Istanbul, Turkey. (*in Persian*)
9. Anonymous. (2011). Review of detailed-executive studies of the Torbat Heydarieh Senobar watershed, integration and planning. Kesht-Gostar-Khorasan Consulting Engineers, General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Khorasan Razavi, Deputy for Watershed Management, 166 p. *(in Persian)*
10. Apollo, M., Andreychouk, V. & Bhattarai, S.S. (2018). Short-Term Impacts of Livestock Grazing on Vegetation and Track Formation in a High Mountain Environment: A Case Study from the Himalayan Miyar Valley (India). *Sustainability*, *10*(4), 951. https://doi.org/10.3390/su10040951
11. Assouline, S. (2011). *Soil Surface Sealing and Crusting*. In: Gliński, J., Horabik, J., Lipiec, J. (eds) Encyclopedia of Agrophysics. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1_156
12. Avizhgan, A., Asadi, H., Mohammadi, M.H. & Gorji, M. (2021). Assessment of Surface Sealing Formation and Its Relationship with Soil Quality Indices. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *52*(6), 1501-1514. https://doi.org/10.22059/ijswr.2021.314247.668811 (*in Persian*)
13. Azarakhshi, M., Mosaedi, A., Bashiri, M. & Ojaghlo Shahabi, R. (2017). The Effects of precipitation and land use changes on sediment yield (Case study: Senobar watershed- Torbat Heydarieh). *Journal of Iran- Watershed management Science & Engineering*, 11 (37) :25-33. https://doi.org/20.1001.1.20089554.1396.11.37.7.1 *(in Persian)*
14. Bashari, M., Moradi, H.R, Kheirkhah, M.M. & Jafari-Khaledi, M. (2013). Temporal variations of runoff and sediment in different soil clay contents using simulated conditions. *Soil & Water Research*, 8(3): 124–132. https://doi.org/10.17221/60/2012-SWR
15. Bashiri, M., Moradi, H.R., Kheirkhah, M.M. & Jafari khaledi, M. (2015). Trend and pattern analysis of runoff and sediment in different soil clay contents and surface rock fragments. *Environmental Erosion Research*, 5 (1), 28-43. *(in Persian)*
16. Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A.C., Soriano-Soto, M.D. & Tiemessen, I.R. (1998). Spatial and short-term temporal variations in runoff, soil aggregation and other soil properties along a mediterranean climatological gradient. *Catena*, 33: 123-138. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00048-4
17. Chaichi, M.R., Mohseni Saravi, M. & Malekian, A. (2004). Trampling Effects of Livestok Grazing on Soil Physical Properties and Range Vegetation Cover. *Iranian journal of Natural Resources*, 56(4): 491-508. *(in Persian)*
18. Cui, H., Li, W., Chen, J. & Li, X.G. (2023). Livestock and subterranean mammals have contrasting impacts on soil infiltration of grasslands. *Applied Soil Ecology*, 189, 104950. https://doi.org/10.2139/ssrn.4163515
19. Dibaei, Z., Jafarzadeh, A., Neyshabouri, M. & Jahangiri, A. (2017). Study of Different Rainfall Intensities on Soil Micromorphological Characteristics. *Water and Soil Science*, *27*(2), 105-117. (*in Persian*)
20. Dunne, T. & Dietrich, W.E. (2011). Effects of cattle trampling on vegetation, infiltration, and erosion in a tropical rangeland. *Journal of Arid Environments*, 75, 58-69. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.09.001
21. Eldridge, D.J., Ding, J. & Travers, S.K. (2022). A Global Synthesis of the Effects of Livestock Activity on Hydrological Processes. *Ecosystems*, 25, 1780–1791. https://doi.org/10.1007/s10021-022-00746-9
22. Eskandari, Z., Saeedfar, M. & Jafari, A. (2005). The effect of different livestock grazing management on soil moisture and permeability in the Semirom region of Isfahan province. 3rd Erosion and Sediment National Conference, 28 August, Tehran, 4 p. *(in Persian)*
23. Farzi, P., Azarakhshi, M., Rasoulzadeh, A. & Bashiri, M. (2016). Effect of land use on Runoff and sediment yield in different slope gradients and intensity using rainfall simulator. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 10 (33), 19-26. (*in Persian*)
24. Garcia-Rama, A., Fernandez-Raga, M., Palencia, C., Keesstra, S. & Cerda, A. (2021). Disconnect between runoff and sediment export in intensively managed agricultural catchments. Catena, 203, 105283. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105283Ghasemi Aghbash, F., Sarami Nezhad, H.

