

ارزیابی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر رزن در برابر زلزله

علیرضا صالحی‌پور میلانی*

استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

مهدی زمانی

کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

سید حسن صدوق

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

(تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۶/۱ - تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۷/۲۵)

چکیده

هدف این پژوهش، شناسایی آسیب‌پذیری و همچنین تعیین تاب‌آوری شهر رزن در برابر رویداد زلزله است. به‌منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر رزن در برابر زلزله از پانزده متغیر جمعیت‌شناختی، طبیعی و کالبدی استفاده شد و با بهره‌گیری از تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP)، نقشه آسیب‌پذیری شهر رزن در پنج طبقه و به تفکیک محلات تهیه شد. افزون‌بر آن، به‌منظور تحلیل تاب‌آوری و آمادگی ساکنان این شهر برای مقابله با مخاطره زلزله، ۳۷۲ پرسشنامه با ۳۲ سؤال با رویکردهای اجتماعی، اقتصادی، کالبدی-مدیریتی و محیطی، توسط شهروندان این شهر تکمیل شد. نتایج پهنه‌بندی آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که ۵۵ درصد از وسعت شهر رزن در محدوده آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد قرار دارند و محله ۵ با میانگین آسیب‌پذیری ۰/۷۹۸ بیشترین آسیب‌پذیری را به خود اختصاص داده است. عوامل کالبدی از جمله اسکلت ضعیف ساختمان‌ها، سن زیاد ساختمان‌ها، باریک بودن معابر و به‌خصوص تراکم جمعیتی از عوامل مهم تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری شهر رزن است. افزون‌بر آن نتایج حاصل از پرسشنامه نشان می‌دهد که آمادگی و تاب‌آوری محلات شهر در برابر زلزله در هیچ یک از محلات شهر در طبقه زیاد و بسیار زیاد قرار ندارد و طبقه متوسط با امتیاز ۲/۷ روند غالب در تاب‌آوری محلات این شهر است و محله سوم این شهر کمترین تاب‌آوری شهر را دارد. کارکرد ضعیف ساختارهای مدیریتی و نهادی و همچنین توان کم اقتصادی شهروندان برای بازگشت به شرایط مطلوب بعد از وقوع زلزله از عوامل کاهش تاب‌آوری شهر رزن در برابر زلزله است. ساختار این تحقیق را می‌توان الگویی برای ارزیابی مخاطره زلزله در مناطق شهری قرار داد و برنامه‌ریزان شهری می‌توانند با ارزیابی همزمان آسیب‌پذیری شهری و همچنین تاب‌آوری آن، در راستای تقویت زیرساخت‌های شهری و همچنین افزایش آمادگی شهروندان و مسئولان در مدیریت بحران شهری در زمان زلزله اقدام لازم را انجام دهند.

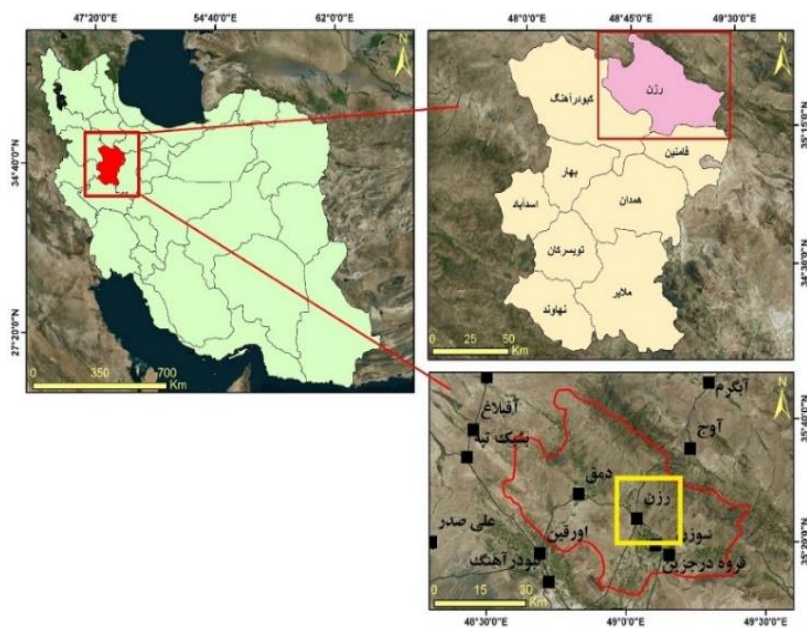
واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری، تحلیل شبکه‌ای فازی، تاب‌آوری، شهر رزن، مخاطره زلزله.

