

سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد در مواجهه با بحران سیل

DOR : [20.1001.1.23453915.1403.13.2.4.7](https://doi.org/10.1001.1.23453915.1403.13.2.4.7)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

امیر رحیمی^{۱*}، مهین نسترن^۲، احمد شاه‌یوندی^۲۱- کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران (amir.rahimi.2026@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان «سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری در مواجهه با بحران سیل با رویکرد مدیریت بحران» به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم است.

چکیده

سیل یکی از رایج‌ترین و شدیدترین خطراتی است که زندگی مردم را در سراسر جهان مختل می‌کند. شهر خرم‌آباد به دلیل موقعیت دره‌ای بودن شهر، بارش‌های سیل‌آسا و وجود رودخانه‌های کرگانه و خرم رود در شهر، در معرض خطر سیل قرار دارد. هدف این پژوهش سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی-تحلیلی است. برای تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری از نرم‌افزار ARC GIS و از مدل ترکیبی AHP-FUZZY استفاده شد. به منظور تعیین معیارها به کارشناسان و متخصصان مراجعه شده و پس از آن، ماتریس زوجی معیارها تشکیل شده و سپس مطابق ماتریس‌ها، پرسشنامه‌ای تهیه شده که این پرسشنامه معیارها را دوه‌دو طبق اهمیت آنها باهم مقایسه می‌کند. در نهایت پرسشنامه‌ها در اختیار ۲۵ نفر از کارشناسان و متخصصان قرار گرفته و تکمیل شد. نتیجه امتیازدهی به معیارها وارد نرم‌افزار ویژه مدل AHP (Expert choice) شده و وزن نهایی زیرمعیارها تعیین شد و در مرحله بعد اقدام به فازی‌سازی لایه‌ها (زیرمعیارها) شده و سپس تلفیق لایه‌ها صورت گرفت و در نتیجه، نقشه نهایی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد به دست آمد. در این پژوهش از دو معیار طبیعی و کالبدی که شامل ۱۲ زیر معیار: بافت فرسوده، تراکم جمعیت، شبکه معابر، کاربری، ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، فاصله از رودخانه، خاک‌شناسی، فرونشست، میزان بارندگی است، استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان داد که ۹/۶۶ درصد یا به عبارتی ۴۹ هکتار از زیرساخت‌های روبنایی در معرض آسیب‌پذیری خیلی زیاد سیل قرار دارند، همچنین مشخص شد کاربری‌های فضاهای سبز، اداری، آموزشی و تجاری به ترتیب بیشترین آسیب‌پذیری و کاربری‌های تاریخی و فرهنگی کمترین آسیب‌پذیری را در برابر سیل دارند. برای کاهش آسیب‌پذیری سیل و به منظور افزایش ایمنی زیرساخت‌ها، باید ساماندهی و ارتقاء کیفیت بستر و حریم رودخانه و ارتقاء کیفیت کالبدی رودخانه‌ها زیر نظر مدیران و مسئولان شهری انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی: سنجش آسیب‌پذیری، زیرساخت‌های روبنایی، سیل، مدیریت بحران، شهر خرم‌آباد

۶۲

شماره ۲۶

تابستان ۱۴۰۳

فصلنامه علمی

و پژوهشی



Assessing the Vulnerability of Khorram Abad City Facilities in the Face of Flood Crisis

Amir Rahimi^{1*}, Mahin Nastaran², Ahmad Shahivandi²1. Master of Urban Planning, Faculty of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran (Corresponding Author: amir.rahimi.2026@gmail.com)

2. Assoc. Prof., Dept. of Urban Planning, Faculty of Architecture and Urban Planning, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

Flood is one of the most common and severe dangers that disrupt people's lives around the world. Khorramabad city is at risk of flooding due to its location in a valley, torrential rains, and the presence of the Karganeh and Khorramroud rivers in the city. And the purpose of this research is to assess the vulnerability of urban facilities Khorram Abad city. This research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method. ARC GIS software and AHP-FUZZY hybrid model were used to prepare vulnerability maps. In order to determine the criteria, experts have been consulted after that, the paired criteria matrix is formed, and then according to the matrices, a questionnaire has been prepared that compares the criteria two by two according to their importance. Finally, the questionnaires were given to 25 experts and specialists and completed. The result of scoring the criteria was entered into the special software of the AHP (Expert choice) model and the final weight of the sub-criteria was determined, and in the next step, the layers (sub-criteria) were fuzzified and then the layers were combined, and as a result. The final map of the vulnerability of the

Khorramabad facilities was obtained. In this research, two natural and physical criteria, which include 12 sub-criteria: worn texture, population density, road network, use, height, slope, slope direction, geology, distance from the river, soil science, subsidence, rainfall amount Used. The results of the research showed that 9.66 percent or 49 hectares of urban facilities are very vulnerable to floods. It was also found that the use of green spaces, office use, educational use and commercial use are the most vulnerable, and historical use and cultural use are the least vulnerable to floods. In order to reduce the flood vulnerability and to increase the safety of urban facilities, it is necessary to organize and improve the quality of the bed and river boundaries and improve the physical quality of rivers under the supervision of city managers and officials.

Keywords: Vulnerability Assessment, Urban Facilities, Flood, Crisis Management, Khorramabad City.

۱- مقدمه

یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان با آن مواجه هستند موضوع بحران‌های طبیعی است. برای اتخاذ و اجرای سریع و صحیح تصمیم‌ها برای کاهش آسیب‌پذیری و اثرات آنها قبل، حین و پس بحران‌های طبیعی مدیریت بحران لازم است. با به‌کارگیری اصول و ضوابط شهرسازی مانند بافت، ساختار شهر، کاربری اراضی شهری و شبکه ارتباطی می‌توان تا حد زیادی آسیب‌های ناشی از بحران‌ها را کاهش داد [۱]. امروزه، شهرها در سراسر جهان به دلایل متعدد، از جمله نوع مکان‌گزینی، توسعه فیزیکی نامناسب، عدم رعایت استانداردهای ساخت‌وساز و امثال آن، در معرض خطرات و آسیب‌های ناشی از بلایای طبیعی از جمله سیل قرار دارند [۲].

رشد روزافزون جمعیت و توسعه سریع زندگی شهری در اراضی حاشیه رودخانه‌ها و افزایش تقاضا برای ساخت اعیانی در این اراضی سبب افزایش روند تجاوز به بستر و حریم رودخانه‌ها، گسترش تصرف غیرقانونی این اراضی و دخل و تصرف غیرمجاز در آنها شده است، این زیاده‌طلبی بیشتر به شکل استفاده بی‌رویه از شن و ماسه بستر رودخانه، ساخت‌وساز در بستر و حریم رودخانه و ساخت سازه‌های تقاطعی بدون رعایت اصول فنی بروز کرده است که این دلایل سبب به وجود آمدن سیل می‌شود [۳].

شهر خرم‌آباد در طول سال‌های وقوع سیل (۱۳۵۵ تا ۱۳۸۴) ۱۲ بار سیل رخ داده که بیشترین خسارات وارده به ترتیب مربوط به

اراضی کشاورزی، مسکونی، دام، قنات، پل و تلفات جانی است [۴]. وقوع سیلاب فروردین‌ماه سال ۱۳۹۸ از بحران‌های اخیر استان لرستان است. بر اساس برآورد اولیه خسارت سیل در استان لرستان بیش از ۱۵ هزار میلیارد ریال به واحدهای مسکونی، زیرساخت‌ها، بناهای تاریخی، جاده‌ها، اراضی کشاورزی و مدارس است. همچنین ۱۵ نفر بر اثر سیل در این استان جان خود را از دست دادند و حدود ۲۵۶ نفر نیز مصدوم شدند [۵]. یکی از بزرگ‌ترین سیلاب‌های خرم‌آباد، سیل سال ۱۳۹۸، حدود ۸۰۰ میلیارد ریال خسارت برای زیرساخت‌های استان لرستان به بار آورد که حدود ۵۰ دهانه پل تخریب شد حدود سه هزار هکتار از اراضی کشاورزی خرم‌آباد تخریب شد حدود ۵۰ کیلومتر از دسترسی‌ها در اثر سیلاب تخریب شد [۵].

شهر خرم‌آباد با توجه به بارش‌های سیل‌آسا، وجود رودخانه‌های خرم‌رود و کرگانه در شهر، احداث سازه‌های تقاطعی نظیر پل‌های موقت در جای‌جای بستر رودخانه خرم‌آباد، وجود بافت متراکم و فرسوده، شبکه ارتباطی ضعیف، ساخت‌وساز در حریم رودخانه و همچنین وجود زیرساخت‌های روبنایی نظیر اماکن آموزشی و ورزشی، مذهبی و فرهنگی، فضاهای سبز و باز، اماکن درمانی و بهداشتی و تجاری در اطراف و حریم رودخانه و دیگر نقاط سیل‌خیز شهر خرم‌آباد، سال‌هاست که بستر شهر خرم‌آباد را با مشکل و خطر سیل مواجه کرده است. این پژوهش به بررسی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های رو

بنایی که شامل: اماکن آموزشی و ورزشی، مذهبی و فرهنگی، تفریحی و فضاهای سبز، اماکن درمانی و بهداشتی، تجاری، نظامی و سایر زیرساخت‌های روبنایی است، در مواجهه با بحران سیل تمرکز خواهد در نهایت سؤال کلی پژوهش به این صورت مطرح می‌شود که زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد در مواجهه با بحران سیل تا چه اندازه آسیب‌پذیرند؟ تا از این طریق بتوان به ارائه راهکار و پیشنهادها برای کاهش آسیب‌پذیری‌ها در مواجهه با بحران سیل پرداخت.

در ادامه به بررسی پژوهش‌های پیشین مرتبط با موضوع پرداخته می‌شود: زنگی‌آبادی و همکاران (۱۳۹۵) به تحلیل جغرافیایی و مکان‌یابی مراکز اسکان موقت شهری در بحران‌های طبیعی، با استفاده از GIS در منطقه ۶ شهر اصفهان پرداختند، نتایج این پژوهش نشان داد که فضاهای سبز و باز و مراکز امداد و نجات به صورت مطلوبی توزیع نشده‌اند و به همین منظور راهبردهایی با رویکرد مدیریت بحران برای توانمندسازی منطقه ۶ اصفهان در نظر گرفته و محدوده‌هایی ایمن، برای اسکان موقت پیشنهاد شد [۱].

راستگو و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی و پتانسیل سنجی خطر وقوع سیل در شهر جناح در استان هرمزگان با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان SVM، پرداختند. در این پژوهش، با استفاده از ۹ فاکتور شامل درجه شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، انحنای عرضی شیب، انحنای طولی شیب و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت، این پژوهش نشان می‌دهد که عامل درجه شیب و انحنای طولی شیب بیشترین تأثیر را در وقوع سیل منطقه مطالعاتی داشته است، همچنین سیل بیشتر در مناطق کاربری اراضی و جاهایی که دامنه‌ها نزدیک به محل اتصال آبراهه‌ها واقع می‌شود، اتفاق می‌افتد [۶].

پور اسمعیل و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی آسیب‌پذیری نواحی شهری در برابر سیل با استفاده از روش تاپسیس در منطقه عظیمیه، شهر کرج پرداختند، نتایج نشان‌دهنده آسیب‌پذیری این منطقه در برابر سیل بود که در بین زیر حوزه‌های مورد بررسی زیر حوضه‌های شماره یک و دو بیشترین و زیر حوزه شماره ۱۳ کمترین آسیب‌پذیری را در برابر سیل داشتن از علل آسیب‌پذیری منطقه در برابر سیل می‌توان به ارتباط مستقیم با حوزه‌های آبخیز بالادست که به لحاظ سنگ‌شناسی ناتراوا و به لحاظ خاک‌شناسی نفوذناپذیر هستند، تراکم ساختمان و تراکم جمعیت بالا و نبود فضاهای باز اشاره کرد [۷].

