Housing and Rural Environment
Print ISSN: 2008 - 4994 Online ISSN: 2588 - 6215
Homepage: https://jhre.ir

Assessment of urban areas' vulnerability to flooding using GIS and AHP model; case study: Qazvin city

Sahar Danyali[1]✉

1. Corresponding Author, Researcher, Center for the Study of Dysfunctional and High-Risk Urban Fabrics, Natural Disasters Research Institute (NDRI), Tehran, Iran. E-mail: sahar.danyali@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 12 January 2025
Received in revised form 03 February 2025
Accepted 17 March 2025
Available online 30 June 2025

Keywords:
Vulnerability,
risk exposure,
flood,
GIS,
AHP.

ABSTRACT

Objective: 'Given the rapid development of human societies and the increasing complexity of their internal and external relationships, the management and planning of disasters and their impact on human settlements has become essential. Given the growing vulnerability of urban settlements to disasters, and the vital role of floods in natural ecosystems, this study aims to identify the factors influencing flood vulnerability, and to assess the level of vulnerability in different areas of Qazvin City by creating a flood hazard zoning map.'

Method: This applied-developmental study uses a descriptive-analytical method. First, indicators influencing flood vulnerability were extracted through a review of reputable scientific sources. Then, two main criteria — vulnerability and exposure — along with related sub-criteria, were identified and analyzed. The Analytical Hierarchy Process (AHP) was then used to assign weights to these criteria and sub-criteria. The relevant data were then processed within a geographic information system (GIS). By integrating information layers and applying the derived weights, flood hazard zoning maps were generated for Qazvin city. The final output of this process was a flood risk zoning map identifying high-risk areas in Qazvin city and proposing management strategies to reduce vulnerability.

Results: This study identified a set of variables for assessing flood vulnerability and examined their impact. The analysis showed that the southern and western areas of Qazvin are the most vulnerable to flooding, with a significant proportion of the city falling into the high-vulnerability category. These findings highlight the urgent need for comprehensive planning and the use of modern technologies for flood risk management. The referenced technologies include advanced meteorological forecasting systems, GIS for precise zoning, remote sensing for monitoring flood-prone areas, drones for assessing damage, communication technologies for issuing timely alerts and machine learning algorithms for more accurate flood prediction. These tools can effectively support the development of comprehensive flood management and vulnerability reduction plans in at-risk areas.

Conclusions: Given Qazvin's location in flatlands and the impact of runoff from precipitation, assessing vulnerability and managing flood hazards is essential. To minimize potential damage, this study proposes measures such as reducing density near riverbanks, renovating deteriorating urban areas, increasing street permeability and ensuring sensitive land uses are properly located. These actions could significantly reduce the financial and human losses caused by flooding.

Cite this article: Danyali, S. (2025). Assessment of urban flood vulnerability using GIS and AHP; case study: Qazvin city. *Housing and Rural Environment*, 44 (190), 61-76. https://doi.org/10.22034/44.190.61

© The Author(s).
Publisher: Natural Disasters Research Institute (NDRI).
DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

Introduction

The rapid growth of urbanization, combined with concentrated infrastructure development in flood-prone areas, has made cities more vulnerable to natural hazards, particularly floods. Human interventions, such as construction in river corridors, deforestation and unregulated land use, have significantly disrupted natural systems. Consequently, urban settlements are becoming increasingly susceptible to hydrological disasters. In addition to their ecological impact, floods cause massive social and economic losses, ranking among the most destructive natural disasters globally.

In recent years, urban sprawl along rivers and in low-lying areas, coupled with intensifying rainfall due to climate change, has made flood management a critical concern in urban planning and disaster risk reduction. Numerous studies have highlighted how increased precipitation and extreme weather events, driven by climate variability, have overwhelmed traditional infrastructure and planning methods. This has amplified the need for comprehensive flood risk assessment models that integrate multiple physical, social and environmental factors.

The present study therefore aims to identify and assess flood vulnerability in the city of Qazvin using a hybrid GIS-AHP approach. Geographic Information Systems (GIS) enable the spatial representation and integration of diverse datasets, while the Analytical Hierarchy Process (AHP) facilitates the prioritization of risk factors based on expert opinion. These tools help visualize and quantify vulnerability across urban districts and provide a strategic foundation for targeted flood mitigation.

The research addresses knowledge gaps by creating a spatially informed flood vulnerability model that accounts for socio-demographic characteristics, land use patterns, urban infrastructure and emergency response readiness. The study aims to provide urban managers, policymakers, and disaster risk experts with a practical framework for proactively identifying risk zones, prioritising interventions, and implementing effective urban resilience strategies.

Method

This applied-developmental study uses a descriptive-analytical approach. Firstly, a comprehensive review of the scientific literature was conducted to identify the key indicators that influence urban flood vulnerability. These indicators were then grouped into two main categories: vulnerability and exposure. Each category consists of multiple sub-criteria, including population density, building age and condition, access to critical services, proximity to bodies of water, and emergency evacuation routes.

The Analytical Hierarchy Process (AHP) was then employed to allocate weights to each criterion and sub-criterion based on expert judgements and pairwise comparisons. These weights were calculated using Expert Choice software and subsequently assigned to spatial data layers. A total of 21 spatial layers were created, including demographic indicators (e.g. elderly and female populations, and disability rates), physical features (e.g. building

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

conditions, infrastructure density, and proximity to rivers), and institutional variables (e.g. the presence of schools, hospitals, and emergency services).

Each of these layers was standardized and classified using raster-based GIS processing. Fuzzy logic and membership functions were then applied to ensure smooth transitions between risk classes.

The layers were then aggregated into three major flood risk components: sensitivity, adaptive capacity and coping capacity. Integrating these components resulted in vulnerability maps being generated across Qazvin's urban landscape.

This step-by-step process, from selecting indicators to producing the final vulnerability zones, provides a replicable methodology for assessing urban flood risk. Not only does it visualise where vulnerability is highest, it also supports informed decision-making for disaster mitigation and resource allocation.

Results

The findings revealed that the southern and western regions of Qazvin exhibit the highest levels of flood vulnerability. This is primarily due to a combination of socio-economic and physical factors, including high population density, degraded urban infrastructure, proximity to rivers and limited access to healthcare and emergency services. These areas also suffer from low vegetation cover and narrow roads, which further constrains evacuation and floodwater drainage.

In contrast, the northern districts of Qazvin, characterized by newer developments, broader streets and more resilient infrastructure, fall into the low-to-moderate vulnerability categories. These differences highlight the importance of planned urban expansion and infrastructure investment in reducing flood risk. The vulnerability classification maps provide detailed insights into each neighborhood's exposure level.

Several vulnerability drivers stood out, including a high proportion of elderly and disabled residents, old housing constructed using poor-quality materials, and dense clusters of social service facilities (such as schools, clinics and kindergartens) located in flood-prone zones. These findings emphasize the importance of integrating demographic and infrastructure data into spatial risk models.

By generating classified maps of sensitivity, coping capacity and adaptive readiness, the study provides a multi-layered understanding of flood risk. The final vulnerability map enables planners to prioritize risk reduction measures in areas of greatest need and devise localized strategies for short- and long-term preparedness and resilience.

Conclusions

The study demonstrates the value of integrating GIS and AHP for urban flood risk assessment, offering a practical framework for identifying high-risk zones and prioritising adaptive interventions. It confirms that flood vulnerability in Qazvin is highly spatially variable and closely linked to socio-economic factors, land use and physical infrastructure.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

Unchecked development in flood-prone areas, combined with ageing infrastructure and inadequate planning, significantly increases disaster risk.

To mitigate these risks, the study provides several actionable recommendations, including relocating sensitive facilities such as hospitals and schools to safer zones, rezoning high-risk land uses, promoting building renovations in dilapidated areas, enhancing drainage systems, and improving public awareness and early warning systems. Additionally, developing open spaces and strategically placing emergency shelters can significantly enhance urban resilience during flood events.

The results also emphasize the importance of combining technical tools, such as GIS, with participatory methods, such as expert input via AHP, to produce context-sensitive flood risk maps. The hybrid model used not only identifies risk areas, but also supports evidence-based, equity-focused long-term urban planning decisions.

Ultimately, this research provides a robust methodology for assessing flood vulnerability that can be adapted for other urban areas in Iran and similar regions. Given increasing climate uncertainty, rapid urban growth, and limited resources, this model provides a timely and scalable approach to reducing flood-related damage and protecting urban populations.

Author Contributions

The author contributed to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Not applicable

Acknowledgements

Not applicable

Ethical considerations

The author avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The author declare no conflict of interest.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

مسکن و محیط روستا
شاپا چاپی: ۴۹۹۴ - ۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۶۲۱۵ - ۲۵۸۸
Homepage: https://jhre.ir

ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر سیلاب با استفاده از GIS و مدل AHP؛ مطالعه موردی: شهر قزوین

سحر دانیالی[1]✉

۱. نویسنده مسئول، پژوهشگر، گروه مطالعات ساماندهی بافت‌های ناکارآمد و در معرض خطر شهری، پژوهشکده سوانح طبیعی، تهران، ایران. رایانامه: danyali@ndri.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹

کلیدواژه‌ها:
آسیب‌پذیری،
خطرپذیری،
سیلاب،
سیستم اطلاعات جغرافیایی،
AHP.

چکیده

هدف: با توسعه روزافزون جوامع انسانی و پیچیدگی روابط درونی و خارجی آن‌ها، مدیریت و برنامه‌ریزی به‌منظور کاهش سوانح و اثرهای آن بر سکونتگاه‌های انسانی، به مسئله‌ای ضروری تبدیل شده است. باتوجه‌به افزایش خطرپذیری سکونتگاه‌های شهری در برابر سوانح و نقش حیاتی سیلاب‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی، این پژوهش با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهر قزوین انجام شده است. تمرکز اصلی پژوهش بر شناسایی و تحلیل متغیرهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری و تهیه نقشه پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر است.