مقدمه

تجزیه و تحلیل مخاطره زلزله، برآورد مخاطرات آن برای مکان‌های مختلف و ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری در زمان وقوع زلزله از اقدامات اولیه در برنامه‌ریزی‌های شهری است [۱۵]. هدف از رویکرد تاب‌آوری، افزایش توانایی جامعه، برنامه‌ریزی و آمادگی برای بهبود و موفقیت در مقابله با اثرهای ناخواسته پس از بلایا و همچنین ترمیم و بهبود جامعه از نظر اجتماعی، اقتصادی، نهادی و فیزیکی است. تاب‌آوری را می‌توان تعامل فرد با تغییرات محیطی در طول زمان تعریف کرد [۲۹]. شهر تاب‌آور شهری است که در صورت وقوع شوک و رویداد ناگهانی، آمادگی و توانایی لازم را برای بازبانی به‌گونه‌ای داشته باشد که هویت، عملکرد و ساختار آن حفظ شود [۳]. داشتن شهری تاب‌آور مستلزم ایجاد جوامع مقاوم در برابر مخاطرات با روش‌هایی مانند کاهش آسیب‌پذیری، افزایش ظرفیت محلی برای توسعه تاب‌آوری و ادغام برنامه‌های کاهش ریسک با طراحی و اجرای برنامه‌های آمادگی اضطراری، واکنش و بازسازی است [۱۶]. تحقیقات متعددی در ایران در زمینه ارزیابی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهری با استفاده از مدل‌ها و روش‌های مختلف در برابر خطر زلزله انجام گرفته است. سرور و کاشانی (۱۳۹۵) آسیب‌پذیری کالبدی شهر اهر را در برابر بحران زلزله ارزیابی کردند. بافت‌های فرسوده شهری و همچنین بافت‌های تاریخی از مکان‌های آسیب‌پذیرند و تحقیقات در این زمینه در ایران در کرمانشاه [۱۰] و بافت فرسوده تهران [۱۱]، نشان‌دهنده ضرورت تحقیق در این بخش در کشور است. افزون بر بحث آسیب‌پذیری، تحقیق در زمینه ارزیابی تاب‌آوری شهری به‌خصوص در کلانشهرهایی مانند تهران [۴]، ریسک مخاطره زلزله را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. در بین این تحقیقات، یکی از مهم‌ترین مدل‌ها برای اولویت‌بندی ریسک توسط برنامه‌ریزان شهری، مدل‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. این تحقیقات اغلب در زمینه آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر مخاطرات طبیعی همانند سیل [۱۸] و نیز ارزیابی آسیب‌پذیری این مناطق در برابر زلزله کاربرد دارند. هدف این پژوهش، بررسی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شهر رزن در برابر زلزله است. برای این کار، با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی حاوی متغیرهای کالبدی، طبیعی و جمعیتی و همچنین بهره‌گیری از روش تحلیل شبکه‌ای و منطق فازی پهنه‌بندی محله‌های شهر رزن از دیدگاه آسیب‌پذیری در برابر زلزله ارزیابی شد. افزون بر آن با توزیع ۳۷۲ پرسشنامه با رویکردهای اجتماعی، اقتصادی، محیطی و مدیریتی و کالبدی در میان کارشناسان و ساکنان محلات شهر، تاب‌آوری هر محله در برابر مخاطره زلزله تحلیل شد.