[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

& Pazhouhan, I. (2024). Assessment of the effect of livestock traffic on the diversity of understory vegetation and soil characteristics in Zagros Forest. *Iranian Journal of Forest*, 16(3), 325-339. https://doi.org/10.22034/ijf.2023.397435.1928 (*in Persian*)

25. Ghorbani, N., Raiesi, F. & Ghorbani, S. (2013). Influence of Livestock Grazing on the Distribution of Organic Carbon, Total Nitrogen and Carbon Mineralization within Primary Particle-Size Fractions in Shayda Rangelands with Cropping History. *Water and Soil Science*, 23(1), 209-222. (*in Persian*)
26. Hejabi-Jordovey, F., Bashiri, M. & Azarakhshi, M. (2021). The effect of surface rock fragments deployment pattern on soil erosion processes under simulated conditions. *Environmental Erosion Research*, 11 (1), 20-35. https://doi.org/10.52547/jeer.11.1.20 *(in Persian)*
27. Hoseini, S.A, Sepehri, A. Barani, H. & Bahrehmand, A.R. (2010). The effect of grazing intensity on infiltration of saline and alkaline Inchehbroon rangelands in Golestan province. *Journal of Rangeland*, 4(1), 150-164. *(in Persian)*
28. Jahanbakhshi, F., Ekhtesasi, M.R., Talebi, A. & Piri, M.(2018). Investigation of Sediment Production and Runoff Generation on Rock Formations of Shirkooh Slopes of Yazd by Using a Rainfall Simulator. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* , 22(2), 287-299. *(in Persian)*
29. Javadinejad, M.R., Rojhan, A. & Ghaffarkhani Soltanieh, M.R. (2022). Investigation of the effect of different intensities of livestock grazing on some physical and chemical properties of soil (case study: Nome Rood watershed). First International Conference and Eighth National Conference of Iran on Rangeland Management, 16th February, Mashhad, 6 pp. (*in Persian*)
30. Jomaa, S., Barry, D.A., Brovelli, A., Heng, B.C.P., Sander, G.C., Parlange, J.Y. & Rose, C.W. (2012). Rain splash soil erosion estimation in the presence of rock fragments. *Catena*, 92, 38-48. https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.11.008
31. Kashi Zenouzi, L., Ahmadi, H., Saadat, H., Nazari, A.A. & Namdar, M. (2013). Developing a plan map with the aim to control erosion, based on the geomorphology model (case study: zonouz chai watershed). *Geography and environmental planning*, 24(2 (50)), 9-12. *(in persian)*
32. Kavianpour, A.H., Heshmati, G. & Hoseini, S.H. (2016). Investigation of Changes in Rangeland Soil Characteristics and its Functional Attributes Affected by Different Grazing Intensities (Case study: mountainous rangelands of Nesho, Mazandaran province). *Water and Soil Science*, 25(1-4), 157-168. *(in Persian)*
33. Kiani Harchegani, M. & Sadeghi, S.H.R. (2013). Spatial variations of relationship between heavy metals transportation and particle size distribution of suspended sediments. *Journal of Water and Soil Conservation*, 20(1), 169-184. https://doi.org/20.1001.1.23222069.1392.20.1.9.7 (*in Persian*)
34. Kohandel, A., Arzani, H. & Hosseini Tavassol, M. (2011). Effect of grazing intensity on soil and vegetation characteristics using principal components analysis. *Iranian journal of range and desert research*, 17(4 (41)), 518-526. *(in persian)*
35. Liu, L., Zhao, G., An, Z., Mu, X., Jiao, J., An, S. & Tian, P. (2022). Effect of grazing intensity on alpine meadow soil quality in the eastern Qinghai-Tibet Plateau, China. *Ecological Indicators*, 141, 109111. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109111
36. Lopez-Tarazon, J.A., Batalla, R.J., Vericat, D. & Francke, T. (2012). Paradoxical trends of sediment concentration in a Mediterranean catchment. Hydrological Processes, 26(25), 3931–3946. https://doi.org/10.1002/hyp.9257
37. Luo, J., Zheng, Z., Li, T., He., Th., (2020). Temporal variations in runoff and sediment yield associated with soil surface roughness under different rainfall patterns. *Geomorphology*, 349, 106915. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106915
38. Maghsoudlou Nezhad, M., Shataee, Sh., Habashi, H. & Babanezhad, M. (2013). Spatial and statistical analysis of quantitative characteristics of juniperus stands in chahar-bagh of gorgan regarding to topographic and soil features. *Iranian journal of forest*, 5(2), 195-206. *(in persian)*
39. Minea, G., Mititelu-Ionuș, O., Gyasi-Agyei, Y., Ciobotaru, N., & Rodrigo-Comino, J. (2022). Impacts of grazing by small ruminants on hillslope hydrological processes: A review of European current understanding. *Water Resources Research*, 58, e2021WR030716. https://doi.org/10.1029/2021WR030716

