نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال اول، شماره پیاپی٤، زمستان ۱۳۹۳
صفحات٧٤-٥٩

ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله با تاکید بر مدیریت بحران شهری در شهر کاشمر

ابوالفضل قنبری[1]، دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری ، دانشگاه تبریز
علی زلفی، کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه زنجان

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۱۵ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۷/۱۰

چکیده

قبل از وقوع بلایایی طبیعی، به‌ویژه زلزله در مناطق شهری، مدیریت بحران‌های پدیدآمده یکی از ضرورت‌های نظام برنامه‌ریزی شهری است. از این رو، تعیین میزان آسیب‌پذیری فیزیکی در برابر زلزله اهمیت بالایی دارد. همچنین، طبقه‌بندی واحدهای مکانی شهری از نظر درجه‌ی آسیب‌پذیری در برابر زلزله و پهنه‌بندی اراضی شهری برای شناسایی نواحی در معرض خطر امری ضروری است. با توجه به این که ایران از نظر وقوع بلایایی طبیعی جزو ده کشور جهان است و شهر کاشمر در منطقه‌ای زلزله‌خیز واقع شده است، ضرورت این کار بیشتر به چشم می‌آید. در این پژوهش، نواحی شهری کاشمر از نظر آسیب‌پذیری کالبدی با استفاده از مدل VIKOR اولویت‌بندی شدند تا نواحی این شهر قبل از وقوع زلزله برای کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله بهسازی و آماده‌سازی شوند. یکی از مراحل مدل VIKOR وزن‌دهی به معیارهای دخیل در امر اولویت‌بندی است که در این پژوهش برای وزن‌دهی به معیارها از مدل AHP استفاده شد. گفتنی است که روش پژوهش مقاله حاضر توصیفی تحلیلی است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد ناحیه‌ی ۸ کمترین آسیب‌پذیری و ناحیه‌ی ۳ شهر کاشمر بیشترین آسیب‌پذیری کالبدی در برابر زلزله را دارد. همچنین، در ادامه‌ی پژوهش، با استفاده از مدل اسپیرمن میزان همبستگی بین تراکم جمعیت و میزان آسیب‌پذیری در نواحی شهری کاشمر ارزیابی شد. میزان همبستگی ۰/۵۸۶۶ نشان می‌دهد که همبستگی بالایی بین این دو متغیر وجود دارد و تراکم بالا سبب افزایش میزان آسیب‌پذیری در نواحی شهر کاشمر می‌شود.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری کالبدی، مدیریت بحران، مدل VIKOR، شهر کاشمر.

[1] نویسنده‌ی مسئول: Email: a_ghanbari@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

مقدمه

اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری را می‌توان در سه مفهوم اساسی سلامت، آسایش و زیبایی خلاصه کرد (هیراسکار، ۱۳۷۶: ۱۵). موضوع ایمنی شهری در متون برنامه‌ریزی شهری به صورت هدف ذکر نشده است. ایمنی فقط به منزله‌ی معیاری بهینه در تعیین مکان‌های مناسب فعالیت و کاربری‌های شهری در کنار معیارهای دیگری چون سازگاری، آسایش، کارایی و مطلوبیت به کار رفته است (سعیدنیا، ۱۳۷۸: ۲۶-۲۳). اما مسئله‌ی حفاظت از جان انسان‌ها، متعلقات آن‌ها، تأسیسات و تجهیزات شهری در مقابل مخاطرات طبیعی و انسانی به حدی مهم است که باید یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری محسوب شود. مخاطرات طبیعی اجزای مهم تعامل بین طبیعت و انسان هستند. از این رو، باید رابطه‌ی بین انسان و محیطش به صورت مثبت (یعنی استفاده انسان از منابع طبیعی) و به صورت منفی (یعنی مخاطرات و بلایای طبیعی) مورد توجه قرار گیرد (Gibson, ۱۹۹۷). از نظر برنامه‌ریزی شهری، ایمنی شهری می‌تواند شامل همه‌ی تمهیدها و اقدام‌هایی باشد که در قالب برنامه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت سبب حفظ جان و مال ساکنان شهرها می‌شود. چنین برنامه‌هایی می‌تواند برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، منطقه‌بندی شهری، مقاوم‌سازی و بهسازی لرزه‌ای بافت‌های فرسوده و ... را با هدف ایمنی شهری شامل شود. ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود نوعی پیش‌بینی خسارت دیدگی آن‌ها در مقابل زلزله‌های احتمالی است (زهرایی و ارشاد، ۱۳۸۴). به عبارت دیگر، آسیب‌پذیری تابعی ریاضی است و به مقدار خسارت پیش‌بینی شده برای هر عنصرِ در معرض خطرهای مصیبت‌بار با شدت معین گفته می‌شود. تحلیل آسیب‌پذیری فرایند برآورد آسیب‌پذیری عناصر معینی است که در معرض خطر احتمالی ناشی از وقوع خطرات مصیبت‌بار هستند (Fischer III et al, ۱۹۹۶).

تحلیل آسیب‌پذیری شهری، تحلیل، ارزیابی و پیش‌بینی احتمال خسارت‌های جانی، مادی و معنوی شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی است. عوامل آسیب‌پذیری بسیار گوناگون هستند (طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات و ...). این عوامل همدیگر را نه به صورت منفرد، بلکه به شکل نظامی جامع تحت تأثیر قرار می‌دهند. حتی گروه‌های آسیب‌پذیر از بحران‌ها نیز با عوامل جمعیتی چون سن، مذهب، اقلیت، فقر، سواد و ... در ارتباط هستند (Paton and Fohnston, ۲۰۰۱). مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده‌ی احتمال خطر شهرها، که افزایش آسیب‌پذیری آن‌ها را در پی دارد، شامل موارد زیر می‌شود:

۱. قرارگیری ساخت‌گاه شهر بر روی گسل‌های مختلف؛
۲. رعایت نکردن قوانین و مقررات مقاوم سازی (سازگاری کاربری‌ها)؛
۳. بلند مرتبه‌سازی‌های نامجاز و غیر اصولی دقیقاً بر روی خطوط گسل‌ها؛
۴. استفاده از مصالحی که ایمنی مسکن را به خطر می‌اندازد: مانند شیشه و آینه.