منطقه تحقیق

منطقه تحقیق شهر رزن در شمال استان همدان است که در طول جغرافیایی $48^{\circ}33'49''$ و عرض جغرافیایی $35^{\circ}23'26''$ قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۵۰ متر است. برپایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، جمعیت شهر ۱۵۳۷۱ نفر است. نزدیک به کل سطح شهر رزن از لحاظ ژئومورفولوژی جزو واحد دشت به حساب می‌آید. بیشترین درصد شیب شهر بین صفر تا ۵ درصد و در برخی سطوح زمین دارای کمی شیب بیشتر است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر رزن (استان همدان)

روش تحقیق

در این تحقیق، پانزده زیرمعیار و لایه اطلاعاتی در ارزیابی آسیب‌پذیری شهر رزن به کار گرفته شد که عبارت‌اند از قدمت بنا، اسکلت بنا، تعداد طبقات، کیفیت بنا، مراکز اسکان موقت، مراکز انتظامی، مراکز امدادی، عرض معابر، فضای سبز و خالی، کانون لرزه‌ای، گسل، کاربری‌های خطرناک، رودخانه، آتش‌نشانی و تراکم جمعیت. به منظور مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر آسیب‌پذیری شهر، از فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شد. پرسشنامه تکمیل شده توسط محققان و صاحب‌نظران وارد محیط نرم‌افزاری Super decision شد. وزن هر کدام از معیارها و زیرمعیارها

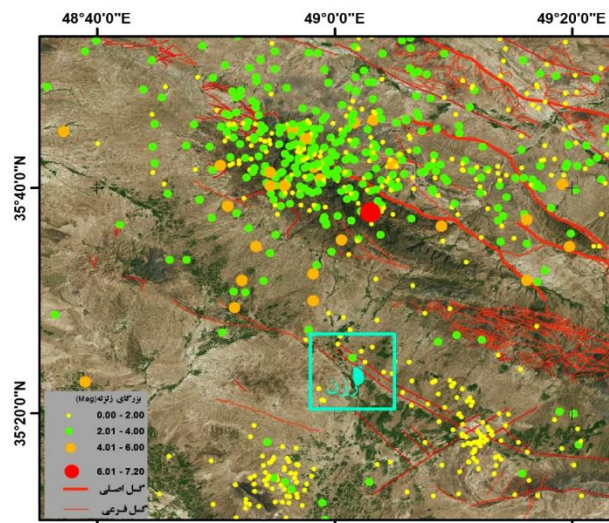
مشخص شد. لایه‌های انتخاب‌شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی وزن‌دهی و فازی شده و سپس با یکدیگر تلفیق شدند و نقشه آسیب‌پذیری شهر رزن تهیه شد. در زمان وقوع زلزله، ساعت‌ها و دقیق اولیه بسیار پراهمیت است. به همین منظور، آمادگی و تاب‌آوری جمعیت شهری در کاهش خطر تأثیرگذار است. در اختیار داشتن اطلاعاتی درباره وضعیت تاب‌آوری و همچنین آمادگی محلات شهر رزن در برابر زلزله، می‌تواند تحلیلی دقیق‌تر را در زمینه مدیریت بحران در زمان وقوع زلزله در اختیار مدیران شهری قرار دهد. با هدف ارزیابی تاب‌آوری شهر رزن در برابر مخاطره زلزله، پرسشنامه‌ای شامل ۳۲ سؤال در حوزه‌های اجتماعی، اقتصادی، مدیریتی - نهادی و همچنین محیطی طراحی و نظر ساکنان شهر به صورت نمونه‌گیری تصادفی از هر شش محله ارزیابی شد. در پژوهش حاضر براساس فرمول کوکران با توجه به جمعیت شهر، حجم نمونه انتخاب شده است.

