

ارزیابی آسیب پذیری 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 پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۴

چکیده

در عصری که شهرنشینی سریع و افزایش مخاطرات طبیعی ویژگی‌های اصلی آن هستند، ارزیابی آسیب پذیری شهرها، به ویژه شهرهای کوچک، در برابر زلزله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با تمرکز بر شهر جویم، به عنوان نماینده‌ای از شهرهای کوچک در ایران، به بررسی جامع آسیب پذیری این شهر در برابر زلزله پرداخته است. شهرهای کوچک به دلیل نبود زیرساخت‌های قوی و برنامه ریزی جامع، در برابر رویدادهای لرزه‌ای به شدت آسیب پذیر هستند. روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و در دسته پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد. به منظور 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 وزن دهی سوارا (SWARA) و همپوشانی الگوریتم گاما فازی (FUZZY) در نرم افزار ArcGIS نقشه پهنه بندی آسیب پذیری حاصل شد تا درک عمیقی از میزان آسیب پذیری شهر به دست آید. یافته‌ها نشان می‌دهد که معیار تراکم جمعیت با وزن نسبی ۰/۰۶۷۹ بیشترین تأثیر را در آسیب پذیری داشته است و پس از آن بناهای غیرمقاوم (۰/۰۶۵۸) و نسبت بزرگ سالان (۰/۰۶۴۸) از عوامل اصلی آسیب پذیری در شهر جویم هستند. ۲۹ درصد شهر دز سطح آسیب پذیری زیاد قرار داشته و ناپایداری نسبی شهر را نمایان می‌کند، بعد وضعیت مناسب تری دارد اما بعد زیست محیطی با ۲۷ درصد آسیب پذیری در سطح بسیار زیاد و بعد اقتصادی با سهم مشابه (۳۲ درصد)، وضعیت نگران کننده‌ای دارند. بعد کالبدی نیز با وجود رعایت نسبی اصول فنی، بهبود زیرساخت‌ها را می‌طلبد. این نتایج نشان دهنده نیاز به برنامه‌های جامع کاهش خطر و تقویت تاب آوری در ابعاد زیست محیطی و اقتصادی است.

کلیدواژه‌ها: زلزله، آسیب پذیری، مدل SWARA، گسل، جویم.

^۱ دانشجوی دکتری جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران، m.jokari.۶۹۴۲@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، affi.ebrahim۶۳۰۳@gmail.com

مقدمه

در عصری که با شهرنشینی سریع و شیوع روزافزون مخاطرات طبیعی مشخص شده است، نیاز به درک و ارزیابی آسیب پذیری محیط های شهری در برابر چنین رویدادهایی هرگز به این اندازه مبرم نبوده است (برهانی و همکاران، ۲۰۲۲)؛ و مخاطرات طبیعی تهدیدی قابل توجه برای تاب آوری و پایداری آن ها است. در میان مخاطرات، زلزله به عنوان یک تهدید فراگیر که می تواند پیامدهای مخربی را بر بافت شهری تحمیل کند، برجسته می شود (باساگیلاو همکاران، ۲۰۱۸). مناطق شهری کانون فعالیت های انسانی، نوآوری و توسعه اجتماعی-اقتصادی هستند. با این حال، آن ها همچنین به دلیل تراکم بالای جمعیت، شبکه های زیرساختی و محیط ساخته شده پیچیده، به طور منحصربه فردی در برابر اثرات مخاطرات طبیعی مستعد آسیب هستند (بوردن و همکاران، ۲۰۰۷). درک تأثیر متقابل بین فرآیندهای شهرنشینی و مخاطرات طبیعی برای تصمیم گیری آگاهانه، برنامه ریزی شهری و توسعه راهبردهای مؤثر کاهش خطر و سازگاری ضروری است (بورپی و همکاران، ۲۰۰۰). در این بین ارزیابی آسیب پذیری شهرهای کوچک در برابر زلزله به دلیل خطرات قلیل توجهی که برای عملکرد شهری، زندگی مردم و ثبات اقتصادی در این مناطق ایجاد می کند، بسیار مهم است. شهرهای کوچک، به ویژه شهرهایی که شهرنشینی سریع را تجربه می کنند، اغلب فاقد زیرساخت های قوی و برنامه ریزی جامع هستند که آن ها را به شدت مستعد رویدادهای لرزه ای می کند (ژنگ و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، ارزیابی آسیب پذیری شهرها را قادر می سازد تا اقدامات مقاوم سازی و افزایش انعطاف پذیری را برای زیرساخت های حیاتی، مانند ساختمان ها و شبکه های حمل و نقل، کاهش آسیب فیزیکی و تلفات جانی در رویدادهای لرزه ای آتی اولویت بندی کنند (ویسنه و همکاران، ۲۰۱۱) (فریه را و همکاران، ۲۰۲۰). سیاست گذاری و برنامه ریزی کلان در مدیریت شهری قبل از وقوع بحران ها از اهمیت و جایگاه

