نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

سنجش آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه در برابر بحران با استفاده از روش تلفیقی BWM_ WASPAS

آرام خضرلو *

عضو هیئت‌علمی دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ایران

دریافت دست‌نوشته: ۱۴۰۰/۰۶/۰۷؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۰/۰۸/۱۶

واژگان کلیدی
آسیب‌پذیری، بحران، روش واسپاس، شهر کرمانشاه

چکیده

درک واقعیت حاکم بر یک شهر و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر با دقت بسیار بالا، آشنایی با نوع خطرات موجود در هر نقطه و پیشنهاد راهکار منحصربه‌فرد برای هر معضل شهری گام مهمی در حرکت به‌سوی تاب‌آوری شهری است. لذا این تحقیق با هدف مدل‌سازی آسیب‌پذیری مناطق هشت‌گانه شهر کرمانشاه در برابر بحران تدوین‌شده که نوع تحقیق، کاربردی و روش تحقیق، توصیفی - تحلیلی می‌باشد و گردآوری اطلاعات نیز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی و پرسشنامه صورت گرفته است. تعداد ۱۳ شاخص انتخاب و در نرم‌افزار GIS، با استفاده از روش تلفیقی BWM_WASPAS تجزیه‌وتحلیل گردید. نتایج رتبه‌بندی مناطق هشت‌گانه شهر کرمانشاه بر اساس مدل واسپاس بیانگر آن است که به‌ترتیب از کمترین به بیشترین میزان آسیب‌پذیری، شامل مناطق ۱، ۶، ۷، ۸، ۴، ۲، ۵ و ۳ می‌باشد به‌طوری‌که بیشترین میزان آسیب‌پذیری مربوط به منطقه ۳ و کمترین میزان آسیب‌پذیری مربوط به منطقه ۱ می‌باشد.

۱- پیش‌گفتار

سوانح طبیعی که جزئی از فرآیند زندگی بشر به شمار می‌روند و هر روز بر تعداد و تنوع آن‌ها افزوده می‌شود، به عنوان چالش اساسی در جهت نیل به توسعه پایدار جوامع انسانی مطرح شده است (*Adger & Hodbod, 2014: 90*). در نتیجه شناخت شیوه‌های نیل به پایداری، به‌وسیله الگوهای مختلف کاهش آسیب‌پذیری در برنامه‌ریزی و مدیریت سوانح وارد شده است و جایگاهی مناسب در سیاست‌گذاری‌های ملی هر کشور یافته است تا شرایط مطلوبی را برای کاهش کارآمد و مؤثرتر خطرات در سطوح مختلف مدیریت سوانح به دلیل خسارات وسیع و ناهنجاری‌های گسترده اجتماعی ایجاد نمایند (*Chang, 2014: 58*). با توجه به اینکه شهرها به علت جمعیت بالا، تراکم ساختمان‌ها و امکانات زیرساختی آسیب‌پذیری بیشتری در برابر فجایع دارند، اهمیت ارزیابی آسیب‌پذیری در شهر دارای نمود بیشتری است. با گسترش کالبد و اقتصاد جوامع شهری، به تدریج نیاز به کاهش مخاطرات، نه‌تنها به عاملی اطمینان‌بخش در کنترل ریسک مخاطرات تبدیل شده است، بلکه اقدامی مهم برای تهیه برنامه و پیگیری طرح‌های بازدارنده از بروز آسیب‌پذیری است (*Alikhani et al., 2019: 34*). مهم‌ترین اثر اهمیت و ضرورت تحلیل آسیب‌پذیری کمک به تصمیم‌گیری صحیح برای انتخاب راه‌حل‌های کنترل و مقابله با مخاطرات احتمالی است. نتایج ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری به جهت‌گیری صحیح در انتخاب راه‌حل‌ها و دفع تهدیدهای احتمالی کمک می‌کند (*Shamaie et al., 2020: 122*).

*ارومیه؛ اول جاده سرو، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، رایانامه: a.khezerlou@urmia.ac.ir

در این بین مطالعه سابقه کرمانشاه به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر غرب کشور گویای آن است که این شهر با بحران‌های مختلفی نظیر زلزله، سیل، رانش زمین مواجه بوده لذا این تحقیق با هدف مدل‌سازی آسیب‌پذیری مناطق هشت‌گانه شهر کرمانشاه در برابر بحران انجام شده است.

در ادامه به تعدادی از پژوهش‌ها در قالب پیشینه داخلی و خارجی اشاره می‌شود.

خدمت‌زاده و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از شاخص‌های زیربنای ساختمان‌ها، تراکم جمعیت در بلوک، خانوار جمعیت در بلوک، خانوار جمعیتی در بلوک، عرض معابر، شیب، نوع مصالح، نوع کاربری و بافت فرسوده بوده به این نتیجه رسیدند که در پهنه‌بندی زلزله در سطح شهر ارومیه، کلاس آسیب‌پذیری خیلی زیاد در منطقه ۲ شهری بیشترین کاربری‌های آسیب‌پذیر را دارد (*Khedmatzadeh, et al., 2021*).

پورمحمدی و همکاران (۱۴۰۰)، در مقاله‌ای که با هدف بررسی آسیب‌پذیری زیرساخت‌های این شهر در هنگام بحران (جنگ، زلزله و ...) انجام شده است، نتیجه گرفتند که از بین زیرساخت‌های مختلف به‌ترتیب، مراکز نظامی، پست‌های فوق توزیع برق، زیرساخت‌های آب دارای بالاترین وزن در بحث آسیب‌پذیری می‌باشند (*Poormohammadi et al., 2021*).

اباذرلو و همکاران (۱۳۹۵) در کتاب «شناسایی مخاطرات و مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها با رویکرد پدافند غیرعامل» به فرایند و مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهرها پرداخته و در فصل چهار، شاخص‌های مختلف ارزیابی آسیب‌پذیری شهر را به‌تفصیل تشریح نموده‌اند. از شاخص های مورد اشاره در این کتاب می‌توان به ساختار شهر، بافت شهر، شکل شهر، کاربری زمین، تراکم‌ها، درجه محصوریت و غیره اشاره نمود (*Abazarlou, 2016*).

اونگکواجویو و دالویی (۲۰۱۸) به این موضوع دست یافتند که ارزیابی آسیب‌پذیری در سیستم‌های زیربنایی شهری در مواجهه با اختلالات بستگی به ارزیابی جامع ریسک دارد. نتایج نشان می‌دهد که برنامه‌های مقابله‌ای جامع و یکپارچه و استراتژی‌هایی که به دنبال یافتن پدیده‌های پیچیده در جهت ترمیم سیستم هستند، یک نیاز حیاتی است. این مدل ذینفعان را قادر می‌سازد تا به‌طور سیستماتیک از احتمال بیشتر کارایی سیستم در رویدادهای ریسک مورد انتظار ارزیابی شود (*Ongkowijoyo & Doloi,2018*).

