Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.14, Issue 44, June 2025

Analyzing the Threats of Climate Change and Land Use Changes on Increasing Flood Risk in the Shahrchay Drainage Basin

Tayebeh Irani[1], Hirad Abghari[2*], Ali Akbar Rasouli[3]

1. PhD graduate, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
2. *Corresponding Author*, Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
3. Professor Department Faculty of Science and Engineering, Macquarie University, Sydney, NSW, Australia.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 13 June 2024
Revised: 10 August 2024
Accepted: 23 September 2024

Keywords:
InVEST Model, Basic Knowledge Processing, Prediction, Markov Model, LARS- WG Model.

ABSTRACT

This study investigated the factors influencing flood proneness and predicted future flood risks in the Shahrchay watershed, located in West Azerbaijan Province, a sub-basin of the Urmia Lake watershed. Given population growth, social and economic development, and climatic changes due to global warming, flood damage in this region is increasing. This study aimed to identify the main factors affecting flood risk and predict the likelihood of future floods. To achieve the stated goal, first, for monitoring and evaluating land use changes in the last seven years, Sentinel2 images were used using an object-oriented method and image classification from the SVM algorithm, and for simulating future land use changes, the CA-MARKOV algorithm was used. Finally, runoff simulation using the InVEST model was introduced to the InVEST software from the variables of precipitation (for precipitation simulation, LARS-WG software, the CMIP6 climate model named ACCESS-CM2, and two scenarios SSP2-4.5 and SSP5-8.5), land use, hydrological soil group, and curve number related to the study watershed. The final results show that for 2016, 2023, and 2030, the southern side of the Shahrchay watershed has a very low flood potential. In the central part of the watershed, the potential for runoff production was medium and high. According to the prediction results for 2030, the maximum and minimum runoff production potentials were estimated with numerical values of 129.57 and 0 cubic meters, respectively. Therefore, runoff will increase in most parts of the Shahrchay watershed.

Cite this article: Irani, T. , Abghari, H. and Rasouli, A. A. (2025). Analyzing the Threats of Climate Change and Land Use Changes on Increasing Flood Risk in the Shahrchay Drainage Basin. Journal of Natural Environmental Hazards, 14(44). 23-28. DOI: 10.22111/jneh.2024.49039.2053

© Hirad Abghari
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2024.49039.2053

* Corresponding Author Email: h.abghari@urmia.ac.ir

INTRODUCTION

Land use changes and climate change are key factors affecting the environment and hydrological hazards. Identifying and predicting these changes is crucial for water resource management and flood risk reduction. Simulation models such as CA-MARKOV and InVEST, combined with satellite data and climate models like CMIP6, provide effective tools for evaluating these changes. In this study, land use changes were analyzed using Sentinel-2 images and the SVM algorithm, and their future evolution was simulated with the CA-MARKOV model. Moreover, the InVEST model was employed to simulate runoff and assess the impact of land use changes on runoff retention. Climate variables were extracted from the CMIP6 model under the SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios. The results of this study can play a significant role in identifying flood-prone areas, developing flood management strategies, and optimizing water resource planning. The application of these findings is essential for developing resilient infrastructure, improving drainage systems, and mitigating the effects of climate change on flooding. Numerous studies have examined the impact of land use and climate changes on flood risk and water ecosystem services. For instance, Rashidian et al. (2024) used land use change models and machine learning algorithms to investigate the effect of land use changes on flood vulnerability in the Talaar watershed, Iran, demonstrating that these methods are capable of producing accurate flood vulnerability maps. Hou et al. (2024), using CA-Markov and FloodMap models, simulated land use changes and flood risk in the city of Chongqing and predicted that construction areas and flood depths would increase by 2030. In domestic studies, Madadi et al. (2024) predicted the morphological changes of the Sefidrood River using satellite imagery and a combined Markov chain and cellular automata model, while Mohammadyari et al. (2023) modelled water performance in the metropolitan area of Karaj and examined the impact of urbanization on the imbalance between water supply and demand. Additionally, Nikoui et al. (2021) evaluated the role of the Urmia Lake ecosystem in water supply, demonstrating that this ecosystem plays a significant role in water provision. These studies indicate that land use and climate change have a direct impact on flood risk and water resource management and that the use of integrated models and satellite data can be effective in predicting these changes and reducing related hazards.

MATERIAL AND METHODS

This research examines land use changes, precipitation forecasting, and runoff modelling in the Shahrchay watershed, one of the key inputs to Lake Urmia. The watershed, covering an area of 711 square kilometres, is located in southwestern Urmia, and the Shahrchay River originating from the Zarrineh, Kamal, and Zarineabutan mountains serves as the primary source of drinking and agricultural water for the region. For precipitation forecasting, the CMIP6 climate model (ACCESS-CM2) was utilized under the SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios. Precipitation data from 1966 to 2021 were employed to estimate rainfall for the years 2023 and 2030. Additionally, the InVEST model was used to assess the impact of precipitation, land use, and soil type on runoff and flood risk. Soil hydrological groups were extracted from soilgrids.org and classified into four categories (A, B, C, and D), and runoff was estimated using the Curve Number (CN) method based on soil characteristics and land use.