داده‌ها و بحث

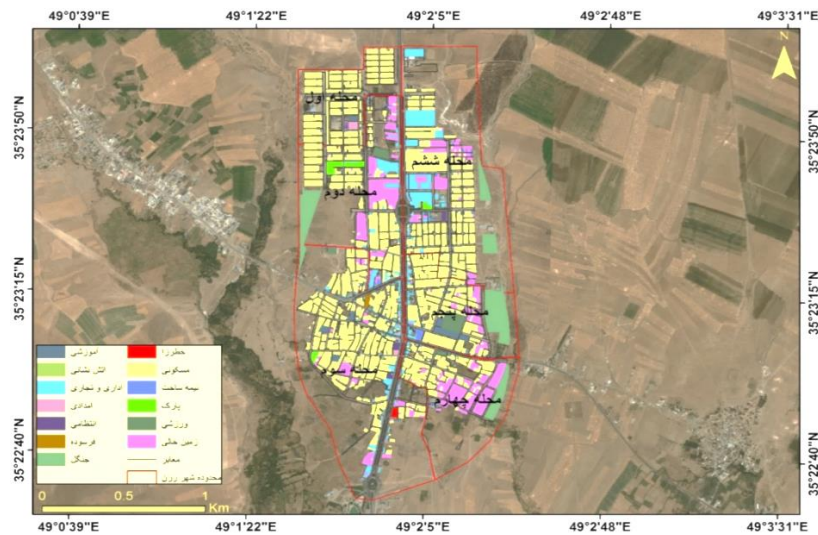
با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آوج، رزن، کبودآهنگ و مرزبان، در اطراف شهر رزن تنها چند گسل فرعی وجود دارد (شکل ۲) که همجوار گسل‌های فرعی در شمال شرق رشته‌کوه‌های خرقان یا شرق منطقه است [۹]. گسل خرقان در محدوده آب‌گرم آوج بسیار فعال است و در سال‌های گذشته سبب زمین‌لرزه شدید در منطقه رزن و آوج هم شده است. افزون بر گسل‌های فرعی در نزدیکی شهر رزن، گسل آوج در حدود ۲۷ کیلومتری شهر رزن قرار دارد و فعالیت‌های لرزه‌خیزی آن سبب خسارات متعددی به مناطق شهری و روستایی منطقه شده است. براساس داده‌های ایستگاه لرزه‌نگاری مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۱ گسل آوج فعال شد که زلزله‌ای به بزرگی $6/3$ تا $6/5$ ریشتر داشت و روستاهای زیادی تخریب و آسیب‌های جزئی در خانه‌های شهر رزن ایجاد شد که هراس مردم شهر را در پی داشت. همچنین زلزله‌ای به بزرگی $5/4$ ریشتر در عمق ۱۰ کیلومتری زمین، مرز استان‌های قزوین و همدان در حوالی آوج را لرزاند. این زلزله که در بعد از ظهر شنبه سوم آبان ۱۳۹۹ به وقوع پیوست، در همدان، فامنین، کبودآهنگ و رزن حس شد و یک نفر نیز در شهرستان رزن به دلیل فرار و ترس ناشی از زلزله مصدوم شد. با توجه به داده‌های لرزه‌ای مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، زمین‌لرزه‌های متعددی در نزدیکی شهر رزن به وقوع پیوست که بیشترین آنها دارای بزرگی بین ۲ تا ۴ ریشتر بودند و امکان دارد در آینده نیز این زمین‌لرزه‌ها با شدت بیشتری روی دهند و خسارات بیشتری بر جای بگذارند.

بررسی کاربری اراضی و وضع موجود شهر رزن، با توجه به نقشه تفصیلی شهر رزن (۱۳۹۰) (شکل ۳) نشان می‌دهد که مساحت کاربری مسکونی $86/55$ هکتار (۴۹ درصد) از مساحت

محدوده شهر است که بیشترین سهم از مساحت کاربری اراضی در محدوده شهر را به خود اختصاص داده است. در رتبه بعدی زمین‌های خالی با مساحت ۳۷/۴ هکتار با ۱۷ درصد قرار دارد و کمترین سهم از مساحت کاربری اراضی شهر به کاربری‌های پارک، بافت فرسوده، آموزشی، آتش‌نشانی، انتظامی و خطرزا تعلق دارد (جدول ۱).



