




Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

 <https://doi.org/10.22067/jgrd.2024.83614.1308>

Analysis of Flood Risk in the Urban Area of Mashhad Using GIS Techniques¹

Ahmad Zakarian

PhD student in Geomorphology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Abolghasem Amirahmadi²

Professor of Geomorphology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Leila Goli Mokhtari

Associate Professor of Geomorphology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Received: 11 November 2023 Revised: 6 February 2024 Accepted: 8 April 2024

Abstract

This paper aims to investigate flood risk in the Mashhad urban area and the role of flood channels in controlling floods. To achieve this goal, the AHP method was used in the ArcGIS software. The parameters included distance from the river, slope, density of canals, distance from canals, precipitation, vegetation, road and pathways, elevation classes, drainage density, distance from roads and land use. Then, by developing the required layers of the urban limits, the weight of each layer was determined based on its importance at the time of flooding. After the final weighting, the layers were compared (AHP) using Expert Choice software, and the resulting matrix was transferred to Idrisi software to determine the final coefficient for each layer. Finally, by applying these coefficients through the Weighted Overlay tab in ArcGIS software, the flood risk zoning map in Mashhad urban area was drawn. According to the results, out of the total area of Mashhad, 6.32 sqm have a very low flood risk, 23.82 sqm have a low risk, 260.06 sqm have a medium risk, 41.88 sqm have a high risk and 2.04 sqm have a very high risk. About 1% of the entire urban area has a very low risk, 7% has a low risk, about 77% has a medium risk, 12% has a high risk and 3% has a very high risk. The results suggest that 0 to 3-degree slopes, which chiefly have urban application, provide suitable grounds for exploitation. Therefore, the areas particularly relevant to exploitation are those with

1. The article is extracted from the doctoral thesis of the first author of the article at Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

2. Corresponding Author: Email: amirahmadi1388@gmail.com


proper conditions in terms of slope and vegetation. In light of the role of flood channels in flood control, it was found that the floor risk is lower in areas with higher canal density.

Keywords: Risk, Flood, GIS, Mashhad





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

 <https://doi.org/10.22067/jgrd.2024.83614.1308>

مقاله پژوهشی-مطالعه موردی

مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال بیست و دوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، شماره پیاپی ۴۶

بررسی خطرپذیری سیلاب در محدوده شهری مشهد با استفاده از تکنیک‌های GIS¹

احمد ذاکریان (دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران)

ahmad.zakerian43@gmail.com

ابوالقاسم امیراحمدی (استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران، نویسنده مسئول)

amirahmadi1388@gmail.com

لیلا گلی مختاری (دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران)

l.mokhtari@gmail.com

صص ۲۵۱ - ۲۲۹

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی میزان خطرپذیری سیلاب در محدوده شهری مشهد و نقش کانال‌های سیلابی هنگام وقوع سیلاب است. برای رسیدن به این هدف از روش AHP در محیط نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. پارامترهای شامل فاصله از رودخانه، شیب، تراکم کانال‌ها، فاصله از کانال‌ها، بارش، پوشش گیاهی، جاده و راه ارتباطی، طبقات ارتفاعی، تراکم زهکشی، فاصله از مسیل‌ها و کاربری اراضی بود. سپس با تهیه لایه‌های مورد نیاز محدوده شهر، اقدام به تعیین وزن هر لایه براساس میزان اهمیت آن، زمان بروز سیلاب شد. پس از وزن‌دهی نهایی، لایه‌ها به صورت دو به دو (AHP) با نرم‌افزار Expert Choice مقایسه و ماتریس حاصل از این مقایسات به نرم‌افزار Idrisi منتقل و ضریب نهایی برای هر لایه تعیین شد. در نهایت با اعمال این ضرایب از طریق منوی Weighted Overlay در نرم‌افزار ArcGIS نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهری مشهد مشخص شد. بنابر نتایج، از

۱. مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول مقاله در دانشگاه حکیم سبزواری است.

کل مساحت محدوده شهری مشهد، در مجموع ۶/۳۲ کیلومتر مربع دارای خطر سیلاب خیلی کم، ۲۳/۸۲ کیلومتر مربع خطر کم، ۲۶۰/۰۶ کیلومتر مربع خطر متوسط، ۴۱/۸۸ کیلومتر مربع خطر زیاد و ۲/۰۴ کیلومتر مربع خطر خیلی زیاد است. حدود ۱٪ از کل محدوده شهری دارای خطر خیلی کم، ۷٪ دارای خطر کم، ۷۷٪ از کل محدوده شهری دارای خطر متوسط، ۱۲٪ دارای پتانسیل زیاد و ۳٪ از محدوده شهری مشهد دارای پتانسیل خیلی زیاد است. نتایج نشان می‌دهد که شیب‌های ۰ تا ۳ درجه که بیشتر، کاربری شهری دارند مکان مناسبی برای استحصال هستند. بنابراین مناطق با استحصال خیلی خوب، مناطقی هستند که از لحاظ شیب و پوشش، شرایط مناسب‌تری دارند. با توجه به نقش کانال‌های سیلابی در سیلاب، مشخص شد در نقاطی که تراکم کانال‌ها بیشتر بوده، احتمال وقوع سیلاب کمتر است.

واژگان کلیدی: خطرپذیری، سیلاب، GIS، مشهد

۱. مقدمه

امروزه گسترش بی‌رویه شهرها و توسعه ساخت و سازها و برنامه‌های توسعه شهری باعث تخریب و تغییر شکل طبیعی رودخانه‌های شهری شده است (قنوتی و همکاران، ۱۳۹۷، ص. ۷۰). با رشد سریع شهرسازی و ایجاد و توسعه زیرساخت‌های شهری، سیلاب‌ها در نواحی شهری بیشتر شده‌اند (باتاچاریا، ۲۰۱۰). شهرسازی، خطر سیلاب را به علت افزایش اوج و حجم دبی بیشتر کرده و زمان رسیدن دبی را به اوج نیز کاهش می‌دهد (نیروپاما، ۲۰۰۷، ص. ۲۷). مسیل‌ها و رودخانه‌های شهری، به عنوان فضاهای پنهان شهری، فرصت‌هایی هستند که بی‌توجهی رها شده‌اند و با وجود پتانسیل‌های فراوانی که دارند، استفاده کامل و بهینه‌ای از آن‌ها نمی‌شود؛ به طوری که در بیشتر شهرها، آن‌ها را تهدیدی برای شهر دانسته‌اند و به همین دلیل، به طرق مختلف می‌کوشند آن‌ها را مهار کنند (رجایی، ۱۳۸۲، ص. ۲۶۰). سطوح قابل نفوذ اولیه، با توسعه شهر به صورت سطوح غیر قابل نفوذ درآمده و زهکشی جریان‌های آبراه‌ای حتی در بارش‌های کوتاه‌مدت باعث ایجاد سیلاب و آب‌گرفتگی در بعضی از مناطق شهری می‌شود

