Zoning and Analysis of Temporal and Spatial Changes in Gully Erosion and Its Impact on the Villages of the Mond Watershed during the Years 2000 to 2024

Babak Ejtemaei [a,*], **Ghasemali Moghtaderi** [a]
a: Assistant Professor, Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran

Research Full Paper
Article History (Received: 2024/12/5 Accepted: 2024/12/24)

Extended abstract

1-Introduction

Sustainable land management and adopting preventive strategies to control gully erosion are crucial for mitigating its negative impacts on communities and the environment. Gully erosion, especially in arid and semi-arid regions, can lead to severe consequences such as agricultural land degradation, reduced land productivity, and environmental risks. The Mond watershed in southern Iran, with its unique geographical and climatic characteristics, has become increasingly susceptible to gully erosion due to climate change, population growth, and land use changes. Villages within this watershed, as essential components of local communities, are directly affected by this process. Temporal and spatial changes in gully erosion zonation from 2000 to 2024 have not only influenced the environmental conditions of the region but also affected residents' livelihoods and rural development sustainability. Identifying and analyzing spatial patterns of these changes can contribute to better natural resource management and more effective planning to mitigate adverse impacts.

2-Methodology

This applied research aims to assess land use changes and gully erosion risk zonation in the Mond watershed during the years 2000 and 2024. The methodology is based on spatial and temporal analysis of remote sensing data and the application of Geographic Information Systems (GIS) combined with satellite image processing. Data collection involved Landsat 5 (2000) and Landsat 8 (2024) satellite imagery, which were acquired and processed via Google Earth Engine. Elevation data from Digital Elevation Models (DEMs) and climatic information such as temperature and precipitation were extracted from reputable global databases.For data analysis, atmospheric corrections were applied to the satellite images, and land use maps were classified using the Random Forest algorithm into five main classes (agricultural land, rangeland, forest, barren land, and urban areas). Subsequently, slope, elevation, precipitation, and temperature layers were prepared in GIS and integrated with land use layers. These datasets were used to produce gully erosion risk maps.

3-Results

In 2000, areas with higher precipitation were concentrated in the northern and central parts of the watershed. By 2024, precipitation in these regions had decreased, potentially reducing gully erosion risk in some areas. However, the cumulative effects of past erosion remain evident in the region. Changes in slope and geological formations have also influenced erosion trends. Areas with steep slopes and marly or shale formations are more prone to gully erosion due to the high sensitivity of their soils to rainfall and surface runoff.Many villages are located near areas with a high risk of gully erosion, particularly in regions with weak vegetation cover or limited surface water resources. High-risk areas in 2024 account for 1% more of the watershed's area compared to 2000. This increase is likely due to vegetation degradation, new construction, or climatic changes exacerbating erosion. Between 2000 and 2024, low-risk areas have slightly increased, but the percentage of villages within these areas has decreased. Conversely, moderate-risk areas, despite a slight decrease in area, now host a larger proportion of villages, intensifying pressure on these zones. While high-risk areas have expanded, the number of villages exposed to these risks has not changed, but the spread of gullies and associated threats must be taken seriously. Implementing management and protective measures can mitigate risks and ensure the safety of

* **Corresponding Author: ejtemaei@pnu.ac.ir**

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

rural settlements.In 2000, high-risk areas covered 9% of the watershed, increasing to 10% in 2024. This rise is concerning as it indicates intensifying erosion in some regions

4-discussion & Conclusions

Overall, data analysis reveals that the risk of gully erosion in the Mond watershed is increasing due to reduced rainfall, changes in slope and soil formations, and land use alterations. Areas with steep slopes, weak vegetation cover, and erosion-prone formations are the most vulnerable. Management measures such as vegetation restoration, runoff control, and changes in land use policies are necessary to prevent further degradation.A key finding is that many villages are located near high-risk areas prone to gully erosion. These villages, particularly in the southern and central parts of the watershed, face threats such as infrastructure damage, soil fertility loss, and reduced arable land. Land use changes, especially the expansion of barren and residential areas, have increased erosion risks and heightened rural vulnerability to natural hazards. Reduced rainfall in recent years, coupled with changes in vegetation cover and land slope, has significantly influenced the intensity and spread of gully erosion. While precipitation has declined in some areas, sandy and clay soils near steep slopes remain highly susceptible to erosion.

Key Words: Land Use, Gully Erosion, Google Earth Engine, Mond Watershed.

Cite this article: Ejtemaei, B, Moghtaderi, Gh. (2025). Zoning and Analysis of Temporal and Spatial Changes in Gully Erosion and Its Impact on the Villages of the Mond Watershed during the Years 2000 to 2024. *Journal of* Environmental *Erosion Research. 2025; 15 (1):105-119*. http//doi.org/10.61186/jeer.15.1.105

© The Author(s).
DOI: http//doi.org/10.61186/jeer.15.1.105
Published by Hormozgan University Press.
URL: http://magazine.hormozgan.ac.ir

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

پهنه‌بندی و تحلیل تغییرات زمانی و مکانی فرسایش خندقی و تاثیر آن بر روستاهای حوضه آبریز مند طی سالهای ۱۳۷۹ و ۱۴۰۳

بابک اجتماعی*: *استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران*
قاسمعلی مقتدری: *استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۴)
DOI: http//doi.org/10.61186/jeer.15.1.105

چکیده

تحلیل تغییرات کاربری اراضی و ارزیابی خطر فرسایش خندقی از جمله مسائل مهم در مدیریت منابع طبیعی و توسعه پایدار در حوضه‌های آبریز است. این تحقیق باهدف ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی در حوضه آبریز مند در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۴۰۳ انجام شده است. روش‌شناسی تحقیق شامل استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (۱۳۷۹) و لندست ۸ (۱۴۰۳) در Google Earth Engine و تحلیل‌های GIS می‌باشد. در ابتدا، تصاویر ماهواره‌ای پس از تصحیح اتمسفری به‌کمک الگوریتم Random Forest به پنج کلاس کاربری اراضی (اراضی کشاورزی، مراتع، جنگل‌ها، اراضی بایر و مناطق شهری) طبقه‌بندی شدند. سپس، لایه‌های شیب، ارتفاع، بارش و کاربری اراضی به‌منظور پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی با استفاده از تحلیل چندمعیاره (MCE) تلفیق شدند. نتایج نشان داد که در سال ۱۴۰۳، تغییرات قابل توجهی در کاربری اراضی و افزایش خطر فرسایش خندقی در برخی مناطق حوضه آبریز مند مشاهده می‌شود. این تغییرات، به‌ویژه در مناطقی که دارای کاربری‌های کشاورزی و مناطق شهری بوده‌اند، اثرات منفی زیادی بر محیط زیست و پایداری روستاها داشته است. در نهایت، شناسایی مناطق پرخطر و ارائه راهکارهای مدیریتی جهت کاهش خطر فرسایش خندقی در این مناطق پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، فرسایش خندقی، گوگل ارث انجین، حوضه آبریز مند.