گانوا و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای به‌منظور ارزیابی توزیع پتانسیل خطر سیل در مقیاس منطقه‌ای از رویکرد یکپارچه *GIS* و تجزیه‌وتحلیل چند متغیره (*MCA*) استفاده کردند؛ و هم‌چنین از دو روش فرآیند سلسله‌مراتب تحلیلی (*AHP*) و رتبه‌بندی (*RM*) استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن بود که روش *RM* نتایج بهتری نسبت به روش *AHP* نشان می‌دهد (*Ganova et al,2017*).

رومرو-لانکائو و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی نابرابری شهری و آسیب‌پذیری برای افزایش تاب‌آوری، نمونه موردی: بمبئی، هند» چارچوب معیشتی برای توصیف خانواده‌های شهری به‌وسیله منابع یا دارایی‌هایی که معیشت آنها را شامل می‌شود، مورد استفاده قرار می‌دهند. سپس یک رویکرد منطقی فازی با یک پروسه سلسله‌مراتبی تحلیلی را برای بررسی تأثیر نسبی ثروت (فقر)، نمایش، حساسیت و ظرفیت آسیب‌پذیری به خطرات آب‌وهوایی در بمبئی هند را ترکیب کردند. این مقاله مطالعات تأثیر نسبی ثروت و ظرفیت را بر تفاوت‌های آسیب‌پذیری در داخل و بین طبقات خانوار در شهرها مورد بررسی قرار داده است. آنها دریافتند که در شرایط فعلی تغییرات آب‌وهوایی، تفاوت در ثروت و ظرفیت به میزان زیادی به سطح آسیب‌پذیری خانوار در بمبئی بستگی دارد (*Romero-Lankao et al, 2016*).

۲- مبانی نظری

۲-۱- آسیب‌پذیری

مفهوم آسیب‌پذیری سرمایه‌های فیزیکی و انسانی، به هنگام وقوع بحران در شهرها یکی از مهم‌ترین مسائلی است که امروزه در بسیاری از بخش‌های مطالعاتی از قبیل جامعه‌شناسی، انسان‌شناسی اجتماعی، مدیریت بحران، علوم محیطی و پدافند غیرعامل مورد توجه قرار گرفته است (*Aftab et al., 2018: 18*). آسیب‌پذیری شهرها به شکل، فرم، ساختار و شبکه ارتباطی و عوامل مرتبط با آن مانند

شکل قطعات، پراکندگی کاربری‌ها و شکل هندسی راه‌ها مربوط است (*Zarei & Abazarlou, 2018: 4*)؛ و در صورت وقوع تهدیدات آسیب‌ها شامل کالبد قطعات و کاربری‌ها و جریان رفت‌وآمد در شبکه ارتباطی را شامل می‌شود. با مطالعه کاربری‌ها می‌توان ناسازگاری کاربری‌ها و اهمیت کاربری‌ها و با مطالعه شبکه ارتباطی می‌توان قسمت‌های آسیب‌پذیر در زمان تخلیه را مشخص نمود *(Miriam & Shulman, 2008:18)*.

۲-۲- بحران

بحران فرآیندی است که در نتیجه یک سری عوامل طبیعی و غیرطبیعی شامل: انفجار، حملات احتمالی یا واقعی یا چیزی شبیه جنگ، زلزله، سیل، فوران آتش‌فشان، هجوم بیماری‌های واگیردار و غیره اتفاق می‌افتد و سبب به خطر افتادن جان انسان‌ها یا آسیب‌پذیری، بیماری، فاجعه یا به خطر افتادن امنیت جوامع یا اموال ملی و مردمی شده و نیازمند به یک پاسخ‌گویی جدی یا هماهنگ از طرف سایر سازمان‌های که در این زمینه شناخت محدوده مورد مطالعه همکاری می‌نمایند، می‌باشد (*Mavadat et al., 2019: 65*).

۲-۳- شاخص‌های آسیب‌پذیری

الف) فعالیت

کاربری زمین؛ رایج‌ترین امر در برنامه‌ریزی و طراحی شهری تاب‌آور، افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش آسیب‌پذیری در نظام کاربری زمین است که از توسعه و گسترش اراضی در معرضی خطر سانحه، جلوگیری می‌کند. با مشخص شدن موقعیت‌ها و مکان‌های پرخطر، مناطق مسکونی و تجاری باید از این فضاها دور شوند و دولت‌ها باید با مدیریت درستی، در خصوص اختلاط کاربری‌ها، میزان خسارات را کاهش دهند. از سویی نیز، با تبدیل اراضی مستعد خطر به فضاهای سبز و باز باعث کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر سانحه شوند، زیرا بودن فضاهای سبز و باز به انعطاف‌پذیری بیشتر شهر در هنگام بحران کمک می‌کند (*Abazarlou et al., 2016: 98*).

حرکت و دسترسی؛ شبکه ارتباطی در شهر از جمله کلیدی‌ترین عناصر استخوان‌بندی شهری است و نقش بسزایی در افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش آسیب‌پذیری سانحه دارد. شبکه ارتباطی در شهرها با مباحث امداد و نجات و تخلیه اضطراری رابطه مستقیم دارد (*Abazarlou, 2013: 65*).

ب) کالبد

فضاهای باز و سبز شهری؛ وجود فضاهای باز شهری در بافت زمین‌های خالی در هنگام بروز بحران برای امکان گریز و استقرار و پناه گرفتن و اسکان موقت و اضطراری ضروری است. همچنین وجود فضاهای سبز شهری برای تأمین اسکان اضطراری، توزیع مواد غذایی و خدمات، تأمین محصوریت مناسب برای معابر برای امکان آواربرداری در هنگام بحران و طراحی و اجرای محوطه آرایی ایمن لازم است (*Abazarlou et al., 2016: 51*).

فرم کالبدی ساختمان‌های شهری؛ در اینجا مراد از نظام فرم کالبدی شامل توده‌گذاری و تراکم ساختمانی، نظام بلوک‌بندی و بافت شهر و مشخصات ساختمانی (قدمت ابنیه، مصالح و تکنولوژی ساخت) است که همه با هدف ایمن کردن محیط در کنار مقاوم‌سازی بناها و ساختمان‌ها در برابر اتفاقات بعد از سانحه بررسی می‌شوند (*Zarei & Abazarlou, 2018: 7*).

نظام تراکم (بافت شهری ساختمانی)؛ افزایش تراکم بافت همراه با افزایشی نظام طبقات، امکان تسهیل عملیات تخلیه و نجات را کاهش می‌دهد. با توجه به این نکته دو اقدام (که در برنامه‌ریزی و طراحی شهری در هر زمانی قابل اجرا هستند) شامل کاهش تراکم و پیش‌بینی فضاهای باز در مناطق با تراکم بالای جمعیتی یا ساختمانی (فضاها یا مسیرهای تخلیه اضطراری، فضاها و یا مسیرهای جستجو و حتی مانع از گسترش آتش‌سوزی در هنگام سانحه) تاب‌آوری بافت را افزایش می‌دهند (*Amirzadeh, 2016: 40*).