1. Bhattacharya

2. Nirupama

(کمسیون اقتصادی و اجتماعی سازمان ملل متحد برای آسیا و اقیانوسیه^۱، ۱۹۸۴؛ مکنزی^۲، ۲۰۱۲؛ گراهام^۳، ۲۰۱۴). انسداد و یا تغییر مسیر آبراهه‌ها بدون توجه به اصول ژئومورفولوژیکی در تقاطع بزرگراه‌ها و یا خیابان‌های اصلی و فرعی شهر با عرض و ارتفاع بسیار کم، موجب پس‌زدگی آب می‌شود (ایستمن^۴، ۱۹۹۷؛ شیک^۵، ۱۹۹۹، ص. ۳۲۷). توسعه شهرها بر مبنای طرح‌های جامع شهری است. رویکرد اصلی این طرح‌ها، حل مسائل و مشکلات کالبدی شهر با بهره‌گیری از اقدامات موضعی و بدون توجه به عوامل سبب‌ساز مسائل و مشکلات مورفولوژیکی و مورفودینامیکی زمین شهری است؛ هرچند که شناخت فضای فیزیکی سطح زمین برای توسعه و استقرار هرگونه ساخت و ساز و تغییر، بسیار مهم است (کادیر^۶، ۱۹۹۶؛ یاهایا^۷، ۲۰۰۸؛ وایکر^۸، ۲۰۱۷). عواملی مانند شرایط حوضه زهکشی، میزان فرسایش و رسوب، شرایط حریم آبراهه‌ها و روش حمل رسوبات و تقابل آن‌ها با اصول ژئومورفولوژیکی در مدیریت آبراهه‌های شهری باید مد نظر باشد (صادقی و همکاران، ۲۰۱۱؛ اوزتورک^۹، ۲۰۱۱). عکس‌العمل جریان آب‌های سطحی، رابطه نزدیکی با شکل و ابعاد بستر دارد و تغییر در شکل و ابعاد بستر می‌تواند انعکاس وسیعی را در ایجاد طغیان‌های شهری به دنبال داشته باشد (ناپرادین^{۱۰}، ۲۰۰۶؛ ریچارد^{۱۱}، ۲۰۱۴). در این صورت مطالعه، شدت، مدت و یا محاسبه حجم طغیان‌های حاصل از بارندگی شدید و یا به‌طور کلی مطالعه خصوصیات دینامیک آب‌های جاری باید حداقل همزمان و یا از طریق مطالعات ژئومورفولوژیکی باشد (محمودی، ۱۳۷۶، ص. ۳۹۲). درباره سیلاب شهری مطالعات بسیاری انجام شده که در ادامه به چند نمونه اشاره می‌شود.

قهرودی تالی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری (مطالعه موردی: تهران، درکه تا کن)، با استفاده از داده‌های اقلیمی و هیدرومتری، نقشه‌های

1. ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific)
2. Mackenzie
3. Graham
4. Eastman
5. Schick
6. Cadier
7. Yahaya
8. Waikar
9. Ozturk
10. Napradean
11. Richard

توپوگرافی و داده‌های کاربری و نیز با استفاده از تحلیل شبکه عصبی چند لایه (MLP) نقشه آسیب‌پذیری مناطق شهری ۲ و ۵ تهران را تهیه کردند.

رستمی و کرد (۱۳۹۵) به اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها در مناطق شهری ایلام پرداختند. در این تحقیق ایلام به پنج زیرحوضه تقسیم شده و تأثیر اراضی غیرقابل نفوذ و میزان مساحت بر اندازه رواناب به روش کارتر بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که زیرحوضه شماره ۲ که در شمال و شمال‌شرق حوضه واقع شده است، دارای بیشترین رواناب است. ناپ رادم و همکاران (۲۰۰۶) نقشه پهنه‌بندی خطر سیل‌گیری را برای حوضه‌های آبریز کوچک، در نزدیکی دریای بایا در دره استورو تهیه کردند.

فرناندز و لوتز (۲۰۱۰) با کمک GIS و سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره، اقدام به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب در یکی از استان‌های کشور آرژانتین کردند. این دو از پارامترهای فاصله تا کانال‌های زهکشی، ارتفاع منطقه، شیب منطقه، عمق آب زیرزمینی و کاربری اراضی استفاده کردند. ایشان با وزندهی به هر یک از این عوامل پنج‌گانه به کمک سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره، منطقه مورد نظر خود را در پنج پهنه با خطر زیاد، خطر متوسط تا زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خطر خیلی کم پهنه‌بندی کردند.

شهر مشهد در نیمه جنوب غربی دشت کشف رود، به‌علت گسترش بر سطح دشت تراکمی و مخروطافکنه‌های آبرفتی، تحت تأثیر شرایط توپوگرافی، شیب و زهکشی ضعیف، همیشه هنگام بارش‌های شدید، دچار سیلاب‌های ناگهانی یا آب‌گرفتگی بافت بوده است. تشدید خطر سیل و آب‌گرفتگی معابر، منجر به افزایش هزینه‌های نگهداری شهر و خسارات احتمالی جانی و مالی می‌شود. برنامه‌ریزی شهری جامع، از آثار زیان‌بار سیلاب‌های شهری تا حد ممکن جلوگیری کرده است. (احمد زاده ۱۳۹۴). سیلاب‌های شهری از جمله بحران‌هایی با منشأ طبیعی هستند که گاه عوامل انسانی و انسان‌ساخت بر شدت آن‌ها می‌افزاید. پهنه‌بندی سطوح شهری به‌دلیل خطرپذیری و وقوع سیلاب شهری را می‌توان بخشی از مراحل پیشگیری و آمادگی یا ترکیب این دو، قبل از وقوع بحران سیلاب دانست.

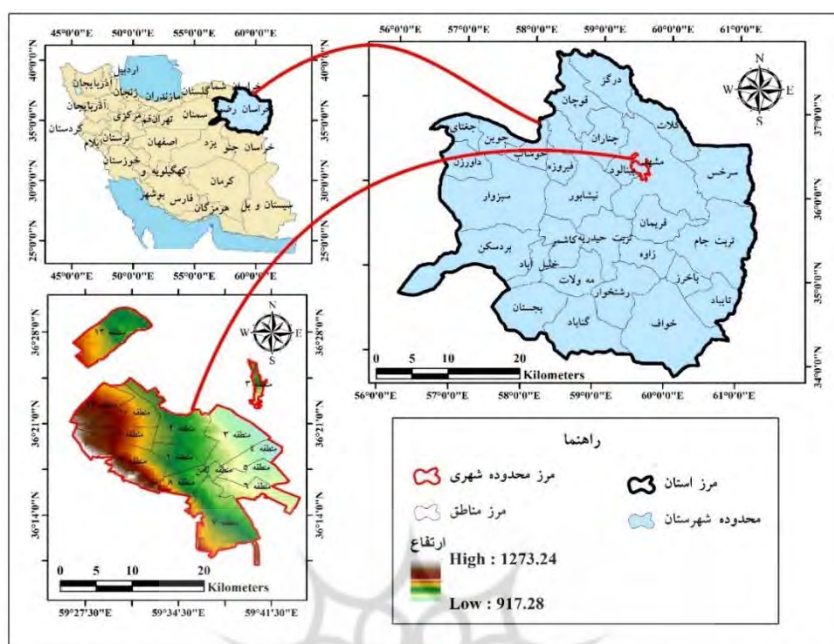
با توجه به موقعیت شهر مشهد در حوضه کشف رود، اختلاف ارتفاع در نقاط شمال و جنوب شهر و قرارگیری آن بین آبراهه‌هایی که از کوه‌های بینالود سرچشمه گرفته و به کشف

رود منتهی می‌شوند، هنگام بروز سیلاب، در محیط شهری است که دارای ۱۸ مسیل اصلی با جمع طول ۱۲۹۲۹۵ با دبی ۱۲۴۰ SM است (آمارنامه مشهد، ۱۳۹۲). این پژوهش به‌طور خاص با هدف ارزیابی خطر سیلاب شهری مشهد و با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی گردآوری شده در محیط GIS و تکنیک AHP وزن‌دهی در نرم‌افزار اکسپورت جویز انجام شده است.

