ارزیابی آسیب‌پذیری بافت شهر در برابر زلزله: تحلیلی از شهر کوچک جویم

مرضیه جوکاری[۱]، مرضیه موغلی✉[۲]، محمد ابراهیم عفیفی[۳]

نوع مقاله: علمی پژوهشی

صفحه ۷ تا ۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۵

چکیده

در عصری که شهرنشینی سریع و افزایش مخاطرات طبیعی ویژگی‌های اصلی آن هستند، ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها، به‌ویژه شهرهای کوچک، در برابر زلزله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با تمرکز بر شهر جویم، به‌عنوان نماینده‌ای از شهرهای کوچک در ایران، به بررسی جامع آسیب‌پذیری این شهر در برابر زلزله پرداخته است. شهرهای کوچک به دلیل نبود زیرساخت‌های قوی و برنامه‌ریزی جامع، در برابر رویدادهای لرزه‌ای به‌شدت آسیب‌پذیر هستند. روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و در دسته پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. به‌منظور دستیابی به اهداف پس از شناسایی ۱۷ معیار از بررسی ادبیات، توسط ۱۹ خبره و متخصصان امر وزن دهی انجام گردید و با در نهایت با استفاده از روش وزن‌دهی سوارا (SWARA) و همپوشانی الگوریتم گاما فازی (FUZZY) در نرم‌افزار ArcGIS نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری حاصل شد تا درک عمیقی از میزان آسیب‌پذیری شهر به دست آید. یافته‌ها نشان می‌دهد که معیار تراکم جمعیت با وزن نسبی ۰/۰۶۷۹ بیشترین تأثیر را در آسیب‌پذیری داشته است و پس از آن بناهای غیرمقاوم (۰/۰۶۵۸) و نسبت بزرگ‌سالان (۰/۰۶۴۸) از عوامل اصلی آسیب‌پذیری در شهر جویم هستند. ۲۹ درصد شهر دز سطح آسیب‌پذیری زیاد قرار داشته و ناپایداری نسبی شهر را نمایان می‌کند، بعد وضعیت مناسب‌تری دارد اما بعد زیست‌محیطی با ۲۷ درصد آسیب‌پذیری در سطح بسیار زیاد و بعد اقتصادی با سهم مشابه (۳۲ درصد)، وضعیت نگران‌کننده‌ای دارند. بعد کالبدی نیز با وجود رعایت نسبی اصول فنی، بهبود زیرساخت‌ها را می‌طلبد. این نتایج نشان‌دهنده نیاز به برنامه‌های جامع کاهش خطر و تقویت تاب‌آوری در ابعاد زیست‌محیطی و اقتصادی است.

کلیدواژه‌ها: زلزله، آسیب‌پذیری، مدل SWARA، گسل، جویم.

[۱] دانشجوی دکتری جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران، m.jokari.۶۹۴۳@gmail.com

[۲] ✉ دانشیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران، mmoghali@yahoo.com (نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۱۸۱۷۵۷۹)

[۳] استادیار گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران، afifi.ebrahim۶۳۵۳@gmail.com

مقدمه

در عصری که با شهرنشینی سریع و شیوع روزافزون مخاطرات طبیعی مشخص‌شده است، نیاز به درک و ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌های شهری در برابر چنین رویدادهایی هرگز به این اندازه مبرم نبوده است (برهانی و همکاران، ۲۰۲۲)؛ و مخاطرات طبیعی تهدیدی قابل‌توجه برای تاب‌آوری و پایداری آن‌ها است. در میان مخاطرات، زلزله به‌عنوان یک تهدید فراگیر که می‌تواند پیامدهای مخربی را بر بافت شهری تحمیل کند، برجسته می‌شود (باساگیلاو همکاران، ۲۰۱۸). مناطق شهری کانون فعالیت‌های انسانی، نوآوری و توسعه اجتماعی-اقتصادی هستند. بااین‌حال، آن‌ها همچنین به دلیل تراکم بالای جمعیت، شبکه‌های زیرساختی و محیط ساخته‌شده پیچیده، به‌طور منحصربه‌فردی در برابر اثرات مخاطرات طبیعی مستعد آسیب هستند (بوردن و همکاران، ۲۰۰۷). درک تأثیر متقابل بین فرآیندهای شهرنشینی و مخاطرات طبیعی برای تصمیم‌گیری آگاهانه، برنامه‌ریزی شهری و توسعه راهبردهای مؤثر کاهش خطر و سازگاری ضروری است (بورپی و همکاران، ۲۰۰۰). در این بین ارزیابی آسیب‌پذیری شهرهای کوچک در برابر زلزله به دلیل خطرات قابل‌توجهی که برای عملکرد شهری، زندگی مردم و ثبات اقتصادی در این مناطق ایجاد می‌کند، بسیار مهم است. شهرهای کوچک، به‌ویژه شهرهایی که شهرنشینی سریع را تجربه می‌کنند، اغلب فاقد زیرساخت‌های قوی و برنامه‌ریزی جامع هستند که آن‌ها را به‌شدت مستعد رویدادهای لرزه‌ای می‌کند (ژنگ و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها را قادر می‌سازد تا اقدامات مقاوم‌سازی و افزایش انعطاف‌پذیری را برای زیرساخت‌های حیاتی، مانند ساختمان‌ها و شبکه‌های حمل‌ونقل، کاهش آسیب فیزیکی و تلفات جانی در رویدادهای لرزه‌ای آتی اولویت‌بندی کنند (ویسنته و همکاران، ۲۰۱۱)(فریه‌را و همکاران، ۲۰۲۰). سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان در مدیریت شهری قبل از وقوع بحران‌ها از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، چراکه می‌توان از خسارات جانی و مالی بسیاری که خصوصاً برای کشورهای درحال‌توسعه بسیار سنگین و در روند دستیابی به توسعه، جبران آن‌ها بسیار هزینه‌بر است جلوگیری نمود (ماچادو و همکاران، ۲۰۲۱). از طرف دیگر متولیان برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و مدیریت شهری در سطوح کلان و خرد بایستی با استفاده از ضوابط فنی و علمی ساخت‌وسازها را پیرامون کاهش و تخفیف هر چه بیشتر از مخاطرات طبیعی فراهم نماید (هولگرسن، ۲۰۱۴) ؛ در کشور ما ایران، طبق تحقیقات وزارت مسکن و شهرسازی در طرح کالبد ملی، نیمی از جمعیت شهرنشین کشور در مناطقی سکونت دارند که بالاترین میزان خطر زلزله‌خیزی را دارا هستند. به بیان دیگر، نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در ایران نشان می‌دهد که بخش بزرگی از مناطق مسکونی کشور در محدوده خطر نسبتاً بالا قرار گرفته‌اند و تقریباً تمام کشور در محدوده‌ای با خطر متوسط تا نسبتاً بالا واقع شده است؛ از طرف دیگر بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ بخش اعظم شهرهای کشور یعنی ۸۵ درصد شهرها زیر ۵۰ هزار نفر جمعیت دارند و به لحاظ اندازه در رده شهرهای کوچک جای می‌گیرند بنابراین آسیب‌پذیری شهرهای کوچک اندام در مقابل بلایای طبیعی مسئله‌ای مهم و جدی است؛ زیرا در صورت بروز مخاطرات محیطی در شهرهای کوچک با توجه به جمعیت، سرمایه‌گذاری‌های خرد، تأسیسات و تجهیزات اقتصادی و اجتماعی توسعه‌نیافته خسارات مالی و جانی زیادی به دنبال خواهد داشت. بر همین مبنا این پژوهش بر ارزیابی آسیب‌پذیری بافت شهری در برابر زلزله با تأکید ویژه بر شهر جویم به‌عنوان مطالعه موردی تمرکز دارد. شهر جویم به یک شهر کوچک لندام نماینده مناسبی به‌عنوان بخشی عظیمی از شهرهای کشور است که با پراکنش جمعیتی کم تراکم، شبکه‌های زیرساختی توسعه‌نیافته و درجات مختلف مقاومت لرزه‌ای مشخص می‌شود. هدف این مطالعه با بررسی آسیب‌پذیری شهر جویم در برابر زلزله، ارائه بینش‌هایی

است که می‌تواند سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان شهری و ذینفعان را در افزایش تاب‌آوری و آمادگی شهر در برابر رویدادهای لرزه‌ای آگاه کند. از طریق تجزیه‌وتحلیل جامع آسیب‌پذیری بافت شهری و ادغام تحلیل فضایی هدف بر ایجاد یک درک جامع از آسیب‌پذیری شهر جویم در برابر زلزله و پیشنهاد مداخلات هدفمند برای کاهش خطر و افزایش تاب‌آوری متمرکز است. درنهایت، این تحقیق به گفتمان گسترده‌تر در مورد تاب‌آوری شهری و کاهش خطر بلایا کمک می‌کند و بینش‌های ارزشمندی را در مورد پویایی پیچیده بین توسعه شهری و مخاطرات طبیعی ارائه می‌دهد. با تمرکز بر شهر جویم به‌عنوان یک مطالعه موردی، هدف بر ایجاد توصیه‌های عملی است که می‌تواند در بافت‌های شهری مشابهی که با تهدیدات لرزه‌ای در سراسر جهان مواجه هستند، اعمال شود.