نظام بلوک‌بندی - دانه‌بندی شهر؛ میزان آسیب‌پذیری با توجه به نظام قطعه‌بندی زمین، مانند چگونگی ترکیب و انتظام قطعات، شکل هندسی قطعه (منظم یا نامنظم)، مساحت قطعه، ابعاد و اندازه قطعه، تناسبات طول و عرضی قطعه متناسب با کاربری زمین و نوع مالکیت - در روند بازسازی - و نظام توده‌گذاری درون هر قطعه زمین بررسی

می‌شود (*Abazarlou, 2013: 110*).

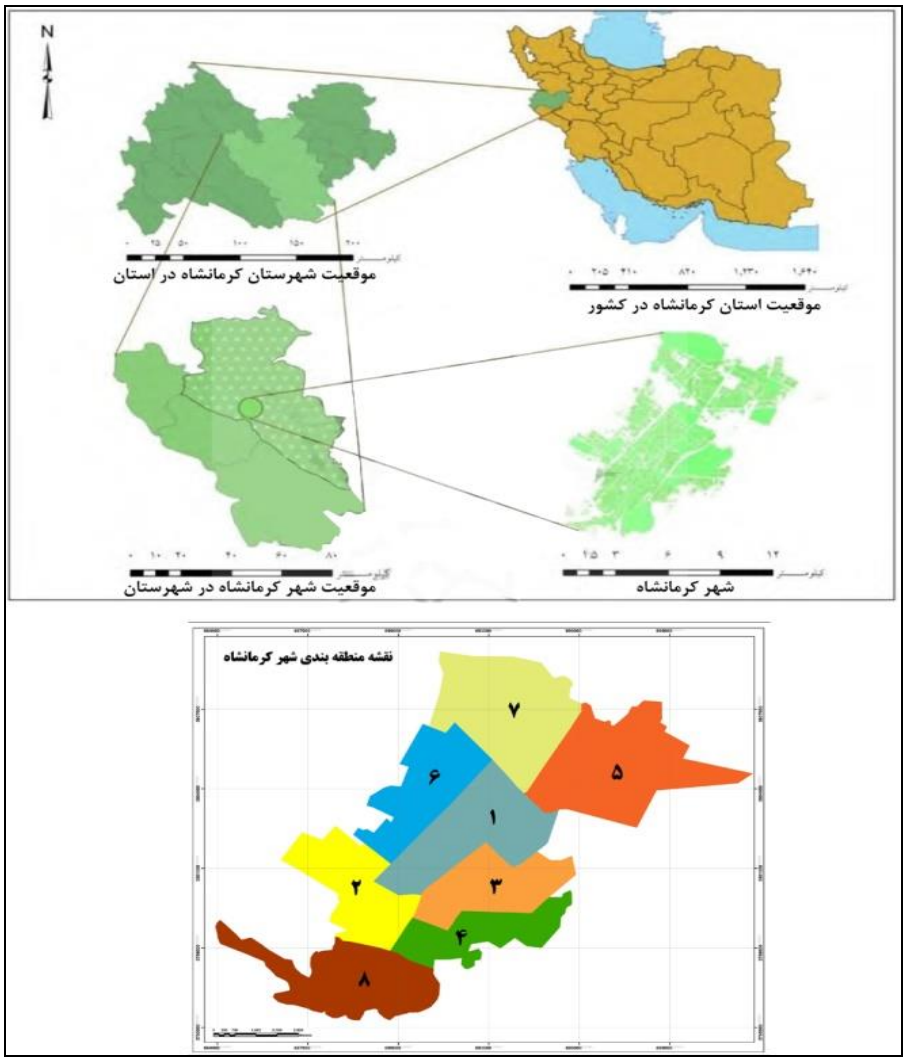
کیفیت و قدمت ابنیه؛ افزایش قدمت ساختمان و چگونگی استفاده از مصالح، نوع مصالح و تکنولوژی ساخت با آسیب‌پذیری ارتباط مستقیم دارد.

۳- شناخت محدوده مورد مطالعه

استان کرمانشاه با مساحت ۲۴۳۶۱ کیلومترمربع تقریباً ۱/۵ درصد از کل مساحت ایران را به خود اختصاص داده و بین ۳۶ و ۳۳ درجه تا ۱۵ و ۳۵ درجه عرض شمالی و ۲۴ و ۴۵ درجه تا ۳ و ۴۸ درجه طول شرقی نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد (*Heydarifar et al., 2020: 222*). جمعیت شهر کرمانشاه بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، ۹۴۶۶۵۱ نفر بوده و نهمین شهر پرجمعیت ایران به شمار می‌رود. شهر کرمانشاه بر اساس نظام تقسیمات کالبدی دارای ۸ منطقه است (شکل ۱).

۴- روش تحقیق

این تحقیق با توجه به هدف آن از نوع تحقیقات کاربردی بوده و با توجه به روش انجام کار، از ماهیتی توصیفی- تحلیلی برخوردار است. گردآوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات موجود، مطالعات میدانی و اطلاعات سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ صورت گرفته است؛



شکل ۱- موقعیت شهر کرمانشاه در کشور، استان، شهرستان و منطقه بندی شهر

بدین‌صورت که پس از مطالعه منابع مرتبط، با توجه به موجود بودن داده‌ها برای شهر کرمانشاه، ۱۳ شاخص از بین عوامل مختلف تأثیرگذار برای رسیدن به خروجی تحقیق انتخاب شده است. این شاخص‌ها شامل تراکم جمعیتی، فاصله از منابع آب، فاصله از تأسیسات خطرزا، فاصله از مناطق سیل‌گیر، شیب زمین، فاصله از مراکز آتش‌نشانی، فاصله از اراضی خالی، فاصله از راه، فاصله از مراکز اداری، انتظامی و نظامی، فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز فرودگاه و راه‌آهن، فاصله از مراکز درمانی و فاصله از منابع برق می‌باشد. در این مقاله از نظرات نخبگان جهت تعیین وزن (ضریب اهمیت) شاخص‌ها استفاده شده است. برای وزن‌دهی به شاخص‌ها بر اساس روش بهترین- بدترین (*Best Worst Method (BWM)*)، تعداد ۱۵ پرسشنامه که محتوای آن بر اساس مقایسه زوجی شاخص‌ها که مبتنی بر ارجحیت بهترین شاخص بر سایر شاخص‌ها و نیز ارجحیت شاخص‌های دیگر بر بدترین شاخص می‌باشد، تدوین شده است. در قدم بعدی داده‌های پرسشنامه‌ها وارد نرم‌افزار گامز (*GAMS*) شده و مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفته است. وزن‌های محاسبه‌شده با مقدار $l\varepsilon$ به‌دست‌آمده برای ۱۵ پرسشنامه ۰/۰۸۲ بوده که با توجه به نزدیکی آن به عدد صفر نشان‌دهنده ثبات و سازگاری وزن‌های محاسبه شده می‌باشد. جهت انجام تحلیل‌های مکانی ابتدا لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی رقومی‌سازی و ویرایش شده و با تبدیل لایه‌های اطلاعاتی به رستر (*Raster*) و طبقه‌بندی آنها، ضریب اهمیت محاسبه شده از روش بهترین- بدترین در هر یک از شاخص‌های استاندارد شده بر اساس هدف تحقیق، ضرب شده و با به‌کارگیری جمع وزنی به ترکیب شاخص‌ها جهت سنجش آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه در برابر بحران پرداخته شده است. در نهایت با بهره‌گیری از مدل *WASPAS*(*Weighted Aggregates Sum Product Assessment*) (ترکیبی از دو مدل *WSM* (مدل مجموع وزنی) و *WPM* (مدل ضرب وزنی) می‌باشد) به رتبه‌بندی مناطق هشت‌گانه شهر کرمانشاه بر اساس میزان آسیب‌پذیری اقدام شده است.

