Kharazmi University

Spatial Analysis Environmental Hazards

Online ISSN: 2588-5146
Homepage: https://khu.ac.ir

Assessment of Land Use/Land Cover Change Impact on Flood Hazard Zonation in the Samian Watershed

Sayyad Asghari Saraskanroud[1]✉ | Fatemeh Samadi Shalveh Alia[2] | Zeinab Hazbavi[3]

1. Corresponding Author, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: s.asghari@uma.ac.ir
2. Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: samadi.f.2019@gmail.com
3. Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: z.hazbavi@uma.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 19 July 2025
Accepted 26 October 2025
Published online 07 January 2025

Keywords:
Dynamic changes,
Flooding potential,
Geographical information system,
Remote sensing,
Water resources.

ABSTRACT

Objective: Land use/land cover (LULC) changes, as one of the main anthropogenic drivers, significantly influence runoff patterns and intensify flood hazards. This study aims to assess the impact of land use changes on flood hazard zonation over the period 2015 to 2024 in the Samian watershed, located in Ardabil Province, Iran.

Methods: To extract land use maps for the years 2015 and 2024, satellite imagery from Landsat 7, Landsat 8, and Sentinel-2 was employed using the Google Earth Engine platform. Land use/land cover classification was performed using the Classification and Regression Trees (CART) algorithm, which was selected due to its high interpretability, fast processing, and robust accuracy in class differentiation compared to other classification methods. Subsequently, the Modified Flash Flood Potential Index (MFFPI) model was applied by integrating key environmental layers, including slope, flow accumulation, land use, geology, curvature, and soil texture, within the ArcMap environment to generate flood hazard zonation maps. The MFFPI model was chosen for its ability to directly incorporate physiographic indicators and produce precise flood hazard maps, making it an effective tool for sustainable resource management and flood risk mitigation.

Results: The results indicated substantial LULC changes between 2015 and 2024, including an 18.47% increase in irrigated agricultural lands, a 9.38% increase in residential areas, and a 25.85% rise in sparse rangelands. In contrast, dry farming lands decreased by 25.21%, dense rangelands by 9.14%, and snow-covered areas by 98.61%. These changes have led to a notable expansion of high-risk flood zones. The LULC classification achieved a high overall accuracy and Kappa coefficient exceeding 0.98, indicating reliable results.

Conclusions: The increase in impervious surfaces and the reduction of natural vegetation cover have led to higher surface runoff, resulting in the expansion of high-risk areas. The main novelty of this study lies in the integration of remote sensing data with the Modified Flash Flood Potential Index (MFFPI) model and the assessment of land use changes over an extended period, enabling more accurate identification of flood-prone areas. By incorporating both environmental and anthropogenic factors, the MFFPI model has proven to be an effective tool for flood risk prediction and management. Based on field observations and validation of the maps, it is recommended that watershed management strategies incorporate land use protection measures and urban development planning while considering the flood hazard zonation maps to mitigate potential future damages.

Cite this article: Asghari Saraskanroud, S., Samadi Shalveh Alia, F., & Hazbavi, Z. (2025).Assessment of Land Use/Land Cover Change Impact on Flood Hazard Zonation in the Samian Watershed". *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 12 (3), 39-64. http//doi.org/10.66224/jsaeh.12.3.6

© The Author(s)
DOI: http//doi.org/10.66224/jsaeh.12.3.6

Publisher: Kharazmi University

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Natural shocks worldwide cause direct damage to assets averaging over 300 billion USD annually; when welfare (or consumption) losses are considered, this estimate rises to 520 billion USD. While each country faces a unique set of natural hazards—including storms, earthquakes, or wildfires—flooding remains one of the primary threats to livelihoods and significantly impacts development prospects globally (Rentschler et al., 2022). Floods can be regarded as one of the most complex natural disasters (Mehri et al., 2016). They are defined as hazardous increases in river or stream discharge. This phenomenon has a long history in human civilization (Madadi et al., 2020). Multiple factors influence flood occurrence in a region, including the amount, intensity, spatial and temporal distribution of precipitation, which are functions of meteorological events. Additionally, floods are affected by various watershed characteristics such as land use and human interventions (Behnam et al., 2013). Land use changes driven by population growth and economic development have contributed to an increase in flood frequency over recent decades (Javidan et al., 2018).

Methods

To extract spectral features, Landsat 8-9 and Sentinel-2 surface reflectance images were accessed via Google Earth Engine. To minimize cloud cover effects and seasonal variations, the summer period (Khordad, corresponding to late May–June) was selected, during which the greatest spectral variability among land use classes is observable. The selected images were masked for clouds and cloud shadows and then averaged. Training samples were extracted from the Dynamic World product, which provides an initial classification into nine land use classes at 10-meter spatial resolution. These data were integrated with residential layers derived from the Global Human Settlement Layer (GHSL) datasets for 2015 and 2024, serving as the base map for training sample collection. Subsequently, using the Classification and Regression Trees (CART) algorithm, eight land use classes were delineated: residential, water bodies, irrigated agriculture, rainfed agriculture, dense and semi-dense rangelands, forest, and snow. For validation, an independent sample set was used as test data. Model accuracy was evaluated by confusion matrix metrics including overall accuracy and the Kappa coefficient.

For flood hazard zoning, input layers were prepared as raster data in ArcMap and classified into five categories. Each layer was then weighted using the Raster Calculator tool based on their relative importance in the Multi-factor Flood Potential Index (MFFPI) model. Finally, the weighted layers were overlaid and integrated using Raster Calculator to generate the final flood hazard zoning maps.

Results

The analysis of land use maps and flood hazard zoning reveals significant changes in the area of land use classes, which have consequently led to a substantial increase in the extent of high and very high flood risk zones. Expansion of irrigated agricultural lands by 18.47%, human settlements by 9.38%, and sparse rangelands by 25.85% has resulted in reduced vegetation cover, increased impervious surfaces, and consequently enhanced surface runoff. Conversely, the area of dense rangelands and rainfed agricultural lands decreased by -9.14% and -25.21%, respectively, alongside a drastic reduction in snow cover by -98.61%, exacerbating this trend and diminishing the region's capacity for water infiltration and retention. These land use changes have caused the high and very high flood hazard zones to expand by 8.56% and 38%, respectively. These high-risk zones are primarily located adjacent to rivers and developed urban

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

and agricultural areas, posing a serious warning to planners and natural resource managers that, without proper land use management, the risk of destructive floods will escalate.
The classification accuracy assessment using the Classification and Regression Trees (CART) algorithm yielded high overall accuracy and Kappa coefficients—both exceeding 98% for the years 2015 and 2024—indicating the reliability of the classification results and the employed model. Furthermore, the application of the Multi-factor Flood Potential Index (MFFPI), which integrates both environmental and anthropogenic factors in flood hazard zoning, enables the prediction and analysis of potential impacts of future land use changes.These findings are consistent with previous studies by Madadi et al. (2025), Rasai et al. (2025), and Abedini et al. (2024).Despite these strengths, the study has certain limitations. The accuracy of the model depends on the quality of input data. While CART demonstrated high accuracy in this study, it remains sensitive to training data and prone to overfitting, potentially reducing the generalizability of results. Therefore, future studies are recommended to employ higher-resolution datasets, such as 12-m DEMs, to enhance the precision of topographic indices, and to consider more advanced classification algorithms, including Random Forest, or methods designed to improve stability and reduce overfitting. Additionally, future analyses should incorporate climate change scenarios to provide more realistic flood hazard assessments. Based on the findings, it is recommended that watershed management policies prioritize land use planning and conservation strategies to preserve vegetation, enhance soil infiltration capacity, prevent uncontrolled urban and agricultural expansion, construct flood control structures, and develop runoff management infrastructure. Ultimately, this study emphasizes that without an integrated and comprehensive approach to land and water resource management, current and future land use changes could significantly exacerbate flood damages, threaten environmental security, and impact local livelihoods. Accordingly, the findings provide a scientific basis for formulating flood risk reduction strategies and sustainable development planning in flood-prone areas.

Keywords: Dynamic changes, Flooding potential, Geographical information system, Remote sensing, Water resources.

Author Contributions
All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement
“Not applicable”

Acknowledgements
The authors would like to thank all participants of the present study.

Ethical considerations
The author has observed ethical principles in conducting and publishing this scientific research, and this is confirmed by them.

Funding
The study was funded by the University of University of Mohaghegh Ardabili.

Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

دانشگاه خوارزمی

تحلیل فضایی مخاطرات محیطی

شاپا الکترونیکی: ۵۱۴۶- ۲۵۸۸

Homepage: https://khu.ac.ir

بررسی تغییر کاربری اراضی برپهنه بندی خطر وقوع سیل در حوضه آبخیز سامیان

صیاد اصغری سراسکانرود [۱] ✉ | فاطمه صمدی شلوه علیا [۲] | زینب حزباوی [۳]

۱. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی،دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: s.asghari@uma.ac.ir

۲. سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: samadi.f.2019@gmail.com

۳. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، مرکز تحقیقات مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: z.hazbavi@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۱۷

کلیدواژه‌ها:
پتانسیل سیل خیزی،
تغییرات پویا،
سامانه اطلاعات جغرافیایی،
سنجش از دور،
منابع آب.

چکیده

هدف: تغییرات کاربری اراضی به عنوان یکی از عوامل انسانی باعث تشدید سیلاب می شود که می تواند الگوی رواناب و شدت وقوع سیل را به طور چشمگیری تحت تاثیر قرار دهد. هدف از این پژوهش بررسی تاثیرات تغییر کاربری اراضی بر پهنه بندی خطر وقوع سیل در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ در حوضه آبخیز سامیان واقع در استان اردبیل است.

روش پژوهش: به منظور استخراج نقشه های کاربری اراضی از تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸ و سنتینل۲ برای سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ در محیط ارث انجین استفاده شد و طبقه بندی با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم گیر (CART) انجام شد.که به دلیل سادگی تفسیر، سرعت اجرای بالا و دقت مناسب در تشخیص کلاس ها نسبت به سایر الگوریتم ها این مدل انتخاب شد. سپس با استفاده از مدل توسعه یافته سیلاب ناگهانی و تلفیق لایه های اطلاعاتی شامل: شیب ،تجمع جریان ،کاربری اراضی ،نقشه زمین شناسی ، انحنا دامنه ، بافت خاک در محیط ArcMap نقشه پهنه بندی خطرسیلاب تهیه شد. انتخاب مدل Mffpi به دلیل قابلیت آن در نظرگرفتن مستقیم شاخص های فیزیوگرافی و تولید نقشه های دقیق پهنه بندی خطر صورت گرفت که آن را به ابزاری کارآمد برای مدیریت پایدار منابع و کاهش خطرات سیلاب تبدیل میسازد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بین سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ تغییرات قابل توجهی در کاربری اراضی رخ داده است. از جمله افزایش ۱۸/۴۷ درصدی زمین های کشاورزی آبی ۹/۳۸ درصد مناطق مسکونی، ۲۵/۸۵ درصد مراتع کم تراکم و درمقابل کاهش ۲۵/۲۱- درصد اراضی دیم ۹/۱۴- درصد مراتع متراکم و ۹۸/۶۱- درصد کلاس برف. این تغییرات منجربه افزایش مساحت پهنه های باخطر بالا شده است. دقت طبقه بندی کاربری اراضی نیز با دقت کلی و ضریب کاپای بالای ۰/۹۸ درصد اعتبار بالای نتایج به دست آمده را نشان می دهد.

نتیجه‌گیری: افزایش سطوح نفوذناپذیر و کاهش پوشش گیاهی طبیعی باعث افزایش رواناب سطحی و در نتیجه گسترش نواحی پرخطر شده است. نوآوری اصلی این پژوهش در ترکیب داده های سنجش از دور با مدل توسعه یافته Mffpi و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی طی یک دوره زمانی بلند مدت است که امکان شناسایی دقیق تر مناطق پرخطر را فراهم میکند. مدل Mffpi با بهره گیری از عوامل محیطی و انسانی توانسته است ابزاری موثر برای پیش بینی و مدیریت خطر سیلاب ارائه دهد. با توجه به بررسی های میدانی و صحت سنجی نقشه ها توصیه میشود در مدیریت حوضه آبخیز رویکردهای حفاظتی کاربری اراضی و برنامه ریزی توسعه شهری با درنظر گرفتن نقشه های پهنه بندی خطر سیلاب بکار گرفته شوند تا خسارات آتی کاسته شود.

استناد: اصغری سراسکانرود، صیاد؛ صمدی شلوه علیا، فاطمه؛ و حزباوی، زینب (۱۴۰۴). بررسی تغییر کاربری اراضی برپهنه بندی خطر وقوع سیل در حوضه آبخیز سامیان. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۳)، ۳۹-۶۴. http//doi.org/10.66224/jsaeh.12.3.6

ناشر: دانشگاه خوارزمی

© نویسندگان

CC BY NC

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

مقدمه

شوک‌های طبیعی در سطح جهانی به طور متوسط سالانه بیش از ۳۰۰ میلیارد دلار خسارت مستقیم به دارایی‌ها وارد می‌کنند؛ این تخمین با در نظر گرفتن خسارات رفاهی (یا مصرفی) به ۵۲۰ میلیارد دلار افزایش می‌یابد. در حالی که هر کشور با مجموعه‌ای از خطرات طبیعی خاص خود از جمله طوفان، زلزله یا آتش‌سوزی‌های جنگلی روبرو است سیل از جمله تهدیدات اصلی برای معیشت مردم است و بر چشم‌انداز توسعه در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد (رنتشلر[1] و همکاران، ۲۰۲۲). سیل را می‌توان یکی از پیچیده‌ترین بلایای طبیعی دانست (مهری و همکاران، ۱۳۹۵). به افزایش خطرناک در جریان رودخانه یا نهر سیل گفته می‌شود. این پدیده در تاریخ بشر سابقه طولانی دارد (مددی و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی تعداد سیلاب‌ها در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که سیل‌ها یک فاجعه ناگهانی و نادر نیست، بلکه پدیده‌ای رو به رشد است که هنگام وقوع خسارات جانی و مالی زیادی به بار می‌آور (رضوی زاده و همکاران، ۱۳۹۲). سیل‌ها حدود یک سوم از کل بلایای طبیعی را تشکیل می‌دهند. آنها به همراه طوفان‌ها ۷۷ درصد از خسارات اقتصادی ناشی از رویدادهای شدید آب و هوایی از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۶ در اروپا را تشکیل می‌دهند (لچوسکا[2] و همکاران، ۲۰۱۸). رویدادهای بزرگ سیل می‌توانند ده‌ها میلیون نفر را تحت تأثیر قرار دهند و باعث خسارات مالی ده‌ها میلیارد یورو شوند. در کشورهای در حال توسعه سیل می‌تواند صدها هزار نفر را آواره کند، که به طور قابل توجهی بر فرصت‌های زندگی آینده آنها تأثیر می‌گذارد و حتی مسیرهای توسعه ملی بلندمدت را تغییر می‌دهد. در سطح جهانی ارزش زیرساخت‌های در معرض سیل احتمالاً به ده‌ها تا صدها تریلیون دلار آمریکا می‌رسد و این درک رو به رشد وجود دارد که خطرات بلایای طبیعی تهدیدی برای اقتصاد جهانی محسوب می‌شوند (باتس[3]، ۲۰۲۲). جدا از تخریب زیرساخت‌ها و زمین‌های کشاورزی، سیل تأثیرات شدیدی بر افرادی می‌گذارد که ممکن است غرق شوند یا به دلیل افت شدید دما بدن دچار جراحات شدید شوند (دو[4] و همکاران، ۲۰۱۰). برخی از مرگ و میرها ممکن است به دلیل اثرات غیرمستقیم سیل رخ دهد که شامل تخریب زیرساخت‌های بهداشتی، شیوع بیماری‌های عفونی، پریشانی روانی و گرسنگی است. سیل به عنوان رایج‌ترین فاجعه طبیعی تقریباً ۵۳۰۰۰ مرگ و میر در مقیاس جهانی ایجاد کرده است (کوندزویچ[5] و همکاران، ۲۰۱۳). به عنوان مثال سیل رودخانه یانگ تسه در چین در سال ۱۹۳۱ مرگبارترین رویداد سیل در قرن بیستم بود، تلفات آن به حدود ۳/۷ میلیون نفر رسید. امروزه سیل هنوز هم سالانه حدود ۱۰۰ نفر را می‌کشد و خساراتی بیش از ۷۰ میلیارد دلار در ایالات متحده ایجاد می‌کند (وانگ[6]، ۲۰۱۵). عوامل متعددی بر وقوع سیلاب در یک منطقه تأثیر می‌گذارند میزان، شدت، توزیع مکانی و زمانی بارندگی که تابعی از رویدادهای جوی است، بلاوه تحت تأثیر جنبه‌های مختلف حوضه از جمله کاربری اراضی و مداخله مردم نیز می باشد (بهنام و همکاران، ۱۳۹۲). تغییرات کاربری اراضی ناشی از رشد جمعیت و رونق اقتصادی، منجر به افزایش تعداد سیل در دهه‌های اخیر شده است (جاویدان و همکاران، ۱۳۹۷).کاربری زمین، نوع بهره برداری انسان از یک قطعه زمین را برای یک یا چند منظور توصیف می کند (قربانی و همکاران، ۱۳۹۷). تغییرات کاربری اراضی پیامدهایی برای هیدرولوژی حوضه دارد، مانند تغییرات در خصوصیات دبی، تغییرات در اوج حجم کل آب، تغییر در کیفیت آب تخلیه و تغییر در تعادل هیدرولوژیکی.خسارات اقتصادی ناشی از سیل منجر به فرسایش و از بین رفتن زمین های حاصلخیز و در نهایت گل و لای کانال ها، رودخانه ها و مخازن سدها می شود (اصغری سراسکانرود و سعیدی، ۱۴۰۱). بنابراین کنترل سیل و اقدامات پیشگیرانه برای کاهش خسارات احتمالی به منابع طبیعی، کشاورزی، زیرساخت‌ها و غیره ضروری است (سامانتا[7] و همکاران، ۲۰۱۸).