[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

40. Moret-Fernández, D., Arroyo, A.I., Herrero, J., Barrantes, O., Alados, C.L. & Pueyo, Y. (2021). Livestock grazing effect on the hydraulic properties of gypseous soils in a Mediterranean region. *Catena*, 207, 105697. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105697
41. National Management and Planning Organization, Office of Technical Affairs and Standards Development. (2001). Instructions for Measuring the Speed of Water Infiltration into Soil by the Cylinder Method, Deputy for Technical Affairs, Office of Technical Affairs and Standards Development, Ministry of Energy, Iranian Water Resources Management Organization, Water Engineering Standards Office, *Scientific Documents and Publications Center*, Tehran, 32 p**.** *(in Persian)*
42. Pietola, L., Horn, R. & Yli-Halla, M. (2005). Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. *Soil and tillage research*, 82(1), 99-108. https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.004
43. Pir Mohammadi, Z., Chehri, M., Feghhi, J. & Zahedi, GH. (2008). Evaluation of EPM model capability to estimate erosion and sediment, way to watershed management (Case Study: Kaka Reza basin in Lorestan province). 3rd Conference of Iran Water Resources Management. Tabriz, 13 October, 11p. *(In Persian)*
44. Putjaroon, W. & Pongboon, K. (2004). Amount of runoff and soil losses from various land use sampling plots in Sakolnakorn province, Thailand. In: Proceedings of Forest Hydrology and Watershed Management. *IAHS-AISH*, *Pub1*, No167: 231-237.
45. Romero-Ruiz, A., Monaghan, R., Milne, A., Coleman, K., Cardenas, L., Segura, C. & Whitmore, A.P. (2023). Modelling changes in soil structure caused by livestock treading. *Geoderma*, 431, 116331. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116331
46. Sadeghian, N., Vaezi, A. & Majnooni Heris, A. (2020). Effect of Raindrops Impact on Hydraulic Properties of the Rill Flow under Slope Gradients. *Journal of Water and Soil Science*, 24 (1) :83-94. *(in Persian)*
47. Sadeghian, N., Vaezi, A. & Majnouni Harris, A. (2019). The effect of raindrop impact on the temporal changes of runoff in different soils and slopes, Third National Conference of Iranian Hydrology, Tabriz, 16 September, 7 p. *(in Persian)*
48. Schrama, M., Heijning, P., Bakker, J.P., Van Wijnen, H.J., Berg, M.P. & Olff, H. (2013). Herbivore trampling as an alternative pathway for explaining differences in nitrogen mineralization in moist grasslands. *Oecologia*, 172, 231–243. https://doi.org/10.1007/s00442-012-2484-8
49. Seifi, M., Roohipour, H., Neyshabouri, M. & Ahmadi, A. (2014). Investigating the effect of soil surface cover on runoff and inter-furrow erosion using rain simulation. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 7(23), 1-8. (*in Persian*)