Sentinel-2 satellite images with a 10-meter resolution for the years 2016, 2020, and 2023 were processed using an object-based approach and the SVM algorithm to extract land use maps and analyze changes. Subsequently, to predict future changes, the Markov chain and CA-Markov models were employed to determine the transition probability matrix of land use classes by analyzing the previous maps. Figure 1 presents the research methodology flowchart.

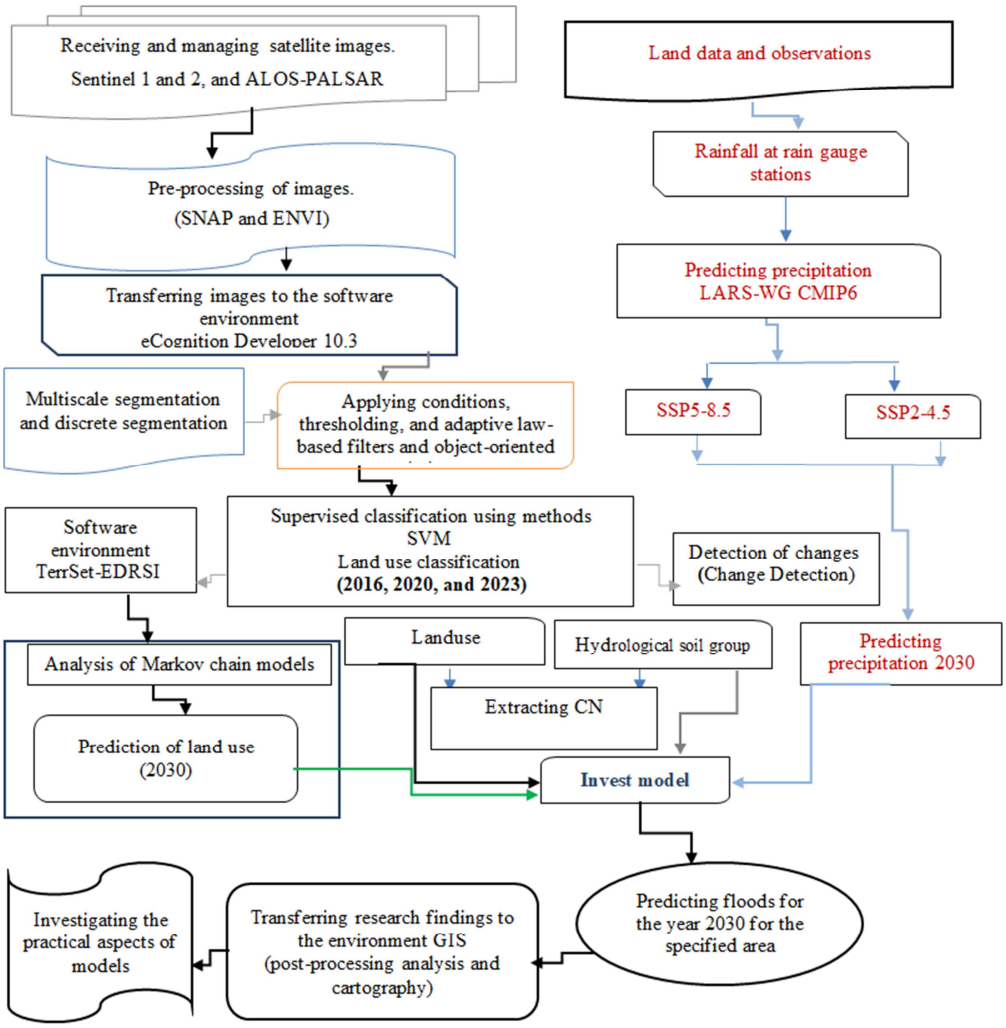


Figure 1: Research Methodology Flowchart

RESULTS AND DISCUSSION

Precipitation forecasting using data from 1966–2021 and climate scenarios revealed that the SSP5-8.5 scenario, considered pessimistic, is acceptable for flood prediction purposes and has been used as the primary input in the modelling. Land use classification using the SVM algorithm was performed in seven classes (water bodies, soil, orchards and irrigated lands, rainfed lands, the salt fringe of Lake Urmia, rangelands, and residential areas) for the years 2016, 2020, and 2023. The extracted maps indicate significant changes in the area of these classes; for example, the area of orchards and irrigated lands increased from 111.27 km² in 2016 to 185.53 km² in 2023, with a projection of 193.72 km² by 2030. The classification accuracy was confirmed by Kappa coefficients ranging from 95% to 97%. Using Markov and CA-Markov models, land use prediction maps for 2023 and 2030 were generated, with the CA-Markov model achieving a prediction accuracy of 93% (Kappa coefficient), which demonstrates the reliability of this method. A comparison of changes in land use areas shows that particularly the orchard and irrigated land classes have increased, while the soil, water, and rangeland classes have decreased; these changes are consistent with the findings of Fatollahi et al. (2019) regarding the reduction of forest lands and the increase in agricultural and urban areas. The expansion of irrigated agriculture and orchards in the Shahrchay watershed which aligns with the findings of

Roushangar et al. (2022) on agricultural water consumption may lead to increased water resource demand.