پیشینه پژوهش

در مورد ارزیابی آسیب‌پذیری بافت شهر در برابر زلزله پژوهش‌هایی انجام شده است که برخی مطالعات در این زمینه به شرح ذیل می‌باشند:

مطالعه پاشاپور و همکاران (۱۳۹۸) در مورد کلان‌شهر تبریز نشان داد مناطق مرکزی، غرب و جنوب غربی شهر با مساحت ۱۳۹۶۹/۶ هکتار (۵۹/۳ درصد از مساحت شهر) در پهنه لرزه‌خیزی با ریسک بسیار بالا و بالا قرار دارند و کاملاً مستعد زلزله هستند و تنها بخش‌های شمالی این شهر به‌صورت منفرد مصون از زلزله است؛ اما با توجه به آن‌که عمق و دامنه زلزله محدود به حریم خاصی نیست، طبیعتاً رخداد زلزله در این شهر مناطق شمالی را نیز در بر خواهد گرفت.

مطالعه‌ای از محمودی و همکاران (۱۳۹۹) در مورد منطقه۲۰ شهر تهران نشان داد ۲۱ درصد از مساحت کل منطقه دارای آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا،۶۱ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط،۱۸ درصد از مساحت منطقه دارای آسیب‌پذیری کمی است و نتایج لایه‌های جمعیتی نشان می‌دهد که ۵۶/۸ درصد از کل جمعیت منطقه در معرض آسیب‌پذیری بالا، بسیار بالا و ۲۷/۹ درصد آسیب‌پذیری متوسط و ۱۴/۱ درصد با درجه آسیب‌پذیری کم است؛ همچنین نتایج حاصل از لایه‌های نوع مصالح و اماکن مهم منطقه حاکی از آن است که بیشترین آسیب‌پذیری به لحاظ نوع مصالح به ترتیب فلزی، آجری، نیمه فلزی و غیره بوده و اماکن مهمی مانند مراکز آموزشی، کلینک‌ها و درمانگاه‌های منطقه از بیشترین درجه آسیب‌پذیری برخوردار هستند.

دلشاد و همکاران (۱۴۰۰)، در مقاله خود با بررسی بافت مرکزی شهر رشت که شامل بازار سنتی شهر، مجموعه تاریخی شهرداری،پیاده راه فرهنگی اعلم الهدی و سبزه میدان به دنبال تعیین شاخص های مهم برنامه ریزی فضایی-کالبدی تاب آور در برابر زلزله ودرجه اهمیت این شاخص ها بودند. آنها با انتخاب چهار دسته شاخص، ۲۰ معیار و ۳۵ زیرمعیار تاب آوری کالبدی در برابر زلزله و استفاده از مدل ترکیبی AHP و Fuzzy و میزان اهمیت شاخص ها و ترتیب اولویت معیارها و زیر معیارها را مشخص کردند.

ملکی و همکاران (۱۴۰۰)، در مقاله خود به منظور بررسی مولفه های اجتماعی و اقتصادی و نهادی تأثیر گذار در تابآوری ناحیه غربی شهر ایذه در برابر زلزله، با استفاده از نتایج آزمون های رگرسیون و پیرسون نشان دادند که در منطقه مورد مطالعه عوامل اجتماعی با ضریب ۰/۷۴۱درصد، بیشترین تأثیر را در تاب آوری این منطقه داشته و عوامل نهادی با ضریب ۰/۵۴۷درصد کمترین عامل اثرگذار در تاب آوری شهری این منطقه بوده است. همچنین، آزمون رگرسیون مشخص کرد که متغیر مستقل اجتماعی با ۵۴درصد، اقتصادی ۴۲ درصد و نهادی با ۲۹ درصد توانست بر تاب آوری تأثیر گذار باشد. ایشان در روش دوم و برای مشخص کردن تأثیر مؤلفه کالبدی بر تاب آوری شهری از ۵ شاخص اصلی (کیفیت، قدمت، نوع مصالح، مساحت و دسترسی به ابنیه ها) تأثیرگذار بر کاهش آسیب پذیری کالبدی شهر در برابر زلزله استفاده کردند و نتایج بررسی ها نشان داد که محدوده

مرکزی ناحیه غربی شـــهر ایذه به دلایل قدمت بالای ابنیه ها و کیفیت پایین ســـاخت وســـازها، دارای پایینترین سطح تاب آوری در کل ناحیه می باشد.

نتایج مطالعه نوحه سرا و همکاران(۱۴۰۱)، نشان داد مناطق با آسیب پذیری زیاد ۲۹/۸۷ درصد از کل مساحت حوزه می- باشد، که این میزان نشان دهنده نامناســـب بودن بافت حوزه در هنگام وقوع زلزله می باشد. رتبه های بعدی این بررسی به ترتیب شامل ۱۵/۲۹ درصد آسیب پذیری متوسط، ۰۱/۲۸ درصد آسیب پذیری بسیار کم، ۷۴/۶ درصد آسیب پذیری بسیار زیاد و ۲۱/۶ درصد آسیب پذیری کم می باشد. نتایج این پژوهش نشـــان داد که روش طبقه بندی ماشـــین بردار پشـــتیبان[۱] (SVM) توانایی تشـــخیص نزدیک به ۷۵ درصـــد از بافت فرســـوده محدوده را دارا بوده است. که این شناسایی قدرت بالای روش ماشین بردار پشـتیبان در شـناسـایی حوزه دو بافت فرسـوده شهری را نشان داده است.

نتایج مطالعه لاله پور و همکاران (۱۴۰۱) در مورد مطالعه محلات شـــهر ورزقان نشـــان داد که درصـــد قابل‌توجهی از شهر در کلاس‌های آسیب‌پذیری زیاد و بسـیار زیاد واقع‌شـده اسـت. حتی افزون بر ۷۰ درصـد برخی محلات در کلاس آســـیب‌پذیری زیاد و بســـیار زیاد جای گرفته‌اند. با توجه به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شـهر و توزیع کلاس‌های آسـیب‌پذیر در سـطح محلات شـهر می‌توان نتیجه گرفت که کل پهنه شـهر ورزقان نسبت به رخداد زمین‌لرزه آسیب‌پذیر است.

عفیفی (۱۴۰۱)، درتحقیقی به ارزیابی تاب آوری بافت فرسـوده در مقابل زلزله با اسـتفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره در منطقه ۲ شهر بندرعباس شـــامل محلات نایبند، خواجه عطا، چاهســـتانی ها و کمربندی پرداخت. درروش ANP ،نتایج نشان داد که ۶۹/۲ درصـد از نایبند شـمالی و ۴۰/۹ درصـد خواجه عطا از تاب آوری ،بالایی برخورار بوده و ۸/۳۲ درصـــد کاربری های کمربندی به شـدت آسـیب پذیر و ۱/۴۳ درصد آن نسـبتاً آسـیب پذیر اسـت که رتبۀاول آسـیب پذیری بوده و چاهســـتانی ها نیز رتبۀ دوم را دارد. در نهایت مقایسه نتایج حاصل از دو روش تصمیم گیری، نشان داد که عملکرد بهتری داشته است.

نتـایج پژوهش تیموری و همکـاران (۱۴۰۳) کـه بـا اسـتفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط نرم افزار ArcGISبرای انـدازه گیری و اولویت بندی آســـیب پذیری مناطق مختلف شـــهر کرمانشـاه اسـتفاده شـده اسـت نشـان داد،که ۳۱/۶۹ درصـد از سـاختمان‌های شـهر از نظر پایداری کالبدی در نواحی بسیار بالا و آسیب‌پذیر قرار دارند که منطقه ۳ آســـیب‌پذیرترین منطقـه اســـت. از نظر کـارایی امدادرسانی در بحران، ۱۳.۶۵ درصد از ساختمان های شـهر در مناطق بسـیار بالا و آسـیب پذیر قرار دارند که منطقـه ۵ آســـیب پذیرترین منطقـه اســـت. از نظر آسـیب‌پذیری فیزیکی، ۲۳.۷۸ درصـد سـاختمان‌ها در زون‌های آســـیب‌پذیر بســـیار بالا و ۳۴.۹۷ درصـــد در مناطق آسـیب‌پذیر بالا قرار دارند. مناطق ۳، ۷، ۴ و ۲ آســـیب پذیرترین مناطق کرمانشـاه در صـورت وقوع زلزله هستند.

نتایج پژوهش احمد و همکاران (۲۰۱۸) در تحلیل آسـیب‌پذیری سـازه‌های مسـکونی در برابر زلزله در دو بخش شـــهر داکا نشـــان داد که مهم‌ترین پیش‌بینی کننده برای ســـازه‌هایی که در زلزله‌ها به‌خوبی عمل می‌کنند، اسـتفاده از بتن مسـلح اسـت؛ این مسـئله بر نیـاز بـه برنـامـه‌ریزی برای مقـاوم‌ســـازی طبقـات سـاختمان‌ها اشـاره می‌کند (احمد و موریتا، ۲۰۱۸). ارزیابی آســـیب‌پذیری لرزه‌ای کلان‌شـــهر زلزله‌خیز شـیلونگ، هند با اسـتفاده از نقشـه‌برداری ژئوفیزیک و سـنجش‌ازدور توسـط بارواه و همکاران (۲۰۱۸)[۲] نشـان داد که بیش از ۶۰ درصـــد از شـــهر شـــیلونگ تحت آسـیب‌پذیری متوسـط تا بالاتر قرار دارد و بقیه کمتر آسـیب‌پذیر هسـتند (باراوه و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج مطالعه گوا و کوپوکو (۲۰۲۰)[۳] در ارزیابی آسیب‌پذیری

[۱] Support vector machines
[۲] Baruah et al., ۲۰۲۰
[۳] Guo & Kapucu, ۲۰۲۰

اجتماعی در برابر فاجعه زلزله با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی با مطالعه موردی شهر هانژونگ، چین نشان‌دهنده توزیع فضایی آسیب‌پذیری اجتماعی در شهر هانژونگ بود.