[1] - Rentschler
[2] - Lechowska
[3] - Bates
[4] - Du
[5] - Kundzewicz
[6] - Wang
[7] - Samanta

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

در این زمینه، سنجش از دور [1]منبع بسیار ارزشمندی از داده‌های مشاهده‌ای است که می‌تواند بررسی‌های میدانی و ایستگاه‌های اندازه‌گیری را در سطح جهانی، به ویژه در مناطق دورافتاده و کشورهای در حال توسعه کاهش دهد. ادغام متغیرهای سنجش از دور (مانند ارتفاع زمین، عرض رودخانه، میزان سیل، سطح آب، پوشش زمین و غیره) با مدل‌سازی سیل، نوید بهبود قابل توجه فرآیندهای ما برای درک و پیش‌بینی را می‌دهد (دومنگتی[2] و همکاران، ۲۰۱۹). فناوری سنجش از دور، ویژگی‌های منطقه سیل‌زده را استخراج کرده و اطلاعاتی در مورد چالش‌های پیش رو در مورد فاجعه و رویداد ارائه می‌دهد. با کمک تصاویر و داده‌های سنجش از دور به‌دست‌آمده، می‌توان نقشه‌های خطر سیل تولید کرد. تصاویر با کیفیت بالا از مکانیسم‌های سنجش از دور مانند فناوری رادار روزنه مصنوعی (SAR) استخراج می‌شوند که تصاویر با وضوح بالا از زمین و مخازن آب، حتی در شرایط بد آب و هوایی و نور کم ارائه می‌دهد (منوار[3] و همکاران، ۲۰۲۲). به طور خلاصه تکنیک‌های سنجش از دور نقش مهمی در جامعه هیدرولوژیکی ایفا کرده‌اند. آن‌ها می‌توانند توزیع مکانی و زمانی منابع آب را نقشه‌برداری کنند، شار هیدرولوژیکی را به صورت کمی اندازه‌گیری کنند و شرایط کار زیرساخت‌های هیدرولیکی، شرایط خشکسالی و طغیان سیل را رصد کنند. GIS، آمار و مدل‌های عددی در کنار هم می‌توانند پتانسیل منابع مختلف داده‌های سنجش از دور را آزاد کنند و مدیریت بهتری از منابع آب، خشکسالی و بلایای سیل ایجاد کنند (وانگ و شی[4]، ۲۰۱۸).

یکی از مهم ترین دلایل وقوع سیل و افزایش جریان سیلاب در منطقه شمال ایران در دهه اخیربدون شک تغییر کاربری اراضی و عدم تطابق کاربری فعلی با ظرفیت زمین است (هادیانی، ۱۳۸۶). از جمله تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۸ اصفهان باعث شد دبی اوج تا ۲۱۶/۶ افزایش یابد (بهنام و همکاران، ۱۳۹۲). در مجموع ۳۲ درصد از بلایای طبیعی ایران مربوط به سیل است (معیری و همکاران، ۱۳۸۷). استان اردبیل نیز از این قاعده مستثنی نیست، در سال ۱۳۹۱ میزان سیلاب در رودخانه قره سو ۲۴۴۶ متر افزایش یافته است (یاری و همکاران، ۱۳۹۸). همچنین از آنجایی که استفاده از کشاورزی آبی درحوضه آبخیز سامیان در سال های مورد بررسی (۱۹۹۲-۲۰۱۶) ۸/۴۵ درصد افزایش یافته است، جریان آب بیشتری به مناطق کشاورزی اختصاص داده و در نتیجه دبی در ایستگاه های هیدرومتری کاهش یافته که تاثیر مستقیم بر رواناب دارد (ایزدی فرد و همکاران، ۱۴۰۲). بنابراین با توجه به افزایش حوادث و خسارات سیلابی در حوضه های آبخیز کشور و مشخص نمودن مناطق تولید سیل والویت بندی از نظر ظرفیت سیلاب می تواند در مدیریت بهتر حوضه ها موثر واقع شود (احمدزاده و همکاران، ۱۴۰۲).

پژوهش های گوناگونی در زمینه بررسی مخاطرات سیلاب و ارزیابی آن از جنبه های مختلف صورت گرفته است (عزیزی و همکاران، ۲۰۲۵). اما مطالعات موجود در بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر وقوع سیلاب اغلب نتایج متناقض ارائه میدهند و پژوهش های کمی بطور جامع و مقیاس گرا اثر تغییرات کاربری اراضی بر تولید سیلاب در حوضه های آبخیز را تحلیل کرده اند (روقر و همکاران، ۲۰۱۷). در استان اردبیل نیز هرساله وقوع سیلاب های مهم گزارش میشود. با توجه به تنوع توپوگرافی و شرایط اقلیمی منطقه انتظار میرود الگوهای وقوع سیلاب متنوع باشد و ضرورت بررسی و مطالعه دقیق تر آن وجود دارد (قربانی و همکاران، ۱۴۰۴). از سوی دیگر حوضه آبخیز سامیان طی دهه های اخیر دستخوش تغییرات قابل توجهی در الگوی کاربری اراضی شده است. به گونه ای که سهم کشاورزی آبی و مسکونی افزایش و وسعت مراتع کاهش یافته است. چنین تغییراتی میتواند شدت رواناب و سیل خیزی را تشدید کند و پیامد های مستقیمی برمنابع آب سطحی و مدیریت حوضه داشته باشد (ایزدی فرد و همکاران، ۱۴۰۲).

بنابراین پژوهش حاضر با تمرکز بر سامیان و استفاده از داده های سنجش از دور سری زمانی و روش های مدلسازی پتانسیل سیل خیزی و GIS درصد پرکردن این شکاف علمی و فراهم آوردن مبنای تصمیم گیری برای مدیریت ریسک و برنامه ریزی کاربری اراضی در سطح منطقه است.

[1] - Remote sensing
[2] - Domeneghetti
[3] - Munawar
[4] - Wang & Xie

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

پیشینه پژوهش

۱. پیشینه نظری

تغییر کاربری اراضی به طور بالقوه تأثیر بسیار زیادی بر سیل دارد زیرا انسان‌ها مناظر طبیعی را به شدت تغییر داده‌اند ، مناطق وسیعی جنگل‌زدایی یا زهکشی شده‌اند، در نتیجه رطوبت اولیه خاک افزایش یا کاهش یافته و باعث فرسایش شده است. دامنه‌ها برای تولید محصولات کشاورزی تغییر یافته‌اند، بنابراین مسیرهای جریان، سرعت جریان و ذخیره آب و در نتیجه اتصال جریان و زمان تمرکز تغییر کرده‌اند (روگر[1] و همکاران، ۲۰۱۷). تشدید فعالیت‌های کشاورزی منجر به تشکیل لایه‌های فشرده‌شده خاک می شود که ممکن است نفوذ عمودی در خاک را کاهش داده و یا به تأخیر بیندازد، اما علاوه بر کاهش فرآیندهای فیلتر و بافر در افق‌های عمیق‌تر خاک، باعث تشدید جریان جرمی جانبی نیز می‌شود.این تغییرات در ساختار خاک نه‌تنها بر الگوی نفوذ تأثیر دارند، بلکه مستقیماً به پتانسیل وقوع سیلاب نیز مرتبط هستند .احتمالاً تغییرات هیدرولوژیکی قابل توجه در دهه‌های آینده به دلیل از دست دادن زمین‌های کشاورزی و جنگل‌ها ادامه خواهد یافت (سیلگرام [2]و همکاران، ۲۰۱۰ : ویتِر و ایوانز[3]، ۲۰۰۹). بنابراین مدیریت خطر سیل در دهه‌های آینده به دلیل افزایش وقوع و شدت سیلاب‌ها، اهمیت بیشتری پیدا خواهد کرد (بکرز[4] و همکاران، ۲۰۱۳). از این رو مدل‌سازی هیدرولوژیکی با ارزیابی اثرات تغییرات کاربری زمین و پوشش زمین بر منابع آب، به یکی از مباحث تحقیقاتی پیشرو تبدیل شده است. تأثیر کاربری زمین بر تولید رواناب بسیار پیچیده است. به عنوان مثال، زمین‌های زراعی و زمین‌های شهری حجم سیل بیشتر، دبی اوج بالاتر و زمان حرکت جریان کوتاه‌تری نسبت به مراتع یا جنگل‌ها دارند (دمالاگه[5] و همکاران، ۲۰۱۹).

در این زمینه مطالعات جدید نشان میدهد که آگاهی از رابطه بین سیل طراحی و الگوهای کاربری اراضی/پوشش زمین در مدلسازی و طراحی استراتژی های مدیریت حوزه آبخیز اهمیت زیادی دارد (عبدالکریم و همکاران ۲۰۱۸). بطور خاص الگوی کاربری زمین میزان رواناب تولید شده در طول یک رویداد بارندگی را تعیین میکند و بر تعادل آب در یک منطقه تاثیر میگذارد. بنابراین درک ارتباط بین تغییرات کاربری زمین و خطر سیل گامی اساسی در مدیریت منابع آب و کاهش خسارات ناشی از سیلاب ها محسوب میشود (عدنان و همکاران ۲۰۲۲).

امروزه تکنولوژی سنجش از دوراز به عنوان یک راه حل مهم در شناسایی منابع طبیعی، به ویژه در فرآیند تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، نقشه برداری سیل و ارزیابی خسارات بستر مناسبی را فراهم کرده (اصغری سراسکانرود و شریفی طولارود، ۴۰۲: منوار و همکاران، ۲۰۲۲). مدیریت سیلاب از طریق بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان یک راهکار غیر سازه‌ای و ابزاری مؤثر در کاهش و کنترل خطرات ناشی از سیل به شمار می‌آید. با لحاظ کردن این نکته که اطلاعات و شیوه‌های سنجش از دور و GIS به پایش ، ارزیابی و تولید نقشه‌های مناطق مستعد سیل کمک کرده و به تبع آن داده‌های قابل اعتمادی برای انجام فعالیت‌های مرتبط هستند (سلیمانی و محسنی ۱۴۰۳). به همین دلیل استفاده از ابزارهای نوین مانند سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) و سنجش از دور برای نقشه‌برداری و پهنه‌بندی خطر سیل بسیار ضروری است تا با شناسایی دقیق مناطق مستعد سیل، بتوان راهکارهای مدیریت ریسک مؤثرتری ارائه داد (سجاد[6] و همکاران، ۲۰۲۵). ازسوی دیگر ارزیابی خطر سیل به عنوان فرآیندی کلیدی در مدیریت بلایای طبیعی شناخته میشود. این ارزیابی شامل تعیین پتانسیل و پیامدهای سیل در مکان های خاص بوده و اهدافی همچون شناسایی مناطق مستعد سیل، برآورد احتمال و شدت سیلاب های آینده و تحلیل خطرات انسانی، مالی و زیست محیطی را دنبال میکند (بوروسکا و استفانسکا، ۲۰۲۲). چنین ارزیابی هایی با شناسایی مناطق پرخطر و توصیه استراتژی های مناسب برای کاهش ریسک نقش مهمی در محدود کردن خسارات سیلاب دارند. بطور کلی ارزیابی ریسک

[1] - Rogger
[2] - Silgram
[3] - Wheater & Evans
[4] - Beckers
[5] - Dammalage
[6] - Sajjad

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

سیل متشکل از اجزایی نظیر تحلیل خطر، بررسی آسیب پذیری و برآورد ریسک است که خروجی آن در تصمیم گیری های مربوط به کاربری اراضی، توسعه و برنامه ریزی واکنش اضطراری بسیار موثر است (قله‌تیموری و همکاران ۲۰۲۴).

سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و سنجش از دور به عنوان ابزاری مؤثر برای تعیین خطر سیل استفاده می‌شوند. آنها همچنین برای ارزیابی تغییرپذیری مکانی خطر سیل استفاده می‌شوند. نقشه‌برداری از خطر سیل رودخانه از تلفات انسانی جلوگیری می‌کند و خسارات مالی و اختلالات اجتماعی را به حداقل می‌رساند (زوپ[1] و همکاران، ۲۰۱۶). این تکنیک‌ها می‌توانند داده‌هایی با وضوح پلانیمتری به اندازه کافی بالا ارائه دهند و می‌توانند به طور مؤثر در تحلیل‌های هیدرولیکی برای توصیف حوضه‌های رودخانه‌ای مستعد سیل مورد استفاده قرار گیرند (یانگ [2]و همکاران، ۲۰۱۶). در مجموع، پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات کاربری زمین به عنوان عاملی مهم در پهنه‌بندی و مدیریت خطر سیل باید به صورت جامع و بلندمدت مورد توجه قرار گیرد. این موضوع به ویژه در حوضه‌های آبخیزی مانند سامیان که تحت فشار تغییرات کاربری سریع قرار دارند از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند به بهبود برنامه‌ریزی و کاهش خسارات سیل کمک شایانی نماید.