عبدالعظیمی (۱۳۹۹) به شناسایی مناطق سیل‌خیز شهر شیراز با استفاده از TOPSIS-GIS پرداختند و همچنین به بررسی خطر سیلاب که موجب شده سکونتگاه‌های انسانی در دوره‌های زمانی مختلف، همواره مورد تهدید جانی و مالی اثرات ناشی از سیل قرار گیرند بپردازد نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل اصلی سیلاب در مناطق ۱۰ گانه شیراز شامل: ساخت‌وسازها در حریم رودخانه، عدم مناسب بودن سیستم‌های دفع فاضلاب شهری، پایین بودن عمق آب زیرزمینی، افزایش سطوح نفوذناپذیر و تراکم ساختمانی است [۸].

داوند و همکاران (۱۴۰۰) پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ایلام را مورد بررسی قرار دادند، فاکتورهای مؤثر بر وقوع سیل که در این مطالعه در نظر گرفته شدند، شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، تراکم آبراهه، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص قدرت توان جریان، انحنای شیب، لیتولوژی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی و میزان بارندگی هستند. نتایج مطالعه نشان داد که سیل‌خیزی شهر ایلام ناشی از عوامل محیطی شامل شیب زیاد و تغییر کاربری اراضی است که می‌توان در آینده اقدامات مدیریتی

مناسبی را برای کاهش خسارت‌ها و تلفات ناشی از سیل انجام داد [۹].

سعیدی مفرد و همکاران (۱۴۰۱) پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در شهرستان تربت‌حیدریه با استفاده از عملگرهای فازی را مورد مطالعه قرار دادند، در این پژوهش هشت معیار شیب، فاصله از رودخانه، ارتفاع، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، بارش، تراکم زهکشی و پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که متغیرهای اصلی و مؤثر در ایجاد سیل در منطقه، متغیرهای شیب و بارش می‌باشند؛ و متغیر پوشش گیاهی از کمترین تأثیر در منطقه مورد مطالعه برخوردار می‌باشند [۱۰].

دانوما و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی خطر سیلاب و پهنه‌بندی آن با روش تحلیل سلسله مراتبی در منطقه عبید جان پرداختند، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ۳۴ درصد از محدوده مورد مطالعه در معرض خطر سیلاب هستند، آنها از لایه‌های اطلاعاتی تراکم زهکشی، نوع خاک، ایزوهایت، تراکم جمعیت، کاربری اراضی و سیستم فاضلاب در مطالعه خود استفاده نمودند [۱۱].

پراتیک داش (۲۰۲۰) در پژوهشی به شناسایی و اعتبار سنجی منطقه احتمالی خطر سیل با استفاده از تجزیه و تحلیل چند معیاره مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی و شاخص آب مشتق شده از داده‌های ماهواره‌ای در منطقه الله‌آباد هند پرداخته است. در این مطالعه از هشت معیار تجمع جریان، قابلیت تخلیه، ارتفاع عمق آب زیرزمینی، کاربری زمین، رواناب، شیب و زمین‌شناسی استفاده شده است [۱۲].

گاکو و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه خطر سیل با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر GIS در شهر اودیونگان، رومبلون، فیلیپین را مورد بررسی قرار دادند، نتایج منجر به

یک نقشه خطر سیل شد که مناطق را در معرض خطر بالای سیل، نشان داد. نتایج این مطالعه واحدهای دولتی محلی را در توسعه برنامه‌های مدیریت سریع سیل، اقدامات کاهش مناسب، آمادگی و پاسخ و استراتژی‌های بازیابی برای کاهش خطر سیل و آسیب‌پذیری راهنمایی می‌کند [۱۳].

عموم پژوهش‌هایی که تاکنون در کشور در این حوزه انجام شده غالباً به مواردی مانند علت وقوع سیلاب و شناسایی مناطق سیل‌خیز و ارزیابی زهکشی‌های شهری، ارزیابی آسیب‌پذیری سیلاب، پهنه‌بندی خطر سیل، مکان‌یابی مراکز امدادی و پناهگاه‌ها و به موضوعاتی مثل مدیریت بحران و مشارکت مردم در مواقع بحرانی پرداخته‌اند. در واقع وجه تمایز این پژوهش با پژوهش‌های انجام شده در این است که تا به حال پژوهشی منسجم که بتوان به تمام زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد در مواجهه با سیل بپردازد وجود ندارد، بنابراین با توجه به سوابق و سیل‌خیز بودن شهر خرم‌آباد و آسیب‌پذیر بودن زیرساخت‌های شهر و اینکه ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری از بحث‌های مهم شهرسازی است، این پژوهش به سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد در مواجهه با بحران سیل خواهد پرداخت.

پس از بررسی پیشینه به بررسی مفاهیم این پژوهش از جمله: آسیب‌پذیری، سیل مدیریت بحران و زیرساخت‌های روبنایی پرداخته خواهد شد.

۱-۱- آسیب‌پذیری: آسیب‌پذیری به میزان صدمه یا خسارت جامعه یا سیستم در برابر یک حادثه غیرمترقبه اطلاق می‌شود همچنین اگر خطر را درجه‌ای از خسارت بالقوه بدانیم که نتیجه‌ای از احتمال وقوع مخاطرات و سطحی از آسیب‌پذیری باشد، آسیب‌پذیری را می‌توان نقص ذاتی در ابعاد

ویژه محیط شهر دانست که بنا به ویژگی‌های بیولوژیکی فیزیکی و یا مشخصه‌های طراحی آن مستعد آسیب است [۱۴].

۲-۱- زیرساخت‌ها

زیرساخت‌ها بخش اصلی و پایه‌ای تأسیسات و تجهیزات شهری هستند. تأسیسات و تجهیزات شهری عوامل، عناصر و فرآیندهایی از کالبد و فضای شهری هستند که زندگی شهروندان را تسهیل می‌کنند. زیرساخت‌ها را می‌توان به دو دسته تأسیسات زیربنایی و روبنایی تقسیم نمود. زیرساخت‌های زیر بنایی به‌طور متداول با یکی از عناوین تأسیسات، تسهیلات و زیرساخت‌های شهری نامیده می‌شوند که عبارت‌اند از: شبکه آبرسانی، شبکه دفع فاضلاب و آب‌های سطحی، شبکه برق‌رسانی، شبکه سوخت‌رسانی و توزیع انرژی‌ها (نظیر گازرسانی) شبکه ارتباط از راه دور، شبکه جمع‌آوری و دفع پسماندها، شبکه توزیع و نگهداری مواد غذایی، شبکه تأسیسات حفظ و نگهداری محیط‌زیست [۱۵].

زیرساخت‌های روبنایی به‌طور عمده عبارت‌اند از: اماکن آموزشی، فضاهای ورزشی، فضاهای سبز و باز، اماکن بهداشتی و درمانی، اماکن فرهنگی و مذهبی، مراکز تجاری، مراکز صنعتی و تولیدی، مراکز اداری، اماکن نظامی و انتظامی، اماکن ویژه (گورستان و...) متفرقه مراکز پرورش دام و طیور در محدوده شهرها [۱۵].

۳-۱- سیل

سیل حجم آبی است که خارج از ظرفیت زهکشی شهر است و منجر به بروز یک سری از مشکلات و خسارات در شهر می‌شود. افزایش شدت سیلاب‌ها در شهرها باعث شده که استراتژی‌های متعددی در مدیریت سیلاب‌های شهری انجام شود [۱۶].

۴-۱- مدیریت بحران

در تعریف ارائه‌شده توسط ستاد حوادث و سوانح غیرمترقبه کشور (۱۳۸۴)، مدیریت بحران فرایند عملکرد و برنامه‌ریزی مقامات دولتی و دستگاه‌های اجرایی دولتی و عمومی است که با مشاهده، تجزیه و تحلیل بحران‌ها، به‌صورت یکپارچه، جامع و هماهنگ با استفاده از ابزارهای موجود تلاش می‌کنند از بحران‌ها پیشگیری نمایند یا در صورت بروز آنها در راستای کاهش آثار، آمادگی لازم، امدادسانی سریع و بهبود اوضاع تا سطح وضعیت عادی تلاش نمایند [۱۷].

هدف اصلی این پژوهش، سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد به‌منظور مقابله با خسارات بحران سیل با رویکرد مدیریت بحران است. در راستای این هدف، سؤالاتی مطرح می‌شوند، از جمله: زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد به چه میزان آسیب‌پذیر هستند؟ الگوی پراکنش زیرساخت‌های روبنایی به چه شکلی است؟ چگونه می‌توان زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد را به شکل ایمن‌تری در برابر وقوع سیلاب شهری به‌کارگیری کرد تا به کمترین حد آسیب‌پذیری رسید؟ و درنهایت، پس از تحلیل‌ها، به سؤالات پاسخ داده می‌شود.

۵-۱- معرفی معیارهای مؤثر در سیل

در این پژوهش سعی بر این است تا پارامترها و عوامل تأثیرگذار با توجه به کارکرد و اهداف در نظر گرفته‌شده شناسایی شوند تا بدین ترتیب بامنظور کردن عوامل مذکور مناسب‌ترین معیارها برای آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی لحاظ شود. در جدول زیر به معرفی معیارهایی که در پژوهش‌های پیشین مورد ارزیابی قرار گرفته به همراه نام نویسندگان و عنوان پژوهش مطرح‌شده است؛ و بعد از بررسی این معیارها به تعیین

جدول ۱- معرفی معیارهای مؤثر بر سیل

معیارها														نام پژوهش	نویسندگان		
پوشش گیاهی	نفوذپذیری خیابان	بارش	تراکم شبکه آبراهه	تراکم ارتباطی	تراکم ساختمانی	خاک	مین شناسی	ارتفاع	فاصله از پل	فاصله از آبراهه	جهت شیب	شیب	بافت فرسوده			تراکم جمعیت	کاربری اراضی
									*	*		*	*	*	*	ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر خطر سیلاب با استفاده از روش بهترین مبتنی بر GIS	حسینی و همکاران [۱۸] (۱۴۰۱)
		*	*				*	*		*	*	*			*	پهنه‌بندی نقشه حساسیت سیل گیری با استفاده از ارزیابی بین روش نسبت فراوانی و وزن شواهد در استان کرمانشاه	انتظاری و همکاران [۱۹] (۱۳۹۸)
						*	*	*		*		*			*	پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در محیط GIS نمونه موردی: شهر ایلام	زیاری و همکاران [۲۰] (۱۳۹۹)
				*	*					*					*	ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی مطالعه موردی: منطقه ۳ تهران	صغاری و همکاران [۲۱] (۱۳۹۰)
			*						*			*	*	*	*	ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران	قهرودی و تالی و همکاران [۱۶] (۱۳۹۱)
						*	*	*		*		*		*	*	ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر سیل با منطق فازی (مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران)	اسماعیلی علویجه و همکاران [۲۲] (۱۳۹۵)
		*					*	*		*		*			*	ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیل‌خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغ‌ملک)	موسوی و همکاران [۲۳] (۱۳۹۵)
					*					*			*	*	*	پهنه‌بندی خطر سیل در شهر بیرجند	صابری فر و همکاران [۲۴] (۱۳۹۸)

۶۷
شماره ۲۶
تابستان ۱۴۰۳
فصلنامه علمی و پژوهشی



بیرجند
سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد در مواجهه با بحران سیل / امیر رحیمی، مهین نسترن، احمد شاهپوندی