آتس وارینسل اندر (۲۰۲۱)[۱]در پژوهش خود یک مدل شهر هوشمند خاص را تعریف کردند و نقش این مدل را در تاب آوری در برابر بلایای طبیعی مورد بررسی قرار دادند. پردازش اطلاعات براساس تحلیل سلسله مراتبی(AHP) درچهارمرحله انجام شد.ایشان در مرحله اول،معیارهای ارزیابی زیست محیطی هوشمند جدیدی را با داده های اقلیمی و جغرافیایی در محدوده منطقه پیشنهاد کردند. در مرحله دوم، آنها گروه کارشناسی خبره ای را برای ارزیابی در محدوده روش(AHP) تعیین کردند و سپس سطوح اهمیت معیارهای ارزیابی زیست محیطی هوشمند فعلی وپیشنهادی را باروش AHP مقایسه نمودند. از نتایج این پژوهش مشخص شد که فرآیندهای شهرنشینی هوشمند که سعی در ارتباط با ویژگیهای محلی دارند، از نظر تضمین تاب آوری شهری از اهمیت بالایی برخورد ار هستند (آتس وارینسل اندر و همکاران، ۲۰۲۱).

آلبولسکو و همکاران (۲۰۲۲)[۲] در ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای [۶]مرکز اداری در منطقه جنوب شرقی رومانی، با پیشنهاد یک شاخص ترکیبی وزنی شاخص آسیب‌پذیری زلزله نشان دادند که چگونه ادغام ابزارها و تکنیک‌های GIS ممکن است ارزیابی‌های آسیب‌پذیری را بهبود بخشد، به‌ویژه زمانی که آن‌ها در ارتباط با روش‌های MCDM استفاده می‌شوند. ترسیم نقشه‌های یکپارچه آسیب‌پذیرترین مراکز شهری و نقاط حساس آسیب‌پذیری در آن‌ها امکان برنامه‌ریزی پیشرفته در مقیاس منطقه‌ای و محلی مداخلات اضطراری را فراهم می‌کند (آلبولسکو و همکاران، ۲۰۲۲).

منطقه مورد مطالعه

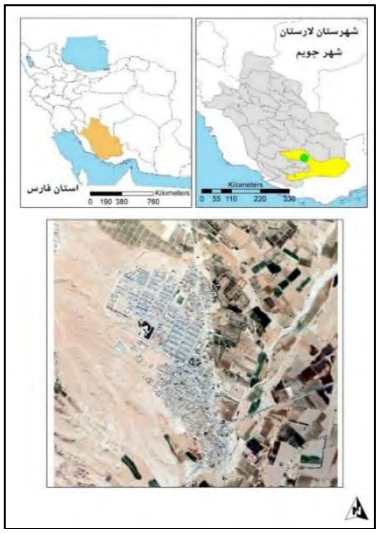
جویُم شهری در جنوب استان فارس و مرکز شهرستان جویم است. جویم بر اساس آخرین سرشماری کشور دارای ۸،۰۱۰ تن جمعیت با اکثریتی شیعه مذهب و فارسی‌زبان بوده‌است. جویم ۷۲ کیلومتر تا جهرم، ۱۱۰ کیلومتر تا لار و ۲۵۰ کیلومتر تا شیراز فاصله دارد.

جویم در سال ۱۳۱۶ به همراه بیدشهر و خنج یکی از بخش‌های تابعه شهرستان جهرم در استان جنوب بود که در سال ۱۳۲۳ به شهرستان لارستان پیوست. جویم در سال ۱۳۶۹ به شهر تبدیل شده‌است(تقوی ،۱۳۹۵).

این شهر در ۵۳ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی از نصف النهار مبدأ و ۲۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا واقع شده‌است. ارتفاع آن از سطح دریا به‌طور میانگین ۸۶۱ متر است و مساحتش در حدود ۳۲۶۰ کیلومتر مربع است(تقوی ،۱۳۹۵).

شکل(۱)موقعیت سیاسی محدوده مورد مطالعه را نشان می دهد. این شهر در سال ۶۹ از روستا به شهر تبدیل شده است و یکی از کوچک‌ترین شهرهای استان فارس محسوب می‌گردد. به لحاظ موقعیت نسبی جویم از جهت غرب محدود به باغات پراکنده نخل، منطقه ممنوعه و تپه‌های کم ارتفاع، از سمت شرق محدود به اراضی زراعی و باغات و از سمت جنوب منتهی با نخلستان سپس اراضی زراعی، از طریق دروازه ورودی جنوبی با شهر شرفویه و بناروبه و از سمت شرق و توسط دروازه شرقی با شهر لار و جهرم در ارتباط است. به‌طورکلی شهر از بافتی ارگانیک و فرسوده برخوردار است و شدت فرسودگی در قسمت‌های جنوبی شهر نیز بیشتر از شمال است و در این سمت ساخت‌وسازهای بیشتری وجود دارد. شهر در محدوده پهنه با خطر نسبتاً بالای زلزله قرار دارد و تاکنون شهر بارها و بارها در معرض زلزله‌های ویرانگر قرار گرفته است.

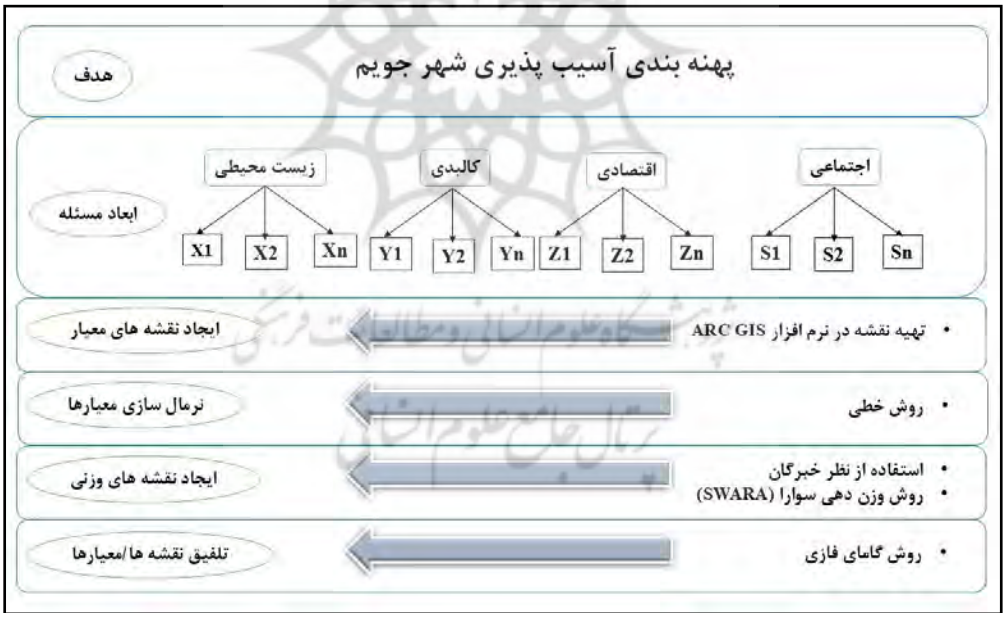
[۱] Ateş and Erinsel Önder,۲۰۲۱
[۲] Albulescu et al., ۲۰۲۲



شکل ۱: موقعیت سیاسی محدوده مورد مطالعه(تقوی،۱۳۹۵)

مواد و روش‌ها

روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و در دسته پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. جمع‌آوری و داده‌های مورد نیاز با بررسی‌های اسنادی- کتابخانه‌ای و داده‌های موجود رسمی در ادارات و دستگاه‌های مرتبط مانند شهرداری، مرکز آمار ایران، اداره راه و شهرسازی و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی جمع‌آوری شده است. ابتدا به منظور شناسایی معیارهای تحقیق با مرور مطالعات و ادبیات تحقیق ۱۷ معیار در چهار شاخص کلی اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و زیست‌محیطی شناسایی گردید. در مرحله بعد، بانک اطلاعاتی تمامی معیارهای در نرم‌افزار ArcGIS ایجاد شد و به تولید نقشه‌های معیار مبادرت گردید. پس از آن در مرحله نرمال‌سازی و تهیه نقشه‌های وزنی ابتدا به‌منظور تعیین وزن هر کدام از معیارها با استفاده از ابزار پرسشنامه از نظر ۱۹ خبره و متخصصان امر بهره گرفته شد و با روش وزن‌دهی سوارا (SWARA)[1] اوزان معیارها محاسبه گردید. در گام نهایی با استفاده از قابلیت همپوشانی الگوریتم گاما فازی (FUZZY) در نرم‌افزار ArcGIS معیارهای تحقیق با یکدیگر تلفیق‌شده و نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری حاصل شد. فرایند تحقیق در شکل (۲) به‌تفصیل ارائه شده است.



شکل۲: فرایند و گام‌های تحلیل فضایی ارزیابی آسیب‌پذیری شهر جویم

یافته‌ها

با توجه به وسعت موضوعی، تعدد شاخص‌ها و همچنین محدودیت دسترسی به داده‌ها در تحقیق حاضر، با بررسی ادبیات، دسته‌بندی آن‌ها و همچنین بهره‌گیری از صاحب‌نظران در نهایت تعداد ۱۷ زیرمعیار در قالب چهار بعد اجتماعی، اقتصادی،

[1] Step wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)

کالبدی و زیست‌محیطی انتخاب شد (جدول ۱). برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری، مجموعه‌ای از معیارها تعریف شـــد که هر یک به‌صـــورت یک لایه در پایگاه داده‌ها نمایش داده می‌شـود. نقشـه معیار نشـان‌دهنده توزیع فضـایی ویژگی خاصـی اسـت که بر اسـاس آن، میزان دستیابی به اهداف مرتبط با آن ویژگی سنجیده می‌شود (مالچوسفکی، ۱۳۹۲: ۲۰۵).