روش پژوهش: این پژوهش ماهیت تکنیکی و کاربردی-توسعه‌ای دارد و بر روش‌های آماری و کتابخانه‌ای متکی است. ابتدا، شاخص‌های آسیب‌پذیری از مقالات و منابع معتبر علمی استخراج شدند. برای دستیابی به هدف پژوهش، دو معیار اصلی آسیب‌پذیری و در معرض خطر بودن، همراه با ۲۱ زیرمعیار شناسایی و تحلیل شدند. این معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در نرم‌افزار Expert Choice وزن‌دهی شدند و داده‌های حاصل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پردازش گردیدند. خروجی نهایی این فرایند، نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب برای شهر قزوین است.

یافته‌ها: دستاورد این مقاله شناسایی مجموعه‌ای از متغیرها برای ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب و نحوه تأثیر آن‌ها است. بررسی این متغیرها نشان داد که مناطق جنوبی و غربی شهر قزوین در صورت وقوع سیلاب بیشترین آسیب‌پذیری را دارند و درصد قابل‌توجهی از مساحت شهر در دسته‌بندی آسیب‌پذیری بالا قرار می‌گیرد. این یافته‌ها بیانگر نیاز مبرم به برنامه‌ریزی جامع و استفاده از فناوری‌های نوین برای مدیریت خطرات سیلاب است.

نتیجه‌گیری: باتوجه‌به قرارگیری شهر قزوین در اراضی دشتی و تأثیر رواناب‌های ناشی از بارش در محدوده شهری، اهمیت بررسی آسیب‌پذیری شهر و مدیریت مخاطرات سیلاب ضروری است. این پژوهش بر ضرورت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و مدیریت یکپارچه شهری تأکید دارد. استفاده از ابزارهای مدرن مانند GIS و مدل AHP در تحلیل فضایی و تصمیم‌گیری، امکان شناسایی دقیق مناطق پرخطر و برنامه‌ریزی بهینه را فراهم می‌کند. پیشنهادهایی ازجمله کاهش تراکم در مناطق پرخطر مانند حریم رودخانه‌ها، نوسازی بافت‌های فرسوده، افزایش نفوذپذیری شبکه معابر، مکان‌یابی مناسب کاربری‌های حساس و تدوین قوانین ساخت‌وساز می‌تواند به کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از سیلاب کمک کند.

استناد: دانیالی، سحر. (۱۴۰۴). ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر سیلاب با استفاده از GIS و مدل AHP؛ مطالعه موردی: شهر قزوین. *مسکن و محیط روستا*، ۴۴ (۱۹۰)، ۷۶-۶۱. https://doi.org/10.22034/44.190.61

ناشر: پژوهشکده سوانح طبیعی.

© نویسندگان.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

مقدمه

رشد سریع جمعیت، تجمع سرمایه‌ها و گسترش شهرنشینی در مناطق مستعد خطر، منجر به پدید آمدن جوامع شهری با آسیب‌پذیری بالا در برابر سوانح طبیعی مانند سیلاب‌ها شده است. دخالت انسان در طبیعت ازطریق ساخت‌وساز در حریم رودخانه‌ها، چرای بیش‌ازحد دام، کشاورزی غیراستاندارد و تخریب منابع طبیعی، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم باعث به خطر افتادن سکونتگاه‌ها و شرایط بحرانی در برخی مناطق می‌شود (Büchele et al., 2006).

سیل به‌عنوان یکی از شدیدترین بلایای طبیعی، علاوه بر تأثیرات منفی بر زندگی انسان، به‌ویژه در مناطق شهری باعث آسیب‌های اقتصادی و اجتماعی گسترده‌ای می‌شود (Green, 2002). سیلاب‌ها در میان مخاطرات طبیعی، یکی از ویرانگرترین بلایا هستند که علاوه بر تأثیرات منفی بر زندگی انسان، خسارات شدید اقتصادی را در سطح جهانی به دنبال دارند (Ouma & Tateishi, 2014). به‌ویژه در دهه‌های اخیر، توسعه شهرنشینی در حاشیه رودخانه‌ها باعث وقوع خسارت‌های سیلابی در این مناطق شده است، و ازاین‌رو ارزیابی و مدیریت سیلاب‌های شهری به یکی از مسائل اساسی در حوزه مدیریت بحران تبدیل شده است (Salehi et al., 2013). این موضوع به‌ویژه با تغییرات اقلیمی و افزایش شدت بارش‌ها اهمیت دوچندانی پیدا کرده است (Ouma & Tateishi, 2014). آب‌وهوا بر بسیاری از جنبه‌های زندگی انسان مؤثر است (Kaźmierczak & Cavan, 2011). سیل به علت تجمع سریع و انتشار آب رواناب رودخانه از بالادست به پایین‌دست اتفاق می‌افتد که توسط بارش بسیار سنگین به وجود می‌آید. وقوع سیل نگرانی‌هایی را به وجود آورده و باتوجه‌به رتبه‌بندی بالایی که در میان بلایای طبیعی دارد تعداد زیادی از مردم را در سراسر جهان نسبت به مرگ‌ومیر تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ouma & Tateishi, 2014).

سیلاب‌ها به دلیل ویژگی‌های سه‌بعدی و پیچیده‌ای که دارند، به یکی از چالش‌های بزرگ در مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی شهری تبدیل شده‌اند. برای ارزیابی و مدیریت خطر سیلاب، ابزارهایی مانند سنجش‌ازدور و GIS به‌طور فزاینده‌ای مورداستفاده قرار می‌گیرند تا عوامل خطر مرتبط با سیلاب‌ها را شبیه‌سازی و پیش‌بینی کنند (Jiang et al., 2009).

از سوی دیگر با در نظر گرفتن دلایل اصلی و عمده کاهش خطر سیل، می‌توان خطر بلایایی که منجر به فاجعه می‌شوند را پیش‌بینی و اقداماتی جهت پیشگیری آن لحاظ نمود. نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری سیلاب می‌تواند ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی جهت کاهش خطر سیلاب در سکونتگاه‌های انسانی و توسعه زیرساخت‌های شهری باشد.

یک روش و مدل کاربردی جهت تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان در روند برنامه‌ریزی یک منطقه، باید قابلیت تدوین اهداف، چهارچوب و جایگاهی برای تحلیل داشته باشد. به‌صورت کلی می‌توان مدل‌ها را به چهار دسته توصیفی، شبیه‌سازی، برنامه‌ریزی و ارزیابی مطرح نمود (Motaof et al., 2015) که در این مقاله از مدل چهارم، ارزیابی استفاده خواهد شد.

اهمیت پژوهش

سیلاب‌ها اگرچه نقش مهمی در عملکرد اکولوژیکی و ژئومورفولوژیکی رودخانه‌ها دارند، می‌توانند خسارات گسترده‌ای به زیرساخت‌ها، جمعیت انسانی و اقتصاد وارد کنند. بر اساس داده‌های جهانی (مانند پایگاه EM-DAT)، سیلاب‌ها پرهزینه‌ترین بلای طبیعی ازنظر تأثیر بر انسان‌ها طی سال‌های اخیر بوده‌اند (Vázquez-Tarrío et al., 2024).

تخریب حوضه‌های آبخیز بالادست، تخریب پوشش گیاهی، جاده‌سازی‌های بی‌رویه و گسترش بی‌ضابطه اراضی شهری، به‌طور چشمگیری نفوذپذیری خاک را کاهش و رواناب‌ها را افزایش داده است. این عوامل، همراه با تغییرات اقلیمی، باعث شده‌اند که هرساله خسارات مالی و جانی زیادی در کشورها به‌ویژه در مناطق شهری به دلیل سیلاب‌ها به وقوع بپیوندد.

باتوجه‌به اینکه شهر قزوین در اراضی دشتی قرار گرفته و علاوه بر آب‌های سطحی در گستره شهری، رواناب‌های ناشی از بارش به‌خصوص در کوه‌های شمالی شهر توسط رودخانه‌ها و مسیل‌هایی وارد محدوده شهری می‌گردد، لزوم پرداختن به موضوع سیلاب و میزان آسیب‌ها و مخاطرات آن از اهمیت بالایی برخوردار است.

از سویی افزایش جمعیت و به وجود آمدن فعالیت‌های جدید در ساختار شهر باعث شده است تا در شهر، متغیرهایی مختلفی وارد شوند که تجزیه‌وتحلیل آن‌ها با استفاده از روش‌های سنتی بسیار دشوار و پرهزینه است و تنها راه مواجه شدن با چنین حجمی از اطلاعات و بهره‌برداری صحیح و برنامه‌ریزی از آن‌ها، استفاده از سیستم‌های رایانه‌ای است که در ارتباط با

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

داده‌های فضایی راهگشای این مشکل است (Farajzadeh Asl & Rostami, 2004). عموم متخصصان و مدیران شهری دریافته‌اند که مدیریت و اداره امور مختلف شهرها در برنامه‌ریزی شهری با ابزارهای سنتی غیرممکن است (Farajzadeh Asl & Sarvar, 2002).

سیستم اطلاعات جغرافیایی در شکل ابزاری خود به‌عنوان سیستم‌های کامپیوتری برای مدیریت، بررسی و ارائه داده‌های جغرافیایی تعریف می‌شود که توانایی روی‌هم‌اندازی، تهیه بانک اطلاعات، آنالیز و نمایش مکانی اطلاعات را دارا است و می‌تواند به‌عنوان ابزاری مهم در تهیه اطلاعات مکانی و توصیفی مربوط به مکان نقش مهم و ارزنده‌ای ایفا نماید. GIS همچنین به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند که اولویت وزن‌ها را به معیار تصمیم‌گیری اختصاص دهند، آلترناتیوهای مناسب را ارزیابی کنند و نتایج انتخاب را در نظر گرفته و مصور کنند (Jankowski, 1995).

بنابراین از سویی قابلیت بالای سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدل‌سازی و پردازش داده‌ها و نیز شرایط و پتانسیل رخداد سیل در شهر قزوین اهمیت این مطالعه را برای برنامه‌ریزی و مدیریت بحران نمایان می‌کند.