۲. پیشینه تجربی

برای تحلیل اثرات تغییر کاربری اراضی بر سیلاب مطالعات متعددی در ایران و جهان صورت گرفته از جمله ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از تصاویر ماهواره ای +ETM و IRS و بهره گیری از مدل های HEC-RAS و HEC-GeoRAS نشان داده اند که تغییرات گسترده کاربری اراضی در حوضه نکارود منجر به افزایش چشمگیر پهنه های سیل گیر شده است. پژوهش ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵) نیز با رویکرد برنامه ریزی استراتژیک، تاکید کرد که در دهه های گذشته کاهش کاربری جنگل و مرتع و در مقابل افزایش اراضی شهری ، کشاورزی و بایر به افزایش قابل توجه سیلاب در دوره های مختلف بازگشت منجرشده است. ولی زاده کامران و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از تصاویر پهبادی با دقت بالا و مدل DEM در محدوده رودخانه لیقوان نشان دادند که اراضی بایر، باغات و مناطق مسکونی بیشترین آسیب پذیری را نسبت به سیلاب دارند. در مطالعه ای دیگر حسینی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از مدل wms در حوضه آبریز عموقین نشان دادند که تغییرکاربری اراضی از مرتع به کشاورزی باعث افزایش شماره منحنی و در نتیجه افزایش قابل توجه دبی اوج سیلاب در دوره های بازگشت کختلف شده است. حجازی و لقمان نیا (۱۴۰۲) با استفاده از مدل AWBM و Fuzzy-ANP به تحلیل چند معیاره خطر سیل در حوضه گرگان رود پرداختند و نقش موثر تغییر کاربری ، سکونت در خریم رودخانه، عدم توجه به آبخیزداری، تخریب جنگل و مراتع را در افزایش ریسک سیلاب شناسایی کردند. همچنین عابدینی و همکاران (۱۴۰۳) در حوضه شفارود با استفاده از مدل MFFPI و داده های سنجش از دور، پهنه بندی خطرسیلاب ناگهانی را انجام داده و نقش کلیدی فاکتور هایی مثل: انحنادامنه، شیب، تراکم جریان، بافت خاک، نفوذپذیری سنگ و کاربری اراضی را در تعیین شدت خطر سیل مورد ارزیابی قراردادند. نگهبان و مکرم (۱۴۰۳) با استفاده از شاخص موقعیت زمین شناختی (TPI) در محیط GIS به طبقه بندی اشکال زمین در استان بوشهر پرداختند و ارتباط آن را با کاربری اراضی و میزان سیلاب بررسی کردند. نتایج نشان داد که لندفرم ها نقش تعیین کننده ای در شدت و گستره سیلاب دارند و میتوان براساس نوع آنها مناطق مستعد سیل خیزی را شناسایی نمود. همچنین ایرانی و همکاران (۱۴۰۴) در حوضه آبخیز شهرچای با استفاده از تصاویر Sentinel-2 الگوریتم SVM و مدل CA-MARKOV تغییرات کاربری اراضی را پایش و شبیه سازی کردند و با بهره گیری از مدل InVEST و سناریوهای اقلیمی CMIP6 ریسک سیلاب آینده را برآورد نمودند. نتایج نشان داد که در اغلب بخش های حوضه، پتانسیل رواناب و سیلاب تا سال ۲۰۲۳ افزایش خواهد یافت.

در ایالت فلوریدا سونگ[3] و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از مدل رشد شهری SLEUTH (مدل رشد شهری مبتنی بر سلول های خودکار) به بررسی اثرات کاربری اراضی بر سیلاب ناشی از افزایش سطح آب دریا (به تحلیل آسیب پذیری مناطق ساحلی در برابر خطرات ناشی از افزایش سطح دریا) پرداختند. وسعت مناطق جدید شهری که در معرض سیلاب قرار میگیرند، تا۲۰۸۰ ، ۲۵

[1] - Zope
[2] - Yang
[3] - Song

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

برابر بیشتر از حالتی خواهد بود که سیاست های کاهش خطر اعمال شود.در مطالعه ای دیگر هونکپه[1] و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از دو مدل هیدرولوژیکی SWAT و WaSiM نشان دادند که گسترش اراضی زراعی و کاهش پوشش طبیعی باعث افزایش فرکانس و بزرگی سیلاب میشود. نتایج مطالعه ارتباط آماری قوی بین تغییر کاربری اراضی و شدت سیلاب ها را تایید کرده و برای مدیریت سیلاب و برنامه ریزی کاربری اراضی مفید است. آوند[2] و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از مدل های جنگل تصادفی و GLM اثرات تغییر اقلیم و کاربری اراضی را بر مناطق مستعد سیلاب در حوضه آبخیز تجن بررسی کردند. نتایج نشان داد کاهش پوشش جنگلی و مراتع همراه با افزایش بارش احتمال وقوع سیلاب در بخش های پایین دست را افزایش میدهد و مدل جنگل تصادفی دقت بالاتری در پیشبینی دارد. همچنین شو[3] و همکاران (۲۰۲۲) در حوضه رودخانه ژوجه چین با توسعه یک مدل هیدرولوژیکی-هیدرولیکی نشان دادند که تغییرات کاربری اراضی ارتباط مستقیمی با خطر سیل دارد و مدل ارائه شده قادر است جریان سطحی و فرآیند وقوع سیلاب را بطور موثر شبیه سازی کند. استلاجی[4] و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از مدل TOPSIS و روش فازی در محیط GIS راهبردهایی برای افزایش تاب‌آوری زیر ساخت های شهری در برابر سیل پیشنهاد داده اند. هامرز[5] و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی با عنوان (چارچوبی برای در نظر گرفتن تعاملات میان تغییرات اقلیمی، توسعه اقتصادی-اجتماعی و برنامه ریزی کاربری اراضی در ارزیابی سیلاب آینده) به ارائه رویکردی جامع برای تحلیل خطر سیلاب در شرایط پیچیده آینده پرداختند. نتایج نشان می دهد که تغییرات در کاربری اراضی به دلیل محرک های اجتماعی_اقتصادی می تواند تاثیر قابل توجهی بر خسارات سیل نسبت به تغییرات اقلیمی داشته باشد و پهنه بندی می تواند در کاهش سیل آینده موثر باشد. همچنین مورفی[6] و همکاران (۲۰۲۵) روشی نوین برای تحلیل کاربری اراضی در مناطق ساحلی معرفی کردند که با ترکیب نقشه برداری دقیق سیلاب و مدل های توپوگرافی، به برنامه ریزان امکان می دهد سناریوهای زیر ساختی مختلف را در مراحل اولیه تصمیم گیری بررسی کنند. این مطالعات تاکید دارند که توسعه مسکونی در مناطق سیل خیز، همچنان یک چالش جهانی است و مدل های مکانی دقیق می توانند ابزاری کلیدی در کاهش خطر سیل باشند.

روش شناسی پژوهش

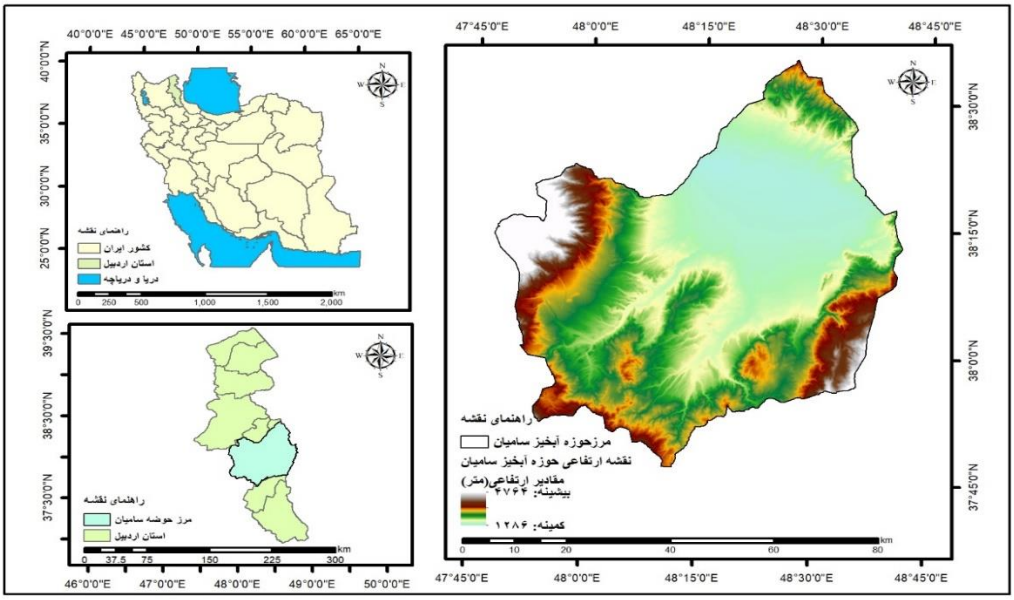
۱. قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

حوزه آبخیز سامیان با مساحت تقریبا ۳۹۹۴ کیلومتر مربع در استان اردبیل واقع شده است. این ناحیه حدودا ۲۴ درصد از کل سطح استان اردبیل را شامل می شود. مختصات محدوده جغرافیایی بین ۴۲′ ۴۷° تا ۲۸′ ۴۸° طول شرقی و ۴۰′ ۳۷° تا ۲۰′ ۳۸° عرض شمالی واقع شده است. قسمت های شرقی و غربی این حوزه آبخیز دارای بیشترین شیب هستند. همچنین حوزه آبخیز سامیان بخشی از جنگل فندقلو را در بر می گیرد (حزباوی و علائی،۱۴۰۳). این منطقه شامل شهرستان های، اردبیل ،نیر نمین و سرعین می باشد. حداکثر ارتفاع این منطقه حدود ۴۷۶۴ متر و ارتفاع متوسط آن ۰۷/۱۷۴۳ متر از سطح دریای است. غالب ترین نوع آب وهوا در این ناحیه نیمه خشک بوده و پس از آن اقلیم مدیترانه ای قرار دارد. همچنین بیشترین سطوح زمین های زراعی کشاورزی دیم و آبی نیز در این دو نوع اقلیم قابل مشاهده است (ایزدی فرد و همکاران، ۱۴۰۳). براساس بررسی های انجام شده بر روی میانگین وزنی داده های دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۶۸ ، آبخیز سامیان به طور میانگین دارای بارش و دمای به ترتیب معادل با ۳۱۲/۲۵ میلی متر و ۸/۲ درجه سانتی گراد است (مرادزاده،۱۴۰۳). این حوزه آبخیز دارای سه رودخانه اصلی است. رودخانه بالیخلوچای از بارش ها، باران ذوب برف ها و چشمه های موجود در دامنه سبلان شروع میشود. این رودخانه پس از گذر از مرکز شهر اردبیل در نزدیکی روستای انزاب پایین و نزدیک به سامیان به رودخانه قره سو ملحق می شود.شایان به ذکر است که سرشاخه های اصلی

[1] - Hounkpè
[2] - Avand
[3] - Xu
[4] - Estelaji
[5] - Hamers
[6] - Murphy

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

این رودخانه شامل رودخانه های ،بالیخلوچای ، قره سو و سقز چای هستند که در سمت شمال غربی حرکت کرده و پس از عبور از دشت اردبیل از حوزه خارج شده و در ناحیه شهرستان اصلاندوز به رود ارس میریزد (نظامی، ۱۴۰۲).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه (حوضه آبخیز سامیان) در استان اردبیل

۲. داده‌ها و روش کار

داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل نقشه بافت خاک با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ اخذ شده از سازمان منابع طبیعی و آبخیز داری کشور ، نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰، مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر SRTM این داده از سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) دریافت گردید، به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی برای سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ از ترکیب داده های سنجش از دور چند منبعی لندست ۸-۹، سنتینل-۲، داده های رقومی ارتفاعی (DEM)، محصولات GHSL، Dynamic World در محیط گوگل ارث انجین استفاده شد. نرم افزار های مورد استفاده جهت پردازش ، تحلیل و تولید نقشه های مورد نیاز شامل Excel, ArcMap10.5, Google Earth Engine.

۲-۱. تهیه نقشه کاربری اراضی

برای استخراج ویژگی های طیفی ، تصاویر لندست۸-۹، سنتینل-۲ به صورت سطح بازتاب سطحی[1] ازگوگل ارث انجین فراخوانی شدند. به‌منظور کاهش تأثیرات پوشش ابر و تغییرات فصلی، بازه زمانی تابستان (خردادماه) انتخاب شد که در آن بیشترین تنوع طیفی بین کلاس‌های کاربری قابل مشاهده است.تصاویر انتخاب‌شده پس از ماسک‌کردن ابر و سایه ابر میانگین‌گیری شده و شاخص‌های طیفی مختلف از جمله شاخص پوشش گیاهی (NDVI) شاخص مناطق ساخته‌شده (NDBI) و شاخص آب (MNDWI) برای هر سال محاسبه و به داده‌های پایه افزوده شدند. همچنین از مدل رقومی ارتفاع (DEM) برای استخراج شیب استفاده شده و به‌عنوان یک متغیر جغرافیایی در طبقه‌بندی لحاظ گردید. انتخاب شاخص های طیفی براساس توانایی آنها در تفکیک کلاس های کاربری انجام شد. به عنوان نمونه NDVI برای شناسایی پوشش گیاهی NDBI برای تفکیک مناطق ساخته شده و MNDWI برای آشکارسازی پهنه های آبی به کارگرفته شدند. استفاده از DEM نیز به دلیل نقش توپوگرافی در الگوی کاربری اراضی انتخاب شد. ترکیب این شاخص ها دقت طبقه بندی را بهبود بخشید. برای استخراج نمونه های آموزشی از محصول Dynamic World که شامل طبقه‌بندی اولیه به ۹ کلاس کاربری با دقت مکانی ۱۰ متر است (منبع:پلتفرم گوگل ارث انجین)

[1] - Surface Reflectance

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

که این داده‌ها پس از تلفیق با لایه‌های مسکونی استخراج‌شده از داده‌های لایه جهانی سکونتگاه‌های انسانی (GHSL[1]) برای سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ به‌عنوان نقشه پایه برای نمونه‌برداری آموزشی مورد استفاده قرار گرفتند. کلاس مسکونی به‌صورت مجزا و بر اساس مقادیر بالای تراکم سکونت در داده‌های GHSL شناسایی و به‌عنوان یک کلاس مجزا به نقشه پایه افزوده شد. سپس طبقه بندی با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم گیر (CART) انجام گرفت. در نهایت هشت کلاس کاربری اراضی شامل: مسکونی، مناطق آبی، کشاورزی آبی، دیم، مراتع متراکم و نیمه متراکم، جنگل و برف استخراج شده اند. برای اعتبار سنجی نتایج از مجموعه مستقل از نمونه ها به عنوان داده های تست استفاده شد. دقت مدل با استفاده از ماتریس خطا دقت کلی [2]و ضریب کاپا [3]مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۱-۱. الگوریتم درخت تصمیم گیر (CART)

CART یک درخت طبقه‌بندی تصمیم‌گیری دودویی است که توسط بریمان[4] و همکاران (۱۹۸۴) توسعه یافته و امکان تصمیم‌گیری ساده در سناریوهای منطقی (اگر–آنگاه) را فراهم می‌کند. CART به صورت بازگشتی با تقسیم گره‌ها تا رسیدن به گره‌های پایانی، بر اساس یک آستانه از پیش تعریف شده، عمل می‌کند. در این روش، داده‌های ورودی به مجموعه‌های گروهی تقسیم می‌شوند و درخت‌ها با استفاده از تمام گروه ها به جز یکی از آنها ساخته می‌شوند. سپس از گروه کنار گذاشته‌شده برای اعتبارسنجی درخت استفاده می‌گردد و در نهایت، درخت ساده‌تری که کمترین انحراف را دارد، انتخاب می‌شود. CART به شدت به اندازه نمونه مورد استفاده در هر کلاس وابسته است. اثربخشی CART به ویژه توسط داده‌های با ابعاد بالا که منجر به معماری‌های پیچیده درخت می‌شوند مختل می‌شود (لوکیکا[5] و همکاران، ۲۰۲۱).

الگوریتم CART به دلیل توانایی بالای خود در مدیریت قواعد تصمیم گیری پیچیده وتعاملات غیرخطی به عنوان روش طبقه بندی کاربری اراضی در این پژوهش انتخاب شد (عبدالسمیع و همکاران، ۲۰۲۴). این الگوریتم قابلیت استفاده برای تحلیل های رگرسیونی و طبقه بندی را همزمان داراست و رویکرد حریصانه و از بالا به پایین برای ایجاد درخت تصمیم دارد. یکی از ویژگی های مهم CART قابل فهم بودن آن است. به گونه ای که حتی افراد فاقد دانش نیز میتوانند به سادگی نتایج آنرا تفسیر کنند (سریواستاوا و همکاران، ۲۰۲۲). به دلیل سادگی تفسیر، سرعت اجرای بالا و دقت مناسب در طبقه بندی تصاویر، CART گزینه ای مناسب برای کاربرد در سامانه گوگل ارث انجین و تحلیل کاربری اراضی این پژوهش شناخته شد (اوما و همکاران، ۲۰۲۲).