۲. روش‌شناسی پژوهش

۲.۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی، در شمال شرقی ایران، به فاصله ۹۶۶ کیلومتری تهران قرار گرفته است. مشهد در ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۰ درجه ۳۶ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۸ دقیقه عرض جغرافیایی گسترده شده است. این شهر بین دو رشته‌کوه بینالود و هزارمسجد قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۹۸۵ متر، وسعت آن حدود ۲۰۴ کیلومترمربع و جمعیت آن حدود ۲۴۲۷۳۱۶ نفر است. از نظر موقعیت نسبی، شهر الکترونیک مشهد به‌عنوان مرکز استان خراسان رضوی از شمال به اراضی تبادکان و طوس، از جنوب و غرب به اراضی شهرستان طرقبه - شاندیز (بینالود) و از شرق به کنویست و میامی محدود می‌شود (شکل شماره ۱).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش برای بررسی نقش کانال‌های سیلابی در سیل‌خیزی در شهر مشهد، فاصله از رودخانه، شیب، تراکم کانال‌ها، فاصله از کانال‌ها، بارش، پوشش گیاهی، طبقات ارتفاعی، جاده و راه ارتباطی، کاربری اراضی، تراکم زهکشی و فاصله از مسیل‌ها، از قابلیت نرم‌افزارهای Excel، Expert Choice و Arc GIS استفاده شده است. در ادامه، براساس شرایط محیط شهری و ویژگی‌های لایه‌ای اطلاعاتی مورد بررسی، معیارهای مؤثر در جمع‌آوری آب‌های سطحی مشخص شد و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) با توجه به اهمیت و ارزش هر معیار بر معیار دیگر، مقایسه زوجی بین معیارها در نرم‌افزار (Expert Choice) انجام شد. سپس وزن نهایی هر معیار محاسبه شد. وزن‌های نهایی به‌دست‌آمده در محیط (GIS/Arc Map) بر تک‌تک لایه‌ها اعمال شد و در نهایت نقشه نواحی مستعد جمع‌آوری آب‌های سطحی به دست آمد. ریاضی‌دانی به نام توماس ال‌ساعتی^۱ (۱۹۸۰)، روش AHP، را به‌عنوان روشی علمی و مؤثر برای حل مشکلات تصمیم‌گیری چندمعیاره توسعه داده است (کارمن و روزمن، ۲۰۰۵). این تحلیل از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا

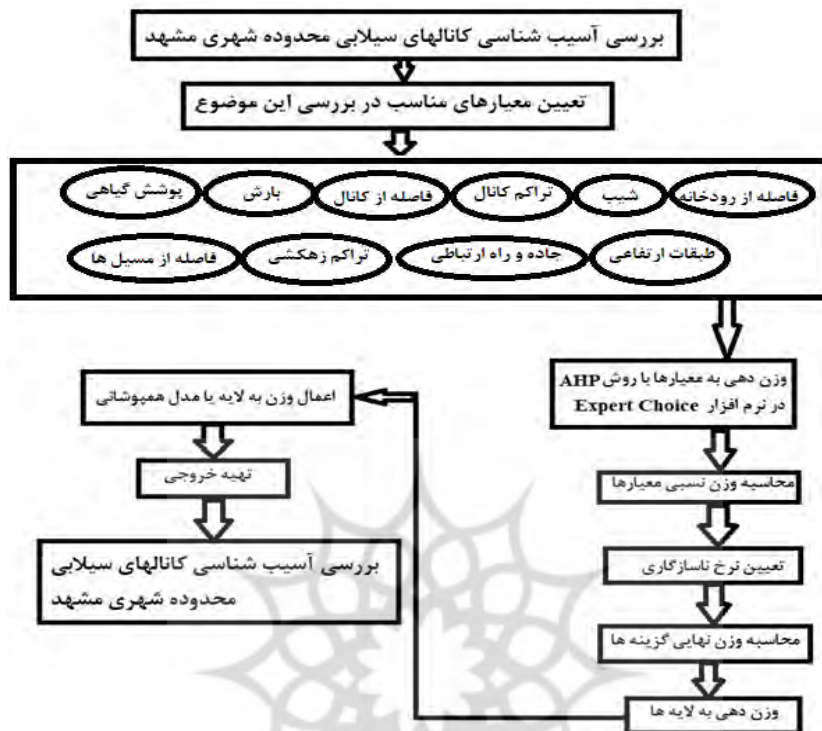
1. Thomas L. Saaty

امکان فرموله کردن مسائل را به صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند. این روش ابزاری قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای بررسی کمی و کیفی مسائل چندمعیاره است که خصوصیت اصلی آن براساس مقایسه زوجی است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). هنگام استفاده از روش AHP در مشکلات مهندسی باید محتاط عمل کرد. شواهد نشان می‌دهد که از توصیه‌های ساخته‌شده با این مدل نباید به معنای واقعی کلمه استفاده کرد. درحقیقت، مقادیر، اولویت‌های نهایی نزدیک به هم هستند و کاربر باید دقیق باشد (تریانتافیلاو و من، ۱۹۹۵). مهم‌ترین محدودیت روش AHP این است که وابستگی‌های احتمالی را بین عوامل و گزینه‌ها در نظر نمی‌گیرد (صحت و پریزادی، ۱۳۸۸). در فرایند AHP می‌توان گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داد و امکان تحلیل حساسیت روی پارامتر وجود دارد. یکی از مزایای بالای این روش، محاسبه نرخ ناسازگاری بوده که با مشخص شدن آن، امکان تجدید نظر در قضاوت‌ها به وجود می‌آید. ورودی روش تحلیل سلسله‌مراتبی ماتریس، مقایسه زوجی بوده که درایه‌های آن میزان اهمیت نسبی معیارها را بیان می‌کند. تصمیم‌گیرنده، ابتدا باید همه معیارهای مربوط را ارزیابی و مقایسه کند، سپس نتایج را با یک مقیاس استاندارد به مقادیر کیفی تبدیل کند. فرایند سلسله‌مراتبی شامل مراحل زیر است (شکل شماره ۲):

۱- ایجاد سلسله‌مراتب

۲- محاسبه وزن

۳- محاسبه نرخ ناسازگاری



شکل ۲. معیارهای سلسله‌مراتبی برای جمع‌آوری آب‌های سطحی

در روش AHP، عناصر در سطح نسبت به یکدیگر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن‌دهی می‌شوند. مقایسه و وزن‌دهی به عناصر در یک ماتریس $k \times k$ ثبت می‌شود. مقایسه زوجی به صورت ارزش‌گذاری عنصر سطر نسبت به ستون انجام می‌شود و برای ارزش‌گذاری نیز معمولاً از یک مقیاس فاصله‌ای از ۱ تا ۹ استفاده می‌شود. هرچه مقدار ارزش داده شده بیشتر باشد، نشان‌دهنده اهمیت و ارجحیت بیشتر عنصر سطری نسبت به عنصر ستونی است. به طوری که ارزش ۹ بیانگر کاملاً مهم‌تر و ارزش ۱ بیانگر با ارجحیت و اهمیت یکسان است (کرم، ۱۳۸۷). جدول ۱ مقادیر ترجیحات را برای مقایسه زوجی نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقایسات زوجی

مأخذ: عظیمی حسینی، ۱۳۹۰

مقدار عددی	ترجیحات
۹	کاملاً مرجح
۷	ترجیح خیلی قوی
۵	ترجیح قوی
۳	کمی مرجح
۱	ترجیح یکسان
۲،۴،۶،۸	ترجیحات بین فواصل

۲.۲. محاسبه وزن

در این مرحله برای محاسبه وزن عوامل، اول، اعداد متعلق به هر ستون با یکدیگر جمع می‌شوند، سپس هر عنصر ماتریس به جمع عوامل تقسیم می‌شود که حاصل آن به وجود آمدن اعداد به صورت نرمال شده است. در آخر میانگین هر ردیف محاسبه می‌شود و عدد به دست آمده، معرف وزن هر عامل است (عظیمی حسینی، ۱۳۹۰).