اهداف پژوهش

- شناسایی عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از سیل
- ارزیابی و سنجش میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهر قزوین در برابر سیلاب

سؤالات پژوهش

- عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری شهر قزوین در برابر سیلاب چیست؟
- میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف شهری قزوین در برابر سیلاب چگونه است؟

پیشینه پژوهش

مطالعات داخلی و خارجی

اکرام[1] و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله‌ای به ارزیابی خطر سیلاب در افغانستان با استفاده از تحلیل فضایی و داده‌های مبتنی بر سنجش‌ازدور پرداخته‌اند. هدف اصلی پژوهش، توسعه رویکردی جامع برای ارزیابی خطر سیلاب ازطریق تلفیق سه مؤلفه کلیدی خطر، مواجهه و آسیب‌پذیری بوده است. این مطالعه از چهارچوب ارائه‌شده توسط IPCC استفاده کرده است. مقاله نشان می‌دهد که استان‌های نزدیک به حوزه‌های آبریز اصلی، به‌ویژه در مناطق جنوبی، شمالی و شمال شرقی افغانستان، بیشترین سطح خطر سیلاب را تجربه می‌کنند. این خطرات به دلیل عواملی مانند ذوب سریع برف، بارش‌های سنگین و فرسایش شدید در حوضه‌های رودخانه‌ای تشدید شده‌اند. این مقاله همچنین تأکید دارد که استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته مانند سنجش‌ازدور و GIS می‌تواند نقشه‌های دقیق‌تری از خطرات سیلاب تولید کرده و به سیاست‌گذاران در تدوین استراتژی‌های کاهش خطر و افزایش آمادگی کمک کند. ازاین‌رو، مقاله ابزاری مؤثر برای تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد فراهم می‌کند.

ادزانده[2] و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله‌ای به بررسی آسیب‌پذیری سیلاب در حوضه رودخانه بنوئه[3] در نیجریه پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و ابزار GIS، نقشه‌های آسیب‌پذیری سیلاب را تولید و تحلیل کردند. شاخص‌های مورداستفاده در این پژوهش شامل ارتفاع، تراکم زهکشی، نوع خاک، بارش، سنگ‌بستر، شیب زمین، و کاربری زمین بودند. نتایج نشان داد که تراکم زهکشی مهم‌ترین عامل در آسیب‌پذیری سیلاب است. این مطالعه بر اهمیت استفاده از روش‌های ترکیبی AHP و GIS برای شناسایی مناطق پرخطر، ارائه راهکارهای کاهش آثار سیلاب و مدیریت مؤثر خطرات تأکید دارد.

پکر[4] و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله خود به بررسی مدل‌سازی سیلاب و نقشه‌برداری خطرات سیلاب در حوضه رودخانه گوک‌سو در ترکیه پرداخته‌اند. آن‌ها از مدل HEC-HMS برای شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی، شامل بارش و جریان رواناب، و از مدل HEC-RAS برای شبیه‌سازی جریان هیدرولیکی در رودخانه و مناطق اطراف استفاده کردند. این مدل‌ها با

1. Ikram
2. Adzandeh
3. Benue
4. Peker

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکپارچه شدند تا نقشه‌های دقیق خطر سیلاب تولید شود. در این مطالعه، خطرات سیلاب برای بازه‌های بازگشتی ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰۰ سال بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش بازه بازگشتی باعث افزایش مساحت تحت تأثیر سیلاب و عمق جریان آب می‌شود. همچنین با استفاده از معیارهای DEFRA، خطر انسانی ناشی از سیلاب ارزیابی شد و مشخص شد که مناطق شهری در سطح خطر «بالا» و «بسیار بالا» قرار دارند. این مقاله نشان داد که ترکیب مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی با GIS، رویکردی کارآمد برای تحلیل دقیق خطرات سیلاب، شناسایی مناطق پرخطر و طراحی استراتژی‌های مدیریتی مؤثر ارائه می‌دهد.

اوگاندلی[5] و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی به بررسی آسیب‌پذیری در برابر سیلاب در حوضه رودخانه اوسون واقع در جنوب غرب نیجریه پرداختند. هدف اصلی این تحقیق، شناسایی مناطق مستعد سیلاب در این حوضه با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تحلیل داده‌های مکانی در محیط GIS بود. محققان با در نظر گرفتن ۱۰ عامل مؤثر بر وقوع سیلاب، ازجمله بارش، شیب زمین، ارتفاع (DEM)، پوشش زمین (LULC)، فاصله از رودخانه و جاده، تراکم زهکشی، و شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، نقشه‌های دقیق آسیب‌پذیری سیلاب را تهیه کردند. نتایج نشان داد که مناطقی با ارتفاع کم، بارش بالا و تراکم زهکشی پایین، بیشترین خطر وقوع سیلاب را دارند. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که استفاده از ابزارهای مکانی و روش‌های تحلیل چندمعیاره می‌تواند به شناسایی دقیق مناطق پرخطر و طراحی راهبردهای کاهش خطر کمک کند.

مالا[6] و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله خود به بررسی آسیب‌پذیری سیلاب در حوضه رودخانه باگماتی در نپال پرداخته‌اند. نویسندگان از دو روش مختلف شامل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نسبت فراوانی (FR) در کنار ابزار GIS برای تولید نقشه‌های آسیب‌پذیری سیلاب استفاده کرده‌اند. هدف اصلی این تحقیق، مقایسه اثربخشی این دو رویکرد در شناسایی مناطق مستعد سیلاب و ارائه چهارچوبی جامع برای مدیریت بهتر خطرات سیلاب بوده است. این پژوهش با ارائه رویکردی ترکیبی و داده‌محور، امکان شناسایی دقیق‌تر مناطق پرخطر و برنامه‌ریزی بهتر برای کاهش آثار سیلاب را فراهم می‌کند. بر اساس نتایج، عواملی مانند بارش، ارتفاع، تراکم زهکشی، فاصله از رودخانه، و نوع خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری سیلاب بودند. در نقشه‌های تولیدشده، مناطقی با ارتفاع کم، بارش زیاد، و فاصله کم از رودخانه به‌عنوان مناطق با آسیب‌پذیری بسیار زیاد طبقه‌بندی شدند. این یافته‌ها نشان‌دهنده نیاز به تمرکز ویژه بر این مناطق برای کاهش خطرات احتمالی سیلاب است. علاوه بر این، نقشه‌های آسیب‌پذیری تولیدشده، ابزارهایی کارآمد برای برنامه‌ریزی و مدیریت کاهش آثار سیلاب در این منطقه فراهم کرده‌اند. (Malla et al., 2024).

کورما[7] و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله‌ای به ارزیابی آسیب‌پذیری سیلاب شهری در شهر فری‌تاون، سیرالئون، از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و ابزار GIS، تغییرات زمانی و مکانی آسیب‌پذیری سیلاب را بررسی کردند. در این پژوهش، از شاخص‌هایی شامل بارش، NDVI، ارتفاع، شیب، تراکم زهکشی، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و کاربری زمین استفاده شد. نتایج نشان داد که بارش با وزن ۰/۲۷ مهم‌ترین عامل تأثیرگذار و ارتفاع با وزن ۰/۰۴ کمترین تأثیر را داشت. حدود ۶۰ درصد از منطقه موردمطالعه در دسته‌بندی‌های آسیب‌پذیری متوسط تا بالا قرار گرفت. همچنین، بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی شهر بیشترین آسیب‌پذیری را نشان دادند. این تحقیق نشان داد که استفاده از ترکیب روش‌های AHP و GIS می‌تواند ابزار مؤثری برای شناسایی مناطق پرخطر و طراحی استراتژی‌های کاهش خطرات سیلاب باشد.

لین[8] و همکاران (۲۰۲۰) یک روش جدید برای ارزیابی ریسک جامع سیل در مقیاس بزرگ و در حالت کمبود داده ارائه می‌دهند. در این مقاله وزن هر شاخص ریسک، توسط روش تحلیل سلسله‌مراتبی توسعه‌یافته[9] (IAHP) تعیین می‌شود و بر

5. Ogundolie
6. Malla
7. Koroma
8. Lin
9. Improved Analytic Hierarchy Process

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

اساس الگوریتم خوشه‌بندی Maximum-ISO طبقه‌بندی معقول‌تری ارائه می‌دهد. در این مقاله برای معیارهای خطر و آسیب‌پذیری، عوامل هواشناسی، محیطی، اجتماعی و اقتصادی موردبررسی قرار می‌گیرد. نویسندگان در این مقاله از منحنی ROC برای ارزیابی دقت مدل ارزیابی ریسک سیل (ازنظر کمی) استفاده نموده‌اند. خروجی این مقاله نقشه ریسک سیلاب برای منطقه موردمطالعه است که به سه سطح ریسک کم، ریسک متوسط، ریسک زیاد دسته‌بندی شده است.

لیو[10] و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از ترکیب روش‌های تحلیل فازی سلسله‌مراتبی FAHP تجزیه‌وتحلیل خوشه‌بندی فازی[11] (FCA) و به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، ریسک سیل را در سیستم‌های مترو شانگهای ارزیابی نموده‌اند. در این مقاله از روش FAHP برای سنجش وزن عوامل ارزیابی و از روش FCA برای اصلاح وزن‌های به‌دست‌آمده از روش FAHP استفاده شده است. روش پیشنهادی FAHP FCA- با روش FAHP مقایسه می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که روش FCA-FAHP مناطق پرریسک بیشتری را نسبت به روش FAHP نشان می‌دهد. ساختار ارزیابی این مقاله شامل یک لایه هدف (خطر طغیان سیستم مترو)، لایه شاخص (شامل خطر، قرار گرفتن در معرض و آسیب‌پذیری) و لایه زیرشاخص (عوامل تأثیرگذار) است.

اریانی[12] و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله‌ای با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و ابزار GIS، تأثیر تعداد شاخص‌های مورداستفاده بر ارزیابی آسیب‌پذیری سیلاب را بررسی کردند. شاخص‌های این پژوهش شامل ارتفاع، شیب زمین، تجمع جریان، فاصله از زهکشی، کاربری زمین، نوع خاک و شدت بارش سالانه بودند. نتایج نشان داد که کاهش تعداد شاخص‌ها تأثیر قابل‌توجهی بر دقت نقشه‌های آسیب‌پذیری و توزیع مناطق پرخطر دارد. این پژوهش بر اهمیت انتخاب شاخص‌های مناسب برای ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری سیلاب و مدیریت بهینه خطرات تأکید می‌کند.