To evaluate runoff production potential, the Curve Number (CN) was calculated for each land use class and soil hydrological group (from A to D). Subsequently, using the InVEST model with inputs including the projected land use map for 2030, 2030 precipitation, and CN values, flood risk maps were generated for 2016, 2023, and the projected 2030. The results indicate that areas dominated by residential, soil, and rangeland land uses and soil hydrological groups C and D exhibit higher runoff potential, whereas regions with irrigated agriculture and orchards have lower runoff potential. These results suggest that land use changes especially the increase in orchards and irrigated agriculture can alter runoff patterns and lead to higher water consumption. The findings are in line with international studies (Yirsaw et al., 2017; Birhanu et al., 2019; Rasouli et al., 2021) and domestic studies (Haghdaadi et al., 1397; Emlaei et al., 1400), confirming the effectiveness of the InVEST model in estimating water production under limited data conditions. This combined approach of land use change modelling (using SVM and CA-Markov) and ecosystem service modelling (using InVEST) provides an efficient tool for developing water resource management policies and reducing flood risk in the Shahrchay watershed.

CONCLUSION

This study utilized the InVEST model, developed by the Natural Capital Project and recognized as a powerful tool for water resource modelling, to predict flood risk in the Shahrchay watershed. This model integrates geological, hydrological, climatic, and agricultural data to estimate the impacts of land use changes and human activities on aquifers, surface flows, water quality, and floods. In this research, precipitation for the years 2023 and 2030 was projected based on data from 1966–2021 using the SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios. Given the goal of flood prediction, the pessimistic SSP5-8.5 scenario was applied. Additionally, by generating land use maps, hydrological soil groups, and the corresponding Curve Number (CN) for the watershed, flood risk prediction maps for 2030 were produced using InVEST.The results indicate that areas with residential, soil, and rangeland land uses and hydrological soil groups C and D exhibit high runoff potential, whereas irrigated agricultural and orchard areas generate lower runoff. This variation in water production across different land uses highlights the importance of water resource management, particularly in meeting the needs of residents and ensuring water distribution from upstream to downstream within the watershed. Moreover, given the significance of runoff regulation services in ecosystem research, developing methods for quantitatively assessing and predicting these services can play a key role in formulating effective management and conservation strategies for areas with high runoff generation potential.

DECLARATIONS

Funding

The authors received financial support from the West Azerbaijan Regional Water Authority in Iran.

Declarations of interests

The authors declare that they have no competing interests.

Data Availability Statement

All data generated or analysed during this study are included in this published article.

REFERENCES

References (in Persian)

Emlaei, Z., Pourebrahim, S., & Makhdoum, M. (2021). Spatial modelling of supply and demand for water yield service in the Haraz Watershed. Journal of Natural Environment, 74(3), 475-489. doi: 10.22059/jne.2022.327719.2253. [In Persian]

Haghdadi, M., Heshmati, G. A., & Azimi, M. S. (2018). Assessment of Water yield service based on the InVEST tool (case study: Delichai watershed). Journal of Water and Soil Conservation, 25(4), 275-290. doi: 10.22069/jwsc.2018.13352.2800. [In Persian]
Fatollahi. R. S., M. Khanmohamadi and K. Nasir Ahmadi. (2018). Modelling of land use changes with using of LCM model: Case study, Neka Township. Natural Ecosystems in Iran 9(1): 53-69. (In Persian).
Nikooy, F., Pourebrahim, S., Jabbarian Amiri, B., & Arab, D. R. (2021). Investigating the Role of Water Yield Ecosystem Service in WA + Resource Base Sheet (Case of Urmia Lake Basin). Iranian Journal of Ecohydrology, 8(1), 45-56. doi: 10.22059/ije.2020.310365.1386. [In Persian].
Madadi, A., Babaei olam, T., & Ghodrati, A. (2024). Forecasting Changes in the Morphology of Sefid Rood River Using Arc GIS. Journal of Geography, Urban and Regional Studies, 12(48), 20-33. [In Persian].