۵- بحث و یافته‌ها

پس از مطالعه و بررسی اسناد و منابع مرتبط با سنجش آسیب‌پذیری در برابر بحران، ۱۳ شاخص از بین عوامل مختلف تأثیرگذار برای رسیدن به خروجی تحقیق انتخاب شده است. جهت مقایسه وضعیت شاخص‌ها و وزن‌دهی به آنها در شهر مورد مطالعه، از بین روش‌های ارزیابی چند معیاری متعددی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، روش چند معیاری بهترین- بدترین انتخاب شده است (جدول ۱).

جدول ۱- وزن محاسبه‌شده شاخص‌ها با روش بهترین- بدترین

ردیف	شاخص	وزن
۱	تراکم جمعیتی	۰/۱۵۸
۲	فاصله از منابع آب	۰/۰۳۹
۳	فاصله از تأسیسات خطرزا	۰/۰۶۵
۴	فاصله از مناطق سیل‌گیر	۰/۰۳۲
۵	شیب زمین	۰/۰۹۷
۶	فاصله از مراکز آتش‌نشانی	۰/۱۸۸
۷	فاصله از اراضی خالی	۰/۰۱۵
۸	فاصله از راه	۰/۱۱۲
۹	فاصله از مراکز اداری، انتظامی و نظامی	۰/۰۶۵
۱۰	فاصله از فضای سبز	۰/۰۲۴
۱۱	فاصله از مراکز فرودگاه و راه‌آهن	۰/۰۴۹
۱۲	فاصله از مراکز درمانی	۰/۱۲۸
۱۳	فاصله از منابع برق	۰/۰۲۸

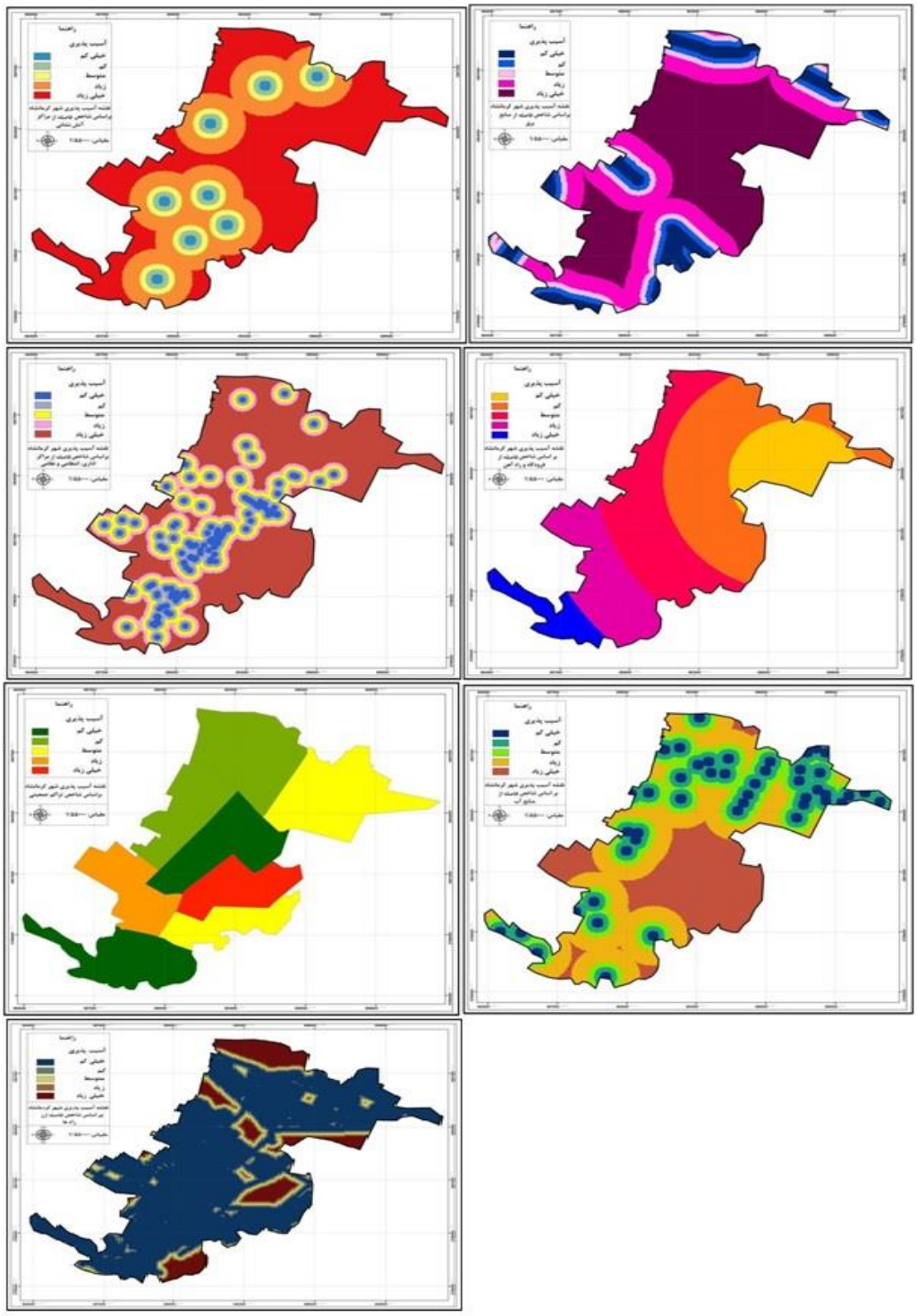
پس از تعیین وزن شاخص‌ها با مدل بهترین - بدترین، در مرحله بعد جهت انجام تحلیل‌های مکانی به رقومی‌سازی و ایجاد پایگاه اطلاعاتی هر یک از شاخص‌ها در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شده است. نتایج حاصل از تحلیل شاخص‌های ۱۳گانه سنجش آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه در برابر بحران به شرح زیر است:

تحلیل نتایج حاصل از آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه بر اساس شاخص فاصله از راه با استفاده از نرم‌افزار *GIS*، بیانگر آن است که ۷۵ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۷ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۱۰ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بر اساس شاخص تراکم جمعیتی نتایج نشان می‌دهد که ۲۷ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی

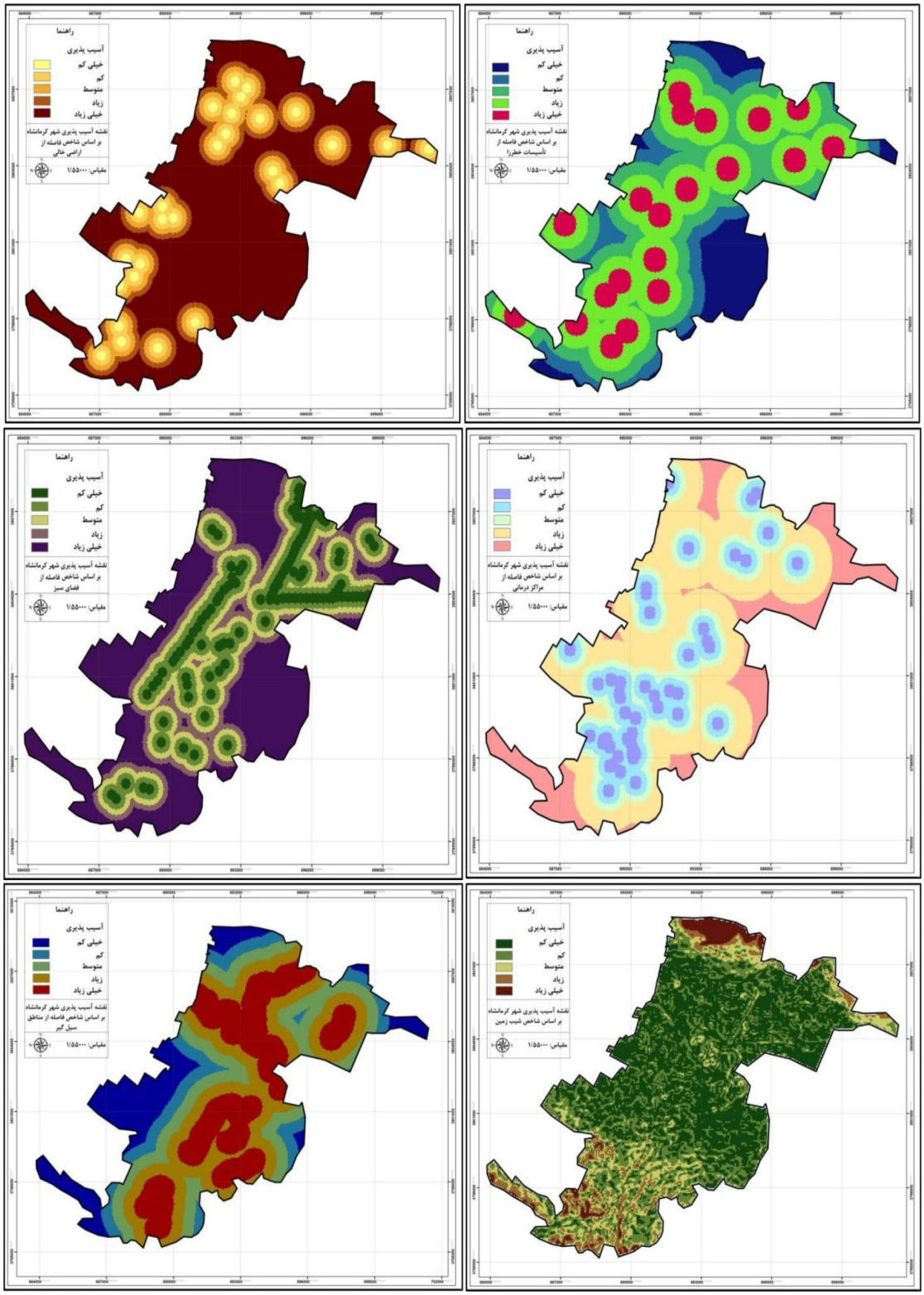
کم، ۲۷ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۲۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۱ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۱۰ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بر اساس شاخص فاصله از فضای سبز نتایج نشان می‌دهد که ۱۱ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۴۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بررسی نتایج آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه بر اساس شاخص فاصله از مراکز اداری، انتظامی و نظامی با استفاده از نرم‌افزار *GIS*، نشان می‌دهد که ۷ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۵۷ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرارگرفته است. بر اساس شاخص فاصله از اراضی خالی نتایج نشان می‌دهد که ۳ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۰ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۶۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بررسی نتایج آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه بر اساس شاخص فاصله از مراکز فرودگاه و راه‌آهن با استفاده از نرم‌افزار *GIS*، نشان می‌دهد که ۱۵ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۲۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۱۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بر اساس شاخص فاصله از مراکز درمانی نتایج نشان می‌دهد که ۸ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۴۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۱۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بر اساس شاخص فاصله از مراکز آتش‌نشانی نتایج نشان می‌دهد که ۲ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۳۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۵۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بر اساس شاخص شیب زمین نتایج نشان می‌دهد که ۴۶ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۱ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. ارزیابی نتایج آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه بر اساس شاخص فاصله از مناطق سیل گیر با استفاده از نرم‌افزار *GIS*، نشان می‌دهد که ۱۶ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۱ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۲۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۲۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بر اساس شاخص فاصله از تأسیسات خطرزا نتایج نشان می‌دهد که ۱۳ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۲۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۳۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۱۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بر اساس شاخص فاصله از منابع آب نتایج نشان می‌دهد که ۹ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۷ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۱۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۳۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۲۷ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. بر اساس شاخص فاصله از منابع برق نتایج نشان می‌دهد که ۹ درصد از محدوده شهر در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری کم، ۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری متوسط، ۲۶ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد و ۴۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است (شکل‌های ۲ و ۳).