جدول۱: ابعاد و زیر معیارهای تحقیق و مبنای تولید نقشه‌ها

ابعاد	معیار	مبانی تولید نقشه معیار
اجتماعی	تراکم جمعیت	نفر در واحد سطح
	درصد جمعیت مهاجر	نسبت افراد مهاجر
	نسبت زنان	درصد زنان نسبت به مردان
	نسبت کودکان	نسبت افراد کمتر از ۴ سال
	نسبت بزرگ‌سالان	نسبت افراد بالای ۶۵ سال
	نسبت باسوادی	نسبت افراد باسواد به بی‌سواد
اقتصادی	درصد اشتغال	نسبت افراد شاغل به بیکار
	درصد مالکیت	نسبت افراد دارای مالکیت
	جمعیت فعال	نسبت افراد بالای ۱۰ سال
کالبدی	بناهای غیر مقاوم	نسبت بناهای تمام چوب، خشت و گل، خشت و چوب به کل بناها
	ریزدانگی	نسبت بناهای دارای مساحت کمتر از ۸۰ مترمربع
	حریم برق فشارقوی	فاصله ۲۵۰ متری از برق فشارقوی
	آتش‌نشانی و مراکز امدادی	فاصله ۲۵۰ متری از برق فشارقوی
	نزدیکی به راه دسترسی	فاصله ۱۰۰ متری
	فاصله از بیمارستان و مراکز درمانی	فاصله هر چه کمتر، آسیب‌پذیری کمتر
زیست‌محیطی	حریم گسل	فاصله هر چه بیشتر، آسیب‌پذیری کمتر
	حریم مسیل	فاصله ۱۰۰ متری

در مرحله دوم، ازآنجاکه نقشه‌های معیار اغلب با واحدهای مختلف اندازه‌گیری می‌شوند (مانند واحد نرخ اشتغال و واحد تراکم جمعیت)، مقایسه مستقیم آن‌ها امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین، لازم است این معیارها در قالبی استاندارد و قابل‌مقایسه تعریف شوند. فرآیند نرمال‌سازی، این شاخص‌ها را به مقادیر بین صفر و یک تبدیل می‌کند، به‌طوری‌که مقدار صفر نشان‌دهنده کمترین آسیب‌پذیری و مقدار یک نشان‌دهنده بیشترین آسیب‌پذیری است. در صورتی که شاخص‌ها دارای ماهیت مثبت باشند، با استفاده از رابطه ۱، هر مقدار بر بیشترین مقدار موجود در ستون J تقسیم می‌شود (پور طاهری، ۱۳۸۹: ۳۲).

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}}$$ رابطه (۱)

چنانچه شاخص‌ها دارای جنبه منفی باشند، برای استانداردسازی آن‌ها از رابطه ۲ به‌صورت زیر استفاده می‌شود:

$$n_{ij} = ۱ - \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}}$$ رابطه (۲)

جدول ۲: جنبه نرمال‌سازی نقشه‌های معیار آسیب‌پذیری شهر جویم در برابر زلزله

زیرمعیار	جنبه نرمال‌سازی	زیرمعیار	جنبه نرمال‌سازی	زیرمعیار	جنبه نرمال‌سازی
تراکم جمعیت	مثبت	درصد اشتغال	منفی	آتش‌نشانی و مراکز امدادی	منفی
درصد جمعیت مهاجر	مثبت	درصد مالکیت	منفی	نزدیکی به راه دسترسی	مثبت
نسبت زنان	مثبت	جمعیت فعال	منفی	فاصله از بیمارستان/ مراکز درمانی	مثبت
نسبت کودکان	مثبت	بناهای غیر مقاوم	مثبت	حریم گسل	منفی
نسبت بزرگ‌سالان	مثبت	ریزدانگی	مثبت	حریم مسیل	منفی
نسبت باسوادی	منفی	حریم برق فشارقوی	منفی		

در مرحله سوم، پس از انجام استانداردسازی، فرآیند وزن‌دهی به معیارهای پژوهش آغاز می‌شود. در این پژوهش، از روش تحلیل نسبت ارزیابی وزنی گام‌به‌گام (SWARA) برای وزن‌دهی استفاده شده است. این روش که توسط کروسلین و همکاران[۱] در سال ۲۰۱۰ معرفی شد، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هدف آن تعیین وزن معیارها و زیرمعیارهاست. در روش SWARA، معیارها بر اساس ارزش و اهمیت رتبه‌بندی می‌شوند و اولویت‌بندی نهایی آن‌ها با توجه به مقادیر متوسط اهمیت نسبی هر معیار انجام می‌گیرد. یکی از ویژگی‌های برجسته این روش، امکان بهره‌گیری از نظرات متخصصان در ارزیابی و تعیین اهمیت معیارها است (کرشولینه و همکاران، ۲۰۱۰). همان‌طور که بیان شد، این روش کاملاً قضاوت‌محور بوده و بر پایه دیدگاه خبرگان طراحی شده است؛ بنابراین نظرات تخصصی نقش کلیدی در فرآیند وزن‌دهی به شاخص‌ها در روش SWARA ایفا می‌کند.

گام‌های اصلی برای وزن‌دهی بر اساس روش SWARA به شرح زیر است:

۱- مرتب‌سازی شاخص‌ها: ابتدا شاخص‌ها بر اساس اهمیت آن‌ها مرتب می‌شوند، به‌گونه‌ای که مهم‌ترین شاخص‌ها در رتبه‌های بالاتر و شاخص‌های کم‌اهمیت‌تر در رتبه‌های پایین‌تر قرار گیرند.

۲- تعیین اهمیت نسبی هر شاخص (Sj): در این مرحله، میزان اهمیت نسبی هر شاخص در مقایسه با سایر شاخص‌ها مشخص می‌شود. مقدار این اهمیت با Sj نشان داده می‌شود.

۳- محاسبه ضریب Kj: ضریب Kj که تابعی از مقدار اهمیت نسبی هر شاخص می‌باشد با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

رابطه (۳) $K_j = S_j + ۱$

۴- محاسبه وزن اولیه هر شاخص: در این گام، وزن اولیه هر شاخص با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود. در این روش، وزن مهم‌ترین شاخص برابر با یک در نظر گرفته می‌شود و وزن سایر شاخص‌ها به‌صورت تدریجی بر اساس ضریب محاسبه می‌گردد.

رابطه (۴) $q_j = \frac{q_j - ۱}{K_j}$

۵- محاسبه وزن نهایی نرمال: در آخرین گام وزن نهایی نرمال شده هر شاخص با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شود (کرشولینه و همکاران، ۲۰۱۰).

رابطه (۵) $w_j = \frac{q_j}{\sum q_j}$

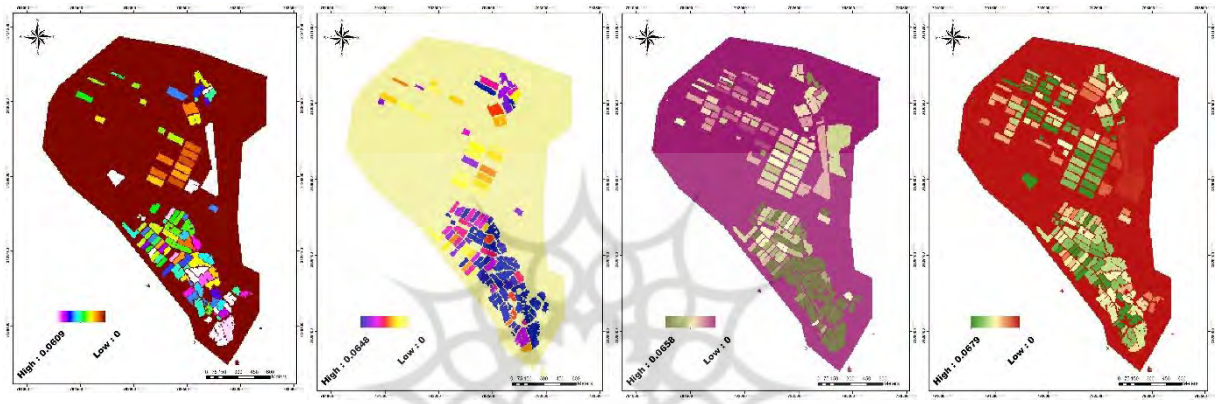
در جدول (۳) اوزان نسبی پهنه‌بندی معیارهای آسیب‌پذیری شهر جویم با استفاده از روش سوارا آمده است. وزن‌های نهایی به‌دست‌آمده در واقع سنجشی از ارجحیت نسبی معیارها است. نتایج وزن‌دهی معیارهای آسیب‌پذیری شهر جویم را با استفاده از روش SWARA نشان می‌دهد معیار تراکم جمعیت با وزن نسبی ۰/۰۶۷۹ بیشترین تأثیر را در آسیب‌پذیری داشته است و پس از آن بناهای غیرمقاوم (۰/۰۶۵۸) و نسبت بزرگ‌سالان (۰/۰۶۴۸) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. معیارهای دیگر نظیر ریزدانگی (۰/۰۶۰۹)، نسبت زنان (۰/۰۶۰۷) و نسبت کودکان (۰/۰۶۰۵) نیز سهم قابل‌توجهی در تحلیل آسیب‌پذیری دارند. معیارهایی مانند حریم گسل، جمعیت فعال و نزدیکی به راه‌های دسترسی با اوزان پایین‌تر، تأثیر کمتری در این زمینه داشته‌اند. معیارهایی مانند درصد مالکیت (۰/۰۵۹۶)، حریم مسیل (۰/۰۵۶۴) و نزدیکی بیمارستان‌ها (۰/۰۵۳۳) از جمله عوامل با تأثیر کمتر در این تحلیل بوده‌اند. معیار درصد جمعیت مهاجر با وزن نسبی ۰/۰۵۱۲ کمترین تأثیر را در میان عوامل مورد بررسی داشته است.