ادامه جدول ۱- معرفی معیارهای مؤثر بر سیل

معیارها													نام پژوهش	نویسندگان			
پوشش گیاهی	نفوذپذیری خیابان	بارش	تراکم شبکه آبراهه	تراکم شبکه ارتباطی	تراکم ساختمانی	خاک	مین شناسی	ارتفاع	فاصله از پل	فاصله از آبراهه	جهت شیب	شیب			بافت فرسوده	تراکم جمعیت	کاربری اراضی
	*			*			*			*	*	*			*	ارزیابی و پتانسیل سنجی خطر وقوع سیل را در شهر چناچ با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان	راستگو و همکاران [۶] (۱۳۹۸)
	*		*	*	*	*	*	*		*					*	بررسی آسیب پذیری نواحی شهری در برابر سیل با استفاده از روش تاپسیس (مطالعه موردی: منطقه عظیمیه، شهر کرج)	پوراسمعیل و همکاران [۷] (۱۳۹۹)
		*			*		*	*		*	*	*	*		*	شناسایی مناطق سیل خیز شهر شیراز با استفاده از TOPSIS-GIS	عبدالعظیمی و همکاران [۸] (۱۴۰۰)
		*	*			*		*		*	*	*			*	پهنه بندی خطر سیلاب در شهر ایلام با استفاده از مدل تابع شواهد قطعی	داوند و همکاران [۹] (۱۴۰۰)
	*	*	*				*	*		*		*			*	پهنه بندی خطر وقوع سیل در شهرستان تربت حیدریه با استفاده از عملگرهای فازی	سعیدی مفرد و همکاران [۱۰] (۱۴۰۱)
		*					*	*		*	*	*			*	ارزیابی و پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY با تأکید بر امنیت شهری (مطالعه موردی: یک منطقه کلان شهر تهران)	نجفی و همکاران [۲۵] (۱۳۹۹)
			*			*	*						*	*		ارزیابی خطر سیلاب و پهنه بندی آن با روش تحلیل سلسله مراتبی در منطقه عبید جان	دانوما همکاران [۱۱] (۲۰۱۶)
		*				*	*			*	*	*			*	ارزیابی حساسیت سیلاب با استفاده از مدل های آماری	تایفام و همکاران [۲۶] (۲۰۲۰)

۶۸

شماره ۲۶

تابستان ۱۴۰۳

فصلنامه علمی

و پژوهشی



با پیمان

سختش آسیب پذیری زیرساخت های روستایی شهر خرم آباد در مواجهه

با بحران سیل / امیر رحیمی، مهین نسترن، احمد شاهمیوندی

با پیمان

سختش آسیب پذیری زیرساخت های روستایی شهر خرم آباد در مواجهه

با بحران سیل / امیر رحیمی، مهین نسترن، احمد شاهمیوندی

با پیمان

سختش آسیب پذیری زیرساخت های روستایی شهر خرم آباد در مواجهه

با بحران سیل / امیر رحیمی، مهین نسترن، احمد شاهمیوندی

با پیمان

از آنجایی که این پژوهش به دنبال سنجش وضعیت آسیب پذیری زیرساخت های روستایی شهر خرم آباد به منظور شناسایی زیرساخت های روستایی آسیب پذیر است، تحلیلی خواهد بود.

معیارهایی مطابق ویژگی های شهر خرم آباد در نظر گرفته خواهد شد.

۲- روش تحقیق و ابزارها

روش‌های گردآوری داده‌ها از روش کتابخانه‌ای (کتاب‌ها، مقالات، مطالعه اسناد بالادست، اطلاعات طرح تفصیلی ۱۳۹۹ شهر خرم‌آباد برای تهیه نقشه‌های کالبدی و پراکنش زیرساخت‌ها، اطلاعات هواشناسی و سازمان زمین‌شناسی کشور و اداره منابع طبیعی) و روش میدانی شامل (پرسشنامه و مشاهده) استفاده شده است.

پس از استخراج معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری سیل، به منظور تعیین معیارها برای تهیه نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سیل، به کارشناسان و متخصصان مراجعه شده است که این کارشناسان در حوزه‌های شهرسازی، برنامه‌ریزی شهری، عمران و مخاطرات طبیعی علم و آگاهی داشته و تجارب زیادی در حیطه‌های کارشناسی خود دارند. بعد از مشخص شدن معیارها توسط کارشناسان و با توجه به موقعیت و خصوصیات شهر خرم‌آباد، از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده می‌شود که این مدل بر مبنای سه اصل تجزیه، مقایسه دودویی یا زوجی، اولویت‌بندی گزینه‌ها استوار است مطابق این روش ماتریس زوجی (دوبه‌دویی) تهیه شد و برای تکمیل ماتریس‌ها، پرسشنامه‌ای به صورت ۳۴ سؤال تهیه شد که این سؤالات در واقع مقایسه زوجی (دودویی) معیارها است، هر کدام از معیارها نسبت به دیگری بر اساس درجه اهمیت (ارزش) می‌توان عدد ۱ تا ۹ داده شود. این مقایسه‌های دوبه‌دویی برای ایجاد کسری وزن‌ها (که جمع جبری آنها برابر با یک است)، تحلیل می‌شوند.

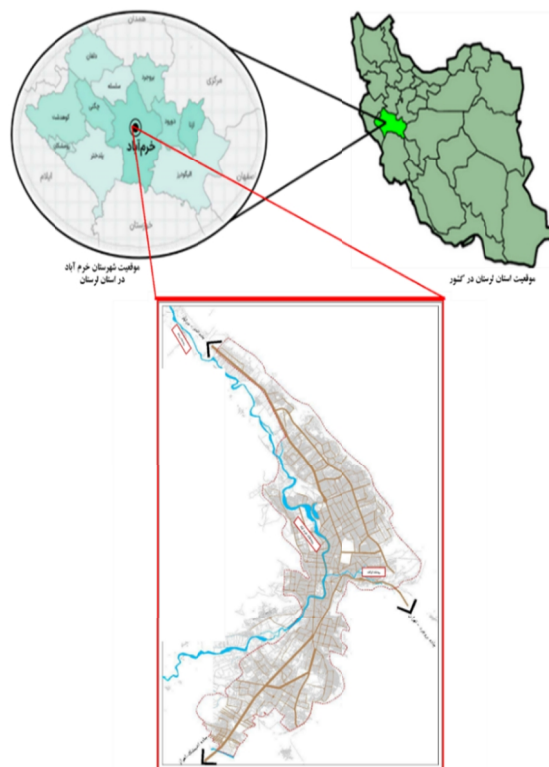
وزن نسبی به‌دست‌آمده از هریک از معیارها، داده‌های ورودی اصلی، برای تحلیل ارزیابی چند معیاره در محیط GIS هستند. به‌طورکلی روش وزن دهی دارای سه‌گام اساسی است که عبارت است از: ایجاد ماتریس مقایسه زوجی، محاسبه وزن معیارها و برآورد نسبت سازگاری. برای

تعیین درجه دقت و صحت وزن دهی، از شاخص سازگاری (C.I) استفاده می‌شود که بر مبنای رویکرد بردار ویژه تئوری گراف محاسبه می‌شود. چنانچه شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد، وزن دهی صحیح بوده؛ در غیر این صورت وزن‌های نسبی داده‌شده به معیارها بایستی تغییر یابند و وزن دهی مجدداً باید انجام شود.

پس از تکمیل پرسشنامه‌ها توسط ۲۵ نفر از کارشناسان و متخصصان مربوط به موضوع پژوهش، امتیازات مطابق پرسشنامه، وارد نرم‌افزار EXPERT CHOICE می‌شوند. سپس یک ماتریس ایجاد می‌شود که ورودی آن همان وزن‌های تعیین‌شده و خروجی آن وزن‌های نسبی مربوط به معیارهاست در مرحله بعد اقدام به تهیه نقشه‌های لایه‌های اطلاعاتی مربوطه از طریق نرم‌افزار GIS و داده‌های جمع‌آوری‌شده از طرح تفصیلی ۱۳۹۹ شهر خرم‌آباد، داده‌های زمین و خاک‌شناسی از اداره منابع طبیعی و داده‌های هواشناسی می‌شود، سپس اقدام به فازی سازی لایه‌ها می‌شود و پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوطه، توسط عملگر فازی SUM فرآیند تلفیق لایه‌ها صورت گرفت و در نتیجه نقشه نهایی پهنه‌بندی سیل‌خیزی شهر خرم‌آباد با تأکید بر زیرساخت‌های روبنایی و در ۵ طبقه آسیب‌پذیری خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه شد؛ و بعد از آن با همپوشانی هر زیرساخت با نقشه پهنه‌بندی سیل که از قبل تلفیق شد تک تک زیرساخت‌ها مورد بررسی بر اساس میزان آسیب‌پذیری قرار گرفتند.

شهر خرم‌آباد در جنوب غربی کشور و به طول ۱۵ و عرض ۱۲ کیلومتر، مرکز استان لرستان، با موقعیت هندسی به طول ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۱۷۱ متری از سطح دریا قرار دارد [۲۷].

خرم‌آباد شهری کوهستانی-دره‌ای است؛ شهر در دو طرف بستر رودخانه‌ای ساخته شده که زمین‌های هموار آن چندان وسعت ندارند. افزایش جمعیت شهر به هر علت موجب گسترش فیزیکی شهر شده تا جایی که پس از به‌کارگیری زمین‌های هموار کنار رودخانه شهر به‌سوی زمین‌های ناهموار و کم ارتفاع و خاک‌ریزهای پای کوه هدایت شده و از این امر ناگزیر بوده است. این شهر در طول دره‌ای که رودخانه خرم‌آباد با جهتی شمالی-جنوبی آن را ساخته به وجود آمده است. بخش شمالی شهر چهره کوهستانی و ناهموار و بخش جنوبی شهر چشم‌اندازی جلگه‌ای و هموار دارد. کالبد فیزیکی شهر متأثر و تابعی از طبیعت آن است. به‌طور کلی تیپولوژی شهر خرم‌آباد کوهستانی است که به‌صورت متمرکز ولی باز است. به این دلیل دارای محدودیت فضا و زمین بوده، بافتی متراکم داشته و به شکلی متمرکز در مکان معینی قرار دارد. [۲۷]



نقشه ۱- موقعیت شهر خرم‌آباد

طبق آخرین سرشماری سال ۱۳۹۵ شهر

خرم‌آباد ۳۷۳۴۱۶ نفر جمعیت دارد و همین‌طور شهر خرم‌آباد، چندین بافت فرسوده و ناکارآمد دارد که تشدیدکننده آسیب‌پذیری هستند، همچنین وجود دو رودخانه (خرم رود و کرگانه) و چندین چشمه، چاه و قنات که سبب آب دهی بالای رودخانه‌ها شده، زمینه را برای سیل‌پذیری شهر خرم‌آباد فراهم می‌کند [۲۸].

۲-۱- تئوری و محاسبات

در این پژوهش ۲ معیار که شامل ۱۲ زیر معیار است انتخاب شده است در جدول زیر معیار و زیرمعیارها با دلایل انتخاب آنها ذکر شده است:

پس از مشخص شدن معیارهای مورد سنجش برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سیل در شهر خرم‌آباد، تمامی نقشه‌های لایه‌ها تا حد امکان به روش فازی تهیه شده‌اند، در روش فازی مقادیر نقشه بین ۰ و ۱ قرار می‌گیرند.

لازم به ذکر است که لایه بارش به دلیل وسعت کم شهر خرم‌آباد و یکسانی بارش در تمام محدوده شهر خرم‌آباد از تهیه نقشه آن صرف‌نظر شده و وزن آن در تهیه نقشه نهایی آسیب‌پذیری استفاده شده است. مقیاس کلیه نقشه‌ها ۱:۶۰۰۰۰ است و منابع مربوطه به منظور اخذ نقشه‌ها و داده‌های نقشه‌ها شامل سازمان زمین‌شناسی کشور سال ۱۳۹۸، پایگاه داده‌های جغرافیایی (ژئودیتا) سال ۱۳۹۸، طرح تفصیلی ۱۳۹۹ شهر خرم‌آباد است.

