Sustainable Urban & Regional Development Studies Quarterly

Volume 6, Issue 3 - Serial Number 21, Fall 2025 **Online ISSN: 2783-0764**

Journal Hompage https://www.srds.ir/

https://www.srds.ir/article_216866.html?lang=en

Flood Potential Assessment in the KozehTopraghi Watershed Sub-basins Using the Extended Flash Flood Model[1]

Aghil Madadi[1*], AmirHesam Pasban[2], Behrouz Nezafat Takle[3]

1. Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2. Ph.D Student, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Ph.D Student, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Extended Abstract

Introduction

Flooding, as a global phenomenon, has always resulted in significant economic losses and numerous human casualties. It occurs when the volume of water from sudden and intense floods exceeds the riverbed's capacity, inundating surrounding areas. Additionally, rising groundwater levels and excessive saturation of drainage systems can also contribute to flooding. Several factors, including heavy rainfall, snowmelt, river overflows, and even dam or embankment failures, can lead to flood occurrences. This phenomenon can cause irreparable damage to infrastructure, homes, agricultural lands, and human lives. In Europe, approximately one-third of economic losses stem from flooding events. Statistics on flash floods indicate that between 1990 and 2020, a total of 695 flash floods occurred worldwide, resulting in 5,700 fatalities and causing economic damages exceeding $66.9 billion. These figures highlight the significant human and financial losses caused by flash floods over the years. The severity of flooding is further exacerbated when human settlements are located within flood-prone areas. The presence of such settlements in flood basins not only increases surface runoff but also poses serious risks. Flood damage can be minimized as a natural hazard only if essential and well-planned preventive measures are taken before it occurs. In other words, rather than merely responding after a flood, it is crucial to implement preventive actions and effectively manage resources and the environment to mitigate flood impacts.

Methodology

This research adopts an applied approach based on analytical and descriptive methods. The data utilized include a 30-meter resolution SRTM Digital Elevation Model (DEM), Landsat OLI 9 satellite imagery from 2023 (obtained from the USGS), a 1:250,000-scale soil texture map sourced from the National Natural Resources and Watershed Management Organization, and a 1:100,000-scale geological map. Various software tools, such as ArcGIS 10.7, ENVI 5.3, Google Earth, SPSS, and Excel, were used for data analysis, map production, and data

[1] This article is extracted from a research project titled “Investigation and Zoning of flooding in the Kouzeh-Topraghi Watershed Sub-basins Using an Advanced Flash Flood Modell “at University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran conducted. Project Manager: Aghil Madadi and Main Project Collaborators: AmirHesam Pasban and Behrouz Nezafat Takle.

* **Correspong Author Email:** aghil48madadi@yahoo.com

Cite this article: Madadi, A,. Pasban, A. and Nezafat Taklhe, B. (2025). Flood Potential Assessment in the Kuzet-Topraqi Watershed Sub-basins Using the Extended Flash Flood Model. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 6(3), 154-167.

processing. Tinku introduced modifications to the MFFPI model, improving its effectiveness. In the updated version, six parameters were identified as key factors in assessing the probability of flash flood occurrences: slope, drainage density, curvature, soil texture, rock permeability, and land use/land cover (LULC). Each parameter was classified into five categories based on its significance in flood generation. The least influential category was assigned a value of 1, while the most influential category, which played a crucial role in water accumulation and flash flood occurrences, was assigned a value of 5.
To create information layers for the six parameters—slope, drainage density, curvature, soil texture, rock permeability, and land use—base maps were employed. Once the layers were prepared, the weight of each parameter was multiplied by its respective sub-parameter category. Subsequently, the final score of each layer was computed using the Raster Calculator tool in GIS. Finally, by integrating the weighted layers, a refined flash flood hazard zoning map was produced.

Results and Discussion

Slope is a critical factor influencing flash floods. In steep regions, runoff velocity increases, rapidly transporting water to downstream areas. Conversely, low-slope areas are prone to water accumulation, heightening flood risks. Using the DEM and MFFPI model, this study examined the impact of slope, drainage density, land use, soil texture, curvature, and geological features on flood occurrences. The results indicated that low-permeability soils, residential and agricultural land use, and steep convex slopes significantly contributed to increased surface runoff and exacerbated floods. Conversely, highly permeable soils, dense vegetation, and concave slopes helped mitigate flood risks. Based on the analysis, the Kozeh-Topraghi watershed was categorized into five flood risk zones. Areas with steep slopes, sparse vegetation, and impermeable soils were identified as the most flood-prone. The findings underscore the importance of considering physiographic characteristics and implementing management strategies to reduce flood risks. The flood hazard zoning map developed in this study can serve as a valuable tool for future planning and mitigation efforts.

