University of Tehran Press

Environmental ***Hazards*** **Management**

Iranian Hazardology Association
Online ISSN: 2383-0530

Home Page: https://jhsci.ut.ac.ir

Analysis of Indigenous Knowledge Components of Flood Management and Flood Potential in the Kan-Soleqhan Watershed

Ali Ahmadabadi[1*] | Ensiyeh Mihanparast[2] | Amir Saffari[3]

1. Associate Professor of Geomorphology, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: ahmadabadi@khu.ac.ir
2. PhD Student of Geomorphology, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: ensiyeh.m1995@gmail.com
3. Professor of Geomorphology, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: saffari@khu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 22 November 2025
Revised: 31January 2026
Accepted: 24 February 2026
Published: 16 March 2026

Keywords:
Flood potential,
Kan-Soleqhan Basin,
Indigenous knowledge,
Hydrological Modeling,
Flood management.

ABSTRACT

Objective: Floods are among the most destructive environmental hazards, causing severe damage and casualties to residential areas and infrastructure each year. Despite advances in technology and structural flood management measures, vulnerability has increased due to climate change and land-use changes. This study aimed to analyze the components of indigenous knowledge in flood management within the Kan-Soleqhan watershed and to assess the flood potential of its sub-basins. **Methods:** The research was conducted in two stages. First, indigenous knowledge components were examined using questionnaire data analyzed through structural equation modeling. Second, hydrological modeling was performed with HEC-HMS software to estimate flood potential across the sub-basins. Historical flood events, including the Imamzadeh Davoud flood (1952) and the Mordad flood (1962), were used as contextual references. **Results:** The findings revealed that among the components of indigenous knowledge, understanding floodplain behavior was the most significant factor. Hydrological simulations indicated that the Imamzadeh Davoud, Randan, and Doab sub-basins exhibit the highest flood risk, whereas the Heryas and Soleqhan sub-basins show the lowest potential. **Conclusions:** The study underscores the importance of integrating indigenous knowledge with modern structural and non-structural flood management approaches. Such integration can support the development of a comprehensive flood management framework for the Kan Basin, enhancing prevention, preparedness, and response strategies, and ultimately reducing damages and casualties from future floods.

Cite this article: Ahmadabadi, A.; Mihanparast, E. & Saffari, A. (2025). Analysis of Indigenous Knowledge Components of Flood Management and Flood Potential in the Kan-Soleqhan Watershed. *Environmental Hazards Management*, 12 (3), 283-296. DOI: http//doi.org/10.22059/jhsci.2026.406829.908

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jhsci.2026.406829.908

Introduction

Floods are among the most frequent and destructive environmental hazards, causing substantial damage and losses to residential areas and infrastructure each year. Despite technological advancements and the application of structural flood management measures, vulnerability to flooding has continued to rise, largely due to climate change and land-use changes.This study focuses on the Kan-Soleqhan watershed, where the research first analyzes the components of indigenous knowledge in flood management, followed by an assessment of flood risk potential in its sub-basins. The watershed, as an urban area, has a history of severe flooding events, including the Imamzadeh Davoud flood in 1952 and the flood in August 2022.Data collection was conducted through questionnaires, with structural equation modeling applied to evaluate indigenous knowledge components in flood

management. Hydrological modeling using HEC-HMS software was then employed to estimate flood risk potential across the sub-basins. The findings indicate that among the components of indigenous knowledge, understanding floodplain behavior holds the most significant importance .In terms of flood risk potential, the Imamzadeh Davoud, Randan, and Doab sub-basins were identified as the most vulnerable, while the Heryas and Soleqhan sub-basins exhibited the lowest risk. Importantly, integrating indigenous knowledge with modern structural and non-structural flood management approaches can play a crucial role in developing a comprehensive flood management plan for the Kan watershed. Such integration enhances prevention, preparedness, and response strategies, ultimately reducing damages and casualties from future flood events.

Methodology

In this study, the statistics related to indigenous knowledge components and their importance were collected through questionnaires administered in the study area. The data were normalized and analyzed using SPSS software. The research followed a descriptive-analytical approach, with fieldwork conducted through the questionnaire method. The Cochran formula was applied to determine the appropriate sample size.Structural equation modeling (SEM), a multivariate statistical technique, was employed to investigate causal relationships. This method involves designing both measurement and structural models and assessing their fit to the data. SEM enables researchers to test and evaluate complex theoretical frameworks systematically, distinguishing between direct and indirect effects among variables, while also accounting for measurement error.To determine flood potential, flood hydrograph analysis was conducted using rainfall and runoff data obtained from the Ministry of Energy's rain gauge and hydrometric stations. Hydrological modeling was performed with HEC-HMS software, supported by spatial analysis in ArcGIS, to simulate basin behavior and identify areas with high flood risk.

Results

According to the findings of this study, the hybrid approach significantly improved the accuracy of forecasting surface flows and flood patterns. The HEC-HMS model effectively simulated the hydrological behavior of the basin and identified areas with high flood potential. Local knowledge and the experiences of residents played a crucial role in enriching the model and enhancing the precision of the results.Structural equation analysis further revealed that natural and human factors simultaneously and interactively influence flood occurrence. These insights contributed to the development of more efficient management strategies and strengthened the resilience of local communities against flood hazards.The study highlights that integrating indigenous knowledge with modern science can substantially improve flood management processes and reduce risks from natural disasters. Traditional practices such as slope farming and the preservation of local vegetation cover were shown to help control runoff velocity, prevent soil erosion, improve water quality, and enhance ecosystem resilience. When combined with modern technologies, including flood forecasting systems and water resource management software, these practices provide comprehensive solutions for managing flood risks.Active participation of local communities in this process fosters a stronger sense of responsibility and awareness regarding flood hazards, ultimately improving living conditions in the region. Analysis of precipitation patterns indicated that the highest rainfall occurs during spring and winter, with intensity increasing from the south to the north of the basin. Flood runoff analyses revealed rapid flows and high hydrograph peaks following heavy rainfall. This pattern is largely attributed to the gentle slopes and low soil permeability in the mountainous areas of the basin, while land-use changes such as urban development have further exacerbated flood risks.

Conclusion

According to the results of this study, the HEC-HMS model, when combined with indigenous knowledge, can significantly enhance flood management in a basin through the application of structural equation modeling. The HEC-HMS model provides accurate simulations of runoff and surface flow by comprehensively modeling hydrological processes, thereby identifying flood-prone areas. Structural equation modeling further enables the simultaneous examination of natural and human factors influencing flood occurrence. Indigenous knowledge, particularly local residents'

understanding of rainfall, runoff, and flood patterns, serves as a valuable input to the structural model. Integrating this knowledge with hydrological data allows for the development of a more comprehensive framework of flood-related factors. This framework makes it possible to assess and prioritize the impact of each factor on flood intensity, thereby supporting planners and managers in designing and implementing more effective measures such as infrastructure improvements, land-use adjustments, and surface water management strategies.Ultimately, this combined approach—integrating HEC-HMS modeling, structural equation analysis, and indigenous knowledge—leads to more efficient and integrated flood management within the watershed. The Kan-Soleqhan watershed, due to its geographical and climatic characteristics, is highly prone to sudden and intense rainfall events, resulting in complex hydrological behavior and dangerous floods with short concentration times and high runoff coefficients. In such conditions, indigenous knowledge plays a critical role in identifying rainfall and runoff patterns and in managing natural resources.This study demonstrates that the integration of local experiences with modern scientific methods not only improves the efficiency of flood management but also strengthens community resilience, reduces risks, and contributes to sustainable resource management.

Ethical considerations

Following the principles of research ethics

The authors have adhered to the principles of research ethics in the implementation and publication of this study, and this compliance is confirmed by all contributors.

Author Contributions

First author (supervisor): Participation in research design, preparation of draft article, data collection, analysis, interpretation of information and results, correction and revision

Second author (student): Participation in research design, preparation of draft article, data collection, analysis, interpretation of information and results, correction and revision

Third author (advisor): Participation in research design, supervision of research, reading and revision of the article

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding this research.

Sponsor

This study did not receive financial or institutional support from any organization.

Duplication

Duplication of the article Analysis of Indigenous Knowledge Components of Flood Management and Flood Potential in the Kan-Soleqhan Watershed was verified through the Irandoc system, and the manuscript has been submitted to the Journal of Environmental Risk Management.