* نویسندهٔ مسئول: ejtemaei@pnu.ac.ir

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

۱ ـ مقدمه

اشکال مختلفی از فرسایش آبی شناخته شده است که در این میان فرسنایش خندقی حد پیشرفته فرسایش خاک و از عوامل اصلی تخریب اراضی است و پهنه بندی فرسایش خندقی در حوضه های آبخیز سبب کاهش هزینه های کنترل فرسنایش خندقی و جلوگیری از خسارات اقتصادی و صدمات اجتماعی می شود(Khazaei et al 2024).فرسایش خندقی به عنوان یک نوع فرسایش آبی در اقلیم های متفاوتی از مناطق خشک تا مرطوب گسترش یافته است .این نوع از هدر رفت خاک با تجمع روان اب ها، موجب جابجای و تخریب افقهای سطحی خاک می گردد. در مناطق وسیعی از ایران در شمال، مرکزی و جنوب با این نوع هدر رفت خاک مواجه می باشند(Zakeri Nejadm2020).عوامل محیطی کنترل کننده شرایط بحرانی برای گسترش فرسایش خندقی شامل بارندگی،توپوگرافی،خاک،لیتولوژی و کاربری اراضی است و فرسایش خندقی می تواند از ۱۰ تا ۹۴ درصد از کل فرسایش یک منطقه را شامل شود.تناوب فصول گرم با خشک شدن زمین و فقر پوشش گیاهی در سطح سازندهای ریزدانه ترکهایی بوجود می اید و این ترک ها در اولین بارش ناگهانی ،محل تمرکز روان آبها و پیدایش فرسایش شیاری و خندقی می شود.(Asgari,2017).فرسایش خندقی به عنوان یکی از مهم‌ترین انواع فرسایش آبی، به دلیل تأثیرات شدید بر اراضی، منابع آب، و کاربری‌های انسانی، مورد توجه ویژه محققان و برنامه‌ریزان قرار دارد. در سطح داخلی محققان زیادی بر روی این نوع فرسایش کارکرده اند که ازجمله محققان ایرانی می توان به Yamani و همکاران (۲۰۱۳) اشاره کرد که به تحلیل عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و توسعه فرسایش خندقی در حوضه دشت‌کهور استان فارس پرداخته اند و عواملی نظیر ویژگی‌های زمین‌شناسی، تغییرات کاربری اراضی و مدیریت نادرست منابع طبیعی در در تشدید این نوع فرسایش موثر دانسته اند .همچنین Emadeldin و همکاران(۲۰۲۱) به ارزیابی خطر وقوع فرسایش خندقی در حوضه آبخیز قویجق پرداخته‌اند و عواملی نظیر بارش، نوع خاک، شیب زمین و تغییرات کاربری اراضی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار دانسته اند. Taghian و Moavi (2024) به پهنه‌بندی رخداد فرسایش خندقی در شمال اهواز پرداخته‌اند و از مدل‌های آماری استفاده و عواملی همچون شیب زمین، نوع خاک، و کاربری اراضی بر وقوع فرسایش خندقی موثر دانسته اند در سطح بین المللی نیز افراد زیادی بر روی این نوع فرسایش کار کرده اند که می توان به Belayneh و همکاران(۲۰۲) اشاره کرد که به بررسی فرسایش خندقی در حوضه آبخیز گومارا در شمال غرب اتیوپی پرداخته‌اند و نشان داده اند که که فرسایش خندقی در طول زمان به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است که عوامل اصلی آن، تغییرات کاربری اراضی، جنگل‌زدایی و مدیریت نامناسب زمین می‌باشد.Bogale و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی فرسایش خندقی در حوضه رود نیل آبی در اتیوپی پرداخته‌اند و نتایج آنها نشان داد که عوامل محیطی و انسانی بر شدت و گسترش فرسایش خندقی در منطقه تاثیر گذاشته است.Wei و همکاران (۲۰۲۲) از تکنیک‌های تحلیل مکانی و مدل‌سازی برای شناسایی فرسایش خندقی استفاده و نشان داده اند که عواملی مانند شیب زمین، نوع خاک، بارش و تغییرات کاربری اراضی به‌طور قابل‌توجهی بر حساسیت به فرسایش خندقی تأثیر دارند.Han و همکاران (۲۰۲۲) از ترکیب داده‌های محیطی نظیر بارش، شیب زمین، نوع خاک، و کاربری اراضی با مدل‌سازی استفاده و نتیجه گرفتند که که تغییرات زمانی در بارش و مدیریت زمین تأثیر قابل‌توجهی بر وقوع فرسایش خندقی دارند.Wang و همکاران (۲۰۲۲) از دادهای چند زمانه (پهپاد) در شناسایی فرسایش خندقی استفاده و نشان دادند که داده‌های پهپادی دقت بالایی در شناسایی و ارزیابی فرسایش خندقی دارند.Agostini و همکاران(۲۰۲۲) تغییرات فصلی فرسایش خندقی را مطالعه و نشان داند

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

که تحت تأثیر شرایط فصلی نظیر بارش و تغییرات رطوبت خاک قرار دارد.Qu و همکاران (۲۰۲۲) به تحلیل تغییرات در کاربری اراضی و بهره‌وری کشاورزی تحت تأثیر فرسایش خندقی پرداخته و عواملی مانند شیب زمین، نوع خاک، مدیریت زمین، و سیاست‌های دولتی از عوامل موثر بر تحول تولید کشاورزی دانسته اند.Mahamba و همکاران (۲۰۲۳) با هدف شناسایی عوامل موثر بر گسترش فرسایش خندقی در مناطق شهری پرداخته و عواملی مانند بارش زیاد، توسعه شهری غیرمجاز، شیب تند زمین، و تخریب پوشش گیاهی در ایجاد و گسترش خندق‌ها بسار موثر دانسته اند.Setargie و همکاران(۲۰۲۳) با هدف شبیه‌سازی تأثیرات تغییرات اقلیمی و شیوه‌های مختلف مدیریت اراضی بر گسترش فرسایش خندقی تحقیق خود را انجام داده و نشان دادند که که تغییرات بارش و عدم مدیریت صحیح اراضی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، باعث تسریع فرآیندهای فرسایش خندقی می‌شود.Chuma و همکاران (۲۰۲۳) از الگوریتم یادگیری ماشین برای شناسایی فرسایش خندقی استفاده و نشان می‌دهند که مدل‌های یادگیری ماشین توانایی بالایی در شبیه‌سازی حساسیت به فرسایش خندقی دارند و همچنین عوامل کلیدی مانند شیب زمین، بارش، نوع خاک، و پوشش گیاهی در این فرایند تأثیرگذار می دانند.Yibeltal و همکاران (۲۰۲۳) از داده‌های میدانی، مدل‌سازی مکانی با سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده و نشان می‌دهد که فرسایش خندقی به‌طور مستقیم منجر به از دست رفتن خاک سطحی، کاهش حاصلخیزی زمین، و تغییرات هیدرولوژیکی در این منطقه شده است.Liu و همکاران (2024)،Fan و همکاران(2024) ،Gao و همکاران(2024) بارش،شیب ،تغییرات کاربری ،خاک را از عوامل موثر در این نوع فرسایش می دانند.همچنین Yangو Gau (2024)،Kuhn و همکاران (2024) تغییرات کاربری زمین در مناطق شهری و روستنایی را از عوامل موثر در فرسایش خندقی می دانند.