میشرا و سینها[13] (۲۰۲۰) یک مدل ارزیابی ریسک سیل برای منطقه مگافان هند ارائه می‌دهند. معیارهای این مقاله به دو دسته معیارهای آسیب‌پذیری و معیارهای خطر تقسیم‌بندی شده‌اند. برای معیارهای خطر و آسیب‌پذیری عوامل اجتماعی، انسانی، جغرافیایی، پوشش زمین و هواشناسی موردبررسی قرار گرفته است. معیارهای خطر با استفاده از اطلاعات سنجش از راه دور و معیارهای آسیب‌پذیری با استفاده از تحقیقات میدانی، GIS و سرشماری سال ۲۰۱۱ هند استخراج شده‌اند. در این مقاله، تمامی معیارها در قالب نقشه، به دست آمده و با استفاده از روش AHP وزن‌دهی شده‌اند. این لایه‌های وزن‌دهی‌شده به کمک ابزار GIS، به نقشه ریسک سیلاب تبدیل و پس‌ازآن باتوجه‌به نتایج، اقدامات ساختاری و غیرساختاری برای منطقه موردنظر ارائه شده است.

کای[14] و همکاران (۲۰۱۹) یک مدل ارزیابی جامع فازی چند شاخصه برای ریسک فاجعه سیل، معرفی نموده‌اند. مدل MFCEشامل سه معیار خطر، در معرض قرار گرفتن و آسیب‌پذیری است. همچنین این سه معیار شامل هشت شاخص از عوامل هیدرولوژیکی، جغرافیایی، اجتماعی و پوشش زمین هستند. در این مقاله از مدل شبیه‌سازی هیدرودینامیکی DigitalWater و GIS به‌عنوان ابزاری برای پردازش داده‌ها و محاسبه استفاده شده است.

رعنا و روتاری[15] (۲۰۱۸) با بهره‌گیری از آزمون پیرسون و داده‌های گذشته، ریسک سیلاب را محاسبه می‌کنند. در این مقاله یک روش ارزیابی ریسک با اجزای تشکیل‌دهنده آن یعنی خطر، آسیب‌پذیری (قرار گرفتن در معرض و حساسیت) و ظرفیت مقابله و ظرفیت سازگاری ارائه می‌شود. مطالعه موردی این مقاله، سه منطقه از مراکز مختلف شهری پاکستان است که فرکانس و شدت سیل در آن‌ها متفاوت است. در این مقاله ابتدا شاخص‌های خطر، قرار گرفتن در معرض، حساسیت و ظرفیت مشخص می‌شود. سپس، داده‌های اولیه ازطریق پرسش‌نامه از خانوارهای سه جامعه شهری، جمع‌آوری و در مرحله بعد، برای هر شاخص وزن تعیین می‌شود. سرانجام، از آزمون پیرسون برای شناسایی تفاوت معناداری بین خانوارها در سطوح مختلف استفاده می‌گردد. در این مقاله برای ارزیابی ریسک، عوامل اجتماعی، جمعیت شناختی، اقتصادی، جغرافیایی و هواشناسی موردبررسی قرار می‌گیرد.

10. Lyu
11. Fuzzy Clustering Analysis
12. Eryani
13. Mishra and Sinha
14. Cai
15. Rana and Routray

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

چن[16] و همکاران (۲۰۱۵) با تمرکز بر خطر و آسیب‌پذیری، با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، ریسک سیل را در حوضه بوئن کوئینلندز استرالیا به‌عنوان یک مطالعه موردی، ارزیابی نمودند. در این مقاله داده‌های شرایط آب‌وهوایی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و خاک، وضعیت هیدرولوژی جمع‌آوری و در نرم‌افزار ArcGIS پردازش شده است. شاخص‌های استخراج‌شده در این مقاله با استفاده از AHP وزن‌دهی شده و به کمک رابط نرم‌افزاری AHP-SA[17] در ArcGIS ترکیب شده‌اند. در این مقاله ریسک سیل به کمک تابع مجموع وزن‌دار معیارها، ارزیابی و درنهایت نقشه‌های ریسک تهیه شده است.

منصور[18] و همکاران (۲۰۱۶)، از یک شاخص چندمعیاره که شامل سه بعد؛ خطر سیل، حساسیت اجتماعی و اقتصادی و زیرساخت است برای تعیین آسیب‌پذیری شهری در مناطق شهری ADE استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیشتر مناطق شهری در معرض خطرات بالقوه که ناشی از ترکیب خطر سیل، فقر و کمبود ساختاری (مثل آب آشامیدنی، جمع‌آوری فاضلاب و ...) است، قرار دارند. همچنین برآورد آسیب‌پذیری نشان داد که ۶۰-۹۰ درصد جمعیت شهری در شرایطی با درجه آسیب‌پذیری متوسط تا بالا زندگی می‌کند.

زاچز[19] و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه‌ای به ارزیابی آسیب‌پذیری هر مکانی در درون حوضه یازو بخشی از دره رودخانه می‌سی‌سی‌پی در جنوب مرکزی ایالات‌متحده که سیل می‌تواند در آن رخ دهد، پرداختند. در این مطالعه روشی ارائه شد که در آن شاخص‌ها برای طبقه‌بندی آسیب‌پذیری در برابر سیل باتوجه‌به حساسیت عوامل فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیطی مورداستفاده قرار گرفتند. رتبه شاخص‌های آسیب‌پذیری مربوط به هر یک از این عوامل به‌صورت جداگانه تعیین و سپس به یک شاخص سه سطحی (کم، متوسط و زیاد) آسیب‌پذیری سیل (FVI) با استفاده از مجموع وزنی عوامل آسیب‌پذیری، ترکیب شد. نتایج روش شاخص‌گذاری با استفاده از ابزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تبدیل به نقشه شد و توسط شبیه‌سازی یک سری از سیلاب‌هایی که در ۲۸ مکان (تقریباً هر ۱۰ مایل یا ۱۶ کیلومتری) مختلف در امتداد خط اصلی رودخانه مدل شدند، صحت‌سنجی شد. شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم‌افزار پشتیبانی تصمیم‌گیری WISE-DSS انجام شد. الگوهای سیل تولیدشده توسط شبیه‌سازی‌ها با پیش‌بینی‌های حاصل از شاخص‌های آسیب‌پذیری فیزیکی تطابق داشتند و امکان ارزیابی تأثیر کل را ازطریق شاخص آسیب‌پذیری سیل فراهم کردند. نتایج نشان داد که ۷۵ درصد حوضه یازو آسیب‌پذیری کم، ۲۴ درصد آسیب‌پذیری متوسط و ۱ درصد آسیب‌پذیری بالایی در برابر سیل دارند.

صادقی پویا و همکاران (۲۰۱۶)، در مطالعه‌ای به بررسی یک روش شاخص‌گذاری برای ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر سیل در شهرستان‌های غرب مازندران پرداختند. این روش شاخص‌گذاری توسعه‌یافته آسیب‌پذیری را ازطریق شناسایی و ارزیابی معیارهای مؤثر با روش نمره‌دهی، ارزیابی می‌کند. این معیارها به سه شاخص طبقه‌بندی می‌شوند (فنی، اجتماعی-اقتصادی، جمعیت-محیط‌زیست) و عوامل آسیب‌پذیری در برابر سیل به‌عنوان‌مثال در معرض قرار گرفتن، حساسیت و تاب‌آوری را پوشش می‌دهد. این روش آسیب‌پذیری را به‌وسیله یک مقدار بزرگ که نمره آسیب‌پذیری نسبی نامیده می‌شود، تعریف می‌کند و درنتیجه آسیب‌پذیری در منطقه تحت ارزیابی طبقه‌بندی می‌شود. این روش در نوشهر استفاده شد و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که؛ ۱- این روش منجر به ایجاد یک تصویر کلی از آسیب‌پذیری شهر در برابر سیل شد، ۲- مناطق شهری احاطه‌شده توسط دو رودخانه، در معرض خطر بالایی از آسیب‌پذیری هستند، به‌خصوص طبقه اول ساختمان‌ها، ۳- لازم است باتوجه‌به منطقه‌بندی آسیب‌پذیری سیل محل پارکینگ‌های در دس ساخت بررسی گردد.

مطوف و همکاران (۲۰۱۵)، به پهنه‌بندی خطر سیل ناشی از دخالت‌های انسانی استان تهران بر پایه تحلیل اطلاعات استخراج‌شده سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS پرداختند. در این پژوهش از پارامترهای خاص مانند کاربری اراضی، تراکم جمعیت، رودخانه‌ها، مسیل‌ها و حریم رودخانه، در تهیه لایه‌ها استفاده شد. سپس با تهیه لایه‌های موردنیاز استان تهران، به آن‌ها بر اساس میزان اهمیتشان در بروز سیلاب، وزن داده شده و درنهایت نقشه پهنه‌بندی خطر سیل استان تهران به دست آمد. در این مراحل

16. Chen
17. AHP-based Suitability Assessment
18. Mansur
19. Zachos

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

از لایه‌هایی مانند تجاوز به حریم رودخانه، جهت توسعه و ساخت‌وساز، میزان فرسایش خاک، جنگل‌زدایی و دیگر موارد که منجر به سیل در استان تهران می‌شوند، استفاده شد. در انتها نقشه پهنه‌بندی احتمال سیل و وضعیت بحرانی نشان می‌دهد که درصد قابل‌توجهی از مساحت استان تهران در پهنه احتمال وقوع سیل بالا و بسیار بالا قرار دارد و مناطقی در خطر احتمال بسیار شدید وقوع سیل ناشی از دخالت‌های انسانی است که در صورت وقوع سانحه سکونتگاه‌های شهری و روستایی این مناطق آثار مخرب و غیرقابل‌جبرانی به‌جای می‌گذارد. به همین دلیل جهت مدیریت بحران و کاهش آسیب‌پذیری و خسارت مناطق با خطر بالا و بسیار بالا، نیازمند برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های مناسب و قابل‌اجرا همانند کاهش تراکم سکونتگاه‌های انسانی در حریم رودخانه و مسیل‌ها، وضع قوانین ساخت‌وساز در حریم رودخانه‌ها و رعایت استانداردهای زمین‌های زراعی، برای هر منطقه است.