Acknowledgements

This article is derived from the doctoral dissertation at Kharazmi University entitled *Investigation of the Effect of Landforms on Rainfall Runoff Modeling in the Kan-Soleqhan Watershed*. The authors gratefully acknowledge the reviewers for their valuable scientific and structural comments.

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت مخاطرات محیطی

سایت نشریه: https://jhsci.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۴۱۶۸-۲۴۲۳

تحلیل مؤلفه‌های دانش بومی مدیریت سیلاب و پتانسیل سیل‌خیزی درحوضهٔ آبخیز کن– سولقان

علی احمدآبادی[۱*] | انسیه میهن‌پرست[۲] | امیر صفاری[۳]

۱. نویسندهٔ مسئول، دانشیار ژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: ahmadabadi@khu.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: ensiyeh.m1995@gmail.com

۳. استاد ژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکدهٔ علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: saffari@khu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

کلیدواژه:
پتانسیل سیل‌خیزی،
حوضهٔ آبخیز کن – سولقان،
دانش بومی،
مدل‌سازی هیدرولوژیکی،
مدیریت سیلاب.

چکیده

سیلاب از مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که هر ساله خسارات و تلفات گسترده‌ای بر مناطق مسکونی و زیرساخت‌های انسانی وارد می‌کند. با وجود پیشرفت‌های فناوری و روش‌های مدیریت سازه‌ای سیلاب، آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب به‌دلیل تغییرات اقلیمی و تغییر کاربری اراضی افزایش یافته است. این پژوهش با تمرکز بر حوضهٔ آبخیز کن– سولقان، به‌عنوان یک مطالعهٔ موردی شهری با سوابق سیلابی شاخص از جمله سیل امامزاده داوود در سال ۱۳۳۱ و سیل مرداد ۱۴۰۱ در دو گام انجام گرفت: نخست، تحلیل مؤلفه‌های دانش بومی مدیریت سیلاب با استفاده از داده‌های پرسشنامه با روش SEM؛ دوم، برآورد پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها با بهره‌گیری از مدل‌سازی هیدرولوژیکی در نرم‌افزارHEC-HMS . نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در میان مؤلفه‌های دانش بومی، شناخت رفتار سیلاب در دشت‌ها و پهنه‌های سیلابی اهمیت بیشتری دارد. همچنین زیرحوضه‌های امامزاده داوود، رندان و دوآب بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی را دارند و زیرحوضه‌های هریاس و سولقان کمترین میزان را نشان می‌دهند. نوآوری پژوهش حاضر در آن است که دانش بومی نه به‌عنوان دادهٔ توصیفی، بلکه به‌عنوان ابزار تحلیلی برای تفسیر، وزن‌دهی و اولویت‌بندی خروجی‌های HEC-HMS به‌کار گرفته شده است؛ به‌گونه‌ای که نتایج SEM نشان می‌دهد برخی زیرحوضه‌ها با وجود دبی اوج مشابه، به‌دلیل ویژگی‌های بومی پهنهٔ سیلابی و الگوی استقرار سکونتگاه‌ها، از نظر مدیریت سیلاب، اولویت دارند؛ امری که با اتکای صرف بر مدل هیدرولوژیکی قابل شناسایی نیست. بنابراین، نقش دانش بومی در این پژوهش نه جایگزینی مدل هیدرولوژیکی، بلکه تکمیل خلأ تصمیم‌سازی آن در مقیاس محلی است. اگرچه به تلفیق دانش بومی و مدل‌های علمی در سال‌های اخیر توجه شده است، پژوهش حاضر با انتقال دانش بومی از سطح توصیفی به سطح تحلیلی– کمّی، امکان استفادهٔ عملیاتی از آن را در مدیریت سیلاب شهری فراهم می‌کند.

استناد: احمدآبادی، علی؛ میهن‌پرست، انسیه و صفاری، امیر (۱۴۰۴). تحلیل مؤلفه‌های دانش بومی مدیریت سیلاب و پتانسیل سیل‌خیزی درحوضهٔ آبخیز کن– سولقان. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۳)، ۲۸۳–۲۹۶.

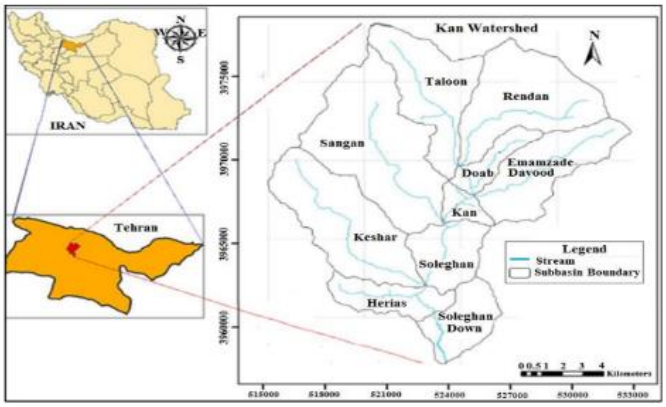
DOI: http//doi.org/10.22059/jhsci.2026.406829.908

© نویسندگان **ناشر:** مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jhsci.2026.406829.908

مقدمه

حوضه‌های آبخیز واحدهای ژئومورفولوژیک طبیعی هستند که می‌توانند انرژی جریانی را همگرا کنند (مقیمی و گلاد، ۲۰۲۵) و واحدهای پایه در پژوهش‌های جغرافیایی و هیدرولوژیکی به شمار می‌روند که نقش مهمی در تحلیل رفتار هیدرولوژیکی، مدیریت جامع منابع آب و ارزیابی خطرپذیری سیلاب دارند (رضایی و شفیعی، ۲۰۲۳). در این میان، حوضهٔ آبخیز کن- سولقان به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص، توپوگرافی پیچیده و تغییرات کاربری اراضی، از مناطق مستعد سیلاب‌های شدید محسوب می‌شود. این منطقه تحت تأثیر عوامل متعددی نظیر تغییرات اقلیمی، رشد شهرنشینی و فعالیت‌های انسانی، با چالش‌های جدی در زمینهٔ مدیریت سیلاب مواجه است. از سوی دیگر، توزیع فضایی و زمانی رطوبت خاک در این حوضه به‌دلیل ناهمگونی‌های توپوگرافی و پوشش گیاهی منطقه، از الگوهای پیچیده‌ای تبعیت می‌کند که در مدل‌سازی رواناب سطحی و پیش‌بینی پاسخ هیدرولوژیکی حوضه باید مدنظر قرار گیرد (احمدی و همکاران، ۲۰۲۳). پژوهش‌های اخیر در منطقهٔ کن نشان می‌دهند که تغییر کاربری اراضی، به‌ویژه تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های مسکونی و صنعتی، موجب افزایش ضریب رواناب، کاهش نفوذپذیری خاک و در نهایت تشدید خطر سیلاب در حوضهٔ کن- سولقان شده است. این یافته‌ها بر اهمیت مدیریت یکپارچهٔ حوضه‌های آبخیز و اعمال سیاست‌های کنترلی در توسعه شهری تأکید دارند (هوانگ، ۲۰۲۲). استفاده از ابزارهای مدل‌سازی هیدرولوژیکی در تصمیم‌گیری‌ها نیز محدود بوده است. در چند سال اخیر، برخی پژوهش‌های جدید در زمینهٔ مدل‌سازی هیدرولوژیکی این حوضهٔ آبخیز انجام گرفته است. محققان با استفاده از داده‌های آب‌شناسی و آب‌وهوایی موجود، به ایجاد مدل‌های جدید هیدرولوژیکی پرداخته‌اند. این پژوهش‌های توانسته‌اند برخی روندهای آبی را بهتر شبیه‌سازی کنند و اطلاعات مفیدتری برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی فراهم آورند (پیکهام، ۲۰۲۲). مشارکت افراد محلی که دارای دانش بومی منطبق بر شرایط محیطی هستند می‌تواند کمک شایان توجهی در مدیریت سیلاب باشد. دانش بومی، دانش کارآمدی است که در درون جامعه‌ای معین و تحت شرایطی خاصی توسعه یافته و به‌دلیل تغییر و تکامل در طول زمان، قابلیت ترکیب با دانش نوین را پیدا کرده است. در بررسی بازشناسی دانش بومی به‌عنوان مدیریت سازگار به این نتیجه رسیده‌اند که ادغام دانش سنتی با تکنیک‌های مدرن می‌تواند تاب‌آوری سیستم‌های اکولوژیکی در برابر سیلاب‌ها را افزایش دهد (کلین و بیکر، ۲۰۲۱). بررسی دانش بومی و تاب‌آوری در برابر سیلاب و نقش دانش بومی در کاهش ریسک سیلاب‌ها در بنگلادش نشان داد که دانش محلی و تکنیک‌های سنتی به‌طور مؤثری در پیش‌بینی و کاهش آسیب‌های سیلابی در مناطق آسیب‌پذیر کاربرد دارد (بیکر، ۲۰۲۰). همچنین استفاده از دانش ترکیبی به‌جای تأکید بر یک دانش خاص مثل هیدرولوژی، می‌تواند خسارات سیلاب به سکونتگاه‌ها را کاهش دهد (مقیمی و همکاران، ۲۰۲۵). سیلاب‌ها از مهم‌ترین و فراوان‌ترین مخاطرات ژئومورفیک در کشور محسوب می‌شوند که همه‌ساله خسارت‌های زیادی بر جای می‌گذارند. حوضهٔ آبخیز آجی‌چای در استان آذربایجان شرقی نیز به‌دلیل گستردگی مساحت و دارا بودن شرایط خاص توپوگرافی همه‌ساله شاهد وقوع سیلاب‌های مخرب است (رضایی مقدم و رحیم‌پور، ۱۴۰۲). امروزه رشد سریع جمعیت و توسعهٔ پیوسته محیط‌های شهری، تأثیرات نامطلوبی بر هیدرولوژی حوضه‌های آبریز می‌گذارد و در بستر زمان سبب تشدید سیلاب، افزایش آلودگی در قسمت‌های پایاب، کاهش جریان‌های پایه و کاهش تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی می‌شود. در سال‌های اخیر وقوع سیل، خسارات مالی و جانی در این منطقه بر جای گذاشته است. این مسئله نشان می‌دهد که بی‌توجهی به آسیب‌پذیری شهری نسبت به سیلاب‌های گذشته، سبب تکرار هزینه‌ها و خسارات در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت شده است (احمدآبادی و همکاران، ۱۴۰۳). به‌عبارتی بارش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر چرخهٔ هیدرولوژیکی، تحت تأثیر تغییر اقلیم است و می‌تواند سبب بروز شرایط جدیدی در منابع آب شود. از این‌رو شبیه‌سازی متغیر بارش به‌خصوص برای آینده می‌تواند در برنامه‌ریزی در زمینهٔ مدیریت منابع آب بسیار بااهمیت باشد. همچنین در بررسی موضوع ادغام دانش بومی در سازگاری با تغییرات اقلیمی و مدیریت سیلاب به این نتیجه رسیده‌اند که استفاده از این دانش در طراحی و اجرای سیاست‌های مدیریتی می‌تواند به کاهش آسیب‌ها و بهبود پاسخ به سیلاب‌ها کمک کند. براساس نتایج این تحقیقات، برنامه‌های جامع حفاظت و احیای حوضهٔ آبخیز در دستور کار قرار گرفت تا از تکرار چنین رویدادهای مخربی در آینده جلوگیری شود. شایان ذکر است که دانش بومی که در طول قرن‌ها از طریق تجربه‌های محلی و سنت‌های فرهنگی منتقل شده است، می‌تواند منبع ارزشمندی برای مدیریت مؤثر سیلاب‌ها باشد. با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش در گام اول به

