Vol.14, No.1, Spring 2025, pp.99-122 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

Research Article DOI: 10.22067/geoeh.2025.89239.1506 Open Access

Vulnerability analysis of facilities against flood with emphasis on AHP Fuzzy method (case study: Khorramabad city)

Amir Rahimi[a], **Mahin Nastaran**[b*]

[a] Master of Urban Planning, Faculty of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

[b] Associate Professor, Department of Urban Planning, Faculty of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Article Info

Article history

Received: *6 August 2024*

Received in revised form : *10 January 2025*

Accepted: *18 January 2025*

Available online: *21 March 2025*

Keywords:

FLOOD VULNERABILITY, FUZZY AHP (FAHP), ARCGIS, KHORRAMABAD CITY, URBAN FACILITIES, RISK ASSESSMENT, SPATIAL ANALYSIS

Abstract

Floods are known as one of the most common and destructive natural disasters due to their widespread destruction and huge economic losses. Khorramabad city is one of the cities at risk of flooding due to its experiences of floods in recent years, its location in a valley, heavy rains, the presence of rivers in the city (Khorramrod and Karganeh), and manipulation of the boundaries and beds of rivers. Therefore, investigating flood vulnerability plays an important role in reducing the damages and risks caused by floods.

One of the methods for investigating and analyzing flood vulnerability and urban facilities exposed to floods is the use of the fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) to identify flood-prone and flood-vulnerable areas. Therefore, in this research, the fuzzy analytic hierarchy process method was used to prioritize the criteria. In this research, 12 criteria (worn texture, population density, road network, land use, height, slope, direction of slope, geology, distance from the river, soil science, land subsidence, and rainfall) were used to prepare a map of flood-prone and vulnerable areas.

The results of the analysis in this research showed that 38.17% of urban facilities are exposed to high and very high vulnerability, and administrative, commercial, and educational facilities have the highest level of vulnerability compared to other land uses to flooding. To reduce vulnerabilities, especially those of facilities to flooding, suggestions include improving the physical quality of urban facilities and buildings, organizing and improving the quality of river beds and boundaries, improving the condition of drainage, and using smart and advanced technologies to predict and warn of floods in order to reduce vulnerabilities.

*.Corresponding author :Dr.Mahin Nastaran E-mail address: m.nastaran@aui.ac.ir

How to cite this article: Rahimi, A., & Nastaran, M. (2025). Vulnerability Analysis of Facilities Against Flood with Emphasis on AHP Fuzzy Method (Case Study: Khorramabad City). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *14*(1), pp.99-122,DOI: https://doi.org/10.22067/geoeh.2025.89239.1506

©2025 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Extended Abstract

Introduction

Floods are among the most catastrophic natural hazards that can cause huge economic losses, damage to infrastructure and natural ecosystems, as well as death. Therefore, investigating flood vulnerability plays an important role in reducing the damages and risks caused by floods. A flood is a sudden flow of water that flows at high speed in a short time and causes destruction along with financial and human losses.

Khorramabad city has experienced floods 12 times from 1976 to 2005. One of the largest floods in Lorestan province is the flood of 2019, with the initial estimate of flood damage in Lorestan province exceeding 15 trillion rials. Fifteen people lost their lives and about 256 people were injured, and the city of Khorramabad had a huge share of these damages and casualties. Khorramabad city is one of the cities at risk of flooding due to its experiences of floods in recent years, its location in a valley, heavy rains, the presence of rivers in the city (Khorramrod and Karganeh)**,** and manipulation of the boundaries and beds of rivers.

Considering the experiences of flood risk in Khorramabad city and despite numerous studies conducted in the field of flooding in regions and cities, no research has been conducted so far on the vulnerability analysis of urban facilities, especially using the FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) method**.** Therefore, the purpose of the present study is to analyze the vulnerability of facilities through the FAHP method and then to describe the application of the FAHP method in hazards and crises in order to reduce vulnerabilities.

Material and Methods

This paper is a descriptive-analytical study**.** This research was conducted in ArcGIS 10.5 and Expert Choice 11 software. Data collection methods included library methods (books, articles, information on the 2019 detailed plan of Khorramabad city, meteorological information, and data from the Iranian Geological Organization and the Natural Resources Administration) and field methods (questionnaire and observation).

The criteria effective in flood vulnerability were selected through library studies and urban experts according to the location and characteristics of Khorramabad city, which include 12 criteria (worn texture, population density, road network, land use, height, slope, slope direction, geology, distance from the river, soil science, land subsidence, and rainfall). After the criteria are determined by experts, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method is used. The AHP is one of the most comprehensive methods designed for decision-making with multiple criteria. This method allows the problem to be formulated hierarchically. This method is based on three basic steps:

1. Creating a pairwise comparison matrix,
2. Calculating the weights of the criteria, and
3. Estimating the compatibility ratio.

Additionally**,** in this research, the fuzzy logic method was used to standardize the criteria. The fuzzy logic method is used to standardize the criteria in cases where the units of measurement have different ranges with ranges of similarity from 0 to 1.

Results and Discussion

After preparing the maps of the information layers, questionnaires were distributed among the experts, in which a pairwise comparison of the criteria was made based on the value (importance) in the numerical range between 1 and 9. Finally, after completing the questionnaire, a matrix was prepared in the Expert Choice software and the summary of the experts' opinions was added to that matrix. The output of the Expert Choice software analysis shows the weight of each criterion, and according to the AHP**,** the higher the weight of the criterion, the greater the importance and value of that criterion, and vice versa. According to the software output, population density, rainfall, distance from the river, height, and land use were the most important and scored.

The Geographic Information System (GIS) provides a wide range of spatial analysis, regional analysis, and network analysis capabilities on various thematic layers. In the present study, the AHP method was used to weight the criteria and determine the criteria in priority (importance) and standardization with the fuzzy logic method.

After preparing the weighted maps of the criteria (layers), by combining the weighted layer maps through ArcGIS software, using the SUM fuzzy operator, the map of vulnerable areas was determined in 5 vulnerability classes: very low, low, medium, high, and very high. By overlapping the distribution map of each facility with the flood vulnerability zoning map, all facilities can be analyzed for flood vulnerability.

With the analyses conducted, the vulnerability of facilities was determined in 5 levels of vulnerability, according to which, 9.66% and 28.51% of facilities are in the very high and high vulnerability range, respectively, and a total of 38.17% of facilities are exposed to high and very high vulnerability. According to the analyses conducted, using the percentage and total area of facilities exposed to flood vulnerability and considering the area of each facility, the vulnerability value of each facility was calculated.

Furthermore**,** with the analyses conducted, it can be concluded that administrative, commercial, and educational uses have the highest vulnerability to flooding **with** 39.47%, 12.78%, and 11.78%, respectively**,** and religious and cultural uses have the lowest vulnerability to flooding with 0.84% and 0.38%, respectively.

Conclusion

The results of the analysis of this research showed that 38.17% of urban facilities are exposed to high and very high vulnerability, and administrative, commercial, and educational uses have the highest level of vulnerability compared to other uses to flooding. To reduce vulnerabilities, especially reducing the vulnerability of facilities to flooding, suggestions can be made such as:

- Improving the physical quality of urban facilities and buildings,
- Organizing and improving the quality of river beds and boundaries,
- Improving the condition of drainage, and
- Using smart and advanced technologies to predict and warn of floods in order to reduce vulnerabilities.

Finally, by achieving the research objectives in order to explain the application of the FAHP method, other applications of this method in reducing vulnerabilities can be mentioned, such as:

- Identifying zones and areas prone to vulnerability to crises,
- Correct location of emergency services to provide services during crises,

- Identifying and analyzing traffic nodes in times of crisis and correct routing in order for people to escape from crises and provide rapid services to people,
- Locating and identifying temporary accommodation, parking lots, and safe shelters during crises, and
- Correct location of urban facilities and residential areas to reduce vulnerabilities.

Previous research on the flood in Khorramabad city has addressed issues such as:

- Investigating the cause of the Khorramabad flood incident,
- Zoning of the entire city and villages, agricultural lands and roads, as well as
- Examining the role of floods in changing river beds and their impact on rural communities.