[۱] Keršuliene et al. (۲۰۱۰)

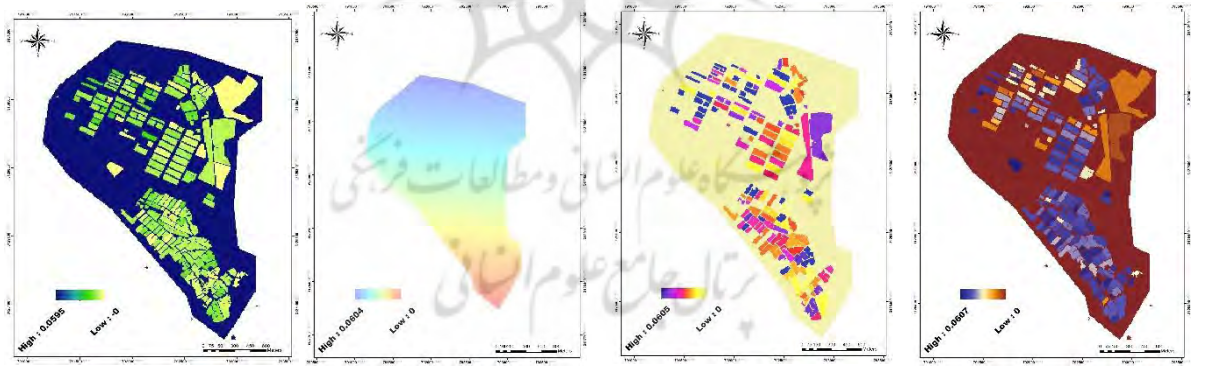
جدول۳: اوزان نسبی پهنه‌بندی معیارهای آسیب‌پذیری شهر جویم با استفاده از روش سوارا

معیار	وزن نسبی	معیار	وزن نسبی
تراکم جمعیت	۰/۰۶۷۹	نزدیکی به راه دسترسی	۰/۰۵۷۵
بناهای غیر مقاوم	۰/۰۶۵۸	درصد اشتغال	۰/۰۵۷۴
نسبت بزرگ‌سالان	۰/۰۶۴۸	درصد مالکیت	۰/۰۵۶۹
ریزدانگی	۰۶۰۹/۰	حریم برق فشارقوی	۰/۰۵۶۸
نسبت زنان	۰/۰۶۰۷	حریم مسیل	۰/۰۵۶۴
نسبت کودکان	۰/۰۶۰۵	نزدیکی بیمارستان و مراکز درمانی	۰/۰۵۳۳
حریم گسل	۰/۰۶۰۴	نسبت باسوادی	۰/۰۵۲۴
جمعیت فعال	۰/۰۵۹۵	درصد جمعیت مهاجر	۰/۰۵۱۲
آتش‌نشانی و مراکز امدادی	۰/۰۵۷۸		

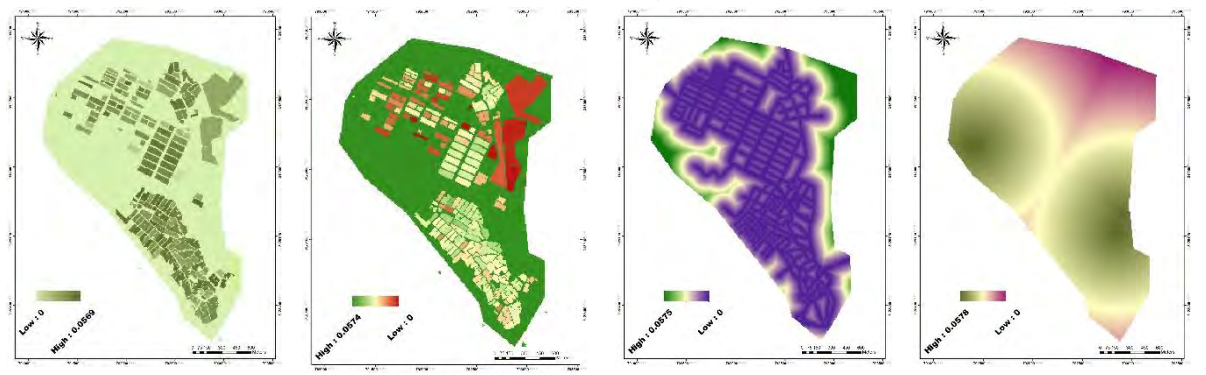
در ادامه نقشه‌های وزنی نرمال شده مربوط که معیارهای تحقیق ارائه شده است (شکل‌های (۳) الی(۱۹))



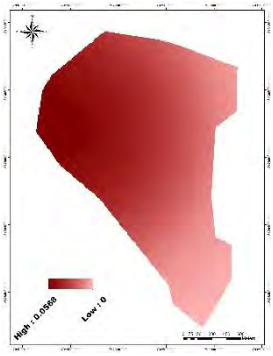
شکل۳:تراکم جمعیت | شکل ۴: بناهای غیر مقاوم | شکل۵: نسبت بزرگ‌سالان | شکل۶: ریزدانگی



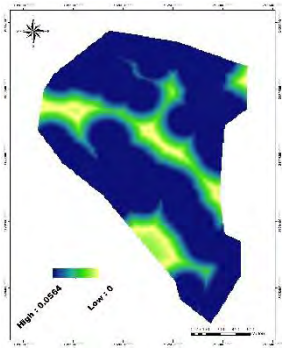
شکل۷:نسبت زنان | شکل ۸: نسبت کودکان | شکل۹: حریم گسل | شکل۱۰: جمعیت فعال



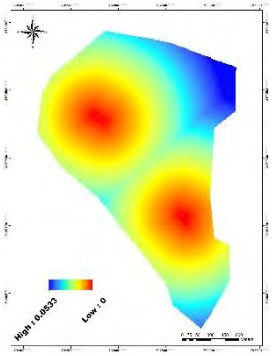
شکل۱۱: مراکز آتش‌نشانی و امدادی



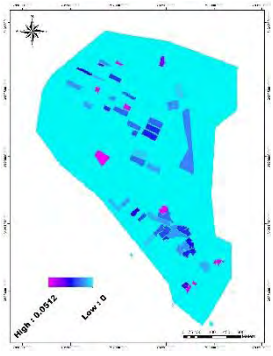
شکل۱۲: دسترسی



شکل۱۳: درصد اشتغال



شکل۱۴: درصد مالکیت

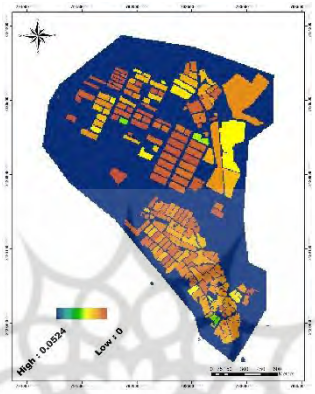


شکل۱۵: حریم برق فشارقوی

شکل۱۶: حریم مسیل

شکل۱۷: نزدیکی به بیمارستان و مراکز درمانی

شکل۱۸: درصد جمعیت مهاجر



شکل۱۹:نسبت باسوادی

در مرحله آخر به‌منظور همپوشانی لایه‌ها برای پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر جویم از عملگر گامای فازی استفاده شد. در مدل‌سازی با استفاده از منطق فازی، پنج عملگر رایج یعنی عملگر AND فازی، عملگر OR فازی، عملگر PRODUCT جبری فازی، عملگر SUM جبری فازی و عملگر GAMMA فازی برای ترکیب لایه‌های فازی وجود دارد. این عملگرها در ترکیب و تحلیل لایه‌های فازی به کار می‌روند. (بنهام-کارتر، ۱۹۹۴). در این پژوهش از عملگر گامای فازی (GAMMA) استفاده شده است که ترکیبی از عملگرهای فازی SUM و PRODUCT بوده و از رابطه (۶) تعریف می‌شود:

$$\mu=(\text{uzzy algebralc sum} * \text{fuzzy algebralc product})^{(1-\gamma)} \quad (۶)$$

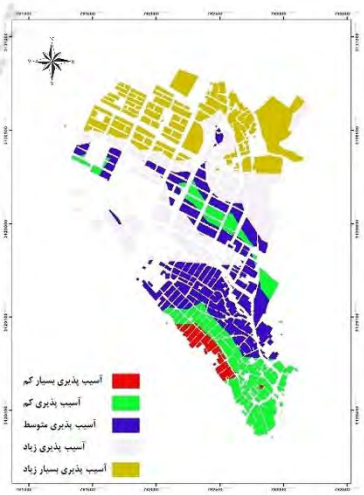
در این رابطه:

μ: لایه نهایی حاصل از ترکیب گامای فازی.

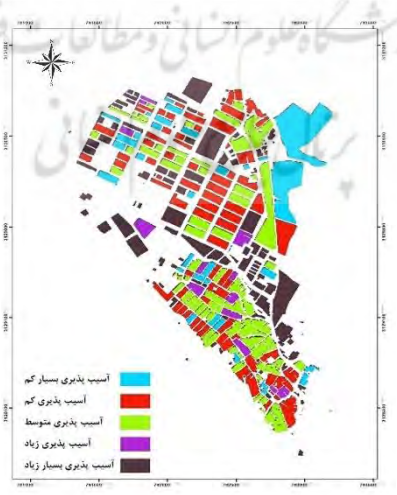
γ: پارامتری در محدوده ۰ تا ۱ که درجه مشارکت هر یک از عملگرها را تعیین می‌کند (زیمرمان و زاینو، ۱۹۸۰). این عملگر امکان انعطاف‌پذیری در وزن‌دهی به مشارکت هر دو عملگر را فراهم کرده و در سناریوهای مختلف کاربرد دارد.