در عوض، وجود عواملی مثل تعداد پراکندگی و بزرگی پارک‌ها و فضاهای باز، وجود مراکز امداد و نجات مناسب، بیمارستان‌ها، آتش‌نشانی‌ها، شبکه‌های ارتباطی مناسب، همکاری مناسب بین مردم و آموزش‌های لازم قبل از زلزله و استفاده مناسب از مراکز امداد و نجات می‌تواند خسارات ناشی از زلزله را کاهش دهد.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

سوانح طبیعی عاملی خارج از حیطه‌ی دسترس و هدایت در محیط‌های شهری است. با این حال، دانش فنی امروز قادر به تشخیص خطرهایی است که می‌تواند نواحی و سکونتگاه‌های در معرض خطر را تعیین کند (Cuny, ۱۹۸۳: ۲۶۴). در قرن بیستم، بیش از ۱۱۰ زلزله‌ی مخرب در نقاط مختلف کره‌ی زمین روی داد که در اثر آن بیش از ۱/۵۰۰/۰۰۰ نفر جان خود را از دست دادند. نود درصد آسیب‌ها ناشی از ریزش ساختمان‌هایی بود که اصول مهندسی و ایمنی کافی نداشتند (Lantada, ۲۰۰۸). با توجه به رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی، وقوع حوادث طبیعی مثل زلزله می‌تواند خسارات و تلفات سنگینی را ایجاد و توسعه شهرها و کشورها را دچار وقفه کند. طبق گزارش سازمان ملل، در سال ۲۰۱۲، حدود دو میلیون انسان از ابتدای قرن بیستم تاکنون در زمین‌لرزه‌های گوناگون دنیا کشته شده‌اند که، از ابتدای قرن بیستم، حدود ۱۲۰ هزار نفر از این تلفات در ایران اتفاق افتاده است. بر اساس گزارش سازمان ملل متحد (UNISDR)، در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲، سوانح طبیعی سبب مرگ ۱/۹ میلیون نفر و مجروح شدن ۲/۹ میلیون نفر شدند و بالغ بر ۱/۷ تریلیون دلار خسارت مالی در جهان به بار آوردند. حدود نیمی از این آسیب‌ها به رخداد زمین‌لرزه‌ها مربوط است. طبق این گزارش، در جهان، سالیانه حدود ۱۳ هزار زلزله به بزرگی ۴ تا ۴/۹، ۱۳۰۰ زلزله به بزرگی ۵ تا ۵/۹، ۱۳۰ زلزله به بزرگی ۶ تا ۶/۹، یک زلزله به بزرگی ۸ تا ۸/۹ و ۰/۱ زلزله (هر ۱۰ سال) به بزرگی ۹ تا ۹/۵ در مقیاس امواج درونی زمین اتفاق می‌افتد. در ایران هم، هر سال حدود ۲۵۰ زلزله به بزرگی ۴ تا ۴/۹، ۲۵ زلزله به بزرگی ۵ تا ۵/۹، دو زلزله به بزرگی ۶ تا ۹/۶ و ۰/۲ (هر ۱۰ سال حدود دو بار) زلزله به بزرگی ۷ تا ۷/۹ ریشتر رخ می‌دهد (www.unisdr.org).

کشور ایران در بین کشورهای جهان رتبه‌ی نخست را در تعداد زلزله‌هایی به شدت ۵/۵ ریشتری دارد. همچنین، ایران یکی از بالاترین رتبه‌ها را در زمینه‌ی آسیب‌پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد افراد کشته شده بر اثر این سانحه دارد (UNDP, ۲۰۰۴, ۳۵). واقعیت اساسی این است که در لحظه‌ی وقوع چنین سوانحی کار چندانی نمی‌توان انجام داد. این در حالی است که با برنامه‌ریزی از پیش آثار آن‌ها را می‌توان خنثی کرد یا به حداقل رساند (Undro, ۱۹۷۶:۶-۷). ضرورت کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کالبدی، برنامه‌ریزی شهری و طراحی شهر محسوب می‌شود (قنبری و همکاران، ۱۳۹۰). در ارتباط با ارزیابی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، پژوهش های در دنیا و سطح کشور صورت پذیرفته است. که در ذیل به چند نمونه از آنها اشاره شده است:

مارتیلنی (Martineli,۲۰۰۸)، در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی آسیب پذیری ساختمان‌ها و ارایه سناریوهای آسیب برای شهرهای ایتالیا»، ابتدا با استفاده از مدل‌های ارزیابی آسیب پذیری از جمله مدل (Risk-UE) میزان آسیب پذیری ساختمانی را ارزیابی نموده و در نهایت با ارایه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف به تخمین و مدل‌سازی خسارات ناشی از زلزله‌های احتمالی پرداخته است.

بوترو (Botero, ۲۰۰۹)، در رساله دکتری خود تحت عنوان «اطلاعات جغرافیایی برای اندازه گیری میزان آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله»، به ارزیابی نقش اطلاعات و داده‌های جغرافیایی در مطالعات مربوط به اندازه گیری آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله اشاره نمود و با توجه به زیر ساختار داده‌های مکانی به پهنه بندی میزان آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی در شهر مدیلین واقع در کشور کلمبیا پرداخته است.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

احدنژاد روشتی (۱۳۸۸)، در رساله دکتری خود، تحت عنوان *مدل سازی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله* با به کارگیری مدل RISK-UE و روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و بومی‌سازی آن‌ها با استفاده از توابع آسیب‌پذیری زلزله‌های رخ داده در مناطق مختلف کشور به مطالعه‌ی آسیب‌پذیری کالبدی شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته است. او برآورد مناسبی از آسیب‌پذیری زنجان با استفاده از داده‌های مکانی و توصیفی اجزا و عناصر اصلی و رفتاری ساختمانی و تعیین تأثیر هر کدام از معیارهای به کار گرفته در میزان آسیب انجام داده است. همچنین، در این تحقیق، او با استفاده از امکانات تحلیلی و نمایشی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و ارئه‌ی طرح‌های زلزله در شدت‌های مختلف به مدل‌سازی و ریزپهنه‌بندی آسیب وارده به ساختمان‌ها، تلفات انسانی و خسارات اقتصادی به ساختمان‌های شهر زنجان در برابر زلزله پرداخته است.

سیلاوی و همکاران (۱۳۸۴) در مقاله ای با عنوان «تهیه‌ی نقشه‌ی آسیب‌پذیری لرزه‌ای با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی مبتنی بر ریاضیات بازه‌ها و سیستم‌های اطلاعات مکانی» روشی برای بهبود AHP ارایه می دهند تا بر اساس آن بتوان به برآورد مناسبی از وزن تأثیر این معیارها در نتیجه‌ی مورد نظر و تعیین آسیب‌پذیری آن منطقه‌ی شهری در مقابل زلزله رسید.

آقاطاهر و همکاران (۱۳۸۵) موضوع وزن‌دهی شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر تهران را بررسی کردند. نتایج روش تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی مرسوم و نمونه‌ی توسعه‌یافته ارئه‌شده در این تحقیق نشان‌دهنده‌ی قابلیت روش جدید در جذب عدم قطعیت است. همچنین، نزدیک‌تر بودن منطقی تفاسیر حاصل از نتایج روش جدید به واقعیت‌های مشهود مؤیدِ تأمین شدن هدف این تحقیق است که برای حفظ سطح مناسبی از شفافیت و سادگی روش تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی مرسوم و توجه به مفاهیم و آثار عدم قطعیت مکانی در نتایج تجزیه و تحلیل صورت گرفته است.