The difference between the present research and other research conducted is in analyzing the vulnerability of Khorramabad city facilities to flooding. Moreover**,** the research conducted so far has not examined facilities because the issue of urban facilities is considered an important issue in the field of urban planning. Similarly, in this research, the combined method of FAHP**,** which is a relatively new method, was used. One of the applications of this method is the analysis of risks and crises.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076
جلد ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، صص ۱۲۲-۹۹
نشریه علمی
جغرافیا و مخاطرات محیطی
مقاله پژوهشی DOI: 10.22067/geoeh.2025.89239.1506 دسترسی آزاد

تحلیل آسیب پذیری زیرساخت‌های روبنایی در برابر سیل با تاکید بر روش AHP Fuzzy (مورد مطالعه: شهر خرم آباد)

امیر رحیمی[۱]، مهین نسترن[۲*]

[۱] کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری ، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران
[۲] دانشیار گروه شهرسازی ، دانشکده معماری و شهرسازی ، دانشگاه هنر اصفهان ، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹

کلمات کلیدی:
آسیب‌پذیری سیلاب
روش سلسله مراتب فازی (FAHP)
نرم‌افزارARCGIS
شهر خرم‌آباد
تأسیسات شهری
ارزیابی ریسک
تحلیل مکانی

چکیده

سیلاب به دلیل تخریب گسترده و خسارات اقتصادی بسیار زیاد به عنوان یکی از متداول ترین بلایای طبیعی شناخته می شود. شهر خرم آباد به دلیل تجارب سیل خیزی در سال‌های اخیر و موقعیت دره‌ای بودن شهر، بارش‌های فراوان، وجود رودخانه‌ها در شهر(خرم رود و کرگانه)، دستکاری در حریم و بستر رودخانه‌ها، جزء شهرهای در معرض مخاطره سیلاب می باشد. یکی از روش‌های بررسی و تحلیل آسیب پذیری سیل و زیرساخت های شهری درمعرض سیل، استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP FUZZY) به منظور شناسایی پهنه های سیل خیز و آسیب پذیر سیل می باشد، دراین پژوهش، از ۱۲ معیار(بافت فرسوده، تراکم جمعیت، شبکه معابر، کاربری، ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین شناسی، فاصله از رودخانه، خاک‌شناسی، فرونشست زمین و میزان بارندگی) به منظور تهیه نقشه‌ی پهنه‌های آسیب پذیر سیل استفاده شد. مطابق روش فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی، معیارها توسط کارشناسان امتیازدهی و سپس در نرم افزار EXPERT CHOICE وزن دهی شدند و با استفاده از مدل منطق فازی، نقشه لایه‌های اطلاعاتی معیارها مورد فازی سازی قرار گرفتند. در نهایت با همپوشانی نقشه های وزن دهی شده برای هر معیار در نرم افزار ARC GIS ، نقشه پهنه‌های سیل خیز و آسیب پذیرتهیه شد. باهمپوشانی نقشه پهنه بندی شده سیل با نقشه پراکنش زیرساخت های روبنایی، نقشه‌ی نهایی آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی شهر خرم آباد تهیه گردید. نتایج تحلیل ها نشان داد که۳۸/۱۷ ٪ از زیرساخت‌های روبنایی در معرض آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد سیل قرار دارند و کاربری‌های اداری وتجاری به ترتیب بیشترین آسیب‌پذیری وکاربری‌های فرهنگی و مذهبی کمترین آسیب پذیری را در برابر سیل دارند. درنهایت با شناسایی پهنه های سیل خیز و آسیب پذیرسیل، لازم است اقداماتی به منظور افزایش ایمنی ومقاوم سازی زیرساخت‌ها درجهت کاهش آسیب پذیری‌های ناشی سیل، توسط مدیران و کارشناسان شهری انجام گیرد.

* نویسنده مسئول: دکتر مهین نسترن
E-mail: m..nastaran@aui.ac.ir

مقدمه

هنگام بحث درباره هر فاجعه، ابتدا باید آن را بر اساس نوع آن متمایز کرد. به طور کلی، سه نوع بلا وجود دارد طبیعی، انسان ساز و ترکیبی. بلایای طبیعی غالباً «رخداد ذاتی طبیعت» نامیده می‌شوند، در حالی که بلایای انسان‌ساز که منشاء آن ها فعالیت انسان‌ها به طور عمدی یا غیر عمدی هستند که بر تعادل اکولوژیکی تأثیر می‌گذارند و بلایای ترکیبی، از ادغام فعالیت های انسانی و نیروهای طبیعی ناشی می‌شود. از بین همه بلایا، دوره ای ترین و شایع ترین آن سیل است که هرچندسال یکبار رخ می دهد (Shaluf, 2007) . بررسی آمار و اطلاعات خسارت های ناشی از بحران سیل در ایران و جهان بسیار نگران کننده می‌باشد و بحران سیل، یکی از سه بلایای طبیعی و اصلی ایران است (Servati, Ahmadi, Nosrati & Mezbani, 2013). سیل به دلیل شکست مسیرهای طبیعی و سیستم های زهکشی در نگهداری آب اضافی در طول بارندگی زیاد و بلافاصله پس از آن ایجاد می شود (Gacu, Monjardin, Senoro & Tan, 2022). سیل از جمله مخاطرات طبیعی فاجعه‌باری است که می‌تواند باعث خسارات اقتصادی هنگفت، آسیب به زیرساخت‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی و همچنین مرگ شود (Xiong et al., 2022).

امروزه چندین روش برای شناسایی پهنه های سیل خیز و آسیب پذیر وجود دارد، که از جمله این روش‌ها می‌توان به رویکردهای تصمیم گیری چند معیاره بر پایه روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)[1]ومنطق فازی(FL)[2] اشاره نمود (Malik et al., 2022). روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی به طور گسترده توسط بسیاری از پژوهشگران برای پرداختن به مسائل مختلف تصمیم‌گیری در زمینه‌های مختلف استفاده شده است (Saucedo, Salais, Aguilar & Marmolejo-Sa, 2024). روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک رویکرد تصمیم‌گیری چند هدفه و چند معیاره است که کاربر را قادر می‌سازد تا به مقیاسی از اولویت‌های برگرفته از مجموعه‌ای از گزینه‌ها برسد و برای کاهش تصمیمات پیچیده به مجموعه ای از مقایسه های زوجی و سپس ترکیب نتایج مفید است، علاوه بر این، جهت‌گیری در فرآیند تصمیم‌گیری را می‌توان به طور موثر از طریق این تکنیک حذف کرد زیرا سازگاری نتیجه را ارزیابی می‌کند(Arulbalaji, Padmalal & Sreelash, 2019) . روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌تواند به طور موثر در مطالعات مقیاس منطقه‌ای و محلی با دقت بهتر اعمال شود (Dano et al., 2019) .

منطق فازی(FL) بر پایه نظریه مجموعه‌های فازی استوار است. در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه هست یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک باینری تبعیت می‌کند. اما تئوری مجموعه های فازی این مفهوم را بسط می دهد و عضویت درجه بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یک عنصر می تواند تا درجاتی و نه کامل عضو یک مجموعه باشد، باتوجه به اینکه پدیده‌هایی مانند سیلاب تحت تأثیرعامل بسیاری قرار دارند و این عوامل قطعی و صددرصدی نیستند، بنابراین بهتر است در مطالعه چنین پدیده‌هایی از مدل فازی استفاده شود (Mokhtari Hashi & Rahimi, 2016). از این جهت در

1 Analytical Hierarchy Process
2 Fuzzy Logic

این پژوهش از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای شناسایی پهنه های آسیب پذیر سیل و سپس تحلیل آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی شهر خرم آباد درمواجه باسیل استفاده می شود، تاکنون مطالعات متعددی در زمینه کاربرد روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای شناسایی محدوده های مستعد سیل پذیری انجام شده است که ازجمله این پژوهش ها می توان به پژوهش های زیر اشاره کرد:

صالحی و همکاران (Salehi, Rafi, Farzadbehtash & Agha Babaei, 2013) طی پژوهشی به پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری درشهر تهران با استفاده ازنرم افزارGIS[1]و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پرداختند. این پژوهش با استفاده از ۵ معیار فاصله از شبکهٔ زهکشی، تجمع جریان، شیب، ارتفاع و کاربری اراضی انجام گرفت، درنهایت نقشهٔ خطر نهایی با اعمال وزن‌های معیارها و طبقه‌های آن‌ها به دست آمد. در پژوهشی اسماعیلی و همکاران (Esmaeili Alavijeh, Karimi & Alavipoor, 2016) به ارزیابی آسیب پذیری منطقه ۲۲ تهران در برابر سیل پرداختند و از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی ازمعیارهای شیب، خاک، فاصله از رود، زمین شناسی، ارتفاع، کاربری اراضی و جمعیت استفاده گردید. پس از وزن دهی، معیارهای آسیب پذیری در محیط Arc Gis فازی سازی شدند و در نهایت از عملگرهای فازی برای همپوشانی لایه ها استفاده شد.

در پژوهشی آذرمهر و خوش نیت (Azarmehr & khosh niyat, 2021) به ارزیابی آسیب پذیری منطقه ۶ در برابر سیل با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. در این پژوهش معیارهای مورد بررسی، شامل شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی، کاربری و کانال ها و مسیل های موجود می باشد. نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی نشان می دهد که کاربری اراضی با وزن ۰/۳۲۶ و پوشش گیاهی با وزن ۰/۰۷۵ به ترتیب بیشترین و کمترین تاثیر در میزان آسیب پذیری در حوضه منطقه ۶ شهر تهران هستند. در پژوهشی وجدانی نوذر و گیوه‌چی (Vejdani Nozar & Givehchi, 2022) به ارائه مدل ارزیابی خطر سیل در استان همدان به منظور رده بندی آسیب پذیری وپیامدهای محتمل در مراکز جمعیتی پرداختند در این پژوهش با پیاده سازی و ترکیب لایه‌های استاندارد پارامترهای تأثیرگذار ازطریق AHP فازی و لایه خطر سیل که ازطریق ماتریس استانداردشده نظرات کارشناسان در نرم افزار GIS به دست آمده, نقشه خطر سیل تهیه و سپس مراکز جمعیتی (شهرها) طبقه بندی شدند و شهر همدان در پهنه ریسک نسبی زیاد تا خیلی زیاد قرار گرفت. در مطالعه‌ای یانگ و همکاران (Yang, Ding & Hou, 2013) به کاربرد روش AHP فازی برای ارزیابی خطر سیل با استفاده از مدل ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پرداختند. این روش شامل ارزیابی و پیش بینی خطر سیل برای به دست آوردن رتبه بندی عوامل خطر و پیش بینی جامع خطر سیل و سپس تجزیه و تحلیل اقدامات واکنش به خطر سیل است.