پس از تهیه نقشه‌های لایه‌های اطلاعاتی، پرسشنامه‌ها بین کارشناسان توزیع شد که در این پرسشنامه مقایسه دوجه‌دویی معیارها بر اساس ارزش (اهمیت) در طیف اعدادی بین ۱ تا ۹ انجام گرفته است و در نهایت، پس از تکمیل پرسشنامه، ماتریسی در نرم‌افزار EXPERT CHOICE تهیه شد و جمع‌بندی نظرات

۷۰

شماره ۲۶

تابستان ۱۴۰۳

فصلنامه علمی

و پژوهشی

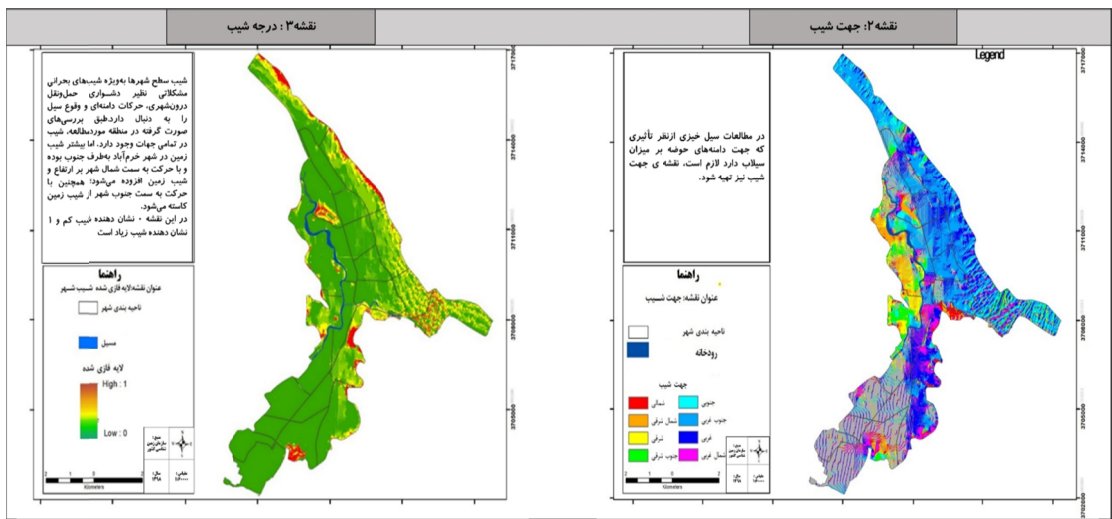


با پیمان سبیل / امیر رحیمی، مهین نسترن، احمد شاهسونی
سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد در مواجهه

جدول ۲- معیارها و زیرمعیارها مؤثر در سیل پذیری شهر خرم‌آباد با ذکر دلایل انتخاب

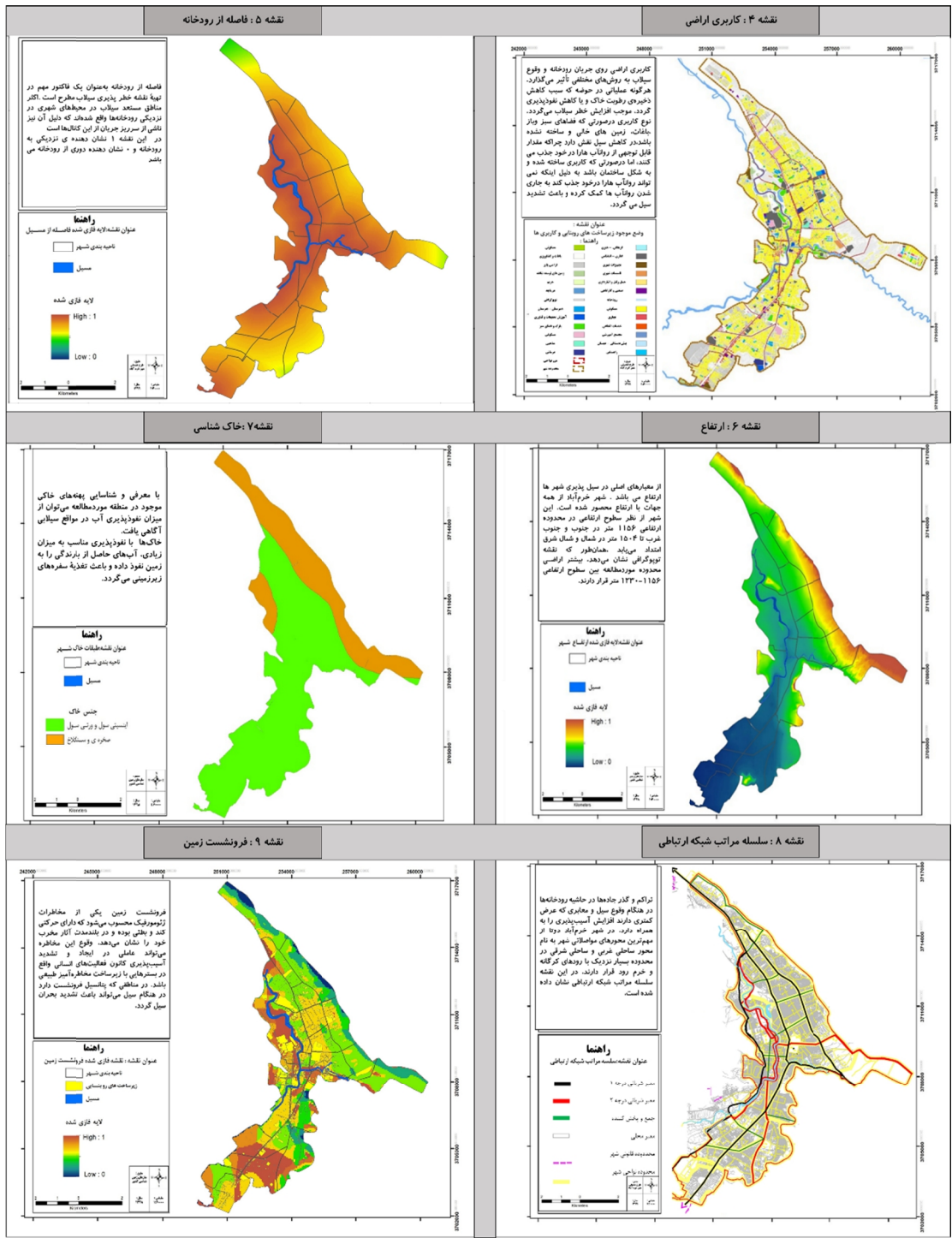
معیار	زیر معیار	لایه اطلاعاتی	منابع	دلیل انتخاب
معیارهای کالبدی	بافت فرسوده	لایه بافت فرسوده	قهرودی تالی و همکاران (۱۳۹۱)[۱۶]، اسماعیلی علویچه و همکاران (۱۳۹۵)[۲۲] Schwarz and Kuleshov, 2022[30]، Chen, 2022[29]، Gacu et al. 2022[13]	بافت فرسوده به علت آسیب‌پذیری ذاتی، در صورت نزدیکی به مناطق مستعد سیل میزان آسیب‌پذیری و خسارت را افزایش می‌دهد، همچنین به دلیل قدمت بالای شهر خرم‌آباد دارای محلات متعدد قدیمی و ناکارآمد است
	تراکم جمعیت	اطلاعات جمعیتی سال ۱۳۹۵	رستمی و کاظمی (۱۳۹۸)[۳۱] Zening and Wang 2019 [32]	افزایش تراکم ساختمانی و جمعیتی در مناطق مستعد سیل باعث افزایش تلفات انسانی و خسارت می‌شود؛ و در مرکز شهر به دلیل تراکم ساختمانی زیاد جمعیت زیادی هم ساکن است
	شبکه معابر	لایه معابر	نغاری و همکاران، (۱۳۹۰)[۲۱]، شجاع عراقی و همکاران (۱۳۹۰)[۳۳]	تراکم و گذر جاده‌ها در حاشیه رودخانه‌ها در هنگام وقوع سیل، افزایش آسیب‌پذیری را به همراه دارد؛ و شهر خرم‌آباد دارای شبکه دسترسی ارگانیک و کم‌عرض به دلیل محدودیت‌های توسعه است
	کاربری	لایه کاربری	نجفی و همکاران (۱۳۹۹)[۲۵]، بیرانوند و همکاران (۱۴۰۱)[۳۴] Danumah et al, 2016[11]	نوع کاربری میزان آسیب‌پذیری در برابر سیل را مشخص می‌کند و در محدوده‌های مرکزی شهر خرم‌آباد شدت استفاده از کاربری‌ها وجود دارد
	ارتفاع	لایه ارتفاعی ۱۰ متری شهر خرم‌آباد	دطلب و همکاران (۱۳۹۸)[۳۵]، سعیدی مفرد و همکاران (۱۴۰۱)[۳۰]	در باب ویژگی‌های طبیعی شهر خرم‌آباد تأثیری که این عوامل طبیعی می‌تواند در ساختار شهری و خطر سیل داشته باشد، می‌توان موارد زیر را ذکر نمود:
معیارهای طبیعی	شیب	لایه ارتفاعی ۱۰ متری شهر خرم‌آباد	خیری زاده اروق و همکاران (۱۳۹۱)[۳۶]، قنبرزاده و بهنیاافر (۱۳۹۴)[۳۷] Taifam et al. (2020) [26]	با توجه به اینکه شهر خرم‌آباد در درون دره بنا شده است و رود خرم‌آباد با جهتی شمالی-جنوبی از خط القعر آن می‌گذرد، قسمت‌های شمالی شهر منظره کوهستانی و ناهموار دارد که هدایت‌کننده رواناب‌ها به مرکز شهر و بستر رودخانه خرم‌آباد است. در اینجا نقش شیب، ارتفاع، جنس خاک از عوامل تعیین‌کننده در سیل شهر است.
	جهت شیب	لایه ارتفاعی ۱۰ متری شهر خرم‌آباد	بحمدنژاد و همکاران، (۱۳۹۸)[۳۸]، احمدزاده و همکاران (۱۳۹۴)[۳۹] Youssef et al, 2010 [41], Bathrellos, 2016 [40]	فاصله از رودخانه از اصلی‌ترین معیارهای بررسی سنجش آسیب‌پذیری سیل بوده و همچنین در شهر خرم‌آباد دو رودخانه وجود دارد که ساخت‌وسازهای متعدد در اطراف و حریم این رودخانه‌ها وجود دارد
	زمین‌شناسی	قشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰	محمودزاده و همکاران (۱۳۹۴)[۴۲]، عقیلی و همکاران، (۱۳۹۷)[۴۳]	در قسمت‌های جنوبی شهر چشم‌اندازی جلگه پیدا می‌کند. در جلگه دره، یعنی حفاصل بین دره و جلگه عرض شهر به کمترین مقدار می‌رسد و از ۱۱۰۰ متر تجاوز نمی‌کند. به‌طور کلی شکل‌گیری کالبد شهر خرم‌آباد متأثر و تابع از شرایط طبیعی است.
	اصه از رودخانه	لایه رودخانه‌ها	حسینی و همکاران (۱۴۰۱)[۱۸]، زیاری و همکاران (۱۳۹۹) [۲۰] Bathrellos, 2016 [40]	در مطالعه‌های سبیل از نظر تأثیری که جهت دامنه‌های حوضه بر میزان سیلاب دارد لازم است، نقشه‌ی جهت شیب نیز تهیه شود.
	خاک‌شناسی	اداره کل منابع طبیعی استان تهیه می‌شود	قنوازی و همکاران، (۱۳۹۷)[۴۴]، زیاری و همکاران (۱۳۹۹) [۲۰] Srinivasa et al 2016 [45], chen et al 2022[29]	در مطالعه‌های سبیل از نظر تأثیری که جهت دامنه‌های حوضه بر میزان سیلاب دارد لازم است، نقشه‌ی جهت شیب نیز تهیه شود.
فرونشست	اداره کل منابع طبیعی استان تهیه می‌شود	یاراحمدی و شرفی (۱۳۹۶)[۴۶]، بیرانوند (۱۴۰۲)[۴۷] Zhai, 2005[48]	در مطالعه‌های سبیل از نظر تأثیری که جهت دامنه‌های حوضه بر میزان سیلاب دارد لازم است، نقشه‌ی جهت شیب نیز تهیه شود.	
میزان بارندگی	از سازمان هواشناسی تهیه می‌شود.	باقلانی و همکاران (۱۳۹۸)[۴۹]، یاراحمدی و شرفی (۱۳۹۶)[۴۶] Oguntunde et al. 2006[50]		