یافته‌های پژوهش در جدول(۳)، شکل‌های ۲۰ الی ۲۵ به تفکیک ابعاد مختلف اجتماعی، زیست‌محیطی، کالبدی و اقتصادی، ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در بعد اجتماعی، ۵۹ درصد از شهر به لحاظ آسیب‌پذیری در سطح کم قرار دارد. این رقم قابل‌توجه نشان‌دهنده انسجام و قدرت نسبی شبکه‌های اجتماعی در مواجهه با زلزله است. با این حال، سهم آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد به ترتیب ۳ و ۱۰ درصد است که نسبتاً پایین است، ولی همچنان نیازمند برنامه‌ریزی است. از سوی دیگر، سهم آسیب‌پذیری متوسط ۱۳ درصد و بسیار کم ۱۵ درصد

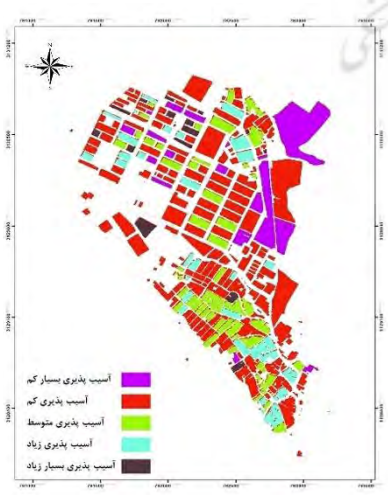
است که بیانگر وضعیت نه‌چندان بحرانی این بعد است. در بعد زیست‌محیطی، آسیب‌پذیری در سطح بسیار زیاد با ۲۷ درصد، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده که نشان‌دهنده وضعیت نگران‌کننده شهر جویم است. سطح زیاد با ۲۵ درصد نیز رقم قابل‌توجهی دارد که بیانگر حساسیت بالای این بعد در برابر زلزله است. در مقابل، سطح کم با ۱۸ درصد و بسیار کم با ۳ درصد، نشان‌دهنده بهبودپذیری نسبی در این جنبه است، اما همچنان تأکید بیشتری بر تقویت این حوزه ضروری به نظر می‌رسد. بررسی بعد کالبدی نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری در سطح کم با ۲۹ درصد بیشترین سهم را دارد که ناشی از رعایت نسبی اصول فنی در ساخت‌وسازها است؛ اما سهم آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد هر دو برابر با ۲۱ درصد هستند که بیانگر نیاز به مداخلات فوری برای بهبود زیرساخت‌ها است. همچنین، سهم متوسط ۱۹ درصد و بسیار کم ۹ درصد است که بیانگر توزیع نسبتاً متعادل این بعد است. در بعد اقتصادی آسیب‌پذیری با بالاترین سهم در سطح بسیار زیاد (۳۲ درصد) مواجه است که نشان‌دهنده ضعف‌های قابل‌توجه در این بعد است. سطح بسیار کم با ۱۷ درصد و کم با ۲۵ درصد نشان می‌دهند که بخش‌هایی از شهر از تاب‌آوری اقتصادی نسبی برخوردارند. آسیب‌پذیری در سطح زیاد تنها ۴ درصد است که می‌تواند بیانگر یک توزیع ناهمگون در مواجهه با زلزله باشد. تحلیل کلی آسیب‌پذیری شهر جویم نشان می‌دهد که بیشترین سهم مربوط به سطح آسیب‌پذیری زیاد با ۲۹ درصد است که بیانگر ناپایداری نسبی در جنبه‌های مختلف شهر در مواجهه با زلزله است. سهم آسیب‌پذیری متوسط با ۲۴ درصد نیز نشان‌دهنده وضعیتی نسبتاً پایدار اما همچنان قابل بهبود است. در مقابل، آسیب‌پذیری در سطح بسیار کم و کم به ترتیب ۱۵ و ۲۰ درصد است که نشان‌دهنده وجود نقاط قوت در برخی ابعاد است. با این حال، سهم ۱۲ درصدی آسیب‌پذیری بسیار زیاد نگرانی‌هایی را در خصوص نواحی یا جنبه‌های خاصی از شهر ایجاد می‌کند که نیازمند مداخلات فوری هستند. به‌طورکلی، این تحلیل نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری ابعاد مختلف در شهر جویم پراکندگی قابل‌توجهی دارد. درحالی‌که بعد اجتماعی نسبتاً مقاوم‌تر است، ابعاد زیست‌محیطی و اقتصادی آسیب‌پذیری بیشتری را نشان می‌دهند که نیازمند برنامه‌های کاهش خطر و تقویت تاب‌آوری در این حوزه‌ها است.



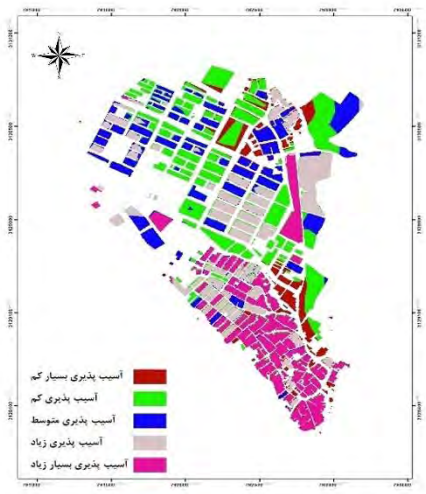
شکل ۲۰: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زیست‌محیطی شهر جویم



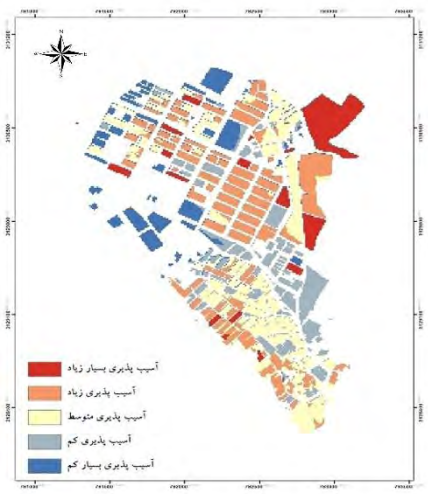
شکل ۲۱:پهنه‌بندی آسیب‌پذیری اقتصادی شهر جویم



شکل ۲۲: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی شهر جویم



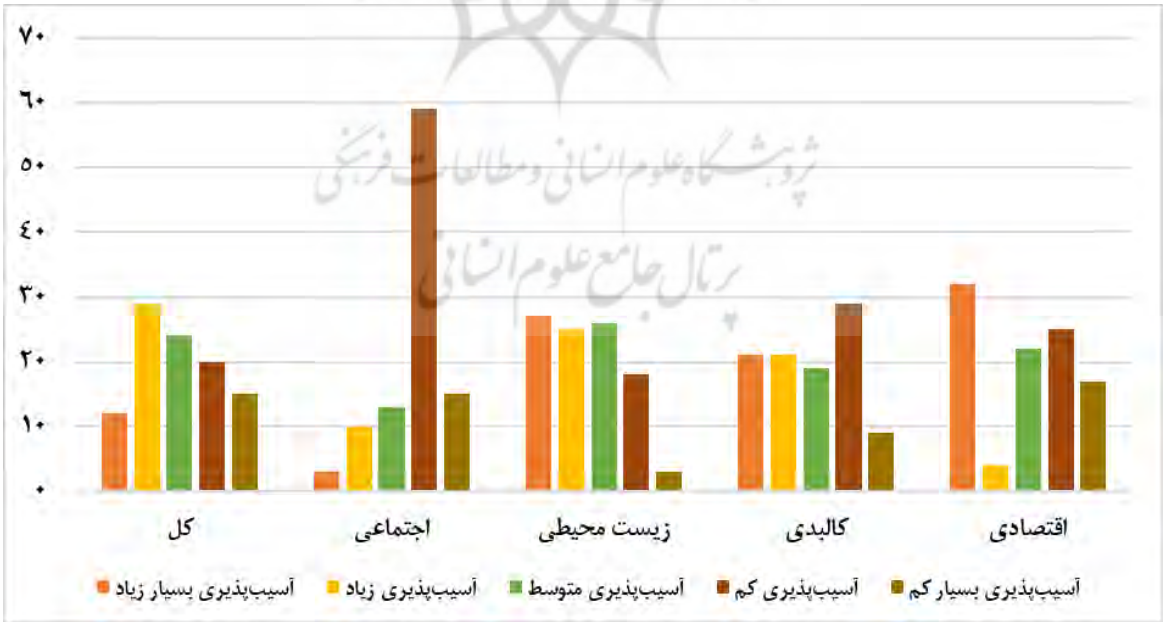
شکل ۲۳:پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کالبدی شهر جویم