ویژه ای برخوردار است، چراکه می توان از خسارات جانی و مالی بسیاری که خصوصاً برای کشورهای در حال توسعه بسیار سنگین و در روند دستیابی به توسعه، جبران آن ها بسیار هزینه بر است جلوگیری نمود (ماچادو و همکاران، ۲۰۲۱). از طرف دیگر متولیان برنامه ریزی، سیاست گذاری و مدیریت شهری در سطوح کلان و خرد بایستی با استفاده از ضوابط فنی و علمی ساخت و سازها را پیرامون کاهش و تخفیف هر چه بیشتر از مخاطرات طبیعی فراهم نمایند (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 زلزله خیزی را دارا هستند. به بیان دیگر، نقشه پهنه بندی خطر نسبی زلزله در ایران نشان می دهد که بخش بزرگی از مناطق مسکونی کشور در محدوده خطر نسبتاً بالا قرار گرفته اند و تقریباً تمام کشور در محدوده ای 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 می گیرند بنابراین آسیب پذیری شهرهای کوچک اندام در مقابل بلایای طبیعی مسئله ای مهم و جدی است؛ زیرا در صورت بروز مخاطرات محیطی در شهرهای کوچک با توجه به جمعیت، سرمایه گذاری های خرد، تأسیسات و تجهیزات اقتصادی و اجتماعی توسعه نیافته خسارات مالی و جانی زیادی به دنبال خواهد داشت. بر همین مبنا این پژوهش بر ارزیابی آسیب پذیری بافت شهری در برابر زلزله با تأکید ویژه بر شهر جویم به عنوان مطالعه موردی تمرکز دارد. شهر جویم به یک شهر کوچک لندام نماینده مناسبی به عنوان بخشی عظیمی از شهرهای کشور است که با پراکنش جمعیتی کم تراکم، شبکه های زیرساختی توسعه نیافته و درجات مختلف مقاومت لرزه ای مشخص می شود. هدف این مطالعه با بررسی آسیب پذیری شهر جویم در برابر زلزله، ارائه بینش هایی

است که می‌تواند سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان شهری و دینفعان را در افزایش تاب‌آوری و آمادگی شهر در برابر رویدادهای لرزه‌ای آگاه کند. از طریق تجزیه و تحلیل 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 منطقه ۲۰ 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 شاخص‌های مهم برنامه ریزی فضایی-کالبدی تاب آور در برابر زلزله و درجه اهمیت این شاخص‌ها بودند. آنها با انتخاب چهار دسته شاخص، ۲۰ معیار و ۳۵ زیرمعیار تاب‌آوری کالبدی در برابر زلزله و استفاده از مدل ترکیبی AHP و Fuzzy و میزان اهمیت شاخص‌ها و ترتیب اولویت معیارها و زیر معیارها را مشخص کردند. ملکی و همکاران (۱۴۰۰)، در مقاله خود به منظور بررسی مولفه‌های اجتماعی و اقتصادی و نهادی تأثیر گذار در تاب‌آوری ناحیه غربی شهر ایزده در برابر زلزله، با استفاده از نتایج آزمون‌های رگرسیون و پیرسون نشان دادند که در منطقه مورد مطالعه عوامل اجتماعی با ضریب ۰/۷۴۱ درصد، بیشترین تأثیر را در تاب‌آوری این منطقه داشته و عوامل نهادی با ضریب ۰/۵۴۷ درصد کمترین عامل اثرگذار در تاب‌آوری شهری این منطقه بوده است. همچنین، آزمون رگرسیون مشخص کرد که متغیر مستقل اجتماعی با ۵۴ درصد، اقتصادی ۴۲ درصد و نهادی با ۲۹ درصد توانست بر تاب‌آوری تأثیر گذار باشد. ایشان در روش دوم و برای مشخص کردن تأثیر مؤلفه کالبدی بر تاب‌آوری شهری از ۵ شاخص اصلی (کیفیت، قدمت، نوع مصالح، مساحت و دسترسی به ابنیه‌ها) تأثیرگذار بر کاهش آسیب‌پذیری کالبدی شهر در برابر زلزله استفاده کردند و نتایج بررسی‌ها نشان داد که محدوده

مرکزی ناحیه غربی شهر ایزده به دلایل قدمت بالای ابنیه ها و کیفیت پایین ساخت وسازها، 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 نامناسب 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 نشان داد که روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان^۱ (SVM) توانایی تشخیص نزدیک به ۷۵ درصد از بافت فرسوده محدوده را دارا بوده است. که این شناسایی قدرت بالای روش ماشین بردار پشتیبان در شناسایی حوزه دو بافت فرسوده شهری را نشان داده است.

نتایج مطالعه لاله پور و همکاران (۱۴۰۱) در مورد مطالعه محلات شهر ورزقان نشان داد که درصد قابل توجهی از شهر در کلاس های آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد واقع شده است. حتی افزون بر ۷۰ درصد برخی محلات در کلاس آسیب پذیری زیاد و بسیار زیاد جای گرفته اند. با توجه به پهنه بندی آسیب پذیری لرزه ای شهر و توزیع کلاس های آسیب پذیر در سطح محلات شهر می توان نتیجه گرفت که کل پهنه شهر ورزقان نسبت به رخداد زمین لرزه آسیب پذیر است.

عفیفی (۱۴۰۱)، در تحقیقی به ارزیابی تاب آوری بافت فرسوده در مقابل زلزله با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره در منطقه ۲ شهر بندرعباس شامل محلات نایبند، خواجه عطا، چاهستانی ها و کمربندی پرداخت. در روش ANP، نتایج نشان داد که ۶۹/۲ درصد از نایبند شمالی و ۴۰/۹ درصد خواجه عطا از تاب آوری، بالایی برخوردار بوده و ۸/۳۲ درصد کاربری های کمربندی به شدت آسیب پذیر و ۱/۴۳

درصد آن نسبتاً آسیب پذیر است که رتبه اول آسیب پذیری بوده و چاهستانی ها نیز رتبه دوم را دارد. در نهایت مقایسه نتایج حاصل از دو روش تصمیم گیری، نشان داد که عملکرد بهتری داشته است.