محاسبه نرخ سازگاری (CR^۱)

نرخ سازگاری در روش AHP، شاخصی است که سازگاری مقایسه‌ها را نشان می‌دهد. این نرخ، گویای درجه صحت و دقت ارزش‌گذاری‌ها در مقایسات زوجی است، چنانچه نرخ مذکور برابر و کمتر از ۰/۱ باشد، می‌توان ارزش‌گذاری‌ها را در مقایسات زوجی، خوب و صحیح دانست، در غیر این صورت، روش‌گذاری و مقایسات باید دوباره انجام گرفته یا اصلاح شود (کرم، ۱۳۸۷). شاخص سازگاری (CI^۲) برطبق فرمول ۱ به دست می‌آید. در هر مرحله از فرایند سلسله‌مراتبی برای مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارها، نرخ ناسازگاری برای هر ماتریس در نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n(n-1)}$$

فرمول ۱:

$$(n/n-1)$$

1. Consistency Rate
2. Consistency Index

روش وزن‌دهی جمعی ساده

روش‌های وزن‌دهی جمعی ساده (SAWI)، متداول‌ترین فنون مورد استفاده در کار بر مسائل مرتبط با تصمیم‌گیری چندصفتی فضایی هستند. تصمیم‌گیر، به‌طور مستقیم وزن‌هایی از اهمیت نسبی را به هر صفت اختصاص می‌دهد. سپس وزن اهمیت تخصیص یافته به هر صفت در نمره مقیاس‌بندی شده آن صفت، در گزینه مد نظر ضرب شده و با جمع حاصل ضرب‌های مذکور، در رابطه با تمامی صفات، امتیاز یا نمره کل در رابطه با هر گزینه به دست می‌آید (مالچفسکی، ۱۹۹۹).

فرمول ۲ (تریانتافیلاو و من، ۱۹۹۵):

$$A_i AHP = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j$$

a_{ij} = وزن گزینه i نسبت به j

w_j = وزن معیار j

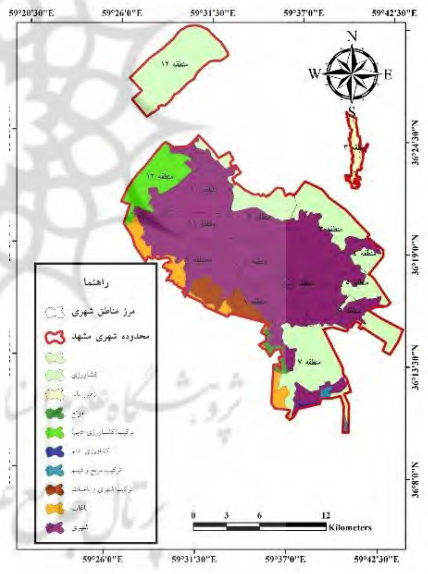
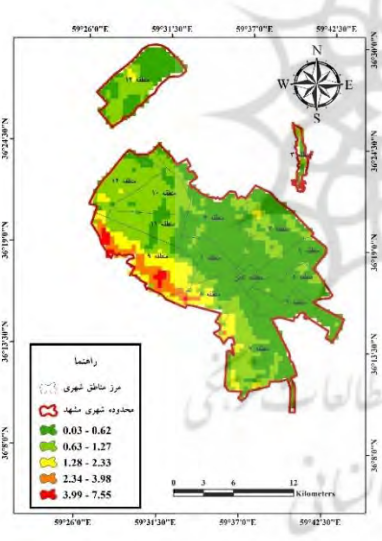
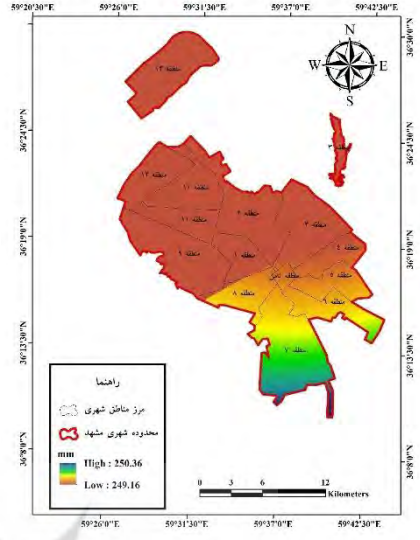
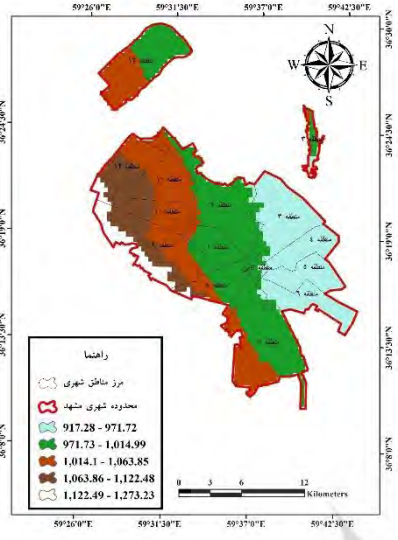
روش مبتنی بر SAW را می‌توان با استفاده از هر سیستم GIS که دارای قابلیت‌های همپوشی است، عملیاتی کرد. فنون همپوشی، امکان ترکیب لایه‌های مرتبط با نقشه معیار ارزیابی را برای تعیین نقشه مرکب (نقشه‌های خروجی) فراهم می‌آورند (مالچفسکی، ۱۹۹۹).

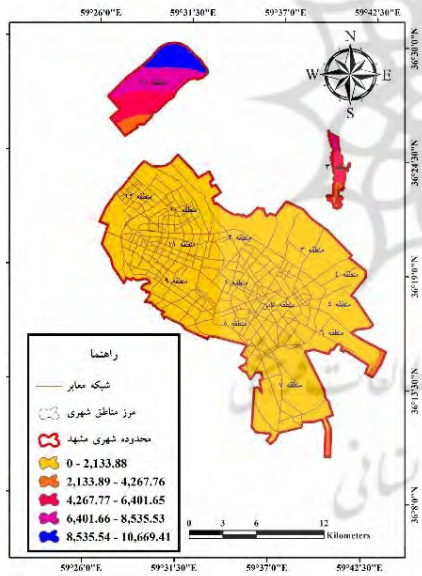
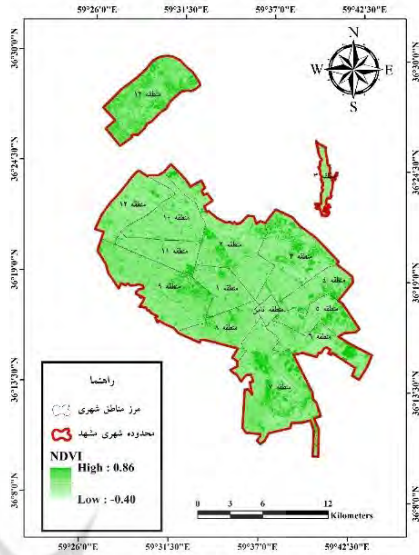
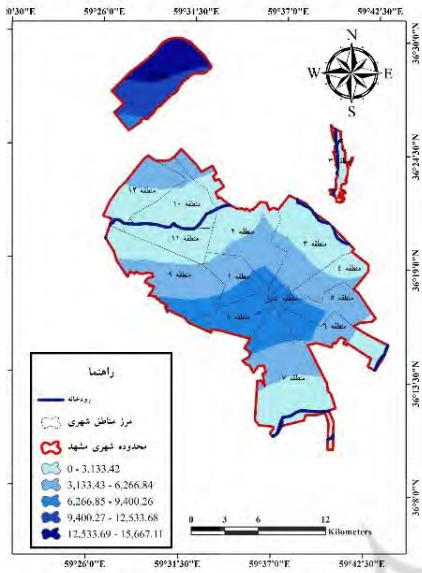
۳. یافته‌های پژوهش