اکمکیگلو و همکاران (Ekmekcioglu, Koc & Ozger, 2021) درمطالعه ای به ارزیابی خطر در استانبول با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی که شامل سیزده معیار آسیب‌پذیری سیل و خطر است پرداختند. برای به دست آوردن وزن معیارها، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی اتخاذ شد.در بین تمامی معیارها، کاربری

1 Geographic Information System

زمین و دوره بازگشت به ترتیب مهم‌ترین معیارهای آسیب‌پذیری و خوشه‌های خطر بودند. وزن معیارهای محاسبه شده از طریق روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی با داده های گرفته شده از سازمان‌های مختلف با توجه به هر منطقه برای محاسبه امتیاز خطر نواحی ادغام شد. در نتیجه، امتیازات خطر منطقه برای تهیه نقشه خطر سیل استانبول استفاده شد (Dutta & Deka, 2024). در مطالعه ای به ارزیابی خطر سیل با مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تجزیه و تحلیل حساسیت در دشت سیلابی براهماپوترا پرداختند، دراین پژوهش ۱۶ پارامتر درنظر گرفته شد که با مدل فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر (MCDM-AHP)[1] برای شناسایی مناطق بالقوه خطر سیل استفاده شد. نتایج نشان داد که بیش از ۲۸ درصد از مساحت کل منطقه در خطر سیل زیاد تا بسیار زیاد قرار دارد.

شهر خرم آباد در طول سال های وقوع سیل (۱۳۵۵تا ۱۳۸۴) ۱۲ بار سیل رخ داده (Rezaei Rashno & Haghzad, 2015) ویکی از بزرگترین سیلاب های استان لرستان سیل سال۱۳۹۸ می باشد، که برآورد اولیه خسارت سیل در استان لرستان بیش از ۱۵ هزار میلیارد ریال است و همچنین ۱۵ نفر بر اثر سیل جان خود را از دست دادند و حدود ۲۵۶ نفر نیز مصدوم شدند وشهر خرم آباد سهم عظیمی از این خسارات و تلفات را داشت (Iranian Red Crescent Society, 2019). با در نظرگرفتن تجارب وسیل خیزی شهر خرم آباد و علی رغم مطالعات فراوان انجام شده در زمینه سیلاب مناطق و شهرها، تاکنون پژوهشی به تحلیل آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی شهر که در حوزه شهری بسیار مهم هستند، نپرداخته است، بنابراین پژوهش حاضر با هدف تحلیل میزان آسیب پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم آباد در برابر سیل و سپس تشریح کاربرد روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در زمینه مخاطرات و بحران‌ها در راستای کاهش آسیب پذیری‌ها، انجام شده است.

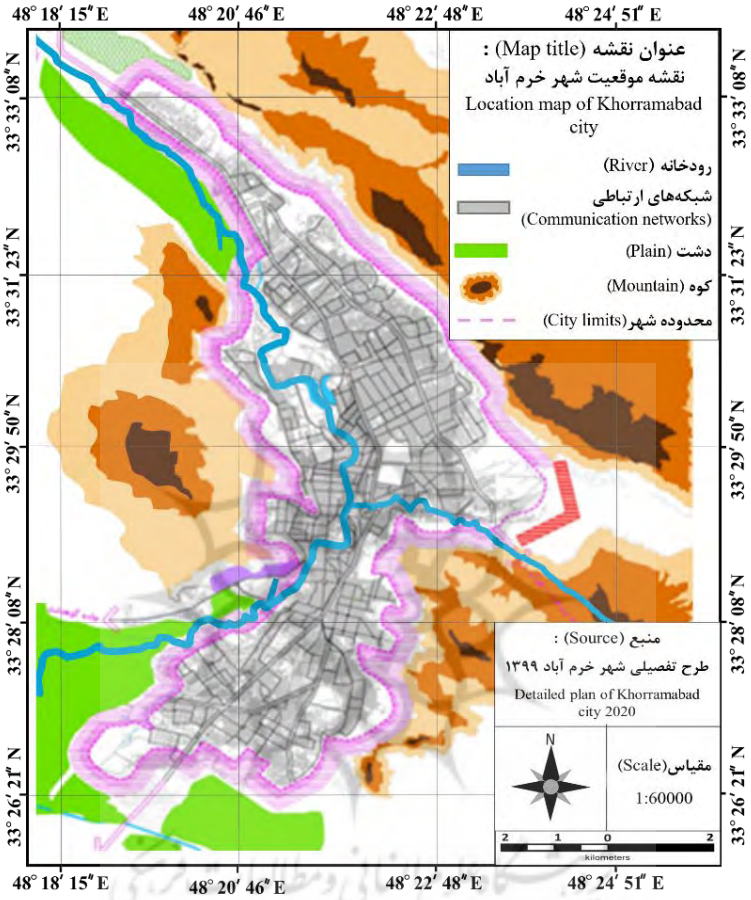
منطقه مورد مطالعه

شهر خرم آباد در جنوب غربی کشور و به طول ۱۵ و عرض ۱۲ کیلومتر، مرکز استان لرستان، با موقعیت هندسی به طول ۴۸ درجه و ۲۲دقیقه شرقی و عرض ۳۳درجه و۲۹ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۱۷۱ متری از سطح دریا قرار دارد. شکل ۱ موقعیت شهر خرم آباد را نشان می‌دهد.

خرم آباد شهری کوهستانی و دره ای است؛ شهر در دو طرف بستر رودخانه خرم رود ساخته شده که زمین های هموار آن چندان وسعت ندارند. افزایش جمعیت شهر به هر علت موجب گسترش فیزیکی شهر شده تا جایی که پس از به کارگیری زمین های هموار کنار رودخانه شهر به سوی زمین های ناهموار و کم ارتفاع و خاکریزهای پای کوه هدایت گردیده و از این امر ناگزیر بوده است.بخش شمالی شهر چهره ی کوهستانی و ناهموار، و بخش جنوبی شهر چشم اندازی جلگه ای و هموار دارد. کالبد فیزیکی شهر متأثر و تابعی از طبیعت آن است. شهر خرم آباد دارای محدودیت فضا و زمین بوده، بافتی متراکم و متمرکز دارد. شهرخرم آباد، چندین بافت فرسوده و ناکارآمد دارد که تشدید کننده آسیب پذیری هستند همچنین وجود دو رودخانه (خرم رود و کرگانه) و چندین چشمه، چاه و قنات که سبب آب دهی بالای رودخانه ها شده، زمینه را برای سیل پذیری

1 MultiCriteria DecisionMaking- Analytical Hierarchy Process

شهر خرم آباد فراهم می‌کند (Khorramabad city comphersive plan, 2020). طبق آخرین سرشماری سال ۱۳۹۵شهر خرم آباد ۳۷۳۴۱۶ نفر جمعیت دارد(General Population and Housing Census, 2016).



شکل۱- موقعیت شهر خرم آباد

Fig .1. Location of Khorramabad city

مواد و روش‌ها

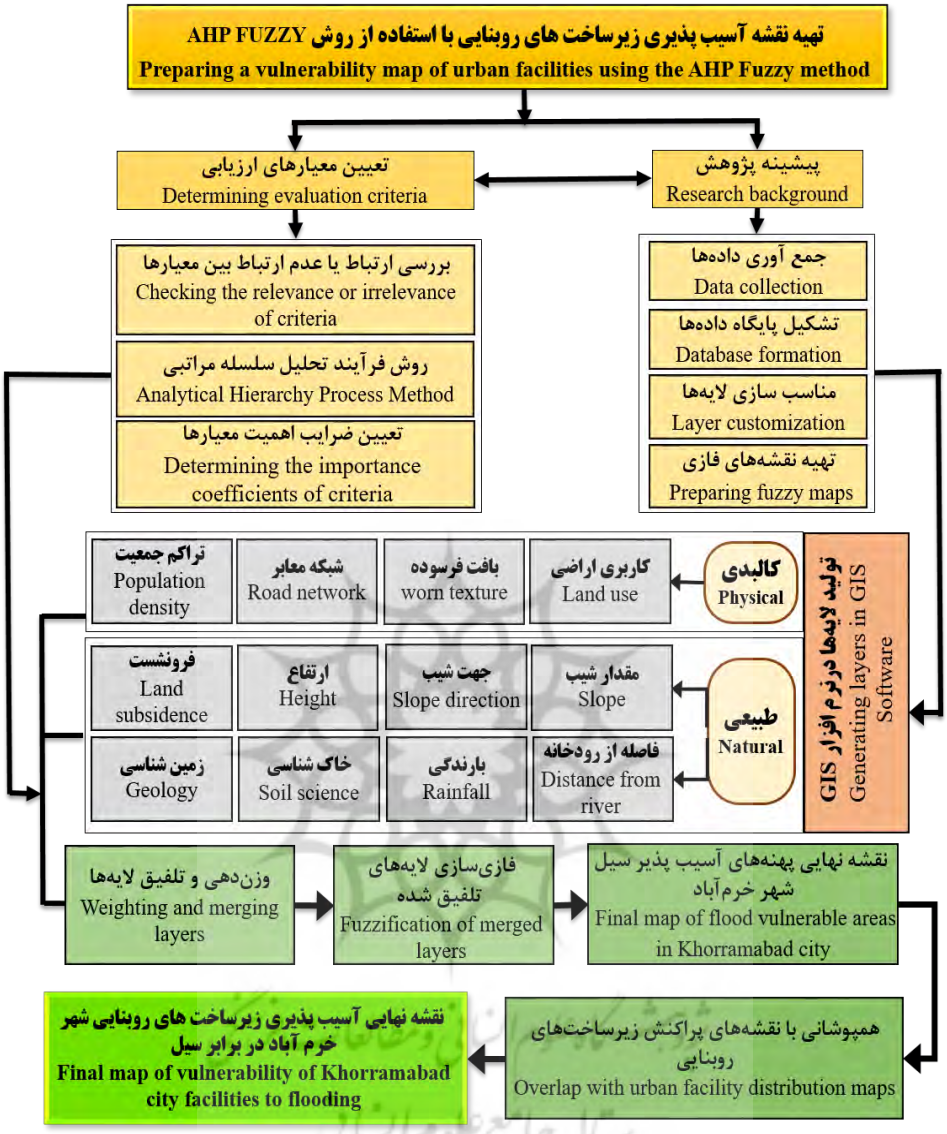
پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی می باشد، گرد آوری داده‌ها از دو روش کتابخانه ای (کتاب ها، مقالات، مطالعه اسناد بالادست، اطلاعات طرح جامع وطرح تفصیلی ۱۳۹۹ شهر خرم آباد، اطلاعات هواشناسی و سازمان زمین شناسی کشور و اداره منابع طبیعی) و روش میدانی شامل (پرسشنامه و مشاهده) می باشد.در پهنه‌های آسیب پذیری سیل، معیارهای مختلفی دخالت دارند، که با مطالعات کتابخانه‌ای وبا مراجعه به کارشناسان مربوطه در حوزه‌های شهرسازی، برنامه ریزی شهری، عمران و مخاطرات طبیعی، معیارهای موثر در آسیب پذیری سیل با توجه به موقعیت و خصوصیات شهر خرم آباد انتخاب شدند که این معیارها شامل۲معیاراصلی(معیارهای کالبدی و طبیعی) و ۱۲ زیر معیار(بافت فرسوده، تراکم جمعیت، شبکه معابر،