References (in English)

Birhanu, A., I. Masih. P. van der Zaag. J. Nyssen. And X. Cai. (2019). Impacts of land use and land cover changes on the hydrology of the Gumara catchment. Ethiopia, 4th International Conference on Ecohydrology. Soil and Climate Change 109: 1-78.
Hou, Y., & Wu, J. (2024). Land-Use and Habitat Quality Prediction in the Fen River Basin Based on PLUS and InVEST Models.
Mohammadyari, F., Zarandian, A., Mirsanjari, M. M., Suziedelyte Visockiene, J., & Tumeliene, E. (2023). “Modelling Impact of Urban Expansion on Ecosystem Services: A Scenario-Based Approach in a Mixed Natural/Urbanised Landscape”, Land, 12(2), 291.
Rashidiyan, M., & Rahimzadegan, M. (2024). Investigation and Evaluation of Land Use–Land Cover Change Effects on Current and Future Flood Susceptibility. Natural Hazards Review, 25(1), 04023049.
Rasouli, A.A., S. H. Safarov. M. Asgarova. E. S. Safarov and M. Milani. (2021). Detection and Mapping of Green-Cover and Landuse Changes by Advanced Satellite Image Processing Techniques; A Case Study: Azerbaijan Eastern Zangezur Economic Region. Azerbaijan AMEA-nın Biologiya və Tibb Elmləri Bölməsi Journal pp 1-19.
Roushangar, K., M. T., Aalami and H. Golmohammadi. (2022). Effect of Land Use Trends on the Amount of Agricultural Water Consumption in Urmia Lake Watershed in the Next 20 Years Using Markov Chain. Journal of Water and Soil Resources Conservation 12(2):115-131.
Yirsaw, E. Wu. W., X. Shi. H. Temesgeh and B. Bekele. (2017). Land use and land cover change modelling and the prediction of subsequent changes in ecosystem service values in a coastal area of China, The Su-Xi-Change region. Sustainability 9 (7): 1204.

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۴، شماره ۴۴، تیر ۱۴۰۴

تحلیل تهدیدات تغییر اقلیم و تغییرکاربری اراضی بر افزایش ریسک سیلاب حوضه آبخیز شهرچای

طیبه ایرانی[۱]، هیراد عبقری[۲*]، علی اکبر رسولی[۳]

۱. فارغ التحصیل دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران
۲. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران (نویسنده مسئول)
۳. استاد گروه علوم محیطی، دانشگاه مک کواری، سیدنی، استرالیا

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۰

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۷/۰۲

واژه‌های کلیدی:
مدل InVEST، پردازش دانش پایه، پیش‌بینی ، مدل مارکوف، مدل LARS- WG.

چکیده

این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی و پیش‌بینی ریسک سیلاب‌های آینده حوضه آبخیز شهرچای واقع در استان آذربایجان غربی یکی از زیرحوضه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداخته است. با توجه به رشد جمعیت، توسعه اجتماعی و اقتصادی و تغییرات آب‌وهوایی ناشی از گرمایش جهانی، خسارت‌های ناشی از سیلاب در این منطقه در حال افزایش است. هدف از این پژوهش، شناسایی عوامل اصلی موثر بر خطر سیل و پیش‌بینی احتمال وقوع سیلاب در آینده است. جهت دست‌یابی به هدف مطرح‌شده، نخست جهت پایش و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی ۷سال اخیر با استفاده از تصاویر Sentinel2 به روش شیءگرا و طبقه‌بندی تصاویر از الگوریتم SVM و جهت شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در آینده از الگورتیم CA-MARKOV استفاده شد. درنهایت شبیه‌سازی رواناب با استفاده از مدل InVEST از متغیرهای بارش (جهت شبیه‌سازی بارش از نرم-افزار LARS- WG)، از مدل اقلیمی CMIP6 با نام ACCESS-CM2 و با استفاده از دو سناریو SSP2-4.5 و SSP5-8.5 استفاده شده است. کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیکی خاک و شماره منحنی مربوط به حوضه آبخیز مورد مطالعه تهیه و به نرم‌افزار InVEST معرفی شد. نتایج نهایی نشان می‌دهد برای سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۲۳ و ۲۰۳۰ در ضلع جنوبی حوضه آبخیز شهرچای، پتانسیل خیلی کم و کم برخوردار است. این درحالی است که در قسمت مرکزی حوضه آبخیز پتانسیل تولید رواناب متوسط و بالا می‌باشد. طبق نتایج پیش‌بینی برای سال ۲۰۳۰، پتانسیل تولید رواناب حداکثر و حداقل مقادیر رواناب با مقدار عددی ۱۲۹/۵۷ و ۰ مترمکعب برآورد شد. بنابراین، در اکثر بخش‌های حوضه آبخیز شهرچای رواناب افزایش خواهد یافت.