Conclusion

Floods are among the most frequent and devastating environmental hazards, causing substantial financial and human losses worldwide each year. This study aimed to map flood hazard potential in the Kuzeh-Topraghi watershed in Ardabil Province using the enhanced MFFPI model. The six MFFPI parameters—drainage density, curvature, geological formations, land use, slope, and soil texture—were employed for the analysis. All data layers were generated in raster format within ArcGIS. Next, based on Table (2), each parameter was assigned specific weights using the Raster Calculator tool, producing the final weighted maps. The parameters were then overlaid to generate the final flash flood hazard map, classifying the study area into five flood risk levels: very low, low, moderate, high, and very high. Specifically, areas with steep slopes, sparse vegetation, impermeable soils, and unsuitable land use (e.g., residential and agricultural lands) exhibited the highest flood potential. In these regions, reduced soil permeability and increased surface runoff, particularly during intense rainfall events, heightened the likelihood of flooding. Impermeable soils, due to their inability to absorb water, contributed to increased runoff and decreased soil water retention capacity. In contrast, areas with gentle slopes, dense vegetation, deep permeable soils, and suitable land use (such as forests and grasslands) experienced the lowest flood risk. The flood risk classification analysis revealed that 45% of the watershed falls within the high and very high risk categories, 33.54% in the moderate category, and over 21% in the low and very low risk categories. Among the 36 sub-watersheds analyzed, the lowest and highest flood risks were associated with sub-watersheds 2 and 4, covering 0.02 km² and 0.15 km², respectively, in the very low-risk zone. Meanwhile, sub-watersheds 14 and 17, with areas of 29.27 km² and 14.98 km², respectively, accounted for the largest portions of the total watershed area.

Keywords: MFFPI, vegetation cover, land use, KozehTopraghi Watershed.

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

دوره ۶، شماره ۲، شماره پیاپی ۲۰، شهریور ۱۴۰۴ شاپا:۰۷۶۴-۲۷۸۳

Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_216866.html?lang=fa

ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی در زیرحوضه‌های آبخیز کوزه‌توپراقی با استفاده از مدل توسعه‌یافته سیلاب ناگهانی[۲]

عقیل مددی*[۱]، امیرحسام پاسبان[۲]، بهروز نظافت تکله[۳]

۱. استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

مقدمه:

سیل به عنوان یک پدیده جهانی، همواره خسارات اقتصادی سنگین و تلفات انسانی بسیاری را به دنبال داشته است. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که حجم آب ناشی از سیلاب‌های ناگهانی و شدید از ظرفیت بستر رودخانه فراتر رود و مناطق اطراف را زیر آب بگیرد. علاوه بر این، افزایش سطح آب‌های زیرزمینی و یا اشباع بیش از حد سیستم‌های زهکشی نیز می‌توانند از عوامل دیگر وقوع سیل باشند. به طور کلی، عوامل متعددی از جمله بارش شدید باران، ذوب برف، طغیان رودخانه‌ها و حتی شکستن سدها و بندها می‌توانند منجر به وقوع سیل شوند. این پدیده می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیری به زیرساخت‌ها، خانه‌ها، زمین‌های کشاورزی و... وارد کند و زندگی انسان‌ها را در معرض خطر قرار دهد به‌طوری که قریبا یک سوم خسارات اقتصادی در اروپا ناشی از این پدیده است. آمار سیل‌های ناگهانی نشان می‌دهد که بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، ۶۹۵ مورد سیل ناگهانی در سراسر جهان رخ داده است. این سیلاب‌ها منجر به مرگ ۵۷۰۰ نفر و خسارت اقتصادی بالغ بر ۶۶/۹ میلیارد دلار شده‌اند. این آمارها نشان‌دهنده خسارات جانی و مالی قابل توجهی است که سیل‌های ناگهانی در طول این مدت زمان به بار آورده‌اند. بنابراین، آنچه اهمیت وقوع سیلاب را بیشتر می‌کند، قرار گرفتن مراکز انسانی در محدوده‌های سیلابی است. وجود چنین مراکزی در حوضه‌های سیلابی، علاوه بر افزایش تولید رواناب سطحی، خطرات زیادی را نیز به همراه دارد. خسارت سیل زمانی می‌تواند به عنوان یک مشکل طبیعی به حداقل برسد که قبل از وقوع آن، اقدامات اساسی و برنامه‌ریزی‌شده برای پیشگیری و کنترل آن انجام شود. به عبارت دیگر، به جای واکنش نشان دادن پس از وقوع سیل، باید با انجام اقدامات پیشگیرانه و مدیریت صحیح منابع و محیط، از وقوع آن جلوگیری کرده یا خسارات آن را به حداقل رساند.