کاربری، ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین شناسی، فاصله ازرودخانه، خاک‌شناسی، فرونشست و میزان بارندگی) می‌باشند.

پس از مشخص شدن معیارها توسط کارشناسان، از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد،روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد این روش یکی از جامع ترین روش های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چند گانه است (Ghodsipour, 2019). این روش امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. این روش بر مبنای سه گام اساسی : ۱-ایجاد ماتریس مقایسۀزوجی ۲-محاسبه وزن معیارها و ۳-برآورد نسبت سازگاری می‌باشد (Zebardast, 2011). مطابق این روش، ماتریس زوجی که شامل پرسشنامه‌ای با ۳۴ سوال می باشد تهیه و تحویل ۲۵ نفر از کارشناسان مربوطه داده شد، که این سوالات درواقع مقایسه زوجی(دو به دویی) معیارها می باشند، به هرکدام از معیارها نسبت به دیگری براساس درجه اهمیت(ارزش) می توان عدد ۱تا۹ داده شد. پس از تکمیل ماتریس ها و اولویت بندی معیارها توسط کارشناسان، ماتریس های زوجی وارد نرم افزار Expert Choice شدند. در نتیجه وزن نسبی هریک از معیارها به‌دست‌آمد که این وزن ها، داده‌های اصلی برای تحلیل ارزیابی چندمعیاره و تعیین معیارهای پراهمیت در محیط GIS برای تهیه نقشه پهنه های آسیب پذیر سیل هستند. نرم افزار اکسپرت چویس[1] نرم افزاری برای انجام روش تحلیل سلسله مراتبی و مقایسات زوجی می باشد پایه‌ی این روش برای وزن‌دهی به تصمیمات بااستفاده از روش مقایسه زوجی است اما چون به مرور تعداد عناصر برای بررسی افزایش می‌یابد و کار مقایسه زوجی را دشوار می‌کند؛ بنابراین به یک نرم افزار برای انجام فرآیند سلسله مراتبی نیاز است از نرم افزار اکسپرت چویس استفاده می شود(Aghaei & Maziar, 2007). یکی از کاربردهای روش منطق فازی[2] استانداردسازی(فازی سازی) معیارها، درمواقعی که واحدهای اندازه گیری دامنه های متفاوت داشته باشند را با دامنه‌های همسانی ۰ تا ۱ استاندارد سازی می‌کنند(Ziari, Rajai & Darabkhani, 2020).

در پژوهش حاضر از روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزن دهی به معیارها و تعیین معیارهای در اولویت (پراهمیت) و استانداردسازی با روش منطق فازی، استفاده شد و پس از تهیه نقشه های وزن‌دهی شده معیارها (لایه‌ها) با تلفیق نقشه های لایه‌های وزن دهی شده از طریق نرم افزارArc Gis ، توسط عملگر فازی SUM، نقشه‌ی پهنه‌های آسیب پذیر،در ۵ طبقه آسیب پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد مشخص شد. و با همپوشانی نقشه‌ی پراکنش هر زیرساخت با نقشه ی پهنه بندی آسیب پذیری سیل می توان کلیه زیرساخت‌های روبنایی را مورد بررسی برای میزان آسیب پذیری سیل قرار داد.

1 Expert choice
2 Fuzzy logic



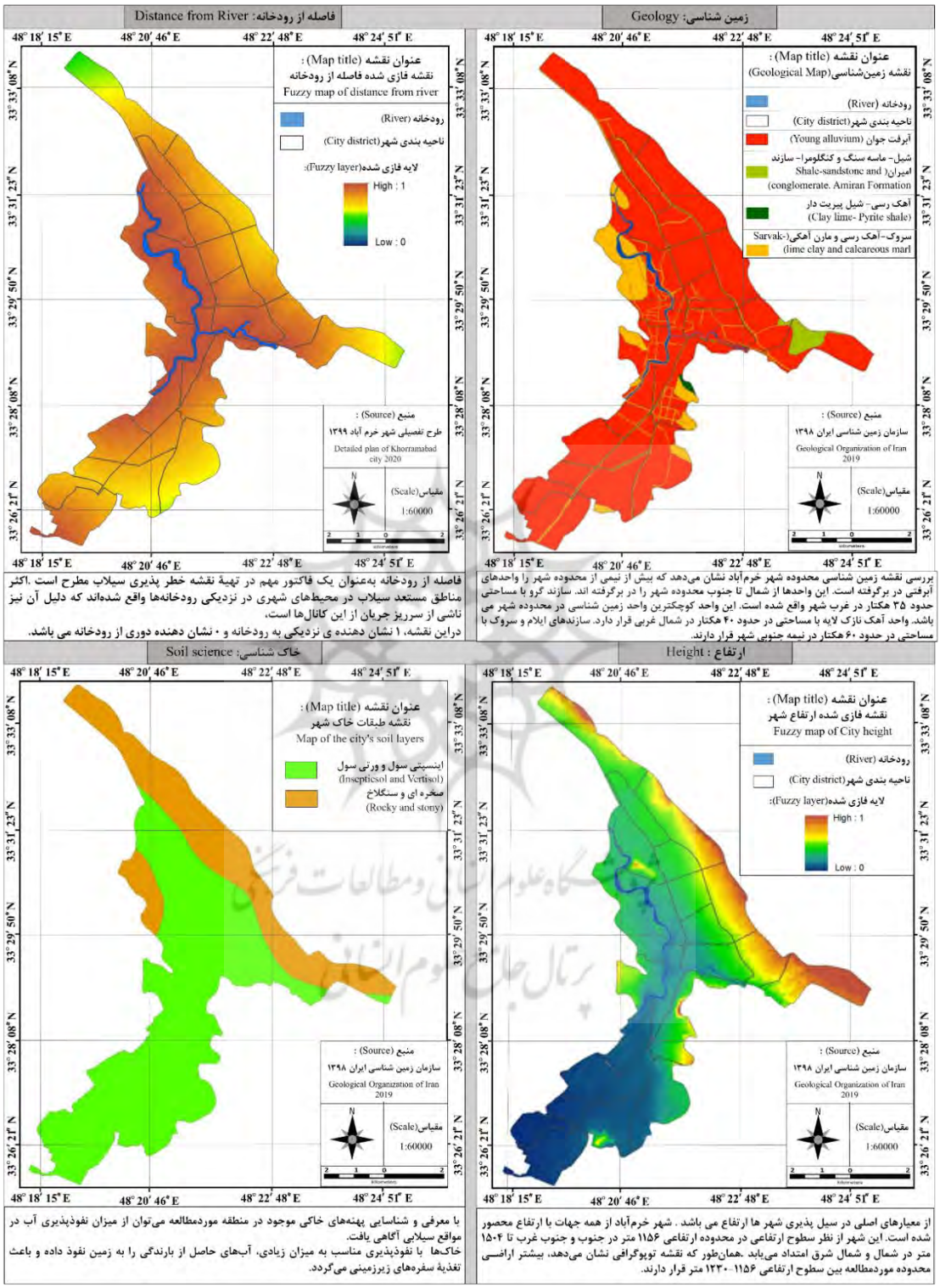
شکل۲- مدل مفهومی مراحل انجام پژوهش

Fig. 2. Conceptual model of research stages

در شکل۲، روند انجام پژوهش ترسیم شده است و مطابق شکل، این پژوهش از ۲معیار که شامل ۱۲زیرمعیار می‌باشد، برای تهیه نقشه پهنه بندی آسیب پذیری سیل استفاده شده است. ابتدا تمامی نقشه‌های لایه‌ها تهیه و تا حد امکان فازی سازی شده‌اند. منابع مربوطه جهت اخذ نقشه‌ها و داده‌های نقشه‌ها شامل سازمان زمین شناسی کشور سال۱۳۹۸، پایگاه داده‌های جغرافیایی (ژئو دیتا) سال ۱۳۹۸، طرح تفصیلی۱۳۹۹ شهر خرم آباد می باشد.