استناد: ایرانی، طیبه ، عبقری، هیراد و رسولی، علی اکبر . (۱۴۰۴). تحلیل تهدیدات تغییر اقلیم و تغییرکاربری اراضی بر افزایش ریسک سیلاب حوضه آبخیز شهرچای. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۴(۴۴). ۲۸-۲۳. DOI: 10.22111/jneh.2024.49039.2053

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© طیبه ایرانی، هیراد عبقری*، علی اکبر رسولی.

*- هیراد عبقری (نویسنده مسئول)
Email: h.abghari@urmia.ac.ir

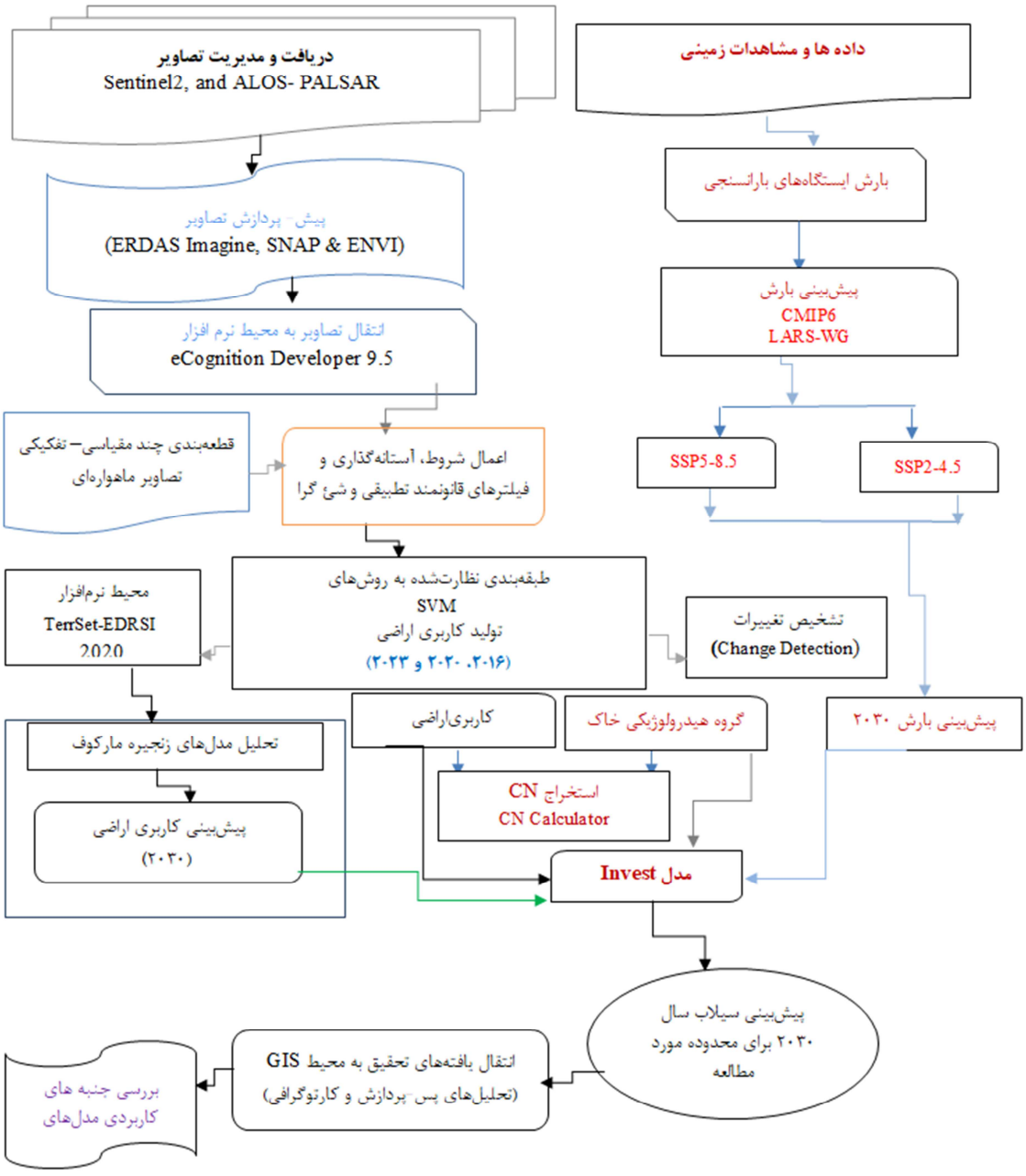
مقدمه

تغییرات کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی از عوامل کلیدی تأثیرگذار بر محیط‌زیست و مخاطرات هیدرولوژیکی محسوب می‌شوند. شناسایی و پیش‌بینی این تغییرات در مدیریت منابع آب و کاهش خطر سیلاب اهمیت دارد. مدل‌های شبیه‌سازی مانند CA-MARKOV وInVEST ، همراه با داده‌های ماهواره‌ای و مدل‌های اقلیمی مانند CMIP6، ابزارهای مؤثری برای ارزیابی این تغییرات فراهم می‌کنند. در این پژوهش، با استفاده از تصاویر Sentinel-2 و الگوریتم SVM، تغییرات کاربری اراضی تحلیل و با مدل CA-MARKOV آینده آن شبیه‌سازی شده است. همچنین، مدلInVEST برای شبیه‌سازی رواناب و تأثیر تغییرات کاربری بر حفظ رواناب به کار رفته است. متغیرهای اقلیمی از مدل CMIP6 تحت سناریوهای SSP2-4.5 و SSP5-8.5 استخراج شده‌اند. نتایج این پژوهش می‌تواند در شناسایی مناطق مستعد سیلاب، تدوین استراتژی‌های مدیریت سیلاب و برنامه‌ریزی بهینه منابع آب مؤثر باشد. استفاده از این یافته‌ها در توسعه زیرساخت‌های مقاوم، بهبود سیستم‌های زهکشی و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی بر سیلاب ضروری است. مطالعات متعددی در زمینه تأثیر تغییرات کاربری اراضی و اقلیم بر خطر سیلاب و خدمات اکوسیستم آب انجام شده است. رشیدیان و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از مدل تغییرات زمین و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر آسیب‌پذیری سیل در حوزه آبخیز تالار، ایران را بررسی کردند و نشان دادند که این روش‌ها قادر به تولید نقشه‌های دقیق آسیب‌پذیری سیل هستند. هو و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از مدل‌های CA-Markov وFloodMap، تغییرات کاربری زمین و ریسک سیل را در شهر چونگ‌کینگ شبیه‌سازی کردند و پیش‌بینی کردند که تا سال ۲۰۳۰، مناطق ساخت‌وساز و عمق غرقابی افزایش خواهد یافت. در مطالعات داخلی، مددی و همکاران (۱۴۰۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل ترکیبی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار، تغییرات مورفولوژیک رودخانه سفیدرود را پیش‌بینی کردند. محمدیاری و همکاران (۲۰۲۳) مدل‌سازی عملکرد آب در کلان‌شهر کرج را انجام داده و اثر شهرنشینی بر عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب را بررسی کردند. نیکوی و همکاران (۱۴۰۰) نقش اکوسیستم دریاچه ارومیه در تأمین منابع آب را ارزیابی کرده و نشان دادند که این اکوسیستم سهم مهمی در تأمین آب دارد. این پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تغییرات کاربری زمین و اقلیم تأثیر مستقیمی بر خطر سیلاب و مدیریت منابع آب دارند و استفاده از مدل‌های ترکیبی و داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند در پیش‌بینی این تغییرات و کاهش مخاطرات مرتبط مؤثر باشد.

داده‌ها و روش‌ها

این پژوهش به بررسی تغییرات کاربری اراضی، پیش‌بینی بارش و مدل‌سازی رواناب در حوزه آبخیز شهرچای، یکی از ورودی‌های مهم دریاچه ارومیه، می‌پردازد. این حوضه با وسعت ۷۱۱ کیلومتر مربع در جنوب غربی ارومیه واقع شده و رودخانه شهرچای، که از ارتفاعات زرینه، کمال و زرینابوتان سرچشمه می‌گیرد، تأمین‌کننده اصلی آب شرب و کشاورزی منطقه است. برای پیش‌بینی بارش، از مدل اقلیمی CMIP6 مدل (ACCESS-CM2) و دو سناریوی SSP2-4.5و SSP5-8.5 استفاده شد. داده‌های بارش از سال ۱۳۴۵ تا ۱۴۰۰ برای تخمین بارش سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۳۰ به‌کار گرفته شد. همچنین، با مدلInVEST، تأثیر بارش، کاربری اراضی و نوع خاک بر رواناب و خطر سیلاب

بررسی شد. اطلاعات مربوط به گروه‌های هیدرولوژیکی خاک از داده‌های soilgrids.org استخراج شده و در چهار دسته A ، B، Cو D طبقه‌بندی گردید. میزان رواناب با روش شماره منحنی (CN) بر اساس ویژگی‌های خاک و کاربری اراضی برآورد شد. تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 با تفکیک ۱۰ متری برای سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۳، با استفاده از روش شیءگرا و الگوریتمSVM ، به‌منظور استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و تحلیل تغییرات آن مورد استفاده قرار گرفت. سپس، برای پیش‌بینی تغییرات آتی، مدل زنجیره مارکوف و CA-Markov به‌کار گرفته شد که با تحلیل نقشه‌های قبلی، ماتریس احتمال انتقال کاربری‌ها را تعیین کرد. در شکل (۱) فلوچارت روش پژوهش ارائه شده است.