احدنژاد و همکاران (۱۳۸۶) موضوعی را با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های حاشیه‌ای و غیررسمی در برابر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی» بررسی کردند. در این مقاله، آن‌ها سکونتگاه غیررسمی اسلام‌آبادِ شهر زنجان را از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله با توجه به شاخص‌هایی چون بافت شهری، فضای باز، تراکم‌های شهری، نوع و قدمت مصالح در محیط ARC VIEW و ARC GIS بررسی کردند. در این بررسی مشخص شد که محله‌ی مذکور در برابر زلزله از سایر محلات و مناطق شهری آسیب‌پذیری بیشتری دارد.

عزیزی و اکبری (۱۳۸۷) در مقاله‌ای با عنوان «ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله » نشان دادند که افزایش مقدار متغیرهایی چون شیب زمین، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، عمر ساختمان و فاصله از فضاهای باز سبب افزایش میزان آسیب‌پذیری می شود. در مقابل، افزایش مقدار متغیرهایی چون فاصله از گسل، مساحت قطعات، دسترسی بر اساس عرض معبر و سازگاری کاربری از نظر هم‌جواری سبب کاهش آسیب‌پذیری می‌گردد. در این باره، عکس آنچه گفته شد نیز صادق است.

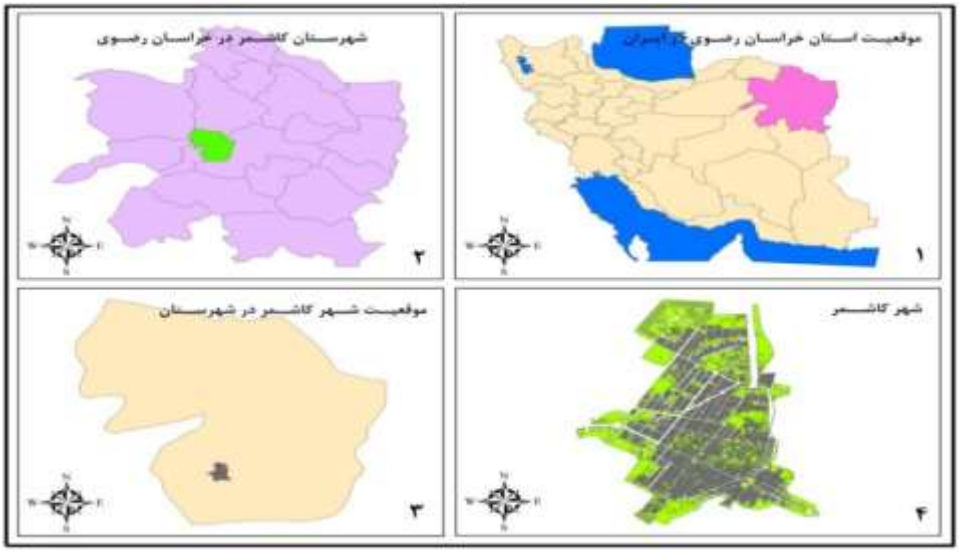
شهر کاشمر در یکی از مناطق زلزله‌خیز ایران (نزدیکی به گسل دشت لوت یا همان گسل درونه به منزله‌ی بزرگ‌ترین و عمیق‌ترین گسل کشور) واقع شده است. شاهد بر این ادعا ویرانی کاشمر (ترشیز) بر اثر زمین‌لرزه‌ی ۲۵ سپتامبر ۱۹۰۳ (با بزرگای MS=۹/۵) و تربت حیدریه با زمین‌لرزه‌ی ۲۵ مه‌ی ۱۹۲۳ کاج درخت (با بزرگای MS=۸/۵) به موازات گسل بزرگ

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

کویر (درونه) است. گسل معروف درونه از شمال شهر کاشمر می‌گذرد. همچنین، در منطقه‌ی کاشمر بیش از ۸۰ درصد سکونتگاه‌ها در حواشی و یا مناطق مجاور این گسل استقرار یافته‌اند (جوادی کاریزکی و همکاران، ۱۳۸۷: ۷ - ۹). این موضوع، در زمینه‌ی شناسایی نواحی آسیب‌پذیر برابر زلزله، ضرورت برنامه‌ریزی را قبل از وقوع حادثه مشخص می‌کند. با توجه به این سابقه‌ی تاریخی در زلزله‌خیزی منطقه، آیا شهر کاشمر در برابر شدت‌های متفاوت زلزله می‌تواند مقاومتی داشته باشد و، در نتیجه، کمترین آسیب را متحمل شود. از این رو، هدف از این پژوهش اولویت‌بندی نواحی شهری کاشمر بر اساس آسیب‌پذیری کالبدی در مقابل زلزله و معرفی مدل VIKOR به صورت مدل رتبه‌بندی در بحث‌های شهر و برنامه‌ریزی شهری است. همچنین، از دیگر اهداف این پژوهش، ارزیابی میزان همبستگی بین تراکم جمعیت و میزان آسیب‌پذیری کالبدی در برابر زلزله است.

داده‌ها و روش کار

کاشمر یکی از شهرستان‌های استان خراسان رضوی است که در فاصله‌ی ۲۱۷ کیلومتری جنوب غرب مشهد واقع شده است. شهر کاشمر در مرکز استان خراسان و در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ۲۸ دقیقه طول شرقی است. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۱۰۷۵ متر است. جمعیت شهر کاشمر بر اساس آخرین سرشماری عمومی نفوس مسکن برابر با ۹۵٫۹۶۲ نفر است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). مساحت شهر کاشمر در حدود ۱۰۷۵ هکتار است (طرح تفصیلی شهر کاشمر، ۱۳۸۷). شکل شماره‌ی ۱ موقعیت سیاسی شهر کاشمر را در کشور ایران و استان خراسان رضوی نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت سیاسی شهر کاشمر.

با توجه به ماهیت موضوع و اهداف مطالعه، رویکرد پژوهش حاضر «توصیفی- تحلیلی» است. جامعه‌ی آماری انتخاب‌شده ناحیه‌ی شهری کاشمر بر اساس طرح جامع است (طرح جامع شهر کاشمر، ۱۳۸۳: ۸۵). در این پژوهش، از شاخص‌هایی استفاده شد که در سطح و اطراف شهر کاشمر موجود بود. همچنین، برای تهیه‌ی معیارها از داده‌های زیر استفاده شد:

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

۱) نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (تهیه‌ی نقشه‌ی گسل‌های منطقه و بررسی فاصله‌ی نزدیک‌ترین گسل به هر ناحیه‌ی شهری)؛
۲) استفاده از نقشه‌ی کاربری اراضی شهری کاشمر برای معیارها (وضعیت مصالح، مراکز درمانی، فضاهای باز و زمین‌های خالی، میزان دسترسی و ...)؛
۳) نقشه‌ی بلوک جمعیتی شهر کاشمر (۱۳۹۰).