نتایج پژوهش تیموری و همکاران (۱۴۰۳) که با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط نرم افزار ArcGIS برای اندازه گیری اولویت بندی آسیب پذیری مناطق مختلف شهر کرمانشاه استفاده شده است نشان داد، که ۳۱/۶۹ درصد از ساختمان های شهر از نظر پایداری کالبدی در نواحی بسیار بالا و آسیب پذیر قرار دارند که منطقه ۳ آسیب پذیرترین منطقه است. از نظر کارایی امداد رسانی در بحران، ۱۳/۶۵ درصد از ساختمان های شهر در مناطق بسیار بالا و آسیب پذیر قرار دارند که منطقه ۵ آسیب پذیرترین منطقه است. از نظر آسیب پذیری فیزیکی، ۲۳/۷۸ درصد ساختمان ها در زون های آسیب پذیر بسیار بالا و ۳۴/۹۷ درصد در مناطق آسیب پذیر بالا قرار دارند. مناطق ۳، ۷، ۴ و ۲ آسیب پذیرترین مناطق کرمانشاه در صورت وقوع زلزله هستند.

نتایج پژوهش احمد و همکاران (۲۰۱۸) در تحلیل آسیب پذیری سازه های مسکونی در برابر زلزله در دو بخش شهر داکا نشان داد که مهم ترین پیش بینی کننده برای سازه هایی که در زلزله ها به خوبی عمل می کنند، استفاده از بتن مسلح است؛ این مسئله بر نیاز به برنامه ریزی برای مقاوم سازی طبقات ساختمان ها اشاره می کند (احمد و موریتا، ۲۰۱۸). ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای کلان شهر زلزله خیز شیلونگ، هند با استفاده از نقشه برداری ژئوفیزیک و سنجش از دور توسط بارواه و همکاران (۲۰۱۸)^۲ نشان داد که بیش از ۶۰ درصد از شهر شیلونگ تحت آسیب پذیری متوسط تا بالاتر قرار دارد و بقیه کمتر آسیب پذیر هستند (بارواه و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج مطالعه گوا و کوپوکو (۲۰۲۰)^۳ در ارزیابی آسیب پذیری

^۲ Guo & Kapucu, ۲۰۲۰

^۱ Support vector machines

^۲ Baruah et al., ۲۰۲۰

منطقه مورد مطالعه

جویم 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 بوده است. 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 شده است (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 شده است. ارتفاع آن از سطح دریا به طور میانگین ۸۶۱ متر است و مساحتش در حدود ۳۲۶۰ کیلومتر مربع است (تقوی، ۱۳۹۵).

شکل (۱) موقعیت سیاسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. 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 بناویه و از سمت شرق و توسط دروازه شرقی با شهر لار و جهرم در ارتباط است. به طور کلی 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.

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.

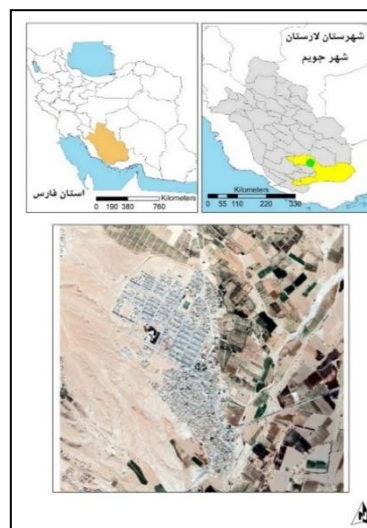
آتس و ارینسل اندر (۲۰۲۱)^۱ در پژوهش خود یک مدل شهر هوشمند خاص را تعریف کردند و نقش این مدل را در تاب آوری در برابر بلایای طبیعی مورد بررسی قرار دادند. پردازش اطلاعات براساس تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در چهار مرحله انجام شد. ایشان در مرحله اول، معیارهای ارزیابی زیست محیطی هوشمند جدیدی را با داده‌های اقلیمی و جغرافیایی در محدوده منطقه پیشنهاد کردند. در مرحله دوم، آنها گروه کارشناسی خبره‌ای را برای ارزیابی در محدوده روش (AHP) تعیین کردند و سپس سطوح اهمیت معیارهای ارزیابی زیست محیطی هوشمند فعلی و پیشنهادی را با روش 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 برخوردار هستند (آتس و ارینسل 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).

^۱ Ateş and Erinsel Önder, ۲۰۲۱

^۲ Albulescu et al., ۲۰۲۲

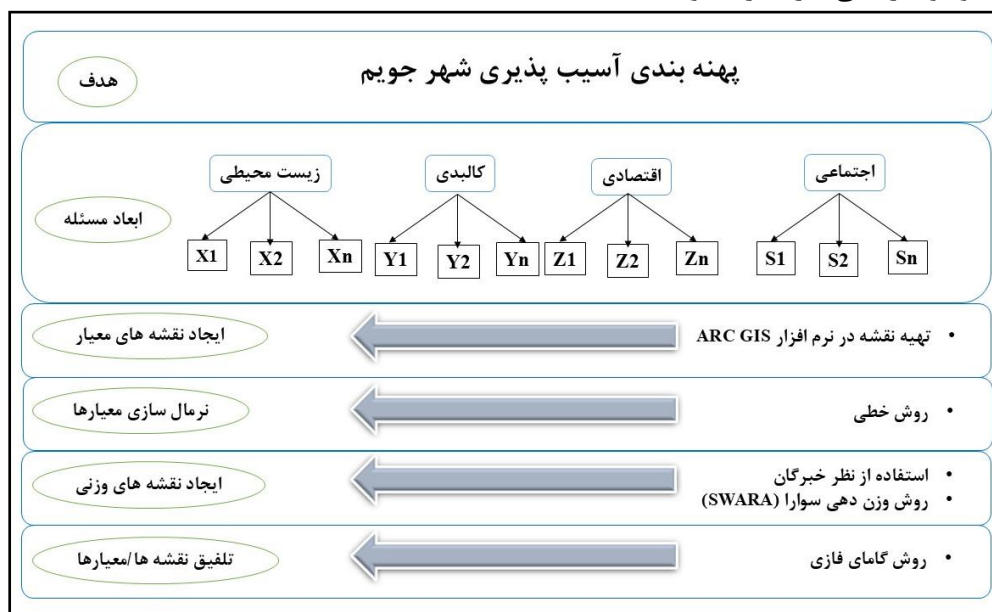
مرتبط مانند شهرداری، مرکز آمار ایران، اداره راه و شهرسازی و سازمان مدیریت و برنامه ریزی جمع آوری شده است. ابتدا به منظور شناسایی معیارهای تحقیق با مرور مطالعات و ادبیات تحقیق ۱۷ معیار در چهار شاخص کلی اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و زیست محیطی شناسایی گردید. در مرحله بعد، بانک اطلاعاتی تمامی معیارهای در نرم افزار ArcGIS ایجاد شد و به تولید نقشه های معیار مبادرت گردید. پس از آن در مرحله نرمال سازی و تهیه نقشه های وزنی ابتدا به منظور تعیین وزن هر کدام از معیارها با استفاده از ابزار پرسشنامه از نظر ۱۹ خبره و متخصصان امر بهره گرفته شد و با روش وزن دهی سوارا (SWARA)^۱ اوزان معیارها محاسبه گردید. در گام نهایی با استفاده از قابلیت همپوشانی الگوریتم گاما فازی (FUZZY) در نرم افزار ArcGIS معیارهای تحقیق با یکدیگر تلفیق شده و نقشه پهنه بندی آسیب پذیری حاصل شد. فرایند تحقیق در شکل (۲) به تفصیل ارائه شده است.



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

مواد و روش ها

روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و در دسته پژوهش های کاربردی قرار می گیرد. جمع آوری و داده های مورد نیاز با بررسی های اسنادی- کتابخانه ای و داده های موجود رسمی در ادارات و دستگاه های



شکل ۲: فرایند و گام های تحلیل فضایی ارزیابی آسیب پذیری شهر جویم

حاضر، با بررسی ادبیات، دسته بندی آن ها و همچنین بهره گیری از صاحب نظران در نهایت تعداد ۱۷ زیرمعیار در قالب چهار بعد اجتماعی، اقتصادی،

یافته ها

با توجه به وسعت موضوعی، تعدد شاخص ها و همچنین محدودیت دسترسی به داده ها در تحقیق

^۱ Step wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)

توزیع فضایی ویژگی خاصی است که بر اساس آن، میزان دستیابی به اهداف مرتبط با آن ویژگی سنجیده می‌شود (مالچوسفکی، ۱۳۹۲: ۲۰۵).

کالبدی و زیست‌محیطی انتخاب شد (جدول ۱). برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری، مجموعه‌ای از معیارها تعریف شد که هر یک به‌صورت یک لایه در پایگاه داده‌ها نمایش داده می‌شود. نقشه معیار نشان‌دهنده

جدول ۱: ابعاد و زیر معیارهای تحقیق و مبنای تولید نقشه‌ها

ابعاد	معیار	مبنای 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

دارای ماهیت مثبت باشند، با استفاده از رابطه ۱، هر مقدار بر بیشترین مقدار موجود در ستون J تقسیم می‌شود (پور طاهری، ۱۳۸۹: ۳۲).

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

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

$$n_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در مرحله دوم، از آنجاکه 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

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		

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 به صورت تدریجی بر اساس ضریب محاسبه می‌گردد.

$$q_j = \frac{q_j - 1}{K_j} \quad \text{رابطه (۴)}$$

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).

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

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 ریزدانه‌گی (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.

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، به گونه‌ای 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.

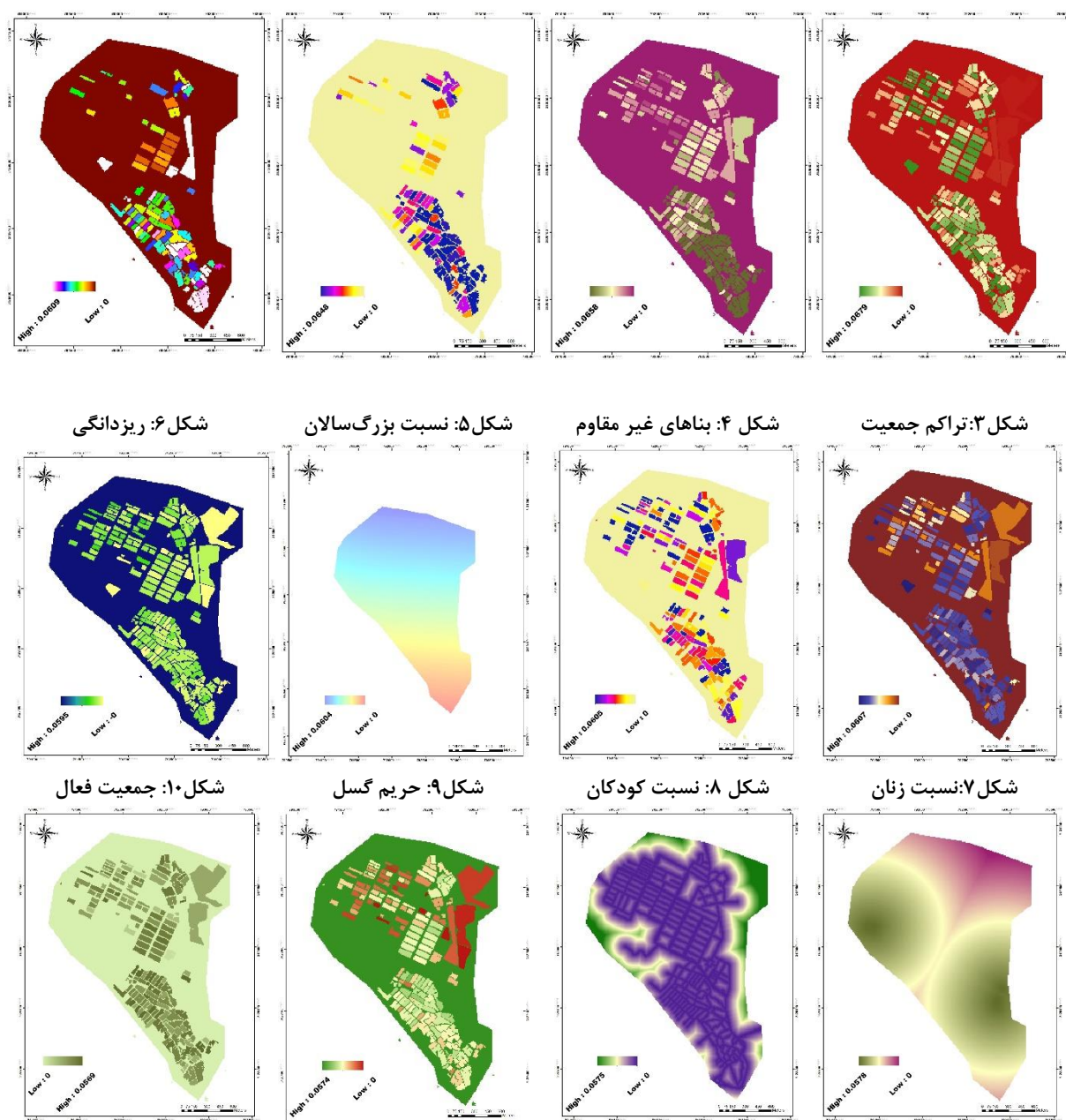
۳- محاسبه ضریب Kj: ضریب Kj که تابعی از مقدار اهمیت نسبی هر شاخص می‌باشد با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌گردد.

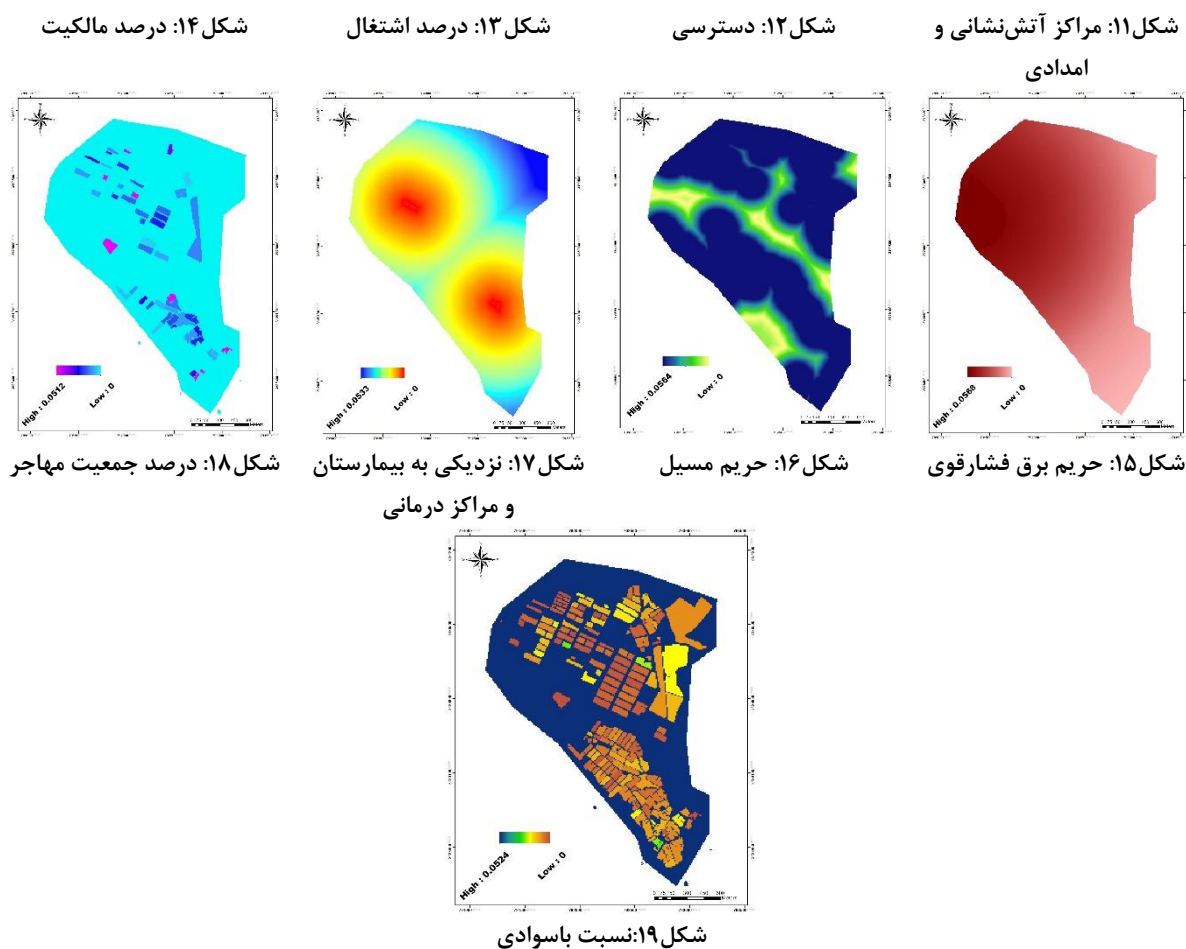
$$K_j = S_j + 1 \quad \text{رابطه (۳)}$$

جدول ۳: 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	۰/۰۶۰۹	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 به معیارهای تحقیق ارائه شده است (شکل‌های (۳) الی (۱۹))





۱۱: لایه نهایی حاصل از ترکیب گامای فازی.
۷: پارامتری در محدوده ۰ تا ۱ که درجه مشارکت هر یک از عملگرها را تعیین می کند (زیمرمان و زاینو، ۱۹۸۰). این عملگر امکان انعطاف پذیری در وزندهی به مشارکت هر دو عملگر را فراهم کرده و در سناریوهای مختلف کاربرد دارد.

یافته های پژوهش در جدول (۳)، شکل های ۲۰ الی ۲۵ به تفکیک ابعاد مختلف اجتماعی، زیست محیطی، کالبدی و اقتصادی، ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که در بعد اجتماعی، ۵۹ درصد از شهریه لحاظ آسیب پذیری در سطح کم قرار دارد. این رقم قابل توجه نشان دهنده انسجام و قدرت نسبی شبکه های اجتماعی در مواجهه با زلزله است. با این حال، سهم آسیب پذیری بسیار زیاد و زیاد به ترتیب ۳ و ۱۰ درصد است که نسبتاً پایین است، ولی همچنان نیازمند برنامه ریزی است. از سوی دیگر، سهم آسیب پذیری متوسط ۱۳ درصد و بسیار کم ۱۵ درصد

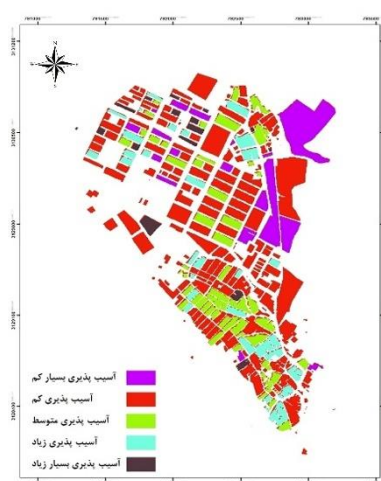
در مرحله آخر به منظور همپوشانی لایه ها برای پهنه بندی آسیب پذیری شهر جویم از عملگر گامای فازی استفاده شد. در مدل سازی با استفاده از منطق فازی، پنج عملگر رایج یعنی عملگر AND فازی، عملگر OR فازی، عملگر PRODUCT جبری فازی، عملگر SUM جبری فازی و عملگر GAMMA فازی برای ترکیب لایه های فازی وجود دارد. این عملگرها در ترکیب و تحلیل لایه های فازی به کار می روند. (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 می شود:

$$\mu = (\text{uzzy algebraic sum} * \text{fuzzy algebraic product})^{(1-\gamma)} \quad (6)$$

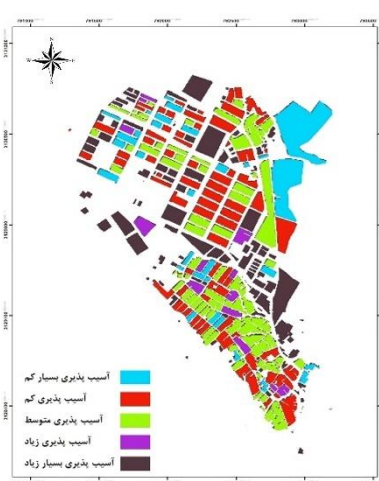
در این رابطه:

است که بیانگر وضعیت نه چندان بحرانی این بعد است. در بعد زیست محیطی، آسیب پذیری در سطح بسیار زیاد با ۲۷ درصد، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده که نشان دهنده وضعیت نگران کننده شهر جویم است. سطح زیاد با ۲۵ درصد نیز رقم قابل توجهی دارد که بیانگر حساسیت بالای این بعد در برابر زلزله است. در مقابل، سطح کم با ۱۸ درصد و بسیار کم با ۳ درصد، نشان دهنده بهبود پذیری نسبی در این جنبه است، اما همچنان تأکید بیشتری بر تقویت این حوزه ضروری به نظر می رسد. بررسی بعد کالبدی نشان می دهد که آسیب پذیری در سطح کم با ۲۹ درصد بیشترین سهم را دارد که ناشی از رعایت نسبی اصول فنی در ساخت وسازها است؛ اما سهم آسیب پذیری بسیار زیاد و زیاد هر دو برابر با ۲۱ درصد هستند که بیانگر نیاز به مداخلات فوری برای بهبود زیرساخت ها است. همچنین، سهم متوسط ۱۹ درصد و بسیار کم ۹ درصد است که بیانگر توزیع نسبتاً متعادل این بعد است. در بعد اقتصادی آسیب پذیری با بالاترین سهم در سطح بسیار زیاد (۳۲ درصد) مواجه است که نشان دهنده ضعف های قابل توجه در این بعد است. سطح بسیار کم با ۱۷ درصد و کم با ۲۵ درصد نشان می دهند که بخش هایی از شهر از تاب آوری

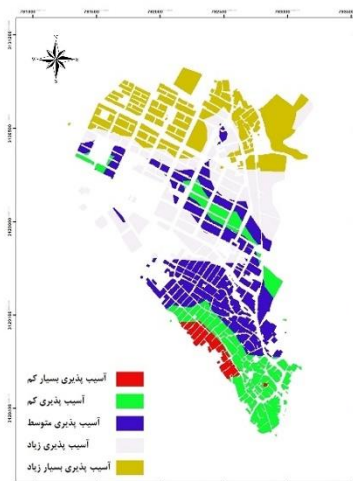
اقتصادی نسبی برخوردارند. آسیب پذیری در سطح زیاد تنها ۴ درصد است که می تواند بیانگر یک توزیع ناهمگون در مواجهه با زلزله باشد. تحلیل کلی آسیب پذیری شهر جویم نشان می دهد که بیشترین سهم مربوط به سطح آسیب پذیری زیاد با ۲۹ درصد است که بیانگر ناپایداری نسبی در جنبه های مختلف شهر در مواجهه با زلزله است. سهم آسیب پذیری متوسط با ۲۴ درصد نیز نشان دهنده وضعیتی نسبتاً پایدار اما همچنان قابل بهبود است. در مقابل، آسیب پذیری در سطح بسیار کم و کم به ترتیب ۱۵ و ۲۰ درصد است که نشان دهنده وجود نقاط قوت در برخی ابعاد است. با این حال، سهم ۱۲ درصدی آسیب پذیری بسیار زیاد نگرانی هایی را در خصوص نواحی یا جنبه های خاصی از شهر ایجاد می کند که نیازمند مداخلات فوری هستند. به طور کلی، این تحلیل نشان می دهد که آسیب پذیری ابعاد مختلف در شهر جویم پراکندگی قابل توجهی دارد. در حالی که بعد اجتماعی نسبتاً مقاوم تر است، ابعاد زیست محیطی و اقتصادی آسیب پذیری بیشتری را نشان می دهند که نیازمند برنامه های کاهش خطر و تقویت تاب آوری در این حوزه ها است.



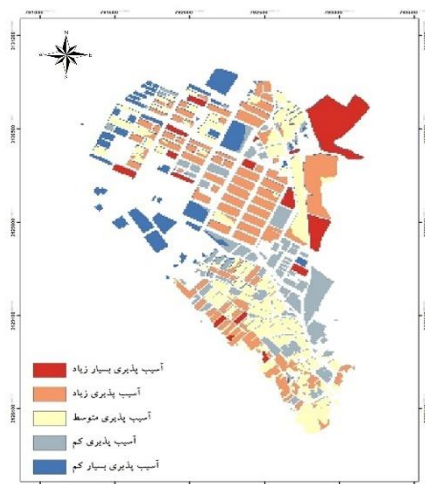
شکل ۲۲: پهنه بندی آسیب پذیری اجتماعی شهر جویم



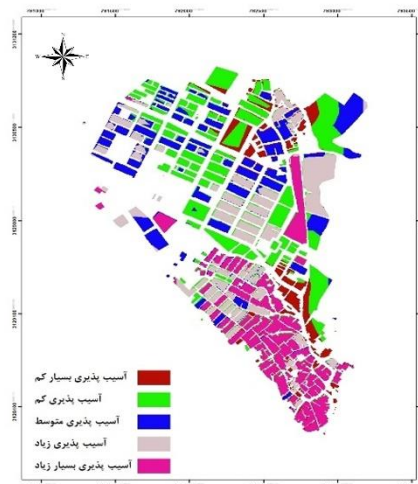
شکل ۲۱: پهنه بندی آسیب پذیری اقتصادی شهر جویم



شکل ۲۰: پهنه بندی آسیب پذیری زیست محیطی شهر جویم



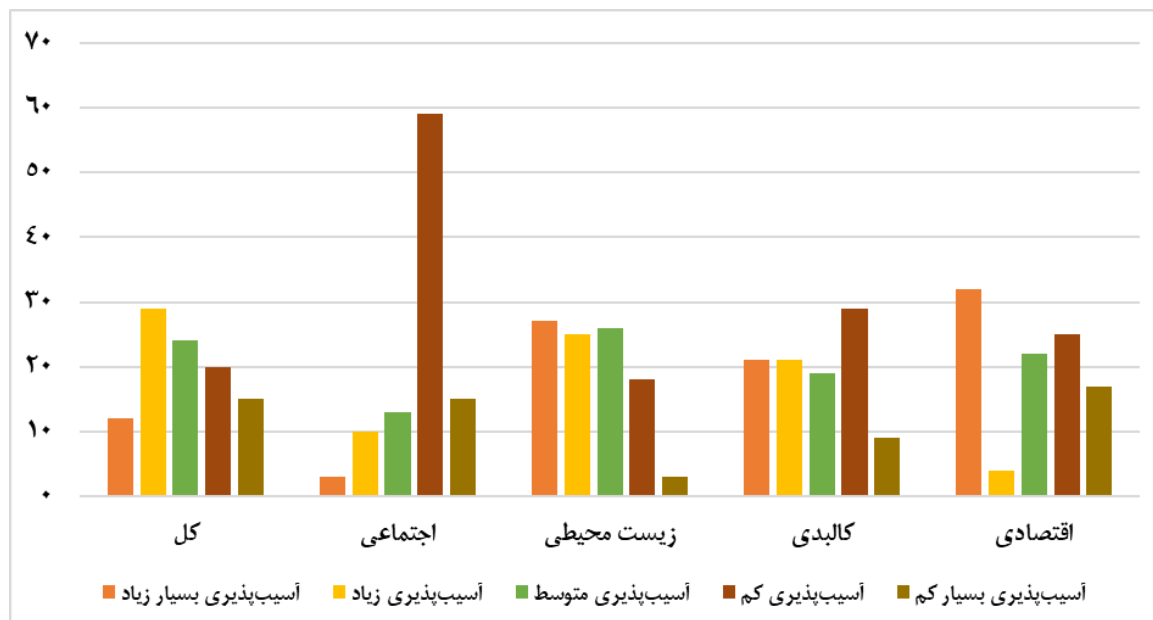
شکل ۲۴: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر جویم



شکل ۲۳: پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کالبدی 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

اقتصادی، کالبدی و محیطی است. پرداختن به آسیب‌پذیری زلزله نیازمند رویکردی یکپارچه است که

آسیب‌پذیری زلزله مفهومی چندوجهی است که تحت تأثیر ابعاد مختلف شامل عوامل اجتماعی،

تعاملات بین این ابعاد را در نظر می‌گیرد؛ روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، رویکردی ساختاریافته برای درک و پرداختن به این رولپت 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 زمینه 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.