روش شناسی:

روش پژوهش حاضر از نوع کاربردی و بر پایه روش تحلیلی – توصیفی می‌باشد. در این راستا ابتدا داده‌های مورد استفاده شامل مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با تفکیک ۳۰ متر استر، تصاویر ماهواره‌ای لندست OLI 9 مربوط به سال ۲۰۲۳ (اخذ شده از سازمان زمین‌شناسی آمریکا USGS)، نقشه بافت خاک با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ اخذ شده از سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری

---

[۲] - این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی تحت عنوان (بررسی و پهنه بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز کوزه‌توپراقی با استفاده از مدل توسعه‌یافته سیلاب ناگهانی) است که با حمایت دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل، ایران انجام شده است. مجری طرح: عقیل مددی و همکاران اصلی طرح: امیرحسام پاسبان و بهروز نظافت تکله.

* **نویسنده مسئول:** aghil48madadi@yahoo.com

ارجاع به این مقاله: مددی, عقیل , پاسبان, امیرحسام و نظافت تکله, بهروز . (۱۴۰۴). ۱۲.ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی در زیرحوضه‌های آبخیز کوزه‌توپراقی با استفاده از مدل توسعه‌یافته سیلاب ناگهانی. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای, ۶(۳), ۱۵۴-۱۶۷.

کشور، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ می‌باشد. همچنین جهت تحلیل، تولید نقشه‌ها و پردازش داده‌ها از نرم‌افزارهای مختلفی مانند ArcGIS 10.7، ENVI 5.3، Google Earth، SPSS و Excel استفاده شده است. تینکو و همکارانش در سال ۲۰۱۸ تغییراتی را در مدل MFFPI ایجاد کردند و آن را بهبود بخشیدند. در نسخه جدید، شش پارامتر به عنوان عوامل کلیدی برای ارزیابی احتمال وقوع سیلاب ناگهانی در نظر گرفته شد. این پارامترها عبارتند از: شیب زمین، تراکم جریان آب، میزان انحنای دامنه، نوع بافت خاک، میزان نفوذپذیری سنگ‌ها و نوع پوشش گیاهی و کاربری زمین. هر کدام از این پارامترها به پنج دسته تقسیم شدند و برای هر دسته، میزان اهمیت آن در ایجاد سیلاب مشخص شد. به این ترتیب، دسته‌ای که کمترین تأثیر را داشت، عدد ۱ و دسته‌ای که بیشترین تأثیر را در جمع‌آوری آب و وقوع سیلاب ناگهانی داشت، عدد ۵ را به خود اختصاص داد در نهایت جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای شش‌گانه شیب، تراکم جریان، انحناء دامنه، بافت خاک، نفوذپذیری سنگ و کاربری اراضی با استفاده از نقشه‌های پایه استفاده خواهد شد. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، وزن هر یک از پارامترها در هر یک از زیرپارامترهای پنج‌گانه ضرب می‌شود. سپس امتیاز نهایی هر لایه با استفاده از ابزار Raster Calculatorدر محیط GIS محاسبه می‌شود. در نهایت، با ترکیب لایه‌های اطلاعاتی و اعمال وزن‌های مربوطه، نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب ناگهانی اصلاح‌شده تهیه می‌شود.