در پژوهش حاضر از ۱۱ شاخص (مصالح ساختمانی، کیفیت بنا، قدمت بنا، تعداد طبقات، نمای ساختمان، سازگاری کاربری‌ها، دسترسی، فاصله از گسل، تراکم ساختمانی، تعداد جمعیت و نحوه‌ی توزیع و تعداد مراکز امداد و نجات) برای ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی شهر کاشمر در برابر زلزله استفاده شد. جدول شماره‌ی ۱ گویای علل استفاده از شاخص‌های بررسی است.

جدول ۱: علل استفاده و نحوه‌ی امتیازدهی به شاخص‌های بررسی‌شده در پژوهش

معیارها	توضیح‌ها
مصالح ساختمانی	مصالح ساختمانی مقاوم یکی از مهم‌ترین عوامل استقامت ساختمان در برابر زلزله است. در این پژوهش، مصالح ساختمانی (اسکلت بتنی و اسکلت فلزی دارای بیشترین ارزش و مقاومت در برابر زلزله و مصالح خشت و چوب و آجر و سنگ دارای کمترین ارزش و مقاومت) در نظر گرفته شده است.
کیفیت بنا	بناهای نوساز بیشترین مقاومت و ارزش و ساختمان‌های مرمتی کمترین ارزش و مقاومت در برابر زلزله را دارا هستند.
قدمت بنا	ساختمان‌های نوساز زیر پنج سال بیشترین مقاومت و آنهاییکه بالای ۳۰ سال کمترین مقاومت را در برابر زلزله دارند.
تعداد طبقات	هرچقدر تعداد طبقات ساختمانی زیاد باشد، مقاومت ساختمان در برابر زلزله کاهش یافته، آسیب‌پذیر می‌شود.
نما	نمای سنگی و فلزی دارای استحکام و مقاومت بیشتر ساختمان است. در مقابل، ساختمان‌های فاقد نما و نمای شیشه‌ای کمترین مقاومت و استحکام را در برابر زلزله دارند.
سازگاری کاربری‌ها	در زمان وقوع زلزله، وجود کاربری‌های سازگار در یک ناحیه از شهر به کاهش میزان آسیب‌پذیری در آن ناحیه منجر می‌شود. علت این اتفاق عدم تأثیرگذاری منفی کاربری‌های مخاطره‌آفرین (صنایع) در افزایش میزان آسیب‌پذیری در کاربری‌های هم‌جوار است.
دسترسی	دسترسی مناسب به معابر، علاوه بر خدمات‌رسانی مناسب به آسیب‌دیدگان در زمان زلزله، در کاهش میزان آسیب‌پذیری نیز مؤثر است.
گسل	گسل‌ها عامل اصلی وقوع زلزله هستند. فاصله گرفتن بیشتر از گسل‌ها به آسیب‌پذیری کمتر منجر می‌شود (درباره‌ی حریم‌های گسل گفتنی است فاصله هر یک از نواحی به نزدیکترین گسل آن نواحی محاسبه شده است).
تراکم ساختمانی	تراکم ساختمانی زیاد به علت ریزش ساختمان و تراکم بالای خرابی‌های به آسیب‌پذیری بیشتر شهر منجر می‌شود.
جمعیت	وجود جمعیت فراوان و تراکم بالای جمعیتی در هر نقطه از شهر می‌تواند به مرگ و میر بیشتر و، در نتیجه، آسیب‌پذیری بیشتر در برابر زلزله منجر شود.
مراکز امداد و نجات	وجود مراکز امداد و نجات (بیمارستان، درمانگاه و ایستگاه آتش‌نشانی) در هر ناحیه از شهر می‌تواند به خدمات‌رسانی مناسب و، در نتیجه، کاهش میزان آسیب‌پذیری منجر شود.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

علاوه بر شاخص‌های بررسی شده در جدول بالا، شدت زمین‌لرزه‌ی احتمالی و وضعیت سنگ بستر (لیتولوژی زمین) نیز می‌تواند در میزان آسیب‌پذیری تأثیر فراوانی داشته باشد. در این باره، شدت زمین‌لرزه‌ی احتمالی در همه‌ی نواحی شهری کاشمر به یک اندازه و سنگ بستر قرار گرفته‌ی همه‌ی نواحی شهر کاشمر بر روی سنگ بستر Qft۲ (یا ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم‌ارتفاع) است. نتیجه این‌که این دو عامل مهم در ارزیابی صورت‌گرفته‌ی مدل VIKOR محاسبه نشدند. علت چنین امری یکسان بودن امتیاز نواحی در شدت زمین‌لرزه‌ی احتمالی و وضعیت سنگ بستر است. مقادیر معیارهای بررسی‌شده با استفاده از محاسبه‌های ریاضی و قابلیت‌های نرم‌افزار ARC MAP از نقشه‌های طرح تفصیلی شهر کاشمر و داده‌های مذکور استخراج شد. همچنین، با استفاده از مدل VIKOR، به رتبه‌بندی نواحی شهری کاشمر از نظر آسیب‌پذیری در مقابل زلزله اقدام گردید.

گفتنی است که مدل ویکور روش MCDM[۱] توافقی است که آپریکوویچ و زنگ آن را به وجود آوردند (Wei and Lin, ۲۰۰۸). این روش بر مبنای روش ال پی متریک[۲] توسعه یافته است. فرمول شماره‌ی ۱ مبنای روش ال پی متریک را نشان می‌دهد:

فرمول ۱:

$$L_{pi} = \left\{ \sum_{j=1}^{n} \left[w_i (f_j^* - f_{ij}) / (f^* - f_j^-) \right]^p \right\}^{1/p}$$
$$1 \le p \le +\infty; i = 1,2,...I.$$

این روش می‌تواند مقداری بیشینه‌ی مطلوبیت گروهی برای اکثریت و کمینه‌ای تأثر انفرادی برای مخالفت فراهم کند. در ادامه، با استفاده از فرمول شماره‌ی ۲، مقادیر نرمال‌شده اعداد به دست آمده برای هر کدام از شاخص‌ها محاسبه می‌شود:

فرمول ۲:

$$f_{ij} = x_{ij} \Big/ \sqrt{\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^2}, i = 1,2,...,m; \quad j = 1,2,...,n$$

مرحله بعدی مدل مذکور تعیین بهترین و بدترین مقدار از مقادیر نرمال شده است که از معیارهای فرمول‌های ۳ و ۴ به دست می‌آید:

فرمول ۳ و ۴:

$$f_j^* = \quad Max\ f_{ij} \quad , i = 1,2,...,m$$
$$f_j^- = \quad Min\ f_{ij}, j = 1,2,...,n$$

(f_j^* بهترین راه‌حل مطلوب مثبت برای معیار ژام و f_j^- بدترین راه‌حل مطلوب منفی برای معیار ژام)

[۱] .Multiple Criteria Decision Making
[۲] .LP-metric

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

اگر تمامی f_j^* را به هم پیوند بزنیم، ترکیبی بهینه خواهیم داشت. در نتیجه، بیشترین امتیاز به دست خواهد داد. درباره‌ی f_j^- نیز همین امر صادق است.