تعاریف و مفاهیم

سیلاب: غرقاب شدن موقت اراضی که در حالت عادی زیر آب نمی‌روند و علت آن می‌تواند سیلاب رودخانه‌ها، بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها در نوار ساحلی، شکسته شدن ناگهانی سازه‌های حفاظتی و کنترل سیلاب، شکسته شدن سدها و سایر موارد باشد (Plan and Budget Organization of Iran, 2020).

خطر[20]: خطر به‌عنوان «ریسک آسیب، خسارت یا زیان ناشی از وقوع پدیده‌ای در یک منطقه خاص» تعریف می‌شود (Lazzarin et al., 2024). خطر سیلاب بیانگر میزان شدت سیلاب است که باعث بروز خسارت و تلفات خواهد شد. مؤلفه‌های خطر سیلاب، ترکیبی از شرایط فیزیکی سیلاب شامل عمق آب، سرعت جریان، گستره سیلاب و احتمال وقوع آن در یک دوره مشخص است (Ikram et al., 2024). شدت سیلاب، ناشی از تأثیر دو عامل است. عامل اول، منبع تولیدکننده سیلاب، به‌عنوان‌مثال میزان شدت بارش در یک منطقه که عامل تشکیل سیلاب است. عامل دوم، مسیر حرکت و جریان سیلاب، مانند ویژگی‌های هندسه مقطع رودخانه و سیلاب دشت آن. مؤلفه‌های جریان سیلاب مانند پهنه سیلابی، عمق و سرعت جریان در دوره بازگشت‌های مختلف و سایر عوامل مرتبط با ماهیت سیل ازجمله عواملی است که بیانگر میزان خطر سیلاب هستند. در حقیقت میزان خطر سیلاب را شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حوضه آبریز و رودخانه تعیین می‌کنند و مستقل از شرایط سیلاب دشت و دخالت‌های انسانی، کاربری اراضی و شرایط اقتصادی-اجتماعی منطقه است (Plan and Budget Organization of Iran, 2020).

آسیب‌پذیری[21]: آسیب‌پذیری به میزان حساسیت و توانایی یک جامعه، زیرساخت یا اکوسیستم در مقابله با آثار یک خطر طبیعی اشاره دارد. آسیب‌پذیری به‌عنوان بخشی کلیدی از معادله ریسک معرفی می‌شود و عواملی مانند کیفیت مسکن، وضعیت اقتصادی و دسترسی به منابع ایمنی و خدمات عمومی در تعیین سطح آسیب‌پذیری جامعه مؤثر است (Erni et al., 2024). آسیب‌پذیری شامل سه زیرمؤلفه حساسیت اجتماعی[22] (میزان آسیب‌پذیری جوامع)، حساسیت زیست‌محیطی[23] (تأثیر سیلاب بر اکوسیستم‌ها)، ظرفیت مقابله‌ای پایین[24] (محدودیت‌های جامعه در پاسخ و بازیابی) می‌شود (Ikram et al., 2024).

مواجهه یا در معرض خطر بودن[25]: مواجهه شامل مردم، معیشت‌ها، گونه‌ها، اکوسیستم‌ها، خدمات زیست‌محیطی، منابع، زیرساخت‌ها یا دارایی‌های اقتصادی، اجتماعی یا فرهنگی است که در موقعیت‌ها و زمینه‌هایی قرار دارند که می‌توانند از سیلاب آسیب ببینند. مواجهه به‌طور مستقیم به توزیع فضایی جمعیت و زیرساخت‌ها در مناطق پرخطر بستگی دارد (Ikram et al., 2024).

ریسک یا خطرپذیری[26]: ریسک به‌عنوان ترکیبی از احتمال وقوع یک خطر (مانند آتش‌سوزی) و پتانسیل بروز خسارت و پیامدهای بالقوه آن (آسیب‌پذیری) تعریف می‌شود (Erni et al., 2024). در حقیقت خطرپذیری «آسیب‌پذیری» و «در معرض

20. Hazard
21. Vulnerability
22. Societal Susceptibility
23. Ecosystem Susceptibility
24. Lack of Coping Capacity
25. Exposure
26. Risk

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

بودن» و پتانسیل بروز خسارت در مفاهیم «خطر»، ترکیب سه مفهوم خطر، آسیب‌پذیری و در معرض خطر بودن است (Plan and Budget Organization of Iran, 2020). ریسک به‌عنوان شاخصی جامع برای شناسایی مناطق پرخطر و برنامه‌ریزی کاهش خطر استفاده می‌شود (Erni et al., 2024) (شکل ۱).



خطر*در معرض بودن* آسیب‌پذیری = خطرپذیری

شکل ۱. مثلث خطرپذیری (Ikram et al., 2024)

وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها

یکی از مهم‌ترین توانایی‌های GIS که آن را به‌عنوان سیستمی ویژه و انحصاری مجزا می‌کند، از توانایی تلفیق داده‌ها برای مدل‌سازی، مکان‌یابی و تعیین مناسب اراضی ازطریق ارزش‌گذاری پهنه زمین است. مهم‌ترین روش‌های وزن‌دهی به شاخص‌ها و ترکیب آن‌ها به‌منظور مکان‌یابی عبارت‌اند از: ۱- منطق بولین؛ ۲- منطق احتمالات؛ ۳- منطق فازی؛ ۴- مدل وزن‌دهی؛ ۵- مدل همبستگی؛ ۶- شبکه‌های عصبی مصنوعی؛ ۷- فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که در سال ۲۰۰۱ ساعتی و وارگس[۲۷]، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) را بهترین روش برای انتخاب گزینه‌ها از بین روش‌های موجود نامیده و نتایج آن در تصمیم‌گیری‌های چند مرحله‌ای را دارای ضریب اطمینان بیشتری دانسته‌اند (Khadami & Jokar Sarhangi, 2013).

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که بر پایه مقایسه زوجی استوار است، توسط توماس ال. ساعتی در سال ۱۹۸۰ معرفی شد و به‌عنوان یکی از جامع‌ترین و مؤثرترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شناخته می‌شود. AHP امکان ساختاردهی مسائل پیچیده را به‌صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند و با ارزیابی کمی و کیفی معیارهای مختلف، تحلیل جامعی ارائه می‌دهد. ویژگی کلیدی این روش، استفاده از مقایسه زوجی برای تعیین اهمیت نسبی عوامل است که باعث می‌شود انعطاف‌پذیری بالایی در بررسی مسائل چندمعیاره داشته باشد (Ogundolie et al., 2024; Marzouk et al., 2024).

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در هنگامی‌که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبه‌رو است، می‌تواند استفاده شود. معیارهای مطرح‌شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر اساس مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله‌مراتبی تصمیم خود را آغاز می‌کند. درخت سلسله‌مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب موردارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد، این مقایسات، وزن هر یک از معیارها را در راستای گزینه‌های رقیب موردارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. درنهایت منطق فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید (Ghodsipoor, 2011).

روش‌شناسی پژوهش

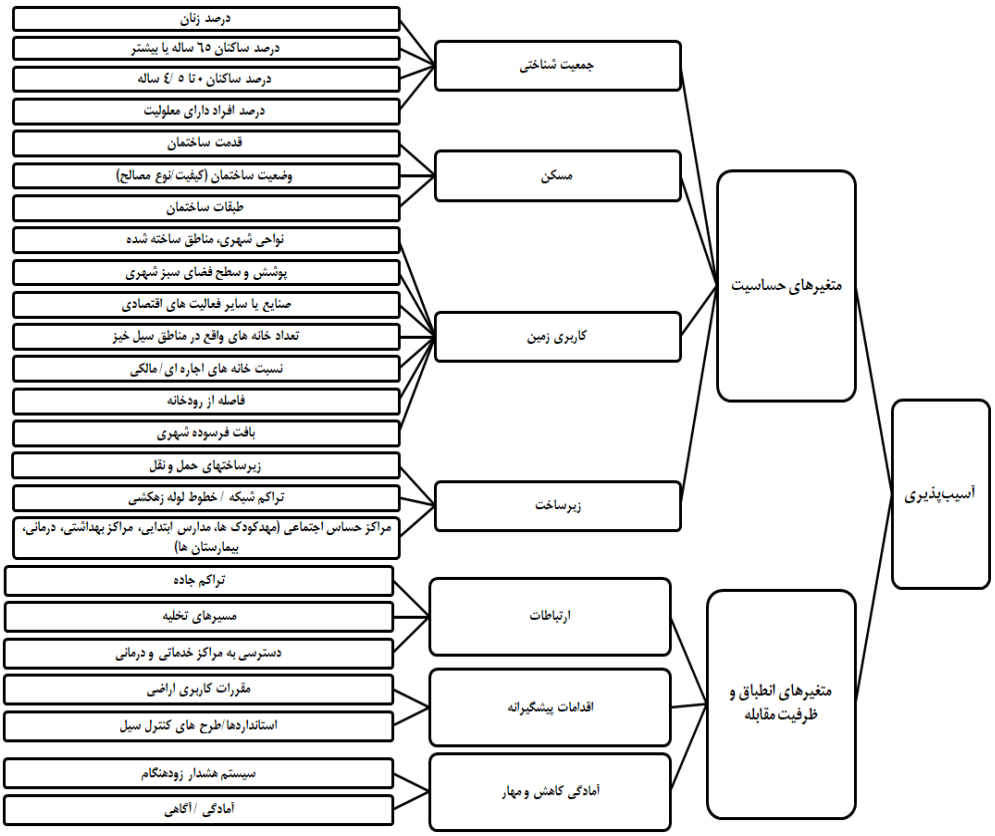
این پژوهش ماهیت تکنیکی، کاربردی-توسعه‌ای دارد و متکی بر روش‌های آماری و کتابخانه‌ای است. باتوجه‌به هدف تحقیق که تهیه نقشه آسیب‌پذیری در برابر سیلاب است، دو معیار آسیب‌پذیری و در معرض خطر بودن با ۲۱ زیرمعیار به شرح شکل ۲، به‌عنوان متغیرهای مستقل این پژوهش موردبررسی قرار گرفتند.[۲۸] لازم به ذکر است که در نقشه آسیب‌پذیری معیار خطر با

27. Saaty, T. L., & Vargas

۲۸. باتوجه‌به اینکه اطلاعات قابل کمی‌سازی سه معیار مقررات کاربری اراضی، استانداردها/طرح‌های کنترل سیل و سیستم هشدار زودهنگام یافت نشد، با ۲۱ معیار از

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

عواملی همچون عمق و سرعت جریان، پهنه سیل، زمان تداوم سیل و... تأثیرگذار هستند که در این قسمت تنها معیارهای نامبرده‌شده باتوجه‌به وجود اطلاعات برای نمونه موردی انتخاب و موردبررسی قرار گرفتند.