شناسایی و تحلیل مؤلفه‌های دانش بومی مدیریت سیلاب در حوضهٔ آبخیز کن–سولقان پرداخته شده و در گام دوم پتانسیل سیل‌خیزی در زیرحوضه‌های آن به دست آمده است. پژوهش حاضر نشان می‌دهد که شناسایی مؤلفه‌های دانش بومی و تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها، گام‌های مهمی در تدوین برنامه‌های حفاظتی و کاهش خسارات سیلابی در این منطقه محسوب می‌شوند. حوضهٔ آبخیز کن- سولقان واقع در شمال غربی شهر تهران، یک حوضهٔ آبخیز شهری به شمار می‌آید. این حوضه در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز قرار دارد و دارای ویژگی‌های جغرافیایی منحصربه‌فردی است. کن- سولقان در عرض جغرافیایی ۳۵.۷۵۵ تا ۳۵.۸۲۵ درجهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۲.۲۵۶ تا ۵۱.۲۷۶ درجهٔ شرقی قرار دارد و به‌دلیل موقعیت کوهستانی، دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. ارتفاع این منطقه به‌طور متوسط بین ۱۸۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا متغیر است و منطقه به‌دلیل موقعیت جغرافیایی خاص، آب‌وهوای سرد و کوهستانی را تجربه می‌کند. نوآوری این پژوهش در ادغام دانش بومی با مدل‌های علمی است؛ داده‌های محلی حاصل از تجربه‌های تاریخی سیلاب موجب اصلاح پارامترهای کلیدی HEC-HMS مانند زمان تمرکز و ضریب رواناب شدند.



شکل ۱. موقعیت حوضهٔ آبخیز کن- سولقان

فصلی بودن بارش‌ها و تجمع رواناب در این منطقه، خطر وقوع سیلاب را تا حد زیادی افزایش می‌دهد. حوضهٔ رودخانه کن در محل ورود به مرز شهر تهران حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. واحدهای سنگی هستهٔ تاقدیس امامزاده داوود به‌دلیل شرایط تکتونیکی و وجود درزه‌های کششی ناشی از چین‌خوردگی، فرسایش‌پذیری زیادی دارند و اشکال فرسایشی مانند واریزه و ریزش سنگی براساس نقشهٔ رخساره‌های ژئومورفولوژیکی در بخش برون‌شهری رودخانهٔ کن مشاهده می‌شود. بیشترین تلفات جانی ثبت‌شده در تهران ناشی از سیلاب‌های حاوی بار جامد بوده است؛ نمونهٔ بارز آن سه رخداد تاریخی شامل سیلاب ۷ مرداد ۱۳۳۳، سیلاب کن و سولقان در سال ۱۳۹۴ و سیلاب مرداد امامزاده داوود در سال ۱۴۰۱ است که همگی خسارات و تلفات انسانی گسترده‌ای در پی داشتند. در سیلاب کن و سولقان، ایجاد جریان واریزه‌ای و انسداد مقطع رودخانه موجب شکل‌گیری سیل ثانویه و شکست آن شد. این انسداد اغلب ناشی از تجاوز به حریم و بستر رودخانه توسط باغداران و روستاییان، تنگ‌شدگی مقطع در اثر سازه‌های متقاطع مانند پل کشار و تونل انحراف آزادراه تهران- شمال و عوامل مشابه بود. رخدادهای سیلابی حوضهٔ کن از نظر حجم سیلاب، دبی اوج، تداوم جریان و شدت خسارات بسیار شاخص‌اند. علت اصلی شدت خسارات، حجم زیاد رواناب و واریزه‌ها و انسداد مسیر رودخانه توسط لاشه‌سنگ‌ها و رسوبات سیلابی خوانده شده است. براساس شواهد، وقوع سیلاب‌های واریزه‌ای در این حوضه دور از انتظار نیست. این نوع سیلاب‌ها به‌دلیل حمل حجم زیاد رسوبات و گل‌ولای، قدرت تخریب بسیار بیشتری نسبت به سیلاب‌های معمولی دارند. سیلاب‌های حوضهٔ کن- سولقان اغلب تحت تأثیر دو عامل اصلی رخ می‌دهند: ۱. رگبارهای شدید و کوتاه‌مدت؛ ۲. بارش‌های طولانی‌مدت همزمان با افزایش دما و ذوب سریع برف. بررسی سیلاب‌های تاریخی ثبت‌شده در این حوضه نشان می‌دهد که وقوع بارش‌های شدید پس از بارش‌های قبلی، نقش مهمی در تشدید سیلاب‌ها داشته است. همچنین نقشه‌های فرسایش‌پذیری سنگ و خاک حوضه نشان می‌دهد که بخش‌هایی از دره‌ها دارای فرسایش‌پذیری زیاد هستند و این امر خطر سیلاب را افزایش می‌دهد.

روش تحقیق

الف) اطلاعات لازم برای پژوهش حاضر از دو منبع اصلی گردآوری شد: بخش نخست داده‌ها از طریق پرسشنامهٔ محقق‌ساخته با طیف لیکرت و با هدف احصای مؤلفه‌های دانش بومی و سنجش میزان اهمیت آنها در محدودهٔ پژوهش جمع‌آوری شد. داده‌های پرسشنامه‌ای پس از نرمال‌سازی، با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند؛ بخش دوم داده‌ها شامل اطلاعات هیدرولوژیکی و فیزیوگرافی حوضهٔ آبخیز، از جمله مشخصات توپوگرافی، کاربری اراضی، ویژگی‌های خاک، بارش و رواناب بود که برای شبیه‌سازی رفتار سیلاب استفاده شد.