50. Soleimani-Moorchekhorti, E. & Cheraghi, M. (2024) Investigating the implementation process of the Soil Protection Law with emphasis on the country's soil erosion crisis (from an environmental perspective). Monthly Expert Reports of the Research Center of the Islamic Consultative Assembly, *32*(8), 20191, 36 p. https://doi.org/10.22034/report.mrc.2024.1403.32.8.20191 (*in Persian*)
51. Vaezi, A. & Bigdeli, R. (2023). The Effect of Raindrop Impact on Runoff and Soil Loss from Rills under Different Rainfall Intensities. *Water and Soil*, 37(3), 383-396. https://doi.org/10.22067/jsw.2023.15038.0 *(in Persian)*
52. Valentin, C. (1994). Surface sealing as affected by various rock fragment covers in West Africa. *Catena*, 23(1-2), 87–97. https://doi.org/10.1016/0341-8162(94)90055-8
53. Wang, S., Fan, Y., Liu, L. & Qu, J. (2023). Transport/Detachment Regimes of Different Size Class Sediment Particles and Enlightenments for Transport Capacity Prediction for Rain-Induced Overland Flow Erosion. *Sustainability*, 15(10), 7906. https://doi.org/10.3390/su15107906
54. Wang, S., Fu, B., Piao, S., Lü, Y., Ciais, P., Feng, X. & Wang, Y. (2016). Reduced sediment transport in the Yellow River due to anthropogenic changes. Nature Geoscience, 9(1), 38-41. https://doi.org/10.1038/ngeo2602
55. Wu, T., Zhang, Y., Wang, Y., Wang, S. & Lei, L. (2023). Factors affecting the stability of soil aggregates of plinthosols in the middle reaches of the Yangtze River, *CATENA*, 228, 107159. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107159

[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]

56. Zarei, R. & Khaledi Darvishan, A. (2022). The Role of Surface Sealing on Sediment Concentration and Soil Loss in Laboratory Plots under Simulation of Subsequent Rainfalls. *Journal of Watershed Management Research*, 13(26), 230-242. https://doi.org/10.52547/jwmr.13.26.230 *(in Persian)*
57. Zewide, I. (2021). Review Paper on Effect of Natural Condition on Soil Infiltration. *International Journal of Green Chemistry*, 7, 10.37628/IJGC. https://doi.org/10.37628/IJGC
58. Zhang, H.Y., Li, M., Wells, R.R. & Liu, Q.J. (2019). Effect of Soil Water Content on Soil Detachment Capacity for Coarse- and Fine-Grained Soils. *Soil Science Society American Journal*, 83, 697-706. https://doi.org/10.2136/sssaj2018.05.0208
59. Zhao, B., Zhang, L., Xia, Z., Xu, W., Xia, L., Liang, Y. & Xia, D. (2019). Effects of Rainfall Intensity and Vegetation Cover on Erosion Characteristics of a Soil Containing Rock Fragments Slope. *Advances in Civil Engineering*, 7043428, 14 p. https://doi.org/10.1155/2019/7043428

[ Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23 ]

[ DOI: 10.61882/jeer.15.3.42 ]