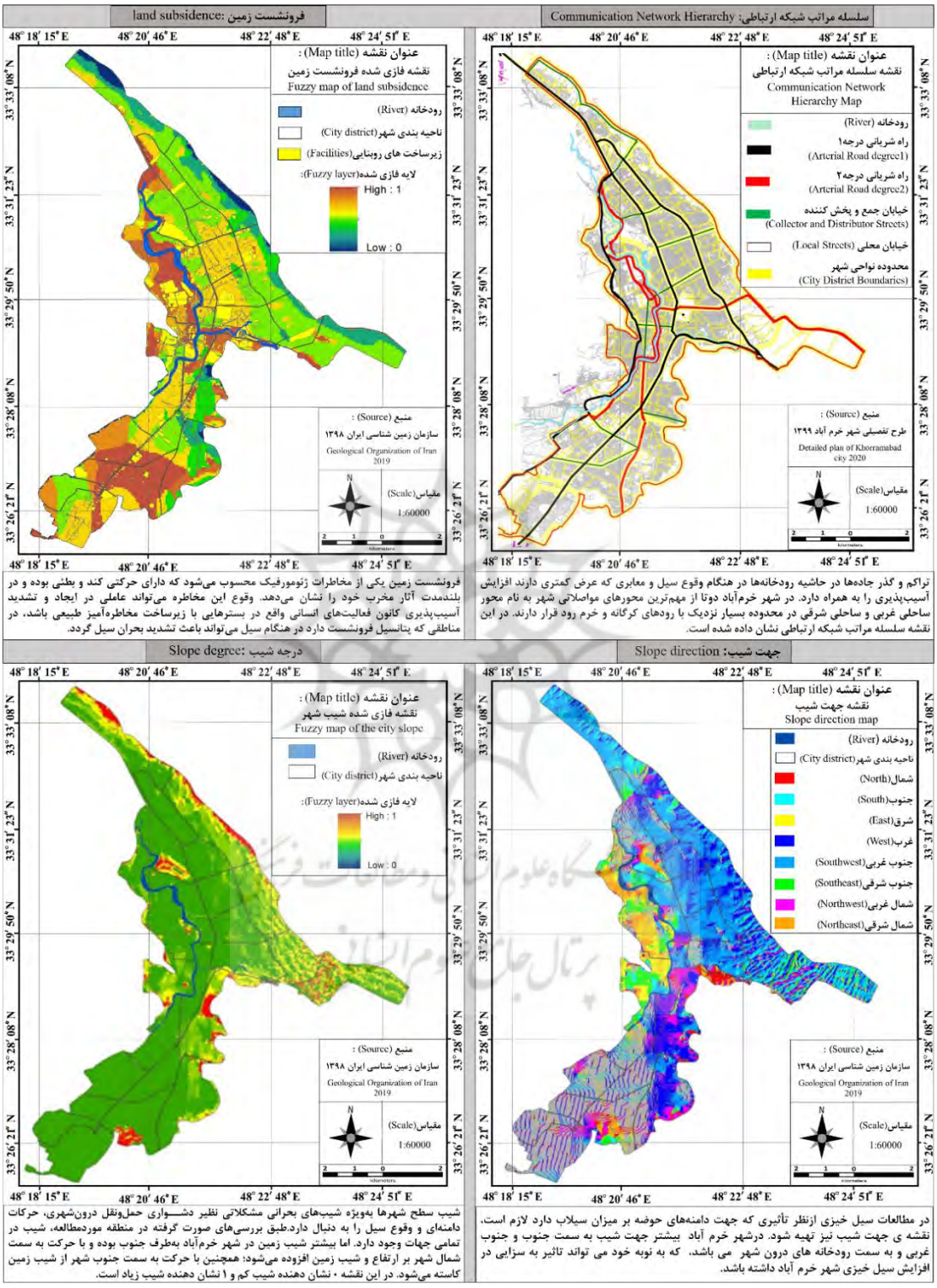
در شکل‌های ۴،۳ و ۵ نقشه‌های هرکدام از معیارهای مورد بررسی تهیه شد در کادر پایین هر نقشه، توضیحاتی در خصوص تاثیر آن معیار بر آسیب پذیری سیل و ویژگی های آن معیار در شهر خرم آباد داده شده است. مقیاس کلیه نقشه ها ۱:۶۰۰۰۰ می‌باشد. لازم به ذکر است که لایه‌ی بارش به دلیل وسعت کم شهر خرم آباد ویکسانی بارش درتمام محدوده شهر خرم آباد از تهیه نقشه‌ی آن صرف نظر شده و وزن آن که بیشترین وزن را در بین معیارهای طبیعی دارد در تهیه نقشه نهایی آسیب پذیری استفاده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



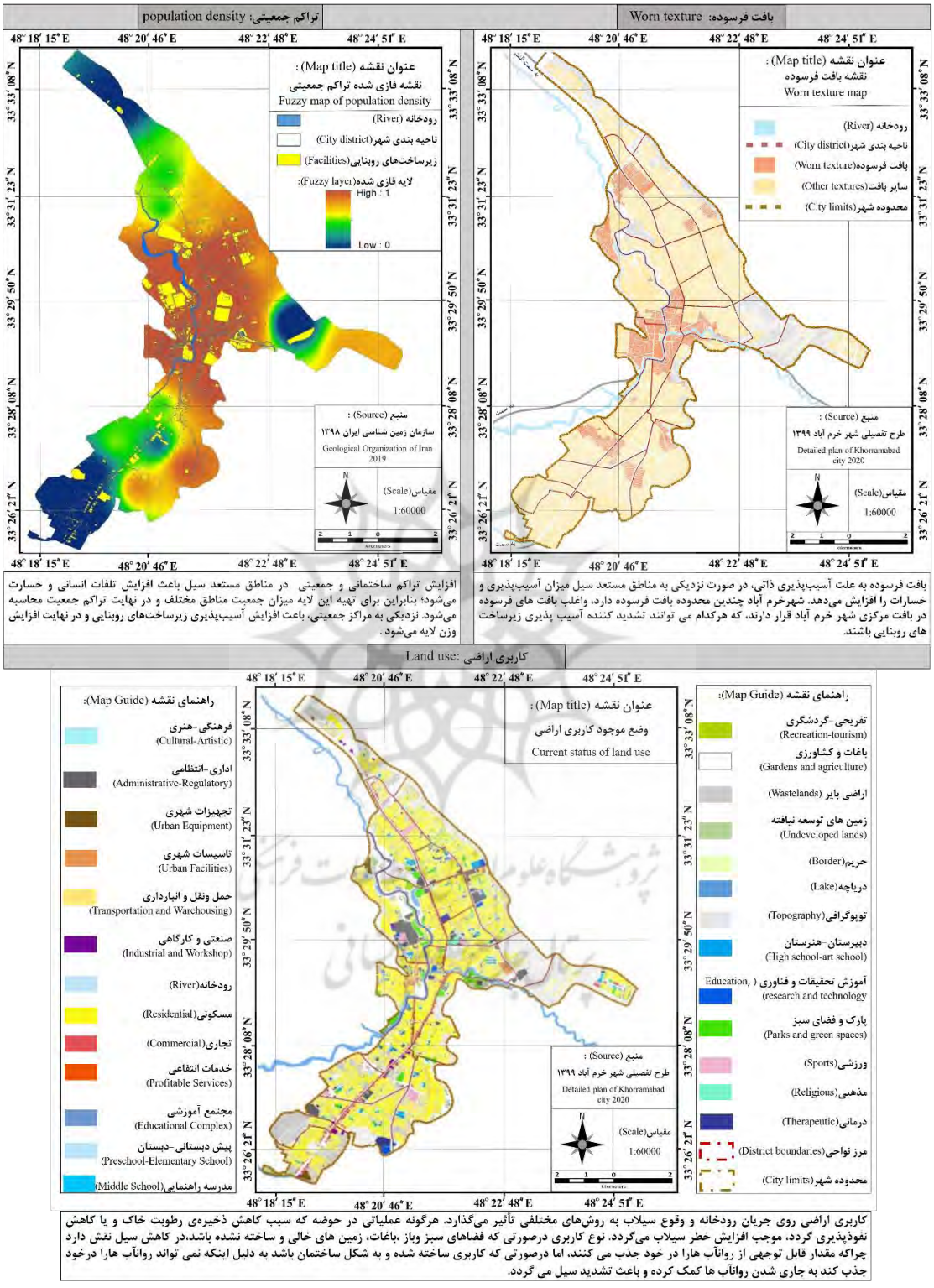
شکل۳- نقشه‌های لایه‌های موثر درسیل پذیری شهر خرم آباد

Fig. 3. Maps of effective layers in flood susceptibility of Khorramabad city



شکل۴- نقشه‌های لایه‌های موثر درسیل پذیری شهر خرم آباد

Fig.4. Maps of effective layers in flood susceptibility of Khorramabad city



شکل۵- نقشه‌های لایه‌های موثر درسیل پذیری شهر خرم آباد

Fig. 5. Maps of effective layers in flood susceptibility of Khorramabad city

بحث و نتایج

پس از تهیه نقشه های لایه های اطلاعاتی، پرسشنامه‌ها بین کارشناسان توزیع شد که دراین پرسشنامه مقایسه دو به دویی معیارها براساس ارزش(اهمیت) در طیف اعدادی بین ۱تا ۹ انجام گرفته است. در نهایت، پس از تکمیل پرسشنامه، ماتریسی در نرم افزارExpert Choice تهیه و جمع‌بندی نظرات کارشناسان (نتیجه مقایسه زوجی معیارها)، به آن ماتریس اضافه شد. در نهایت خروجی تحلیل نرم افزار Expert Choice وزن نسبی هر معیار را نشان می‌دهد و مطابق روش تحلیل سلسله مراتبی هرچقدر وزن معیار بیشتر باشد نشان دهنده گزینه برتر و ارزش بالای آن معیار می باشد و بالعکس.