شکل ۱: فلوچارت روش پژوهش

نتایج و بحث

پیش‌بینی بارش با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۶۶–۲۰۲۱ و سناریوهای اقلیمی نشان داد که سناریوی SSP5-8.5 به‌عنوان سناریویی بدبینانه، برای اهداف پیش‌بینی سیلاب قابل قبول بوده و نتایج آن به عنوان ورودی اصلی در مدل‌سازی استفاده شده است. طبقه‌بندی کاربری اراضی با الگوریتم SVM در هفت کلاس (پهنه‌آبی، خاک، باغات و

اراضی‌آبی، اراضی دیم، نمک‌حاشیه دریاچه ارومیه، مرتع و مناطق مسکونی) برای سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۳ انجام شد. نقشه‌های استخراج شده، نشان‌دهنده تغییرات قابل توجهی در مساحت کلاس‌ها بوده‌اند؛ به‌طور مثال، مساحت باغات و اراضی‌آبی ازkm^2 ۱۱۱/۲۷ در سال ۲۰۱۶ به km^2 ۱۸۵/۵۳ در سال ۲۰۲۳ افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ بهkm^2 ۱۹۳/۷۲ برسد. صحت طبقه‌بندی با ضریب‌های کاپا (۹۵–۹۷٪) تأیید گردید. با استفاده از مدل‌های مارکوف و CA مارکوف، نقشه‌های پیش‌بینی کاربری اراضی برای سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۳۰ استخراج شدند که دقت پیش‌بینی مدل CA مارکوف با ضریب کاپا ۹۳٪ نشان‌دهنده قابلیت اطمینان این روش است.

مقایسه تغییرات مساحت کاربری‌ها نشان می‌دهد که به‌ویژه کلاس‌های باغات و اراضی‌آبی افزایش و کلاس‌های خاک، آب و مرتع کاهش یافته‌اند، این تغییرات همسو با یافته‌های فتح‌الهی و همکاران (۱۳۹۷) درباره کاهش اراضی جنگلی و افزایش اراضی کشاورزی و شهری است. افزایش کاربری‌های کشاورزی آبی و باغات در حوزه آبخیز شهرچای، که با نتایج روشنگر و همکاران (۲۰۲۲) در مصرف آب کشاورزی مطابقت دارد، می‌تواند به افزایش مصرف منابع آب منجر شود.

برای ارزیابی پتانسیل تولید رواناب، شماره منحنی (CN) برای هر کاربری و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (A تا D) محاسبه شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار InVEST و ورودی‌های شامل نقشه کاربری پیش‌بینی‌شده سال ۲۰۳۰، بارش سال ۲۰۳۰ وCN ، نقشه‌های ریسک سیلاب برای سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۲۳ و پیش‌بینی‌شده ۲۰۳۰ تهیه گردید. نتایج نشان می‌دهد که در بخش‌هایی که کاربری‌های مناطق مسکونی، خاک و مرتع و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک C و D غالب است، پتانسیل تولید رواناب بالاتر است؛ در حالی که در نواحی کشاورزی آبی و باغات، پتانسیل رواناب کمتر می‌باشد. این نتایج بیانگر این است که تغییرات کاربری اراضی، به ویژه افزایش اراضی باغات و کشاورزی آبی، می‌تواند باعث تغییر در الگوی تولید رواناب و افزایش مصرف منابع آب شود. یافته‌های به دست آمده هم‌راستا با مطالعات بین‌المللی (یرساو و همکاران، ۲۰۱۷؛ بیرهانو و همکاران، ۲۰۱۹؛ رسولی و همکاران، ۲۰۲۱) و داخلی (حق‌دادی و همکاران، ۱۳۹۷؛ املایی و همکاران، ۱۴۰۰) بوده و کارایی مدل InVEST در برآورد تولید آب را در شرایط داده‌های محدود تأیید می‌کند. این رویکرد ترکیبی از مدل‌سازی تغییرات کاربری با (SVM و CA مارکوف) و مدل‌سازی خدمات اکوسیستم با (InVEST) ابزاری کارآمد برای تدوین سیاست‌های مدیریت منابع آب و کاهش خطر سیلاب در حوزه آبخیز شهرچای ارائه می‌دهد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با استفاده از مدلInVEST ، که توسط Natural Capital Project توسعه یافته و به‌عنوان ابزاری قدرتمند در مدل‌سازی منابع آب شناخته می‌شود، به پیش‌بینی ریسک سیلاب در حوزه آبخیز شهرچای پرداخته است. این مدل با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیمی و کشاورزی، تأثیرات تغییرات کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی بر آبخوان‌ها، جریان‌های سطحی، کیفیت آب و سیلاب را برآورد می‌کند. در این پژوهش، بارش برای سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۳۰ بر اساس داده‌های سال‌های ۱۹۶۶–۲۰۲۱ و سناریوهای SSP2-4.5 و SSP5-8.5