پس از اینکه شاخص‌های سنجش آسیب‌پذیری در شهر کرمانشاه در نرم‌افزار *GIS*، با استفاده از دستور *Reclassify* و بر اساس اهداف تحقیق مورد طبقه‌بندی و تحلیل قرار گرفتند، جهت رسیدن به نقشه آسیب‌پذیری در مناطق شهر کرمانشاه، از دستور *Weighted Sum* (جمع وزنی) و اعمال وزن‌های به‌دست‌آمده، به ترکیب شاخص‌های ۱۳گانه استاندارد شده بر اساس هدف تحقیق اقدام شده است. نتایج حاصل از ترکیب شاخص‌های ۱۳گانه در شهر کرمانشاه بیانگر آن است که

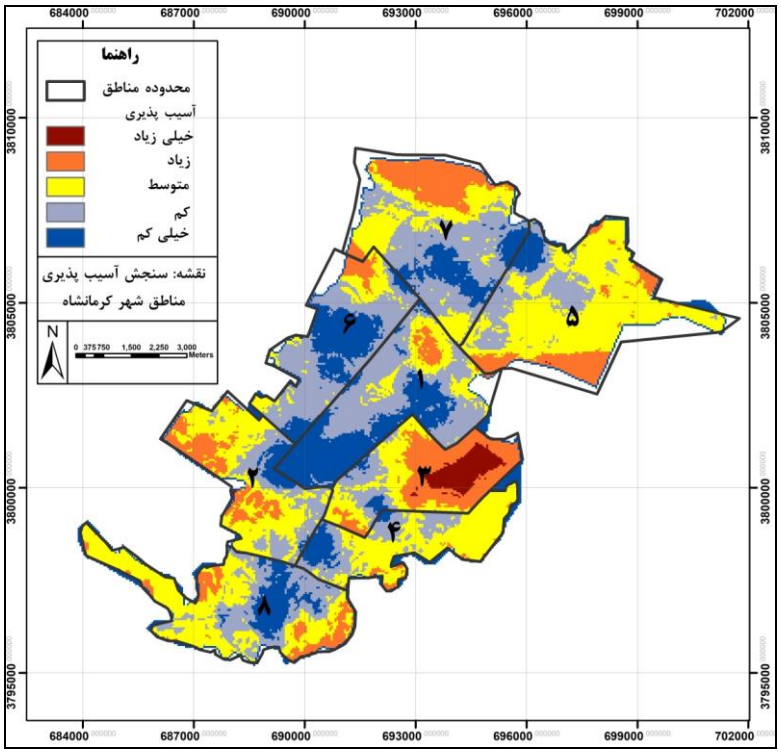
۲۰ درصد از محدوده شهر در پهنه مطلوبیت خیلی کم، ۳۰ درصد در پهنه مطلوبیت کم، ۳۵ درصد در پهنه مطلوبیت متوسط، ۱۴ درصد در پهنه مطلوبیت زیاد و ۲ درصد در پهنه مطلوبیت خیلی زیاد واقع شده است (شکل ۴).



شکل ۲- نقشه شاخص‌های سنجش آسیب‌پذیری در شهر کرمانشاه



شکل ۳- نقشه شاخص‌های سنجش آسیب‌پذیری در شهر کرمانشاه



شکل ۴- نقشه سنجش آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه در برابر بحران بر اساس ترکیب شاخص‌ها

جدول ۲- ماتریس خام آسیب‌پذیری مناطق شهر کرمانشاه

آسیب‌پذیری / منطقه	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	۳۸	۴۴	۱۳	۴	۰
۲	۹	۲۴	۴۶	۲۰	۰
۳	۴	۱۵	۲۶	۴۰	۱۵
۴	۱۲	۲۶	۵۹	۳	۰
۵	۸	۲۰	۵۹	۱۲	۰
۶	۳۴	۴۹	۱۲	۵	۰
۷	۱۷	۳۹	۲۵	۱۹	۰
۸	۱۸	۲۷	۴۴	۱۱	۰

پس از تهیه نقشه سنجش آسیب‌پذیری شهر کرمانشاه، به‌منظور رتبه‌بندی مناطق شهری از مدل *WASPAS* استفاده شده که در گام اول نسبت به تدوین ماتریس خام شاخص‌ها در مناطق هشت‌گانه بر اساس نتایج شکل ۳ اقدام شده است (جدول ۲).

در این گام با استفاده از فرمول‌های زیر ماتریس تصمیم را نرمال می‌کنیم. نرمال کردن برای معیارهای مثبت از فرمول اول و برای معیارهای منفی از فرمول دوم استفاده می‌کنیم (جدول ۳).

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{max_i\ x_{ij}} \quad \text{for beneficial criteria,} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad \text{for non-beneficial criteria,} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

گام سوم محاسبه وزن هر یک از شاخص‌ها بر اساس روش

وزن‌دهی آنتروپی‌شانون است (جدول ۴).

گام چهارم برآورد واریانس مقادیر معیارهای استاندارد شده اولیه از طریق رابطه (۳) می‌باشد (دیانی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۴۱).

رابطه (۳) $\sigma^2(\bar{x}_{ij}) = (0.05\bar{x}_{ij})^2$

رابطه (۴) $\sigma^2(\bar{x}_{ij}) = (0.05\bar{x}_{ij})^2$

گام پنجم محاسبه واریانس‌ها $Q^2(Q_i^{(1)})$ و $Q^2(Q_i^{(2)})$ از طریق توابع ۴ و ۵ است (جدول ۵).

رابطه (۵) (x_{ij})

گام ششم محاسبه مقدار Q_i و λ برای رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت توابع ۶ و ۷ می‌باشد (دیانی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۴۱) (جدول ۶) (شکل ۵).

رابطه (۶) $$\lambda = \frac{\delta^2(Q_i^{(2)})}{\delta^2(Q_i^{(1)}) + \delta^2(Q_i^{(2)})}$$

رابطه (۷) $$Q_i = \lambda \sum_{j=1}^{n} x_{ij} w_{j} + (1-\lambda) \Pi_{j=1}^{n} (\bar{x}_{ij})^{wj}, \lambda = 0, \ldots, 1$$

جدول ۳- ماتریس نرمال شده وزنی

آسیب‌پذیری / منطقه	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	۱	۰/۸۹۸۰	۰/۹۲۳۱	۰/۷۵	۰
۲	۰/۲۳۶۸	۰/۴۸۹۸	۰/۲۶۰۹	۰/۱۵	۰
۳	۰/۱۰۵۳	۰/۳۰۶۱	۰/۴۶۱۵	۰/۰۵۴۵	۰
۴	۰/۳۱۵۸	۰/۵۳۰۶	۰/۲۰۳۴	۱	۰
۵	۰/۲۱۰۵	۰/۴۰۸۲	۰/۲۰۳۴	۰/۲۵	۰
۶	۰/۸۹۴۷	۱	۱	۰/۶	۰
۷	۰/۴۴۷۴	۰/۷۹۵۹	۰/۴۸	۰/۱۵۷۹	۰
۸	۰/۴۷۳۷	۰/۵۵۱۰	۰/۲۷۲۷	۰/۲۷۲۷	۰