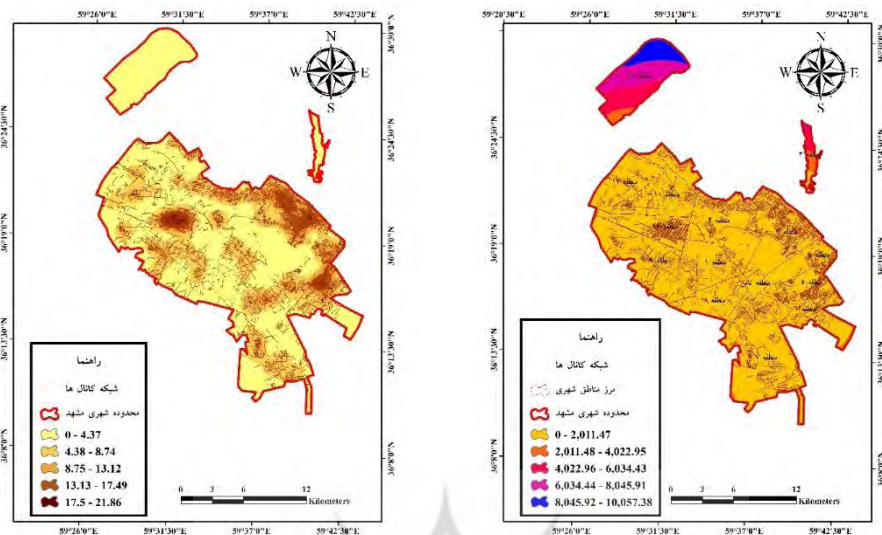
برای انجام این پژوهش، داده‌های مربوط به بارش، کاربری اراضی، راه‌های ارتباطی، مسیل‌ها، تراکم زهکشی، رودخانه، شیب، ارتفاع و پوشش گیاهی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه، از سازمان‌های مربوط تهیه و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به نقشه‌های بارش، کاربری اراضی، فاصله از راه‌های ارتباطی، فاصله از مسیل‌ها، تراکم زهکشی، فاصله از رودخانه، شیب، ارتفاع و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه ایجاد و در نهایت نقشه‌های مربوط تهیه شد.

1. Simple Additive Weighting

2. Malczewski







شکل ۳. لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده جهت تهیه نقشه پهنه بندی سیلاب

۳.۱. ساختن سلسله‌مراتبی در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

در اولین اقدام برای ساختار سلسله‌مراتبی مربوط به موضوع مشخص شده در این باره، یک سلسله‌مراتب، شامل هدف، معیارها و زیرمعیارها وجود دارد. تبدیل موضوع یا مسئله مورد بررسی به یک ساختار سلسله‌مراتبی مهم‌ترین قسمت فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به شمار می‌رود (حکمت‌نیا و میرنجف موسوی، ۱۳۹۰)؛ زیرا در این قسمت، تجزیه و تحلیل مسائل پیچیده، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی آن‌ها را به شکلی ساده که با ذهن و طبیعت انسان مطابقت داشته باشد، تبدیل می‌کند. در نهایت ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌شود. به اندازه اهمیت عوامل، از شماره ۱ تا ۹ عددگذاری شده‌اند (جدول ۲).

جدول ۲. اعداد مقایسه دو به دو فاکتورها

مأخذ: زبردست، ۱۳۷۰

تعریف	شدت اهمیت
اهمیت برابر	۱
اهمیت برابر تا اهمیت متوسط	۲
اهمیت متوسط	۳

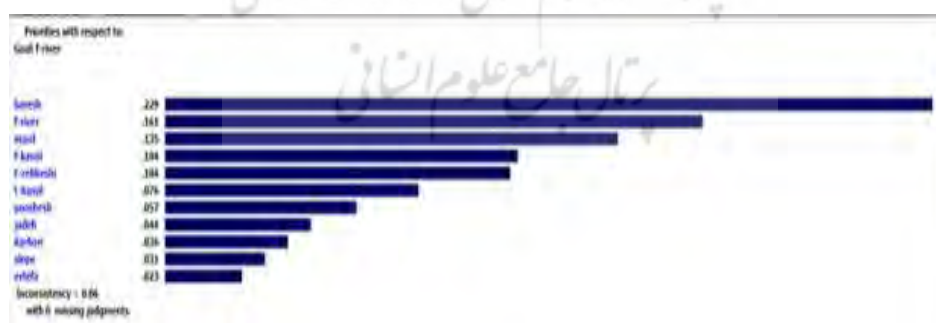
تعریف	شدت اهمیت
اهمیت متوسط تا اهمیت قوی	۴
اهمیت قوی	۵
اهمیت قوی تا اهمیت خیلی قوی	۶
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت خیلی قوی تا اهمیت فوق‌العاده قوی	۸
اهمیت فوق‌العاده قوی	۹

۲.۳. محاسبه وزن معیارها

مرحله بعد از مقایسه زوجی پارامترها، محاسبه وزن عوامل است. برای محاسبه وزن عوامل، ابتدا اعداد متعلق به هر ستون ماتریس با یکدیگر جمع شده، سپس هر عضو ماتریس به جمع عوامل تقسیم می‌شود، که حاصل آن به وجود آمدن اعداد به صورت نرمال شده است. در آخر، میانگین هر ردیف محاسبه می‌شود و عدد به دست آمده معرف وزن هر عامل است.

۳.۳. نرم افزار Expert Choice

نرم افزار EC برای تحلیل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی طراحی شده است. این نرم‌افزار افزون بر امکان طراحی نمودار سلسله‌مراتبی، تصمیم‌گیری و طراحی سؤالات، تعیین ترجیح‌ها و اولویت‌ها و محاسبه وزن نهایی، قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم‌گیری را نسبت به تغییرات در پارامترهای مسئله نیز دارد. همچنین با اهمیت‌ترین قابلیت آن، ایجاد نمودارها و گراف‌های مناسب برای ارائه نتایج و عملکردها است (شکل ۴).