۷۱
شماره ۲۶
تابستان ۱۴۰۳
فصلنامه علمی و پژوهشی
پژوهش‌های جغرافیایی



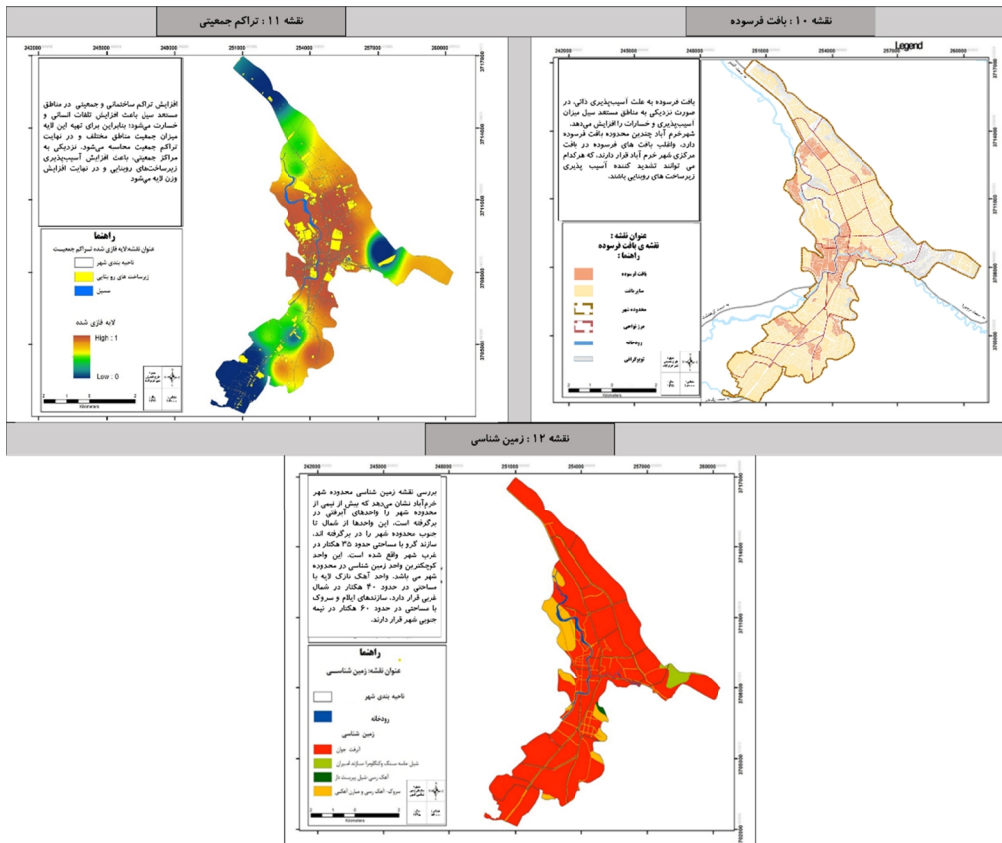
نقشه‌های لایه‌های مؤثر در سیل پذیری شهر خرم‌آباد

پسندیده است / امیر رحیمی، مهین نسترن، احمد شاهپوندی
سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روستایی شهر خرم‌آباد در مواجهه با بحران سیل



نقشه‌های لایه‌های مؤثر در سیل پذیری شهر خرم‌آباد

۷۲
شماره ۲۶
تابستان ۱۴۰۳
فصلنامه علمی و پژوهشی
پژوهش‌های محیط زیست
با محوریت سیل / امیر رحیمی، مهین نسترن، احمد شاهسونی



نقشه‌های لایه‌های مؤثر در سیل پذیری شهر خرم‌آباد

جدول ۳- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای کالبدی مورد ارزیابی

	tarakom jameiyat	Karbari	maaber	Baft farsode
tarakom jameiyat		1/0	2/0	3/0
Karbari			1/0	2/0
maaber				1/0
Baft farsode	Incon: 0/03			

(منبع: خروجی نرم‌افزار EXPERT CHOICE)

جدول ۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای طبیعی مورد ارزیابی

	Baresh	Fasele az r	Ertefa	Shib	Jahat shib	Zamin shen	Foneshast	khak
Baresh		2/0	3/0	5/0	6/0	6/0	6/0	7/0
Fasele az roodkhane			2/0	4/0	5/0	5/0	6/0	6/0
Ertefa				3/0	3/0	4/0	5/0	5/0
Shib					3/0	3/0	4/0	4/0
Jahat shib						3/0	2/0	2/0
Zamin shenasi							2/0	2/0
Foneshast								2/0
khak	Incon: 0/05							

جدول ماتریس‌های زیر تهیه شده است.

جدول شماره ۴ و ۵، نسبت دویه‌دویی معیارها

کارشناسان (نتیجه مقایسه زوجی معیارها)، به آن ماتریس اضافه شد. میزان ارزش (اولویت) در

Overall Inconsistency = /03



نمودار ۱- نمایش هیستوگرام وزن نسبی معیارهای کالبدی مؤثر در وقوع خطر سیلاب

(منبع: خروجی نرم افزار EXPERT CHOICE)

Overall Inconsistency = /05



نمودار ۲- نمایش هیستوگرام وزن نسبی معیارهای طبیعی مؤثر در وقوع خطر سیلاب

(منبع: خروجی نرم افزار EXPERT CHOICE)

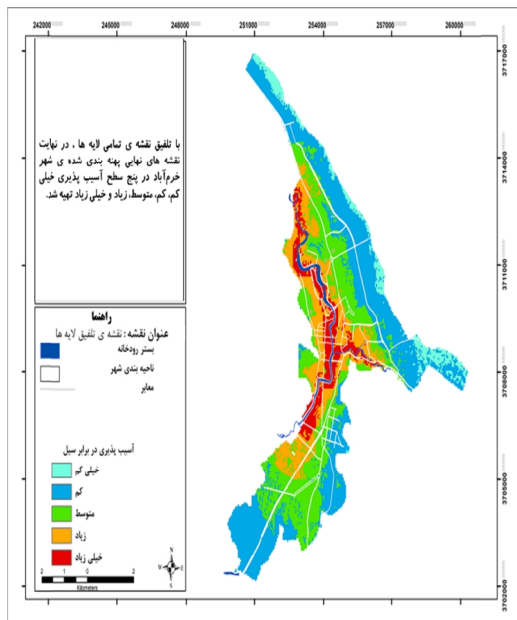
به دست می آید (نقشه ۱۳). سپس وضعیت آسیب پذیری هر کدام از زیرساخت های روستایی شهر خرم آباد در قالب نقشه و جدول و در پنج سطح خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد، مطابق پراکنش آنها تعیین می شود.

به یکدیگر را نشان می دهد؛ و نمودار شماره ۱ و ۲ مقدار وزن نهایی هر کدام از معیارها را نشان می دهد.

پس از امتیازدهی به معیارها در نرم افزار EXPERT CHOICE، وزن نهایی معیارها در قالب نمودارهای ۱ و ۲ به دست آمد.

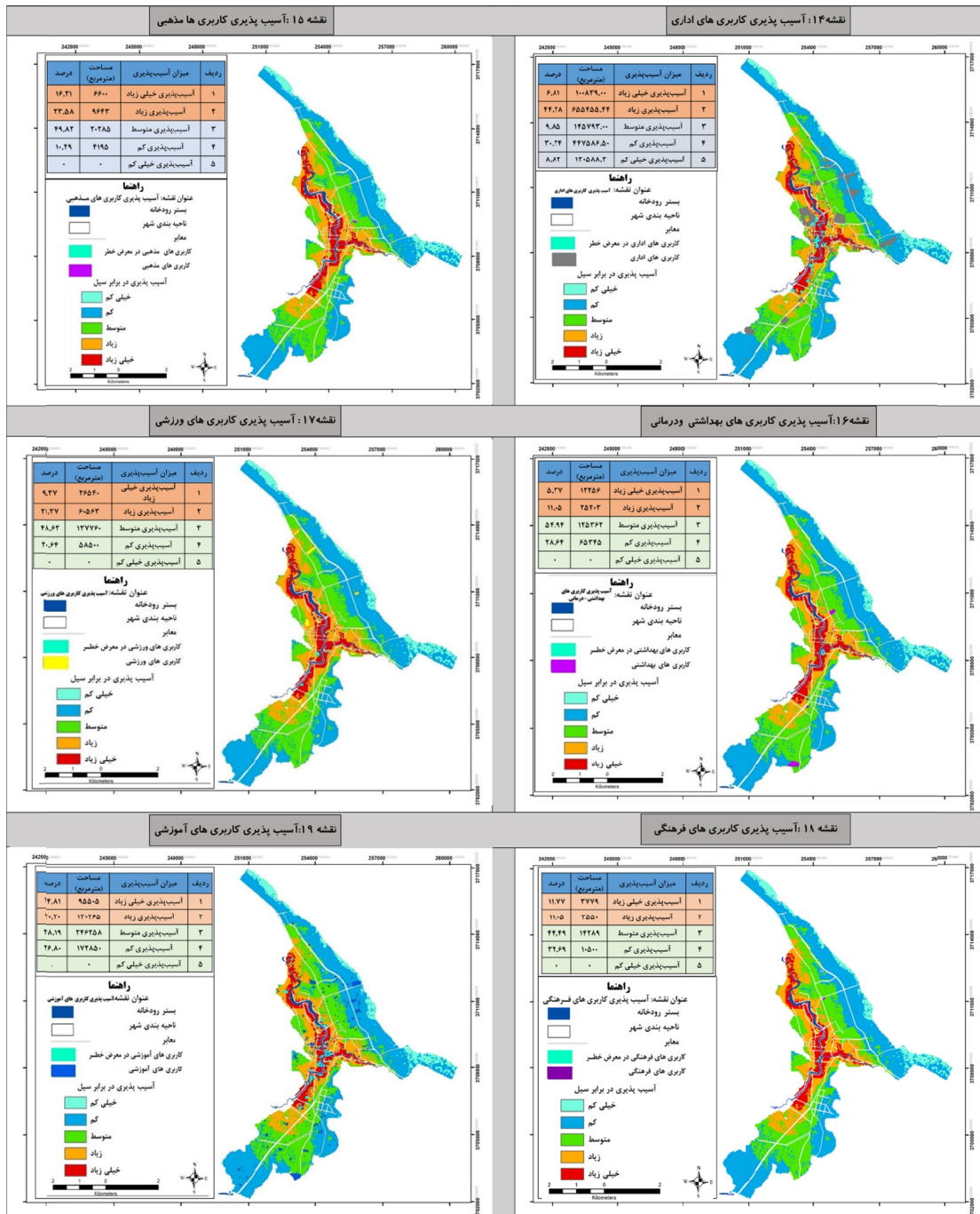
۲-۲- تلفیق لایه ها و تهیه نقشه نهایی آسیب پذیری زیرساخت های روستایی شهر خرم آباد

با استفاده از نرم افزار ArcGIS وضعیت آسیب پذیری پهنه های سیل مورد ارزیابی قرار می گیرد، به این صورت که ابتدا لایه رستری هر کدام از معیارها تولید شده و زیرمعیارهای آن با استفاده از ابزار Reclassify و با توجه به ضریب اهمیت های مستخرج از نظر کارشناسان طبقه بندی می شود، سپس با استفاده از ابزار Overlay weighted بین نقشه های تولیدشده، همپوشانی وزنی انجام می شود و وضعیت کلی پهنه های آسیب پذیری از طریق همپوشانی لایه های آسیب پذیر در شهر خرم آباد، در پنج سطح خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد

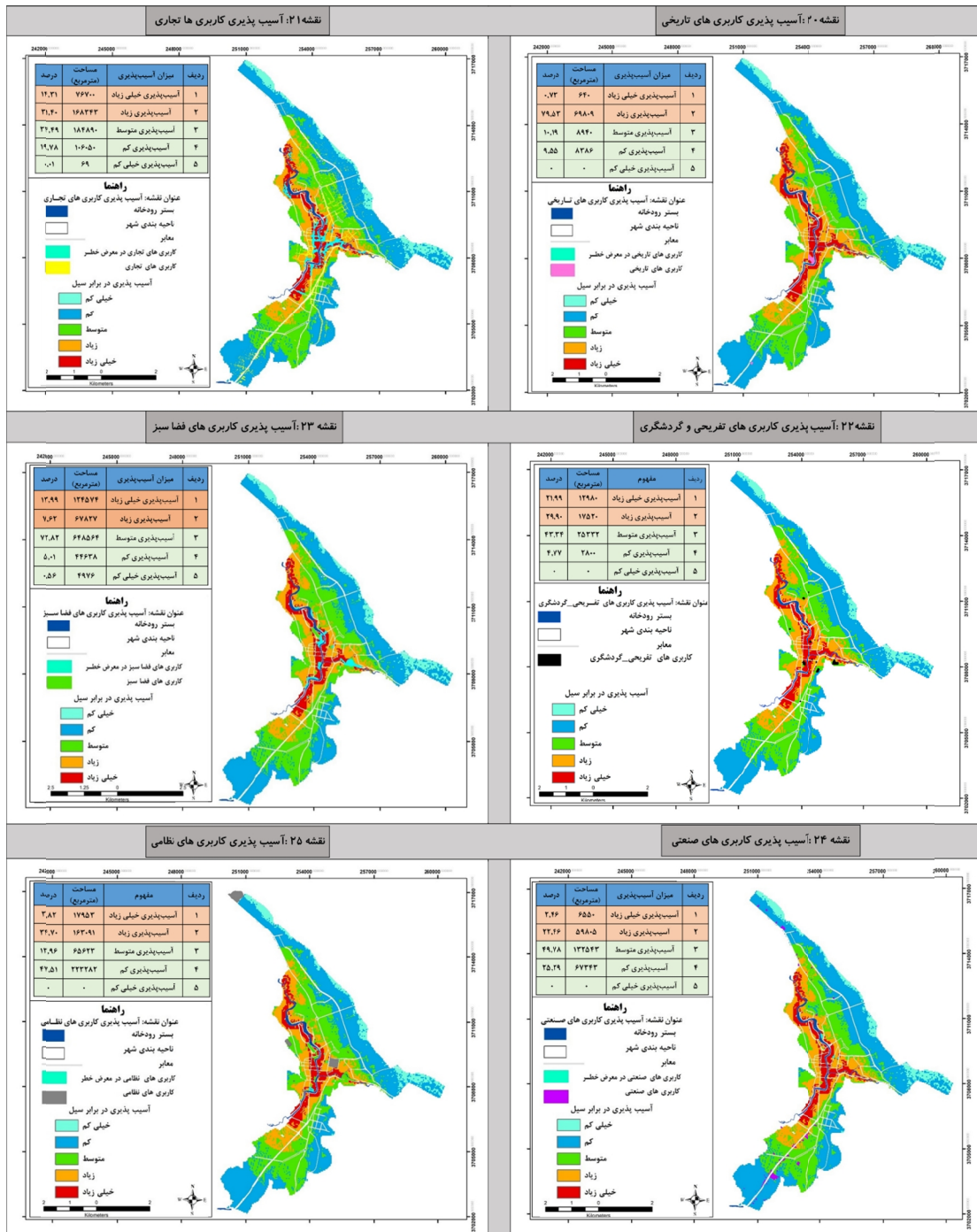


نقشه ۱۳- نقشه همپوشانی شده لایه ها (منبع:

نگارندگان، ۱۴۰۲)



بررسی آسیب پذیری زیرساخت های ربنایی شهر خرم آباد (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)



بررسی آسیب پذیری زیرساخت های روبنایی شهر خرم آباد (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

۳- بحث و نتایج

پس از مشخص شدن لایه ها و تهیه نقشه های آنها، وزن دهی به معیارها انجام شد و بعد از وزن دهی نقشه همپوشانی شده ۱۲ لایه به دست آمد که این نقشه نشان دهنده پهنه های آسیب پذیر شهر خرم آباد از آسیب پذیری خیلی کم تا

آسیب پذیری خیلی زیاد است حال با توجه به پراکنش و توزیع زیرساخت ها بر روی نقشه پهنه بندی شده آسیب پذیری سیل شهر خرم آباد که به دست آمده است می توان میزان آسیب پذیری هر زیرساخت روبنایی را تعیین کرد، در نقشه های زیر به توزیع جداگانه زیرساخت ها بر روی نقشه

جدول ۵- میزان آسیب پذیری کل زیرساخت ها (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

ردیف	میزان آسیب پذیری	درصد	مساحت (مترمربع)
۱	آسیب پذیری خیلی زیاد	۹,۶۶	۴۸۴۹۱۶
۲	آسیب پذیری زیاد	۲۸,۵۱	۱۴۳۱۰۷۴,۴۴
۳	آسیب پذیری متوسط	۳۴,۹۸	۱۷۵۵۶۳۹
۴	آسیب پذیری کم	۲۴,۱۳	۱۲۱۱۴۷۵,۵۰
۵	آسیب پذیری خیلی کم	۲,۷۰	۱۳۵۶۳۳,۵۰

جدول ۶- میزان آسیب پذیری به تفکیک هر زیرساخت (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

ردیف	کاربری	مساحت (مترمربع)	درصد
۱	فضای سبز	۱۲۴۵۷۴	۲۵,۶۸
۲	اداری	۱۰۰۸۳۹	۲۰,۷۹
۳	آموزشی	۹۵۵۰۵	۱۹,۶۹
۴	تجاری	۷۶۷۰۰	۱۵,۸۱
۵	ورزشی	۲۶۵۴۰	۵,۴۷
۶	انتظامی	۱۷۹۵۳	۳,۷۰
۷	تفریحی گردشگری	۱۲۹۸۰	۲,۶۷
۸	بهداشتی درمانی	۱۲۲۵۶	۲,۵۲
۹	مذهبی	۶۶۰۰	۱,۳۶
۱۰	صنعتی	۶۵۵۰	۱,۳۵
۱۱	فرهنگی	۳۷۷۹	۰,۷۷
۱۲	تاریخی	۶۴۰	۰,۱۳

مساحت زیرساخت‌های روبنایی در محدوده آسیب پذیری خیلی زیاد قرار گرفته دارند، بنابراین زیرساخت‌های روبنایی که در این محدوده قرار دارند، کمترین ارتفاع و کمترین فاصله را با رودخانه‌های خرم‌رود و کرگانه دارند. با استفاده از مساحت کل زیرساخت‌ها با آسیب پذیری خیلی زیاد و مساحت هر زیرساخت با آسیب پذیری خیلی زیاد می‌توان به‌طور درصدی، میزان آسیب پذیری هر زیرساخت را نسبت به کل زیرساخت‌ها محاسبه کرد.

مطابق جدول ۶، می‌توان نتیجه گرفت که کاربری‌های فضای سبز، اداری، آموزشی و تجاری بیشترین آسیب پذیری را در برابر سیل دارند و همین‌طور کاربری‌های تاریخی و فرهنگی به ترتیب کمترین حد از آسیب پذیری را نسبت به بقیه کاربری‌ها دارند. البته وجود کاربری فضای

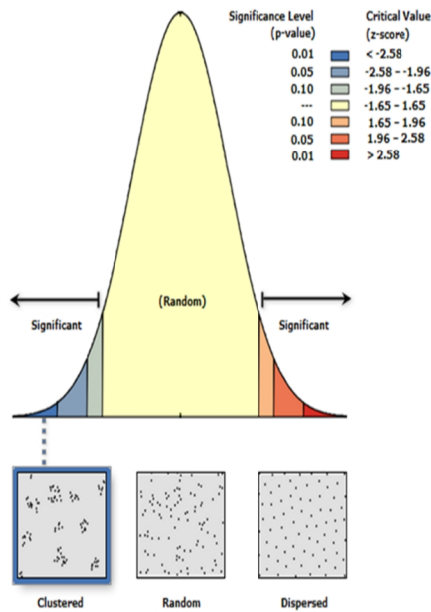
پهنه‌بندی شده آسیب پذیری سیل پرداخته و جدول آن که نشان‌دهنده درصد و مساحت آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی است تهیه شده است.

لازم به ذکر است که کاربری آرامستان‌ها و غسلخانه‌ها به دلیل اینکه تماماً در محدوده‌های امن و به‌دوراز مناطق مستعد سیل قرار دارند و صرفاً در محدوده آسیب‌پذیری خیلی کم قرار دارند و حتی چند مورد از آنها بیرون شهر واقع شده‌اند، مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.

با در نظر گرفتن جداول زیرساخت‌های بررسی شده، می‌توان جدول نهایی کل زیرساخت‌های روبنایی با درصد و مساحت از آسیب‌پذیری خیلی کم تا آسیب‌پذیری خیلی زیاد تهیه کرد.

با توجه به جدول ۵، بیش از ۹/۶۶ درصد از

سبز در حریم رودخانه سیاستی صحیح و از نقاط قوت به حساب می‌آید چراکه وجود فضاهای سبز و درختکاری شده می‌تواند مانع پیش روی سیل شده و آسیب‌پذیری را به حداقل برساند و مساحت این کاربری باید افزایش یابد و در سرتاسر حریم رودخانه توسعه یابد چراکه در محدوده‌های آسیب‌پذیر سیل با عدم وجود فضاهای سبز مواجهه هستیم.



۳-۱- بررسی الگوهای پراکنش فضایی زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد

مطالعه الگوی پراکنش زیرساخت‌ها در یک فضا از طریق آمارها و آزمون‌های فضایی به درک بهتر این عناصر و کاهش آسیب‌پذیری آنها کمک می‌کند. آمار فضایی در شناسایی الگوها و روندهای موجود در عناصر زیرساختی و کشف دلیل آنها بسیار کارآمد است [۵۱]. میانگین نزدیک‌ترین همسایگی یکی از آزمون‌های فضایی است که برای شناخت الگوی پراکنش فضایی زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد و در راستای هدف پژوهش به کار گرفته شده است.

نکته‌ای که باید در انجام این تحلیل به آن توجه داشت این است که محاسبات انجام شده بر اساس دو فرض مهم صورت می‌گیرد: فرض نخست این است که پدیده‌ها و زیرساخت‌های مورد بررسی می‌توانند در هرکجای گستره شهر مورد بررسی قرار گیرند و به عبارت دیگر هیچ مانعی برای عناصر زیرساختی که در قسمت‌های حاشیه شهر خرم‌آباد قرار گرفته‌اند وجود ندارد. فرض دوم اینکه علی‌رغم برخی از ارتباطات زیرساخت‌ها، در این تحلیل عناصر زیرساختی مستقل از هم در نظر گرفته می‌شوند [۵۱]. در نمودار ۳ به بررسی میزان همبستگی و پراکنش زیرساخت‌های روبنایی پرداخته شده است تا بر اساس آن بتوان به مقاوم‌سازی و توزیع صحیح زیرساخت‌های روبنایی پرداخت.

نمودار ۳- نتایج آزمون متوسط نزدیک‌ترین همسایگی زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد (منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در نمودار ۱ میانگین فاصله مشاهده شده ۲۸۵,۷۹۳۶ متر است درحالی‌که مقدار میانگین فاصله مورد انتظار و استاندارد ۵۳۴,۰۲۸۶ متر محاسبه شده است و نسبت نزدیک‌ترین همسایگی نیز ۰,۵۳۵۱۶۵ اندازه‌گیری شده است. از آنجایی‌که این نسبت کوچک‌تر از ۱ است نتیجه می‌گیریم زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد به صورت خوشه‌ای توزیع شده است. همچنین امتیاز استاندارد محاسبه شده برابر با ۸,۳۴۲۰۱۰- است که اگر این عدد کمتر از ۱,۶۵- باشد خوشه‌ای، بین ۱,۶۵ تا ۱,۶۵- تصادفی و بیشتر از ۱,۶۵ باشد نشان‌دهنده الگوی پراکنش به صورت پراکنده یکنواخت است بنابراین با توجه به این عدد که کمتر از ۱,۶۵- است نتیجه می‌گیریم زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد به صورت خوشه‌ای و متمرکز توزیع شده‌اند.