با مشخص شدن بهترین و بدترین مقادیر شاخص‌ها، فاصله‌ی گزینه‌ها از راه‌حل مطلوب با استفاده از فرمول ۵ و ۶ محاسبه می‌شود:

فرمول ۵ و ۶:

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_i (f_j^* - f_{ij}) / (f^* - f_j^-)$$

$$R_i = Max[w_i (f_j^* - f_{ij}) / (f^* - f_j^-)]$$

در انتها، با استفاده از فرمول شماره‌ی ۷ مقادیر Q_i برای رتبه‌بندی پهنه‌ها استفاده می‌شود:

فرمول شماره ۷:

$$Q_i = v\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right] + (1-v)\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right]$$

در جایی که: $S^- = \underset{i}{Max} S_i$ ، $S^* = \underset{i}{Min} S_i$ ، $R^- = \underset{i}{Max} R_i$ و $R^* = \underset{i}{Min} R_i$ و v وزن راهبردی اکثریت موافق معیار یا حداکثر مطلوبیت گروهی است.

$\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right]$ نشان‌دهنده‌ی نسبت فاصله از راه‌حل مطلوب منفی گزینه‌ی iام و، به عبارت دیگر، موافقت اکثریت برای نسبت iام است.

$\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right]$ نشان‌دهنده‌ی نسبت فاصله از راه‌حل مطلوب گزینه iام و به معنی مخالفت با نسبت گزینه iام است.

بنابراین، هنگامی که مقدار v بزرگ‌تر از ۰/۵ باشد، شاخص Q_i منجر به اکثریت موافق می‌شود. همچنین، هنگامی که مقدار آن کمتر از ۰/۵ می‌شود، شاخص Q_i نشان‌دهنده‌ی نگرش منفی اکثریت است. در کل، وقتی مقدار v برابر ۰/۵ است، گواه نگرش توافقی متخصصان ارزیابی است.

سرانجام، با استفاده از مقادیر به دست آمده از Q_i نواحی شهر کاشمر در برابر زلزله رتبه‌بندی می‌شوند. در این باره، با استفاده از مدل اسپیرمن، به ارزیابی میزان همبستگی بین تراکم جمعیتی در هر ناحیه پرداخته می‌شود و رتبه‌ی آسیب‌پذیری همان ناحیه محاسبه می‌گردد.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

شرح و تفسیر نتایج

- **شناخت اجمالی از وضعیت کالبدی شهر کاشمر**

با توجه به طرح جامع شهر کاشمر، این شهر دارای هشت ناحیه‌ی شهری است که ناحیه‌ی سه این شهر با ۱۹ هزار نفر بیشترین جمعیت شهر را در خود جای داده و ناحیه‌ی چهار با چهار هزار نفر جمعیت کم‌جمعیت‌ترین ناحیه‌ی شهر است. جدول شماره‌ی ۲ اطلاعات کلی نواحی شهر کاشمر را نشان می‌دهد.

جدول ۲: وضعیت جمعیتی و تراکمی محدوده‌ی نواحی شهری کاشمر

نواحی شهری	تعداد جمعیت	مساحت ناحیه (هکتار)	تراکم جمعیت (ناخالص)	رتبه‌ی تراکم جمعیتی
ناحیه ۱	۳۷۴۷	۹۵	۳۹/۴	۸
ناحیه ۲	۱۴۶۹۷	۲۱۶	۶۸	۲
ناحیه ۳	۱۹۴۷۲	۲۱۳/۹	۹۱	۱
ناحیه ۴	۱۲۱۶۲	۱۷۸/۶	۶۸	۴
ناحیه ۵	۹۹۰۷	۱۵۳	۶۴/۷	۵
ناحیه ۶	۱۳۴۰۰	۲۵۷	۵۲/۱	۳
ناحیه ۷	۷۲۲۳	۲۱۹	۳۲/۹	۶
ناحیه ۸	۳۸۵۲	۱۴۲	۲۷/۱	۷
مجموع	۸۴۴۶۰	۱۰۸۲	-	-

درباره‌ی اختلاف موجود ما بین مجموع جمعیت و مساحت نواحی در جدول بالا و محدوده‌ی مطالعه گفتنی است که جمعیت سرشماری‌شده در سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن شامل حوزه‌ی استحفاظی شهرهاست. همچنین، جمعیت ساکن در محدوده‌ی داخلی نواحی شهری با مجموع جمعیت ساکن در حوزه‌ی استحفاظی آن شهر متفاوت است. این موضوع (یکسان نبودن محدوده‌ی نواحی شهری با حوزه‌ی استحفاظی) اختلاف مجموع مساحت نواحی شهری و مساحت محدوده‌ی شهر را توجیه می‌کند.

در ادامه، با توجه به مراحل مدل VIKOR، اقدام به یافتن مقادیر شاخص مورد استفاده در هر کدام از نواحی شهر کاشمر شد. جدول شماره‌ی ۳ ارزش‌های تعداد و درجه‌ی توزیع هر کدام از معیارها را در نواحی شهری کاشمر نشان می‌دهد.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

جدول ۳: تعداد و درجه‌ی توزیع شاخص‌های مورد استفاده در نواحی شهری کاشمر

	مصالح ساختمانی	کیفیت بنا	قدمت بنا	تعداد طبقات	نما	سازگاری کاربری‌ها	دسترسی	گسل	تراکم ساختمانی	جمعیت	مراکز امداد و نجات
ناحیه۱	۱۰۴۹۷	۱۰۱۹۴	۱۲۶۸۴	۳۴۱۳	۱۰۱۶۲	۲۱۲۲۸۰۳	۸	۷۱۳۴۵	۱۸۴۴۵۶.۴۸	۳۷۴۷	۲
ناحیه۲	۱۲۳۴۵	۱۱۴۸۲	۱۲۵۷۵	۲۷۷۰	۱۰۱۴۷	۳۱۵۵۳۲۰	۱۲	۶۸۶۵۲	۲۲۳۵۶۳.۶۹	۱۴۶۹۷	۲۵
ناحیه۳	۱۱۸۳۵	۱۲۶۲۳	۱۳۴۷۳	۳۹۱۸	۵۳۲۲	۵۲۹۸۱۶۳	۲۲	۸۷۹۴۱	۲۰۰۱۳۱.۹۱	۱۹۴۷۲	۲۸
ناحیه۴	۱۱۵۵۷	۱۰۹۰۶	۱۱۷۰۰	۳۶۶۳	۷۲۸۵	۴۸۸۶۶۳۰	۱۱	۴۵۰۹۸	۲۰۵۲۹۱.۷۱	۱۲۱۶۲	۷
ناحیه۵	۸۳۴۲	۷۳۸۲	۶۸۲۵	۲۲۷۰	۳۴۰۴	۵۳۸۷۳۹۷	۱۶	۵۴۸۸	۱۶۹۲۴۴.۶۵	۹۹۰۷	۹
ناحیه۶	۴۳۴۲	۲۹۳۱	۲۸۹۱	۱۵۱۰	۱۳۱۲۰	۴۷۰۰۴۶۲	۱۹	۳۲۶۹۲	۲۶۴۹۷۱.۳	۱۳۴۰۰	۱۵
ناحیه ۷	۲۸۹۴	۳۰۱۶	۱۶۵۹	۱۴۲۶	۹۵۶۳	۲۱۵۸۹۸۶	۱۰	۲۶۸۹۱	۱۹۴۸۳۵.۲	۷۲۲۳	۱
ناحیه ۸	۱۷۹۸	۱۸۷۶	۲۱۵۸	۱۲۶۷	۴۸۵۹	۱۸۷۵۶۹۱	۱۳	۱۹۸۲۵	۱۵۸۴۶۲.۸	۳۸۵۲	۱