ب) روش: پژوهش حاضر برمبنای تقسیم انواع پژوهش، یک پیمایش و با توجه به اهداف، در زمرهٔ پژوهش‌های توصیفی- تحلیلی است؛ این پژوهش برمبنای فرایند، کمّی؛ برمبنای منطق پژوهش، قیاسی؛ و از حیث نتایج، کاربردی است. ابزار اصلی جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه‌ای با مقیاس طیف لیکرت بود که به‌منظور احصای مؤلفه‌های دانش بومی و سنجش میزان اهمیت آنها در محدودهٔ تحت بررسی طراحی شد. داده‌های حاصل پس از نرمال‌سازی با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل و بررسی شدند.

به‌منظور تکمیل داده‌ها و افزایش دقت نتایج، بازدیدهای میدانی از منطقه انجام گرفت تا اطلاعات مرتبط با رفتار سیلاب، مسیرهای جریان و نقاط بحرانی شناسایی و با داده‌های پرسشنامه‌ای تطبیق داده شود. حجم نمونهٔ آماری با استفاده از فرمول کوکران تعیین شد. همچنین پرسشنامه توسط بومیان منطقه و صاحب‌نظران تکمیل شد. به‌منظور شبیه‌سازی فرایند بارش- رواناب و تحلیل رفتار سیلاب در حوضهٔ آبخیز تحت بررسی، از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS استفاده شد. این مدل با بهره‌گیری از داده‌های بارش، ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه، مشخصات خاک و کاربری اراضی، هیدروگراف سیلاب، دبی اوج و حجم رواناب را شبیه‌سازی می‌کند. پارامترهای مدل براساس داده‌های موجود و مشاهدات میدانی تنظیم و کالیبره شدند تا دقت نتایج افزایش یابد. در ادامه، به‌منظور بررسی روابط علی- معلولی بین مؤلفه‌های دانش بومی و متغیرهای مرتبط با مدیریت و کاهش مخاطرات سیلاب، از روش معادلات ساختاری (SEM) استفاده شد. این روش نوعی رویکرد آماری چندمتغیره برای تحلیل روابط علی- معلولیو شامل طراحی مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری و ارزیابی برازش مدل با داده‌های تجربی است. روش معادلات ساختاری امکان آزمون مدل‌های نظری پیچیده را در چارچوبی منسجم و نظام‌مند فراهم می‌کند و قابلیت تفکیک اثرهای مستقیم و غیرمستقیم متغیرها و لحاظ خطای اندازه‌گیری در متغیرها را دارد. در این پژوهش، دانش بومی متغیر تبیینی مؤثر در فرایند مدل‌سازی هیدرولوژیک تلقی شده و نقش آن به‌صورت مستقیم در کالیبراسیون مدل HEC-HMS لحاظ شده است. بدین منظور، مؤلفه‌های دانش بومی مرتبط با شناخت مسیرهای جریان، زمان وقوع اوج سیلاب و رفتار رواناب در پهنه‌های سیلابی ابتدا از طریق پرسشنامه و با استفاده از روش معادلات ساختاری کمّی‌سازی و وزن‌دهی شدند. نتایج مدل ساختاری نشان داد که برخی از این مؤلفه‌ها دارای اثر معنادار و مستقیم بر متغیرهای مرتبط با پویایی سیلاب هستند. بر این اساس، خروجی‌های کمّی حاصل از تحلیل معادلات ساختاری به‌عنوان ورودی‌های اصلاحی در فرایند کالیبراسیون مدل HEC-HMS استفاده شده و موجب تعدیل پارامترهای کلیدی مدل از جمله زمان تمرکز و ضریب رواناب شدند. مقایسهٔ نتایج شبیه‌سازی سیلاب پیش و پس از اعمال این اصلاحات نشان داد که تلفیق دانش بومی با مدل‌سازی عددی، دقت بازتولید هیدروگراف سیل را به‌طور معناداری افزایش داده و موجب تطابق بهتر نتایج مدل با داده‌های مشاهداتی شده است. این امر بیانگر نقش مؤثر و قابل اندازه‌گیری دانش بومی در بهبود عملکرد مدل‌های هیدرولوژیک و کاهش عدم قطعیت در برآورد پتانسیل سیلاب منطقهٔ پژوهش است.

جدول ۱. مؤلفه‌های بومی مؤثر در تاب‌آوری حوضه‌های سیلابی برای تحلیل وضعیت منطقه

مؤلفه دانش بومی	ابعاد فنی و مدیریتی	نقش در مدل‌سازی هیدرولوژیک (HEC-HMS / GIS)
شناخت رفتار سیلاب‌دشت و پهنه‌های سیلابی	تحلیل الگوی شیب، شناسایی مناطق مستعد آب‌گرفتگی	اصلاح مسیرهای جریان در محیط GIS، تعیین دقیق‌تر پهنه‌های مؤثر در رواناب، تعدیل زمان تمرکز (Tc)
تجارب محلی در انحراف آب	طراحی مسیرهای انحرافی سنتی، استفاده از سازه‌های بومی مانند بندهای خاکی و بندسارها	اصلاح ساختار شبکهٔ زهکشی مدل، اعمال تغییر در طول مسیر جریان و Lag Time
تقویت پوشش گیاهی	افزایش نفوذپذیری خاک، کاهش رواناب و فرسایش	تعدیل ضریب رواناب (CN یا C) و افزایش تلفات نفوذ در مدل
زراعت شیبدار	الگوهای کشت سازگار با شیب، کاهش رواناب سطحی	اصلاح پارامترهای نفوذ و زبری سطح، کاهش حجم رواناب تولیدی در زیرحوضه‌ها

داده‌ها و بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که رویکرد ترکیبی استفاده از مدل‌سازی هیدرولوژیکی (HEC-HMS) و تحلیل معادلات ساختاری (SEM) همراه با ادغام دانش بومی، تأثیر زیادی بر بهبود دقت پیش‌بینی جریان‌های سطحی و الگوهای سیلاب داشته است. مدل HEC-HMS توانست رفتار هیدرولوژیکی حوضه را شبیه‌سازی کرده و مناطق دارای پتانسیل زیاد سیل‌خیزی را شناسایی کند، درحالی که داده‌ها و تجارب محلی ساکنان به‌عنوان ورودی‌های اصلاحی در فرایند کالیبراسیون مدل، موجب افزایش دقت نتایج شدند. تحلیل SEM نیز نشان داد که عوامل طبیعی و انسانی به‌طور همزمان و پیچیده بر سیل‌خیزی تأثیر دارند و این یافته‌ها به تدوین استراتژی‌های مدیریتی کارآمدتر و افزایش تاب‌آوری جوامع محلی کمک کرده است. در این پژوهش، دانش بومی صرفاً ابزاری برای شناخت وضعیت موجود سیلاب تلقی نشده، بلکه به‌مثابهٔ منبعی برای استخراج راهکارهای اجرایی مدیریت سیلاب استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مؤلفه‌های دانش بومی، افزون‌بر تبیین الگوهای وقوع سیلاب، شامل قواعد تصمیم‌گیری و مداخلات عملی آزموده‌شده‌ای هستند که قابلیت تبدیل به راهبردهای مدیریتی را دارند. این دانش، از طریق تعیین مسیرهای امن جریان، زمان‌بندی اقدامات پیشگیرانه، شیوه‌های انحراف کنترل‌شدهٔ سیلاب و مدیریت پوشش گیاهی و کاربری اراضی، به‌طور مستقیم به کاهش دبی اوج، تأخیر در زمان وقوع سیلاب و کاهش خسارات منجر می‌شود. از این‌رو، دانش بومی در این پژوهش تنها به شناسایی مسئله محدود نشده است، بلکه به‌عنوان بخشی از نظام تصمیم‌سازی و اجرای مدیریت سیلاب عمل کرده و نقش آن در بهبود عملکرد مدل‌سازی هیدرولوژیک و افزایش اثربخشی راهکارهای مدیریتی به‌صورت کمّی و عملیاتی نشان داده شده است.