۴- نتیجه‌گیری

سیل به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مخاطرات طبیعی که هرساله خسارت‌های سنگینی را به

جوامع مختلف تحمیل می‌کند، مورد توجه قرار می‌گیرد. سیل در نتیجه وضعیتی خاص مانند شدت زیاد بارندگی و یا تغییرات محیط جغرافیایی به وقوع می‌پیوندد که اغلب تشخیص ارتباط بین این شاخص‌ها دارای اهمیت است. با تمامی این تفاسیر باید توجه داشت که سیلاب پدیده‌ای است که دلیل اصلی آن عوامل طبیعی بوده؛ اما دخالت‌های بشری از قبیل تغییر کاربری زمین، تخریب پوشش گیاهی و خاک، تجاوز به حریم رودخانه‌ها بدون شناخت و توجه به شرایط هیدرولوژیکی و دینامیکی رودخانه موجب افزایش خسارات جانی، مالی و زیربنایی می‌شود.

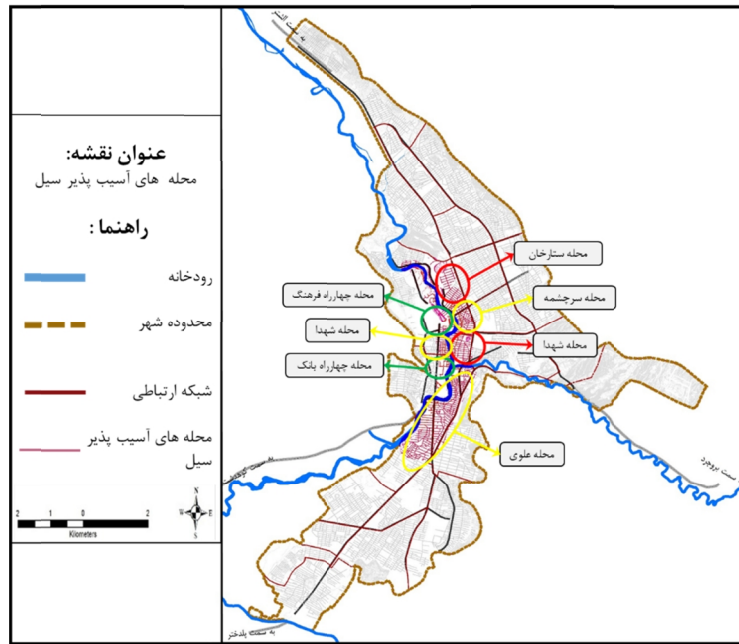
بنابراین با توجه به سیل خیز بودن شهر خرم‌آباد به دلایلی اعم از قرارگیری شهر در دره، بارش فراوان، وجود دو رودخانه در شهر، عدم رعایت حریم رودخانه‌ها، وجود زیرساخت‌ها و ساخت‌وسازها در حریم رودخانه، دستکاری در بستر رودخانه، سبب تشدید سیل شده و زیرساخت‌ها در معرض آسیب‌پذیری سیل قرار گرفته‌اند پس پژوهش حاضر به سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد به منظور مقابله با خسارات ناشی از بحران سیل با رویکرد مدیریت بحران پرداخته است و به مواردی از جمله شناسایی زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد و نحوه به‌کارگیری صحیح آنها، شناسایی بستر و حریم رودخانه و الگوی پراکنش زیرساخت‌های روبنایی پرداخته است.

در این پژوهش از دو معیار طبیعی و کالبدی که شامل ۱۲ زیر معیار: بافت فرسوده، تراکم جمعیت، شبکه معابر، کاربری، ارتفاع، شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، فاصله از رودخانه، خاک‌شناسی، فرونشست، میزان بارندگی است، استفاده شده است. برای تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری از نرم‌افزار ARC GIS و از مدل

ترکیبی AHP-FUZZY استفاده شد. به‌منظور وزن دهی به زیرمعیارهای تعیین‌شده، طبق نظر کارشناسان داده‌ها وارد نرم‌افزار ویژه مدل AHP (Expert choice) شده و وزن نهایی زیرمعیارها تعیین شد و در مرحله بعد اقدام به فازی سازی لایه‌ها (زیرمعیارها) شده و سپس تلفیق لایه‌ها صورت گرفت و در نتیجه، نقشه نهایی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد به دست آمد. نتایج این تحلیل‌ها نشان داد که زیرساخت‌های فضای سبز، اداری و آموزشی به ترتیب بیشترین درصد آسیب‌پذیری و زیرساخت‌های تاریخی و فرهنگی کمترین درصد آسیب‌پذیری را در برابر سیل خواهند داشت.

اغلب کاربری‌های فضاهای سبز در محله‌های کیو و خیرآباد قرار دارند، با توجه به اینکه فضاهای سبز و درخت‌کاری شده باعث جذب رواناب‌ها می‌شود و همین‌طور سبب کاهش جاری شدن سیلاب و در نتیجه کاهش خسارات ناشی از سیلاب به زیرساخت‌های روبنایی و کاربری‌ها خواهد شد، فقط تعداد و مساحت کمتری از فضاهای سبز و درخت‌کاری شده در مرکز شهر که تراکم ساختمانی و جمعیتی بالایی دارد وجود دارند؛ که این عامل سبب افزایش آسیب‌پذیری در مرکز شهر می‌شود.

اکثر زیرساخت‌های روبنایی در محدوده‌های مرکز شهر (محله‌های شهدا، سرچشمه، چهارراه فرهنگ، چهارراه بانک و علوی و ستارخان) قرار دارند و مابقی زیرساخت‌های روبنایی مستعد آسیب‌پذیری زیاد به‌صورت پراکنده در تمام مسیر رودخانه‌های خرم رود و کرگانه استقرار یافته‌اند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که محله‌های شهدا، سرچشمه، چهارراه فرهنگ، چهارراه بانک و علوی و ستارخان به دلایلی مانند نزدیکی بیش‌ازحد به رودخانه، وجود دسترسی‌های ضعیف



نقشه ۲۶- محله‌های آسیب‌پذیر سیل در شهر خرم‌آباد

ارتباطی، قرارگیری در مرکز شهر که تراکم جمعیتی و ساختمانی بالایی دارند باعث شده که این محله‌ها بیشترین حد از آسیب‌پذیری را داشته باشند.

در پژوهش‌های پیشین، سعی بر این شده است که به پهنه‌بندی سیل، علت وقوع سیلاب و شناسایی مناطق سیل‌خیز، ارزیابی زهکشی‌های شهری، مکان‌یابی مراکز امدادی و پناهگاه‌ها و به موضوعاتی مثل مدیریت بحران و مشارکت مردم در مواقع بحرانی پرداخته‌اند. در واقع وجه تمایز این پژوهش با پژوهش‌های انجام شده در این است که این پژوهش پس از مشخص شدن پهنه‌های آسیب‌پذیری سیل، به میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روبنایی شهر خرم‌آباد و الگوی پراکنش آنها پرداخته است و برای تشخیص نوع الگوی پراکنش زیرساخت‌های روبنایی از شاخص میانگین نزدیک‌ترین همسایگی استفاده شد که بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته شده، نتایج نشان داد زیرساخت‌ها به شکل خوشه‌ای و متمرکز توزیع یافته‌اند که این خوشه‌ای بودن توزیع زیرساخت‌ها نشان‌دهنده

آسیب‌پذیر بودن آنها در مواقع بحران سیل است. برای تحقق اهداف پژوهش در راستای کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها، می‌توان به پیشنهادهایی از جمله: ساماندهی و ارتقاء کیفیت بستر و حریم رودخانه‌ها، ساماندهی و ارتقاء کیفیت کالبدی زیرساخت‌ها و همین‌طور ساماندهی و ارتقای کیفیت شبکه‌های ارتباطی و سیستم زهکشی و فاضلاب اشاره نمود؛ و همین‌طور با توجه به توزیع الگوی خوشه‌ای زیرساخت‌های روبنایی، لازم است که زیرساخت‌ها، به شکل پراکنده در راستای کاهش آسیب‌پذیری توزیع شوند.

برای پژوهش‌های آینده می‌تواند پیشنهادهایی از جمله: در نظر گرفتن فضاهای چندمنظوره و ایمن برای افراد سیل‌زده و بحران دیده، شبیه‌سازی بحران‌ها از جمله بحران سیل باهوش مصنوعی و سایر فناوری‌های پیشرفته برای پیش‌بینی خسارات و حتی هشدارهای وقوع سیل، مقاوم‌سازی شهر به همراه بازآفرینی و زیباسازی رودخانه‌های شهر خرم‌آباد.

۵- منابع

hazard area using GIS-based multi-criteria analysis and satellite data-derived water index. *Journal of Flood Risk Management (Wiley)*. 14 p.

13. Jerome G. Gacu, Edward F. Monjardin Kong, F.; Ban, Y.; Yin, H.; James, P.; Dronova, I. *Environmental Modelling & Software Modeling Stormwater Management at the City District Level in Response to Changes in Land Use and Low Impact Development. Environ. Model. Softw.* 2017, 95, 132-142. [CrossRef]

۱۴- محمدی ده چشمه، مصطفی؛ امان پور، سعید؛ علیزاده، مهدی (۱۳۹۵) ارزیابی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری کوه‌دشت با رویکرد پدافند غیرعامل دوره ۸، شماره ۱ بهار و تابستان فروردین ۱۳۹۵

۱۵- بهزاد فر، مصطفی، ۱۳۹۲، کتاب زیرساخت‌های شهری، ناشر شهیدی

۱۶- قهرودی تالی، منیژه؛ ثروتی، محمدرضا؛ صرافی، مظفر؛ پور موسوی، موسی؛ درفشی، خه بات (۱۳۹۱) ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران، مجله امداد و نجات، دوره ۴ شماره ۳

۱۷- مدیریت بحران شهری و روستایی، ۱۳۸۵. ناشر تهران، وزارت کشور؛ سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور؛ جهاد دانشگاهی؛ پژوهشکده علوم انسانی و اجتماعی

۱۸- حسینی، سید محمد؛ قنبری نسب، علی؛ عسگری، امید؛ هاشمی فسایی، ابراهیم (۱۴۰۱) ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر خطر سیلاب با استفاده از روش بهترین و بدترین مبتنی بر GIS، دوره ۱۱، شماره ۲ - شماره پیاپی ۲۲، صفحه ۱-۱۰

۱۹- انتظار، مژگان؛ جلیلیان، طاهره؛ درویشی خاتونی، جواد (۱۳۹۸) پهنه‌بندی نقشه حساسیت سیل‌گیری با استفاده از ارزیابی بین روش نسبت فراوانی و وزن شواهد در استان کرمانشاه، نشریه: تحلیل فضایی مخاطرات محیطی دوره: ۶، شماره: ۴، صفحات: ۱۴۳-۱۶۲

۲۰- زبیری، کریم‌اله؛ رجایی، سید عباس؛ داراب‌خانی، رسول (۱۳۹۹) پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی و منطق فازی در محیط GIS نمونه موردی: شهر ایلام، نشریه: مدیریت بحران، دوره: ۱۰، شماره: ۱۹، صفحات: ۲۱-۳۰

۲۱- صفاری، امیر؛ ساسان پور، فرزانه؛ موسی‌وند، جعفر (۱۳۹۰) ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی مطالعه موردی: منطقه ۳ تهران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۰