۲-۲. پهنه بندی خطر وقوع سیل

۲-۲-۱. مدل توسعه یافته سیلاب ناگهانی (MFFPI)

برای پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در حوضه آبخیز سامیان، از مدل توسعه‌یافته سیلاب ناگهانی (MFFPI) استفاده شد. مدل توسعه یافته سیلاب ناگهانی که برای شناسایی مناطقی که دارای پتانسیل سیلاب های ناگهانی در ایالت متحده هستند ، توسط اسمیت توسعه یافته و از آن زمان با موفقیت در مکان های مختلفی نظیر کلرادو، نیویورک و پنسیلوانیا به کارگرفته شده است.انتخاب مدل توسعه یافته سیلاب ناگهانی (MFFPI) در این پژوهش برپایه مجموعه ای ملاحضات علمی و کاربردی صورت گرفته است. در سال های اخیر افزایش تعداد و شدت رخدادهای سیلاب ناگهانی ضرورت بهره گیری از رویکرد های نوین برای ارزیابی و پهنه بندی خطر را آشکار ساخته است. در این میان مدل MFFPI به عنوان روشی جدید و کارآمد توانسته است در تحلیل خطر سیلاب ناگهانی نتایج مطلوبی را ارائه دهد (مددی و همکاران، ۱۴۰۴). از آنجایی که سیلاب های ناگهانی ماهیت پیچیده داشته و پیشبینی آنها دشوار است به ویژه به دلیل تاثیر چشمگیر عوامل فیزیوگرافی حوضه، استفاده از مدلی که مستقیما این عوامل را در محاسبات دخالت دهد اهمیت زیادی دارد. MFFPI با اتکا برشاخص های فیزیوگرافی نظیر شیب، کاربری اراضی و ویژگی های خاک، قابلیت

[1] - Global Human Settlement Layer
[2] - Overall Accuracy
[3] - Kappa Coefficient
[4] - Breimane
[5] - Loukika

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

شناسایی و ارزیابی مناطق مستعد سیلاب را فراهم کرده و نقشه های پهنه بندی خطر را در اختیار مدیران و برنامه ریزان قرار میدهد. این ویژگی ها مدل را به ابزاری مناسب برای مدیریت پایدار منابع و حفاظت از جوامع انسانی تبدیل کرده است (پروین، ۱۳۹۸ و عابدینی و همکاران، ۱۴۰۳). افزون براین مبنای علمی مدل بر شاخص FFPI و مطالعات اسمیت (۲۰۰۳) استوار است که کارآمدی آن را در انعکاس شرایط واقعی سیلاب ها نشان داده اند. شواهد تجربی نیز حاکی از همبستگی بالای نتایج این مدل با رخداد های ثبت شده سیلابی در مناطق مختلف بوده و اعتبار علمی آن را تایید میکند (رسائی و همکاران، ۱۴۰۴). در مجموع انتخاب مدل MFFPI در این تحقیق به دلیل توانایی آن در درنظر گرفتن عوامل فیزیوگرافی، سازگاری با مشاهدات میدانی، امکان تولید نقشه های دقیق پهنه بندی خطر و پشتوانه علمی معتبر، رویکردی منطقی و ضروری محسوب میشود.

این مدل به ارزیابی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی با بهره گیری از شش پارامتر فیزیوگرافی و ضرایب مشخص می پردازد. این لایه‌ها شامل شیب زمین، تجمع جریان، کاربری اراضی، زمین‌شناسی، انحنا دامنه و بافت خاک هستند. هر یک از این عوامل بر اساس تأثیر خود در فرایند سیلاب و میزان حساسیت منطقه نسبت به وقوع سیل، وزن‌دهی شدند. وزن دهی لایه ها براساس مطالعات پیشین با توجه به جدول (۱) انجام شد. انتخاب پارامتر های مورد استفاده بر مبنای مبانی هیدرولوژیکی و تاثیر مستقیم آنها بر فرایند وقوع سیلاب انجام شد. شیب وانحنای دامنه بر سرعت و حجم رواناب اثرگذارند. تراکم جریان بازتابی از توانایی شبکه زهکشی در هدایت رواناب. بافت خاک و نفوذپذیری سنگ، ظرفیت نفوذپذیری و نگهداری آب در خاک نقش دارد. کاربری اراضی به ویژه شهرنشینی نقش مهمی در نفوذ آب، تمرکز جریان و نشت آب ایفا میکند (تینکو و همکاران، ۲۰۱۸).

جدول ۱. نحوه امتیاز دهی پارامتر های مدل MFFPI

پارامتر	وزن پارامتر	طبقه	وزن هر طبقه	امتیاز نهایی
شیب(درجه)	۳	۶۰-۱۰	۱	۳
		۱۰-۸	۲	۶
		۸-۶	۳	۹
		۶-۳	۴	۱۲
		۳-۰	۵	۱۵
تراکم جریان	۲/۵	۰-۱	۱	۲/۵
		۱-۲	۲	۵
		۲-۳	۳	۷/۵
		۳-۴	۴	۱۰
		۴-۵	۵	۱۲/۵
انحنا دامنه	۲	(-۱۸)-(-۴۹)	۱	۲
		(-۹)-(-۰/۵)	۲	۴
		(-۰/۵)-(-۰/۵)	۳	۶
		-۵/۵-۰/۱	۴	۸
		۵-۱/۲۳	۵	۱۰
بافت خاک	۱	ماسه-رس	۱	۱
		ماسه ای-لومی-رسی	۲	۲
		بافت های مختلف	۳	۳
		رسی	۴	۴
		رسی-سیلتی-مواد رس دار	۵	۵
نفوذپذیری سنگ	۱	نهشته آبرفتی	۱	۱
		سازندهای ماسه سنگ،کنگلومرا	۲	۲
		سازندهای مارنی	۳	۳
		سازندهای آهکی	۴	۴
		سنگ های آذرین	۵	۵
پوشش/کاربری زمین	۰/۵	جنگل	۱	۰/۵
		مراتع متراکم و نیمه متراکم	۲	۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

پارامتر	وزن پارامتر	طبقه	وزن هر طبقه	امتیاز نهایی
		زمین زراعی	۳	۱/۵
		مراتع کم تراکم	۴	۲
		سطوح آبی	۵	۲/۵

منبع: (مددی و همکاران، ۱۴۰۴)

ابتدا لایه های ورودی به صورت داده های رستری در نرم افزار ArcMap تهیه شد و به ۵ کلاس طبقه بندی شده اند. سپس هر یک از لایه ها با استفاده از ابزارRaster Calculator براساس اهمیت نسبی آنها در مدل MFFPI وزن دهی شده نهایتا لایه های وزن دهی شده مجددا با استفاده از دستور Raster Calculator جهت تولید نقشه های نهایی پهنه بندی خطر وقوع سیل هم پوشانی و ادغام شده اند. نتایج این مدل همسو با مطالعات مشابه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مدل MFFPI توانسته تغییرات فضایی و شدت خطر وقوع سیل را بطور موثر منعکس کند و امکان شناسایی مناطق با خطر بالا و خیلی بالا را برای مدیریت پیشگیرانه فراهم آورد. تحیلی مقایسه ای بین دو بازه زمانی نیز نشان داد که تغییرات کاربری اراضی و کاهش پوشش طبیعی افزایش مساحت پهنه های خطر زیاد و خیلی زیاد را در حوضه به دنبال داشته است. تحلیل و طبقه بندی حوضه آبخیز براساس مقادیر شاخص MFFPI به کلاس های مختلف خطر سیل امکان مدیریت بهتر و برنامه ریزی دقیق تر برای کاهش خطرات سیلاب را فراهم می آورد. این روش ترکیبی از تحلیل چندمعیاره و GIS است که با توجه به ویژگی‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و پوشش اراضی منطقه توانسته است نقشه‌ای دقیق و کاربردی از پهنه‌های خطر وقوع سیل ارائه دهد.

۲-۳. محدودیت ها وخطا های احتمالی(قابلیت تکرارپذیری)

با توجه به اینکه تمام داده ها، شاخص ها و نرم افزار های استفاده شده مشخص هستند این مطالعه قابلیت تکرارپذیری برای سایر پژوهشگران را فراهم میکند با این حال صحت نتایج به دقت و کیفیت داده های پایه وابسته است. باتوجه به روش به کاررفته در این پژوهش چندین منبع احتمالی خطا و محدودیت وجود دارد که باید در تحلیل و تفسیر نتایج در نظرگرفته شود.

۲-۳-۱. محدودیت داده های سنجش از دور

داده های کاربری اراضی: براساس محصولات Dynamic World وGHSL استخراج شده اند بنابراین دقت طبقه بندی محدود به صحت و دقت این محصولات پایه است. پوشش ابری : در حوضه مورد مطالعه حتی در فصل تابستان بسیار بالا است. با وجود اعمال ماسک ابر ۱۰درصد احتمال باقی ماندن نویز ناشی از ابر یا سایه ابر وجود دارد که میتواند محاسبه شاخص های طیفی و دقت طبقه بندی را کاهش دهد. مدل رقومی ارتفاعی: SRTM (DEM) با تفکیک مکانی ۳۰ متر در این مطالعه استفاده شده است اما در مطالعاتی که نیاز به دقت بالاتر در تحلیل شیب و سایر شاخص های فیزیوگرافی دارند استفاده ازDEM های بارزولوشن بالاتر مانند ۱۲ یا ۱۰ متر میتواند جزئیات توپوگرافی بیشتری ارائه دهد و دقت تحلیل ها را افزایش دهد.

۲-۳-۲. محدودیت الگوریتم طبقه بندی (CART)

باوجود مزایای CART این الگوریتم محدودیت هایی نیز دارد که باید در تحلیل نتایج مدنظر قرار گیرند. اصلی ترین محدودیت CART حساسیت بالای آن به داده های آموزشی است. تغییرات جزئی در داده های میتواند به نتایج متفاوت منجر شود و این وابستگی شدید به داده های آموزشی، ریسک خطا در پیشبینی را افزایش میدهد (عبدالسمیع و همکاران، ۲۰۲۴). علاوه براین CART مستعد بیش برازش است و ممکن است درخت هایی بیش از حد پیچیده تولید کند که توان تعمیم دهی به داده های جدید را کاهش میدهد. به همین دلیل در برخی مطالعات از روش های گروهی یا بازنمونه گیری برای کاهش بی ثباتی و افزایش پایداری میشود (اوما و همکاران، ۲۰۲۲).

۲-۳-۳. محدودیت مدل پهنه بندی خطر وقوع سیل (MFFPI)

مدل MFFPI اگرچه رویکردی کارآمد و مبتنی بر GIS برای پهنه بندی خطر سیلاب محسوب میشود، اما دارای محدودیت هایی است که باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرد. نخست آنکه این مدل بطور کامل به کفیت و مقیاس داده های ورودی وابسته است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

به گونه ای که وجود خطا در مدل رقومی ارتفاعی، نقشه خاک یا کاربری اراضی میتواند دقت خروجی مدل را بطور چشمگیری کاهش دهد. چون مدل اساسا بر پایه عوامل ثابت (توپوگرافی، کاربری اراضی ، خاک و ...) بوده و تغییرات اقلیمی یا رخداد بارش ها که مهم ترین عامل سیلاب ناگهانی هستند در نظرگرفته نمیشوند . برخلاف مدل های هیدرولوژیکی مثل HEC-HMS این مدل فرآیند بارش رواناب ، نفوذ و ذخیره رواناب را بصورت دینامیک شبیه سازی نمیکند. برای همین دقت برای برآورد شدت واقعی سیلاب کمتر است و بیشتر برای پهنه بندی نسبی به کارمیورد. علاوه بر داده های سنجش از دور و مدل های مورد استفاده برای اعتبارسنجی، پژوهشگران بازدید میدانی در منطقه انجام داده اند و شناخت دقیقی از ویژگی های محیطی و کاربری اراضی به دست آوردند. این بازدید ها به ویژه در تایید کلاس های مختلف کاربری اراضی و همچنین پهنه بندی خطر سیلاب بسیار موثر بوده و به تصدیق نهایی نتایج پرداخته شد. به این ترتیب نتایج به دست آمده با تایید پژوهشگران و شناخت میدانی آنها مطابقت دارد.

یافته‌های پژوهش

۱. تحلیل پارامترها

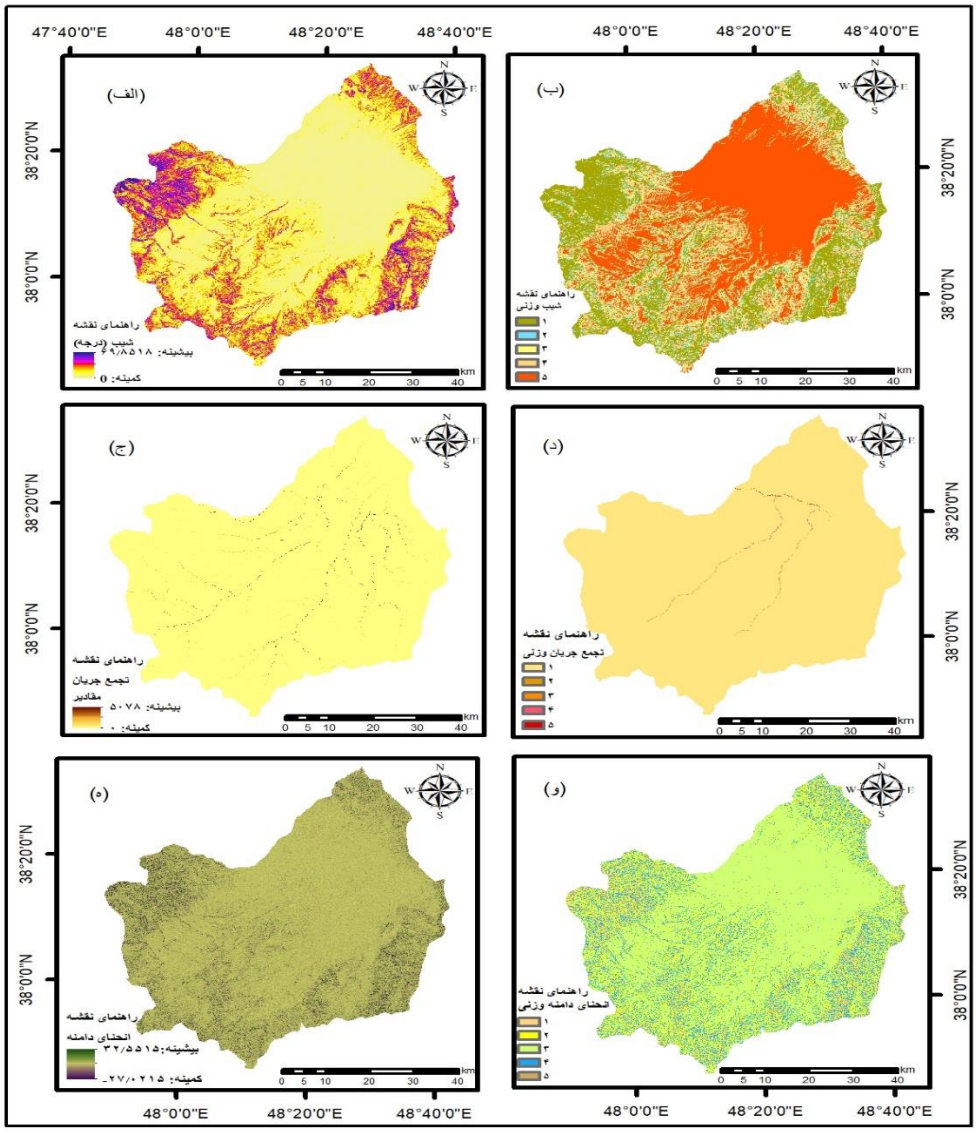
شیب: مناطق شیب دار به دلیل ویژگی و ظرفیت بالای خود در تولید رواناب نقش اساسی در شکل گیری سیلاب های ناگهانی ایفا می کنند. به عبارت دیگر نواحی هموار و مسطح به شدت تحت تاثیر این نوع سیلاب ها قرار دارند؛ به گونه ای که با کاهش شیب احتمال بروز سیلاب بیشتر می شود.از این رو جریان های سطحی در مناطق با شیب تند افزایش یافته و در نواحی صاف تجمع پیدا می کند (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۳). برای بررسی تاثیر پارامتر شیب در تولید سیلاب ناگهانی حوزه آبخیز سامیان از DEM ۳۰متری استر استفاده شد با توجه به جدول (۱) شیب منطقه به ۵ کلاس طبقه بندی شد. مناطقی که دارای شیب ۱۰ تا۶۰ هستند باعث افزایش سرعت رواناب شده و از تجمع آب در منطقه جلوگیری میکند بنا براین در کلاس ۱ قرار میگیرد و به ترتیب شیب های ۸تا۱۰درجه ، ۶تا۸ درجه، ۳تا۶ درجه با توجه به تاثیرشان در تولید رواناب در کلاس های ۲ ، ۳، ۴ قرار میگیرند. و در نواحی با شیب ۰ تا ۳ درجه به دلیل تجمع آب بیشترین امتیاز (۵) را شامل می شود. شکل ۲ (الف، ب) به ترتیب نقشه شیب و نقشه وزنی شیب رانشان می دهد.