درباره‌ی مقادیر جدول شماره‌ی ۳ گفتنی است که این مقادیر از ضریب ارزش هر نوع شاخص در تعداد آن شاخص به دست آمده است. به عبارت دیگر، تعداد هر نوع شاخص (اسکلت بتنی در شاخص مصالح ساختمانی) بالاترین ارزش را به خود اختصاص داده است. عدد موجود در شاخص مصالح ساختمانی از مجموع ضریب این ارزش بر تعداد ساختمان دارای اسکلت بتنی و ارزش ضریب سایر مصالح ساختمانی به دست می‌آید. همچنین، عدد به دست آمده انواع مصالح ساختمانی هر ناحیه را در قیاس با سایر نواحی نشان می‌دهد.

یکی از مراحل روش ویکور وزن‌دهی به شاخص‌های بررسی‌شده در پژوهش است. در این مقاله، از روش AHP برای وزن‌دهی به معیارها استفاده شده است. گفتنی است که ضریب سازگاری یا نسبت توافق ماتریس مقایسه‌ی دو تایی (CR[۱]= ۰.۰۸) محاسبه شد. جدول شماره‌ی ۴ ماتریس مقایسه‌ی زوجی معیارهای مورد بررسی را در زمینه‌ی مشخص کردن وزن هر کدام از معیارها نشان می‌دهد.

[۱]. Consistency Ratio

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

جدول ۴: ماتریس مقایسه‌ی زوجی معیارهای دخیل در ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی در برابر زلزله با مدل AHP

معیارها	مصالح ساختمانی	کیفیت بنا	قدمت بنا	تعداد طبقات	نما	سازگاری کاربری‌ها	دسترسی	گسل	تراکم ساختمانی	جمعیت	مراکز امداد و نجات	وزن نهایی
مصالح ساختمانی	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۷	۸	۸	۹	۹	۰.۲۸۰۶
کیفیت بنا	۰.۵	۱	۲	۴	۵	۶	۷	۷	۸	۸	۹	۰.۲۱۶۰
قدمت بنا	۰.۳۳۳۳	۰.۵	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۷	۸	۸	۰.۱۵۰۲
تعداد طبقات	۰.۲	۰.۲۵	۰.۵	۱	۲	۴	۵	۶	۷	۷	۸	۰.۱۱۰۳
نما	۰.۱۶۶۷	۰.۲	۰.۳۳۳۳	۰.۵	۱	۲	۳	۶	۶	۷	۷	۰.۰۷۷۹
سازگاری کاربری‌ها	۰.۱۴۲۹	۰.۱۶۶۷	۰.۲	۰.۲۵	۰.۵	۱	۲	۴	۵	۶	۷	۰.۰۵۵۱
دسترسی	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۱۶۶۷	۰.۲	۰.۳۳۳۳	۰.۵	۱	۲	۳	۵	۶	۰.۰۳۷۸
گسل	۰.۱۲۵	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۱۶۶۷	۰.۱۶۶۷	۰.۲۵	۰.۵	۱	۲	۴	۵	۰.۰۲۷۱
تراکم ساختمانی	۰.۱۲۵	۰.۱۲۵	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۱۶۶۷	۰.۲	۰.۳۳۳۳	۰.۵	۱	۲	۳	۰.۰۱۹۰
جمعیت	۰.۱۱۱۱	۰.۱۲۵	۰.۱۲۵	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۱۶۶۷	۰.۲	۰.۲۵	۰.۵	۱	۲	۰.۰۱۴۳
مراکز امداد و نجات	۰.۱۱۱۱	۰.۱۱۱۱	۰.۱۲۵	۰.۱۲۵	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲۹	۰.۱۶۶۷	۰.۲	۰.۳۳۳۳	۰.۵	۱	۰.۰۱۱۷
مجموع												۱

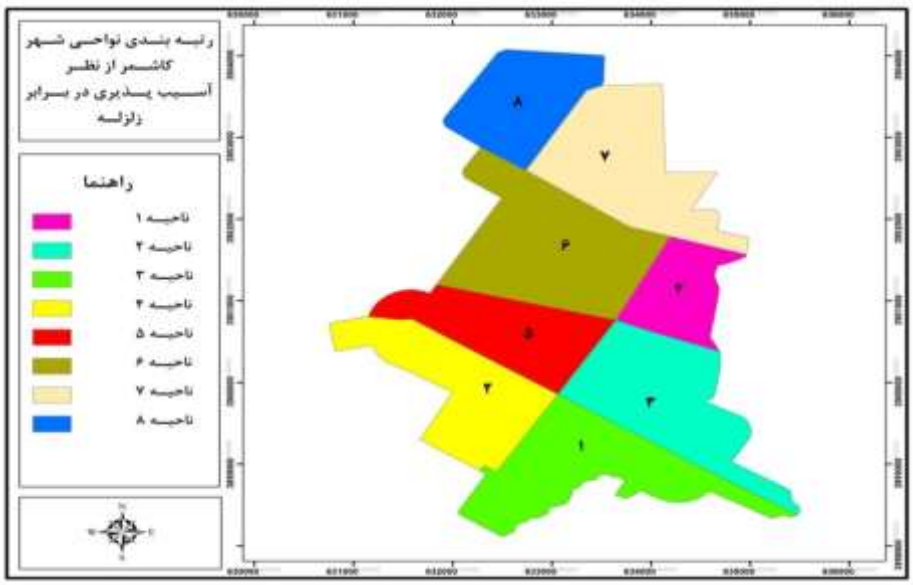
با توجه به وزن و ضریب به دست آمده از وزن و مقادیر هر کدام از معیارها در مدل ویکور، مقادیر Q_i محاسبه و رتبه‌بندی نواحی شهر کاشمر در زمینه‌ی شناسایی نواحی آسیب‌پذیر در برابر زلزله مشخص می‌شود. جدول شماره‌ی ۵ رتبه‌بندی نواحی شهر کاشمر را از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله نشان می‌دهد.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