شکل ۴. وزن معیارهای ارزیابی مورد استفاده در روش AHP با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice

نرخ ناسازگاری با تقسیم شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (R.I) محاسبه می‌شود. R.I بیانگر شاخص تصادفی است. این همان شاخص پایداری از یک ماتریس مقایسه دو به دو است که به صورت تصادفی ایجاد شده است. نسبت پایداری به نحوی تعیین می‌شود که اگر $CR < 0/10$ باشد در آن صورت، این نسبت دلالت بر سطح قابل قبول پایداری در مقایسه‌های زوجی دارد و اگر $CR > 0/10$ باشد در آن صورت ارزش‌های نسبت، بیانگر قضاوت‌های ناپاینده هستند (فرج‌زاده، ۱۳۸۴). در پژوهش حاضر نرخ ناسازگاری که از خروجی نرم‌افزار EC به دست آمده، برای جمع‌آوری آب‌های سطحی ۰/۰۴ است که از ۰/۰۱ خیلی کوچک‌تر است و پذیرفته شده است (Cimren و همکاران، ۲۰۰۷). وزن معیارهای فاصله از رودخانه، شیب، تراکم کانال‌ها، فاصله از کانال‌ها، بارش، پوشش گیاهی، طبقات ارتفاعی، جاده و راه ارتباطی، تراکم زهکشی، فاصله از مسیل‌ها و کاربری اراضی به ترتیب ۱۶، ۵، ۸، ۱۰، ۲۳، ۶، ۲، ۴، ۱۰، ۱۳ و ۳ به دست آمد؛ بنابراین، تأثیر بارش بیشتر از سایر عوامل است و بعد از آن، به ترتیب فاصله از رودخانه، فاصله از مسیل، فاصله از کانال‌ها، تراکم زهکشی، تراکم کانال‌ها، پوشش گیاهی، شیب، جاده و راه ارتباطی، کاربری اراضی و طبقات ارتفاعی دارای بیشترین اثر هستند. اولیایی و همکاران (۱۳۹۱) به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب باران در حوضه سیچ و آل از روش تحلیل سلسله‌مراتبی بر پایه GIS استفاده کردند. برای این منظور از پارامترهای شیب، کاربری اراضی، نفوذپذیری و بارندگی به عنوان عوامل تأثیرگذار بر نفوذ و ذخیره آب باران در پروفیل خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که اثر بارندگی در منطقه بیش از سایر عوامل است و بعد از آن، به ترتیب نفوذپذیری خاک، پوشش سطحی خاک و شیب، دارای بیشترین اثر هستند.

جدول ۳. مقایسه زوجی پارامترهای مستخرج از نرم‌افزار Expert Choice

کاربری اراضی	مسیل	تراکم زهکشی	جاده و راه ارتباطی	طبقات ارتفاعی	پوشش گیاهی	بارش	فاصله از کانال‌ها	تراکم کانال‌ها	شیب	فاصله از رودخانه	
										۱	فاصله از رودخانه
									۱	۱/۵	شیب
								۱	۱/۳	۱/۲	کانال‌ها تراکم
							۱	۲	۱/۳	۱/۲	فاصله از کانال‌ها
						۱	۳	۳	۶	۲	بارش
					۱	۱/۴	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۱/۲	پوشش گیاهی
				۱	۱/۳	۱/۶	۱/۴	۱/۵	۱/۲	۱/۶	طبقات ارتفاعی
			۱	۳	۱/۳	۱/۴	۱/۲	۱/۳	۱/۵	۱/۴	جاده و راه ارتباطی
		۱	۲	۲	۱/۲	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۳	تراکم زهکشی
	۱	۳	۳	۴	۲	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۱/۳	۱/۲	مسیل
۱	۱/۳	۲	۲	۲	۱/۲	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۳	کاربری اراضی

جدول ۴. میزان ضرایب پارامترهای مورد بررسی

۱۶	فاصله از رودخانه
۵	شیب
۸	تراکم کانال‌ها
۱۰	فاصله از کانال‌ها
۲۳	بارش
۶	پوشش گیاهی
۲	طبقات ارتفاعی

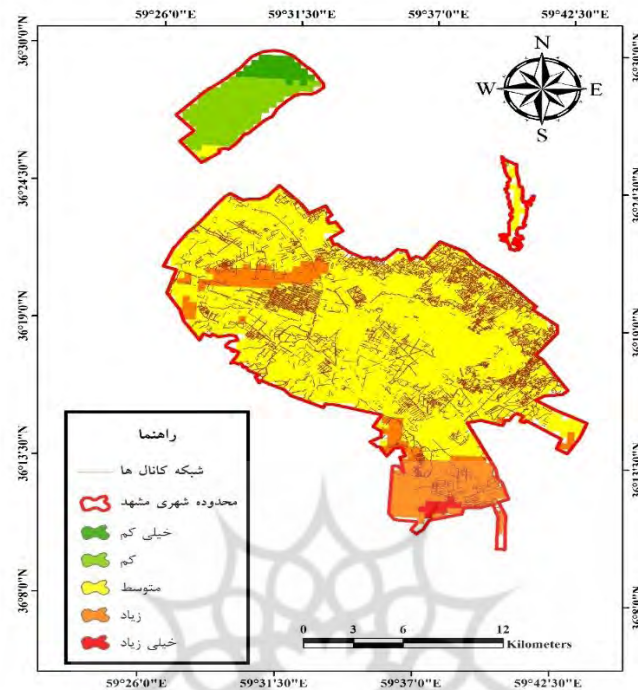
4	جاده و راه ارتباطی
10	تراکم زهکشی
13	مسیل
3	کاربری اراضی

۴.۳. تولید نقشه نهایی خطرپذیری سیلاب

به منظور تهیه نقشه‌های معیار و نقشه نهایی پتانسیل جمع‌آوری آب‌های سطحی، از یک جعبه ابزار^۱ توسعه داده شده در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3 استفاده شده است. در مدل تهیه شده تمامی اطلاعات متغیرهای ورودی، پردازش‌های لازم بر روی این متغیرها، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره انتخابی (فرایند سلسله‌مراتبی) که شامل تولید معیارهای اصلی و شامل معیارهای فاصله از رودخانه، شیب، ارتفاع، پوشش گیاهی، تراکم زهکشی، بارش، کاربری اراضی، فاصله از مراکز جمعیتی و فاصله از معابر است، داده شده است. همچنین جعبه ابزار تهیه شده در قالب یک برنامه الحاقی در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3 که بر مبنای یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی) استوار بوده، قابل اجرا است. همچنین فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به صورت یک فرمان، در نرم‌افزار GIS قابل اجرا بوده است. نحوه اجرای برنامه بالا به این ترتیب است که ابتدا لایه‌های برداری^۲ ورودی توسط برنامه خوانده شده و بعد از انجام پردازش‌های لازم بر روی آن، به فرمت اطلاعات رستری تبدیل می‌شوند. در مرحله بعد، ساختار سلسله‌مراتبی با توجه به هدف مسئله، شکل گرفته و در مرحله بعد نیز وزن معیارهای تصمیم‌گیری بر اساس ماتریس مقایسه زوجی محاسبه می‌شوند. در نهایت و در گام آخر برنامه، نقشه خروجی بعد از کلاسه‌بندی تولید می‌شود. با استفاده از روش وزن‌دهی روی هم گذاری لایه‌ها^۳ و نسبت دادن مقادیر وزن نهایی به متغیرهای ورودی که به لایه‌های رستری تبدیل شده‌اند، نقشه نهایی مناطق مستعد آب‌های سطحی تهیه شد. به طور کلی درباره کلاسه‌بندی معیارهای استفاده شده در این پژوهش، باید اشاره شود که معیارها به ۵ کلاس تقسیم شد و کلاس‌های به سمت عدد یک، نشان‌دهنده تأثیر کمتر در جمع‌آوری آب‌های سطحی و کلاس