تجمع جریان: تجمع جریان، نحوه تجمع آب در هر سلول از سطوح مجاور را مشخص می‌کند، سلول‌هایی که ذخیره بالایی دارند معمولاً کانال‌ها و شبکه رودخانه هستند که به دلیل تجمع آب نقش مهمی در ایجاد سیلاب دارند (تینکو[1] و همکاران، ۲۰۱۸). برای استخراج تجمع جریان ابتدا نقشه جهت جریان با استفاده از لایه DEM حوضه استخراج شد و سپس نقشه تجمع جریان به دست آمده با توجه به جدول (۱) به ۵ کلاس طبقه بندی شدبا توجه به این طبقه بندی آبراهه های فرعی کمترین رتبه (۱) و آبراهه های اصلی با توجه به این که آب بیشتری در خود جای می دهند بیشترین امتیاز (۵) را شامل می شوند. شکل۲ (ج،د) نقشه تجمع جریان و نقشه وزنی تجمع جریان را نشان می دهد.

انحنا دامنه: نیمرخ انحنا ویژگی های اجزای خط الراس و خط القعر را تعیین می کند. تغییرات انحنای دامنه به صورت مثبت و منفی است که به نشان دهنده مقعر و محدب بودن دامنه است. در مناطق محدب، سرعت جریان آب افزایش می یابد که این موضوع منجر به کاهش تجمع آب و بروز سیلاب می شود. اما در نقاط مقعر سرعت جریان آب کاهش یافته و به همین دلیل تجمع آب و نفوذ آن به خاک تسهیل می شود و این امر احتمال بروز سیل را کاهش می دهد (رسائی و همکاران، ۱۴۰۴). نقشه انحنا دامنه حوضه نیز از طریق لایه DEM به دست آمده است. با توجه به شکل۲ (ه) انحنا دامنه در این حوضه بین ۲۷- تا ۳۲ است. با استفاده از جدول (۱) لایه انحنای دامنه در ۵ کلاس طبقه بندی شد کلاس هایی که مقادیر منفی داشتند در طبقات ۱و۲ و کلاس هایی که مقادیر مثبت داشتند در طبقات ۴و ۵ قرار گرفتند (شکل ۲).

[1] - Tincu

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]



شکل ۲. الف) نقشه شیب؛ب) نقشه وزن دارشیب؛ج) نقشه تجمع جریان؛د) نقشه وزنی تجمع جریان؛ه) نقشه انحنای دامنه؛و) نقشه وزنی انحنای دامنه

خاک: بر اساس بافت فیزیکی دانه‌های خاک، طبقه‌بندی بافت خاک به منظور تشخیص خواص خاک مربوط به مقاومت در برابر فرسایش خاک، نگهداری آب و ظرفیت تولید توسعه داده شد. خاک می‌تواند بسته به مواد مادری، توپوگرافی، موجودات زنده (از جمله انسان)، آب و هوا و زمان، لومی، کم‌عمق، خشک یا رسی باشد (پاتل [1] و همکاران، ۲۰۲۱). بررسی بافت خاک این حوضه نشان می‌دهد که تنوع قابل‌توجهی از خاک‌ها در منطقه وجود دارد که هر یک رفتار متفاوتی در جذب یا هدایت رواناب دارند. بر اساس نقشه‌های خاک‌شناسی تهیه‌شده از سوی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان اردبیل خاک‌های منطقه به چهار گروه اصلی تقسیم شده‌اند که با استفاده از جدول (۱) برای هر طبقه با توجه به میزان نفوذپذیری و میزان نقشی که در ایجاد سیل دارند امتیاز بین ۱تا ۴ اختصاص یافت. به‌طوری که خاک‌هایی با نفوذپذیری پایین به دلیل اینکه آب کمتری جذب می کند باعث افزایش روان آب و سیل می شود بنابراین امتیاز بالاتری دریافت کرده‌اند. در مقابل خاک هایی که نفوذپذیری بالا با جذب و نهگداشت آب باعث کاهش رواناب سطحی می شود به همین دلیل امتیاز کمتری دریافت کرده اند. این امتیازدهی کمک می‌کند تا خطر سیلاب در

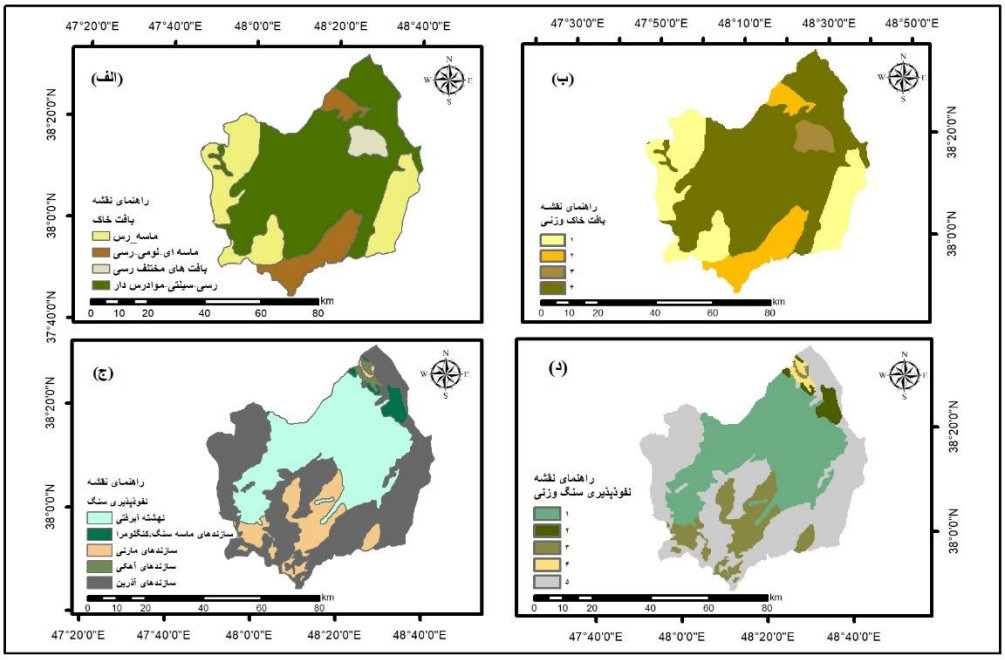
[1] - Patel

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

نواحی مختلف حوضه با دقت بیشتری ارزیابی شده و در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب و اقدامات آبخیزداری مورد توجه قرار گیرد. شکل۳ (الف، ب) به ترتیب نقشه بافت خاک و نقشه بافت خاک وزنی رانشان می دهد.

زمین شناسی: ویژگی های زمین شناسی حوضه آبخیز سامیان متنوع بوده و شامل واحد های مختلفی از سنگ های رسوبی، آذرین و آبرفتی است که هر یک تاثیر خواصی بر ویژگی های نفوذپذیری خاک و در نتیجه بر رفتارهیدرولوژیکی و وقوع سیلاب دارند. در این پژوهش با استفاده از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ منطقه به ۵ گروه اصلی طبقه بندی شده اند که هر گروه بیان کننده ویژگی خاصی از نظر نفوذپذیری و نقش آن در مدلسازی سیلاب ناگهانی دارد. هر گروه با توجه به میزان تاثیر در افزایش سیلاب وزن مخصوصی راشامل شده اند. ترکیب متنوع سنگ‌شناسی منطقه موجب ایجاد تفاوت‌های قابل‌توجه در الگوهای رواناب سطحی و پتانسیل سیلاب شده است. نقشه زمین‌شناسی وزن‌دار تهیه‌شده در این تحقیق، بر پایه همین طبقه‌بندی بوده و در تحلیل فضایی مدل MFFPI کاربرد داشته است. شکل۳ (ج، د) به ترتیب نقشه نفوذپذیری سنگ و نقشه نفوذپذیری وزنی سنگ رانشان می دهد.

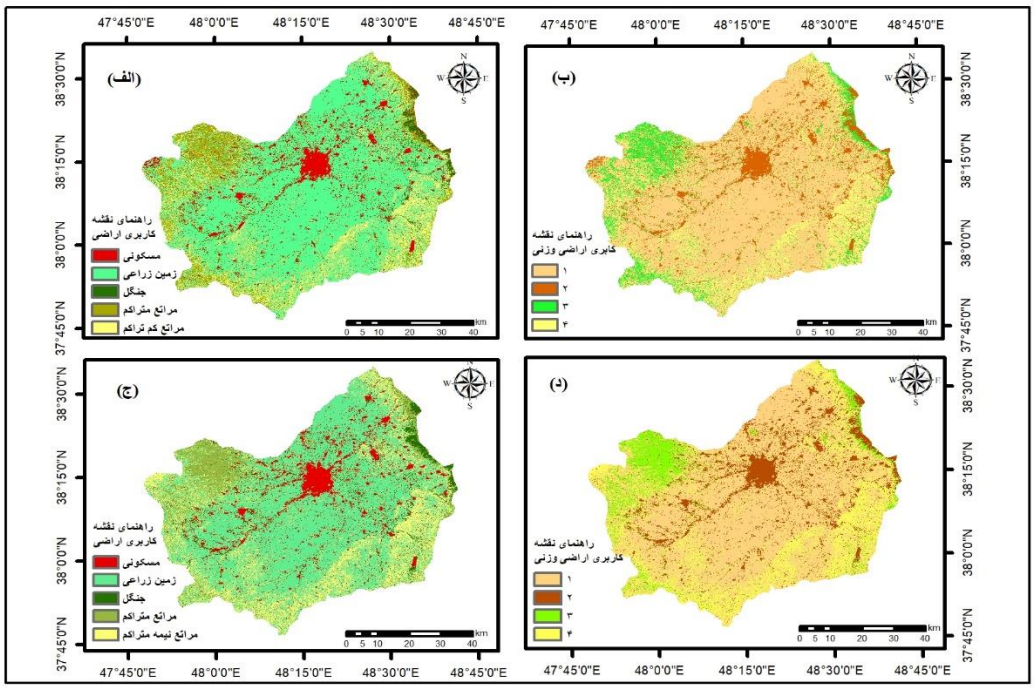
کاربری اراضی: برای تهیه نقشه LULC با کیفیت بالا درک خوبی از منطقه مورد مطالعه و تکنیک‌های ارزیابی مورد نیاز است. چنین نقشه LULC برای تعیین تغییرات در هیدرولوژی حوضه آبخیز بسیار مفید است. LULC حوضه آبخیز برای تولید نقشه پتانسیل سیل و خطر سیل مورد نیاز است که نقش مهمی در کاهش خطر سیل و مدیریت ریسک سیل ایفا می‌کند (تالور[1] و همکاران، ۲۰۲۴). در این بخش نقشه کاربری اراضی حوضه برای استفاده در مدل MFFPI به ۵ کلاس اصلی شامل: مناطق مسکونی، زمین های زراعی، جنگل،مراتع متراکم و مراتع کم تراکم طبقه بندی شد. طبق لایه ی خروجی شکل (۴) نشان می دهد که در دوره زمانی مورد مطالعه ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ کلاس های زمین زراعی و مراتع کم تراکم بیشترین درصد مساحت حوضه را شامل می شود و در مقابل کلاس جنگل کمترین مساحت حوزه را دربرمی گیرد و همینطور به ترتیب کلاس های مراتع متراکم و مسکونی کمترین مساحت را شامل میشوند. طبق جدول (۱) به هر یک از این کلاس های کاربری با توجه به تاثیری که بر وقوع سیلاب دارند وزن مخصوصی اختصاص داده شد.



شکل ۳. الف) نقشه بافت خاک؛ب) نقشه وزنی بافت خاک؛ج) نقشه نفوذپذیری سنگ؛د) نقشه وزنی نفوذپذیری سنگ

[1] - Taloor

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]



شکل ۴. الف) نقشه کاربری اراضی۲۰۱۵؛ب) نقشه وزنی کاربری اراضی۲۰۱۵؛ج) نقشه کاربری اراضی۲۰۲۴؛د) نقشه وزنی کاربری اراضی۲۰۲۴

در این پژوهش نقشه های کاربری اراضی برای سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم گیر و همچنین نقشه های پهنه بندی خطر وقوع سیل با مدل MFFPI برای سال های مورد مطالعه تهیه شد. با تحلیل تغییرات مساحت کلاس های کاربری اراضی و پهنه بندی خطر سیل، تاثیرات تغییر کاربری اراضی بر پهنه بندی سیل بررسی شد.

۲. تغییرات کاربری اراضی

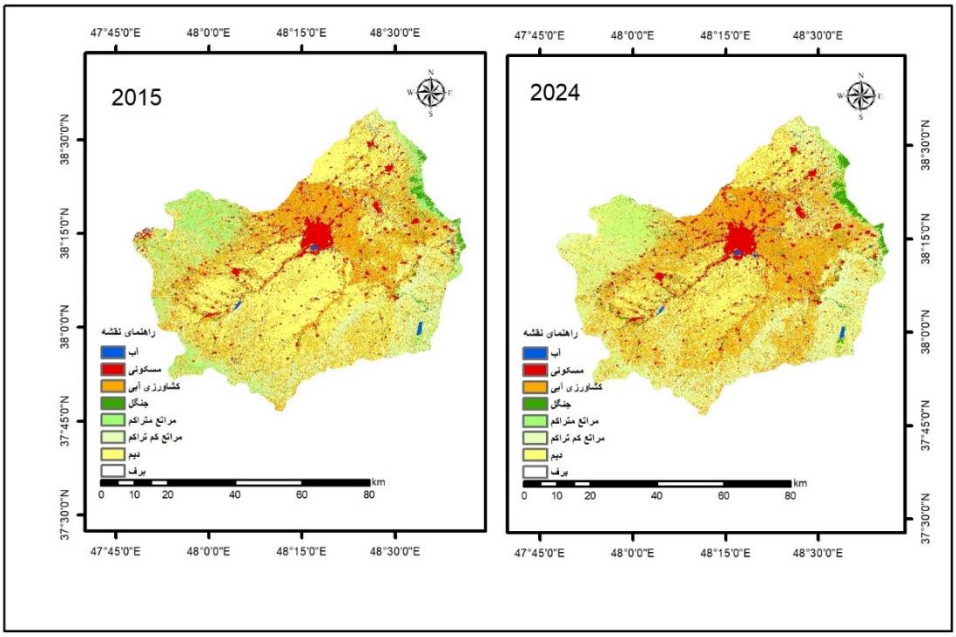
براساس نتایج به دست آمده جدول (۲) و شکل (۵) برخی از کلاس های کاربری اراضی در دوره زمانی مورد مطالعه ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ تغییرات قابل توجهی داشته اند. مساحت کلاس های کشاورزی آبی ۱۸/۴۷ درصد کلاس جنگل ۳۶/۰۹ درصد مسکونی ۹/۳۸ درصد و مساحت مراتع کم تراکم ۲۵/۸۵ درصد افزایش یافته و در مقابل مساحت کلاس های مراتع متراکم ۹/۱۴ درصد، کشت دیم ۲۵/۲۱ درصد، آب ۸/۲۴ درصد کاهش یافته است .همچنین مساحت کلاس برف با ۹۸/۶۱ درصد کاهش چشمگیری را نشان می دهد. گسترش مساحت کشاورزی آبی می تواند به دلیل توسعه زیرساخت های آبیاری یا تغییر کاربری زمین های دیم به آبی مربوط باشد. افزایش مناطق مسکونی را نیز می تواند به گسترش شهری و روستایی نسبت داد.همینطور گسترش باغات می تواند به دلیل گسترش پروژه های جنگل کاری یا طبقه بندی اشتباه در نواحی مراتع متراکم مربوط باشد. مراتع کم تراکم نیز در نتیجه تخریب پوشش متراکم به پوشش کم تراکم افزایش یافته است. در مقابل کاهش شدید کلاس برف با ۹۸/۸۹- درصد نشان دهنده یک روند بحرانی در از بین رفتن پوشش برفی است. مساحت زمین های دیم نیز با تبدیل به زمین های کشاورزی آبی وسایر کاربری ها کاهش یافته است. آب نیز با کاهش ۸/۲۴ درصدی افت سطح آب ها را نشان می دهد. نتایج حاصل از این تحقیق در زمینه کاهش مساحت اراضی مرتع و افزایش کاربری مسکونی و کشاورزی آبی با یافته های راثی‌نظامی و همکاران (۱۴۰۲) در حوضه آبخیز سامیان هم راستا است.