پدیده فرسایش خندقی تحت‌تأثیر عوامل طبیعی مانند بارندگی و شیب زمین همچنین فعالیت‌های انسانی از جمله تغییرات کاربری اراضی و روش‌های نادرست کشاورزی قرار دارد. این پدیده علاوه بر خسارت مستقیم می‌تواند پیامدهای عمیق بر روی اکوسیستم و جامعه محلی در حوضه آبریز داشته باشد. فرسایش خندقی در بسیاری از جوامع روستایی، آسیب‌پذیری‌های موجود را تشدید کرده و این موضوع به‌ویژه در روستاهایی که به کشاورزی وابسته هستند تشدید می‌شود. این پدیده به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌تواند پیامدهای جدی از جمله تخریب اراضی کشاورزی، کاهش بهره‌وری زمین، و خطرات زیست‌محیطی را به دنبال داشته باشد. حوضه آبریز مند بدلیل شرایط خاص اقلیمی و زمین شناختی به شدت مستعد فرسایش خندقی است. این حوضه دارای دو نوع اقلیم نیمه خشک در قسمت مرکزی و گرم و خشک در قسمت جنوبی است. بارندگی های فصل بهار اغلب بصورت رگباری است و در سارندهای مستعد زمینه را برای فرسایش خندقی فراهم می کند. از طرف دیکر بدلیل تغییرات کاربری ها و توسعه سکونتگاهای انسانی که در چند دهه اخیر اتفاق افتاده به همراه عوامل طبیعی خطر فرسایش خندقی را در حوضه تشدید کرده است. از آنجا که فرسایش خندقی در تخریب زمین های روستایی که بویژه به کشاورزی وابسته هستند نقش موثری دارند. لذا در این تحقیق به دنبال آن هستیم که پهنه بندی فرسایش خندقی را در در دوره مورد بررسی قرار داده و اینکه چه تاثیراتی را بر روی روستاها در این حوضه گذاشته است.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]



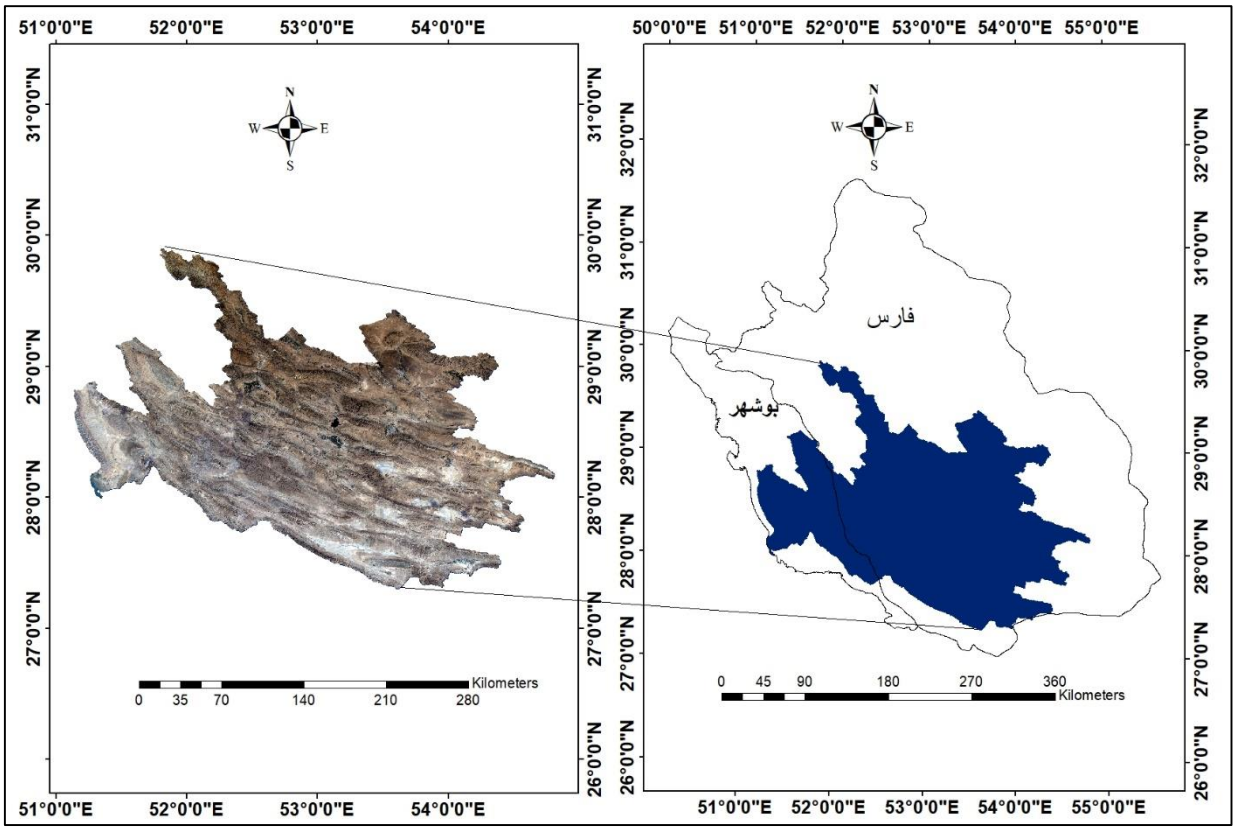
شکل ۱:نمونه ای از فرسایش خندقی در حوضه آبریز مند

۲ ـ منطقهٔ مورد مطالعه

حوضه آبریز مند یک از حوضه های ابی مربوط به خلیج فارس با ۴۷۸۰۲ کیلومتر مربع است که در جنوب و جنوب غربی استان فـارس و شـمال شـرقی استان بوشهر واقع شده است. این حوضه در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۲۹ درجه ۵۵ دقیقه شمالی قرار گرفته است.بخش عمده حوضه در استان فارس و پایاب آن در استان بوشهر قرار دارد. رود اصلی آن، رود مند است که از ارتفاعات شمال غربی شیراز سرچشمه می‌گیرد و به خلیج فارس می‌ریزد. شاخه اصلی آن، قره‌آغاج است و شاخه مهم دیگر آن، رودخانه فیروزآباد است. این حوضه دارای ۲۵۵۳ آبادی و ۶۱ ایستگاه هواشناسی است.بلندترین ارتفاع حوضه ۳۱۵۰ متر در شمال غربی فسا و پایین ترین قسمت حوضه در حاشیه خلیج فارس و ارتفاع صفر است.قسمت اعظم شهرستان فیروزاباد همچنین شهرستانهای فسا،جهرم، فراشبند، قیروکارزین، خنج، لارستان،گراش بصورت کامل در این حوضه قرار گرفته اند .حداقل و حداکثر شیب حوضه بین صفر تا ۷۶ درجه است. میانگین درجه حرارت بین ۲۴ تا ۳۶ درجه در نوسان است که از سمت شمال به حنوب و غرب حوضه افزایش می یابد. میانگین درجه حرارت زمستان نیز بین ۴ تا ۱۸ درجه است.میانگین بارش حوضه هم بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر در نوسان است. بخش اعظم حوضه نیز به اقلیم نیمه خشک اختصاص دارد.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی حوضهٔ آبریز مند

۳ ـ مواد و روش

۳ ـ۱ـ داده‌ها و مراحل اجرای پژوهش

این تحقیق از نوع کاربردی است که باهدف ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی در حوضه آبریز مند در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۴۰۳ انجام شده است. روش تحقیق بر مبنای تحلیل مکانی و زمانی داده‌های سنجش‌ازدور و استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و پردازش داده‌های ماهواره‌ای است. برای جمع‌آوری داده‌ها، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (سال ۱۳۷۹) و لندست ۸ (سال ۱۴۰۳) بهره گرفته شد که این داده‌ها از طریق Google Earth Engineدریافت و پردازش گردیدند. همچنین، داده‌های ارتفاعی از مدل رقومی ارتفاع (DEM) و اطلاعات اقلیمی مانند دما و بارش از پایگاه‌های معتبر جهانی استخراج شدند.

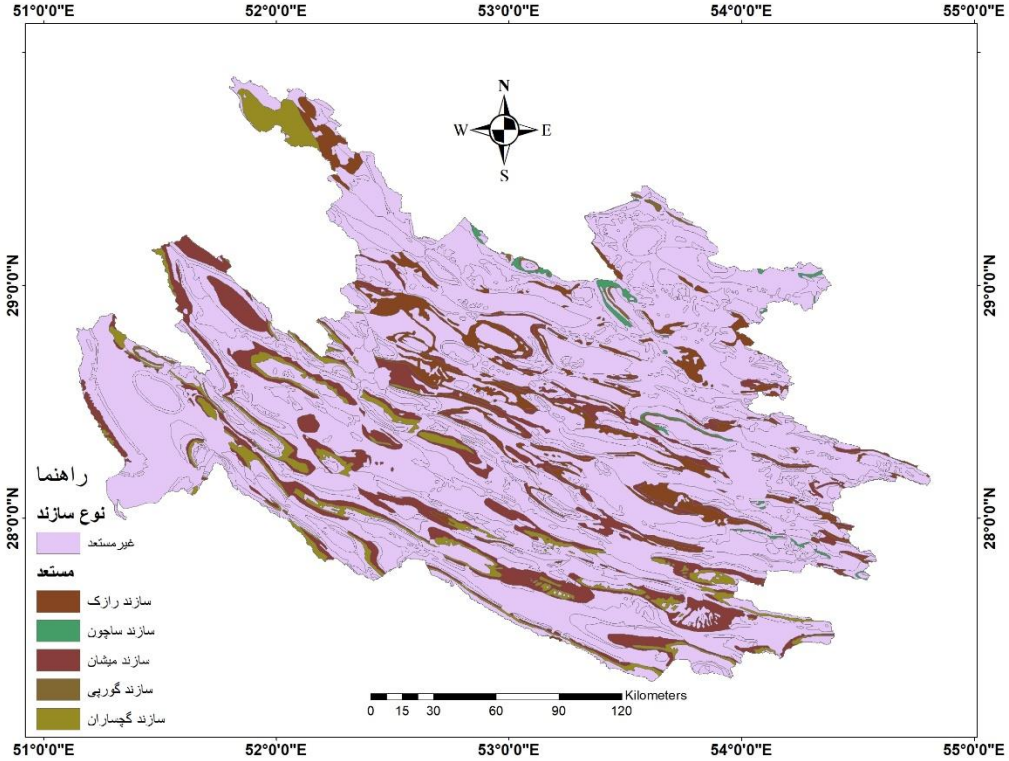
برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، ابتدا تصحیح اتمسفری روی تصاویر ماهواره‌ای اعمال شد و نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم Random Forestدر پنج کلاس اصلی (اراضی کشاورزی، مراتع، جنگل‌ها، اراضی بایر و مناطق شهری) طبقه‌بندی شدند. در مرحله بعد، لایه‌های شیب، ارتفاع، بارش و دما در محیط GISآماده‌سازی و با لایه‌های کاربری اراضی تلفیق گردیدند. سپس، پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی با استفاده از روش تحلیل چندمعیاره (MCE) و روی‌هم‌گذاری لایه‌ها انجام شد. به‌منظور ارزیابی تغییرات، نقشه‌های مربوط به سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۴۰۳ با یکدیگر مقایسه شدند و مناطق پرخطر، کم‌خطر و متوسط خطر شناسایی گردیدند. در نهایت، نقشه پراکندگی روستاها در محدوده‌های پرخطر نیز استخراج و تحلیل گردید.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

۴-یافته‌ها

۴-۱-سازندها

توزیع سازندهای مستعد و غیر مستعد فرسایش نقش مهمی در پهنه‌بندی خطر فرسایش خندقی و تاثیر آن بر روستاها دارد. سازندهای مستعد مارنی و شیلی (رنگ‌های سبز پررنگ و بنفش) بیشترین تأثیر را در ایجاد فرسایش خندقی دارند. این سازندها به دلیل ترکیب مواد رسی و شیلی، در برابر بارش و رواناب سطحی بسیار حساس هستند و منجر به تشکیل خندق‌های عمیق می‌شوند. مناطقی که این سازندها گسترش بیشتری دارند، عمدتاً در بخش‌های میانی و جنوبی حوضه واقع شده‌اند و تهدید مستقیم برای روستاهای نزدیک به این مناطق محسوب می‌شوند. این مناطق نیازمند اقدامات مدیریتی مانند پوشش گیاهی مناسب، ایجاد آب‌بندها و کنترل رواناب هستند. همچنین سازندهای غیر مستعد که شامل سازندهای آهکی و ماسه‌سنگی (رنگ سبز روشن) است عمدتاً در مناطق شمالی و شرقی حوضه دیده می‌شوند. این سازندها به دلیل استحکام بالا کمتر در معرض فرسایش خندقی قرار دارند و به عنوان مناطق پایدار شناخته می‌شوند. این مناطق می‌توانند به عنوان مناطق مناسب برای توسعه فعالیت‌های کشاورزی یا سکونتگاهی در نظر گرفته شوند، زیرا خطر فرسایش در آن‌ها کم است. روستاهایی که در نزدیکی سازندهای مارنی و شیلی قرار دارند، بیشترین آسیب‌پذیری را نسبت به خطر فرسایش خندقی دارند. این موضوع بر اهمیت برنامه‌ریزی مدیریت بحران و ارائه راهکارهای حفاظتی در این روستاها تاکید می‌کند.بطور کلی می توان گفت که گسترش سازندهای مستعد فرسایش، همراه با تغییرات کاربری اراضی (مانند کاهش اراضی کشاورزی و افزایش مناطق بایر)، خطرات بیشتری برای مناطق روستایی ایجاد کرده است(شکل ۳).



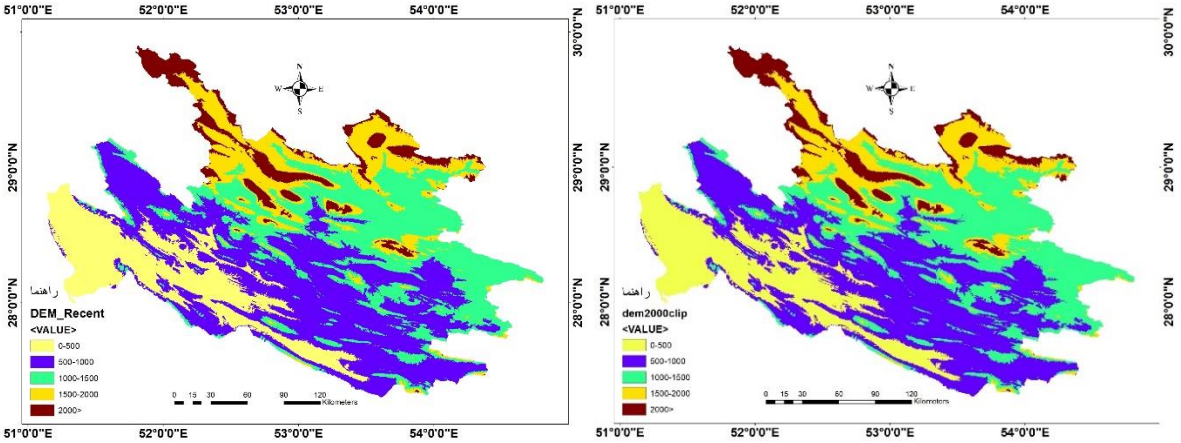
شکل ۳: توزیع سازندها در حوضهٔ آبریز مند به همراه مناطق مستعد و غیر مستعد فرسایش خندقی

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

۲-۴-طبقات ارتفاعی

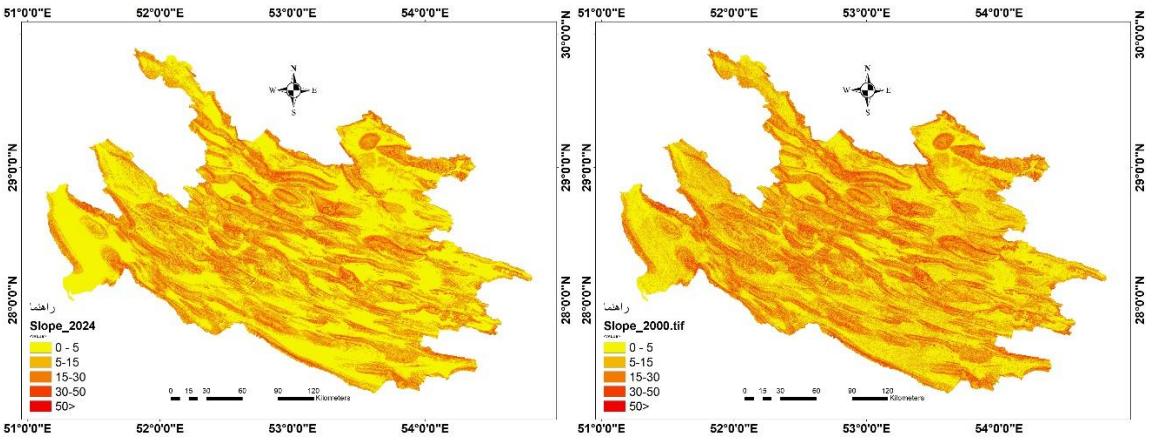
در بازه ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۳، طبقات ارتفاعی دستخوش تغییرات جزئی شده اند و دلایل آن طبیعی مانند تغییرات اقلیمی،فرسایش .... یا انسانی مانند توسعه کشاورزی،تغییرات کاربری اراضی ،تخریب اراضی بوده است.مساحت برخی طبقات ارتفاعی کاهش یافته یا افزایش یافته است. برای مثال، مناطق با ارتفاع ۰-۵۰۰ متر که در نقشه ۱۳۷۹ قابل توجه هستند، در سال ۱۴۰۳ دستخوش تغییراتی شده است(شکل ۴).



شکل ۴: نقشه طبقات ارتفاعی سال ۱۳۷۹(سمت چپ) و سال ۱۴۰۳(سمت راست) حوضه آبریز مند

۳-۴-شیب حوضه

شیب‌های بالاتر (بیش از ۲۰ درجه) در سال ۱۳۷۹عمدتاً در بخش‌های شرقی و مرکزی حوضه مشاهده می‌شوند. این مناطق به دلیل ترکیب شیب و بارش بالا، بیشترین خطر را برای فرسایش دارند. اگرچه در سال۱۴۰۳ توزیع شیب تغییر نکرده است، کاهش بارندگی در برخی مناطق باعث کاهش رواناب سطحی شده که می‌تواند خطر فرسایش را در این نواحی کاهش دهد. با این حال، بارش‌های رگباری در مناطق با شیب بالا همچنان پتانسیل بالایی برای فرسایش خندقی ایجاد می‌کند(شکل ۵).

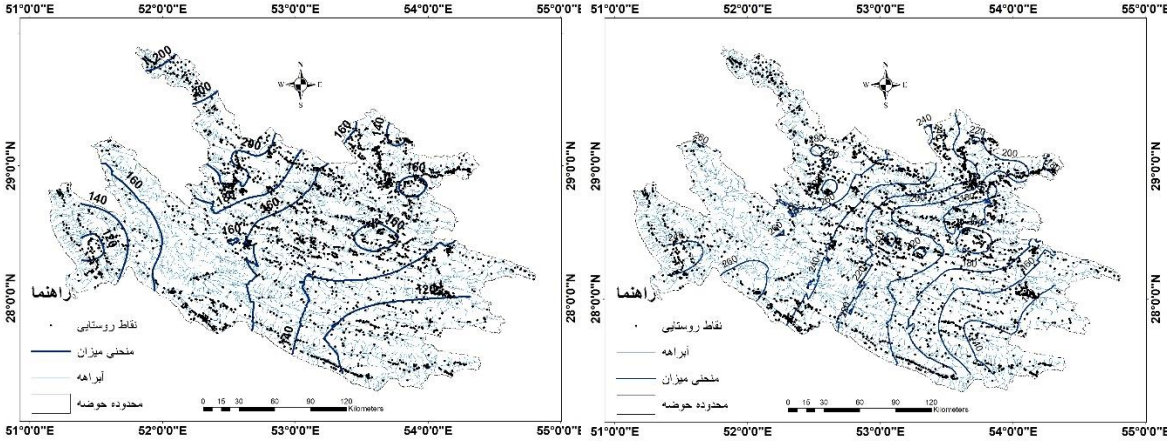


شکل ۵: نقشه طبقات شیب سال ۱۳۷۹(سمت چپ) و سال ۱۴۰۳(سمت راست) حوضه آبریز مند

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

۴-۴-بارش

نقشه هم‌باران سال ۱۳۷۹ و نقشه هم‌باران سال ۱۴۰۳ نشان‌دهنده تغییرات بارش در دو دوره زمانی هستند. مناطق با بارش‌های بیشتر مستعد وقوع فرسایش خندقی هستند، به‌ویژه در مناطقی که پوشش گیاهی ضعیف است یا خاک‌ها دارای بافت سست و نفوذپذیری کم هستند. مناطق شمالی و مرکزی حوضه در سال ۱۳۷۹ بارش بیشتری نسبت به سال ۱۴۰۳ دارند. این کاهش بارندگی می‌تواند به کاهش فرسایش خندقی منجر شود. خطوط هم‌باران سال ۱۳۷۹ نشان می‌دهد که مناطقی با بارش بالاتر (مانند مناطق با بارش ۱۶۰ و ۱۸۰ میلی‌متر) بیشتر در بخش‌های مرکزی و شمالی حوضه متمرکز شده‌اند. در نقشه سال ۱۴۰۳ میزان بارش در بسیاری از مناطق نسبت به سال ۱۳۷۹ کاهش یافته است. خطوط هم‌باران نشان‌دهنده بارش‌های کمتر و توزیع متفاوت‌تر در بخش‌های مرکزی و جنوبی حوضه هستند. کاهش بارندگی خطر مستقیم فرسایش را در برخی مناطق کاهش داده باشد، اما اثرات انباشته فرسایش خندقی در سال‌های گذشته همچنان باقی مانده است. تغییرات بارش یکی از عوامل اصلی تغییرات مکانی و زمانی فرسایش خندقی در حوضه مند است. نقشه‌های هم‌باران نشان می‌دهند که مناطق با بارش بالاتر (در سال ۱۳۷۹) یا مناطقی با بارش‌های رگباری (در سال ۱۴۰۳) بیشترین خطر را برای فرسایش و تأثیر بر روستاها داشته‌اند(شکل ۶).



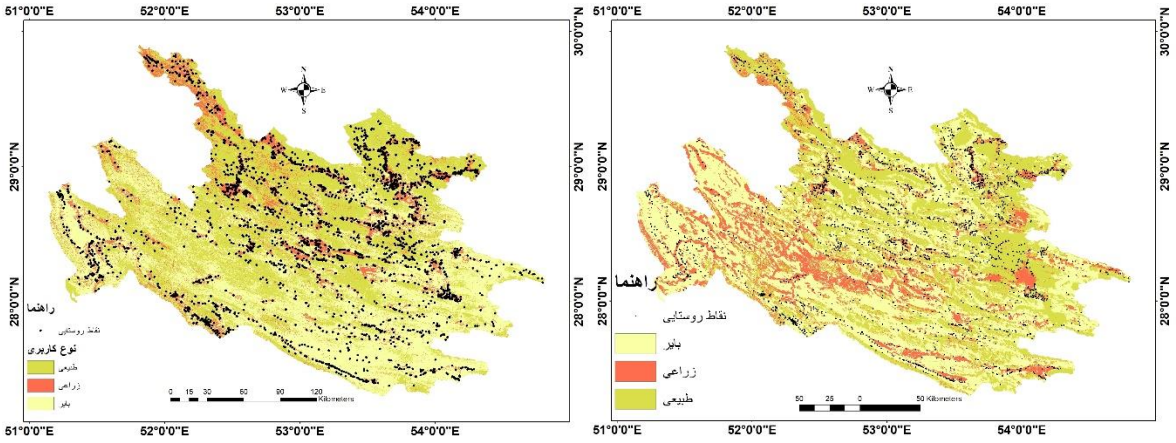
شکل ۶: نقشه هم باران سال ۱۳۷۹(سمت چپ) و سال ۱۴۰۳(سمت راست) حوضه آبریز مند

۵-۴-کاربری اراضی

مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی سال ۱۳۷۹ و ۱۴۰۳ نشان‌دهنده تغییرات قابل‌توجه در انواع کاربری‌های اراضی حوضه آبریز مند است. در نقشه سال ۱۳۷۹، اراضی کشاورزی (نمایش داده شده با رنگ قرمز) گستردگی بیشتری در مناطق مرکزی و شمالی حوضه داشتند، در حالی که در نقشه سال ۱۴۰۳، شاهد کاهش این اراضی و گسترش مناطق بایر (رنگ زرد) هستیم. همچنین، اراضی مسکونی (رنگ خاکستری) در سال ۱۴۰۳ نسبت به سال ۱۳۷۹ افزایش یافته‌اند، که این موضوع نشان‌دهنده رشد جمعیت و توسعه مناطق شهری است.. گسترش اراضی بایر در مناطق حاشیه‌ای حوضه، به‌ویژه در مجاورت روستاها، خطرات بیشتری برای جمعیت‌های محلی ایجاد می‌کند.از سوی دیگر، تحلیل توزیع نقاط روستایی نشان می‌دهد که تعداد زیادی از روستاها در مناطق پرخطر قرار دارند(شکل ۷).

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

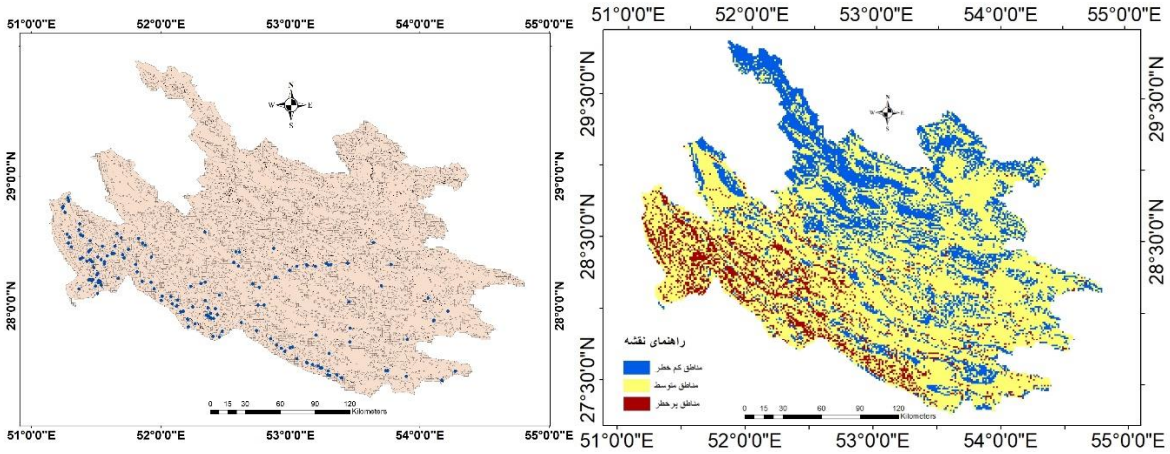
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]



شکل ۷: نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۹(سمت چپ) و سال ۱۴۰۳(سمت راست) حوضه آبریز مند

۶-۴-پهنه‌بندی فرسایش خندقی و سکونتگاههای روستایی در معرض خطر سال ۱۳۷۹

نقشه پهنه‌بندی فرسایش خندقی سال ۱۳۷۹ اطلاعات ارزشمندی در مورد توزیع فضایی مناطق پرخطر و کم‌خطر ارائه می‌دهد. مناطق میانی و جنوبی حوضه بیشترین پهنه‌های پرخطر را شامل می‌شوند. این مناطق عمدتاً با سازندهای مارنی و شیلی (رنگ‌های سبز پررنگ و بنفش) پوشیده شده‌اند. شیب‌های متوسط تا بالا (۱۰ تا ۳۰ درجه) در این نواحی باعث تجمع رواناب سطحی و تسریع فرآیندهای فرسایش شده‌اند. مناطق شمالی و شرقی حوضه پهنه‌های کم‌خطر را شامل می‌شوند. این مناطق بیشتر از سازندهای آهکی و ماسه‌سنگی (رنگ سبز روشن) تشکیل شده‌اند. شیب ملایم (کمتر از ۱۰ درجه) در این نواحی، تجمع رواناب سطحی را محدود کرده است.تعداد۱۶۰ آبادی در مناطق پرخطر قرار دارند، به‌ویژه در حاشیه سازندهای مارنی و شیلی قرار دارند.وسعت این مناطق در نقشه ۴۰۴۳ کیلومتر مربع است. نقشه شما ره ۷ (سمت چپ)نشان‌دهنده موقعیت روستاهای در معرض خطر فرسایش خندقی است. بررسی تطبیقی این نقشه با نقشه پهنه‌بندی خطر می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که کدام روستاها بیشتر در معرض تهدید فرسایش هستندبیشتر ۷۱ درصد از آبادی ها در مناطق با خطر متوسط قرار دارند، که نشان‌دهنده اهمیت این مناطق است. همچنین، ۶۶ درصد از کل مساحت حوضه در این دسته قرار دارد (شکل۸).

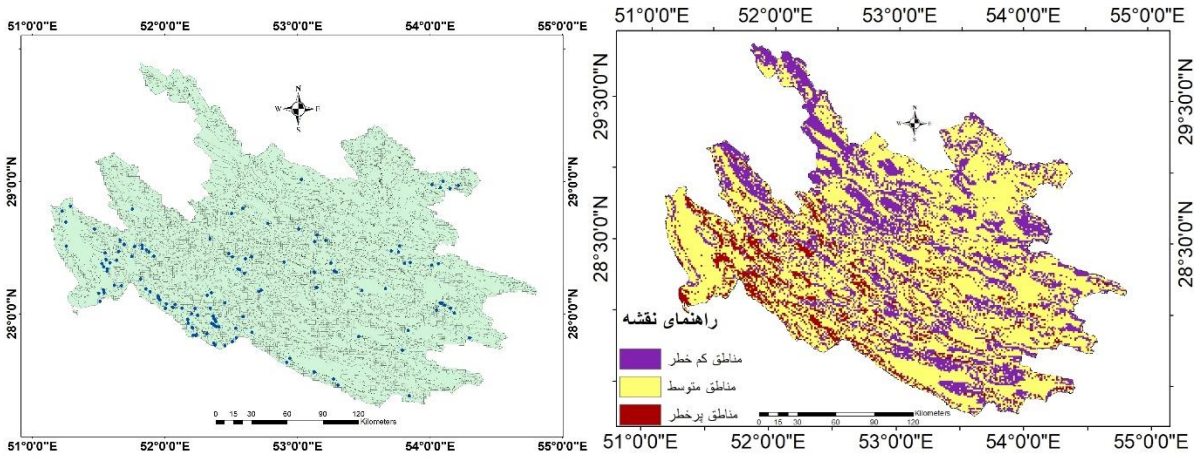


شکل ۸:پهنه بندی فرسایش خندقی (سمت چپ) و سکونتگاههای روستایی در معرض خطر سال ۱۳۷۹(سمت راست) حوضه آبریز مند

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

۷-۴- پهنه‌بندی فرسایش خندقی و سکونتگاههای روستایی در معرض خطر سال ۱۴۰۳

مناطقی که در سال ۱۴۰۳ به عنوان پرخطر شناسایی شده‌اند، ۱ درصد بیشتر از سال ۱۳۷۹ را شامل می‌شوند. این افزایش به دلیل تخریب پوشش گیاهی، ساخت و سازهای جدید همچنین تغییرات اقلیمی می تواند باشد که باعث تشدید فرسایش در این نواحی شده است. بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۳، مناطق کم‌خطر اندکی افزایش یافته‌اند، اما درصد روستاهای واقع در این مناطق کاهش یافته است. در مقابل، مناطق خطر متوسط با کاهش اندک در مساحت، میزبان بخش بیشتری از روستاها شده‌اند که فشار بر این پهنه‌ها را افزایش داده است. مناطق پرخطر با وجود افزایش مساحت، تغییری در تعداد روستاهای در معرض خطر نشان نمی‌دهند، اما گسترش خندق‌ها و تهدیدات ناشی از آن باید جدی گرفته شود. اجرای اقدامات مدیریتی و حفاظتی می‌تواند خطرات را کاهش داده و امنیت سکونتگاه‌های روستایی را تضمین کند(شکل ۹).



شکل ۹ :پهنه بندی فرسایش خندقی (سمت چپ) و سکونتگاههای روستایی در معرض خطر سال ۱۴۰۳(سمت راست) حوضه آبریز مند

خلاصه اطلاعات نقشه‌های پهنه بندی و روستاههای در معرض خطر فرسایش خندقی در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول ۱: خلاصه اطلاعات پهنه‌بندی فرسایش خندقی

محدوده	مساحت سال ۱۳۷۹ (درصد)	مساحت سال ۱۴۰۳ (درصد)	درصد روستاها سال ۱۳۷۹	درصد روستاها سال ۱۴۰۳
کم‌خطر	۲۵	۲۶	۲۲	۲۰
خطر متوسط	۶۶	۶۴	۷۱	۷۳
پرخطر	۹	۱۰	۷	۷

در سال ۱۳۷۹، ۲۵ درصد از مساحت منطقه در طبقه کم خطر قرار داشت که در سال ۱۴۰۳ به ۲۶ درصد افزایش یافته است. این افزایش نشان‌دهنده بهبود وضعیت برخی نواحی از نظر خطر فرسایش خندقی است. طبقه خطر متوسط بیشترین سهم را در هر دو سال به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۷۹، ۶۶ درصد مساحت در این طبقه بود که در سال ۱۴۰۳ به ۶۴ درصد کاهش یافته است. درصد روستاهای واقع در این طبقه از ۷۱ درصد در سال ۱۳۷۹ به ۷۳ درصد در سال ۱۴۰۳ افزایش یافته است. در سال ۱۳۷۹، ۹ درصد از مساحت منطقه پرخطر وجود دارد که در سال ۱۴۰۳ به ۱۰ درصد افزایش یافته است. این افزایش نگران‌کننده است، زیرا نشان‌دهنده تشدید فرسایش در برخی نواحی است. درصد روستاهای واقع در این طبقه ثابت مانده و در هر دو سال ۷ درصد بوده است. این موضوع نشان می‌دهد که روستاهای این طبقه

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

تغییری در وضعیت خود نداشته‌اند و همچنان در معرض خطر بالا هستند. افزایش طبقه کم‌خطر نشان‌دهنده بهبود وضعیت در برخی مناطق است، اما افزایش مساحت طبقه پرخطر بیانگر چالش‌هایی در مدیریت فرسایش خندقی است. روستاهای بیشتری در طبقه خطر متوسط قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده لزوم اقداماتی برای کاهش خطرات در این مناطق است.

۵ ـ بحث و نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، تحلیل داده‌ها نشـان می‌دهد که با کاهش بارندگی، تغییرات در شیب و نوع سازندهای خاکی و همچنین تغییرات در کاربری اراضی، خطر فرسایش خندقی در حوضه مند در حال افزایش است. مناطق با شیب‌های تند، پوشش گیاهی ضعیف و سازندهای مستعد فرسایش بیشترین آسیب‌پذیری را دارند و لازم است تا اقدامات مدیریتی مانند توسعه پوشـش گیاهی، کنترل رواناب و تغییر در سـیاسـت‌های کاربری اراضـی در این مناطق انجام شود تا از تخریب بیشتر جلوگیری شود. از نتایج مهم پژوهش این است که تعداد زیادی از روستاها در نزدیکی مناطق پرخطر و مستعد فرسایش خندقی قرار دارند. این روسـتاها، به ویژه در بخش‌های جنوبی و میانه حوضـه، با تهدیداتی مانند تخریب زیرسـاخت‌ها، کاهش حاصـلخیزی خاک و کاهش زمین‌های زراعی مواجه هسـتند. تغییرات کاربری اراضی، به ویژه گسترش مناطق بایر و مسـکونی، خطرات فرسـایش را افزایش داده و بر آسـیب‌پذیری روسـتاها در برابر خطرات طبیعی افزوده است. کاهش بارندگی در سال‌های اخیر و تغییرات در پوشش گیاهی و شیب زمین تأثیرات قابل توجهی بر شدت و گسترش فرسایش خندقی داشته است. در حالی که بارندگی در برخی مناطق کاهش یافته، خاک‌های شنی و رسی در کنار مناطق با شـیب‌های تند، همچنان آسـیب‌پذیری بالاتری نسـبت به فرسـایش دارند . برای مقابله با خطرات فرسایش خندقی و کاهش تأثیرات آن بر روسـتاها، پیشـنهاد می‌شود که در مناطق بحرانی، اقدامات مدیریتی مانند احیای پوشش گیاهی، کنترل رواناب، و جلوگیری از تغییرات بی‌رویه کاربری اراضـی انجام گیرد. همچنین، نظارت و مدیریت منابع آبی و خاکی در این مناطق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار اسـت. شـناسایی مناطق با خطر بالا و تخصیص منابع برای حفاظت از این مناطق، به ویژه در نزدیکی روستاها، می‌تواند خطرات ناشی از فرسایش را به طور چشمگیری کاهش دهد.

نتایج این تحقیق که بر روی تغییرات کاربری اراضـی و مدیریت نادرسـت اسـتفاده از زمین و تأثیر آن بر رو ی فرسـایش خندقی اشـاره می کند با یافته‌های پژوهش‌های پیشـین یمانی و همکاران (۱۳۹۲) و عمادالدین و همکاران (۱۴۰۰) همچنین بلاینه و همکاران (۲۰۲۰) و بوگاله و همکاران (۲۰۲۰) هم خوانی دارد.

منابع

1.Agostini, M., Mondini, A. C., Torri, D., & Rossi, M. (2022). Modelling seasonal variation of gully erosion at the catchment scale. *Earth Surface Processes and Landforms*, 47(2), 436-458. https://doi.org/10.1002/esp.5259

2.Asgari Sarsakanroud, Syed (2017). "Analysis of the Factors Influencing the Formation and Expansion of Gully Erosion." *Geographical Space*, 17(58), 285-301. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1757-fa.html (in Persian)

3.Belayneh, M., Yirgu, T., & Tsegaye, D. (2020). Current extent, temporal trends, and rates of gully erosion in the Gumara watershed, Northwestern Ethiopia. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01255. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01255

4.Bogale, A., Aynalem, D., Adem, A., Mekuria, W., & Tilahun, S. (2020). Spatial and temporal variability of soil loss in gully erosion in upper Blue Nile basin, *Ethiopia. Applied Water Science*, 10(5), 1-8.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

5.Chuma, G. B., Mugumaarhahama, Y., Mond, J. M., Bagula, E. M., Ndeko, A. B., Lucungu, P. B.,... & Schmitz, S. (2023). Gully erosion susceptibility mapping using four machine learning methods in Luzinzi watershed, eastern Democratic Republic of Congo. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 129, 103295. https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103295
6.Emadeldin, Somayeh, Omidi, Marjaneh, Arkhai, Saleh, & Karam, Amir. (2021). "Assessing the Risk of Gully Erosion in the Qojq Watershed." *Natural Environmental Hazards*, 10(30), 17-34. DOI: 10.22111/jneh.2020.34212.1662(in Persian)
7.Fan, F., Gu, X., Luo, J., Zhang, B., Liu, H., Yang, H., & Wang, L. (2024). Identification of gully erosion activity and its influencing factors: A case study of the Sunshui River Basin. PloS one, 19(11), e0309672. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309672
8.Gao, Y., Zhu, Y., Chen, J., Yang, X., Huang, Y., Song, F.,... & Chen, J. (2024). Temporal and spatial distribution and development of permanent gully in cropland in the rolling hill region (phaeozems area) of northeast China. Catena, 235, 107625. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107625
9.Han, J., Guzman, J. A., & Chu, M. L. (2022). Gully erosion susceptibility considering spatiotemporal environmental variables: Midwest US region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 43, 101196. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101196
10.Khazai, Majid, Shirani Kouroush, Saleh, Iman. (2024). "Examining the Factors Influencing Gully Erosion and Preparing a Mapping of Erosion Zones in the Takht-Daraz Watershed." *Environmental Erosion Research*, 14(3), 123-141. DOI: 10.61186/jeer.14.3.123(in Persian)
11.Kuhn, C. E. S., Reis, F. A. G. V., Furegatti, S. A., Zarfl, C., & Peixoto, A. S. P. (2024). Economic impacts of an urban gully are driven by land degradation. *Natural Hazards*, 1-32. https://doi.org/10.1007/s11069-024-06727-6
12.Mahamba, J. A., Kayitoghera, G. M., Musubao, M. K., Chuma, G. B., & Sahani, W. M. (2023). Evolution of gully erosion and susceptibility factors in the urban watershed of the Kimemi (Butembo/DR Congo). *Geography and Sustainability*, 4(3), 268-279. https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.07.001
13.Qu, L., Li, Y., Chen, Z., & Huang, Y. (2022). Exploring the spatiotemporal variation characteristics and influencing factors of gully agricultural production transformation in the Chinese Loess Plateau: A case study of loess hilly and gully region in Yan'an City. *Land Use Policy*, 123, 106369. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106369
14.Liu, B., Zhang, B., Yin, Z., Hao, B., Wu, S., Feng, H., & Siddique, K. H. (2024). Ephemeral gully development in the hilly and gully region of China's loess plateau. *Land Degradation & Development*, 35(1), 128-141. https://doi.org/10.1002/ldr.4904
15.Setargie, T. A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Rossi, M., Ardizzone, F.,... & Meshesha, T. M. (2023). Modeling of Gully Erosion in Ethiopia as Influenced by Changes in Rainfall and Land Use Management Practices. Land, 12(5), 947. https://doi.org/10.3390/land12050947
16.Taghian, Alireza, Moavi, Mahshid. (2024). "Mapping the Occurrence of Gully Erosion in Northern Ahvaz Using Statistical Models." *Geographical Studies of Dry Areas*, (in press), -. DOI: 10.22034/jargs.2024.452501.1103(in Persian)
17.Wei, Y., Liu, Z., Zhang, Y., Cui, T., Guo, Z., Cai, C., & Li, Z. (2022). Analysis of gully erosion susceptibility and spatial modelling using a GIS-based approach. Geoderma, 420, 115869. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115869
18.Wang, R., Sun, H., Yang, J., Zhang, S., Fu, H., Wang, N., & Liu, Q. (2022). Quantitative evaluation of gully erosion using multitemporal UAV data in the southern black soil region of Northeast China: A case study. Remote Sensing, 14(6), 1479. https://doi.org/10.3390/rs14061479
19.Yamani, Dr. Mojtaba, Zaman-zadeh, Dr. Seyed Mohammad, Ahmadi, Mehdi. (2013). "Analysis of Factors Affecting the Formation and Development of Gully Erosion (Case

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]

Study: Dasht-Khor Basin in Fars Province)." *Geographical Exploration of Desert Areas*, (in press). (in Persian)

20. Yang, L., & Guo, Y. (2024). Process and mechanism of rural transformation in the loess hilly-gully region: A case study of Majiabian village in Suide county. *Journal of Geographical Sciences*, 34(11), 2239-2262. https://doi.org/10.1007/s11442-024-2291-2
21. Yibeltal, M., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Adgo, E., Meshesha, D. T., Zegeye, A. D.,... & Lee, S. S. (2023). Analyzing the contribution of gully erosion to land degradation in the upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Journal of Environmental Management*, 344, 118378. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118378
22. Zakeri Nejad, R. (2020). "Evaluation of Digital Elevation Models for Mapping Gully Erosion Potential Using the Maxent Model and GIS (Case Study: Samiran Watershed, South Isfahan)." *Remote Sensing and Geographic Information Systems in Natural Resources*, 4(3), 106. DOI: 10.30495/girs.2020.674955(in Persian)

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.105]