شکل ۲۴: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر جویم

جدول ۳. توزیع نسبی آسیب‌پذیری بافت شهر جویم در برابر زلزله

سطح آسیب‌پذیری	اقتصادی		کالبدی		زیست‌محیطی		اجتماعی		کل	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
بسیار زیاد	۵۱۰۳۳۶	۳۲	۳۴۴۸۹۶	۲۱	۴۴۱۲۹۲	۲۷	۴۸۳۸۸	۳	۱۹۰۵۵۷	۱۲
زیاد	۶۸۸۱۸	۴	۳۴۲۵۸۳	۲۱	۴۱۰۱۲۳	۲۵	۱۵۶۹۰۰	۱۰	۴۷۴۲۰۵	۲۹
متوسط	۳۵۷۱۶۷	۲۲	۳۰۷۸۷۱	۱۹	۴۲۳۱۶۸	۲۶	۲۰۸۹۸۵	۱۳	۳۸۸۸۴۰	۲۴
کم	۳۹۵۹۵۲	۲۵	۴۶۴۷۳۰	۲۹	۲۸۴۹۵۱	۱۸	۹۴۹۱۰۴	۵۹	۳۱۶۷۶۵	۲۰
بسیار کم	۲۷۸۰۵۰	۱۷	۱۵۰۲۴۵	۹	۵۰۷۹۰	۳	۲۴۶۹۴۸	۱۵	۲۳۹۹۳۷	۱۵
مجموع	۱۶۱۰۳۲۴	۱۰۰	۱۶۱۰۳۲۴	۱۰۰	۱۶۱۰۳۲۴	۱۰۰	۱۶۱۰۳۲۴	۱۰۰	۱۶۱۰۳۲۴	۱۰۰



نمودار ۱: نمودار توزیع آماری آسیب‌پذیری شهر جویم

نتیجه‌گیری

آسیب‌پذیری زلزله مفهومی چندوجهی است که تحت تأثیر ابعاد مختلف شامل عوامل اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و محیطی است. پرداختن به آسیب‌پذیری زلزله نیازمند رویکردی یکپارچه است که

تعاملات بین این ابعاد را در نظر می‌گیرد؛ روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، رویکردی ساختاریافته برای درک و پرداختن به این روابط ارائه می‌کنند و بینش‌هایی را در مورد اینکه چگونه هر عامل به آسیب‌پذیری شهر منجر می‌شود، ارائه می‌دهد. این مطالعه با تمرکز بر شهر جویم، به‌عنوان نماینده‌ای از شهرهای کوچک ایران، به ارزیابی آسیب‌پذیری بافت شهری در برابر زلزله پرداخت. یافته‌ها نشان می‌دهند که آسیب‌پذیری شهر در ابعاد مختلف (اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و زیست‌محیطی) به‌صورت نابرابر توزیع شده است. بیشترین آسیب‌پذیری در ابعاد اقتصادی و کالبدی مشاهده می‌شود که بیانگر ضعف در زیرساخت‌های اقتصادی و محیط ساخته‌شده شهر است. این مسئله اهمیت بهبود برنامه‌ریزی شهری و مقاوم‌سازی زیرساخت‌های اساسی را برای کاهش خطر و افزایش تاب‌آوری برجسته می‌کند. در بعد اجتماعی، توزیع آسیب‌پذیری نشان‌دهنده نیاز به آگاهی‌بخشی و مشارکت بیشتر جامعه در فرآیندهای مدیریت بحران است. آسیب‌پذیری اجتماعی می‌تواند تأثیر بسزایی در افزایش اثرات مخرب زلزله داشته باشد. بر این اساس، ایجاد شبکه‌های حمایتی محلی و برگزاری برنامه‌های آموزشی می‌تواند به کاهش آسیب‌پذیری کمک کند. در بعد زیست‌محیطی، علی‌رغم سهم نسبی بالای آسیب‌پذیری، این بعد نسبت به سایر ابعاد وضعیت بهتری دارد. تحلیل کلی نشان می‌دهد که سهم بالای آسیب‌پذیری در سطوح زیاد و متوسط نیازمند مداخلات فوری و جامع است. برنامه‌ریزی جامع، مبتنی بر تحلیل دقیق و مشارکت تمامی ذینفعان، می‌تواند به کاهش آسیب‌پذیری و افزایش آمادگی برای مدیریت بحران‌های آتی کمک کند. علاوه بر این، شناسایی و تقویت نقاط قوت موجود می‌تواند به بهبود کلی تاب‌آوری شهر جویم کمک کند.

این تحقیق بر ضرورت اتخاذ راهبردهایی مانند مقاوم‌سازی ساختمان‌ها، بهبود زیرساخت‌های اقتصادی، آموزش و توانمندسازی جامعه محلی و تقویت برنامه‌ریزی محیط‌زیستی تأکید دارد. سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری می‌توانند از این یافته‌ها برای تدوین برنامه‌های عملیاتی استفاده کنند که تاب‌آوری شهری را در برابر زلزله و سایر مخاطرات طبیعی افزایش دهد. در نهایت، این پژوهش به گفتمان علمی گسترده‌تری در زمینهٔ کاهش خطر بلایا کمک می‌کند و می‌تواند به‌عنوان الگویی برای ارزیابی آسیب‌پذیری شهرهای کوچک در ایران مورد استفاده قرار گیرد. با تکیه بر داده‌های این مطالعه، گام‌های عملی برای افزایش تاب‌آوری شهرهای مشابه می‌تواند برداشته شود که در نهایت به کاهش خسارات انسانی و اقتصادی در مواجهه با زلزله منجر خواهد شد.

پیشنهادها

بر اساس یافته‌های این پژوهش و تحلیل آسیب‌پذیری شهر جویم، پیشنهادات زیر به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شهری در برابر زلزله ارائه می‌شود:

راهکارهای مرتبط با بعد کالبدی جهت ارتقای سطح تاب آوری

- شناسایی محدوده و شدت چالشهای ذاتی که شهر جویم را نسبت به حوادث طبیعی آسیب پذیر می سازد.
- تنظیم برنامه های توسعهٔ شهری و محلی با اصول کاهش خطرپذیری
- جلوگیری از احداث و ساخت وسازها در نزدیکی مناطق شناخته شدهٔ مستعد خطر زلزله.
- تخصیص زمینهای ایمن برای تمام فعالیتهای استراتژیک و مسکن سازی
- شناخت فرایندهای غیررسمی ساختمانی و تشویق شیوه های ایمن ساخت وساز ازطریق آموزش و حمایت.
- تلاش درجهت ایجاد محیطهای امن و سالم ازطریق کمکهای دولتی و غیردولتی درخصوص زیرساختهای اصل محدودهٔ مورد مطالعه

- ایجاد منابع انسانی، مالی و تکنیکی مناسب برای اجرای طرح مقاوم سازی ساختمانهای شهری در مناطق آسیب پذیر محدودهٔ مورد مطالعه

- ایجاد موقعیتهای امن و بی‌خطر و در معرض خطر قرار ندادن افراد جامعه و امکانات ازجمله مسکن، محل کار و امکلنات اجتماعی و عمومی در مناطقی که احتمال خطر در آن بسیار است، ازطریق انتقال مردم و افرادی که در معرض خطر قرار دارند و همچنین هدایت توسعهٔ آتی از مناطق ناامن و پرخطر به مناطق امن

- بازسازی ساختمانهای قدیمی برای کاهش خطرات زلزله. باید براساسِ آیین نامه های ساختمانی راهکارهای پیشنهادی مرتبط با بعد اجتماعی جهت ارتقای سطح تاب آوری باشد.

- ایجاد زمینه های لازم به منظور آموزش و افزایش آگاهی مردم دربرابرِ سوانح طبیعی و حوادث غیرمترقبه بهویژه خطر زلزله

این پیشنهادات با تمرکز بر شرایط خاص شهر جویم می‌تواند به ایجاد یک چارچوب جامع برای کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای و افزایش تاب‌آوری این شهر کوچک کمک کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

پاشـــاپور، حجت‌الله، قربانی، رامین، فرهادی، ابراهیم و درودی‌نیا، عباس، ۱۳۹۸، پهنه‌بندی خطر زلزله با اســتفاده از سیســتم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: کلان‌شـهر تبریز)، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۱۲(۴۵)، صص ۴۹-۷۰.

پور حســـن‌زاده، محمدحســـین؛ احمدی، قادر،۱۳۹۷، تحلیل آسـیب‌پذیری مسـاکن شـهری در برابر خطر زلزله با اسـتفاده از مدل Topsis (مطالعه موردی: مسـاکن شـهر ارومیه)، برنامه‌ریزی توسـعه کالبدی سـال سـوم، شـماره ۴ (پیاپی ۱۲)، صص ۲۶-۱۱.

پـورطـاهـری، مـهـدی ،۱۳۹۲، کـاربـرد روش‌هـای تصـمیم‌گیری چند شـاخصـه در جغرافیا، سـازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران.

تقوی، کرامـت الله. معرفی جـاذبـه‌هـای تـاریخی و گردشگری شهر و بخش جویم، ماهنامه صحبت نوی جویم، سال اول، شماره ۵، فروردین ۱۳۹۵، ص ۲ تا ۴.

دلشـــاد، مهـدیـه، طبیبیـان، منوچهر، حبیبی، ســیدمحســن،۱۴۰۰، واکاوی مفهوم تاب آوری فضـایی - کالبدی در برابر زلزله، معرفی و اولویت بندی مهمترین معیارهای آن با اســتفاده از مدل Fuzzy AHP- مورد مطالعاتی: بافت مرکزی شـهر رشـت، نشـریه معماری و شهرسازی آرمانشهر، ۱۴(۳۶)،صص ۲۲۲-۲۰۴.

زارع، مجتبی، رضـایی، محمدرضـا و رحیمی، عنایت‌اله. ۱۳۹۵، ارزیابی آسـیب‌پذیری بافت فرسـوده شـهر مرودشـت در برابر زلزله با استفاده از (AHP) و (GIS). فصلنامه علمی - پژوهشـی پژوهش و برنامه‌ریزی شـهری، شـماره ۷(۲۶)، صص ۷۵-۹۲.