جدول ۳- وزن شاخص‌ها

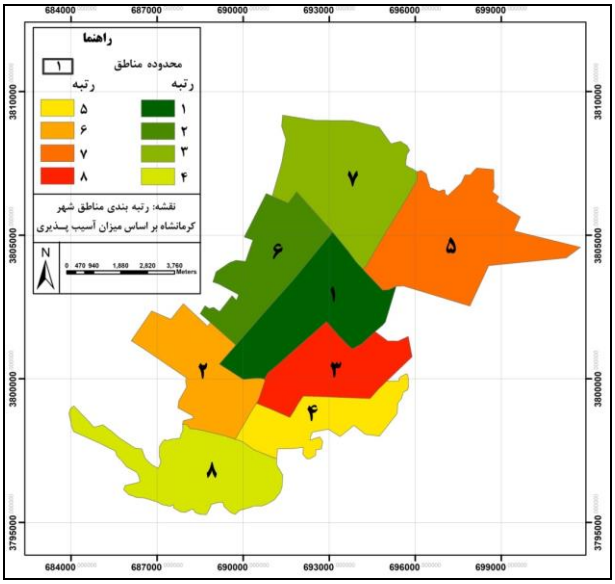
پهنه‌بندی	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم
وزن	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۲۸	۰/۳۶

جدول ۵- واریانس محاسبه‌شده

آسیب‌پذیری / منطقه	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	۰/۰۰۲۵۰	۰/۰۰۲۰۲	۰/۰۰۲۱۳	۰/۰۰۱۴۱	۰
۲	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۶۰	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۶	۰
۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۰۰۱	۰
۴	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۷۰	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۲۵۰	۰
۵	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۱۶	۰
۶	۰/۰۰۲۰۰	۰/۰۰۲۵۰	۰/۰۰۲۵۰	۰/۰۰۰۹۰	۰
۷	۰/۰۰۰۵۰	۰/۰۰۱۵۸	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۰۰۰۶	۰
۸	۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۰۰۷۶	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۱۹	۰

جدول ۴- محاسبه امتیاز نهایی و رتبه‌بندی مناطق شهر کرمانشاه

منطقه	رتبه	Score	Landa	q2	q1	WPM	WSM
منطقه ۱	یک	۰/۹۱۹۸۸۸	۰/۴۸۵۶۱۷	۰/۰۰۰۵۹۴	۰/۰۰۰۶۲۹	۰/۹۱۸۱۲۶	۰/۹۲۱۷۵۴
منطقه ۲	شش	۰/۲۹۰۶۷۰	۰/۴۱۶۵۰۳	۰/۰۰۰۰۵۶	۰/۰۰۰۰۷۸	۰/۲۸۱۱۸۷	۰/۳۰۳۹۵۵
منطقه ۳	هشت	۰/۱۹۶۶۱۰	۰/۳۲۵۶۸۹	۰/۰۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۴۷	۰/۱۷۹۶۴۵	۰/۲۳۱۷۳۷
منطقه ۴	پنج	۰/۴۱۲۳۹۱	۰/۴۳۱۹۵۸	۰/۰۰۰۱۰۷	۰/۰۰۰۱۴۰	۰/۳۸۸۷۸۷	/۴۴۳۴۳۲
منطقه ۵	هفت	۰/۲۶۴۶۱۷	۰/۴۵۱۶۷۶	۰/۰۰۰۰۴۷	۰/۰۰۰۰۵۷	۰/۲۵۸۹۶۸	۰/۲۷۱۴۷۴
منطقه ۶	دو	۰/۹۰۳۳۴۵	۰/۴۸۲۵۳۵	۰/۰۰۰۵۶۹	۰/۰۰۰۶۱۰	۰/۸۹۸۰۲۲	۰/۹۰۹۰۵۳
منطقه ۷	سه	۰/۴۸۸۴۶۷	۰/۴۰۴۳۰۰	۰/۰۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۲۲۸	۰/۴۶۸۶۴۸	۰/۵۱۷۶۶۹
منطقه ۸	چهار	۰/۴۱۷۹۲۱	۰/۴۳۸۴۰۸	۰/۰۰۰۱۱۹	۰/۰۰۰۱۵۲	۰/۴۱۰۲۲۰	۰/۴۲۷۷۸۶



شکل ۵- رتبه‌بندی مناطق هشت‌گانه شهر کرمانشاه بر اساس میزان آسیب‌پذیری در برابر بحران با استفاده از مدل WASPAS

۶- نتیجه‌گیری

بحث مدیریت بحران در برابر وقوع حوادث یکی از مباحث مهم در برنامه‌ریزی شهری بوده و شناخت وضعیت آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف هر شهر امری ضروری به نظر می‌رسد. باید پذیرفت که همیشه درصدی از بحران‌ها اجتناب‌ناپذیر هستند و در واقع بخش جدایی‌ناپذیر و طبیعی حیات سیستم‌ها می‌باشند؛ ولیکن بخش عظیمی از تهدیدها، بحران‌ها و التهابات تحمیلی هستند و بایستی با تحقیقات، درایت و مدیریت صحیح آنها را قبل از وقوع، پیش‌بینی و پیش‌گیری نمود. لذا این پژوهش بر آن است تا میزان آسیب‌پذیری مناطق شهر کرمانشاه در برابر بحران را بر اساس روش *BWM_WASPAS* مورد سنجش قرار دهد. به همین منظور پس از مطالعه منابع مرتبط، با توجه به موجود بودن داده‌ها برای شهر کرمانشاه، ۱۳ شاخص شامل تراکم جمعیتی، فاصله از منابع آب، فاصله از تأسیسات خطرزا، فاصله از مناطق سیل‌گیر، شیب زمین، فاصله از مراکز آتش‌نشانی، فاصله از اراضی خالی، فاصله از راه، فاصله از مراکز اداری، انتظامی و نظامی، فاصله از فضای سبز، فاصله از مراکز فرودگاه و راه‌آهن، فاصله از مراکز درمانی و فاصله از منابع برق انتخاب شده است. جهت تعیین وزن شاخص‌ها از روش بهترین - بدترین و پرسشنامه مقایسه زوجی که توسط

۱۵ نفر از نخبگان تکمیل شده، استفاده و در نرم‌افزار گامز مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفته است. جهت انجام تحلیل‌های مکانی نیز از نرم‌افزار *GIS* بهره گرفته شده و در نهایت، ضریب اهمیت محاسبه شده از روش بهترین- بدترین در هر یک از شاخص‌های استاندارد شده ضرب شده و با به‌کارگیری جمع وزنی به ترکیب شاخص‌ها جهت سنجش آسیب‌پذیری در مناطق شهر کرمانشاه پرداخته شده است.