1. Tool Box
2. Vector Layers
3. Weighted Overlay

به سمت اعداد بالاتر، بیانگر تأثیر کمتری در میزان پتانسیل سیل خیزی هستند. همچنین، این منطبق درباره همه نقشه‌های معیار است. همچنین روش استاندارد کردن نقشه‌های معیار به این ترتیب است که اول در هر یک از نقشه‌های معیار، تصمیم‌گیری براساس اطلاعات خام اولیه است و پس از انجام پردازش‌های لازم بر روی این نقشه‌ها، آن‌ها تولید شدند. در ادامه با توجه به کلاس‌های هر یک از نقشه‌های معیار و تأثیر آن‌ها در میزان پتانسیل جمع‌آوری آب‌های سطحی، کلاس‌بندی هر یک از این معیارها صورت گرفت. برای نمونه، درباره استاندارد کردن نقشه معیار کاربری اراضی شهری باید اشاره شود که برای کاربری‌های مختلف شهری که در تخمین میزان رواناب مؤثر هستند، نحوه استاندارد کردن به این صورت است که با توجه به تأثیر هر یک از کلاس‌های نقشه معیار کاربری اراضی در میزان رواناب و جمع‌آوری آب‌های سطحی، بین مقادیر یک الی پنج استاندارد می‌شوند؛ به این ترتیب که کلاس‌های به سمت اعداد پایین‌تر (یعنی عدد یک) نشان‌دهنده تأثیر بیشتری در میزان پتانسیل جمع‌آوری آب سطحی و کلاس‌های به سمت اعداد بالاتر (یعنی عدد پنج) بیانگر تأثیر کمتری در میزان پتانسیل جمع‌آوری آب سطحی هستند. نقشه نهایی مناطق مستعد جمع‌آوری آب سطحی یا استحصال آب باران به پنج کلاس مختلف از نظر مستعد بودن تقسیم شد. کلاس‌های یک، دو، سه، چهار و پنج به ترتیب نشان‌دهنده پتانسیل خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و در نهایت کلاس پنج خیلی ضعیف است. تهیه نقشه‌های خطرپذیری سیلاب، می‌تواند به مثابه ابزاری مناسب، برای اصلاح زیرساخت‌های جمع‌آوری رواناب در حوضه‌های شهری برای استفاده طراحان و تصمیم‌گیرندگان در این زمینه مفید باشد.



شکل ۵- نقشه پهنه بندی خطر سیلاب در محدوده شهری مشهد

با توجه به شکل ۵، از کل مساحت محدوده شهری مشهد، در مجموع $۳۲ / ۶$ کیلومتر مربع دارای خطر سیلاب خیلی کم، $۸۲ / ۲۳$ کیلومتر مربع خطر کم، $۰۶ / ۲۶۰$ کیلومتر مربع خطر متوسط، $۸۸ / ۴۱$ کیلومتر مربع خطر زیاد و $۰۴ / ۲$ کیلومتر مربع خطر خیلی زیاد است. به طور کلی می‌توان بیان کرد که حدود ۱٪ از کل محدوده شهری، دارای خطر خیلی کم، ۷٪ دارای خطر کم، حدود ۷۷٪ از کل محدوده شهری دارای خطر متوسط، ۱۲٪ دارای پتانسیل زیاد و ۳٪ از محدوده شهری مشهد دارای پتانسیل خیلی زیاد است. نتایج نشان می‌دهد که شیب‌های ۰ تا ۳ درجه که بیشتر، کاربری شهری دارند مکان مناسبی برای استحصال هستند؛ بنابراین، مناطق با استحصال خیلی خوب، مناطقی هستند که از لحاظ شیب و پوشش شرایط مناسب‌تری دارند. با پیشروی به سمت مناطق جنوب، در محدوده شهری مشهد، احتمال وقوع سیلاب افزایش می‌یابد که همان‌طور که پیشتر نیز گفته شد در این مناطق بیشترین میزان بارش ثبت شده است.

بیشترین قسمت از سطح منطقه مورد مطالعه در طبقه متوسط قرار گرفته است. علت این امر را می‌توان نزدیکی به رودخانه، و افزون بر آن وضعیت شیب، ارتفاع و نیز میزان بارش‌ها در این نواحی با توجه به میزان وزنی که به معیار بارندگی اختصاص یافته است، دانست. همچنین وضعیت معیارهای تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی، فاصله از راه‌های ارتباطی و مهم‌تر از آن، وضعیت کانال‌های سیلابی نیز در این مناطق رضایت‌بخش بوده و در نتایج به‌دست‌آمده بی‌تأثیر نبوده‌اند. از نواحی مرکزی محدوده شهری مشهد، مشرف به نواحی جنوب و جنوب شرقی، به تدریج بر میزان خطر سیلاب افزوده می‌شود. دو طبقه خطر زیاد و خیلی زیاد نسبت به مساحت کل محدوده شهری، مساحت کمتری را داشته و در نواحی جنوب واقع شده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، مبین این مطلب است که روش مورد استفاده از اعتبار بالایی در پهنه‌بندی خطر سیلاب برخوردار بوده و به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، به‌عنوان یک سیستم تصمیم‌یار مکانی، مؤثر در مکان‌یابی مناطق سیلابی است. همچنین با توجه به نقشه پتانسیل ذخیره و جمع‌آوری نزولات جوی، مناطق با پتانسیل مختلف، برای ذخیره آب‌های سطحی مشخص شده‌اند که در این صورت می‌توان پروژه‌های ذخیره نزولات را در این مناطق متمرکز کرد.

۴. نتیجه‌گیری

شهرها با توجه به موقعیت جغرافیایی که بر آن واقع شده‌اند، برای توسعه خود در آینده، با پدیده‌های ژئومورفیک مختلفی روبه‌رو هستند. شهرها از ترکیب واحدهای مختلف توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی تشکیل شده‌اند، هرگونه اقدام برای توسعه و عمران شهرها، به طریقی با پویایی و دینامیسم محیط طبیعی و در نتیجه با پدیده‌های ژئومورفولوژی ارتباط دارد. از آنجایی که اغلب شهرهای ایران بر مخروط‌افکنه‌های آبرفتی گسترش یافته‌اند، حوضه یا حوضه‌های آبریز کوچک و بزرگی، از کوهستان‌های حاشیه‌ای به آن‌ها وارد می‌شوند. شهرنشینی با دخالت غیرمستقیم در داخل حوضه‌های بیان‌شده، سبب برهم زدن تعادل دامنه‌ها، از بین رفتن پوشش گیاهی، فشردگی خاک و تغییر در نیمرخ آبراهه‌ها، افزایش شدت سیلاب‌های ناگهانی و افزایش حجم رسوب تولیدی می‌شود. مسیله‌ها و رودخانه‌های شهری، به‌عنوان فضاهای پنهان شهری،