جدول ۵: رتبه‌بندی نواحی شهری کاشمر بر اساس میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله

نواحی	$\varphi^+ - \varphi^-$	رتبه
ناحیه ۱	۰.۰۷۶۰۹۳۸۵۱	چهارم
ناحیه ۲	۰.۱۰۵۳۱۰۶۸۶	سوم
ناحیه ۳	۰.۱۱۸۲۸۱۷۶۷	اول
ناحیه ۴	۰.۱۶۶۶۱۰۶۷	دوم
ناحیه ۵	۰.۴۷۹۷۱۱۷۲۴	پنجم
ناحیه ۶	۰.۶۸۹۱۲۳۹۳۲	ششم
ناحیه ۷	۰.۹۴۱۰۰۰۰۵۳	هفتم
ناحیه ۸	۰.۹۶۹۳۲۷۲۴۲	هشتم

نتایج تحقیق و جدول شماره‌ی ۵ مشخص می‌کند که، با توجه به معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی نواحی شهری کاشمر، ناحیه‌ی سه بالاترین میزان آسیب‌پذیری و ناحیه‌ی هشت کمترین میزان آسیب‌پذیری کالبدی را در برابر زلزله دارند. شکل شماره‌ی ۲ رتبه‌بندی آسیب‌پذیری کالبدی نواحی شهری کاشمر را در برابر زلزله نشان می‌دهد.



شکل ۲: اولویت‌بندی نواحی شهری کاشمر بر اساس آسیب‌پذیری کالبدی با استفاده از مدل VIKOR

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

نتایج حاصل از پژوهش حاکی از آن است که ناحیه‌های ۳ و ۴ به علت مناسب بودن شاخص‌های کالبدی ساختمان (مصالح ساختمانی، قدمت و کیفیت بنا و نوع مصالح ساختمانی) و دسترسی مناسب به شبکه‌ی ارتباطی و کاربری‌های امداد و نجات کمترین آسیب‌پذیری را دارند. در مقابل، ناحیه‌های ۸ و ۷ به علت ضعف در کالبد ساختمان، تراکم بالای ساختمان و جمعیت و عدم دسترسی مناسب به کاربری‌های امداد و نجات دارای بیشترین آسیب‌پذیری در برابر زلزله هستند.

- **ارتباط تراکم جمعیت و میزان آسیب‌پذیری در زلزله**

در این پژوهش، برای بررسی ارتباط بین تراکم جمعیت و میزان آسیب‌پذیری از مدل اسپیرمن استفاده شده است. جدول شماره‌ی ۶ و فرمول شماره‌ی ۸ مراحل و روند محاسبه‌ی همبستگی میزان جمعیت و آسیب‌پذیری را در برابر زلزله با استفاده از مدل اسپیرمن نشان می‌دهد.

جدول۶: محاسبه‌ی ضریب همبستگی بین رتبه‌ی تراکم جمعیت و رتبه میزان آسیب‌پذیری در نواحی کاشمر

ناحیه	رتبه تراکم جمعیت	رتبه آسیب‌پذیری در VIKOR	D	D^2
ناحیه ۱	۸	۴	۴	۱۶
ناحیه ۲	۲	۳	-۱	۱
ناحیه ۳	۱	۱	۱	۱
ناحیه ۴	۴	۲	۲	۴
ناحیه ۵	۵	۵	۰	۰
ناحیه ۶	۳	۶	۳	۹
ناحیه ۷	۶	۷	-۱	۱
ناحیه ۸	۷	۸	-۱	۱

فرمول شماره ۸:

$$\sum d^2 = ۳۳$$

$$r = ۱ - \frac{۶\sum d^2}{n^3 - n} \Rightarrow r = ۱ - \frac{۶ \times ۳۳}{۵۱۲ - ۳۳} \Rightarrow ۱ - \frac{۱۹۸}{۴۷۹} = ۰.۵۸۶۶$$

با استفاده از مدل اسپیرمن، همبستگی تراکم جمعیت و میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله حدود ۰/۵۸۶۶ محاسبه شد. این عدد گواه همبستگی بالا بین تراکم جمعیت و آسیب‌پذیری در شش ناحیه‌ی شهری کاشمر است؛ بدین معنی که افزایش تراکم جمعیت در نواحی شهری نقش بیشتری در بالا بودن آسیب‌پذیری مقابل زلزله دارد. با توجه به جدول شماره‌ی ۶ و ستون d^2، مشخص می‌شود که تفاوت بسیاری کمی در رتبه‌ی تراکم جمعیتی و رتبه‌ی آسیب‌پذیری نواحی شهری کاشمر وجود دارد. این موضوع نشان‌دهنده‌ی آن است که، به جز ناحیه‌ی ۱ و ۶، سایر نواحی همبستگی مثبت بسیار فراوانی در میزان آسیب‌پذیری و میزان جمعیت دارند.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

نتیجه‌گیری

امروزه یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مسئولان شهرها کاهش آثار زلزله در بین ساکنان شهر و محیط‌های شهری، چه قبل و چه بعد از وقوع آن، است. در این باره، شناسایی نواحی شهری آسیب‌پذیر در مقابل زلزله امری ضروری است، زیرا با شناسایی نواحی پر خطر می‌توان با برنامه‌ریزی مناسب وضعیت کالبدی ساختمان‌ها، افزایش خدمات اضطراری (درمانگاه، آتش‌نشانی، پناهگاه چند منظوره) و ... را در این نواحی بهبود بخشید تا در صورت وقوع زلزله، علاوه بر کاهش آسیب‌پذیری، در کمترین زمان ممکن به ارئه‌ی خدمات در این نواحی پرداخت. در این پژوهش، ۱۱ معیار کالبدی و انسانی آسیب‌پذیری نواحی شهری کاشمر با استفاده از مدل VIKOR ارزیابی شدند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که ناحیه‌ی سه‌ی شهر کاشمر بیشترین و ناحیه‌ی هشت این شهر کمترین آسیب‌پذیری کالبدی را برابر زلزله دارند. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که وضعیت کالبدی بهینه ساختمان‌های شهر، کم بودن تراکم ساختمانی و تراکم جمعیتی می‌تواند در میزان آسیب‌پذیری شهر کاشمر مؤثر باشد و به کاهش میزان آسیب‌پذیری منجر شود. همچنین، دسترسی مناسب به شبکه‌ی معابر و خدمات امداد و نجات در کاهش آسیب‌های ناشی از وقوع زلزله، مخصوصاً بعد از وقوع این بلایای طبیعی، نقش مناسبی می‌تواند ایفا کند. بیشترین امکانات و تأسیساتی که در شهر کاشمر کمبود آن‌ها مشاهده می‌شود کمبود ایستگاه آتش‌نشانی، مراکز درمانی، ضعف در شاخص‌های کالبدی ساختمان‌ها (مصالح ساختمانی، کیفیت - قدمت بنا و ...) و ضعف شبکه‌ی دسترسی معابر در محدوده‌ی نواحی این شهر است.