شکل ۲. معیارهای تعیین‌شده برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری در برابر سیل

یافته‌های پژوهش

منطقه موردمطالعه

شهر قزوین مرکز شهرستان قزوین بوده و در دامنه‌های جنوبی سلسله جبال البرز قرار گرفته است. موقعیت شهر قزوین در ′ ۵۵ ° ۴۹ تا ′ ۱۰ ° ۵۰ طول شرقی و ° ۳۶ تا ′ ۲۲ ° ۳۶ عرض شمالی واقع شده است. اتوبان تهران–زنجان از شمال شهر و راه‌آهن تهران–زنجان نیز از جنوب شهر می‌گذرد. دشت قزوین بخش‌های غربی، شرقی و جنوبی شهر را فراگرفته است. مهم‌ترین رودخانه‌های حوزه شهر قزوین رودخانه باراجین در شرق و رودخانه آلولک در غرب آن است و مهم‌ترین کوه‌های شمال شهر قزوین بالادره، برج، واشرگیر، ملارد، چکلو و سفیدکوه هستند (Qazvin Comprehensive Plan, 2008).

جمعیت کل شهر قزوین در سال ۱۳۹۵، ۴۰۲۷۴۸ نفر بوده که از این میان تعداد ۲۰۳۷۰۲ نفر مرد و ۱۹۹۰۴۶ نفر زن هستند. تعداد کل خانوار شهر قزوین ۱۲۷۱۵۴ خانوار و متوسط بعد خانوار برابر با ۳/۱۷ نفر است. تعداد شاغلان سال ۱۳۹۵ این شهر ۱۱۵۰۷۷ نفر و تعداد بیکاران ۱۹۱۶۹ نفر است. نرخ باسوادی کل شهر بالاتر از نرخ باسوادی کل نقاط شهری کشور و به میزان ۹۳ درصد است. تعداد معلولین شهر قزوین در سال ۹۵ برداشت نشده اما در سال ۱۳۹۰ برابر با ۴۱۶۴ نفر است (Statistical Center of Iran, 2011&2016) (شکل ۳).

ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی برای انجام تحلیل با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice

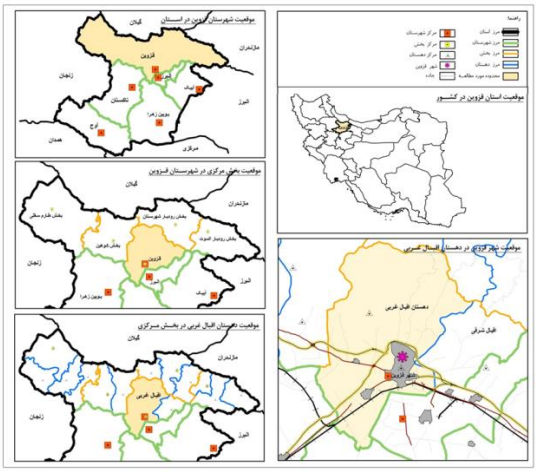
در این مرحله وزن‌دهی به معیارها در نرم‌افزار Expert choice انجام شد. برای این کار ابتدا هدف و معیارها و زیرمعیارهای تهیه نقشه آسیب‌پذیری در برابر سیلاب مشخص گردید. سپس ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شد. سپس معیار و زیرمعیارها به‌صورت

۲۴. معیار نمایش داده‌شده در نمودار پروژه انجام گردید.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

دو به دو مقایسه شدند. در این مقایسه به‌عنوان‌مثال اگر A دو برابر معیار B ارجحیت داشته باشد، معیار B به‌اندازه نصف معیار A ارجح دارد. ضمناً مقایسه هر معیار با خودش امتیاز ۱ را منجر خواهد شد؛ بنابراین، عدد یک در قطر اصلی ماتریس منظور می‌شود (Mohammadi et al., 2012).

نرم‌افزار Expert Choice نرم‌افزاری قدرتمند برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، تعیین اولویت اهداف است. AHP که تکنیکی ساده اما با محاسباتی تقریباً طولانی و پرحجم است به‌وسیله نرم‌افزار Expert Choice به‌سادگی می‌تواند انجام شود. نتایج وزن‌دهی به معیارها مطابق با شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۳. موقعیت شهر قزوین و مناطق آن در تقسیمات کشوری



شکل ٤. محاسبه وزن معیارها در نرم‌افزار Expert Choice

بررسی و تلفیق لایه‌ها

پس از ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی، باید تمام لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در هدف با هم ترکیب شوند. در ترکیب لایه‌ها، لایه جدید با خروجی از ترکیب دو یا چند لایه ورودی به دست می‌آید. بدین ترتیب لایه صفتی اختصاص‌یافته به هر موقعیت در لایه خروجی، تابعی از ارزش‌های لایه‌های ورودی است (Farajzadeh, 2005).

همان‌طور که ذکر شد پس از انتخاب متغیرها، وزن‌دهی آن‌ها با استفاده از روش AHP و نرم‌افزار Expert Choice توسط کارشناس انجام شد. در این مرحله برای هر یک از متغیرها باتوجه‌به تأثیر و رابطه آن با موضوع و دستور مرتبط (جدول ۱) اقدام به تولید نقشه‌های عامل شده است. درنهایت با هم‌پوشانی نقشه‌های به‌دست‌آمده مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب شناسایی شد.

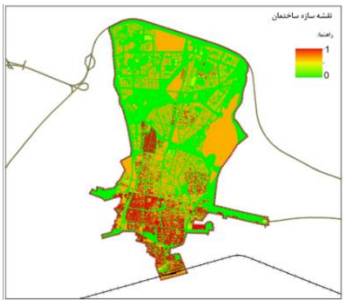
جدول ۱. تأثیر و رابطه متغیرها با آسیب‌پذیری

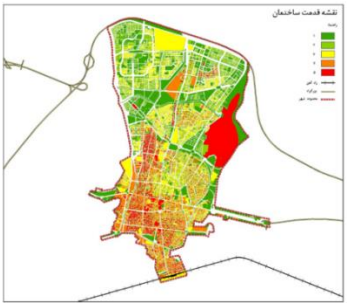
معیار	متغیر	دستور	نوع رابطه با آسیب‌پذیری
حساسیت	درصد زنان	Feature to raster	مستقیم
	درصد ساکنان ۶۵ ساله یا بیشتر	Feature to raster	مستقیم
	درصد ساکنان ۰ تا ۴/۵ ساله	Feature to raster	مستقیم

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

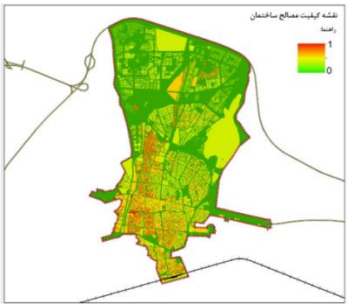
	درصد افراد دارای معلولیت	Feature to raster	مستقیم
	قدمت ساختمان	Feature to raster	مستقیم
	وضعیت ساختمان (کیفیت/نوع مصالح)	Feature to raster	مستقیم
	خانه‌های با ۱-۲ طبقه بالاتر از سطح زمین و یا ۱-۲ طبقه زیر سطح زمین	Feature to raster	معکوس
	نواحی شهری، مناطق ساخته‌شده	Feature to raster	مستقیم
	پوشش و سطح فضای سبز شهری	Feature to raster	معکوس
	صنایع یا سایر فعالیت‌های اقتصادی	Feature to raster	مستقیم
	تعداد خانه‌های واقع در مناطق سیل‌خیز	Feature to raster	مستقیم
	نسبت خانه‌های اجاره‌ای/مالکی	Feature to raster	مستقیم
	فاصله از رودخانه	Euclidean distance	معکوس
	بافت فرسوده شهری	Feature to raster	مستقیم
	زیرساخت‌های حمل‌ونقل	Euclidean distance	معکوس
	تراکم شبکه چاه‌ها/خطوط زهکشی	Kernal density	معکوس
	نقاط حساس اجتماعی (مهدکودک‌ها، مدارس ابتدایی، مراکز بهداشتی درمانی)	Feature to raster	مستقیم
انطباق و ظرفیت مقابله	تراکم جاده	Kernal density	معکوس
	مسیرهای تخلیه	density	معکوس
	دسترسی به مراکز خدماتی و درمانی، آتش‌نشانی و...)	Euclidean distance	معکوس
	آمادگی/آگاهی	Feature to raster	معکوس

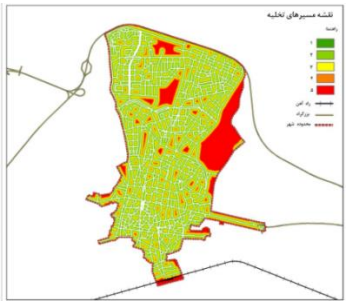
فرایند تولید و تلفیق با استفاده از ۲۱ لایه زیر انجام شد و به نتیجه رسید (شکل‌های ۵ الی ۸).

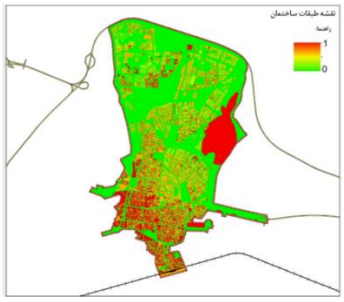

نقشه سازه ساختمان


نقشه قدمت ساختمان


نقشه مراکز حساس اجتماعی

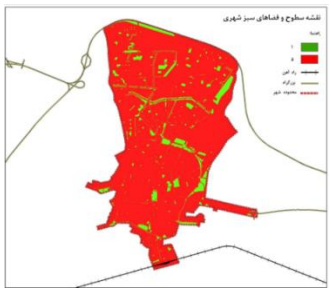

نقشه کیفیت ساختمان


نقشه مسیرهای تخلیه


نقشه طبقات ساختمان

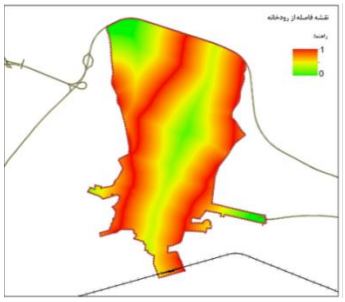

نقشه مراکز فعالیت اقتصادی

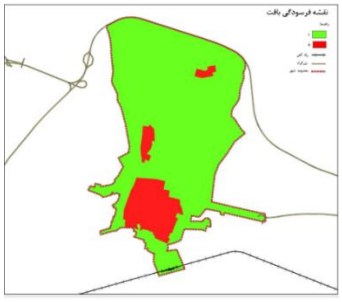

نقشه مناطق ساخته‌شده

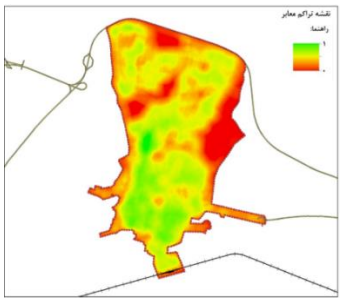

نقشه فضاهای سبز شهری

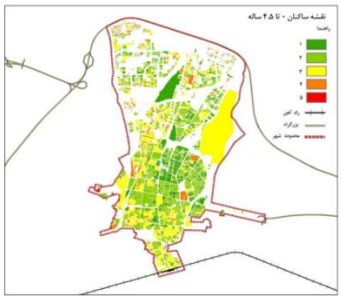
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

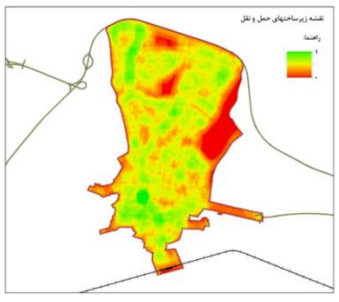
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

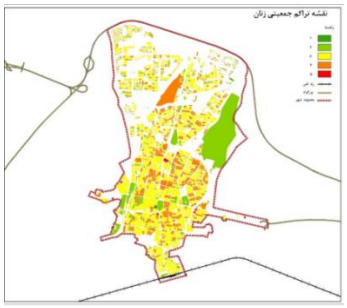

نقشه فاصله از رودخانه

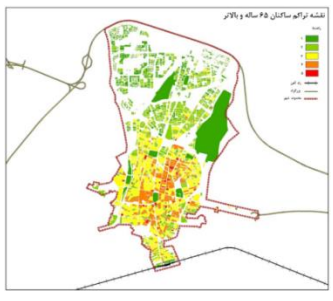

نقشه بافت‌های فرسوده


نقشه تراکم معابر

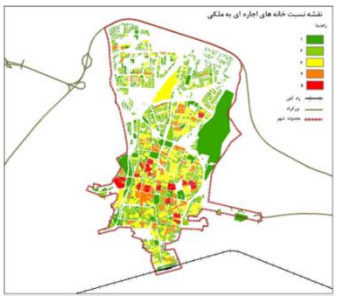

نقشه تراکم ساکنان ۰ تا ۴/۵ ساله

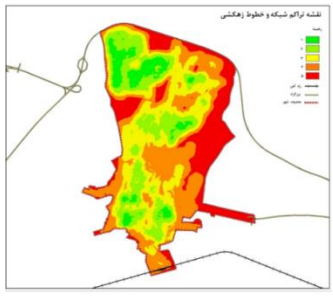

نقشه زیرساخت‌های حمل‌ونقل

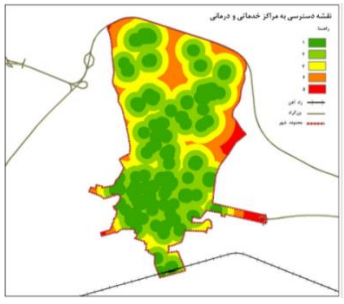

نقشه درصد زنان


نقشه تراکم ساکنان ۶۵ ساله و بالاتر

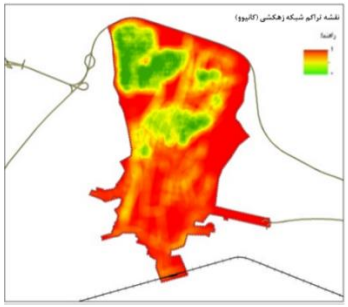

نقشه تراکم افراد دارای معلولیت

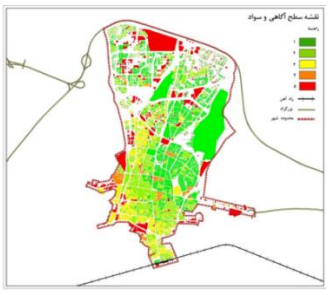

نقشه نسبت خانه‌های اجاره‌ای و مالکی


نقشه تراکم شبکه زهکشی (چاه‌ها)


نقشه دسترسی به مراکز خدماتی و درمانی


نقشه بناهای واقع در مناطق سیل‌خیز

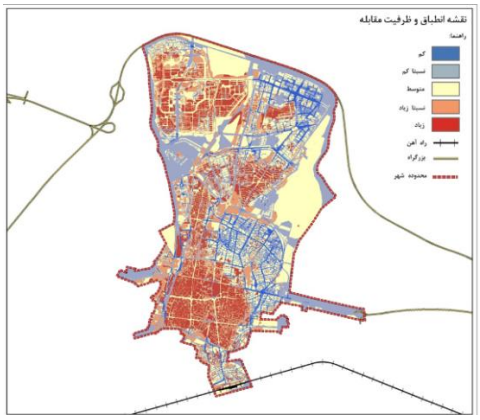

نقشه تراکم شبکه زهکشی (کانیوو)


نقشه سطح آگاهی و سواد

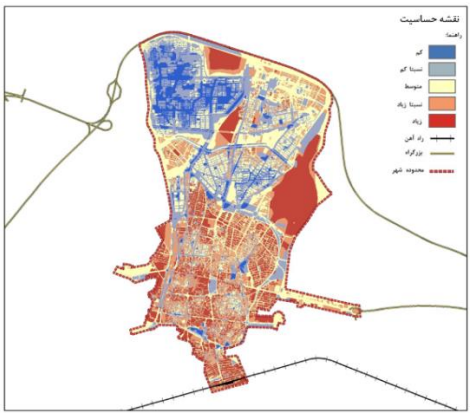
شکل ۵. نقشه متغیرهای آسیب‌پذیری در برابر سیلاب

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

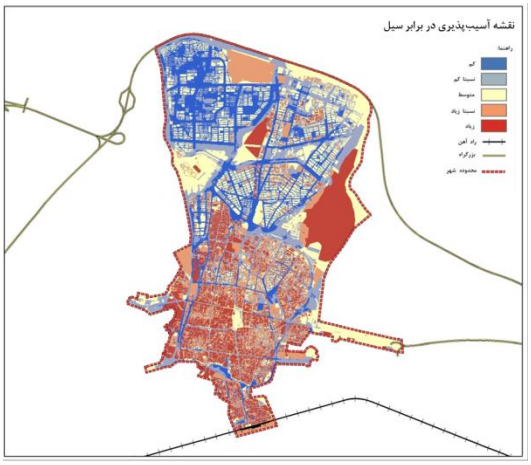
[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]



شکل ٦. نقشه انطباق و ظرفیت مقابله



شکل ۷. نقشه حساسیت



شکل ۸. نقشه آسیب‌پذیری در برابر سیلاب (تلفیق لایه‌های بررسی‌شده)

نتیجه‌گیری

ارزیابی آسیب‌پذیری سیل و سازگاری با آن در سطح جهانی از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از ارزیابی آسیب‌پذیری سیل، کاهش خطرات و خسارات و به‌طور گسترده، افزایش تاب‌آوری در برابر سیل است. نتایج حاصل از ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر سیلاب، به‌عنوان مرحله اولیه مطالعه دلایل اصلی ایجاد سیل و ارائه راه‌حل مناسب جهت کاهش تلفات جانی و مالی به کار می‌رود. روش‌های زیادی برای ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر سیلاب توسط محققان ارائه گردیده است که در این پژوهش برای مقایسه معیارها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و برای تولید نقشه‌ها از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد.

بر این اساس در ارتباط با ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شـهری در برابر سیلاب، بیست‌ویک متغیر به‌عنوان زیرمعیارهای موضوع به کار گرفته شد. سپس لایه‌های موردنیاز در ArcGIS تهیه و تبدیل به رستر و با استفاده از توابع عضویت فازی، فازی شدند و درنتیجه نقشه‌های فازی‌شده لایه‌ها به دسـت آمـد. سـپس بـا کمک نرم‌افزار expert choice برای مقایسـه زوجـی معیارهـا نسبت به یکدیگر استفاده و وزن‌دهی معیارها صورت گرفت. درنهایت، وزن نهایی معیارها بـا لایه‌های فازی‌شده ترکیب شد و نقشه‌های نهایی شامل نقشه انطباق و ظرفیت مقابله و نقشه حساسیت و ترکیب این دو نقشه آسیب‌پذیری شهر به دسـت آمـد.