جدول ۲ نشان‌دهندهٔ چهار بُعد اصلی پژوهش است. در بُعد شناخت رفتار سیلاب‌دشت، میانگین نمره‌ها ۳۶/۱۰ و انحراف معیار ۲/۳۱ است که نشان‌دهندهٔ اطمینان نسبی در این حوضه است؛ اما در تجارب در انحراف آب، میانگین ۳۵/۵ و انحراف معیار ۳/۲۶ نشان‌دهندهٔ پراکندگی و نیاز به بهبود است. برای تقویت پوشش گیاهی، میانگین ۳۴/۱۱ و انحراف معیار ۲/۶۱ و در نهایت برای زراعت شیبدار، میانگین ۳۷/۵ و انحراف معیار ۳/۱ ثبت شده است. این اعداد نشان‌دهندهٔ نیاز به توجه بیشتر به تجارب و بهبود در حوضه‌های مرتبط با زراعت و مدیریت منابع آب است. در گام بعدی آزمون کولموگروف- اسمیرنوف انجام می‌گیرد که نوعی آزمون ناپارامتری است که برای مقایسهٔ توزیع یک نمونهٔ تصادفی با یک توزیع مشخص یا مقایسهٔ توزیع دو نمونهٔ تصادفی استفاده می‌شود. این آزمون براساس بررسی حداکثر اختلاف بین تابع توزیع تجربی و تابع توزیع فرضی یا بین توزیع‌های دو نمونه کار می‌کند. مزایای این آزمون عبارت است از ناپارامتری بودن، قابلیت استفاده برای داده‌های پیوسته و گسسته و حساسیت به تغییرات در توزیع داده‌ها.

جدول ۲. توزیع فراوانی پاسخ‌دهندگان به پرسشنامهٔ بررسی جایگاه دانش بومی در مدیریت سیلاب

ابعاد	خیلی خوب	خوب	متوسط	کم	خیلی کم	میانگین	انحراف معیار
شناخت رفتار سیلاب‌دشت و پهنه‌های سیلابی	۹/۹۳	۲۱/۴	۲۹/۸	۱۶/۴	۲۹/۱	۳۶/۱۰	۲/۳۱
تجارب در انحراف آب	۷/۰۰	۶/۰۰	۱۶/۸	۳۳/۶	۲۲	۳۵/۵	۳/۲۶
تقویت پوشش گیاهی	۲/۰۰	۱۰/۰۰	۲۸/۵	۵/۱۴	۳۷/۶	۳۴/۱۱	۲/۶۱
زراعت شیبدار	۸/۵۶	۱۳/۶۸	۲۲/۸۰	۲۲/۳۶	۳۱/۶۳	۳۷/۵	۳/۱

جدول۳. نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنوف

شاخص	کولموگروف-اسمیرنوف	سطح معناداری
دانش بومی در مدیریت سیلاب	۰/۰۹۲	۰/۵۱

براساس نتایج جدول ۳، آزمون کولموگروف- اسمیرنوف به‌منظور بررسی نرمال بودن توزیع متغیرهای مرتبط با دانش بومی مدیریت سیلاب به کار گرفته شد. مقدار آمارهٔ آزمون برابر با ۰/۰۹۲ و سطح معناداری۰/۵۱ نشان داد که توزیع داده‌ها تفاوت معناداری با توزیع نرمال ندارد. این نتیجه بیانگر آن است که داده‌های حاصل از پرسشنامه از شرایط لازم برای ورود به تحلیل‌های چندمتغیره و

به‌ویژه مدل‌سازی معادلات ساختاری برخوردار بوده و امکان تحلیل روابط علّی میان مؤلفه‌های دانش بومی و متغیرهای سیل‌خیزی فراهم است. میانگین زیاد مؤلفه‌های دانش بومی، به‌ویژه شاخص «شناخت رفتار سیلاب‌دشت و پهنه‌های سیلابی» با مقدار ۲/۶۸، بیانگر درک زیاد ساکنان محلی از شدت و گستره سیلاب در منطقه است. همچنین شاخص‌های زراعت شیبدار (۲/۴۱)، تقویت پوشش گیاهی (۲/۱۴) و تجارب انحراف آب (۲/۱۳) نشان می‌دهند که دانش بومی صرفاً محدود به شناخت پدیدهٔ سیلاب نیست، بلکه تجربه‌های عملی و مداخلات مدیریتی آزموده‌شده را نیز در بر می‌گیرد. این مؤلفه‌ها در مرحلهٔ بعد، براساس نتایج معادلات ساختاری، وزن‌دهی شده و به‌عنوان متغیرهای مؤثر در اصلاح پارامترهای مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS استفاده شدند. از این‌رو، نتایج آزمون آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و تحلیل میانگین‌ها نه‌تنها وضعیت موجود را توصیف می‌کنند، بلکه مبنای تحلیلی لازم برای پیوند نظام‌مند دانش بومی با مدل‌سازی سیلاب و استخراج راهکارهای مدیریتی قابل اجرا را فراهم می‌آورند.

جدول ۴ اطلاعاتی را دربارهٔ چهار بُعد مختلف در مدیریت سیلاب و زراعت نشان می‌دهد. آمارهٔ t برای هر بُعد منفی است که به‌معنای این است که میانگین داده‌ها از حد متوسط (۳) کمتر است. برای شناخت رفتار سیلاب‌دشت و پهنه‌های سیلابی، آمارهٔ t برابر با ۴/۵۳۴- است و انحراف معیار ۱/۱۰۷۲۰ دارد که نشان‌دهندهٔ پراکندگی به‌نسبت کم در داده‌هاست. همچنین سطح معناداری ۰/۰۰۰ به‌وضوح بیانگر این است که این تفاوت از نظر آماری معنادار است. در بُعد تجارب در انحراف آب، آمارهٔ t برابر با ۱۲/۱۹۴- و انحراف معیار ۱/۰۳۸۶۶ است که نشان‌دهندهٔ کاهش چشمگیر میانگین نسبت به حد متوسط است. در اینجا نیز سطح معناداری ۰/۰۰۰ به‌معنای وجود رابطهٔ قوی و معنادار است. برای تقویت پوشش گیاهی، آمارهٔ t به ۱۴/۷۱۱- می‌رسد که با انحراف معیار ۲/۰۱۴۱ نشان می‌دهد که وضعیت این بعد نیز به‌طور معناداری کمتر از حد متوسط است. در نهایت در زراعت شیبدار، آمارهٔ tبرابر با ۹/۲۰۰- و انحراف معیار ۲/۴۱۱۴ است. همهٔ موارد با سطح معناداری ۰/۰۰۰ نشان‌دهندهٔ اهمیت آماری و نیاز به توجه بیشتر به این حوضه‌ها در مدیریت منابع آب و زراعت است.

جدول ٤. نتایج آزمون t تک‌نمونه‌ای برای بررسی دانش بومی دربارهٔ منطقه براساس ابعاد پژوهش

بعد	آمارهٔ t	میانگین	انحراف معیار	سطح معناداری	حد متوسط	اختلاف میانگین
شناخت رفتار سیلاب‌دشت و پهنه‌های سیلابی	۴/۵۳۴-	۲/۵۸	۱/۱۰۷۲۰	۰.۰۰۰	۳	۰/۳۲۷۰۴-
تجارب در انحراف آب	۱۲/۱۹۴-	۲/۱۳	۱/۰۳۸۶۶	۰.۰۰۰	۳	۰/۸۹۹۳۲-
تقویت پوشش گیاهی	۱۴/۷۱۱-	۲/۱۶	۲/۰۱۴۱	۰.۰۰۰	۳	۰/۹۹۵۶۲-
زراعت شیبدار	۹/۲۰۰-	۲/۴۶	۲/۴۱۱۴	۰.۰۰۰	۳	۰/۵۸۹۰۲-

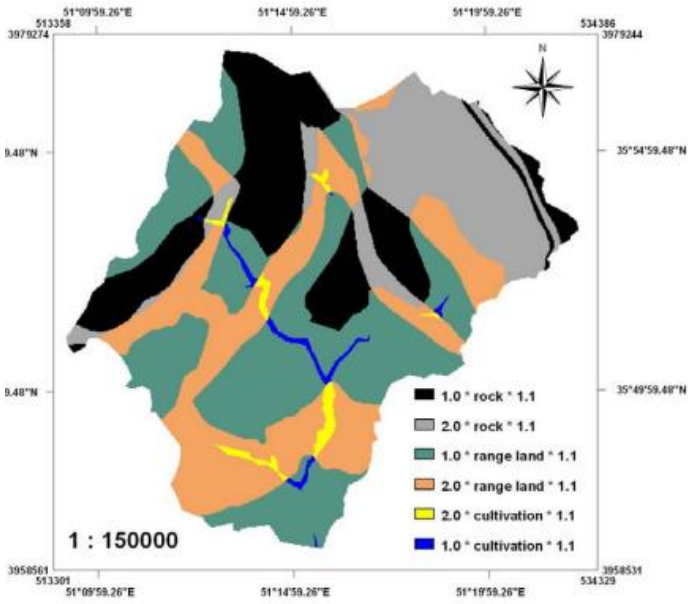
جدول ۵. خلاصهٔ وضعیت مشخصات فیزیوگرافی زیرحوضه‌های مختلف در حوضهٔ آبخیز کن- سولقان برای بررسی فنی حوضه