جدول ۱- مقایسه زوجی معیارهای کالبدی مورد ارزیابی(منبع : خروجی نرم افزارExpert Choice11)

Table 1-Pairwise comparison of physical criteria being evaluated (Source: Expert Choice11 software output)

		Population	Land use	Road Netw	Worn Textu
Population Density	تراکم جمعیتی		1/0	2/0	3/0
Land use	کاربری			1/0	2/0
Road Network	شبکه ارتباطی				1/0
Worn Texture	بافت فرسوده	Incon: 0/03			

جدول ۲- مقایسه زوجی معیارهای طبیعی مورد ارزیابی(منبع : خروجی نرم افزارExpert Choice11)

Table 2-Pairwise comparison of natural criteria being evaluated (Source: Expert Choice11 software output)

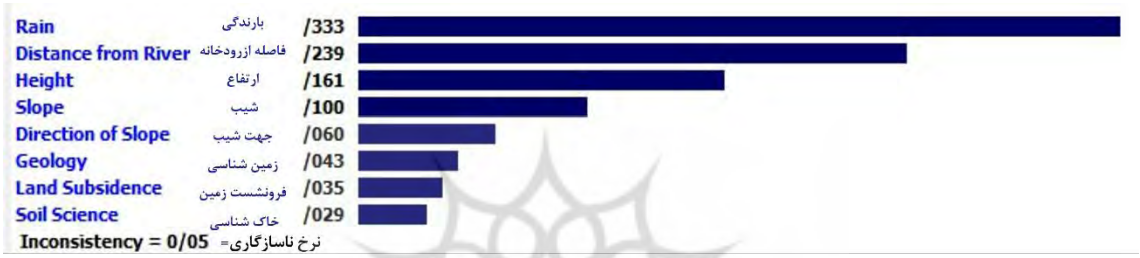
		Rain	Distance fr	Height	Slope	Direction o	Geology	Land Subsi	Soil Scienc
Rain	بارندگی		2/0	3/0	5/0	6/0	6/0	6/0	7/0
Distance from River	فاصله از رودخانه			2/0	4/0	5/0	5/0	6/0	6/0
Height	ارتفاع				3/0	3/0	4/0	5/0	5/0
Slope	شیب					3/0	3/0	4/0	4/0
Direction of Slope	جهت شیب						3/0	2/0	2/0
Geology	زمین شناسی							2/0	2/0
Land Subsidence	فرونشست زمین								2/0
Soil Science	خاک شناسی	Incon: 0/05							

جدول‌های ۱ و ۲، نشان دهنده ماتریس‌های ارزش گذاری معیارها و مقایسه دوبه دویی معیارها می‌باشد. که جمع بندی نظرات کارشناسان می باشد. پس از امتیازدهی به معیارها در نرم افزارExpert Choice ، وزن نهایی معیارها مشخص شد.

شکل۶- نمودار وزن نسبی معیارهای کالبدی مؤثر در وقوع سیلاب

(منبع: خروجی نرم افزار Expert Choice11)

Fig. 1. Relative weight chart of physical criteria affecting flood occurrence
(Source: Expert Choice11 software output)



شکل۷- نمودار وزن نسبی معیارهای طبیعی مؤثر در وقوع سیلاب

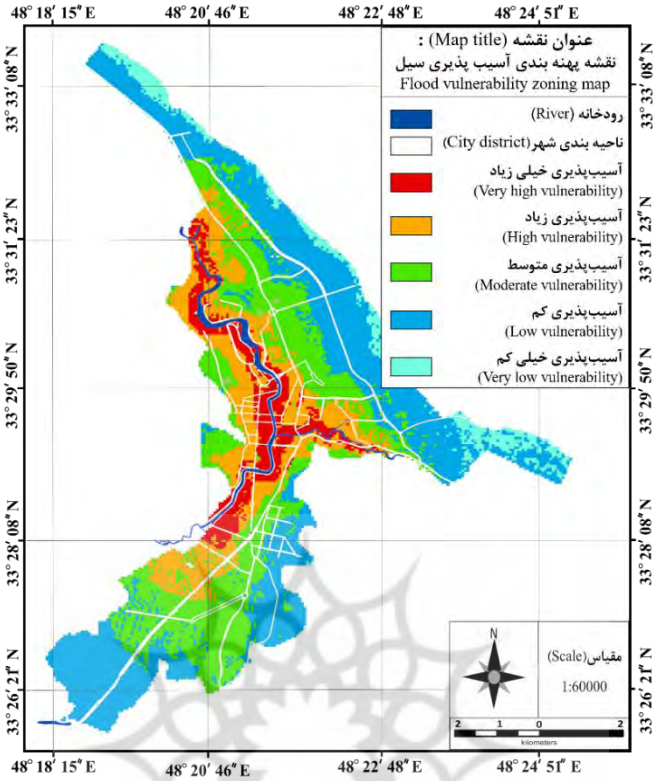
(منبع: خروجی نرم افزار Expert Choice11)

Fig.7. Relative weight chart of natural criteria affecting flood occurrence
(Source: Expert Choice11 software output)

با توجه به خروجی‌های نرم افزارExpert Choice (شکل۶ و ۷) وزن نسبی معیارها به دست آمد که معیارهای تراکم‌جمعیتی، بارندگی، کاربری و فاصله از رودخانه از اهمیت(ارزش) بیشتر نسبت به سایر معیارها برخوردار هستندو در مرحله همپوشانی لایه‌ها هم، وزن بیشتری به این معیارها داده می‌شود. نرخ ناسازگاری تحلیل‌های انجام شده ۰/۰۳ و ۰/۰۵ می باشد که مقدار آن کمتر از ۰/۱ می باشد، و نشان‌دهنده اعتبار و صحت مقایسه‌های انجام شده است (Zebardast, 2011) .

هم پوشانی لایه‌ها و تهیه نقشه نهایی پهنه‌های سیل خیز و آسیب پذیر

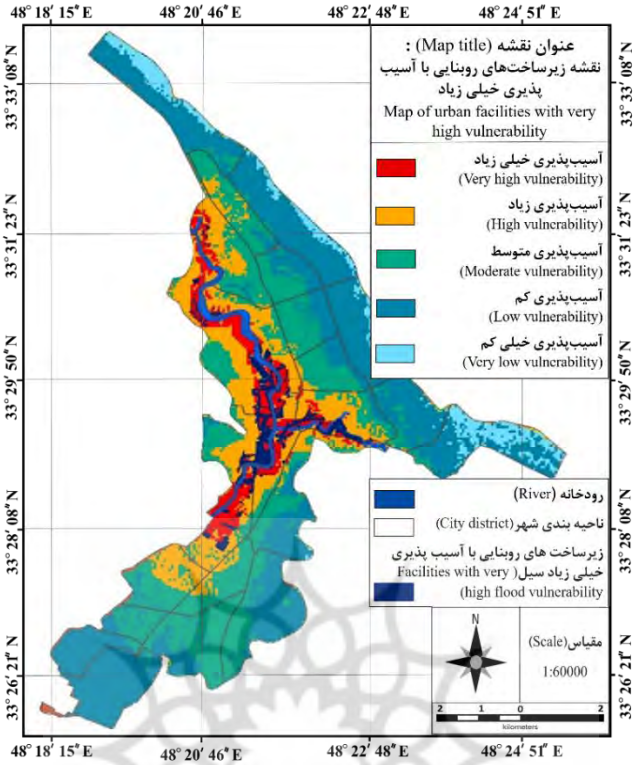
سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) طیف گسترده ای از امکانات تحلیل فضایی، تحلیل ناحیه ای و تحلیل شبکه را بر روی لایه های موضوعی مختلف فراهم کرده است؛ اما اغلب به منظور رسیدن به پارامترهای مورد نیازی که بر اساس آن تصمیم گیری صورت می گیرد، ضروریست که تحلیل فضایی یا سایر محاسبات با مدل‌های خارجی ارتباط یابد. بدین منظور در این تحقیق از مدل ترکیبی(AHP Fuzzy) وبا تلفیق لایه‌های وزن دهی شده در قالب سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) توسط عملگر فازی SUM فرآیند همپوشانی وزنی لایه‌ها صورت گرفت نقشه پهنه بندی نهایی محدوده سیل خیزی از کمترین تا بیشترین میزان آسیب پذیری مشخص شد.