سـاسـان پور، فرزانه، شـماعی، علی، افسـر، مجید و سـعیدپور، شـراره، ۱۳۹۶، بررسـی آسـیب‌پذیری سـاختمان‌هـای شـهر در برابر مخـاطرات طبیعی (زلزله)(مطالعه موردی: محله محتشـم کاشـان). مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۶(۱۴)، صص ۱۰۳-۱۲۲.

عفیفی ،ابراهیم،۱۴۰۱،ارزیابی تاب‌آوری بافت فرسـودهٔ شـهر در برابر زلزله با اسـتفاده از GIS (مطالعه موردی: منطقه ۲ شـهرداری بندرعباس)،مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی،دوره ۳، شماره ۲ - شماره پیاپی ۹، صص ۶۹-۸۸.

لاله پور، منیژه، خیری زاده، منصور و ذاکری، مرتضی، ۱۴۰۱، ارزیابی آسیب‌پذیری محلات شهری در برابر بحران زلزلـه (نمونـه موردی: محلات شـــهر ورزقـان). مخـاطرات محیط طبیعی، شماره ۱۱(۳۱)، صص ۱-۲۴.

مالچفسکی، یاچک، ۱۳۹۲، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصـمیم چند معیاری، ترجمه عطا غفاری گیلانده و اکبر پرهیزکار، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران.

محمودی، لقمان، رضویان، محمدتقی، قورچی، مرتضی و اسـتاد تقی زاده، عباس، ۱۳۹۹، بکار گیری مدل شـبکه عصـبی پرسـپترون چندلایـه (M.L.P) در پهنـه‌بنـدی آسـیب‌پذیری شـهری با تأکید بر زلزله (موردمطالعه منطقـه۲۰ شـهرداری تهران). مخـاطرات محیط طبیعی، شماره ۹(۲۴)، صص ۱۲۹-۱۵۰.

ملکی، سـعید، رضـوی، سـیده معصـومه، و رمضـان پوراسـعدیه، خاطره،۱۴۰۰، سـنجش و ارزیابی میزان تاب آوری نواحی شـهری در برابر زلزله (موردی: ناحیه غربی شـهر ایذه). پژوهش و برنامه ریزی شـهری، ۱۲(۴۷)، صص۲۰۲-۱۸۷.

نوحه سـرا، مریم و ذاکریان، ملیحه و المدرسـی، سـید علـی و خـبـازی، مصـطـفـی و سـرایـی، مـحـمـد حسـین،۱۴۰۱،ارزیابی میزان آسـیب پذیری بافت فرسـوده در برابر مخاطره طبیعی زلزله با اسـتفاده از روش ماشـین بردار (نمونه موردی: حوزه ۲ شهر کرمان).

Ahmed, M. S., & Morita, H. (۲۰۱۸). An Analysis of Housing Structures' Earthquake Vulnerability in Two Parts of Dhaka City. *Sustainability*, *10*(٤), ١١٠٦ .

Albulescu, A.-C., Grozavu, A., Larion, D., & Burghiu, G. (۲۰۲۲). Assessing the earthquake systemic vulnerability of the urban centres in the South-East region of Romania. The tale of Galaţi and Brăila Cities, Romania. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *13*(١), ١١٠٦-١١٣٣ .

Ateş, M., Erinsel Önder, D.(۲۰۲۱). A local smart city approach in the context of smart environment and urban resilience, *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, Volume ١٤, Number ٣, ٢٠٢١, pp. ٢٦٦-٢٨٤(١٩)

Baruah, S., Boruah, G. K., Sharma, S., Hoque, W. A., Chetia, T., Dey, C., Gogoi, D ,. Das, P. K., Baruah, S., Basumatari, D., Pathak, J., Barua, A. G., & Choudhury, S. (۲۰۲۰). Seismic vulnerability assessment of

resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (Swara). *Journal of Business Economics and Management*, *11*(۲), ۲۴۳-۲۵۸ .

Machado, C., Melina Nassif Mantovani Ribeiro, D., & Backx Noronha Viana, A. (۲۰۲۱). Public health in times of crisis: An overlooked variable in city management theories? *Sustainable Cities and Society*, *66*, ۱۰۲۶۷۱ .

Rahman, N., Ansary ,M. A., & Islam, I. (۲۰۱۵). GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *13*, ۲۹۱-۳۰۰ .

Sarris, A., Loupasakis, C., Soupios, P., Trigkas, V., & Vallianatos, F .(۲۰۱۰) . Earthquake vulnerability and seismic risk assessment of urban areas in high seismic regions: application to Chania City, Crete Island, Greece. *Natural Hazards*, *54*(۲), ۳۹۵-۴۱۲ .

Teymouri,Iraj,Hakimi,Hadi,Heydari Chianeh,Rahim,Hamidi,Aram.(۲۰۲۵).

Assessment of Urban Fabric Vulnerability to Earthquakes: A Case Study of Kermanshah City.Iranian Islamic city studies,vol۵۶,pp. ۱۳۳-۱۵۴.

Vicente, R., Parodi, S., Lagomarsino, S., Varum, H., & Silva, J. A. R .M. (۲۰۱۱). Seismic vulnerability and risk assessment: case study of the historic city centre of Coimbra, Portugal. *Bulletin of Earthquake Engineering*, *9*(۴), ۱۰۶۷-۱۰۹۶ .

Zheng, H., Guo, L., Liu, J., Zheng, T., & Deng, Z. (۲۰۲۰). Evaluating seismic risk in small and medium-sized cities with the modified vulnerability index method, a case study in Jiangyou City, China. *Bulletin of Earthquake Engineering*, *18*(۴), ۱۳۰۳-۱۳۱۹ .

Zimmermann, H. J., & Zysno, P. (۱۹۸۰). Latent connectives in human decision making . *Fuzzy Sets and Systems*, *4*(۱), ۳۷-۵۱ .

earthquake-prone mega-city Shillong, India using geophysical mapping and remote sensing. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, *14*(۲), ۱۱۲-۱۲۷ .

Basaglia, A., Aprile, A., Spacone, E., & Pilla, F. (۲۰۱۸). Performance-based Seismic Risk Assessment of Urban Systems. *International Journal of Architectural Heritage*, *12*(۷-۸), ۱۱۳۱-۱۱۴۹ .

Bonham-Carter, G. F. (۱۹۹۴). Geographic information systems for geoscientists-modeling with GIS. *Computer methods in the geoscientists*, *13*, ۳۹۸ .

Borden, K. A., Schmidtlein, M. C., Emrich, C. T., Piegorsch, W. W., & Cutter, S. L. (۲۰۰۷). Vulnerability of U.S .Cities to Environmental Hazards. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, *4* .(۲)

Borhani, K., Doorudinia, A., & Charkhan, S. (۲۰۲۲). Factors Influencing Unsustainable Intraurban Land-Use Change:Case of Tehran City. *International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning*, *32*(۲), ۳۱-۴۳ .

Burby, R. J., Deyle, R. E., Godschalk, D. R., & Olshansky, R. B. (۲۰۰۰). Creating Hazard Resilient Communities through Land-Use Planning. *Natural Hazards Review*, *1*(۲), ۹۹-۱۰۶ .

Ferreira, T. M., Rodrigues, H., & Vicente, R. (۲۰۲۰). Seismic Vulnerability Assessment of Existing Reinforced Concrete Buildings in Urban Centers. *Sustainability*, *12*(۵), ۱۹۹۶ .

Guo, X., & Kapucu, N. (۲۰۲۰). Assessing social vulnerability to earthquake disaster using rough analytic hierarchy process method: A case study of Hanzhong City, China. *Safety Science*, *125*, ۱۰۴۶۲۵ .

Holgersen, S. (۲۰۱۴). Urban Responses to The Economic Crisis: Confirmation of Urban Policies as Crisis Management in Malmö. *International Journal of Urban and Regional Research*, *38*(۱), ۲۸۵-۳۰۱ .

Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (۲۰۱۰). Selection of rational dispute

Assessing the vulnerability of urban fabric to earthquakes: An analysis of the small town of Joyom

Abstract

In an age marked by rapid urbanization and escalating natural hazards, assessing the seismic vulnerability of cities—particularly small towns—is vital. This study investigates the town of Joyom, located in southern Iran, as a representative of small urban centers prone to earthquake damage due to weak infrastructure and inadequate planning. The research adopts a descriptive-analytical methodology and is classified as applied research.

A total of ۱۷ vulnerability criteria were identified through literature review and expert input. These were weighted using the SWARA method, and integrated via the Fuzzy Gamma overlay in ArcGIS to produce a vulnerability zoning map. Among the criteria, population density (۰,۰۶۷۹), non-resistant buildings (۰,۰۶۵۸), and the elderly population (۰,۰۶۴۸) were found to have the greatest influence on vulnerability.

Findings reveal that ۲۹٪ of Joyom lies in high-risk zones, highlighting its relative instability. The environmental dimension showed the highest vulnerability at ۲۷٪, followed closely by the economic dimension at ۳۲٪, indicating critical weaknesses in both areas. The physical dimension, despite some compliance with construction standards, still requires major infrastructure enhancement. In contrast, the social dimension exhibited relatively lower levels of vulnerability, reflecting stronger community cohesion.

The study emphasizes the need for integrated risk reduction policies, focusing on environmental management, economic support, urban infrastructure reinforcement, and community engagement. Practical recommendations include restricting construction near seismic fault zones, allocating safe land for key facilities, retrofitting old buildings, and public education on earthquake preparedness.

This research contributes to broader disaster resilience discourse and offers a framework that can be adapted to similarly vulnerable small towns. The ultimate goal is to reduce human and economic losses through data-driven planning and proactive mitigation strategies.

Keywords: Earthquake, Vulnerability, SWARA Model, Fault Line, Joyom

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی