Investigating the effects of land use changes on soil erosion in Meshkinshahr County

Elnaz Piroozi [a], Sayyad Asghari Saraskanroud [b*], Batool Zeinali [C]

[a] *Postdoctoral Researcher in Geomorphology, Physical Geography Department, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
[b] *Professor of Geomorphology, Physical Geography Department, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
[C] *Professor of Climatology, Physical Geography Department, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*

Research Full Paper
Article History (Received: 2024/12/28 Accepted: 2025/01/24)

Extended abstract

1- Introduction

Erosion is a factor that severely threatens soil productivity and is one of the greatest obstacles to achieving sustainable development in agriculture and using natural resources. Land use changes can change the physical properties of the land surface and expose the soil to erosion by affecting the type of land use and its spatial patterns. Meshkinshahr County (located in Ardabil Province), due to its environmental characteristics, has a high potential for erosion risk. However, in recent years, due to the growing population and unprincipled land-use changes, the potential for this risk to occur at the county level has increased. Therefore, given the importance of the subject, in the present study, the study of land use changes and their role in the occurrence of erosion risk has been studied in the period between 2002 and 2024.

2-Methodology

In this study, to investigate land use changes, first, Landsat satellite images from (OLI-TM) sensors for the years (2002 and 2024) were obtained from the US Geological Survey. Then, to prepare the images, geometric and atmospheric corrections were made to the images using the Flash method and Envi5.3 software. In the next stage, using the object-oriented classification method and the nearest neighbor algorithm by Ecognition software, land use maps were extracted in the two study periods. In the next stage, by identifying the effective factors involved in the erosion of the region (including; land use, slope, lithology, soil, distance from road, distance from river, and precipitation) and preparing information layers for each criterion in GIS, the valuation and standardization of the layers were carried out using the fuzzy membership function and weighting of the criteria, using the critic method. Finally; final analysis and modeling were performed using the WLC multi-criteria analysis method.

3- Results

The results show that in the two time periods studied, the largest area of the area is covered by poor pastures and rainfed agriculture, and the lowest level of land use is related to snow-covered lands and water areas. According to the results of the study, during the period studied, the area of land used for irrigated agriculture, rainfed agriculture, residential areas, and water areas has increased. So in 2024, compared to 2002, rainfed agriculture increased by 203.78 square kilometers, irrigated agriculture by 63.06 square kilometers, residential areas by 54.48 square kilometers, and areas with water cover by 1.19 square kilometers. In contrast, the area of garden and forest land uses, good pastures, poor pastures, and snow-covered lands has decreased in 2024 compared to 2002. The results show that during the study period, the area of poor and good pastures has increased by: 180.95 and 118.59 square kilometers have decreased. The area of garden and forest lands in the county has decreased by 22.47 square kilometers in 2024, and snow cover has also decreased by 0.5 square kilometers.

According to the results of weighting the criteria, in 2002, the criteria of slope, land use, lithology, and soil have the highest weight coefficients, respectively, and in 2024, the criteria of land use, slope, lithology, and soil have the highest weight coefficients. According to the erosion zoning map, in 2002, the area of the very high-risk and

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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

high-risk categories was 216.308 and 779.068 square kilometers, and the amount of these risk categories has increased to 600.348 and 820.228 square kilometers in 2024, respectively.

4- Discussion & Conclusions

The high extent of the very high-risk and high-risk classes in both periods of study indicates the very high erosion potential of this county, given the environmental conditions prevailing in the area. Looking at the results of the analysis of land use changes and their compliance with the erosion risk potential maps, in addition to environmental conditions (such as the presence of loose soils, sensitive and erodible formations, high slope, rainfall, and abundance of the waterway network), the reduction in the area of pastures, orchards, and forest cover, and the increase in the area of agricultural lands (irrigated and dry) and residential areas can be stated as the most important reasons for the increase in soil erosion potential in Meshkinshahr County. Finally, according to the research results, to manage the land use of the county systematically, measures such as strengthening and restoring the vegetation cover of pastures, reducing the pressure of pasture exploitation by providing alternative jobs, converting low-yielding rainfed lands to forage crops, raising public awareness about the consequences of converting pasture lands to rainfed lands, familiarizing farmers with protective measures on sloping lands and how to cultivate them, and training them on methods of combating soil erosion are suggested.

Key Words: Erosion, Land use, Multi-criteria analysis, Object-oriented method.

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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

Cite this article: Piroozi, E., Asghari Saraskanroud, S., & Zeinali, B. (2025). Investigating the effects of land use changes on soil erosion in Meshkinshahr County. *Journal of* Environmental *Erosion Research;* 2025; 15 (1)*:147-165.* http//doi.org/10.61186/jeer.15.1.147

© The Author(s).
DOI: http//doi.org/10.61186/jeer.15.1.147
Published by Hormozgan University Press.
URL: http://magazine.hormozgan.ac.ir

بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک در سطح شهرستان مشکین‌شهر

الناز پیروزی: *پژوهشگر پسادکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران*
صیاد اصغری سراسکانرود *: *استاد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران*
بتول زینالی: *استاد آب‌وهواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۵)
DOI: http//doi.org/10.61186/jeer.15.1.147

چکیده

فرسایش خاک، مشکل جهانی است که به طور جدی منابع آب و خاک را تهدید می‌کند و تغییرات کاربری اراضی از عمده عوامل دخیل در افزایش پتانسیل فرسایش می‌باشد. شهرستان مشکین‌شهر، با نظر به شرایط محیطی از دیرباز تحت تأثیر وقوع فرسایش بوده است، امّا در طی سال‌های اخیر، با توجه به روند رو به‌رشد جمعیّت و تغییرات غیراصولی کاربری اراضی، پتانسیل رخداد این مخاطره در سطح شهرستان افزایش یافته است. بر این‌اساس، هدف پژوهش حاضر بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک، در سطح این شهرستان می‌باشد. در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، نقشهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ کاربری اراضی برای دو سال ۲۰۰۲ و ۲۰۲۴ با استفاده از روش طبقه‌بندی شیءگرا استخراج گردید. به‌منظور پهنه‌بندی خطر فرسایش، بعد از تهیهٔ لایه‌های اطّلاعاتی عوامل مؤثر بر فرسایش در محیط GIS، مدل‌سازی نهایی با بهره‌گیری از روش ترکیب خطی وزن‌دار صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که در هر دو دورهٔ زمانی مورد مطالعه کاربری‌های مراتع ضعیف و زراعت دیم بیشترین مساحت شهرستان را پوشش می‌دهند و بیشترین تغییر کاربری شهرستان به صورت تبدیل مراتع ضعیف به زراعت دیم بوده است. با نظر به نقشهٔ پهنه‌بندی فرسایش نیز در سال ۲۰۰۲ مساحت طبقه بسیار پرخطر و پرخطر، ۲۱۶/۳۰۸ و ۷۷۹/۰۶۸ کیلومترمربع بوده است که مقدار این طبقات در سال ۲۰۲۴ به ترتیب؛ به ۶۰۰/۲۴۸ و ۸۲۰/۲۲۸ کیلومترمربع افزایش یافته است. با نگاهی به نتایج حاصل از تحلیل تغییرات کاربری اراضی و انطباق آن با نقشه‌های پتانسیل خطر فرسایش، می‌توان کاهش سطح مراتع، باغات و پوشش جنگلی و در مقابل افزایش مساحت اراضی زراعی (آبی و دیم) و نواحی مسکونی را به عنوان مهم‌ترین دلایل افزایش پتانسیل فرسایش خاک در سطح شهرستان مشکین‌شهر مطرح نمود.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، فرسایش، روش شی‌گرا، تحلیل چندمعیاره.

* **نویسندهٔ مسئول:** s.asghari@uma.ac.ir

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

۱ـ مقدمه

خاک یکی از ارزشمندترین منابع طبیعی است که در تولید محصولات کشاورزی و ایجاد امنیت غذایی نقش بسیار مهّمی دارد (Moghaddasi et al, 2018). فرسایش عاملی است که بهره‌وری خاک را به شدت تهدید می‌کند و از بزرگ‌ترین موانع برای دستیابی به توسعه پایدار در کشاورزی و استفاده از منابع طبیعی می‌باشد (Luo et al, 2024; Singh and Panda, 2017, Marefati et al, 2014). فرسایش خاک سطحی، باعث کاهش عمق، کاهش گنجایش رطوبتی و هدررفت مواد آلی و عناصر غذایی و در نتیجه کاهش باروری خاک می شود (Motamedirad et al, 2023; Parvizi, 2020). لذا تعیین عوامل مؤثر و شناسایی نقاط بحرانی وقوع فرسایش، به‌منظور برداشتن گام‌های پیشگیرانه در مدیریت و کاهش اثرات زیان‌بار ناشی از فرسایش خاک، بسیار حائز اهمّیت است (Manikandan & Rangarajan, 2023; Jahani et al, 2024). در سال‌های اخیر، تغییرات متوالی کاربری اراضی، با توجه به ضرورت تأمین نیازهای مختلف جمعّیت روبه رشد جهان، نشان‌دهنده بخش مهّمی از تغییرات جهانی بر محیط‌زیست می‌باشد (Taloor et al, 2020; Qingge et al, 2020). تغییرات کاربری اراضی می‌تواند با تأثیر بر نوع کاربری و الگوهای فضایی آن، خواص فیزیکی سطح زمین را تغییر داده و خاک را در معرض فرسایش قرار دهد (Sourn et al, 2022; Costea et al, 2022). به عبارت دیگر، ممکن هست که بر اثر تغییرات پوشش اراضی که به دنبال رویکردهای مدیریتی مختلف و بدون در نظرگیری توان‌های محیطی صورت می‌پذیرد. تغییرات طولانی مدّت در خصوصیات خاک ایجاد شود، به‌طوریکه خاک به شرایط اولیه خود برنگردد (Aneseyee et al, 2020). از این جهت، امروزه فرسایش خاک ناشی از تغییرکاربری اراضی به یکی از مهم‌ترین مسائل تخریب زمین در سراسر جهان تبدیل شده است (Paul et al, 2019).

با توجه به اهمیّت موضوع، تاکنون مطالعات گسترده‌ای در ارتباط با ارزیابی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود: Asghari Saraskanroud و همکاران (2019) به بررسی اثرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و روش ترکیب خطی وزن‌دار، در حوضهٔ آبخیز آق‌لاقان‌چای پرداختند. براساس نتایج، در طی بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸، به طور عمده مناطق بسیار پرخطر و پرخطر در کاربری‌های کشاورزی و باغات قرار دارد و تغییر مراتع و تبدیل آن به مناطق کشاورزی و انسان‌ساخت، بیشترین میزان تأثیر را بر فرسایش خاک داشته است. Madadi و همکاران (2022) با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و الگوریتم چندمعیارهٔ آراس، به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر فرسایش خاک در حوضه بالادست سد یامچی اردبیل، پرداختند. نتایج این پژوهش، بیانگر این موضوع است که افزایش اراضی زراعی (دیم و آبی)، اراضی بایر، مراتع ضعیف و نواحی انسان‌ساخت و کاهش سطح مراتع خوب و متوسط، عمده دلایل افزایش مقدار فرسایش در سطح حوضه می‌باشد. Abedini و همکاران (2023) با بهره‌گیری از طبقه‌بندی شی‌گرا و معادلهٔ جهانی فرسایش، به بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی در طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸، بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی‌چای پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که کاربری‌های مرتع، زراعت آبی، بایر در منطقه کاهش و در مقابل سطح اراضی زراعی دیم و مسکونی افزایش یافته است و علی رغم افزایش سطح اراضی زراعی دیم در منطقه به‌دلیل کاهش سطح اراضی بایر و تقویت پوشش گیاهی در این منطقه، میزان فرسایش به میزان اندکی کاهش یافته است. Madadi و همکاران (2024) با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و تکنیک چندمعیارهٔ مارکوس، تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن

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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

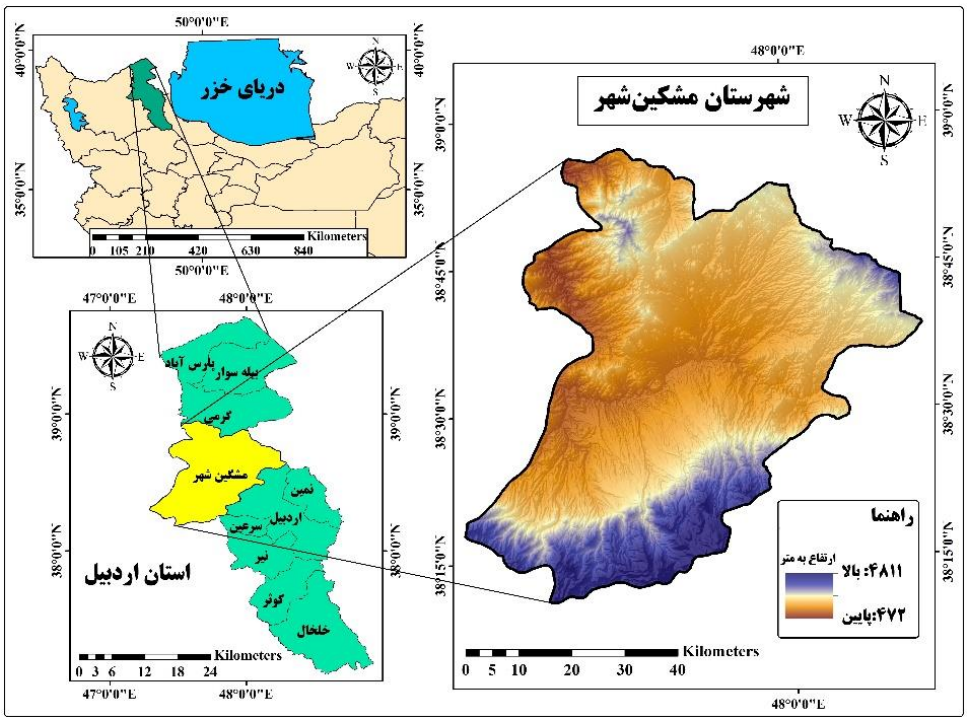
بر فرسایش خاک در حوضهٔ آبریز قلعه‌رودخان فومن را مورد بررسی قرار دادند. با توجه به نتایج به دست آمده، کاهش پوشش جنگلی و تبدیل آن به مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و مراتع، همچنین؛ تبدیل اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی و افزایش کاربری مسکونی و زراعی در حریم و بستر رودخانه‌ها، مهم‌ترین دلیل افزایش پتانسیل فرسایش حوضه می‌باشد. Kogo و همکاران (2020) به بررسی تاثیر کاربری زمین بر فرسایش خاک در کنیا غربی، در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ پرداختند. نتایج نشان داد که ۵۰ درصد از تلفات و فرسایش خاک در زمین‌های زراعی، به ویژه در مزارعی که در اثر پاکسازی و تخریب جنگل‌ها به وجود آمده اند، دیده می شود. Li و همکاران (2021) به بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش در شهرستان Kedong، واقع در شمال‌شرقی چین بین سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۵ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد، زمین‌های زیر کشت، در بازهٔ زمانی مورد مطالعه به‌طور چشم‌گیری، افزایش یافته و کشت زمین در دامنه‌ها، به ویژه در دامنه‌های بزرگتر از ۴ درجه، ممکن است سرعت فرسایش را تشدید کند. Prashanth و همکاران (2023) تغییر کاربری زمین و پیامدهای آن بر فرسایش خاک در حوضه آبخیز هیماچال هیمالیا واقع در شمال هند را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که میانگین فرسایش خاک برای سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب؛ ۶۳/۷۱، ۶۰/۹۹ و ۶۶/۷۱ تن در هکتار بوده و در مناطق جنگلی میانگین اتلاف خاک از ۶۵/۳۰ تن در هکتار در سال ۱۹۹۹ به ۷۴/۷۲ تن در هکتار در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است. Mwanga و همکاران (2024) با استفاده از معادلهٔ جهانی فرسایش به بررسی تأثیر تغییرات کاربری بر فرسایش خاک در حوضهٔ آبخیز بونتانگا در کشور چین، پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار فرسایش خاک و تولید رسوب مربوط به اراضی کشاورزی می باشد و این اراضی در سال ۱۹۹۷، ۱۱۳۶۵/۳۹ تن در سال تلفات خاک داشته است. در سال ۲۰۰۲ این مقدار به ۱۷۴۷۶/۸۵ تن در سال و در سال ۲۰۱۳ به ۵۳۹۱/۹۸ در سال رسیده است. در نهایت؛ در سال ۲۰۲۲ مقدار تلفات خاک در کاربری‌های زراعی به ۹۱۲۷۴/۵۳ تن در سال افزایش یافته است.

شهرستان مشکین‌شهر (واقع در استان اردبیل)، با توجه به ویژگی‌های محیطی اعم از؛ شرایط توپوگرافیکی، ساختار لیتولوژیکی فرسایشی و شرایط اقلیمی از پتانسیل بالایی جهت وقوع خطر فرسایش، برخوردار است. امّا، در طی سال‌های اخیر، با توجه به روند رو به‌رشد جمعیّت و تغییرات غیراصولی کاربری اراضی، پتانسیل رخداد این مخاطره در سطح شهرستان افزایش یافته است. با توجه با این موضوع که فرسایش خاک، از جمله مخاطراتی می‌باشد که دارای گزینه‌ها و معیارهای چندگانه هستند و برای کشف طیف وسیعی از گزینه‌ها از نظر درگیری‌های عینی و معیارهای چندگانه، از روش‌های تحلیل‌چندمعیاره استفاده می‌شود (Piroozi & Madadi, 2023). با نظر به اینکه روش‌های متعدّدی جهت آشکارسازی تغییرات محیطی و به ویژه تغییرات کاربری اراضی، به کار گرفته می‌شود که از مهمترین آن‌ها می‌توان به استفاده از تکنیک‌های دورسنجی اشاره نمود (Rezaei Moghaddam et al, 2021). در پژوهش حاضر بررسی تغییرات کاربری‌ها و نقش آن در وقوع خطر فرسایش با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و روش تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ ترکیب خطی وزن‌دار، در بازهٔ زمانی بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴، مورد مطالعه قرار گرفته است. انتظار می‌رود با توجه به نتایج پژوهش حاضر، اقدامات لازم جهت کنترل فرسایش، برنامه‌ریزی به منظور مدیریت پایدار و بهره‌برداری اصولی از اراضی در سطح شهرستان، انجام گردد.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

شهرستان مشکین‌شهر با وسعتی حدود ۳۸۷۹/۷۶ کیلومترمربع، در شمال غربی ایران واقع‌شده است. این شهرستان دومین شهرستان استان اردبیل بعد از مرکز استان است. این شهرستان در مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی واقع‌شده است (شکل ۱). شهرستان مشکین‌شهر از ۵ بخش؛ مرکزی، مشکین‌شرقی، ارشق، مرادلو و قصابه تشکیل‌شده است. این شهرستان، دارای ۳۱۳ آبادی است که از این تعداد، ۲۷۷ آبادی دارای سکنه و ۳۶ آبادی نیز خالی از سکنه هستند. تعداد جمعیّت این شهرستان بالغ بر ۱۴۹۹۴۱ نفر و ۴۵۹۹۹ خانوار است (سالنامهٔ آماری استان اردبیل، ۱۴۰۱). ارتفاع متوسط این شهرستان ۱۸۳۰ متر و بلندترین نقطه آن قله سبلان با ارتفاع ۴۸۱۱ متر از سطح آب‌های آزاد است. از مهّم‌ترین کوه‌های شهرستان می‌توان به سلطان ساوالان، هرم‌داغی، آقام‌داغ (کسری)، ، دلی‌آلی، آیی‌قاری، اوغلان‌داغی، هفته داغی، چال‌داغ، قزل‌بره، بابامقصود، چال داغ، قزل‌داغ، گوی‌داغ، و ایشیق چیخماز اشاره داشت. اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه نیمه‌خشک سرد است. امّا در جنوب و جنوب‌غرب (دامنه‌های شمالی کوهستان سبلان) اقلیم نیمه‌مرطوب نیز دیده می‌شود. میانگین بارش سالانه این شهرستان، ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. بیشترین مقدار بارش شهرستان در ماه‌های فروردین و اردیبهشت و کمترین مقدار بارش نیز در ماه‌های مرداد و شهریور به وقوع می‌پیوندد و به‌ترتیب؛ بهمن و مرداد ماه، سردترین و گرمترین ماه‌ها هستند. شهرستان مشگین‌شهر به لحاظ زمین‌شناسی از سازندهای گوناگونی از پره‌کامبرین تا کواترنر تشکیل شده است. بخش اعظمی از مساحت شهرستان مشکین شهر را سازندهای، PAEav (آندزیت آتشفشانی)، با مساحت ۷۲۲/۱۹۶ کیلومترمربع، Eav (آندزیت آتشفشانی)، با مساحت ۶۷۵/۷۲۹ کیلومترمربع،Qft1 (رسوبات مخروط‌افکنه‌های پایکوهی سطح بالا و تراس‌های درّه‌ای) با ۶۹۰/۳۷۸ کیلومترمربع مساحت و Qvc (کوارتز دانه‌ای مخلوط- مواد آتشفشانی محلی با جریان لاهار) با ۴۰۳/۶۵ کیلومترمربع مساحت، پوشش داده‌اند.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

۳ـ مواد و روش

۳ـ۱ـ استخراج نقشهٔ کاربری اراضی با استفاده از روش شی‌گرا[1]

به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرستان مشکین‌شهر، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده‌های (OLI - TM) برای سال‌های (۲۰۰۲ و ۲۰۲۴)، از سایت زمین‌شناسی آمریکا اخذ شد. با نظر به این موضوع که اتمسفر همواره به عنوان یکی از عوامل اثرگذار در پردازش‌های تصاویر بوده است و اثرات اتمسفر معمولاً به صورت خطای جمع شونده، ظاهر و باعث روشنی بیش ازحد تصویر و کاهش وضوح می‌شوند. بنابراین، خطاهای حاصل از اتمسفر در پردازش تصاویر باید تصحیح گرد و در همین راستا، به‌منظور آماده‌سازی تصاویر، نسبت به تصحیحات اتمسفری در نرم‌افزار Envi5.3، اقدام شد. سپس، طبقه‌بندی با روش شی‌گرا و با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی توسط نرم‌افزار eCognition، انجام شد. مبنای طبقه‌بندی شی‌گرا فرایند قطعه‌بندی (سگمنت‌سازی) است و با ایجاد سگمنت‌های مناسب زمینه برای اجرای بهتر الگوریتم‌های شئ‌گرا فراهم می‌شود. سگمنت به معنای گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که از نظر ارزش عددی و بافت به هم شبیه هستند (Rezaei Moghaddam et al, 2010). سگمنت‌سازی با تفکیک مکانی چندگانه یک روش بهینه‌سازی است که ناهمگنی متوسط پیکسل‌ها را به حداقل و همگنی مربوطه را به حداکثر می‌رساند (Jafarzadeh & Nazmfar, 2019). در مرحله قطعه‌بندی، پیکسل‌های تصویر بر اساس تفاوت‌ها و شباهت‌های موجود میان آن‌ها در زمینه ویژگی‌های طیفی و شکلی و با در نظر گرفتن درجه‌ای از ناهمگنی مجاز در هر قطعه، به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند که این قطعه‌ها یا شی‌های ساخته شده در گام بعدی به منظور شناسایی عوارض مورد نظر، کلاس‌بندی می‌شوند (Asghari Saraskanroud & Naseri, 2020). در فرآیند قطعه‌بندی مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی، فرایند قطعه‌بندی تصویر را انجام داده و بر اساس نسبت اهمیّت هر یک از این عوامل در خصوصیات کلاس‌های موردنظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمّیت آن‌ها را در فرایند قطعه‌بندی اعمال نماید. در این پژوهش پارامترهای مؤثر بر استخراج کلاس‌ها در طبقه‌بندی شی‌گرا عبارتند از: ۱- انحراف معیار باندها: انحراف معیار یکی از شاخص‌های پراکندگی است که نشان می‌دهد به‌طور میانگین، داده‌ها چه مقدار، از مقدار متوسط فاصله‌دارند. ۲-شاخص NDVI: در این پژوهش از شاخص NDVI به‌منظور جداسازی بهتر پوشش‌گیاهی از بقیه پدیده‌ها استفاده شد. ۳-واریانس: واریانس برای محاسبه بافت بر پایه میانگین و پراکندگی در اطراف میانگین از ارزش سلول‌ها داخل GLCM به کار گرفته می‌شود. ۴- شاخص‌های هندسی، که پارامترهای مؤثری همچون حداکثر اختلاف، درجه روشنایی، ضخامت، مساحت و فشردگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش جهت قطعه‌بندی از روش چند مقیاسه استفاده شده است. برای این منظور با تجزیه و تحلیل، مقیاس ۳۵ برای تصویر سال ۲۰۲۴ و مقیاس ۴۰ برای تصویر سال ۲۰۰۲ انتخاب شد و شکل و ضریب فشردگی برای هر دو تصویر ۰/۴ و ۰/۶ در نظر گرفته شد. بررسی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهّم است و هیچ طبقه‌بندی تازمانی که دقت آن ارزیابی نشود، مستند نخواهد بود (Feizizadeh et al, 2018). پارامتر اصلی که برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد، صحت کلی و ضریب کاپا می‌باشند. با توجه به نتایج به دست آمده، صحت کلی و ضریب کاپا بر روی تصویر ۲۰۰۲ به ترتیب دارای مقدار ۹۷٪ و ۹۶٪ می‌باشد و بر روی تصویر سال ۲۰۲۴ نیز مقدار ضریب کاپا با ۹۶٪ و

[1] object-oriented method

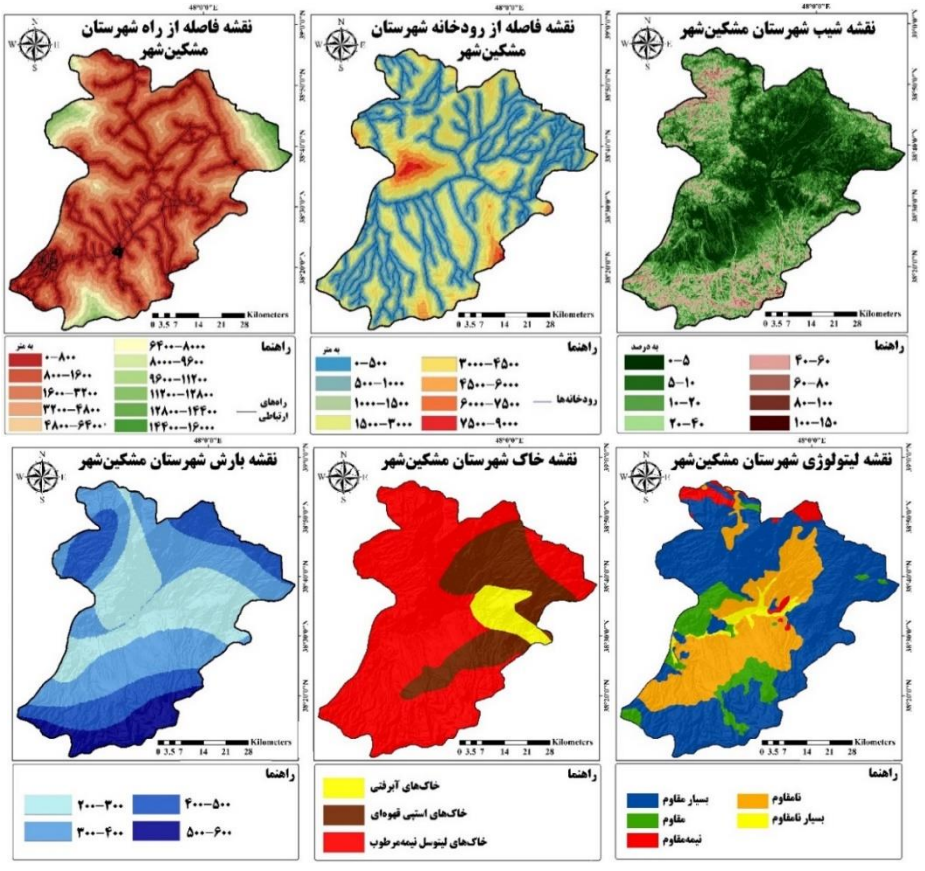
[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

مقدار صحت کلی با ۹۶٪ برابر است. در نهایت لایه‌های به‌دست آمده برای محاسبه مساحت کاربری‌ها، تهیهٔ نقشهٔ خروجی و اعمال نمودن معیار کاربری در فرآیند پهنه‌بندی خطر فرسایش، به نرم‌افزار Arc GIS، انتقال داده شدند.

۳-۲- مراحل تهیهٔ نقشه پهنه‌بندی با استفاده از روش WLC[1] (ترکیب خطی وزنی)

یکی از روش‌های متداول در ارزیابی چندمعیاری که کاربرد وسیعی پیدا کرده است، روش تلفیقی خطی وزن‌دار است. ارزیابی‌ها توسط عملگر WLC، به‌طورکلی شامل مراحل زیر می‌باشد: ۱- تعیین معیارها و گزینه‌های پژوهش: در این مطالعه، با توجه به شرایط طبیعی و انسانی منطقه، عوامل شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، بارش، فاصله از راه ارتباطی، فاصله از آبراهه و خاک، به عنوان عوامل مؤثر در فرسایش خاک شهرستان مشکین‌شهر شناسایی گردید و نسبت به استخراج هر یک از لایه‌های اطّلاعاتی معیارها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام شد. لایه‌های اطّلاعاتی راه‌های ارتباطی و شبکه آبراهه، با استفاده از نقشهٔ خطوط ارتباطی و رودخانه‌های استان اردبیل، تهیه و مورد سنجش قرار گرفت. لایهٔ شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متر، ماهوارهٔ Alos، سنجنده Palsar، اخذ شده از سایت (vertex.daac.asf.alaska.edu)، تهیه شد. جهت استخراج لایهٔ اطّلاعاتی مربوط به لیتولوژی (مقاومت سنگ‌ها)، از نقشه زمین‌شناسی استان اردبیل؛ با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شد. نقشه بارش نیز، با توجه به داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی و با بهره‌گیری از روش درون‌یابی کریجینگ، ترسیم شد. شکل ۲، نمایشگر نقشهٔ معیارهای مطرح در پهنه‌بندی فرسایش شهرستان مشکین‌شهر می‌باشد.



شکل ۲ : نقشه معیارهای مطرح در پهنه‌بندی فرسایش شهرستان مشکین‌شهر

[1] Weighted Linear Combination

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

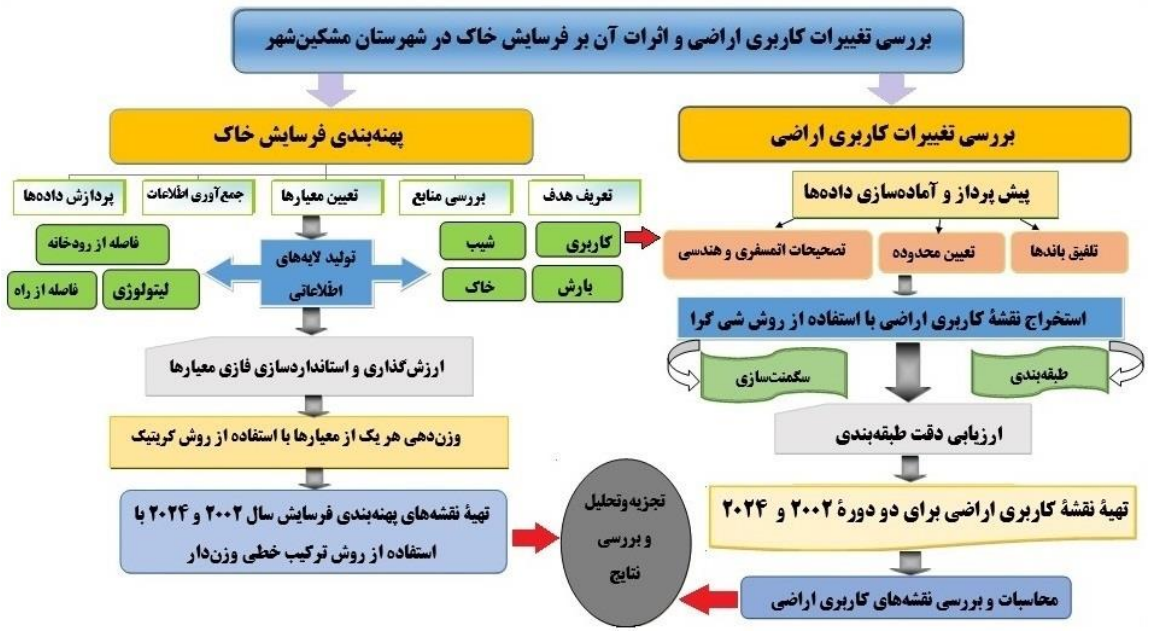
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

۲- استانداردسازی هر لایهٔ نقشه معیار: مرحلهٔ استانداردسازی، با توجه به تابع عضویت فازی (بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کمترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت) صورت پذیرفت. در این راستا؛ معیارهای شیب، کاربری اراضی، لیتولوژی و خاک با استفاده از تابع بزرگ فازی، فاصله از راه و فاصله از رودخانه با بهره‌گیری از تابع نزدیک فازی و بارش به وسیلهٔ تابع خطی افزایشی فازی، استاندارد شدند. ۳- تعیین ضریب وزنی هر معیار: در این پژوهش؛ جهت وزن‌دهی عوامل از روش کرتیک، استفاده شده است. در این روش، وزن‌دهی باتوجه به نقشه‌های معیار و میزان همبستگی، تضاد و انحراف معیار بین لایه‌های اطّلاعاتی مورد استفاده، تعیین می‌گردد و نظرکارشناس دخیل نمی باشد (Alinezhad & Khalili, 2019). در راستای انجام مراحل وزن‌دهی کرتیک ابتدا در محیط نرم‌افزار ادریسی انحراف معیار و همبستگی میان لایه‌های اطّلاعاتی مربوطه به هر یک از عوامل، با استفاده از تابع REGRESS به دست آمد و در مرحله بعد، نسبت به محاسبه ماتریس تضاد، میزان اطّلاعات و وزن نهایی در نرم‌افزار اکسل اقدام گردید. ۴- لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی را ایجاد می‌کنیم (ضرب لایه‌های نقشه استاندارد شده در وزن‌های متناظر). ۵- عملیات همپوشی جمعی بر روی لایه‌های نقشه استاندارد شده وزنی. مرحلهٔ چهارم و پنجم در نرم افزار ادریسی و به صورت توأمان با استفاده از دستور MCE و انتخاب گزینهٔ Weighted linear combination، با وارد کردن تعداد معیارها و اضافه کردن نقشه‌های استاندارد شده و درج وزن‌های مربوطه صورت پذیرفت). به طور رسمی در قاعده تصمیم‌گیری برای ارزیابی هر گزینه یا A_i ، از رابطه (۱)، استفاده می‌شود:

رابطهٔ ۱

$$A_i = \sum_j w_j x_{ij}$$

که در آن x_{ij}، معرف نمره گزینه i ام در ارتباط با صفت j ام و w_j ، مشتمل بر یک وزن استاندارد شده است؛ به گونه‌ای که $\sum w_j = 1$ وزن‌ها اهمیت نسبی هر صفت را به نمایش می‌گذارند. با تعیین ارزش حداکثر A_j =i، اولویت‌دارترین گزینه انتخاب می‌گردد (Ganjaeian et al, 2020). فلوچارت مراحل پژوهش در شکل ۳، نمایش داده شده است.

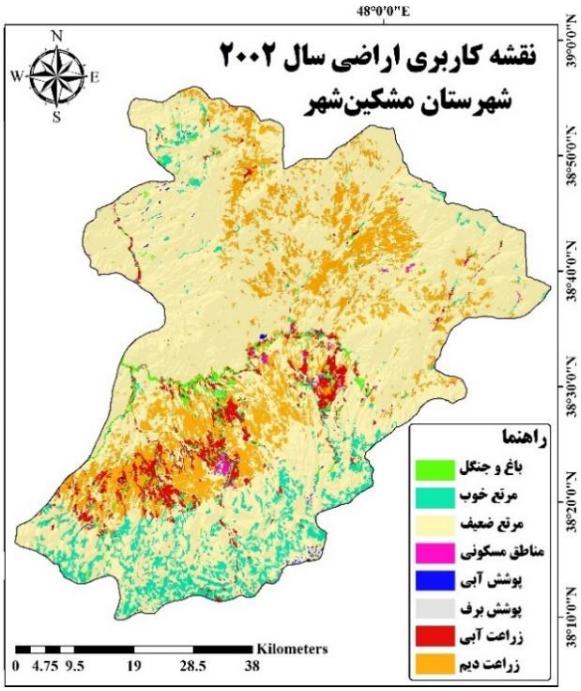


شکل ۳: فلوچارت مراحل پژوهش

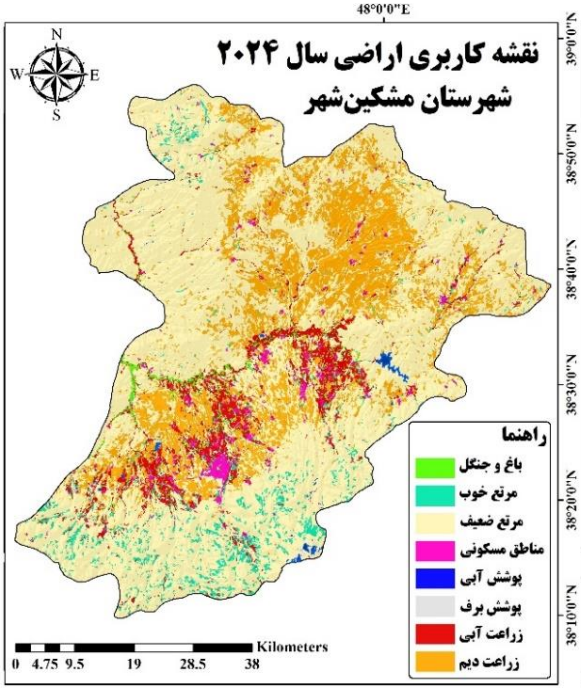
[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

۴-یافته‌ها

بعد از انجام مراحل طبقه‌بندی شی‌گرا؛ کاربری‌های شهرستان مشکین‌شهر در هشت کلاس باغ و جنگل، مرتع خوب، مرتع ضعیف، زراعت آبی، زراعت دیم، مناطق آبی، نواحی مسکونی و پوشش برفی طبقه‌بندی شدند و نقشهٔ کاربری‌اراضی برای دو بازهٔ زمانی سال ۲۰۰۲ و ۲۰۲۴، استخراج گردید (شکل ۴ و ۵). بر مبنای نقشه‌های تهیه شده پوشش سرزمین برای سال های مذکور، مساحت هر کدام از کلاس ها موجود برآورد شد که در جدول ۱، نمایان می‌باشد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد در دو بازهٔ زمانی مورد مطالعه بیشترین وسعت منطقه تحت پوشش مراتع ضعیف و زراعت دیم و کمترین سطح کاربری مربوط به اراضی پوشیده از برف و پهنه آبی می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعه در طی بازهٔ زمانی مورد مطالعه، مساحت اراضی با کاربری زراعت آبی، زراعت دیم، نواحی مسکونی و مناطق آبی افزایش یافته است. به‌طوریکه در سال ۲۰۲۴ در مقایسه با سال ۲۰۰۲، زراعت دیم ۲۰۳/۷۸ کیلومترمربع، زراعت آبی ۶۳/۰۶ کیلومترمربع، نواحی مسکونی ۵۴/۴۸ کیلومترمربع و مناطق با پوشش آبی ۱/۱۹ کیلومترمربع، افزایش مساحت داشته‌اند. در مقابل از مساحت کاربری‌های باغ و جنگل، مراتع خوب، مراتع ضعیف و اراضی پوشیده از برف در سال ۲۰۲۴ نسبت به سال ۲۰۰۲، کاسته شده است. بررسی نتایج حاصله نشان می‌دهد که در طی دورهٔ زمانی مطالعاتی، مساحت کاربری مراتع ضعیف و خوب به ترتیب؛ ۱۸۰/۹۵ و ۱۱۸/۵۹ کیلومترمربع کاهش یافته است. وسعت اراضی باغی و جنگلی شهرستان، در سال ۲۰۲۴، با کاهش ۲۲/۴۷ کیلومترمربعی مواجه شده است و پوشش برفی نیز ۰/۵ کیلومترمربع کاهش داشته است.



شکل ۴: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۲ شهرستان مشکین‌شهر



شکل ۵: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۴ شهرستان مشکین‌شهر

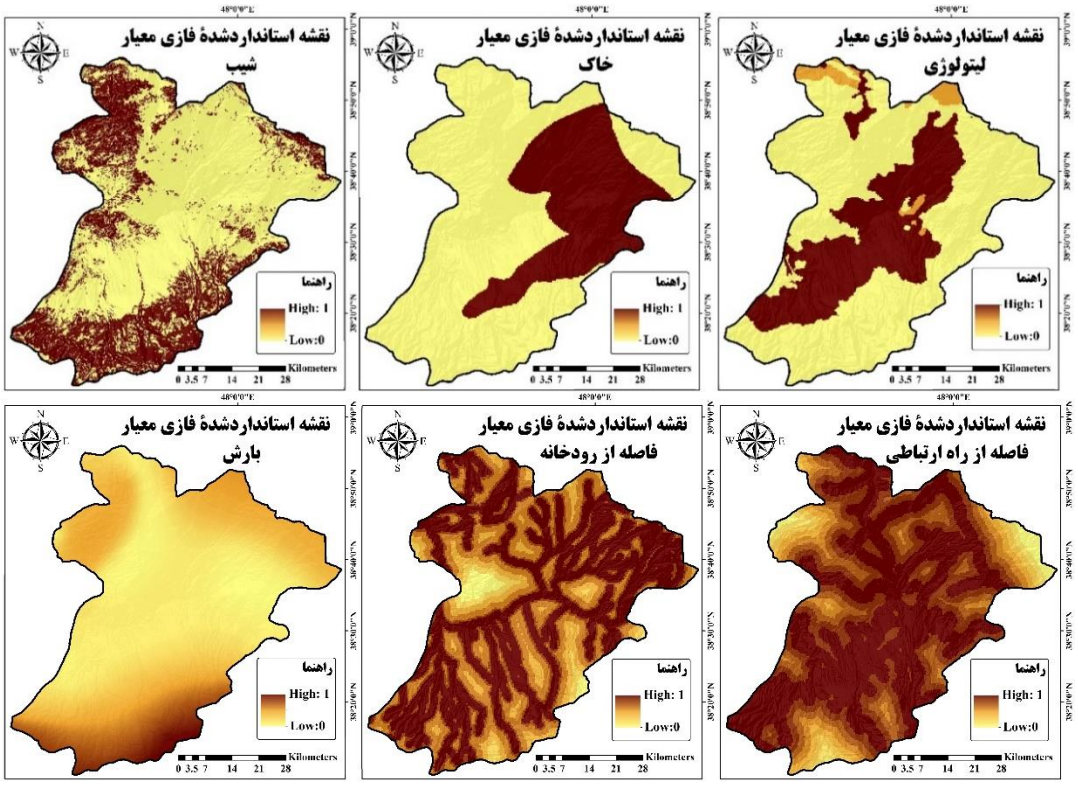
[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

جدول ۱: مساحت و میزان تغییرات هر نوع از کاربری‌های اراضی درسطح شهرستان مشکین‌شهر در سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۲۴

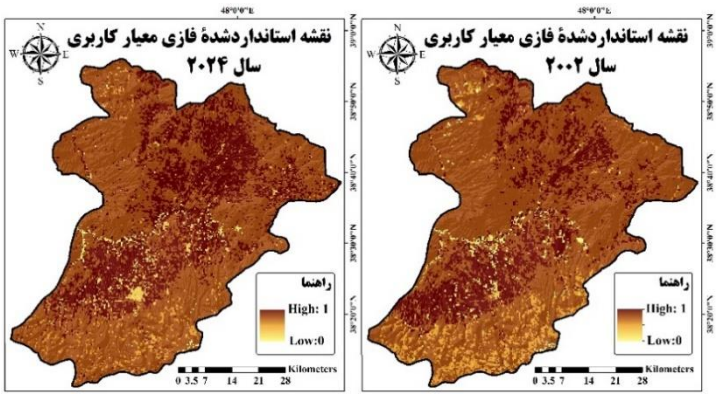
نوع کاربری	در سال ۲۰۰۲ مساحت به کیلومترمربع	در سال ۲۰۰۲ مساحت به درصد	در سال ۲۰۲۴ مساحت به کیلومترمربع	در سال ۲۰۲۴ مساحت به درصد	روند تغییرات
زراعت آبی	۱۴۷/۹۸	۳/۸۱	۲۱۱/۰۴	۵/۴۴	افزایشی
زراعت دیم	۵۷۴/۶۵	۱۴/۸۱	۷۷۸/۴۳	۲۰/۰۶	افزایشی
باغ و جنگل	۶۱/۰۲	۱/۵۲	۳۸/۵۵	۰/۹۹	کاهشی
مناطق مسکونی	۱۴/۴۲	۰/۳۷۱	۶۸/۹۰	۱/۷۷	افزایشی
مراتع خوب	۲۴۹/۸۳	۶/۴۴	۱۳۱/۲۴	۳/۳۸	کاهشی
مراتع ضعیف	۲۸۲۴/۴۲	۷۲/۸۰	۲۶۴۳/۴۷	۶۸/۱۳	کاهشی
مناطق آبی	۴/۸۳	۰/۱۲۴	۶/۰۲	۰/۱۵۵	افزایشی
اراضی پوشیده از برف	۲/۶۱	۰/۰۶۷	۲/۱۱	۰/۰۵۴	کاهشی

به‌منظور پهنه‌بندی فرسایش، با توجه به نقشه کاربری دو بازهٔ زمانی و نیز نقشه سایر معیارهای مطرح، نقشه‌های استاندارد شدهٔ هر یک از معیارهای مطرح (شکل ۶)، استخراج شد. سپس به‌منظور تعیین معیارهای مؤثر در تعیین پهنه‌های مختلف خطر، میزان اهمّیت هر یک از معیارها (جدول ۲)، به دست آمد. با توجه به نتایج حاصله، در سال ۲۰۰۲، به ترتیب؛ معیارهای شیب، کاربری ارضی، لیتولوژی و خاک و در سال ۲۰۲۴، معیارهای کاربری ارضی، شیب، لیتولوژی و خاک دارای بیشترین ضریب وزنی هستند.



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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]



شکل ۶: نقشه‌های استانداردشدهٔ فازی لایه‌های موضوعی تأثیرگذار بر خطر فرسایش خاک در شهرستان مشکین‌شهر

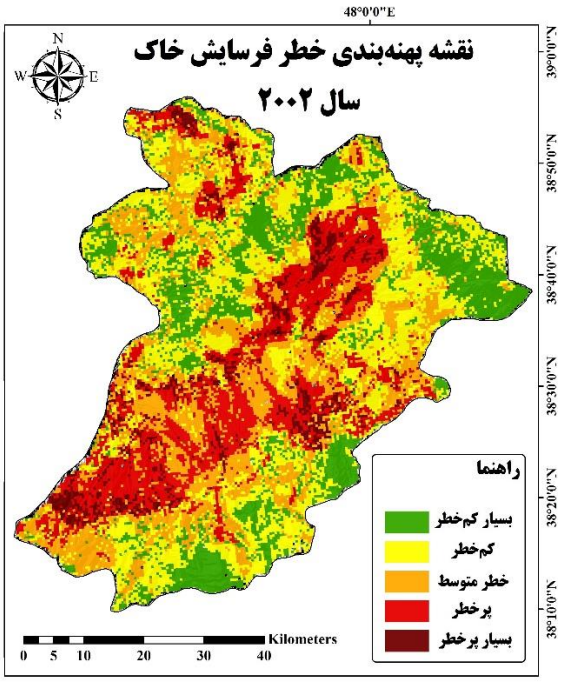
جدول ۲: مفروضات پایه‌ای و وزن نهایی معیارها مطرح در پهنه‌بندی فرسایش شهرستان مشکین‌شهر

	معیار	مجموع تضاد	انحراف معیار	میزان اطلاعات	وزن نهایی
با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۲	شیب	۳/۶۰۲	۰/۳۵۰	۱/۲۶۰	۰/۱۶۱
	لیتولوژی	۳/۰۴۵	۰/۳۷۵	۱/۱۴۳	۰/۱۴۶
	کاربری اراضی	۲/۹۸۱	۰/۴۱۱	۱/۲۵۵	۰/۱۵۶
	خاک	۲/۹۷۰	۰/۳۷۷	۱/۱۲۰	۰/۱۴۳
	بارش	۲/۹۸۷	۰/۳۴۴	۱/۰۲۷	۰/۱۳۱
	فاصله از رودخانه	۲/۸۶۲	۰/۳۶۶	۱/۰۴۸	۰/۱۳۴
	فاصله از راه	۲/۷۴۱	۰/۳۶۱	۰/۹۸۹	۰/۱۲۶
با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۴	شیب	۳/۶۴۷	۰/۳۵۰	۱/۲۷۶	۰/۱۶۰
	لیتولوژی	۳/۰۶۵	۰/۳۷۵	۱/۱۵۱	۰/۱۴۵
	کاربری اراضی	۳/۰۹۸	۰/۴۲۱	۱/۳۰۴	۰/۱۶۴
	خاک	۲/۹۸۹	۰/۳۷۷	۱/۱۲۷	۰/۱۴۲
	بارش	۲/۹۶۲	۰/۳۴۴	۱/۰۱۹	۰/۱۲۸
	فاصله از رودخانه	۲/۸۸۸	۰/۳۶۶	۱/۰۵۸	۰/۱۳۳
	فاصله از راه	۲/۷۷۲	۰/۳۶۱	۱/۰۰۰	۰/۱۲۶

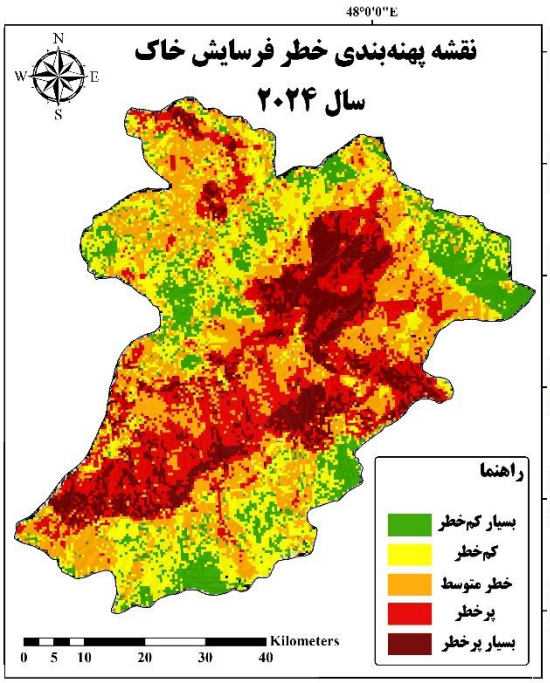
در نهایت با اعمال کردن وزن‌های مربوطه در لایه‌های فازی شده و همپوشانی لایه‌های استاندارد شدهٔ وزنی، نقشه‌های خروجی نهایی در ۵ طبقهٔ بسیار پرخطر تا بسیار کم‌خطر، به دست آمد (شکل ۷ و ۸). با توجه به نتایج به دست آمده از پهنه‌بندی فرسایش در محدوده مطالعاتی، در سال ۲۰۰۲ مساحت طبقه بسیار پرخطر و پرخطر، ۲۱۶/۳۰۸ و ۷۷۹/۰۶۸ کیلومترمربع بوده است که مقدار این طبقات خطر در سال ۲۰۲۴ به ترتیب به ۶۰۰/۳۴۸ و ۸۲۰/۲۲۸ کیلومترمربع افزایش یافته است (جدول ۳).

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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]



شکل۷: نقشه پهنه‌بندی فرسایش سال ۲۰۰۲



شکل ۸: نقشه پهنه‌بندی فرسایش سال ۲۰۲۴

جدول ۳: اطّلاعات طبقات خطر فرسایش سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۴ شهرستان مشکین‌شهر

	طبقهٔ خطر	بسیار پرخطر	پرخطر	خطر متوسط	کم‌خطر	بسیار کم‌خطر
سال ۲۰۰۲	مساحت به کیلومترمربع	۲۱۶/۳۰۸	۷۷۹/۰۶۸	۹۷۵/۳۳۸	۱۱۵۴/۴۰۸	۷۵۴/۶۳۸
	مساحت به درصد	۵/۵۷۵	۲۰/۰۸۰	۲۵/۱۳۹	۲۹/۷۵۴	۱۹/۴۵۰
سال ۲۰۲۴	مساحت به کیلومترمربع	۶۰۰/۲۴۸	۸۲۰/۲۲۸	۱۰۸۹/۵۳۸	۸۵۳/۷۷۸	۵۱۵/۹۶۸
	مساحت به درصد	۱۵/۴۷۱	۲۱/۱۴۱	۲۸/۰۸۲	۲۲/۰۰۵	۱۳/۲۹۸

بالا بودن وسعت طبقات بسیار پرخطر و پرخطر در هر دو بازهٔ زمانی مورد مطالعه، بیانگر پتانسیل فرسایش‌پذیری بسیار بالای این شهرستان با توجه به شرایط محیطی حاکم بر محدوده می‌باشد که از جمله این شرایط محیطی می توان به وجود خاک‌های سست آبرفتی و خاک‌های استپی قهوه ای، پراکنش سازندهای حساس و فرسایش‌پذیر (اعم از رسوبات مخروط‌افکنه‌های پایکوهی سطح بالا و پادگانه‌های آبرفتی جوان، مارن‌ها و شیل، کنگلومرا، رسوبات ضخیم تا متوسط از ماسه‌سنگ و رسوبات آواری)، شیب زیاد، بارندگی مناسب و فراوانی شبکهٔ رودخانه‌ای (خیاوچای، قطورسوئی‌چای، اونارچایی، انزان‌چایی، گیزلی‌مشه‌کوهکنار، شیروان‌درّه‌چایی، خاتون‌آرخی، آلنی‌چایی، نقدی‌چایی، آقجه‌لوچایی و زیناب درّه‌سی) اشاره کرد. آما نکتهٔ مهمّی که بر اساس نتایج حاصله بایستی بدان توجه داشت، افزایش مساحت دو طبقهٔ بسیار پرخطر و پرخطر در سال ۲۰۲۴ در مقایسه با سال ۲۰۰۲ می‌باشد که این افزایش وسعت طبقات درای پتانسیل بالا را می‌توان به تغییرات کاربری اراضی رخ داده در طی دورهٔ زمانی مورد مطالعه نسبت داد. از لحاظ کاربری اراضی در نقشهٔ فرسایش هر دو دورهٔ مطالعاتی، به‌طور عمده مناطق با طبقه بسیار پرخطر و پرخطر درکاربری‌های زراعی (زراعت دیم و آبی)، مراتع ضعیف و مناطق مسکونی (انسان‌ساخت)، قرار دارند. امّا با نظر به کاهش سطح مراتع ضعیف و

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

خوب، کاهش باغات و پوشش جنگلی و در مقابل افزایش کاربری‌های زراعی (آبی و دیم) و نواحی مسکونی در سال ۲۰۲۴ در مقایسه با سال ۲۰۰۲، مساحت مناطق دارای احتمال خطر فرسایشی افزایش داشته است.

مهمترین نوع کاربری اراضی در سطح شهرستان مشکین‌شهر به صورت زراعت دیم غلات با آیش یک‌ساله است که در طی بازهٔ زمانی مورد مطالعه، مساحت اراضی مزروعی دیم افزایش یافته است. در این راستا، سطح زیادی از اراضی تحت پوشش مراتع ضعیف شهرستان به اراضی کشاورزی و به‌خصوص، به دیم‌زارهای کم‌بازده (به ویژه گندم)، تغییر کاربری داده شده‌اند. به‌طوریکه می‌توان بیان داشت، بیشترین تغییر کاربری شهرستان در طول دورهٔ زمانی مورد بررسی به تبدیل مرتع ضعیف به زراعت دیم مربوط می‌باشد و در طی ۲۲ سال مورد مطالعه، حدود ۴۵۲/۰۲ کیلومترمربع از مساحت مراتع ضعیف موجود در شهرستان به زیر کشت دیم رفته است که اغلب با کاهش توجیه اقتصادی عملیات زراعی، این اراضی رها شده و یا در شرف رها شدن قرار گرفته‌اند. در نهایت؛ آثار سوء این تبدیل اراضی و نیز مدیریت ناآگاهانه این دیم‌زارها، به ویژه اگر دیم‌کاران شخمی که می‌زنند در جهت شیب زمین باشد، ظهور عرصه‌های فقیر از پوشش گیاهی با خاکی کم عمق با حاصل‌خیزی پایین می‌باشد که بالقوه به شدّت در معرض فرسایش هستند. البته با توجه به شواهد میدانی موجود از دیگر عوامل دخیل در کاهش سطح مرتع شهرستان می‌توان به افزایش تعداد دام و عدم رعایت تناسب بین دام و مرتع، چرای زودرس، چرای طولانی، آتش‌سوزی، بوته‌کنی، احداث جاده و عملیات عمرانی در دامنه‌های پرشیب را مطرح نمود که در نتیجهٔ این شرایط در طی سال‌های مورد بررسی، ۱۷۲/۱۱ کیلومترمربع از سطح مراتع خوب به مراتع ضعیف تبدیل شده است و لذا پوشش حفاظتی زمین تقلیل یافته و خاک‌ها در معرض فرسایش بیشتری قرار گرفته است.

نکتهٔ مهّم دیگری که با مقایسهٔ نقشهٔ کاربری دو بازه زمانی بررسی شده جلب توجه می‌نماید، کاهش سطح پوشش جنگلی و باغات و تبدیل این اراضی به انواع دیگر از کاربری‌ها است. به‌طوریکه در طی بازهٔ زمانی مطالعاتی، ۲۹/۵۰ کیلومترمربع از سطح اراضی جنگلی و باغات به زراعت آبی، ۲/۵۵ کیلومترمربع به زراعت دیم، ۱۲/۶۳ کیلومترمربع به مراتع و ۳/۲۵ کیلومترمربع نیز به مناطق مسکونی (به‌ویژه؛ ویلاسازی در نواحی با آب‌وهوای مطبوع باغی و جنگلی)، تغییر یافته‌اند. پوشش گیاهی با کاهش سرعت روان آب‌های سطحی، نگهداری و نفوذ دادن آب در خاک، کاهش برخورد مستقیم قطرات باران، تثبیت ریشه‌ها، بهبود ساختمان و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک فرسایش‌پذیری را کاهش می‌دهد که با توجه به کاهش سطح اراضی باغی و جنگلی، شرایط کمک‌کننده و زمینه‌ساز جهت رخداد فرسایش در سطح شهرستان افزایش یافته است. همچنین از دیگر عوامل ناشی از دخالت‌های انسانی که در افزایش پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک شهرستان مؤثر می‌باشند، می‌توان به تصرف در بستر رودخانه‌ها (به‌ویژه رودخانهٔ دائمی خیاوچای)، به صورت توسعهٔ اراضی کشاورزی، باغات و نواحی مسکونی (ساخت‌وسازهای بی‌رویه)، اشاره داشت. اصولاً رودخانه‌ها، با زیرشویی دامنه‌ها و از بین بردن تکیه‌گاه در فرسایش خاک دارای اهمیّت‌اند. در این رابطه، پارک حاشیه رودخانهٔ خیاوچای در شهر مشکین‌شهر از قدیم با توجه به وجود بستر مناسب در دو سمت روخانه، مورد کاشت درختان و همچنین کاربری کشاورزی قرار گرفته است که در طی سال‌های اخیر با ایجاد امکانات رفاهی به عنوان پارک و تفرجگاه تفریحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امّا نکته‌ای که باید بدان توجه داشت این موضوع هست که بخش اعظمی از اراضی پارک در زمین‌های بستر رودخانه احداث شده‌اند که همیشه خطر سیل و فرسایش کنار رودخانه آن‌ها

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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

را تهدید می‌نماید. در شکل (۹)، نمونه‌هایی از دخالت‌های انسانی مؤثر در افزایش پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک در سطح شهرستان مشکین‌شهر، نمایش داده شده است.



شکل ۹: الف: نمایی از تصرف در بستر رودخانهٔ خیاوچای با توسعهٔ اراضی کشاورزی و باغات. ب: پروژهٔ انتقال آب به مناطق روستایی و فرسایش و لغزش دامنه به دنبال آن در ایلانلو. ه: زیربری و از بین بردن پاشته دامنه به دنبال احداث جاده در مسیر ارتباطی مشکین‌شهر به روستای موئیل. و: چرای بی رویه دام‌های روستاییان در سطح مراتع شهرستان

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیّت نقش خاک در تأمین نیازهای انسان، آگاهی از عوامل و روند فرسایش خاک به منظور مدیریت و جلوگیری از تخریب آن ضروری است و تغییرات کاربری بی‌رویه و غیراصولی از عوامل مهم دخیل در افزایش پتانسیل رخداد این مخاطره می‌باشد. لذا، در پژوهش حاضر نیز اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک شهرستان مشکین‌شهر، در دو بازهٔ زمانی ۲۰۰۲ و ۲۰۲۴، مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به نتایج مطالعه در طی بازهٔ زمانی مورد مطالعه، زراعت آبی، زراعت دیم، نواحی مسکونی و مناطق آبی افزایش یافته است و در مقابل از مساحت کاربری‌های باغ و جنگل، مراتع خوب و مراتع ضعیف و اراضی پوشیده از آب کاسته شده است. به‌علاوه؛ با نظر به تحلیل نحوه تبدیل کاربری های اراضی، مشاهده می‌گردد که بیشترین تغییر کاربری شهرستان به صورت تبدیل مراتع ضعیف به زراعت دیم بوده است. هرچند کشت‌زارهای دیم در افزایش محصولات کشاورزی به صورت مقطعی نقش بالایی دارند، امّا این تغییرات کاربری، چون اغلب بدون توجه به قابلیت‌های اراضی بوه و اصول صحیح خاک‌ورزی نیز در این اراضی رعایت نشده است، به تولید روان آب سطحی و در نتیجه تشدید فرسایش منجر می‌گردد که نتیجه نهایی آن افت توان تولید اراضی، وجود دیم‌زارهای کم بازده و رهاشده در سطح اکوسیستم‌های مرتعی است. Zeinali و همکاران (2023) و Abedin و همکاران (2022) که به بررسی رابطهٔ کاربری اراضی با مؤلفه‌های اقلیمی پرداختند نیز بیشترین تغییرات کاربری شهرستان را به صورت افزایش زمین‌های کشاورزی و از بین رفتن مراتع مطرح نموده‌اند. با نظر به نقشهٔ پهنه‌بندی فرسایش نیز در سال ۲۰۰۲ مساحت طبقه بسیار پرخطر و پرخطر، ۲۱۶/۳۰۸ و ۷۷۹/۰۶۸

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

کیلومترمربع بوده است که مقدار این طبقات در سال ۲۰۲۴ به ترتیب؛ به ۶۰۰/۲۴۸ و ۸۲۰/۲۲۸ کیلومترمربع افزایش یافته است. با نگاهی به نتایج حاصل از تحلیل تغییرات کاربری اراضی و انطباق آن با نقشه‌های پتانسیل خطر فرسایش، علاوه برشرایط محیطی حاکم در منطقه (از قبیل؛ وجود خاک‌های سست، سازندهای حساس و فرسایش‌پذیر، شیب زیاد، بارندگی و فراوانی شبکهٔ آبراهه)، می‌توان کاهش سطح مراتع، باغات و پوشش‌جنگلی و در مقابل افزایش مساحت اراضی زراعی (آبی و دیم) و نواحی مسکونی را به عنوان مهمترین دلایل افزایش پتانسیل فرسایش خاک در سطح شهرستان مشکین‌شهر بیان داشت.

در نهایت با توجه به نتایج پژوهش، به‌منظور مدیریت اصولی کاربری اراضی شهرستان، اقداماتی مانند: تقویت و احیاء پوشش گیاهی مراتع و ممیزی مراتع، کاهش فشار بهره‌برداری از مراتع از طریق فراهم نمودن مشاغل جایگزین (مانند؛ زنبورداری، کاشت گیاهان دارویی)، تبدیل دیم‌زارهای کم بازده به کشت نباتات علوفه‌ای، ارتقای سطح آگاهی‌های عمومی درمورد عواقب ناشی از تبدیل کاربری اراضی مرتعی به دیم‌زار، آشناسازی کشاورزان با اقدامات حفاظتی در اراضی شیب‌دار و نحوه کشت در این اراضی و آموزش روش‌های مقابله با فرسایش خاک، پیشنهاد می‌شود. انتظار می‌رود، استفاده از نقشهٔ تغییرات کاربری اراضی و نقشهٔ پهنه‌بندی خطر فرسایش به‌دست آمده در مطالعه حاضر، به عنوان یک راهنمای کاربردی به منظور آگاهی از اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک، به منظور اعمال اقدامات کنترلی و مدیریتی در راستای کاهش فرسایش در پهنه‌های پرخطر و بسیار پرخطر، مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان ذی‌صلاح قرار گیرد.

قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح دورهٔ پسادکتری می‌باشد که با حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شده است. از این‌رو تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌داریم.

منابع

1. Abedini, M., Bahraminia Gojebiglou, F., Mostafazadeh, R., & Pasban, A. (2023). Investigating the Effect of Land Use Change on Soil Erosion and Sediment Yield in Razeychay Watershed During Past 20 Years, *Geography and Environmental Studies*, 12 (45), 114-133. https://sanad.iau.ir/Journal/ges/Article/979044/FullText (In Persian)
2. Abedin, M., Ghale, E., Aghazadeh, N., & Mohamadzadeh-Sheshegaran, M. (2022). Monitoring the surface temperature and studying the land use relationship with surface temperature using OLI and TM image sensors (Case study: Meshginshahr city), *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 22(67), 375-393. https://doi.org/10.52547/jgs.22.67.375 (In Persian)
3. Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM). *International Series in Operations Research & Management Science*, 277, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9
4. Aneseyee, A.B., Elias, E., Soromessa, T., & Feyisa, G.L. (2020). Land use/land cover change effect on soil erosion and sediment delivery in the Winike watershed, Omo Gibe Basin, *Ethiopia. Sci. Total Environ*, 728, 1-28. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138776

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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

5. Asghari Saraskanroud, S., Faal-Naziri, M., & Ardashirpay, A.A. (2019). studying the effects of land use on soil Erosion with WLC algorithm. Case of study: Agh Laghan Chay basin. *Quarterly Journal of Environmental Erosion Research*; 9 (2), 53-71. http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-521-fa.html (In Persian)
6. Asghari Saraskanroud, S., & Naseri, A. (2020). Extracting land use map of Susangerd County using pixel-based and object-oriented algorithms, *Geographical space*, 20 (69), 77-95. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-3181-fa.html (In Persian)
7. Costea, A., Bilasco, S., Irimus, I.-A., Rosca, S., Vescan, I., Fodorean, I., & Sestras, P. (2022). Evaluation of the Risk Induced by Soil Erosion on Land Use. Case Study: Guruslău Depression, *Sustainability*, 14 (1), 1-19. https://doi.org/10.3390/su14020652
8. Feizizadeh, B., KHedmat-Zadeh, A., & Nikjoo, M.R. (2018). Micro-classification of orchards and agricultural croplands by applying object based image analysis and fuzzy algorithms for estimating the area under cultivation, *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 18(48), 201-216. https://doi.org/10.29252/jgs.18.48.201 (In Persian)
9. Ganjaeian, H., Rezaei Arefi, M., Peysoozi, T., & Emami, K. (2020). Zonning susceptible areas of landslide using WLC and OWA methods -A case study in Mountain cliff Khan, Iran, Sustainability Earth Review, 1(2), 43–51. https://doi.org/ 10.52547/SUSTAINEARTH.1.2.43
10. Jafarzadeh, J., & Nazmfar, H. (2019). Classification of Satellite Images in the Evaluation of Urban Land Use Change Using Scale Optimization in Objected Oriented Processing (Case Study: Ardabil City), *Journal of Research and Urban Planning*, 10(36), 117-128. https://jupm.marvdasht.iau.ir/article_3415.html?lang=en (In Persian)
11. Jahani, M., Taleghani, S., & Akbari, M. (2024). Quantitative evaluation of soil erodibility potential using SLEMSA model (Case study: Karkheh watershed, Lorestan province, Iran), *Environmental Erosion Research Journal*, 14 (2), 161-179. https://doi.org/10.61186/jeer.14.2.10 (In Persian)
12. Kogo, B.K., Kumar, L., & Koech, R. (2020). Impact of Land Use/Cover Changes on Soil Erosion in Western Kenya, *Sustainability*, 12, 9740, 1-17. https://doi.org/10.3390/su12229740
13. Li, M., Li, T., Zhu, L., Meadows, ME., Zhu, W., & Zhang, S. (2021). Effect of Land Use Change on Gully Erosion Density in the Black Soil Region of Northeast China from 1965 to 2015: A Case Study of the Kedong County, *Front. Environ. Sci*, 9, 652-933.
14. Luo, C., Pu, SH., & Yu, G. (2024). Investigating the impact of climate and land use changes on soil erosion in the Anning River basin in China, Front, *Earth Sci*, 12 (1), 1-11. https://doi.org/10.3389/feart.2024.1416387
15. Madadi, A., Asghari Saraskanrood, S., & Hajatpourghaleroodkhany, H. (2024). Investigating land use changes with an emphasis on forest cover and its effects on soil erosion using object-oriented classification and the MARCOS multi-criteria technique case study: Ghaleroodkhan Fuman watershed, *Hydrogeomorphology*, 11(39), 167-144. https://doi.org/10.22034/hyd.2024.60739.1731 (In Persian)
16. Madadi, A., Faal Naziri, M., & Piroozi, E. (2022). Evaluation of land use changes and its effects on soil erosion in the basin upstream of Yamchi Dam in Ardabil, using ARAS multi-criteria decision algorithm and modern remote sensing methods, *Quantitative Geomorphological Research*, 11(2), 52-70. https://doi.org/10.22034/gmpj.2022.315438.1314 (In Persian)
17. Manikandan, K., & Rangarajan, S. (2023). Predicting Erosion Potential Zones using CA-ANN and Multi-Criteria Analysis for the Bhavani Watershed, India, *J Geol Soc India*, 99, 607–620. https://doi.org/10.1007/s12594-023-2362-5

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

18. Marefati, H., Shahab Arkhazloo, H., Asghari, S., & Soltani Toolarood, A.A. (2024). The effect of gully erosion on integrated soil quality indices in South of Ardabil, *Environmental Erosion Research Journal*, 14 (3), 43-65. https://doi.org/10.61186/jeer.14.3.43 (In Persian)
19. Moghaddasi, M., khodaverdizadeh, M., Hashemi Bonab, S., & Sokouti Oskoee, R. (2018). Evaluation of Factors Affecting the Adoption of Soil Conservation Non-Mechanical Methods in Order to Maintain the Sustainability (Case Study: Urmia County), *Journal of agricultural science and sustainable Production*, *28*(4), 229 245. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_8377.html?lang=en (In Persian)
20. Motamedirad, M., Zangane Asadi, M. A., & Ajam, H. (2023). Investigating the rate of soil erosion and sediment production using the RUSLE model and the modified method PSIAC (case study: kal basin of Ismail, Shahrood city, Semnan province), *Quantitative Geomorphological Research*, 11(4), 147-165. https://doi.org/10.22034/gmpj.2022.360813.1374 (In Persian)
21. Mwanga, W.E., Shaibu; A.G., & Issaka, Z. (2024). Influence of long-term land use and land cover (LULC) changes on soil loss, sediment export, and deposition in the ungauged Bontanga watershed, *H2Open Journal*, 7(1), 1-21. https://doi.org/10.2166/h2oj.2024.088
22. Parvizi, Y., Bayat, R., & Arabkhedri, M. (2020). Determination of Main Agents Affecting Soil Erosion in Rainfed Land of Kermanshah Province Using Rainfall Simulator, *Iranian Journal of Watershed Management Science*; 14 (49), 70-82. http://jwmsei.ir/article-1-939-fa.html (In Persian)
23. Paul, S. S., Li, J., Li, Y., & Shen, L. (2019). Assessing land-use/land-cover change and soil erosion potential using a combined approach through remote sensing, RUSLE and random forest algorithm, *Geocarto International*, 36, 1-15. https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1614099
24. Piroozi, E., & Madadi, A. (2023). Zoning of soil erosion potential using MABAC method, Case study: Givi Chay watershed, *Hydrogeomorphology*, 10(36), 93-73. https://doi.org/10.22034/hyd.2023.56590.1694 (In Persian)
25. Prashanth, M., A. Kumar, S., Dhar, O., Verma, SK., & Kouser, B. (2023). Land use/land cover change and its implication on soil erosion in an ecologically sensitive Himachal Himalayan watershed, Northern India, *Front. For. Glob. Change*, 6و 1-17. https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1124677
26. Qingge, L., Wei, S., & Yang, P. (2020). An improved Otsu threshold segmentation algorithm, *International Journal of Computational Science and Engineering*, 22(10), 146-153. https://doi.org/10.1504/IJCSE.2020.107266
27. Rezaei Moghaddam, M.H., Rezaei Banafsheh Daragh, M., Faizizadeh, B., & Nazmafar, H. (2010). Land use /land cover classification based on Object-oriented technique and satellite image Case study: West Azerbaijan Provinces, *Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 23(2), 19-31. https://www.sid.ir/paper/200608/fa (In Persian)
28. Rezaei Moghaddam, M.H., Mokhtari, D., & Samandar, N. (2021). Extraction and evaluation of land use changes by using of the accuracy of SVM algorithm with polynomial kernel and maximum likelihood method in Ojan Chay basin, *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 9(4), 25-44. https://doi.org/10.22067/GEOEH.2021.67231.0 (In Persian)
29. Singh, G., & Panda, RK. (2017). Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: A case study in the Kapgari watershed, India, *Int Soil Water Conserv Res*, 5, 202–211. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.006

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]

30. Sourn, T., Pok, S., Chou, P., Nut, N., Theng, D., & Prasad, P. V. V. (2022). Assessment of land use and land cover changes on soil erosion using remote sensing, gis and RUSLE model: a case study of battambang province, Cambodia, *Sustainability*, 14 (7), 1-24. https://doi.org/10.3390/su14074066
31. Taloor, AK., Kumar, V., Kumar, SG., Singh, A.K., Kale, A.V., Sharma, R., Khajuria, V., Raina, G., Kouser, B., & Chowdhary, N.H. (2020). Land Use Land Cover Dynamics Using Remote Sensing and GIS Techniques in Western Doon Valley, Uttarakhand, India, *Geoecology of Landscape Dynamics, Advances in Geographical and Environmental Sciences*, 1, 37-51. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2097-6_4
32. Zeinali, B., Melanori, E., & Shiva, S. (2023). Investigation of land use changes and climatic components in Meshkinshahr City, *Soil and Water Conservation*, 12 (3), 15-31. https://doi.org/10.30495/wsrcj.2022.68774.11316 (In Persian)

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

[DOI: 10.61186/jeer.15.1.147]