یافته‌ها:

شیب زمین از عوامل کلیدی در وقوع سیلاب‌های ناگهانی است. در مناطق شیب‌دار، سرعت رواناب افزایش یافته و آب به سرعت به مناطق پایین‌دست منتقل می‌شود. در مقابل، مناطق کم‌شیب مستعد تجمع آب و افزایش خطر سیلاب هستند. در این پژوهش، با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) و مدلMFFPI ، نقش شیب، تراکم جریان، کاربری اراضی، بافت خاک، انحناء دامنه و ویژگی‌های زمین‌شناسی در وقوع سیلاب بررسی شد. نتایج نشان داد که خاک‌های با نفوذپذیری کم، کاربری‌های مسکونی و زراعی، و شیب‌های تند و محدب، بیشترین تأثیر را در افزایش رواناب سطحی و تشدید سیلاب دارند. در مقابل، خاک‌های نفوذپذیر، پوشش گیاهی متراکم و شیب‌های مقعر به کاهش خطر سیلاب کمک می‌کنند. بر اساس تحلیل‌ها، مناطق حوضه آبخیز کوزه‌توپراقی به پنج پهنه خطر سیلاب تقسیم شدند که مناطقی با شیب تند، پوشش گیاهی اندک و خاک نفوذناپذیر بیشترین خطر را دارند. یافته‌ها نشان می‌دهد که توجه به ویژگی‌های فیزیوگرافی و اعمال تدابیر مدیریتی در کاهش خطر سیلاب ضروری است. نقشه پهنه‌بندی تهیه‌شده می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آتی برای کاهش خسارات ناشی از سیلاب‌های ناگهانی مؤثر باشد.

نتیجه گیری:

سیلاب‌ها از جمله مهم‌ترین و فراوان‌ترین مخاطرات محیطی هستند که همه‌ساله باعث خسارت‌های مالی و جانی زیادی را در سرتاسر جهان برجای می‌گذارند. در پژوهش حاضر سعی شد تا با استفاده از مدل توسعه یافته سیلاب ناگهانی (MFFPI) نقشه پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه آبخیز کوزه‌توپراقی در استان اردبیل تهیه گردد. به همین منظور از شش پارامتر مدل MFFPI شامل تراکم جریان، انحناء دامنه، سازندهای زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب، بافت خاک استفاده گردید. لایه‌های اطلاعاتی همه پارامترها با فرمت رستری در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه و استخراج شدند. سپس در گام بعد طبق جدول (۲) به همه پارامترها وزن مخصوص خود با استفاده از ابزار Raster Calculator داده شد و نقشه‌های نهایی وزن‌دهی‌شده همه پارامترها تهیه شدند. در وهله بعد با همپوشانی پارامترها نقشه نهایی سیلاب ناگهانی حوضه مورد در ۵ پهنه خطر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی و تهیه شد. به طور خاص، مناطقی که دارای شیب تند، پوشش گیاهی اندک، خاک نفوذناپذیر و کاربری نامناسب (مانند مناطق مسکونی و کشاورزی) هستند، بیش‌ترین پتانسیل خطر سیلاب را دارا می‌باشند. در این نواحی، به دلیل کاهش نفوذپذیری خاک و افزایش میزان رواناب سطحی، به ویژه در زمان بارش‌های شدید، احتمال وقوع سیلاب افزایش می‌یابد. خاک‌های نفوذناپذیر به دلیل عدم توانایی در جذب آب، موجب افزایش رواناب و کاهش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شوند. در مقابل، مناطقی با شیب ملایم، پوشش گیاهی متراکم، خاک‌های عمیق و نفوذپذیر و کاربری مناسب (مانند جنگل‌ها و مراتع)، کم‌ترین میزان خطر سیلاب را تجربه می‌کنند. همچنین محاسبه مساحت هریک از کلاس‌های خطر نشان داد که ۴۵ درصد از مساحت منطقه در طبقات زیاد و خیلی زیاد، ۳۳/۵۴ درصد در طبقه متوسط و بیش از ۲۱ درصد در طبقه کم و خیلی کم از نظر خطر وقوع سیل قرار دارند. همچنین در بین ۳۶ زیرحوضه منطقه مورد مطالعه، کم‌ترین و بیش‌ترین خطر وقوع سیل مربوطه به زیرحوضه‌های ۲ و ۴ با مساحت ۰/۰۲ و ۰/۱۵ کیلومترمربع در پهنه خطر خیلی کم و زیر حوضه‌های ۱۴ و ۱۷ نیز به ترتیب با مساحت ۲۹/۲۷ و ۱۴/۹۸ کیلومترمربع از کل مساحت حوضه را دربر می‌گیرند.

کلید واژه‌ها: MFFPI، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، زیرحوضه‌های کوزه‌توپراقی.