فرصت‌هایی هستند که بی‌توجه رها شده‌اند و با وجود پتانسیل‌های فراوانی که دارند، استفاده کامل و بهینه‌ای از آن‌ها نمی‌شود؛ به‌طوری که کارشناسان در بیشتر شهرها، آن‌ها را تهدیدی بر شهر به شمار آورده و به همین دلیل، به طرق مختلف کوشش در مهار آن‌ها می‌کنند. کاربری‌های مختلف شهری باعث شده تا آرایش طبیعی فرایندهای آبراهه‌ای که آب و رسوب را از مناطق کوهستانی به طرف حوضه‌های پایین‌دست انتقال می‌دهند، تحت تأثیر مداخلات انسانی قرار گرفته و یکی از مسائل اساسی مخاطره‌آمیز در این شهر را که همانا تغییرات ایجادشده در الگوی جریان‌های سطحی و شرایط طبیعی حوضه‌ها و تجاوز به حریم رودها و آبراهه‌ها است، به وجود آورد. از کل مساحت محدوده شهری مشهد، در مجموع ۶ / ۳۲ کیلومتر مربع دارای خطر سیلاب خیلی کم، ۲۳ / ۸۲ کیلومتر مربع خطر کم، ۲۶۰ / ۰۶ کیلومتر مربع خطر متوسط، ۴۱ / ۸۸ کیلومتر مربع خطر زیاد و ۲ / ۰۴ کیلومتر مربع خطر خیلی زیاد است. به‌طور کلی حدود ۱٪ از کل محدوده شهری دارای خطر خیلی کم، ۷٪ دارای خطر کم، حدود ۷۷٪ از کل محدوده شهری دارای خطر متوسط، ۱۲٪ دارای پتانسیل زیاد و ۳٪ از محدوده شهری مشهد دارای پتانسیل خیلی زیاد است. به‌طور کلی نتیجه گرفته می‌شود که راهکارهای مدیریتی مناسبی برای آن بخش از پهنه‌های شهر که در معرض خطر بالای سیلاب قرار دارند باید به کار گرفته شود؛ مراکز خدماتی امدادی بحران مانند آتش‌نشانی، در نزدیکی مناطق خطر بالا مکان‌یابی شوند؛ توسعه شهر در این قسمت‌ها محدود شده و یا براساس ضوابطی باشد تا سبب تشدید سیلاب نشود؛ فضاهای سبز شهری با کارکرد حفاظت از خاک و جلوگیری از سیلاب‌های سهمگین احداث شود و در تحقیقات بعدی نیز پیشنهاد می‌شود قطعات و بلوک‌های شهری که در حریم سیلاب‌ها هستند شناسایی شود و متناسب با ویژگی‌های آن‌ها منتقل شده، تغییر یابند و سازگاری / ناسازگاری کاربری‌ها بررسی شوند.

کتابنامه

۱. محمدی، ج.، پورقیومی، ح.، و قنبری، م. (۱۳۹۱). تلفیق مدل همپوشانی شاخص‌های IO و تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) در مکان‌یابی مراکز آموزشی (نمونه موردی: مدارس راهنمایی شهر کازرون). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، (۱)، ۱۱۳-۱۲۸.

۲. صحت، س.، و پرزادی، ع. (۱۳۸۸). به کارگیری تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای در تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید. نشریه مدیریت صنعتی، ۱(۲)، ۱۰۵-۱۲۰.
۳. عظیمی حسینی، م.، نظری فر، ه.، و مؤمنی، ر. (۱۳۹۰). کاربرد GIS در مکان‌یابی تهران: انتشارات مهرگان قلم.
۴. کرم، ا. (۱۳۸۷). کاربرد روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در ارزیابی زمین برای توسعه کالبدی بر پایه عوامل طبیعی (مطالعه موردی: مجموعه شهری شیراز). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱(۱۱)، ۳۳-۴۵.
۵. مالچفسکی، ی. (۱۳۸۵). سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری (ا. پرهیزکار، و ع. غفاری گیلاده، مترجمان). تهران: انتشارات سمت.
۶. قنوتی، ع.، حسین‌زاده، س. ر.، کرم، ا.، و فرخزاد، م. (۱۳۹۷). توسعه فیزیکی کلان‌شهر مشهد و تغییر در مورفولوژی سیستم‌های رودخانه‌ای. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۹(۴)، ۶۹-۸۸.
۷. رجایی، ع. (۱۳۸۲). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی. تهران: انتشارات سمت.
۸. محمودی، ف. (۱۳۷۶). کاربرد ژئومورفولوژی در مطالعات محیط. در مجموعه مقالات همایش پژوهش‌ها و قابلیت‌های علم جغرافیا در عرصه سازندگی. تهران: مؤسسه جغرافیا، دانشگاه تهران.
۹. قهرودی تالی، م.، مجیدی هروی، آ.، و عبدلی، ا. (۱۳۹۵). آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب شهری (مطالعه موردی: تهران، درکه تا کن). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱(۱۷)، ۱۰-۱۸.
۱۰. رستمی، ن.، کرد، ل.، و رضانی، ف. (۱۳۹۵). تأثیر شهرسازی بر میزان دبی در مناطق شهری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهر ایلام). مقاله ارائه‌شده در همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی، کرج.
11. Bhattacharya, N. (2010). *Flood risk assessment in Barcelonate, France*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enscheda (ITC), the Netherlands.
12. Cadier, E. (1996). Small watershed hydrology in Semi-Arid North Eastern Brazil Basin topography and transposition of annual runoff data. *Journal of Hydrology*, 182, 117-141.
13. Eastman, J. R. (1997). *Idrisi for windows, user's guide, version 2.0: Clark labs for cartographic technology and geographic analysis*. Clark University, Worcester.
14. ESCAP. (1984). *Proceedings of seminar on flood vulnerability analysis and on the principle of floodplain management for flood loss prevention*. Water Resources Series, No. 58, United Nations.

15. Fernandez, D. S., & Luz, M. A. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 111, 90-98.
16. Graham, A., Day, J., & Ohnray, B. (2014). Maximizing the potential for -people and wildlife- A guide for local authorities and developer sustainable drainage – systems. *Human Ecology*, 34, 155-183.
17. Karmen, P., & Rozman, C. (2005). Application of analytical hierarchy process I agriculture. *Poljoprivreda*, 11(2), 33-67.
18. Mackenzie, S. (2012). *Temporary diversion methods (TDM)*. Retrieved form <https://www.mhfd.org/wp-content/uploads/2014/07/SM-08-Temporary-Diversion-Methods.pdf>
19. Ozturk, D., & Batuk, F. (2011). Implementation of GIS-based multicriteria decision analysis with via in ArcGic. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 6, 1023-1042.
20. Napradean, I., & Chira, R. (2006). The hydrological modelling of the Ustturoi valley- Using two modelling programs–WetSpa and HecRas. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 1(1), 53-62.
21. Richard, A., & Claytor, T. R., (2014). *Design of storm water filtering systems*. Center for Watershed Protection Press.
22. Sadeghi, Sh., & Akbarpoor, A. (2011). *Comparing two different strategies in locating prone area water harvesting using decision support system (DSS) based on GIS Case study: Birjand splain*. Paper presented at the 11th Seminar of Irrigation and reduce evaporation, Kerman.
23. Schick, A. P. Grodek, T., & Wolman, M. G. (1999). Hydrologic processes and geomorphic constraints on urbanization of alluvial fan slopes, *Geomorphology*, 31(1-4), 285-335.
24. Triantaphyllou, E., & Mann, S. H. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. *Inter'l Journal of Industrial Engineering; Applications and Practice*, 2(1), 35-44.
25. Waikar, M. L., & Aditya, P. (2014). Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, 12, 179-184.
26. Yahaya, S. (2008). *Multicriteria analysis for flood vulnerable areas in Hadejia-Jama are river Basin, Nigeria*. Paper presented at the Annual Conference Portland, Oregon.