در ادامه پژوهش، با استفاده از مدل همبستگی اسپیرمن همبستگی بین تراکم جمعیت و میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله ارزیابی شد که نتایج (۰/۵۸۶۶) نشان از همبستگی بالای این دو مقوله دارد؛ بدین معنی که هر چقدر میزان و تراکم جمعیت در ناحیه‌ای بیشتر باشد میزان آسیب‌پذیری آن ناحیه از شهر در مقابله زلزله بیشتر و بیشترین آسیب ناشی از زلزله متوجه ساکنان آن ناحیه خواهد بود. با توجه به نتایج به دست آمده و رتبه‌بندی نواحی شهر کاشمر از نظر میزان آسیب‌پذیری، می‌توان اقدام به برنامه‌ریزی کاهش میزان آسیب‌پذیری در نواحی آسیب‌پذیر (بهبود ضعف‌های موجود و افزایش میزان شاخص‌های مؤثر در کاهش آسیب‌پذیری برابر زلزله) کرد.

منابع

احدنژاد، محسن؛ ابوالفضل مشکینی و بتول نوری. ۱۳۸۶. ارزیابی آسیب پذیری سکونتگاه‌های حاشیه‌ای و غیر رسمی در برابر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونه موردی اسکان غیر رسمی اسلام آباد شهر زنجان) *اولین همایش GIS شهری*، ۴ تا ۵ شهریور. دانشگاه شمال.

احدنژاد روشتی، محسن. ۱۳۸۸. *مدل سازی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله*، نمونه موردی شهر زنجان رساله دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه تهران.

آقا طاهر، رضا و دلاور، محمود رضا و کمالیان، نصرالله. ۱۳۸۵. وزن‌دهی فاکتورهای مؤثر در آسیب پذیری لرزهای شهر تهران، *نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران*، **۴۰(۸)**: ص ۵۷ – ۳۳.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

جوادی کاریزکی، حمید رضا، شاه پسند زاده، مجید، قاسمی، محمد رضا و استرابی آشتیانی، مرضیه. ۱۳۸۷. دگر ریختی فعال و لرزه خیزی سامانه گسل درونه در شمال خرد قاره ایران مرکزی با نگرشی بر زمین لرزه های ۱۹۰۳ ترشیز و ۱۹۲۳ کاج درخت. نشریه مطالعات زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، جلد ۱، شماره ۱، صص ۱۸ – ۱.

دفتر سازمان ملل متحد برای کاهش خطر بلایا http://www.unisdr.org

زهرائی، سید مهدی و لیلی ارشاد. ۱۳۸۴. بررسی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان‌های شهر قزوین. *نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران*، **۹**: ۲۹۷ – ۲۸۷.

سعید نیا، احمد. ۱۳۷۸. *کاربری زمین شهری*، انتشارات مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری. جلد دوم، تهران.

سیلاوی، طلوع و دلاور، محمود رضا، ملک، محمد رضا و کمالیان، نصرالله. ۱۳۸۴. تهیه نقشه‌ی آسیب پذیری لرزه‌ای با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره مبتنی بر ریاضیات بازه‌ها و سیستم‌های اطلاعات مکانی، *اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه* – ۲۴ تا ۲۵ بهمن، تهران.

طرح تفصیلی شهر کاشمر. ۱۳۸۷. مهندسین مشاور زیست کاوش، سازمان مسکن و شهرسازی استان خراسان رضوی.

طرح توسعه و عمران (جامع) کاشمر. ۱۳۸۳. سازمان مسکن و شهرسازی استان خراسان رضوی.

عزیزی، محمد مهدی و رضا اکبری. ۱۳۸۷. ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله (مطالعه موردی: منطقه فرحزاد، تهران)، *نشریه هنرهای زیبا*، **۳۴** : ۳۶ – ۲۵.

قنبری، حکیمه و کاظمی زاد، شمس اله و احد نژاد محسن. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر سازگاری کاربری‌های همجوار شهری در کاهش ریسک فاجعه و خسارات ناشی از زلزله، منطقه ۳ و ۷ شهرداری تبریز، *اولین کنفرانس بین‌المللی ساخت و ساز شهری در مجاورت گسل‌های فعال*، ۱۲ الی ۱۴ شهریور ماه، تبریز، ایران.

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۰. نتایج سرشماری نفوس و مسکن شهر کاشمر.

هیراسکار، جی. کی. ۱۳۷۶. *درآمدی بر مبانی برنامه ریزی شهری*، مترجمان: محمد سلیمانی و احمد رضا یکانی‌فر، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه تربیت معلم تهران.

Botero V. ۲۰۰۹. *Geo-information for measuring vulnerability to earthquake*: a fitness for use approach PHD thesis, ITC, Netherland.

Cuny.F. C. ۱۹۸۳. *Disasters & development*. Oxford University Press.

Fischer III, henry, Scharnberger, Charls K and Geiger, Charles J. ۱۹۹٦. "Reducing Seismic Vuknerability in Low to moderate risk areas". *Disaster Prevention and* Management, **٥ (٤)**, MCB University, ISSN ۰۹٦٥-۳٥٦۲. PP ٥ – ۱۸.

Gibson, Gary .۱۹۹۷. "An introduction to seismology" *Disaster prevention and* Management, **٦ (٥)**, MCB university press, Emerald Group Limited. PP ۳٥٦ – ۳٦۱.

Lantada Nieves, Pujades Luis, Barbat, Alex. ۲۰۰۸. Vulnerability Index and Capacity Spectrum Based Method for Urban Seismic Risk Evaluation, *Journal of Natural hazards*, **٥۱(۳)**, PP ٥۰۱ – ٥۲٤.

Martinelli A, Cifani G. ۲۰۰۸. Building Vulnerability Assessment and Damage Scenarios in Celano (Italy) Using a Quick Survey Data-based Methodology, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* , **۲۸**: ۸۷٥-۸۸۹.

Paton, Douglas and Fohnston, David. ۲۰۰۱. Disaster and Communities: Vulnerability, resilixence And preparedness, *Disaster Prevention And Management* ۱۰ **(٤)**, MCB University, ISSN ۰۹٦٥-۳٥٦۲.

UNDP. ۲۰۰٤. *Reducing Disasters Risk: A Challenge for Development*, UNDP.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]

Undro, ۱۹۷٦. *Guidelines for Disaster Prevention* Vol. ۱, pre- Disaster Physical Planning of Human Settlements. No. ۱۹۷.
Wei, Jingzhu; Lin, Xiangyi. ۲۰۰۸. *The Multiple Attributed Decision-Making VIKOR Method and Its Application*, IEEE.

[Downloaded from jsaeh.khu.ac.ir on 2024-03-28]