پیشنهادهای

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 تاب‌آوری

- شناسایی محدوده و شدت چالش‌های ذاتی که شهر جویم را نسبت به حوادث طبیعی آسیب‌پذیر می‌سازد.
- تنظیم برنامه‌های توسعه شهری و محلی با اصول کاهش خطرپذیری
- جلوگیری از احداث و ساخت وسازها در نزدیکی مناطق شناخته شده مستعد خطر زلزله.
- تخصیص زمینهای ایمن برای تمام فعالیتهای استراتژیک و مسکن‌سازی
- شناخت فرایندهای غیررسمی ساختمانی و تشویق شیوه‌های ایمن ساخت و ساز از طریق آموزش و حمایت.
- تلاش در جهت ایجاد محیط‌های امن و سالم از طریق کمک‌های دولتی و غیردولتی درخصوص زیرساخت‌های اصل محدوده مورد مطالعه

- ایجاد منابع انسانی، مالی و تکنیکی مناسب
برای اجرای طرح مقاوم سازی ساختمانهای شهری در
مناطق آسیب پذیر محدوده مورد مطالعه
- ایجاد موقعیتهای امن و بی خطر و در معرض
خطر قرار ندادن افراد جامعه و امکانات از جمله مسکن،
محل کار و امکانات اجتماعی و عمومی در مناطقی که
احتمال خطر در آن بسیار است، از طریق انتقال مردم و
افرادی که در معرض خطر قرار دارند و همچنین
هدایت توسعه آتی از مناطق ناامن و پرخطر به مناطق
امن
- بازسازی ساختمانهای قدیمی برای کاهش
خطرات زلزله. باید براساس 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 در برابر سوانح طبیعی و حوادث
غیرمترقبه به ویژه خطر زلزله
این پیشنهادات با تمرکز بر شرایط خاص شهر
جویم می تواند به ایجاد یک چارچوب جامع برای
کاهش آسیب پذیری لرزه ای و افزایش تاب آوری این
شهر کوچک کمک کند.

منابع

- پاشاپور، حجت‌الله، قربانی، رامین، فرهادی، ابراهیم و درودی‌نیا، عباس، ۱۳۹۸، پهنه‌بندی خطر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز)، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۱۲(۴۵)، صص ۴۹-۷۰.
- پور حسن‌زاده، محمدحسین؛ احمدی، قادر، ۱۳۹۷، تحلیل آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله با استفاده از مدل Topsis (مطالعه موردی: مسکن شهر ارومیه)، برنامه‌ریزی توسعه کالبدی سال سوم، شماره ۴ (پیاپی ۱۲)، صص ۲۶-۱۱.
- پورطاهری، مهدی، ۱۳۹۲، کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در جغرافیا، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، تهران.
- تقوی، کرامت‌الله. معرفی جاذبه‌های تاریخی و گردشگری شهر و بخش جویم، ماهنامه صحبت نوی جویم، سال اول، شماره ۵، فروردین ۱۳۹۵، صص ۲ تا ۴.
- دلشاد، مهدیه، طبیبیان، منوچهر، حبیبی، سیدمحسن، ۱۴۰۰، واکاوی مفهوم تاب‌آوری فضایی - کالبدی در برابر زلزله، معرفی و اولویت‌بندی مهمترین معیارهای آن با استفاده از مدل Fuzzy AHP - مورد مطالعاتی: بافت مرکزی شهر رشت، نشریه معماری و شهرسازی آرمانشهر، ۱۴(۳۶)، صص ۲۲۲-۲۰۴.
- زارع، مجتبی، رضایی، محمدرضا و رحیمی، عنایت‌اله. ۱۳۹۵، ارزیابی آسیب‌پذیری بافت فرسوده شهر مرودشت در برابر زلزله با استفاده از (AHP) و (GIS). فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، شماره ۷(۲۶)، صص ۷۵-۹۲.
- ساسان پور، فرزانه، شماعتی، علی، افسر، مجید و سعیدپور، شراره، ۱۳۹۶، بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) (مطالعه موردی: محله محتشم کاشان). مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۶(۱۴)، صص ۱۰۳-۱۲۲.
- عفیفی، ابراهیم، ۱۴۰۱، ارزیابی تاب‌آوری بافت فرسوده شهر در برابر زلزله با استفاده از GIS (مطالعه موردی: منطقه ۲ شهرداری 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
- زلزله (نمونه موردی: محلات شهر ورزقان). مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۱۱(۳۱)، صص ۱-۲۴.
- مالچفسکی، یاجک، ۱۳۹۲، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم 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 استاد تقی زاده، عباس، ۱۳۹۹، بکارگیری مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (M.L.P) در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری با تأکید بر زلزله (مورد مطالعه منطقه ۲۰ شهرداری تهران). مخاطرات محیط طبیعی، شماره ۹(۲۴)، صص ۱۲۹-۱۵۰.
- ملکی، سعید، رضوی، سیده معصومه، و رمضان پوراسعدیه، خاطره، ۱۴۰۰، سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری نواحی شهری در برابر زلزله (موردی: ناحیه غربی شهر ایزده). پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۱۲(۴۷)، صص ۲۰۲-۱۸۷.
- نوحه سرا، مریم و ذاکریان، ملیحه و المدرسی، سید علی و خبازی، مصطفی و سرایی، محمد حسین، ۱۴۰۱، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری بافت فرسوده در برابر مخاطره طبیعی زلزله با استفاده از روش ماشین 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(۴), ۱۱۰۶.
- 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 Galați and Brăila Cities, Romania. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13(۱), ۱۱۰۶-۱۱۳۳.
- 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 ۱۴, Number ۳, ۲۰۲۱, pp. ۲۶۶-۲۸۴ (۱۹).
- Baruah, S., Boruah, G. K., Sharma, S., Hoque, W. A., Chetia, T., Dey, C., Gogoi, D. J., 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 (Svara). *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., Souplos, 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*, vol ۵۶, 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.

Keršulienė, 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 ۲۲%, 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