شکل۸- نقشه پهنه بندی آسیب پذیری سیل

Fig.8. Flood vulnerability zoning map

پس از همپوشانی نقشه ۱۲ لایه(معیار) نقشه پهنه‌بندی آسیب پذیری و سیل‌خیزی شهر خرم آباد شکل به دست آمد(شکل ۸). پهنه بندی سیل یکی از بهترین روش ها برای برنامه ریزی و شناسایی مناطق حساس سیل با هدف کاهش خسارات سیل می‌باشد (Rad, Vafakhah & Gholamali Fard, 2018). از کاربرد نقشه‌های پهنه‌بندی می‌توان به تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح های عمرانی، پیش بینی و هشدار سیل، عملیات امداد و نجات ، بیمه سیل و به ویژه برنامه ریزی شهر جهت کاهش آسیب پذیری اشاره نمود (Sheikh Alishahi, Jamali & Hassanzadeh Nafouti, 2016). یکی از کاربردهای مهم نقشه های پهنه بندی سیل، تحلیل آسیب پذیری زیرساخت های شهری می باشد، بدین منظور پژوهش حاضر پس از تهیه نقشه‌ی پهنه سیل خیز و آسیب پذیر با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی به تحلیل آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی شهر خرم آباد در برابر سیل که شامل ۱۲کاربری(فضای سبز، اداری،آموزشی، تجاری، ورزشی، نظامی، تفریحی- گردشگری، بهداشتی-درمانی، مذهبی، صنعتی، فرهنگی،تاریخی) می‌باشد پرداخته است. با همپوشانی نقشه های پراکنش زیرساخت های روبنایی با نقشه‌ی پهنه بندی شده سیل، نقشه‌ی آسیب پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم آباد در برابرسیل با ۵ سطح آسیب پذیری به دست آمد.



شکل۹- نقشه ی زیرساخت های روبنایی درمعرض خطر سیل

Fig.9. Map of urban facilities with very high vulnerability

با تلفیق نقشه‌ها و تحلیل‌های انجام شده، میزان آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی بر اساس مساحت و درصد در ۵ سطح آسیب پذیری، از آسیب پذیری خیلی کم تا آسیب پذیری خیلی زیاد به دست آمد(جدول۳) و نقشه زیرساخت‌های روبنایی با آسیب پذیری خیلی زیاد تهیه گردید (شکل۹) .

جدول۳- میزان آسیب پذیری کل زیرساخت ها

Table 3-The vulnerability of the entire facility

ردیف Row	میزان آسیب‌پذیری Vulnerability level	مساحت(مترمربع) Area (m^2)	درصد Percent
۱	آسیب‌پذیری خیلی زیاد Very high vulnerability	484916	9/66٪
۲	آسیب‌پذیری زیاد High vulnerability	1431074/44	28/51٪
۳	آسیب‌پذیری متوسط Moderate vulnerability	1755639	34/98٪
۴	آسیب‌پذیری کم Low vulnerability	1211475/50	24/13٪
۵	آسیب‌پذیری خیلی کم Very low vulnerability	135633/50	2/70٪

جدول۳ نشان می دهد که ۹/۶۶٪ و ۲۸/۵۱٪ از زیرساخت های روبنایی در پهنه‌ی آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد قرار گرفته اند و در مجموع۳۸/۱۷٪ از زیرساخت‌های روبنایی درمعرض آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد قرار دارند.

جدول۴- میزان آسیب پذیری به تفکیک هر زیرساخت

Table 4-The level of vulnerability of each facility

ردیف Row	نوع کاربری User type	مساحت(مترمربع) Area (m^2)	درصد Percent
۱	Administrative اداری	756294/44	39/47٪
۲	Commercial تجاری	245043	12/78٪
۳	Educational آموزشی	225770	11/78٪
٤	Green space فضای سبز	192401	10/04٪
٥	Military انتظامی	181044	9/44٪
٦	Sports ورزشی	87103	4/54 ٪
۷	Historical تاریخی	70449	3/67٪
۸	Industrial صنعتی	66355	3.46٪
۹	Healthcare-Medicine بهداشتی درمانی	37459	1/95٪
۱۰	Recreational-Tourism تفریحی گردشگری	30500	1/59٪
۱۱	Religious مذهبی	16243	0/84٪
۱۲	Cultural فرهنگی	7329	0/38٪

با استفاده ازدرصد و مساحت کل زیرساخت‌های روبنایی در معرض آسیب‌پذیری سیل(جدول۳) و با درنظرگرفتن مساحت هر زیرساخت، میزان آسیب‌پذیری هر زیرساخت به تفکیک محاسبه شد. براساس جدول۴ می‌توان نتیجه گرفت که کاربریهای اداری، تجاری و آموزشی با ۳۹/۴۷ ٪ ، ۱۲/۷۸٪ و۱۱/۷۸٪ بیشترین آسیب‌پذیری و همینطور کاربری‌های مذهبی و فرهنگی به ترتیب با۰/۸۴٪ و ۰/۳۸٪کمترین حد از آسیب پذیری را نسبت به سایر کاربری‌ها در برابر سیل دارند، که لازم است توجه ویژه‌ای به زیرساخت‌ها در جهت به‌حداقل رساندن آسیب‌پذیری‌ها شود.

نتیجه گیری

سیل یکی از رایج ترین انواع بلایای طبیعی و یک تهدید جدی زیست محیطی برای مناطق شهری در سراسر جهان است، اثرات بالقوه سیل، مانند تلفات انسانی، آسیب های زیرساختی و مشکلات اقتصادی نشان می دهد که لازم است مناطق شهری اقدامات پیشگیرانه را برای کاهش آسیب پذیری در برابر چنین بلایایی و محافظت از ساکنان خود انجام دهند (Birkmann, Welle, Solecki, Lwasa & Garschagen, 2016). شناسایی مناطق مستعد سیل به منظور جابجایی جوامع و زیرساخت ها یکی از استراتژی های بالقوه کارشناسان شهری است (Dottori, Mentaschi, Bianchi, Alfieri & Feyen, 2023). شهر خرم آباد به دلیل موقعیت دره ای بودن شهر، بارش های فراوان، وجود دو رودخانه خرم‌رود و کرگانه در شهر، دستکاری در حریم و بستر رودخانه ها و

وجود زیرساخت ها در حریم رودخانه، از شهرهای مستعد آسیب پذیری سیل است. بدین منظور در این مقاله به تحلیل آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی شهر خرم آباد در برابر سیل وسپس به تشریح کاربرد روش ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و مدل فازی پرداخته شد. در این راستا، ۱۲ معیار شامل: بافت فرسوده، تراکم جمعیت، شبکه معابر، کاربری، ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین شناسی، فاصله از رودخانه، خاک‌شناسی، فرونشست زمین و میزان بارندگی در این پژوهش بکارگیری شد ومطابق روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مقایسه زوجی بین این معیارها انجام و وزن دهی شدند سپس نقشه‌های این معیارها بااستفاده از مدل منطق فازی استانداردسازی شدند و همپوشانی نقشه‌های لایه اطلاعاتی معیارها، در نرم افزارArc Gis نقشه پهنه‌بندی شده سیل خیزی تهیه شد که باهمپوشانی نقشه پهنه‌بندی شده با نقشه‌ی پراکنش زیرساخت های روبنایی، نقشه نهایی آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی شهر خرم آباد تهیه گردید. نتایج تحلیل های انجام شده حاکی از۳۸/۱۷ ٪ از زیرساخت های روبنایی در معرض آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد می باشد وکاربریهای اداری، تجاری، آموزشی با ۳۹/۴۷ ٪ ، ۱۲/۷۸٪ و۱۱/۷۸٪ بیشترین آسیب‌پذیری و همینطور کاربری‌های مذهبی و فرهنگی به ترتیب با۰/۸۴٪ و ۰/۳۸٪کمترین حد از آسیب‌پذیری را نسبت به بقیه کاربری‌ها در برابر سیل دارند.در راستای کاهش آسیب پذیری‌ها به ویژه کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها دربرابر سیل می‌توان پیشنهادهایی از جمله: ارتقاء کیفیت کالبدی زیرساخت‌ها و ساختمان‌ها و استفاده از مصالح جدید سبک و مقاوم دربرابر سیلابی، ساماندهی و ارتقاء کیفیت بستر و حریم رودخانه ها و وضعیت زهکشی‌ها و رواناب‌ها و درنهایت استفاده از فناوری‌های هوشمند،پیشرفته وهوش مصنوعی جهت پیش‌بینی وهشدار سیل در جهت کاهش آسیب پذیری‌ها ارائه داد.

در نهایت برای تحقق اهداف پژوهش در راستای تشریح کاربرد روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، می‌توان به دیگر کاربردهای این روش درجهت کاهش آسیب پذیری‌ها به مواردی از جمله: شناسایی پهنه‌ها و مناطق مستعد آسیب پذیری بحران‌ها، مکانیابی صحیح خدمات اضطراری جهت خدمات رسانی در زمان بحران، شناسایی وتحلیل گره های ترافیکی در مواقع بحرانی و مسیریابی صحیح به منظور گریز افراد از بحران و خدمات رسانی سریع به مردم، شناسایی وارزیابی بافت های فرسوده و آسیب پذیر در زمان بحران‌ها مکانیابی و شناسایی محل اسکان موقت، پارکینگ ها و پناهگاه های امن در زمان وقوع بحران‌ها و درنهایت به مکانیابی صحیح زیرساخت های شهری و مناطق مسکونی در جهت کاهش آسیب‌پذیری‌ها اشاره نمود.