نتایج حاصـل از تجزیه‌وتحلیل وضعیت کنـونی شهر قزوین باتوجه‌به نقشه آسیب‌پذیری در برابر سیلاب نشان می‌دهد که مناطق جنوبی شهر قزوین که دارای جمعیت و قدمت بالا و همچنین محل عمده فعالیت‌های اقتصادی هستند، آسیب‌پذیری بالایی در برابر سیلاب دارند و مناطق شمالی شهر که قدمت پایین‌تر و معابر عریضی دارند، آسیب‌پذیری کمتری دارند.

باتوجه‌به بررسی‌ها و نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهادها و راهکارهای ذیل ارائه می‌شود:

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

۱. لزوم توجه به مکان‌یابی کاربری‌های حساس در محدوده‌هایی با آسیب‌پذیری پایین؛
۲. مدیریت خاص شهری در مناطق آسیب‌پذیر، احداث کاربری‌هایی مانند آتش‌نشانی، اورژانس در فاصله معین و مناسب از مناطق؛
۳. تغییر کاربری‌های پرخطر و پر ریسک به کاربری‌های مجاز؛
۴. کاهش تراکم ساختمانی و جمعیتی در نقاط با آسیب‌پذیری بالا؛
۵. ایجاد امکانات مناسب برای آزادسازی مناطق مستعد سیلاب؛
۶. استفاده از راهکارهای مهندسی و مدیریت خاص شهری در مناطق آسیب‌پذیر؛
۷. جلوگیری از احداث واحدهای مسکونی در حریم مسیل‌ها؛
۸. نوسازی بافت‌های فرسوده و ایجاد سازه‌های نوساز و جدید از مصالح ساختمانی مرغوب و مقاوم؛
۹. مکان‌یابی صحیح مراکز امدادرسانی در جهت کاهش تبعات ناشی از بروز سیل؛
۱۰. تهیه نقشه مناطق امن، پناهگاه‌ها و مسیرهای دسترسی به آن؛
۱۱. ایجاد فضاهای باز با دسترسی مناسب در مواقع بروز مخاطرات طبیعی علی‌الخصوص در نواحی پرخطر؛
۱۲. بازنگری و ایجاد شبکه معابر با نفوذپذیری بالا در مناطق آسیب‌پذیر؛
۱۳. پرهیز از توسعه فعالیت‌ها در مناطق با خطر متوسط به بالا؛
۱۴. تعیین پایگاه‌های کمک‌رسانی و سازمان‌دهی گروه‌های امداد.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

References

Adzandeh, A. E., Hamid-Mosaku, I. A., Ayodele, E. G., Olayinka-Dosunmu, D. N., Badejo, O. T., & Okolie, C. J. (2024). *Integrating GIS and AHP for a Multi-Criteria Flood Vulnerability Assessment in the Benue River Basin, Nigeria. Dutse Journal of Pure and Applied Sciences,* 10(3b), 106–123. https://doi.org/10.4314/dujopas.v10i3b.12

Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., Nestmann, F. (2006). *Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 485–503.

Cai, T., Li, X., Ding, X., Wang, J., & Zhan, J. (2019). *Flood risk assessment based on hydrodynamic model and fuzzy comprehensive evaluation with GIS technique. International Journal of Disaster Risk Reduction*, 35, 101077.

Chen, Y., Liu, R., Barrett, D., Gao, L., Zhou, M., Renzullo, L., & Emelyanova, I. (2015). *A spatial assessment framework for evaluating flood risk under extreme climates. Science of the Total Environment*, 538, 512-523.

Erni, S., Wang, X., Swystun, T., Taylor, S. W., Parisien, M.-A., Robinne, F.-N., Eddy, B., Oliver, J., Armitage, B., & Flannigan, M. D. (2024). *Mapping wildfire hazard, vulnerability, and risk to Canadian communities. International Journal of Disaster Risk Reduction*, 101, 104221. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.104221

Eryani, I. G. A. P., Jayantari, M. W., & Ramli, S. (2024*). Determination of flood vulnerability level based on different numbers of indicators using AHP-GIS. SINERGI*, 28(1), 13-22. https://doi.org/10.22441/sinergi.2024.1.002

Farajzadeh Asl, M., & Rostami, S. (2004). *Green space location using GIS. Geographical Research Quarterly*, 65, 10-19. (in Persian)

Farajzadeh, M. (2005). *Geographic information systems and their application in tourism planning. SAMT Publications.* (in Persian)

Farajzadeh Asl, M., & Sarvar, S. (2002). *Management and location of educational centers using GIS. Geographical Research Quarterly*, 67. (in Persian)

Ghodsipoor, S. (2011). *Topics in multi-criteria decision making (3rd ed.). Amir Kabir University Press*. (in Persian)

Green, C. H. (2002). *Flood management from the perspective of integrated water resource management. In 2nd International Symposium on Flood Control*, Beijing.

Ikram, Q. D., Jamalzi, A. R., Hamidi, A. R., Ullah, I., & Shahab, M. (2024). *Flood risk assessment of the population in Afghanistan: A spatial analysis of hazard, exposure, and vulnerability. Natural Hazards Research*, 4(2024), 46–55. https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.09.006

Jankowski, P. (1995). Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-Making Methods. International Journal of Geographical Information Systems, 9(3), 251–273.

Jiang, W., Deng, L., Chen, L., Wu, J., & Li, J. (2009). *Risk assessment and validation of flood disaster based on fuzzy mathematics. Progress in Natural Science*, 19(10), 1419-1425

Kaźmierczak, A., & Cavan, G. (2011). *Surface water flooding risk to urban communities: Analysis of vulnerability, hazard and exposure. Landscape and Urban Planning*, 103(2), 185-197.

Khadami, A. H., & Jokar Sarhangi, E. (2013). *Optimal urban park location using GIS and AHP model (Case study: Amol city). Iranian Journal of Natural Ecosystems*, 4(1). (in Persian)

Koroma, A. O., Saber, M., & Abdelbaki, C. (2024*). Urban Flood Vulnerability Assessment in Freetown, Sierra Leone: AHP Approach. Hydrology*, 11(158). https://doi.org/10.3390/hydrology11100158

Lin, K., Chen, H., Xu, C. Y., Yan, P., Lan, T., Liu, Z., & Dong, C. (2020). *Assessment of flash flood risk based on improved analytic hierarchy process method and integrated maximum likelihood clustering algorithm. Journal of Hydrology*, 584, 124696.

Lyu, H. M., Shen, S. L., Zhou, A. N., & Zhou, W. H. (2019). *Flood risk assessment of metro systems in a subsiding environment using the interval FAHP-FCA approach. Sustainable Cities and Society*, 50, 101682.

Lazzarin, T., Chen, A. S., & Viero, D. P. (2024). *Beyond flood hazard: Mapping the loss probability of pedestrians to improve risk estimation and communication. Science of the Total Environment*,

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]

912, 168718. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168718

Malla, S., & Ohgushi, K. (2024). *Flood vulnerability map of the Bagmati River basin, Nepal: A comparative approach of the analytical hierarchy process and frequency ratio model. Smart Construction and Sustainable Cities*, 2(16). https://doi.org/10.1007/s44268-024-00041-7

Marzouk, M., & Azab, S. (2024). *Modeling climate change adaptation for sustainable coastal zones using GIS and AHP. Environmental Monitoring and Assessment*, 196(147). https://doi.org/10.1007/s10661-023-12287-2

Mansur, A. V., Brondízio, E. S., Roy, S., Hetrick, S., Vogt, N. D., & Newton, A. (2016). *An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure. Sustainability Science,* 11, 625-643.

Mishra, K., & Sinha, R. (2020). *Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach. Geomorphology*, 350, 106861.

Mohammadi, J., Hosseinpour, G., & Zarei, Y. (2012). *Spatial analysis of urban parks in Nurabad city using GIS. Journal of Geography and Environmental Planning*, 23(3). (in Persian)

Motaof, S., Mehdipour, H., & Aslani, F. (2015). Assessment of flood risk caused by human factors using GIS (Case study: Tehran Province). Urban Landscape Research Quarterly, 2(4), Fall and Winter. (in Persian)

Ogundolie, O. I., Olabiyisi, S. O., Ganiyu, R. A., Jeremiah, Y. S., & Ogundolie, F. A. (2024). *Assessment of flood vulnerability in Osun River Basin using AHP method. BMC Environmental Science*, 1(9). https://doi.org/10.1186/s44329-024-00009-z

Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). *Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: Methodological overview and case study assessment. Water*, 6(6), 1515-1545.

Peker, İ. B., Gülbaz, S., Demir, V., Orhan, O., & Beden, N. (2024). *Integration of HEC-RAS and HEC-HMS with GIS in Flood Modeling and Flood Hazard Mapping. Sustainability*, 16(3), 1226. https://doi.org/10.3390/su16031226

Plan and Budget Organization of Iran. (2020). Guideline No. 821: *Flood risk mapping manual*. (in Persian)

Rana, I. A., & Routray, J. K. (2018). *Integrated methodology for flood risk assessment and application in urban communities of Pakistan. Natural Hazards*, 91, 239-266.

Sadeghi Pouya, A., Noori, J., Mansouri, N., & Kia Lashki, A. (2016). An indexing method for evaluating flood vulnerability in coastal cities of western Mazandaran, Iran. International Journal of Disaster Risk Reduction. (in Persian)

Salehi, E., Rafie, Y., Farzad Behtash, M., & Aqababai, M. (2013). *Urban flood risk zoning using GIS and Fuzzy Hierarchical Analysis Process, Case Study: Tehran. Journal of Environmental Studies*. Vol. 39, No. 3.(in Persian)

Statistical Center of Iran. (2011 & 2016). *Population and housing census reports*. (in Persian)

Vázquez-Tarrío, D., Ruiz-Villanueva, V., Garrote, J., Benito, G., Calle, M., Lucía, A., & Díez-Herrero, A. (2024). *Effects of sediment transport on flood hazards: Lessons learned and remaining challenges. Geomorphology*, 446, 108976. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108976

Zachos, L. G., Swann, C. T., Altinakar, M. S., McGrath, M. Z., & Thomas, D. (2016). *Flood vulnerability indices and emergency management planning in the Yazoo Basin, Mississippi. International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 89-99.

DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-01]

[DOI: https://doi.org/10.22034/44.190.61]