جدول ۲. تغییرات مساحت کلاس های کاربری اراضی (۲۰۲۴-۲۰۱۵) به کیلومترمربع

کلاس	۲۰۱۵	۲۰۲۴	درصد تغییر	نوع تغییر
آب	۳۱/۹۹	۲۹/۳۶	-۸/۲۴	کاهشی
مسکونی	۳۰۲/۱۷	۳۳۰/۵۱	۹/۳۸	افزایش

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

کلاس	۲۰۱۵	۲۰۲۴	درصد تغییر	نوع تغییر
کشاورزی آبی	۱۰۶۲/۲۲	۱۲۵۸/۴۶	۱۸/۴۷	افزایش
جنگل	۹۱/۹۳	۱۲۵/۱	۳۶/۰۹	افزایش
مراتع متراکم	۳۷۹/۰۲	۳۴۴/۴۲	-۹/۱۴	کاهش
مراتع کم تراکم	۶۳۹/۶	۸۰۴/۷۸	۲۵/۸۵	افزایش
دیم	۱۴۷۱/۲۹	۱۱۰۰/۵۱	-۲۵/۲۱	کاهش زیاد
برف	۱۵/۹۷	۰/۲۲	-۹۸/۶۱	کاهش شدید



شکل ۵. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی حوزه آبخیزسامیان

۳. پهنه بندی تغییرات خطر وقوع سیل

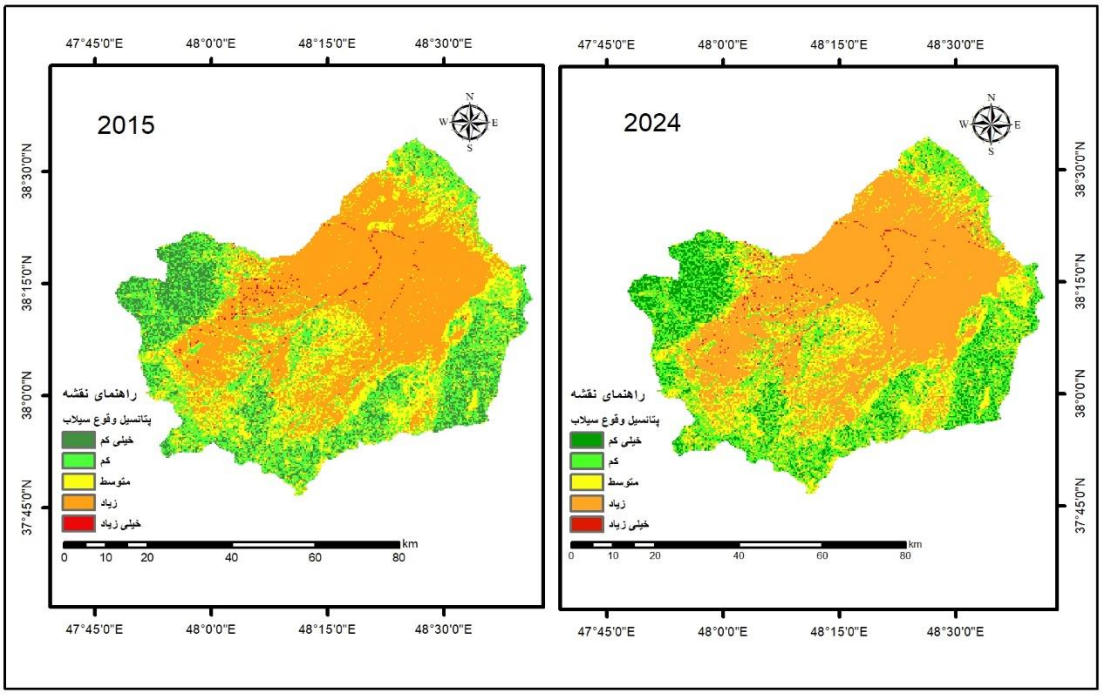
مطابق با (جدول۳) نتایج به دست آمده از پهنه بندی خطر وقوع سیل و با توجه به شکل (۶) مساحت کلاس های با خطر خیلی کم، کم و متوسط کاهش یافته است درحالی که کلاس های باخطر خیلی زیاد و زیاد افزایش مساحت را نشان می دهند.این تغییرات حاکی از افزایش مناطق با خطر بالای وقوع سیل در حوزه آبخیز سامیان طی دوره مورد مطالعه است. مساحت مناطق با خطر خیلی زیاد از ۱۷/۳۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۵ به ۲۳/۹۳ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۴ افزایش یافته که برابر با رشد ۳۸ درصدی است. پهنه های با خطر زیاد نیز با افزایش ۸/۵۶ درصدی از ۱۷۰۵/۹۱ به ۱۸۵۱/۷۹ کیلومتر مربع رشد قابل توجهی داشته، در مقابل مناطق با خطرسیل خیلی کم ، کم و متوسط به ترتیب با ۸/۲۲-، ۹/۹۵- ، ۳/۰۹- درصد کاهش یافته اند. این امر میتواند نشان دهنده تغییر شرایط فیزیکی و انسانی در حوضه آبخیز سامیان باشد. تحلیلی مکانی این تغییرات نشان می دهد که افزایش خطر در نواحی مسکونی و اطراف اراضی کشاورزی آبی و کم تراکم متمرکز شده این مناطق عمدتا دارای شیب کمتر و تمرکز رواناب بیشتر هستند که به دلیل افزایش نفوذناپذیری سطح مثل گسترش بافت شهری و کشاورزی آبی مستعد خطر پذیری بالای سیل شده اند.

جدول ۳. تغییرات مساحت کلاس های پهنه بندی خطر وقوع سیل (۲۰۲۴-۲۰۱۵) به کیلومتر مربع

کلاس خطر سیل	۲۰۲۵	۲۰۲۴	درصد تغییر	نوع تغییر
خیلی کم	۴۱۳/۵۵	۳۷۹/۵۵	-۸/۲۲	کاهش
کم	۹۰۶/۰۴	۸۱۵/۸۶	-۹/۹۵	کاهش
متوسط	۹۱۵/۵۴	۸۸۷/۲۸	-۳/۰۹	کاهش
زیاد	۱۷۰۵/۹۱	۱۸۵۱/۷۹	۸/۵۶	افزایش

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

کلاس خطر سیل	۲۰۲۵	۲۰۲۴	درصد تغییر	نوع تغییر
خیلی زیاد	۱۷/۳۴	۲۳/۹۳	۳۸	افزایش



شکل ۶. نقشه پهنه بندی خطر وقوع سیل در حوزه آبخیزسامیان

۴. تحلیل نتایج همبستگی و رگرسیون

برای بررسی تاثیر عوامل محیطی و تغییرات کاربری اراضی برخطر وقوع سیل از مدل رگرسیون چندمتغیره و همچنین برای بررسی همبستگی بین متغییرهای مستقل و وابسته از روش همبستگی پیرسون استفاده گردید. براساس نتایج تحلیل همبستگی (شکل ۷) مشخص شد که بین همه متغییر های محیطی مورد بررسی با پتانسیل وقوع سیل رابطه معنی داری وجود دارد. متغییرهایی مانند: نفوذپذیری سنگ و شیب رابطه منفی با خطر سیل دارند به این معنا که افزایش نفوذپذیری سنگ و شیب باعث کاهش خطر سیلاب میشود. در مقابل متغییر هایی مثل بافت خاک ، انحنای دامنه و کاربری اراضی رابطه مثبت با خطر سیل دارند که نشان دهنده نقش افزایش نفوذناپذیری سطح وتغییرات کاربری اراضی در افزایش رواناب سطحی است که با یافته های رضایی مقدم و همکاران (۱۴۰۲) همراستا است.

تحلیل رگرسیون چندمتغیره (شکل ۸) نیز نتایج مشابهی را تایید میکند. ضریب R^2 مدل برای سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ به ترتیب ۰/۶۸۶ و ۰/۶۷۷ بوده است که نشان دهنده قدرت توضیح بالای مدل در پیش بینی خطر سیل میباشد. ظرایب رگرسیون نشان میدهد که تغییرات کاربری اراضی و خاک بیشترین اثر مثبت بر خطر سیل را دارند در حالی که نفوذپذیری سنگ و شیب بیشترین اثر کاهش دهنده خطر را دارند. همچنین مقدار P-value برای تمام متغیر ها کمتر از ۰/۰۵ بوده است که نشان دهنده معناداری آماری بالای روابط بین متغییر های مستقل و خطر سیل است. این نتایج تاکید میکند که تغییرات کاربری اراضی و ویژگی های توپوگرافی و خاک در حوضه آبخیز سامیان بطور قابل توجهی بر پراکنش و شدت خطر وقوع سیل تاثیر دارند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

شکل ۷. همبستگی متغیرهای محیطی با خطر وقوع سیل

شکل ۸. ضرایب رگرسیون متغیرهای محیطی بر خطر وقوع سیل

۵. اعتبارسنجی مدل طبقه بندی کاربری اراضی

با توجه به جدول (۴) ارزیابی دقت مدل با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم گیر (CART) که به عنوان الگوریتم یادگیری ماشین جهت طبقه بندی کاربری اراضی مورد قرار گرفت. نتایج نشان می دهد که دقت کلی و و ضریب کاپا برای سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ به ترتیب ۰/۹۸، ۰/۹۹ درصد حاصل شده که بیانگر عملکرد بسیار خوب مدل در استخراج کاربری اراضی می باشد.

جدول ۴. نتایج دقت کلی و ضریب کاپا طبقه بندی کاربری اراضی

سال	دقت کلی	ضریب کاپا
۲۰۱۵	۰/۹۸	۰/۹۸
۲۰۲۴	۰/۹۹	۰/۹۹

۵-۱. بررسی عدم قطعیت نتایج (Uncertainty)

با توجه به دقت بسیار بالای طبقه بندی کاربری اراضی (صحت کلی ۰/۹۸-۰/۹۹ و ضریب کاپا ۰/۹۸-۰/۹۹). اعتبار نتایج در این بخش قابل اطمینان ارزیابی میشود. علاوه براین داده های ورودی پژوهش نیز از منابع معتبر و شناخته شده تهیه شده اند بطور مثال داده هایی که از طریق موتور پردازش قدرتمند گوگل ارث انجین استخراج گردیده و داده های مدل رقومی ارتفاعی DEM از پایگاه های معتبر جهانی دریافت شده اند. بدین ترتیب خطای ناشی از کیفیت داده ها حداقل ممکن است. از طرفی دیگر در این

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

پژوهش از پروداکت آماده و معتبر(Dynamic World و GHSL) جهت نمونه برداری استفاده شده که دقت بالایی دارند این امر باعث کاهش خطای ناشی از نمونه برداری دستی میشود. بنابراین باترکیب داده هایی که دارای دقت بالایی هستند و همچنین مدل MFFPI نتایج تحقیق با دقت بسیار بالایی قابل قبول است. ضمن اینکه پژوهشگران با پایش مطالعات میدانی نیز به دقت قابل اعتماد روش در پهنه بندی پی برده اند.

بحث

بررسی نتایج به دست آمده از نقشه کاربری اراضی و پهنه بندی خطر وقوع سیل در دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ نشان دهنده تغییرات چشمگیر در الگوهای کاربری اراضی و تاثیر آن بر توزیع مکانی خطر سیلاب است.

۱. نقش تغییرات کاربری اراضی در افزایش خطر سیلاب

مقایسه مساحت کلاس های کاربری اراضی بین سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ باتوجه به جدول (۲) نشان دهنده گسترش مناطق کشاورزی آبی، جنگل، مراتع کم تراکم و مناطق مسکونی است. به خصوص افزایش ۱۸/۴۷ درصدی کشاورزی آبی و ۹/۳۸ درصدی سکونتگاه های انسانی به معنای افزایش سطوح نفوذناپذیر، حذف پوشش گیاهی طبیعی و افزایش رواناب سطحی است.در مقابل کاهش ۲۵/۲۱ درصدی اراضی دیم و ۹/۱۴ درصدی مراتع متراکم منجر به تضعیف ظرفیت ذخیره سازی آب در خاک و کاهش نفوذپذیری شده است. این تغییرات در کاربری اراضی منجر به افزایش مناطق مستعد خطر بالا در نقشه های پهنه بندی خطرپذیری سیلاب شده است. کاهش شدید اراضی دیم و جایگزینی آن با کشاورزی آبی و کاربری های مسکونی به معنای افزایش سطوح نفوذپذیری پایین تر است که منجر به افزایش رواناب سطحی شده و در نهایت خطر سیل را در حوضه افزایش می دهد. افزایش کاربری جنگل از دید اکولوژیکی مثبت تلقی می شود ولی به دلیل گسترش محدود آن از ۹۱/۹۳ به ۱۲۵/۱ کیلومترمربع تاثیر آن در کاهش خطر سیل کمتر است. همینطور کاهش قابل توجه پوشش برف در منطقه نیز به عنوان یکی از شاخص های تغییر آب و هوا در منطقه تلقی می شود که باعث افزایش رواناب در فصل ذوب برف میتواند اثر زیادی در افزایش وقوع سیلاب داشته باشد. همانطور که در جدول (۳) دیده میشود پهنه های با خطرپذیری زیاد و خیلی زیاد به ترتیب ۸/۵۶ درصد و ۳۸ درصد افزایش داشته است. این افزایش معنی دار به ویژه در حاشیه زمین های کشاورزی و مناطق توسعه یافته شهری دیده می شود که با از بین رفتن پوشش طبیعی، پتانسیل رواناب را افزایش می دهد. مطالعات پیشین نیز یافته های این تحقیق را تایید می کنند. برای مثال: راثی نظامی و همکاران (۱۴۰۲) کاهش ۹/۷۵ درصد در مراتع، افزایش ۸/۴۵ درصد در کشاورزی آبی و افزایش ۱/۴۲ درصد در سکونتگاه ها را در بازه زمانی ۱۹۹۲–۲۰۱۶ گزارش کرده اند که منجر به افزایش ضریب رواناب سطحی شده است. همچنین ایزدی فرد و همکاران (۱۴۰۲) رابطه معنی داری بین تغییر کاربری اراضی و افزایش ضریب رواناب سطحی در حوزه سامیان یافته اند.که نشان دهنده افزایش احتمال وقوع سیلاب است. این نتایج هم راستا با الگوی افزایش پهنه‌های پرخطر در این پژوهش است.