ردیف	نام زیرحوضه	مساحت km2	محیط km	حداقل ارتفاع m	حداکثر ارتفاع m	شیب متوسط %	طول بلندترین آبراهه km
۱	امامزاده داوود	۲۳/۷۸	۲۵	۱۷۶۶	۳۸۲۳	۵۶/۶۲	۹/۴۶
۲	رندان	۳۳/۶۱	۲۷/۷۴	۱۸۶۰	۳۷۴۶	۶۰/۲۷	۱۱/۰۳
۳	دوآب	۷/۱۹	۱۵/۲۷	۱۷۶۸	۳۱۱۱	۵۰/۶۶	۶/۰۲
۴	طالون	۲۶/۶۵	۲۹/۸۳	۱۸۶۶	۳۵۳۰	۵۹/۰۷	۱۱/۰۴
۵	کن میانی	۴/۴۴	۹/۸۹	۱۶۷۷	۲۷۵۸	۴۹/۹۴	۳/۶۲
۶	سنگان	۴۷/۴۳	۳۶/۱۳	۱۶۷۷	۳۳۸۱	۵۲/۰۲	۱۴/۷۸
۷	کشار	۳۴/۷۸	۲۹/۲۵	۱۵۲۱	۳۲۶۲	۴۸/۱۸	۱۳/۲۱
۸	پایین‌دست سولقان	۱۳/۸۹	۱۶/۲۱	۱۳۲۸	۲۳۳۲	۳۱/۲۸	۳/۶۳
9	سولقان	۱۳/۶۷	۱۵/۶۸	۱۵۲۰	۲۳۳۰	۴۹/۰۲	۶/۰۴
۱۰	هریاس	۱۱/۴۴	۱۸/۵۸	۱۴۱۴	۲۳۳۹	۵۱/۵۱	۷/۴۴

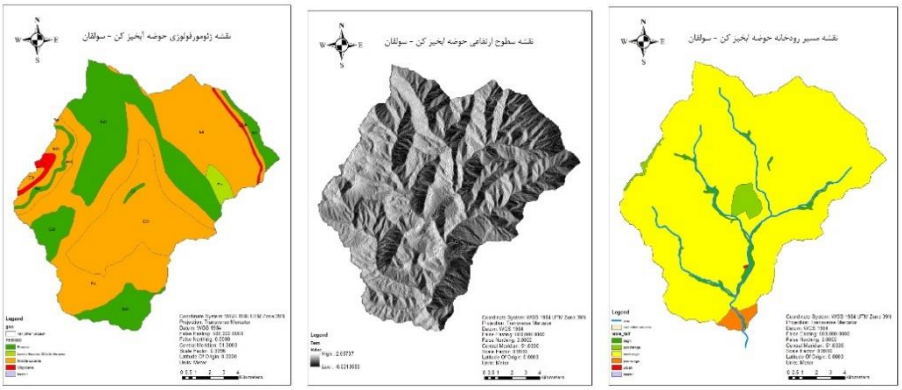
براساس جدول ۵، ویژگی‌های فیزیوگرافی ده زیرحوضهٔ یادشده، تنوع زیادی را نشان می‌دهد که نقش تعیین‌کننده‌ای در الگوی تولید رواناب و پتانسیل سیلاب حوضه دارد. مساحت زیرحوضه‌ها از ۴/۴۴ کیلومتر مربع در کن میانی تا ۴۷/۴۳ کیلومتر مربع در سنگان متغیر است که بیانگر تفاوت سهم هر زیرحوضه در تولید رواناب و دبی اوج سیلاب است. دامنهٔ ارتفاعی زیرحوضه‌ها نیز از ۱۳۲۸ متر در پایین‌دست سولقان تا ۳۸۲۳ متر در زیرحوضهٔ امامزاده داوود تغییر می‌کند که این اختلاف ارتفاع، به‌ویژه در ترکیب با

شیب‌های تند، تأثیر مستقیمی بر سرعت جریان، زمان تمرکز و شدت پاسخ هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها دارد. شیب متوسط زیرحوضه‌ها که بین ۳۱/۲۸ تا ۶۰/۲۷ درصد نوسان دارد، نشان‌دهندهٔ غلبهٔ شرایط کوهستانی و استعداد زیاد تولید رواناب سریع در بخش‌های بالادست حوضه است. همچنین تفاوت طول بلندترین آبراهه‌ها، از ۳/۶۲ کیلومتر در کن میانی تا ۱۴/۷۸ کیلومتر در سنگان، بیانگر تفاوت در زمان تمرکز و الگوی انتقال سیلاب به خروجی حوضه است. تلفیق این ویژگی‌های فیزیوگرافی با نقشهٔ نفوذپذیری واحدهای مختلف حوضه (شکل ۴) نشان می‌دهد که زیرحوضه‌هایی با شیب زیاد، نفوذپذیری کم و آبراهه‌های بلند، بیشترین سهم را در تولید دبی اوج دارند و کانون‌های بحرانی سیلاب شناسایی می‌شوند. این نتایج مبنای مهمی برای تنظیم و کالیبراسیون پارامترهای مدل HEC-HMS فراهم می‌آورد و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها را در برنامه‌ریزی‌های مدیریت سیلاب و اقدامات پیشگیرانه امکان‌پذیر می‌کند. بدین ترتیب، تحلیل ویژگی‌های فیزیوگرافی و نفوذپذیری زیرحوضه‌ها هم به درک بهتر رفتار هیدرولوژیکی حوضه کمک می‌کند و هم چارچوبی عملی برای کاهش اثرهای منفی سیلاب و افزایش کارایی مدیریت منابع آب در حوضهٔ کن- سولقان ارائه می‌دهد. شکل ۴ نیز پراکندگی پوشش زمین را نشان می‌دهد که شامل چهار دستهٔ اصلی است: برونزد سنگ، زمین‌های مرتعی، زمین‌های زراعی و اراضی دیگر. هر رنگ نمایانگر یک نوع پوشش زمین است. طبقه‌بندی شامل سه نوع اصلی پوشش زمین –سنگی، مرتعی و کشاورزی– در دو سطح شدت (۰/۱ و ۲/۰) و با ضریب اصلاحی ۱/۱ است که برای نرمال‌سازی یا هم‌ارزسازی داده‌ها در مدل‌های کمی به‌کار رفته است. این ساختار طبقه‌بندی، پایه‌ای برای تحلیل‌های اکولوژیکی، هیدرولوژیکی و ارزیابی توان سرزمین محسوب می‌شود و امکان مدل‌سازی دقیق رفتار سطح زمین در مواجهه با عوامل طبیعی و انسانی را فراهم می‌کند. از منظر کاربردی، تفکیک دقیق اراضی سنگی از اراضی قابل بهره‌برداری، نقش مهمی در مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی توسعهٔ پایدار دارد. اراضی سنگی با نفوذپذیری کم، در پژوهش‌های رواناب سطحی و طراحی سازه‌های آبریزداری اهمیت دارند، درحالی که اراضی کشاورزی و مرتعی با درجه‌بندی متفاوت، شاخص‌هایی برای ارزیابی بهره‌وری و پتانسیل تولید هستند.

طبقه‌بندی رنگی موجود در نقشهٔ لیتولوژی شامل چهار واحد اصلی – آبرفت (سبز)، ماسه‌سنگ (نارنجی)، کنگلومرا (قرمز) و سنگ‌آهک (زرد)– است که هر یک نمایانگر محیط‌های رسوبی متفاوت و تاریخچهٔ زمین‌ساختی خاص خود است. حضور واحدهای آبرفتی در بخش‌هایی از نقشه نشان‌دهندهٔ فعالیت‌های فرسایشی و رسوبگذاری است که در پژوهش‌های هیدروژئولوژی و منابع آب زیرزمینی اهمیت دارد.



شکل ۲. نقشهٔ نفوذپذیری واحدهای مختلف حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ کن- سولقان

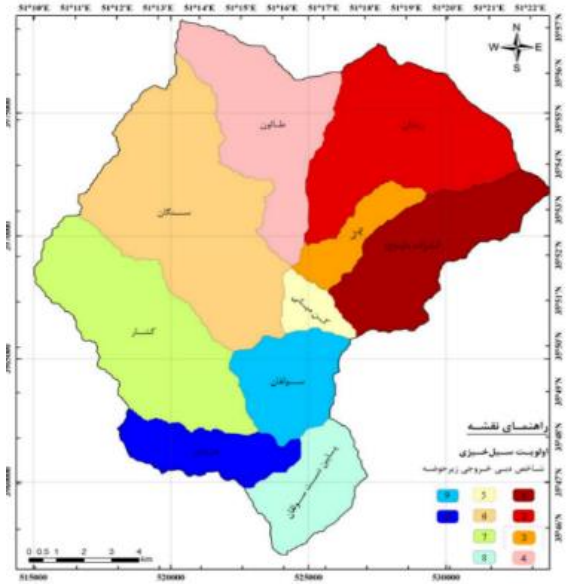


شکل ۳. نقشهٔ ژئومورفولوژی، نقشهٔ کن-سولقان و نقشهٔ دره‌های رودخانه‌ای کن- سولقان

جدول ٦. بررسی مقدار رواناب و آبدهی و دبی اوج در حوضهٔ آبخیز کن- سولقان

داده‌ها	رواناب روزانه (متر مکعب بر ثانیه)	رسوب روزانه (تن در روز)	بارش سالانه (میلی‌متر)	رواناب سالانه (متر مکعب بر ثانیه)	مقدار آبدهی (میلیون متر مکعب)	دبی ویژه اوج (متر مکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع)
میانگین	۴/۷۷	۴۰۰/۴۸	۴۲۹/۶۵	۲/۴۶	۷۹	۰/۴۵
واریانس	۶/۷۷	۲۴۴۷/۹	۱۲۳/۴۴	۱/۰۱		

تحلیل داده‌های ارائه‌شده نشان‌دهندهٔ وضعیت هیدرولوژیکی منطقه است که شامل میانگین و واریانس برای چند پارامتر کلیدی است. مقدار اوج آبدهی ۰/۴۵ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع، به‌عنوان شاخصی از ظرفیت هیدرولوژیکی منطقه، نشان‌دهندهٔ پتانسیل تولید رواناب است. مقدار آبدهی ۷۹ میلیون متر مکعب و رواناب سالانه ۲/۴۶ متر مکعب بر ثانیه نیز به‌خوبی نمایانگر وضعیت منابع آب در سال است. بارش سالانهٔ ۴۲۹/۶۵ میلی‌متر نشان‌دهندهٔ توزیع بارش در منطقه است.



شکل ٤. اولویت سیل‌خیزی حوضه‌ها براساس شاخص دبی خروجی از زیرحوضه ها طبق HEC-HMS

در شکل ۴ نقشهٔ ارائه‌شده به تحلیل مؤلفه‌های دانش بومی مدیریت سیلاب و پتانسیل سیل‌خیزی در حوضهٔ آبخیز کن- سولقان می‌پردازد. هر رنگ متفاوت در این نقشه نمایانگر متغیرهای مهم جغرافیایی و هیدرولوژیکی است که بر خطر سیلاب تأثیرگذارند. مناطق قرمز و نارنجی نشان‌دهندهٔ پتانسیل زیاد سیل‌خیزی هستند. این مناطق به‌طور معمول به دلایل زیر در معرض

خطر بیشتری قرار دارند: شیب‌های تند که سبب افزایش سرعت رواناب می‌شود، خاک‌های با نفوذپذیری کم که توانایی جذب آب باران را ندارند و پوشش گیاهی ناکافی که می‌تواند موجب فرسایش خاک و افزایش جریان‌های سطحی شود. این عوامل به‌طور مستقیم بر حجم و سرعت رواناب تأثیر می‌گذارند و احتمال وقوع سیلاب‌ها را افزایش می‌دهند. در مقابل، مناطق آبی و سبز ویژگی‌های مثبت‌تری دارند، مانند خاک‌های با نفوذپذیری زیاد و پوشش گیاهی مناسب که به کاهش رواناب و کنترل سیلاب کمک می‌کند. دانش بومی در مدیریت منابع طبیعی و حفظ پوشش گیاهی نقش حیاتی دارد. برای تضمین دقت و قابلیت اعتماد نتایج پژوهش، کنترل کیفیت داده‌ها در هر دو محور پژوهش به‌صورت نظام‌مند اعمال شد. داده‌های هیدرولوژیکی ورودی به مدل HEC-HMS، شامل بارش، دبی و ویژگی‌های فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها، از طریق فرایند کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل ارزیابی شدند و شاخص‌های عملکردی نظیر ضریب تعیین(R^2)، کارایی نش- ساتکلیف (NSE) و خطای میانگین مربعات (RMSE) نشان دادند که مدل توانایی بازتولید دقیق هیدروگراف‌های سیلاب را دارد. همزمان، داده‌های حاصل از پرسشنامه برای تحلیل SEM با ارزیابی روایی محتوایی توسط خبرگان و سنجش پایایی با ضریب آلفای کرونباخ تأیید شدند. این رویکرد امکان شناسایی مؤلفه‌های معتبر دانش بومی را فراهم کرد، به‌طوری که تنها متغیرهای معنادار و پایا، به‌عنوان ورودی اصلاحی، در تنظیم پارامترهای کلیدی HEC-HMS به‌کار گرفته شدند. این تلفیق علمی- تجربی، هم اثر مستقیم دانش بومی بر دبی اوج، زمان تمرکز و ضریب رواناب را به‌صورت کمّی و مستند نشان داد و هم سبب کاهش عدم قطعیت مدل و افزایش قابلیت اعتماد پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی شد. به بیان دیگر، ادغام SEM و HEC-HMS در چارچوبی منسجم، تحلیل روابط علّی میان مؤلفه‌های دانش بومی و عوامل طبیعی- انسانی مؤثر بر سیل‌خیزی و تولید نتایج دقیق مدل‌سازی هیدرولوژیکی را همزمان ممکن کرده است و بنابراین پایهٔ علمی- عملیاتی مستحکمی برای تدوین راهکارهای منطقه‌محور مدیریت سیلاب فراهم می‌آورد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش، روش معادلات ساختاری و مدل HEC-HMS به‌صورت موازی و مستقل به‌کار گرفته نشده‌اند، بلکه خروجی‌های حاصل از تحلیل معادلات ساختاری نقش مستقیمی در اصلاح و کالیبراسیون مدل هیدرولوژیکی ایفا کرده‌اند. بدین معنا که مؤلفه‌های کمّی‌شدهٔ دانش بومی که از طریق SEM وزن‌دهی و معناداری آنها تأیید شده بود، به‌عنوان ورودی‌های اصلاحی در فرایند تنظیم پارامترهای کلیدی مدل HEC-HMS استفاده شدند. نتایج نشان داد که متغیرهایی مانند شناخت مسیرهای سنتی جریان، زمان اوج سیلاب و رفتار رواناب در پهنه‌های سیلابی، به‌طور مستقیم موجب تعدیل پارامترهایی مانند زمان تمرکز، طول مسیر جریان و ضریب رواناب شدند و در نهایت به بهبود بازتولید هیدروگراف سیلاب و افزایش تطابق نتایج شبیه‌سازی با داده‌های مشاهداتی انجامیدند. یافته‌ها همچنین نشان دادند که در میان مؤلفه‌های دانش بومی، «شناخت رفتار سیلاب‌دشت» بیشترین اثر مستقیم را بر نتایج مدل‌سازی داشته است؛ موضوعی که بیانگر نقش مهم این مؤلفه در کاهش عدم قطعیت مدل و شناسایی دقیق‌تر زیرحوضه‌های بحرانی است. این موضوع نشان می‌دهد که دانش بومی در این پژوهش تنها در سطح شناخت مسئله باقی نمانده، بلکه به مجموعه‌ای از قواعد تصمیم‌گیری و راهکارهای اجرایی اعمال‌پذیر در مدیریت سیلاب تبدیل شده است. به‌ویژه، نتایج تلفیقی SEM و HEC-HMS امکان اولویت‌بندی زیرحوضه‌های سیل‌خیز، اصلاح کاربری اراضی و هدفمندسازی اقدامات پیشگیرانه را در مقیاس محلی فراهم کرده است. در مجموع، این پژوهش نشان می‌دهد که ادغام نظام‌مند دانش بومی با مدل‌سازی هیدرولوژیکی، از طریق یک چارچوب تحلیلی منسجم، می‌تواند به‌طور معناداری عملکرد مدل‌های عددی را بهبود بخشد و زمینه را برای ارائهٔ راهکارهای عملی، منطقه‌محور و مبتنی بر واقعیت‌های محلی در مدیریت سیلاب حوضهٔ کن- سولقان فراهم کند. بررسی‌های میدانی نشان داد که برخی زیرحوضه‌ها به‌دلیل شیب زیاد، پوشش گیاهی ضعیف و خاک‌های نفوذناپذیر، دبی خروجی زیادی تولید می‌کنند و باید در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در اولویت قرار گیرند. در نهایت، این رویکرد تلفیقی با بهره‌گیری از مدل‌سازی علمی و تجربه‌های محلی، می‌تواند به طراحی راهکارهای عملی، افزایش تاب‌آوری منطقه و کاهش خسارات ناشی از سیلاب‌ها در حوضهٔ کن- سولقان منجر شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ادغام دانش بومی با مدل‌سازی هیدرولوژیکی توانسته خروجی‌های مدل را به‌طور مستقیم تعدیل و بهبود بخشد. متغیرهای حاصل از تجربه‌های محلی، مانند شناخت مسیرهای سنتی جریان، زمان اوج سیلاب و رفتار رواناب در پهنه‌های سیلابی، موجب تغییر در برآورد شدت و گسترهٔ