نتایج بیانگر آن است که در منطقه یک ۳۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۴۴ درصد کم، ۱۳ درصد متوسط و ۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد قرار گرفته است. در منطقه دو ۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۴ درصد کم، ۴۶ درصد متوسط و ۲۰ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. در منطقه سه ۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۱۵ درصد کم، ۲۶ درصد متوسط، ۴۰ درصد زیاد و ۱۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی زیاد قرار گرفته است. در منطقه چهار ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۶ درصد کم، ۵۹ درصد متوسط و ۳ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد واقع شده است. در منطقه پنج ۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۰ درصد کم، ۵۹ درصد متوسط و ۱۲ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد می‌باشد. در منطقه شش ۳۴ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۴۹ درصد کم، ۱۲ درصد متوسط و ۵ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد واقع شده است. در منطقه هفت ۱۷ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۳۹ درصد کم، ۲۵ درصد متوسط و ۱۹ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد قرار گرفته و نهایتاً در منطقه هشت ۱۸ درصد در پهنه آسیب‌پذیری خیلی کم، ۲۷ درصد کم، ۴۴ درصد متوسط و ۱۱ درصد در پهنه آسیب‌پذیری زیاد واقع شده است. در گام آخر جهت رتبه‌بندی مناطق شهر کرمانشاه از مدل *WASPAS* استفاده شده است. نتایج بیانگر آن است که به‌ترتیب از کمترین به بیشترین میزان آسیب‌پذیری شامل مناطق ۱، ۶، ۷، ۸، ۴، ۲، ۵ و ۳ می‌باشد به‌طوری‌که بیشترین میزان آسیب‌پذیری مربوط به منطقه ۳ و کمترین میزان آسیب‌پذیری مربوط به منطقه ۱ است.

۷- مراجع

[1] Abazarlou, S., (2013), Master Thesis, "Vulnerability Assessment of the City with Passive Defense Approach with Fuzzy Logic", Supervisor: Kiomars Habibi, Consultant Professor: Hossein Kalantari Khalilabad, Islamic Azad University of Tehran Markaz, Tehran. (Persian).

[2] Abazarlou, S., Bagersad, M. & Puri Rahim, A.A. (2016). Identification of risks and vulnerability modeling of cities with passive defense approach, first print, Tehran, publications of the State Civil Defense Scientific Association and municipality, (P.48). (Persian).

[3] Abazarlou, S., Setareh, A.A & Ghazanfari, M. (2016). Vulnerability Assessment of Cities with Passive Defense Approach (Case Study: SABZEVAR), Scientific Journal and Advanced Defense Technologies (Confidentiality), Malek Ashtar Industrial University, 12 - 78. (Persian).

[4] Adger, W.N. & Hodbod, J. (2014), Ecological and Social Resilience, Handbook of Sustainable Development, 91-102.

[5] Aftab, A., Soleymani, A.R. & Feri, M. (2018). Assessment the Vulnerability of Urmia Urban Infrastructure with Passive Defense Approach, Passive Defense, 9 (4), 17- 31. (Persian).

[6] Alikhani, A., Barzeghar, A. & Noorelahi, H. (2019). Providing a Comprehensive Vulnerability Assessment model of Urban Areas by Separating the Constituent Layers of the City with a Passive Defense Approach, Crisi Management, (16), 33- 46. (Persian).

[7] Amirzadeh, E (2016), Principles of designing earthquake-resistant urban spaces (case study; National Garden of Kerman), Master Thesis, Post-Traumatic Reconstruction, Shahid Beheshti University. (Persian).

[8] Chang, S.E. (2014). Infrastructure Resilience to Disasters, the Bridge, 44 (3), 36-41.

[9] Ganova, L., Zelenakova, M., Purcz, P., Diaconu, D. C., Orfanus, T. & Kuzevicova, Z. (2017). Identification of Urban Flood Vulnerability in Eastern Slovakia by Mapping the Potential Natural Sources of Flooding- Implications for Territorial Planning, Urbanism Architecture Constructions, 8(4): 365-376.

[10] Heydarifar, M.R., Soleymanirad, E. & Hosseini Siyahgoli, M. (2020). Investigating the Role of Natural Hazards and Crisis Management in Land Management Case Study: Kermanshah Province, Sustainable Urban and Regional Development Studies, 1 (1), 55- 76. (Persian).

[11] Khedmatzadeh, A., Moosavi, M.N. & Yoosefzadeh, A. (2021). Analysis of Urban Vulnerability Indicators with Earthquake Crisis Management Approach, Human Settlement Planning Studies, 16 (1), 43-62. (Persian).

[12] Mavadat, E., Maleki, S. & Dideban, S. (2019). Zoning Urban Vulnerability with Passive Defense Approach and Modeling of Ahwaz Metropolitan Case Study, Passive Defense, 10 (3), 63-74. (Persian).

[13] Miriam, Holly – Shulman, Lea(2008), Estimating Evaluation Vulnerability Of Urban Transportation Systems Using GIS, A thesis submitted to the Department of Geography In conformity with the requirements for the degree of Master of Arts, Queen's University Kingston, Ontario, Canada.

[14] Ongkowijoyo C. S. Doloi H. (2018), Risk-based Resilience Assessment Model Focusing on Urban Infrastructure System Restoration, Procedia Engineering 212:1115–1122.

[15] Poormohammadi, M.R., Taghipoor, A.A. & Rostami, H. (2021). Spatial Analysis of Vulnerable Areas in Times of Crisis with Emphasis on Passive Defense in Tabriz Urban Infrastructure, Geography & Planning, 25 (75), 65- 75. (Persian).

[16] Romero-Lanko, P Garschagen, M. EDWARD, M. (2013) Investigating Urban Inequality and Vulnerability to Increase Productivity, Case Study: Mumbai, India, Urban studie, 10(6), 89-116.

[17] Shamaie, A., Daneshvarkhoram, A., Ravanbakhsh, A. & Afsar, M. (2020). Analysis the Vulnerability of old Textures of Kashan City against Earthquake, Human Geography Researches, 52 (1), 111- 130. (Persian).

[18] Zarei, Gh. Abazarlou, S. (2015). Investigating the Vulnerability of Cities with Passive Defense Approach Using Reverse Hierarchical Analysis (IHWP) and GIS - Case Study of Greater Tehran, Shahr-e-Ayman Journal, 1(2), 1- 20.(persian).

نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

Assessing the Vulnerability of Kermanshah Regions to Crisis Based on BWM_WASPAS Method

Aram Khezerlou*

Faculty Member of the Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University

Abstract:

Understanding the reality of a city and identifying vulnerable areas with very high accuracy, familiarity with the type of hazards at each point and proposing a unique solution for each urban problem is an important step in moving towards urban resilience. Therefore, this study was conducted with the aim of modeling the vulnerability of eight regions of Kermanshah to crisis. The type of research is applied and the method of work is descriptive – analytical, and data collection has been done through library and field studies. To achieve the purpose of the research, 13 indicators have been selected based on the availability of information and information layers have been formed for them in the GIS software. To calculate the weight of the indicators, the multi-criteria Best - Worst decision method was used and the results were analyzed in GAMS software. Finally, the weight obtained from the Best - Worst Method is multiplied by the standard 13 indicators and combined. The results of ranking the eight regions of Kermanshah based on the WASPAS model indicate that from the lowest to the highest vulnerability, including regions 1, 6, 7, 8, 4, 2, 5 and 3, respectively. The highest vulnerability is related to zone 3 and the lowest vulnerability is related to zone 1.

Keywords: Vulnerability, Crisis, WASPAS Method, Kermanshah City

* **Corresponding author:** a.khezerlou@urmia.ac.ir, FACULTY OF ARCHITECTURE, URBANISM & ART URMIA UNIVERSITY