۲. همپوشانی تغییرات کاربری اراضی با نواحی پرخطر

نتایج نشان می دهد که مناطقی که بیشترین تغییر کاربری را تجربه کرده اند عمدتا در کلاس های زیاد و خیلی زیاد خطر پذیری سیل در سال ۲۰۲۴ قرار گرفته اند. گسترش سکونتگاه ها در نواحی پایین دست و همجوار رودخانه ها، باعث تمرکز رواناب در این نواحی شده و نقشه های پهنه بندی این افزایش خطرناک سیل را به وضوح نشان داده اند. شکل (۶). مطالعه عزیزی و همکاران (۲۰۲۳) که آسیب پذیری سیل در ۲۶ حوزه آبخیز استان اردبیل تحلیل کرده اند، در این پژوهش حوزه سامیان را یکی از بالاترین کلاس های حساسیت نسبت به سیل معرفی کرده اند. این نتایج نشان می دهد که یافته های پژوهش حاضر نیز در راستای نتایج مطالعات پیشین بوده و تاکید می کند که تغییرات کاربری اراضی نقش قابل توجهی در افزایش خطرپذیری سیل در حوزه سامیان داشته است.دقت بالای و قابل اعتماد نتایج با توجه به جدول (۴) دقت کلی و ضریب کاپا ۰/۹۸ برای سال ۲۰۱۵ و ۰/۹۹ برای سال ۲۰۲۴ در طبقه بندی کاربری اراضی، میتوان اطمینان بالایی به صحت نتایج مدل داشت. همینطور مدل MFFPI با ترکیب

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

کردن لایه های مهم محیطی و انساتی قابلیت مناسبی برای تحلیل مکانی خطرسیلاب و پیش بینی اثرات آینده تغییرات کاربری را فراهم کرده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر پهنه بندی وقوع سیلاب ناگهانی در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ در حوضه آبخیز سامیان انجام شد. نتایج به دست آمده از بررسی نقشه های کاربری اراضی و پهنه بندی خطر سیل نشان می دهد که تغییرات قابل توجهی در مساحت کلاس های کاربری اراضی صورت گرفته و در نتیجه باعث افزایش چشمگیر در مساحت مناطق با خطر زیاد و خیلی زیاد وقوع سیل شده است. گسترش مساحت زمین های کشاورزی آبی ۱۸/۴۷درصد سکونتگاه های انسانی ۹/۳۸ درصد و مراتع کم تراکم ۲۵/۸۵ درصد باعث کاهش پوشش گیاهی، افزایش سطوح نفوذناپذیر و در نتیجه سبب افزایش رواناب سطحی شده است. از طرفی کاهش مساحت مراتع متراکم و اراضی دیم به ترتیب ۹/۱۴- درصد ، ۲۵/۲۱- درصد و کاهش شدید پوشش برف ۹۸/۶۱- درصد این روند را افزایش داده و باعث کاهش ظرفیت منطقه برای جذب و نگهداشت آب شده است. این تغییرات کاربری اراضی منجربه افزایش مساحت پهنه های با خطر زیاد و خیلی زیاد وقوع سیل به ترتیب ۸/۵۶ درصد ، ۳۸ درصد شده است. این پهنه های پر خطر در نواحی همجوار رودخانه ها و مناطق توسعه یافته شهری و کشاورزی بوده است.که این یک هشدار جدی برای برنامه ریزان و مدیران منابع طبیعی است که بدون مدیریت کاربری اراضی خطر وقوع سیلاب های مخرب افزایش خواهد یافت. ارزیابی دقت طبقه بندی کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم گیر (CART) با دقت کلی و ضریب کاپای بالا (جدول ۴) که در هر دو سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴ بالا ۹۸ درصد بوده نشان دهنده ی قابل اعتماد بودن نتایج و مدل به کار رفته در طبقه بندی دارد. علاوه بر این استفاده از مدل توسعه‌یافته سیلاب ناگهانی (MFFPI) که ترکیبی از عوامل محیطی و انسانی را در پهنه بندی خطر وقوع سیل به کاربرده است این امکان را فراهم می کند که اثرات احتمالی تغییرات آینده کاربری اراضی پیش بینی و تحلیل کرد. نتایج این پژوهش با مطالعات سایر پژوهشگران مددی و همکاران (۱۴۰۴)، رسائی و همکاران (۱۴۰۴)، عابدینی و همکاران (۱۴۰۳) هم راستا است. باوجود نقاط قوت یادشده این تحقیق محدودیت هایی نیز دارد. نخست آنکه دقت مدل به کیفیت داده های ورودی وابسته است.از طرفی الگوریتم CART نیز اگرچه در این پژوهش دقت بالایی نشان داده است امانسبت به داده های آموزشی حساس است و مستعد بیش برازش میباشد که میتواند قابلیت تعمیم پذیری نتایج را کاهش دهد. بنابراین برای مطالعات آینده پیشنهاد میشود از داده هایی بادقت تفکیک بالاتر ازجمله مدل رقومی ارتفاعی ۱۲ متری برای ارتقای دقت شاخص های توپوگرافی به کارگرفته شود. همچنین الگوریتم های پیشرفته تری همچون Random Forest یا روش هایی که به منظور افزایش پایداری و کاهش بیش برازش مورد استفاده قرارگیرند. در نهایت سناریوهای تغییر اقلیم نیز در تحلیل ها لحاظ شوند تا برآورد خطر سیلاب در شرایط واقعی تر امکان پذیر باشد. باتوجه به یافته های این تحقیق توصیه می شود که سیاست ها و برنامه های مدیریت کاربری اراضی به منظور حفظ پوشش گیاهی، افزایش ظرفیت نفوذپذیری خاک ، جلوگیری از گسترش بی رویه مناطق مسکونی و کشاورزی بدون رعایت اصولی همچنین احداث سازندهای کنترل سیلاب و توسعه زیرساخت های مدیریت رواناب باید در اولویت های منطقه قراربگیرد تا خطرات ناشی از سیلاب های ناگهانی کاهش یابد.در نهایت این مطالعه تأکید می‌کند که بدون اتخاذ رویکردهای جامع و یکپارچه مدیریت کاربری زمین و منابع آب، تغییرات کنونی و آتی در کاربری اراضی می‌تواند به طور جدی موجب تشدید خسارات سیل ، تهدید امنیت محیط زیست و معیشت جوامع محلی شود. از این رو این پژوهش می‌تواند به عنوان پایه‌ای علمی برای تدوین راهبردهای کاهش خطر و برنامه‌ریزی توسعه پایدار در مناطق مستعد سیل مورد استفاده قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]
[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

همه نویسندگان به طور مساوی در نگارش بخش های مختلف مقاله مشارکت داشته اند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر حمایت مالی و همکاری در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود.

منابع

ابراهیمی، پیام؛ سلیمانی، کریم و شاهدی، کاکا (۱۳۹۲). بررسی تغییر کاربری اراضی و نقش آن بر پهنه‌های سیلابی در محیط RS و GIS، مطالعه موردی: نکارود. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۵(۲)، ۷۳-۶۷.

ابراهیمی، پیام؛ سلیمانی،کریم و شاهدی،کاکا (۱۳۹۵). تدوین نقشهٔ برنامه‌ریزی استراتژیک محیطی بر پایهٔ تغییرات کاربری اراضی و پهنه‌های سیل‌گیری مورد شناسی: نکارود. *جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای*، ۶(۲۰)، ۷۴-۵۷.

احمدزاده، حسن و داورپناه، مصطفی (۱۴۰۲). تحلیل فضایی خطر وقوع سیل با رویکرد برنامه ریزی و مدیریت کاربری اراضی شهر ارومیه. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۴۶(۱۲)، ۶۳-۸۰.

اصغری سراسکانرود، صیاد و سعیدی، علیرضا (۱۴۰۱). بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر روی رواناب حوضه‌ی رودخانه‌ی قره چای با استفاده از مدل‌هایHEC-HMS. *جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۴۵(۱۲)، ۱۴۸-۱۳۵.

اصغری سراسکانرود، صیاد و شریفی طولارود، حسین (۱۴۰۲). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پهنه‌های جنگلی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: شهرستان آستارا). *مدیریت اراضی*، ۱۱(۲)، ۲۰۸-۱۹۵.

ایرانی، طیبه عبقری و هیراد، رسولی (۱۴۰۴). تحلیل تهدیدات تغییر اقلیم و تغییرکاربری اراضی بر افزایش ریسک سیلاب حوضه آبخیز شهرچای. *مخاطرات محیط طبیعی*. ۱۴(۴۴)، ۱۲۶-۱۰۵.

ایزدی فرد، هادی؛ راثی نظامی، سعید؛ مصطفی زاده، رئوف و خاوریان، حسن (۱۴۰۲). ارتباط تغییر ضریب رواناب سطحی با تغییر کاربری/پوشش اراضی حوضه سامیان استان اردبیل. *مطالعات جغرافیای مناطق خشک*. ۱۴(۵۱)، ۴۱-۲۴.

ایزدی فرد، هادی؛ راثی نظامی، سعید؛ مصطفی زاد، رئوف و خاوریان، حسن (۱۴۰۳). توسعه شهری و ویژگی‌های خشک‌سالی هیدرولوژیک کوتاه و میان‌مدت در حوضه سامیان استان اردبیل. *جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۱۳(۵۱)، ۱-۴۶.

بهنام، پگاه؛ صمدی، حسین؛ شایان نژاد، محمد و ابراهیمی، عطاالله (۱۳۹۲). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل رودخانه زاینده رود در محدوده شهری اصفهان. *آب و فاضلاب*، ۲۴(۴)، ۱۰۳-۱۱۱.

پروین، منصور (۱۳۹۸). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب‌های ناگهانی براساس مدل MFFPI (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ اسلام‌آباد غرب)، *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۶(۲)، ۱۸۴-۱۶۹.

جاویدان، نرگس؛ بهره‌مند، عبدالرضا؛ جاویدان، رعنا؛ اونق، مجید و کمکی، چوقی بایرام (۱۳۹۷). بررسی تأثیر سناریوهای تغییر کاربری اراضی بر روی کلفه‌های بیلان آبی با استفاده از مدل WetSpa (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زیارت استان گلستان). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، ۹(۱۷)، ۱۸۱-۱۶۸.

حجازی، سیداسدالله و کوثر، لقمان‌نیا (۱۴۰۲). پهنه‌بندی زمانی و مکانی خطر سیل‌خیزی در حوضه آبریز کَرگانرود با استفاده از مدل AWBM و روشFuzzy-ANP. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۵(۳)، ۸۸-۷۱.

حزباوی، زینب و علائی، نازیلا (۱۴۰۳). ارزیابی و بهینه‌سازی اتصال هیدرولوژیکی با هدف مدیریت منابع آب در حوزه آبخیز سامیان. *برنامه‌ریزی فضایی*، ۱۴(۳)، ۱۳۸-۱۱۵.

حسینی، یاسر؛ رمضانی مقدم، جواد و عبدالعلی زاده (۱۳۹۸). بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی و دبی رواناب حوضه آبریز عموقین. *مخاطرات محیط طبیعی*. ۸(۲۲)، ۱۶۳-۱۴۵.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

راثی‌نظامی، سعید؛ ایزدی‌فرد، هادی؛ خاوریان، حسن و مصطفی‌زاده، رئوف (۱۴۰۲). تغییرات کاربری/پوشش اراضی حوضه سامیان و ارتباط آن با کیفیت منابع آب سطحی. *محیط‌زیست و مهندسی آب*، ۹ (۳)، ۴۲۶-۴۱۳.

رسائی، موسی؛ ذاکری‌نیری، محمود و صدیقی، وفی‌الله (۱۴۰۴). شناسایی مناطق بحرانی ناشی از سیلاب‌های ناگهانی شهر چاریکار با روش MFFPI. *آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۹(۱)، ۱۷۳-۱۶۱.

رضایی مقدم، محمدحسین؛ کرمی، فریبا و اباذری، کلثوم (۱۴۰۲). ارزیابی و پهنه بندی خطر سیلاب ناگهانی در حوضه آبریز اوجان چای با استفاده از مدل MFFPI. *هیدروژئومورفولوژی*. ۱۰(۳۶)، ۱۵۷-۱۳۸.

رضوی‌زاده، سمانه؛ سلاجقه، علی؛ خلیقی‌سیگارودی، شهرام و جعفری، محمد (۱۳۹۲). بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر خصوصیات سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان). *مرتع و آبخیزداری*، ۶۶(۳)، ۳۸۶-۳۷۳.

سلیمانی، کریم و محسنی، بهروز (۱۴۰۳). بررسی پهنه‌بندی خطر وقوع سیل استان مازندران در محیط GIS (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بابلرود). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۲، ۵۳-۲۸.

عابدینی، موسی؛ بابایی‌اولم، طیبه و پاسبان، امیرحسام (۱۴۰۳). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب با استفاده از مدل MFFPI (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شفارود، استان گیلان). *جغرافیا و روابط انسانی*، ۷(۱)، ۸۷۱-۸۲۱.

قربانی، اردوان؛ کاکه‌ممی، آزاد؛ حسین‌پور، محمود؛ اسلمی، فرنوش؛ غفاری، سحر و رئوفی‌ماسوله، آرش (۱۳۹۷). مقایسه روش‌های مختلف تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی با روش‌های رایج مطالعات منابع طبیعی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گردنه قوشچی ارومیه). *اکوسیستم‌های طبیعی ایران*، ۹(۱)، ۳۲-۱۹.

قربانی، امیرحسین؛ مصطفی زاده، رئوف و ذبیحی، محسن (۱۴۰۴). تعیین الگوی پراکنش و همبستگی مکانی وقوع سیلاب استان اردبیل با استفاده از شاخص موران در سامانه اطلاعات جغرافیایی. *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۶(۲)، ۸۷-۶۹.

مددی، عقیل؛ اصغری‌سراسکانرود، صیاد؛ بادامکی، مهدی و قلعه، احسان (۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز قوری‌چای کورائیم در استان اردبیل. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، ۹(۲)، ۹۷-۸۱.

مددی، عقیل؛ پاسبان، امیرحسام و نظافت‌تکله، بهروز (۱۴۰۴). ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی در زیرحوضه‌های آبخیز کوزه‌توپراقی با استفاده از مدل توسعه‌یافته سیلاب ناگهانی. *مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای*،۲۱(۶)، ۱۶۷-۱۵۴.

مرادزاده، وحیده؛ حزباوی، زینب؛ اسمعلی‌عوری، اباذر؛ مصطفی‌زاده، رئوف و زارعی، شیرین (۱۴۰۳). الگوی مکانی شاخص‌های چندعملکردی آشفتگی در آبخیز سامیان، استان اردبیل. *مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۸(۶۵)، ۶۱-۵۱.

معیری، مسعود و انتظاری، مژگان (۱۳۸۷). سیلاب و مروری بر سیلاب‌های استان اصفهان. *فصلنامه چشم‌انداز جغرافیایی*،۳(۶)، ۶۱۱۱-۱۲۴.

مهری، سونیا؛ پیری، شیرکو و مصطفی‌زاده، رئوف (۱۳۹۵). ارزیابی تغییرات زمانی-مکانی سیل‌خیزی در آبخیزهای استان اردبیل. *اولین کنفرانس بین‌المللی آب، محیط‌زیست و توسعه پایدار*. اربیل.

نگهبان، سعید و مکرم، مرضیه (۱۴۰۳). ارتباط طبقه بندی شکل زمین، کاربری اراضی و مناطق دارای پتانسیل سیل خیزی در استان بوشهر. *پژوهشهای ژئومورفولوژی کمّی*، ۱۳ (۱)، ۷۹-۶۴.

هادیانی، میرامید (۱۳۸۶). نقش تغییر کاربری اراضی بر دبی سیلاب‌های منطقه‌ای. *محیط‌شناسی*، ۳۳ (۴۲)، ۱۶-۹.

ولی‌زاده‌کامران، خلیل؛ دلیرحسن‌نیا، رضا و آذری‌آمقانی، خدیجه (۱۳۹۸). پهنه‌بندی سیلاب و تأثیر آن بر کاربری اراضی محیط پیرامونی با استفاده از تصاویر پهپاد و سیستم اطلاعات جغرافیایی. *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۰ (۳۶)، ۷۵-۵۹.

یاری، میثم؛ سلطانی‌گردفرامرزی، سمیه و قاسمی، محسن (۱۳۹۸). بررسی نقش تغییر کاربری اراضی در هیدروگراف سیل و نوسانات سطح آب زیرزمینی در بخشی از حوزه آبخیز قره‌سو. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۸(۳۱)، ۵۸-۴۱.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

References

Abdelsamie, E. A., Mustafa, A.R.A., El-Sorogy, A., Maswada, H.F., Almadani, S.A., Shokr, M.S. & Meroño de Larriva, J. E. (2024). Current and Potential Land Use/Land Cover (LULC) Scenarios in Dry Lands Using a CA-Markov Simulation Model and the Classification and Regression Tree (CART) Method: A Cloud-Based Google Earth Engine (GEE) Approach. *Sustainability*, 16(24), 11130.

Abdulkareem, J. H., Sulaiman, W.N.A., Pradhan, B., & Jamil, N.R. (2018). Relationship between design floods and land use land cover (LULC) changes in a tropical complex catchment. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(14), 376.

Abedini, M., Babaei Olam, T. & Pasban, A. (2024). Assessment and zoning of flood hazard using the MFFPI model (Case study: Shefaroud Watershed, Gilan Province). *Geography and Human Relations*, 7(1), 821–871. (in Persian)

Adnan, M. S. G., Abdullah, A.Y.M., Dewan, A., & Hall, J.W. (2020). The effects of changing land use and flood hazard on poverty in coastal Bangladesh. *Land use policy*, 99, 104868

Ahmadzadeh, H. & Davarpanah, M. (2023). Spatial analysis of flood hazard with a land use planning and management approach in Urmia city. *Geography and Environmental Hazards*, 46(12), 63–80. (in Persian)

Asghari Saras Kanroud, S. & Saeedi, A. (2022). Investigating the impact of land use changes on runoff in the Qarachai River Basin using HEC-HMS models. *Geography and Environmental Studies*, 45(12), 135–148. (in Persian)

Asghari Saras Kanroud, S. & Sharifi Tolaroud, H. (2023). Detection of land use and forest cover changes using remote sensing (Case study: Astara County). *Land Management*, 11(2), 195–208. (in Persian)

Avand, M., & Moradi, H. (2021). Using machine learning models, remote sensing, and GIS to investigate the effects of changing climates and land uses on flood probability. *Journal of Hydrology*, 595, 125663.

Azizi, E., Mostafazadeh, R., Hazbavi, Z., Esmali-Ouri, A. & Mirzaei, S. (2025). Geospatial flood risk assessment: multi-criteria approach integrating hydro-climatic hazard, exposure, vulnerability. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 16(1), 2551814.

Azizi, E., Mostafazadeh, R., Hazbavi, Z., Esmali Ouri, A., Mirzaie, S., Huang, G. & Qian, X. (2022). Spatial distribution of flood vulnerability index in Ardabil province, Iran. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 36(12), 4355-4375.

Azizi, E., Mostafazadeh, R., Hazbavi, Z., Esmali Ouri, A., Mirzaie, S., Huang, G. & Qian, X. (2022). Spatial distribution of flood vulnerability index in Ardabil province, Iran. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 36(12), 4355-4375.

Bates, P. D. (2022). Flood inundation prediction. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 54(1), 287-315.

Beckers, A., Dewals, B., Erpicum, S., Dujardin, S., Detrembleur, S., Teller, J. & Archambeau, P. (2013). Contribution of land use changes to future flood damage along the river Meuse in the Walloon region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(9), 2301-2318.

Behnam, P., Samadi, H., Shayannejad, M. & Ebrahimi, A. (2013). Investigation of land use change effects on the flood hydrograph of the Zayandehrood River within Isfahan urban area. *Water and Wastewater*, 24(4), 103–111. (in Persian)

Borowska-Stefańska, M., Balážovičová, L., Goniewicz, K., Kowalski, M., Kurzyk, P., Masný, M. & Khorram-Manesh, A. (2022). Emergency management of self-evacuation from flood hazard areas in Poland. *Transportation research part D: transport and environment*, 107, 103307.

Dammalage, T. L. & Jayasinghe, N. T. (2019). Land-Use Change and Its Impact on Urban Flooding: A Case Study on Colombo District Flood on May 2016. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9(2),3887-3891

Domeneghetti, A., Schumann, G. J. P. & Tarpanelli, A. (2019). Preface: remote sensing for flood mapping and monitoring of flood dynamics. *Remote Sensing*, 11(8), 943.

Du, W., FitzGerald, G. J., Clark, M. & Hou, X. Y. (2010).*Health impacts of floods. Prehospital Disaster Medicine*, 25(3), 265-272.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

Ebrahimi, P., Soleimani, K. & Shahidi, K. (2013). Assessment of land use change and its role in floodplains using RS and GIS: Case study of Nekaroud. *Watershed Engineering and Management*, 5(2), 67–73. (in Persian)

Ebrahimi, P., Soleimani, K. & Shahidi, K. (2016). Developing an environmental strategic planning map based on land use changes and flood-prone zones: Case study of Nekaroud. *Geography and Urban-Regional Planning*, 6(20), 57–74. (in Persian)

Estelaji, F., Aghajari, A. A. & Zahedi, R. (2023). Flood zoning and developing strategies to increase resilience against floods with a crisis management approach. *Asian Rev Environ Earth Sci*, 10(1), 14-27.

Ghalehteimouri, K. J., Ros, F.C., & Rambat, S. (2024). Flood risk assessment through rapid urbanization LULC change with destruction of urban green infrastructures based on NASA Landsat time series data: A case of study Kuala Lumpur between 1990–2021. *Ecological Frontiers*, 44(2), 289-306.

Ghorbani, A., Kakememi, A., Hosseinpour, M., Eslami, F., Ghaffari, S. & Raoufi Masouleh, A. (2018). Comparison of various methods for land use/land cover mapping with conventional approaches in natural resource studies (Case study: Ghooshechi Pass Watershed, Urmia). *Natural Ecosystems of Iran*, 9(1), 19–32. (in Persian)

Ghorbani, A., Mostafazadeh, R. & Zabihi, M. (2025). Determining the spatial distribution pattern and spatial autocorrelation of flood occurrence in Ardabil Province using Moran's I in a Geographic Information System. *Remote Sensing and GIS in Natural Resources*, 16(2), 69–87. (in Persian)

Hadiani, M. (2007). Role of land use change in regional flood discharges. *Environmental Studies*, 33(42), 9–16. (in Persian)

Hamers, E. M., Maier, H. R., Zecchin, A. C. & Van Delden, H. (2024). Framework for considering the interactions between climate change, socio-economic development and land use planning in the assessment of future flood risk. *Environmental Modelling & Software*, 171, 105886.

Hejazi, S. A. & Kosar Loghmanniya, L. (2023). Spatiotemporal flood hazard zoning in the Karganroud watershed using AWBM and Fuzzy-ANP methods. *Physical Geography Research Quarterly*, 55(3), 71–88. (in Persian)

Hezbavi, Z. & Alaei, N. (2024). Evaluation and optimization of hydrological connectivity for water resources management in the Samian Watershed. *Spatial Planning*, 14(3), 115–138. (in Persian)

Hosseini, Y., Ramazani-Moghadam, J. & Abdolalizadeh (2019). Investigating the effects of land use changes on flood susceptibility and runoff discharge in Amouqin Watershed. *Natural Environmental Hazards*, 8(22), 145–163. (in Persian)

Hounkpè, J., Diekkrüger, B. Afouda, A.A. & Sintondji, L.O.C. (2019). Land use change increases flood hazard: a multi-modelling approach to assess change in flood characteristics driven by socio-economic land use change scenarios. *Natural Hazards*, 98(3), 1021-1050.

Irani, T., Abaghari, H. & Rasouli. (2025). Analysis of climate change and land use change threats on increasing flood risk in Shahrchay Watershed. *Natural Environmental Hazards*, 14(44), 105–126. (in Persian)

Izadifard, H., Rathi Nezami, S., Mostafazadeh, R. & Khaverian, H. (2024). Urban development and characteristics of short- and mid-term hydrological droughts in the Samian Basin, Ardabil Province. *Geography and Environmental Studies*, 13(51), 1–46. (in Persian)

Izadifard, H., Rathi-Nezami, S. Mostafazadeh, R. & Khavarian, H. (2023). Relationship between changes in surface runoff coefficient and land use/cover changes in Samian Watershed, Ardabil Province. *Journal of Geography of Arid Regions*, 14(51), 24–41. (in Persian)

Javidan, N., Bahremand, A., Javidan, R., Ounagh, M. & Komaki, Ch. (2018). Assessing the impact of land use change scenarios on water balance components using the WetSpa model (Case study: Ziarat Watershed, Golestan Province). *Watershed Management Research Journal*, 9(17), 168–181. (in Persian)

Kundzewicz, Z. W., Pińskwar, I. & Brakenridge, G. R. (2013). Large floods in Europe, 1985–2009. *Hydrological Sciences Journal*, 58(1), 1-7.

Lechowska, E. (2018). What determines flood risk perception? A review of factors of flood risk perception and relations between its basic elements. *Natural Hazards*, 94(3), 1341-1366.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

Loukika, K. N., Keesara, V. R. & Sridhar, V. (2021). Analysis of land use and land cover using machine learning algorithms on google earth engine for Munneru River Basin, India. *Sustainability*, 13(24), 13758.

Madadi, A., Asghari Saras Kanroud, S., Badamaki, M. & Ghal'eh, E. (2020). Flood hazard zoning in the Quri Chay-Kuraim Watershed, Ardabil Province. *Quantitative Geomorphology Research*, 9(2), 81–97. (in Persian)

Madadi, A., Pasban, A. & Nezafat Tekleh, B. (2025). Evaluation of flood potential in Kouzeh Toopraghi sub-watersheds using the Modified Flash Flood Potential Index (MFFPI) model. *Journal of Urban and Regional Sustainable Development Studies*, 21(6), 154–167. (in Persian)

Mehri, S., Piri, Sh. & Mostafazadeh, R. (2016). Spatiotemporal assessment of flood susceptibility in the watersheds of Ardabil Province. *First International Conference on Water, Environment and Sustainable Development*, Erbil. (in Persian)

Moeiri, M. & Entezari, M. (2008). Floods and a review of flood events in Isfahan Province. *Geographical Perspective Quarterly*, 3(6), 124–111. (in Persian)

Moradzadeh, V., Hezbavi, Z., Esmaeli Aouri, A., Mostafazadeh, R. & Zarei, Sh. (2024). Spatial pattern of multifunctional disturbance indices in the Samian Watershed, Ardabil Province. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 18(65), 51–61. (in Persian)

Munawar, H. S., Hammad, A. W. & Waller, S. T. (2022). Remote sensing methods for flood prediction: A review. *Sensors*, 22(3), 960.

Murphy, S., Wang, M., Cheng, C. S., Passalacqua, P. & Leite, F. (2025). Land-use analysis using infrastructure representations and high-resolution flood inundation mapping techniques. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 105518.

Negahban, S. & Mokarram, M. (2024). Relationship between geomorphological classification, land use, and flood-prone areas in Bushehr Province. *Quantitative Geomorphology Research*, 13(1), 64–79. (in Persian)

Ouma, Y., Nkwae, B., Moalafhi, D., Odirile, P., Parida, B., Anderson, G. & Qi, J. (2022). Comparison of machine learning classifiers for multitemporal and multisensor mapping of urban LULC features. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 681-689.

Parvin, M. (2019). Assessment and flash flood hazard zonation based on the MFFPI model: A case study of Eslamabad-e Gharb Watershed. *Environmental Hazards Management*, 6(2), 169–184. (in Persian).

Patel, K. F., J.Fansler, S., Campbell, T. P., Bond-Lamberty, B., Smith, A., RoyChowdhury, T. & Bailey, V. L. (2021). Soil texture and environmental conditions influence the biogeochemical responses of soils to drought and flooding. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 127.

Rasaei, M., Zakeri Neiri, M. & Sedighi, V. (2025). Identification of critical areas caused by flash floods in Charikar city using the MFFPI method. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage Science*, 19(1), 161–173. (in Persian)

Rasaei-Moghaddam, M.H., Karami, F., & Abazari, K. (2023). Assessment and flash flood hazard zonation in Ojan-Chay Watershed using the MFFPI model. *Hydrogeomorphology*, 10(36), 138–157. (in Persian).

Rathi Nezami, S., Izadifard, H., Khaverian, H. & Mostafazadeh, R. (2023). Land use/land cover changes in the Samian Basin and their relationship with surface water quality. *Environment and Water Engineering*, 9(3), 413–426. (in Persian)

Razavizadeh, S., Salajegheh, A., Khalighi Sigaroudi, Sh. & Jafari, M. (2013). Assessing the impact of land use changes on flood characteristics using HEC-HMS (Case study: Taleqan Watershed). *Rangeland and Watershed Management Research Journal*, 66(3), 373–386. (in Persian)

Rentschler, J., Salhab, M. & Jafino, B. A. (2022). Flood exposure and poverty in 188 countries. *Nature communications*, 13(1), 3527.

Rogger, M., Agnoletti, M., Alaoui, A., Bathurst, J.C., Bodner, G., Borga, M. & Blöschl, G. (2017). Land use change impacts on floods at the catchment scale: Challenges and opportunities for future research. *Water resources research*, 53(7), 5209-5219.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

Rogger, M., Agnoletti, M., Alaoui, A., Bathurst, J. C., Bodner, G., Borga, M. & Blöschl, G. (2017). Land use change impacts on floods at the catchment scale: Challenges and opportunities for future research. *Water resources research*, 53(7), 5209-5219.

Sajjad, A., Ahmad, M., W.Aslam, R., Bibi, M. & Tabassum, A. (2025). Remote sensing-based flash flood mapping and damage assessment in Dera Ismail Khan, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment, 197(4), 1-18.*

Samanta, S., Pal, D. K. & Palsamanta, B. (2018). Flood susceptibility analysis through remote sensing, GIS and frequency ratio model. *Applied Water Science*, 8(2), 66.

Silgram, M., Jackson, D.R., Alison, B., John, Q. & Carly, S. (2010). *Hillslope scale surface runoff, sediment and nutrient losses associated with tramline wheelings*, Earth Surf. Pro cesses Landforms, 35(6), 699-706.

Soleimani, K. & Mohseni, B. (2024). Flood hazard zoning in Mazandaran Province using GIS (Case study: Babolroud Watershed). *Remote Sensing and GIS in Natural Resources*, 2, 28–53. (in Persian)

Song, J., Fu, X., Gu, Y., Deng., Y. & Peng, Z. R. (2017). An examination of land use impacts of flooding induced by sea level rise. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(3), 315-334.

Srivastava, A., Bharadwaj, S., Dubey, R., Sharma, V.B., & Biswas. S. (2022). Mapping vegetation and measuring the performance of machine learning algorithm in Lulc classification in the large area using Sentinel-2 and Landsat-8 datasets of Dehradun as a test case. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 529-535.

Taloor, A. K., Sharma, S., Sharma, D., Chib, R., Jasrotia, R., Gupta, S. & Kale, R. V. (2024). Estimation of MFFPI for flood hazards assessment using geospatial technology in the Tawi Basin, India. *Geosystems and Geoenvironment*, 3(1), 100233.

Tincu, R., Lazar, G. & Lazar, I. (2018). Modified flash flood potential index in order to estimate areas with predisposition to water accumulation. *Open Geosciences*, 10(1), 593-606.

Valizadeh Kamran, Kh., Delir Hassannia, R. & Azari Amaqani, Kh. (2019). Flood zoning and its impact on surrounding land use using UAV imagery and GIS. *Remote Sensing and GIS in Natural Resources*, 10(36), 59–75. (in Persian)

Wang, X. & Xie, H. (2018). A review on applications of remote sensing and geographic information systems (GIS) in water resources and flood risk management. *Water*, 10(5), 608.

Wang, Y. 2015. Advances in remote sensing of flooding. *Water*, 7(11), 6404-6410.

Wheater, H. & E. Evans. 2009. Land use, water management and future flood risk. Land Use Policy, (26), 251–264,

Xu, C., Fu, H., Yang, J. & Wang, L. (2022). Assessment of the Relationship between Land Use and Flood Risk Based on a Coupled Hydrological–Hydraulic Model: A Case Study of Zhaojue River Basin in Southwestern China. *Land*, 11(8), 1182.

Yang, X., Chen, H., Wang, Y. & Xu, C. Y. (2016). Evaluation of the effect of land use/cover change on flood characteristics using an integrated approach coupling land and flood analysis. *Hydrology Research*, 47(6), 1161-1171.

Yari, M., Soltani Gerdframazi, S. & Ghasemi, M. (2019). Investigating the role of land use change in flood hydrograph and groundwater table fluctuations in part of the Qarasu Watershed. *Geography and Environmental Hazards*, 8(31), 41–58. (in Persian)

Zope, P. E., Eldho. T. I. & Jothiprakash, V. (2016). Impacts of land use–land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India. *Catena*, 145, 142-154.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-01]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1404.12.3.3.4]

[DOI: 10.66224/jsaeh.12.3.6]