پیش‌بینی شده، با توجه به هدف پیش‌بینی سیلاب، سناریوی بدبینانه SSP5-8.5 مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، با تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و شماره منحنی (CN) مربوط به حوزه، نقشه‌های پیش‌بینی ریسک سیلاب با استفاده از InVEST برای سال ۲۰۳۰ تولید گردید. نتایج نشان می‌دهد که در نواحی با کاربری‌های مسکونی، خاک، مرتع و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک C وD ، پتانسیل تولید رواناب بالا بوده و در نواحی کشاورزی آبی و باغات، تولید رواناب کمتر است. این تفاوت در تولید آب بین کاربری‌های مختلف، اهمیت مدیریت منابع آب را در منطقه به‌ویژه در تأمین نیازهای ساکنان و تطبیق تولید آب از بالا به پایین حوزه نشان می‌دهد. از سوی دیگر، با توجه به اهمیت خدمات تنظیمی رواناب در تحقیقات اکوسیستم، ارائه روش‌هایی برای ارزیابی و پیش‌بینی کمی این خدمات می‌تواند در تدوین استراتژی‌های مدیریتی و حفاظتی مؤثر برای مناطق دارای قابلیت تولید رواناب نقش کلیدی ایفا کند.

منابع

املائی، زهرا؛ پورابراهیم، شراره؛ مخدوم، مجید. (۱۴۰۰). مدل‌سازی مکانی عرضه و تقاضای خدمت تولید آب سطحی در حوضه آبریز هراز. محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۷۴، شماره ۳، صص: ۴۷۵-۴۸۹.

حقدادی، مهرناز؛ حشمتی، غلامعلی؛ عظیمی، مژگان. (۱۳۹۷). بررسی خدمت اکوسیستم تولید آب با استفاده از نرم‌افزار InVEST (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دلیچای). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دوره ۲۵، شماره ۴، صص: ۲۷۵-۲۹۰.

فتح الهی رودباری، سیده معصومه؛ نصیراحمدی، کامران؛ خانمحمدی، مهرداد. (۱۳۹۷). مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل ساز تغییر سرزمین (LCM) مطالعه موردی: شهرستان نکا .اکوسیستم های طبیعی ایران، دوره ۹، شماره ۱، صص: ۵۳-۶۹.

مددی، عقیل؛ بابایی اولم، طیبه؛ قدرتی، علیرضا. (۱۴۰۲). پیش‌بینی تغییرات مورفولوژی رودخانه سفید رود با استفاده از Arc GIS. جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه‌ای، دوره ۱۲، شماره ۴۸، صص: ۲۰-۳۳.

نیکوی، فاطمه؛ پورابراهیم، شراره؛ جباریان امیری، بهمن؛ عرب ،داوودرضا. (۱۴۰۰).نقش خدمت اکوسیستمی تولید آب در تأمین منابع آب +حسابداری (WA) مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ ارومیه. اکوهیدرولوژی، دوره ۸، شماره ۱، صص: ۴۵ -۵۶.

Birhanu, A., I. Masih. P. van der Zaag. J. Nyssen. And X. Cai. (2019). Impacts of land use and land cover changes on the hydrology of the Gumara catchment. Ethiopia, 4th International Conference on Ecohydrology. Soil and Climate Change 109: 1-78.

Hou, Y., & Wu, J. (2024). Land-Use and Habitat Quality Prediction in the Fen River Basin Based on PLUS and InVEST Models.

Mohammadyari, F., Zarandian, A., Mirsanjari, M. M., Suziedelyte Visockiene, J., & Tumeliene, E. (2023). “Modelling Impact of Urban Expansion on Ecosystem Services: A Scenario-Based Approach in a Mixed Natural/Urbanised Landscape”, Land, 12(2), 291.

Rashidiyan, M., & Rahimzadegan, M. (2024). Investigation and Evaluation of Land Use–Land Cover Change Effects on Current and Future Flood Susceptibility. Natural Hazards Review, 25(1), 04023049.

Rasouli, A.A., S. H. Safarov. M. Asgarova. E. S. Safarov and M. Milani. (2021). Detection and Mapping of Green-Cover and Landuse Changes by Advanced Satellite Image Processing Techniques; A Case Study: Azerbaijan Eastern Zangezur Economic Region. Azerbaijan AMEA-nın Biologiya və Tibb Elmləri Bölməsi Journal pp 1-19.

Roushangar, K., M. T., Aalami and H. Golmohammadi. (2022). Effect of Land Use Trends on the Amount of Agricultural Water Consumption in Urmia Lake Watershed in the Next 20 Years Using Markov Chain. Journal of Water and Soil Resources Conservation 12(2):115-131.

Yirsaw, E. Wu. W., X. Shi. H. Temesgeh and B. Bekele. (2017). Land use and land cover change modelling and the prediction of subsequent changes in ecosystem service values in a coastal area of China, The Su-Xi-Change region. Sustainability 9 (7): 1204.