در پژوهش های پیشین در مورد سیل شهرخرم‌آباد مانند پژوهش حیدرزاده و همکاران (Heidarizadeh, Rahimi, Zahrakar & Jodaki, 2019) فقط به بررسی علت حادثه سیل شهر خرم آباد پرداخته است. راد و همکاران (Rad et al., 2018) درپژوهشی به پهنه بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکیHEC-RAS به بررسی حوزه آبخیز خرم آباد پرداختند که به طورکلی شهر و روستاها، زمین‌های کشاورزی وجاده‌ها را مورد بررسی قرار دادند و همچنین شرفی (Sharafi, 2022) درپژوهش خود به بررسی نقش سیلاب‌ها در تغییر بستر رودخانه‌ها و تأثیر آن بر جوامع روستایی می پردازد. وجه تمایز پژوهش حاضر با سایر پژوهش های انجام شده در تحلیل آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی شهرخرم آباد در برابر سیل می باشدکه تاکنون پژوهش‌های

انجام شده به بررسی زیرساخت های روبنایی نپرداخته اند چراکه موضوع زیرساخت‌ها در حوزه برنامه ریزی شهری موضوعی مهم به حساب می‌آید و تفاوت دیگر این پژوهش با سایر پژوهش‌های انجام شده، استفاده از روش ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی می باشد و کاربردهای این روش در مخاطرات و بحران‌ها بیان گردید.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

از خانم دکتر مهین نسترن استاد راهنمای پایان نامه خود، به خاطر بازبینی متن مقاله و ارائه نظرهای ساختاری تشکر و قدردانی می‌کنم.

این مقاله برگرفته شده از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی شهری دانشگاه هنراصفهان، با عنوان « سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت های شهری درمواجهه با بحران سیل با رویکرد مدیریت بحران» با نگارش نویسنده‌ی اول و به راهنمایی نویسنده‌ی دوم می باشد.

References

Aghaei, S., & Maziar, M. (2007). Logical decision making using Expert Choice software. *Arkan Danesh Publications*. https://arkan-danesh.com

Arulbalaji, P., Padmalal, D., & Sreelash, K. (2019). GIS and AHP Techniques Based Delineation of Groundwater Potential Zones: a case study from Southern Western Ghats, India. *Scientific Reports*, *9*(1),2086, 2045-2322. https://doi.org/10.1038/s41598-019-38567-x

Azarmehr, A., & khosh niyat, M. (2021). Flood Vulnerability Assessment Using Analytic Hierarchy Process (AHP). Case Study: District 6 of Tehran Municipality. *The 7th Annual International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development*.[In Persian] https://civilica.com/doc/1373853/

Birkmann, J., Welle, T., Solecki, W., Lwasa , S., & Garschagen, M. (2016). Boost resilience of small and mid-sized cities. *Nature Journal*, *537*(7622), 605-608. https://doi.org/10.1038/537605a

Dano, U., Balogun, A.-L., Matori , A.-N., Yusouf, K., Abubakar, I., Said Mohamed, M., . . . Pradhan, B. (2019). Flood Susceptibility Mapping Using GIS-Based Analytic Network Process: A Case Study of Perlis, Malaysia. *Water Journal*, *11*(3),615,. https://doi.org/10.3390/w11030615

Dottori, F., Mentaschi, L., Bianchi, A., Alfieri, L., & Feyen, L. (2023). Cost-effective adaptation strategies to rising river flood risk in Europe. *Nature Climate Change*, *13*(2), 196-202. https://doi.org/10.1038/s41558-022-01540-0

Dutta, P., & Deka, S. (2024). A Novel Approach to Flood Risk Assessment: Synergizing with Geospatial based MCDM-AHP Model, Multicollinearity, and Sensitivity Analysis in the

Lower Brahmaputra Floodplain, Assam. *Journal of Cleaner Production*, *467*, 142985. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142985

Ekmekcioglu, O., Koc, K., & Ozger, M. (2021). District based flood risk assessment in Istanbul using fuzzy analytical hierarchy process. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, *35*(2), 617-637. https://doi.org/10.1007/s00477-020-01924-8

Esmaeili Alavijeh, E., Karimi, S., & Alavipoor, F. (2016). Vulnerability Assessment in Urban Areas against Flood with Fuzzy Logic (case study: Tehran District 22). *Environmental Science and Technology*, *22*(3), 349-361. [In Persian] https://doi.org/10.22034/jest.2020.10940

Gacu, J., Monjardin, C., Senoro, D., & Tan, F. (2022). Flood Risk Assessment Using GIS-Based Analytical Hierarchy Process in the Municipality of Odiongan, Romblon, Philippines. *Natural-Hazards Risk Assessment for Disaster Mitigation*, *12*(19), 9456. https://doi.org/10.3390/app12199456

General Population and Housing Census. (2016). Statistical Center of Iran. https://amar.org.ir/population-and-housing-census#app3146

Ghodsipour, S. (2019). Analytical Hierarchy Process (AHP). *Amirkabir University of Technology*. [In Persian] http://publication.aut.ac.ir/fa/book

Heidarizadeh, K., Rahimi, S., Zahrakar, N., & Jodaki, R. (2019). Investigation of the flood incident in Khorramabad city. *9th International Congress on Health in Accidents and Disasters*. [In Persian] https://civilica.com/doc/929493/

Iranian Red Crescent Society. (2019). Khorramabad: Tabnak Report. https://www.tabnak.ir/fa/news/889243

Khorramabad city comphersive plan. (2020). Detailed plan of Khorramabad city. Retrieved from Khorramabad Municipality. http://khorramabad.ir

Malik, S., Chandra Pal, S., Chowdhuri, I., Chakrabortty, R., Roy, P., & Das, B. (2022). Prediction of highly flood prone areas by GIS based heuristic and statistical model in a monsoon dominated region of Bengal Basin. *Society and Environment*, 19:100343. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100343

Mokhtari Hashi , H., & Rahimi, D. (2016). Zoning of Flood risk in Human and Economic activities centers of South Khorasan Province using the Fuzzy Logic System. *Geography and Environmental Planning*, *27*(1) ,199-216. [In Persian] https://doi.org/10.22108/gep.2016.21366

Rad, M., Vafakhah, M., & Gholamali Fard, M. (2018). Flood mapping using HEC-RAS hydraulic model in part of Khorramabad watershed. *Journal of Natural Environmental Hazards*, *7*(16),211-226. [In Persian] https://doi.org/10.22111/jneh.2017.3343

Rezaei Rashno, T., & Haghzad, A. (2015). Urban Planning and Natural Disaster Crisis Management (Floods) Case Study: Khorramabad City. In *The First International Conference on Geographical Sciences*. [In Persian] https://civilica.com/doc/562117

Salehi, E., Rafie, Y., Farzadbehtash, M., & Agha Babaei, M. (2013). Urban Flood Hazard Zonation Using GIS and Fuzzy-Ahp Analysis Case Study:Tehran City. *Journal of*

Environmental Studies, *39*(3), 179-188. [In Persian] https://doi.org/10.22059/jes.2013.35901

Saucedo, J., Salais, T., Aguilar, R., & Marmolejo-Sa, J. (2024). Selecting the Distribution System using AHP and Fuzzy AHP Methods. *Mobile Networks and Applications*, *29*(1),235-242. https://doi.org/10.1007/s11036-023-02290-9

Servati, M. R., Ahmadi, M., Nosrati, K., & Mezbani, M. (2013). Flood Potential Zonation In Sarab Of DarrehShahr Drainage Basin. *Journal Geography*, *11*(36), 55-77. [In Persian] https://sid.ir/paper/150395/fa

Shaluf, I. (2007). An overview on disasters Disaster Prevention and Management. *International Journal*, *16*(5),687-703. https://doi.org/10.1108/09653560710837000

Sharafi, S. (2022). Assessing the Role of Floods in Changing the Bed of Rivers and its Impact on Rural Communities (Case study: Khorramabad River). *Geography and Development*, *19*(65),127-152. [In Persian] http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.6521

Sheikh Alishahi, N., Jamali, A., & Hassanzadeh Nafouti, M. (2016). Flood Zoning Using a River Analysis Hydraulic Model (Case Study: Manshad Watershed - Yazd Province). *Geographic Space Journal*, *16*(53),77-96.[In Persian] http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-2350-fa.html

Vejdani Nozar, A., & Givehchi, S. (2022). Presenting a flood risk assessment model in Hamedan Province to classify vulnerability and possible consequences in population centers. *Housing and the Rural Environment*, *42*(181), 119-132. [In Persian] https://doi.org/10.22034/42.181.119

Xiong, J., Wang, Z., Guo, S., Wu, X., Yin, J., Wang, J., ... & Gong, Q. (2022). High effectiveness of GRACE data in daily-scale flood modeling: case study in the Xijiang River Basin, China. *Natural Hazards*, *113*(24), 1-20. https://doi.org/10.1007/s11069-022-05312-z

Yang, X. I., Ding, J. H., & Hou, H. (2013). Application of a triangular fuzzy AHP approach for flood risk evaluation and response measures analysis. *Natural Hazards*, *68*, 657–674. https://doi.org/10.1007/s11069-013-0642-x

Zebardast, E. (2011). Aplication of Analytic Hierarchy Process in Urban and Reginal Planning. Journal of Fine Arts: *Architecture and Urban Planning*, *10*, 14-20. [In Persian] https://doi.org/20.1001.1.22286020.1389.2.41.7.4

Ziari, K., Rajai, S., & Darabkhani, R. (2020). Flood Zoning Using Hierarchical Analysis and Fuzzy Logic in GISCase Study: Ilam City. *Crisis Management*, *10*(1). [In Persian] https://doi.org/20.1001.1.23453915.1400.10.1.2.2