۲۲- اسماعیلی علویجه، الهام؛ کریمی سعید؛ سادات علوی پور، فاطمه (۱۳۹۹) ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر سیل با منطق فازی مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران، نشریه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۲۲، شماره ۳ - شماره پیاپی ۹۴، صفحه ۳۴۹-۳۶۱

۲۳- موسوی، معصومه؛ نگهبان، سعید؛ رخشانی مقدم، حیدر؛ حسین زاده، سید محسن (۱۳۹۵) ارزیابی و

۱- زنگی‌آبادی، علی؛ نسترن، مهین؛ مؤمنی، زیبا. ۱۳۹۵، تحلیل جغرافیایی و مکان‌یابی مراکز اسکان موقت شهری در بحران‌های محیطی با استفاده از GIS مطالعه موردی منطقه ۶ شهر اصفهان، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۵۶

۲- عادل، زینب؛ امین زاده، بهرام (۱۳۹۳) سنجش میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در مواقع بروز بحران زلزله مطالعه موردی نواحی شهر قزوین، دوره ۸ شماره ۲۰ صفحه ۵ تا ۱۸

۳- جعفری، هانیه؛ سلطانی، علی‌اصغر (۱۳۸۸)، توسعه روشی برای شبیه‌سازی آب‌گرفتگی‌های شهری منطبق بر زیرساخت‌های جمع‌آوری فاضلاب مدیریت بحران بهار و تابستان ۱۳۹۴، سال چهارم - شماره ۱

۴- رضایی رشنو، طلوع؛ حق زاد، آمنه (۱۳۹۴) برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران بلایای طبیعی (سیل) نمونه موردی شهر خرم‌آباد، اولین کنفرانس بین‌المللی علوم جغرافیایی

۵- جمعیت هلال احمر - شمار تلفات و مصدومان حوادث جوی در کشور، خبرگزاری تابناک ۱۳۹۸

۶- راستگو، علی؛ انصاری لاری، احمد (۱۳۹۸) ارزیابی و پتانسیل سنجی خطر وقوع سیل را در شهر جناح، با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان SVM جغرافیایی طبیعی پاییز ۱۳۹۸، شماره ۴۵

۷- پور اسمعیل، مینا؛ سلاجقه، علی؛ ملکیان، آرش؛ کشتکار، امیررضا ۱۴۰۰ بررسی آسیب‌پذیری نواحی شهری در برابر سیل با استفاده از روش تاپسیس، مطالعه موردی: منطقه عظیمیه، شهر کرج، نشریه مرتع و آبخیزداری، دوره ۷۴ شماره ۱، ۲۳-۳۶

۸- عبدالعظیمی، هادی؛ روشن، سید حسین؛ شمس‌نیا، سید امیر؛ شاهینی‌فر، حمیدرضا (۱۳۹۹)، شناسایی مناطق سیل‌خیز شهر شیراز با استفاده از TOPSIS-GIS نشریه پژوهش و فناوری محیط‌زیست دوره ۵ شماره ۷ صفحه ۱۲۵ تا ۱۳۹

۹- داوند، خدیجه؛ شهابی، هیمن؛ سالاری، ممد (۱۴۰۰)، پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ایلام با استفاده از مدل تابع شواهد قطعی. جغرافیا و مخاطرات محیطی دوره ۱۰، شماره ۳۸ صفحه ۱ تا ۲۰

۱۰- سعیدی مفرد، ساناز، آسیایی، مهدی؛ گهرخواه، فاطمه (۱۴۰۱). پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در شهرستان تربت حیدریه با استفاده از عملگرهای فازی. نشریه جغرافیا و توسعه، دوره ۲۰، شماره ۶۶ صفحه ۸۱ تا ۱۰۶

11. Danumah, J. H., Odai, S. N., Saley, B. M., Szarzynski, J., Thiel, M., Kwaku, A., Kouame, F.K., & Akpa, L. Y. (2016). Flood risk assessment and mapping in Abidjan district using multicriteria analysis (AHP) model and geoinformation techniques, (cote d'ivoire). *Geoenvironmental Disasters*, 3(1), 10

12. Dash, Pratik; Sar, Jishnu. 2020. Identification and validation of potential flood

۸۱
شماره ۲۶
تابستان ۱۴۰۳
فصلنامه علمی
و پژوهشی



سنجش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های روستایی شهر خرم‌آباد در مواجهه با بحران سیل / امیر رجایی، مهین نسترن، احمد شاهپوندی

پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS در حوضه آبخیز شهر باغ‌ملک

۲۴- صابری فر، رستم؛ شکری، هومر (۱۳۹۸)، پهنه‌بندی خطر سیل در بیرجند، مجله علمی آمایش سرزمین، دوره ۱۱ شماره ۱، صفحه ۱۵۹-۱۷۸

۲۵- نجفی، اسماعیل؛ کریمی کردآبادی، مرتضی (۱۳۹۹) ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY با تأکید بر امنیت شهری مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران، نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۹، شماره ۲ - شماره پیاپی ۳۴، صفحه ۴۳-۶۰

26. Taifam et al. (2020) Evaluation of flood sensitivity using statistical models.

۲۷- طرح تفصیلی ۱۳۹۹ شهر خرم‌آباد

۲۸- سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵

29. Chen, W.; Zhang, L. Building vulnerability assessment in seismic areas using ensemble learning: A Nepal case study. J. Clean. Prod. 2022, 350, 131418. [Google Scholar] [CrossRef]

30. Imogen Schwarz, Yuriy Kuleshov (2022), Flood Vulnerability Assessment and Mapping: A Case Study for Australia's Hawkesbury-Nepean Catchment, Remote Sens. 2022, 14(19), 4894; <https://doi.org/10.3390/rs14194894>

۳۱- رستمی، نورالدین؛ کاظمی، یونس (۱۳۹۸) پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر ایلام با استفاده از روش AHP و GIS نشریه: تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۱۷۹-۱۹۳

32. Zening Wu, Yanxia Shen, Huiliang Wang, (2019) Assessing urban flood disaster risk using Bayesian network model and GIS applications, Geomatics, Natural Hazards and Risk, DOI:10.1080/19475705.2019.1685010

۳۳- شجاع عراقی، مهناز؛ تولایی، سیمین؛ ضیاییان، پرویز (۱۳۹۰) مکان‌یابی پشتیبانی مدیریت بحران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی سال دوره: ۳ شماره: ۱۰ صفحات: ۴۱-۶۰

۳۴- بیرانوند، ابراهیم؛ گندم‌کار، امیر؛ عباسی، علیرضا؛ خداقلی، مرتضی (۱۴۰۱) تحلیل آماری-سینوپتیکی بارش‌های سنگین منجر به سیلاب فروردین ۱۳۹۸ در حوضه آبریز درود بروجرد، نشریه مخاطرات محیط طبیعی، سال یازدهم تابستان ۱۴۰۱، شماره ۳۲

۳۵- آزادطلب، مهناز؛ شهابی، هیمین؛ شیرزادی، عطاالله؛ چپی، کامران (۱۳۹۸) پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر سنندج با استفاده از مدل‌های ترکیبی شاخص آماری و تابع شواهد قطعی، نشریه مطالعات شهری، شماره ۳۶، صفحه ۲۷ تا ۴۰

۳۶- خیری زاده آروق، منصور؛ ملک، جبرائیل؛ عمونیا، حمید (۱۳۹۱) پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز مردق چای با استفاده از مدل ANP، نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی سال اول زمستان ۱۳۹۱ شماره ۳

۳۷- قنبرزاده، هادی؛ بهنیافر، ابوالفضل؛ ثروتی، محمدرضا؛

موسوی، مهدی؛ نورمحمدی، علی‌محمد (۱۳۹۴) نقش متغیرهای ژئومورفیکی رودخانه‌ای در مخاطرات سیلاب شهرهای کوهستانی مطالعه موردی شهر طرنبه، استان خراسان رضوی، نشریه: آمایش محیط، دوره ۸، شماره ۳۱، صفحات ۷۷-۹۸

۳۸- محمدنژاد، محمد؛ گلی مختاری، لیلیا؛ بهنیافر، ابوالفضل (۱۳۹۸) پهنه‌بندی مخاطره سیلاب در حوضه رودخانه کلات (زیر حوضه منتهی به شهر کلات) نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، زمستان ۱۳۹۸، پیاپی ۳۱، شماره ۳

۳۹- احمدزاده، حسن؛ سعیدآبادی، رشید؛ نوری، الهه (۱۳۹۴) بررسی و پهنه‌بندی مناطق مستعد به وقوع سیل با تأکید بر سیلاب‌های شهری مطالعه موردی شهر ماکو، هیدرو ژئومورفولوژی، دوره ۲، شماره ۲، خرداد ۱۳۹۴، صفحه ۱-۲۴

40. George D. Bathrellos, Efthimios Karymbalis, Hariklia D. Skilodimou, K. Gaki-Papanastassiou (2016) Urban flood hazard assessment in the basin of Athens Metropolitan city, Greece, Environmental Earth Sciences 75(4), DOI:10.1007/s12665-015-5157-1

41. Ahmed M. Youssef, Biswajeet Pradhan (2010) Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery, Environmental Earth Sciences 62(3):611-623, DOI:10.1007/s12665-010-0551-1

۴۲- محمودزاده، حسن؛ امامی‌کیا، وحید؛ رسولی، علی‌اکبر (۱۳۹۴) ریز پهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP، نشریه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۳۰، شماره ۱، پیاپی ۱۱۶، صفحات ۱۶۷-۱۸۰

۴۳- عقلی، سیده نجمه؛ لشکری پور، غلامرضا؛ حافظی مقدس، ناصر (۱۳۹۷) پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از GIS و AHP، در حوضه آبخیز گلورد نکا،

اولین کنفرانس ملی نقش مهندسی عمران در کاهش مخاطرات

۴۴- قنواتی، عزت‌الله؛ حسین زاده؛ سید رضا؛ کرم، امیر؛ فرخ‌زاد، میترا (۱۳۹۷) توسعه فیزیکی کلان‌شهر مشهد و تغییر در مورفولوژی سیستم‌های رودخانه‌ای، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی دوره ۲۹، زمستان، ۱۳۹۷، شماره ۴، پیاپی ۷۲

45. G. Srinivasa Rao, E. Amminedu, P. V. Nagamani, Abhinav Shukla, K. Ram Mohan Rao & V. Bhanumurthy (2016) Event-driven flood management: design and computational modules, Geo-spatial Information Science, Pages 39-55

۴۶- یاراحمدی، داریوش؛ شرفی، سیامک (۱۳۹۶) ارزیابی مخاطرات طبیعی آزادراه خرم‌آباد- پل زال با رویکرد پدافند غیرعامل، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۳، شماره پیاپی ۲۳، صفحه ۲۱-۴۵

۴۷- بیرانوند، وحید (۱۴۰۲) ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز خرم‌آباد، هفدهمین همایش ملی

48. Guofang Zhai, Teruki Fukuzono, Saburo Ikeda (2005) Flood damage: case of Tokai flood 2000, <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2005.tb03719.x>

۴۹- باقلانی، میلاد؛ رستمی، نورالدین؛ توکلی، محسن (۱۳۹۸) شناسایی عوامل مؤثر بر بروز سیلاب شهری در حوزه آبخیز شهر ایلام، دوره ۱۱، شماره ۲ تیر ۱۳۹۸ صفحه ۵۳۶-۵۲۳

50. Oguntunde, P.G.; J. Friesen, N. van de Giesen, and H.H.G. Savenije. 2006. Hydroclimatology of the Volta River Basin in West Africa: Trends and variability from 1901 to 2002, Journal physics and chemistry of the Earth, 31: 1180-1188

۵۱- یزدانی، محمدحسن؛ سیدین، افشار (۱۳۹۵) بررسی آسیب‌پذیری شهر از منظر پدافند غیرعامل مطالعه موردی شهر اردبیل، نشریه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۱۰۰، صفحات ۳۴-۱۷



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)