سیلاب شدند و الگوهایی را آشکار کردند که مدل به‌تنهایی توانایی بازنمایی دقیق آن را نداشت. این ارتباط منسجم میان داده‌های بومی و نتایج مدل، چارچوبی عملی و منطقه‌محور برای مدیریت سیلاب فراهم کرده است که دقت پیش‌بینی‌ها را افزایش داده و کارایی اقدامات پیشگیری و پاسخ را ارتقا می‌دهد.

نتایج پژوهش نشان داد که مؤلفهٔ «شناخت رفتار سیلاب‌دشت و پهنه‌های سیلابی» نسبت به بقیهٔ مؤلفه‌های دانش بومی نقش برجسته‌تری در مدیریت سیلاب دارد. این اهمیت چند دلیل دارد: اول، دشت‌ها محل تجمع جریان‌های سیلابی هستند و بیشترین خسارات انسانی و اقتصادی در این مناطق رخ می‌دهد؛ بنابراین شناخت دقیق مسیرهای جریان، زمان اوج سیلاب و رفتار رواناب در پهنه‌های سیلابی، امکان پیش‌بینی بهتر نقاط بحرانی و شدت سیلاب را فراهم می‌کند؛ دوم، تجارب محلی ساکنان نشان می‌دهد که اقدامات سنتی مانند استفاده از کانال‌های هدایت سیلاب، سازه‌های خاکی و الگوهای کشاورزی شیبدار، اغلب بر کنترل سیلاب‌های دشت تمرکز داشته و راهکارهای مؤثری در کاهش خسارات ارائه کرده است؛ سوم، این مؤلفه می‌تواند شاخص تصمیم‌گیری برای سیاستگذاران و برنامه‌ریزان شهری باشد؛ به‌ویژه در اولویت‌بندی مناطق برای اقدامات پیشگیرانه، طراحی زیرساخت‌های کنترل سیلاب و تدوین مقررات کاربری اراضی. به بیان دیگر، تمرکز بر شناخت رفتار سیلاب‌دشت، نه‌تنها پیش‌بینی و مدیریت دقیق‌تر سیلاب را ممکن می‌سازد، بلکه راهبردهای اجرایی و منطقه‌محور بیشترین تأثیر را برای کاهش خسارت و افزایش تاب‌آوری جوامع محلی ارائه می‌کند.

مشارکت نویسندگان

نویسندهٔ اول (استاد راهنما): مشارکت در طراحی پژوهش، تهیهٔ پیش‌نویس مقاله، گردآوری داده‌ها، تحلیل، تفسیر اطلاعات و نتایج، اصلاح و بازبینی

نویسندهٔ دوم (دانشجو): مشارکت در طراحی پژوهش، تهیهٔ پیش‌نویس مقاله، گردآوری داده‌ها، تحلیل، تفسیر اطلاعات و نتایج، اصلاح و بازبینی

نویسندهٔ سوم (استاد مشاور): مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

حامی مالی

این پژوهش از حمایت ملی هیچ سازمانی برخوردار نبوده است.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارند.

همانندجویی

نتیجهٔ همانندجویی مقاله براساس اعلام سامانهٔ ایرانداک، ۵ درصد است.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از رسالهٔ دکتری دانشگاه خوارزمی با نام واکاوی اثر لندفرم‌ها بر مدل‌سازی بارش رواناب در حوضهٔ آبخیز کن- سولقان است. از داوران محترم بابت ارائهٔ نظرهای علمی، ساختاری و ارزشمند سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Ahmadi, A., Karimi, B., & Zarei, M. (2023). Effects of land use change on runoff in the Kan–Soleqhan basin: Conversion of agricultural land to residential and industrial uses. *Quarterly Journal of Quantitative Geomorphology* Research, *13*(2), 187–199.

Ahmadabadi, A., Mohammadi, I. A., Darabi Shahmari, S., & Safari, E. (2024). Assessment of flood vulnerability (Case study: Cheshmekileh River in Tonekabon). *Environmental Erosion Research*, *53*(Spring 1403), 123–138.

Baker, L. (2020). *Flood risk management*: Strategies and challenges. *Natural Hazards*, *103*(1), 401–418. *https://doi.org/10.1007/s11069-020-03851-4.*

Boon, H., & Dijk, J. (2021). Flooding and climate change adaptation. *Journal of Flood Risk Management*, *14*(2), e12654. *https://doi.org/10.1111/jfr3.12654.*

Horton, R. E. (2020). Surface runoff phenomena: Part I. Analysis of the hydrograph (pp. 150–165). Horton Hydrological Laboratory.

Huang, S., (2022). Modeling urban floods under climate change scenarios. Sustainability, *14*(3), 1605. *https://doi.org/10.3390/su14031605.*

Klein, R., & Becker, D. (2021). Flood risk assessment in urban areas. *Water Resources Research*, *57*(4), e2020WR028337. *https://doi.org/10.1029/2020WR028337.*

Moghimi, E., & Thomas, G. (2025), Regional Peace Theory: A Base for Regional Natural Hazards Reduction and Environment Sustainability Increase—Case Study: Danube and Tigris-Euphrates Basins (Towards a Scientific Golden Map), *Pollution Journal*, *11*(3), 715-737, Doi: 10.22059/poll.2025.382760.2567

Moghimi, E., Glade, T. Al-Ansari, N., & Shahabi, H. (2025) Floods and New Housing Design Theory to Sustain and Reduce Hazards (A Scientific Strategy), *Geofluids Journal***,** https://doi.org/10.1155/gfl/1416016, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/gfl/1416016

Rezaei, M., & Shafiei Roudpashti, M. (2023). Identifying tourism challenges in rural areas during the COVID-19 pandemic: A land preparation approach (Case study of Solqan village). *Land Preparation*, *1*(1), 34–48. *https://doi.org/10.1000/lp.1402.01.*

Rezaei, M., Shafiei, M., & Ebrahimi, S. (2022). Hydrological modeling of the Kan–Soleqhan basin using the SWAT model: The role of dense vegetation in reducing runoff and controlling floods. *Flood Journal*, *1*(2), 18–32.

Rezaei Moghadam, M., & Rahimpour, H. (2013). Preparing a flood risk potential map using two methods: Frequency ratio and statistical index (Case study: Ajichay watershed). *Journal of Natural Hazards Management*, *10*(4), 291–308.

Swatzendruber, D. (1960). Water flow through a soil profile as affected by the least permeable layer. *Journal of Geophysical Research*, 32–45.

Tischendorf, W. G. (2020). Tracing stormflow to varying source area in a small forested watershed in the southeastern Piedmont (Master's thesis). University of Georgia.Wind, G. P. (2017). A hydraulic model for the simulation of non-hysteretic vertical unsaturated flow of moisture in soils. *Journal of Hydrology*, 73–90.