شکل ۲. گسل‌ها و کانون‌های لرزه‌ای در نزدیکی شهر رزن (مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۲۰۲۰-۱۹۰۰)



شکل ۳. کاربری اراضی و منطقه‌بندی شهر رزن (طرح تفصیلی شهر رزن، ۱۳۹۰)

جدول ۱. وضعیت کاربری اراضی شهر رزن (طرح تفصیلی شهر رزن، ۱۳۹۰)

نوع کاربری	مساحت (هکتار)	درصد	نوع کاربری	مساحت (هکتار)	درصد
پارک	۱/۵۰	۱	امدادی	۳/۱	۲
ورزشی	۲/۷	۲	انتظامی	۰/۷	۱
جنگل	۱۲	۷	زمین خالی	۳۷/۴	۱۷
فرسوده	۰/۸	۱	خطرزا	۰/۲	۱
نیمه‌ساخت	۲/۸	۲	مسکونی	۸۶/۵۵	۴۹
آموزشی	۳/۸	۱	معابر	۱۱/۷۵	۷
آتش‌نشانی	۰/۰۶	۱	جمع	۱۷۸/۲۶	۱۰۰
اداری و تجاری	۱۴/۹	۸			

جدول ۲. جمعیت، مساحت، تراکم خالص و ناخالص جمعیتی شهر رزن به تفکیک محلات

(طرح تفصیلی شهر رزن، ۱۳۹۰)

شرح محلات	جمعیت موجود	مساحت محدوده (هکتار)	مساحت مسکونی (هکتار)	تراکم جمعیتی ناخالص	تراکم جمعیتی خالص
محله ۱	۸۲۵	۵۹/۳	۳/۴	۱۴	۲۴۱
محله ۲	۳۵۳۵	۸۰/۷	۱۴/۹۴	۴۴	۲۳۷
محله ۳	۳۰۲۷	۷۱	۱۵	۴۳	۲۰۴
محله ۴	۱۴۸۶	۴۹/۹	۹	۳۰	۱۷۴
محله ۵	۳۴۸۹	۵۱/۴	۱۴/۵	۶۸	۲۴۱
محله ۶	۱۲۳۸	۵۳/۳	۴/۸	۲۳	۲۵۶
کل شهر	۱۳۶۰۰	۳۶۶	۶۱	۳۷	۲۲۳

مطابق طرح تفصیلی، شهر رزن به شش محله تقسیم شده است و در مجموع ۳۳۶ هکتار وسعت دارد که ۶۱ هکتار آن بافت مسکونی است. محله ۲ با ۳۵۳۵ نفر و محله ۱ با ۸۲۵ نفر، به ترتیب بیشترین و کمترین جمعیت را دارند و محله ۵ با ۳۴۸۹ نفر و مساحت ۵۱/۴ هکتار، بیشترین تراکم ناخالص جمعیتی را داراست (جدول ۲).

از بین عوامل تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله، متغیرهای ابعاد اجتماعی، ظرفیت مقابله، کالبدی، دسترسی، همجواری با کاربری‌های خطرزا و ویژگی‌های طبیعی استفاده شد. با توجه به ارزیابی نظر کارشناسان در نرم‌افزار Super Decision و محاسبات صورت‌گرفته، معیار ویژگی‌های طبیعی مهم‌ترین شاخص در آسیب‌پذیری در اثر زلزله است، به طوری که وزنی معادل ۰/۴۷۲۸۳ را به خود اختصاص داده است و بعد از آن معیار کالبدی با وزن ۰/۲۶۶۶۸ قرار دارد.

با توجه به نظر کارشناسان در زیرمعیارهای ویژگی‌های طبیعی، گسل مهم‌ترین عامل در آسیب‌پذیری است، به طوری که وزنی معادل ۰/۵۴۳۹ را به خود اختصاص داده است. با توجه به

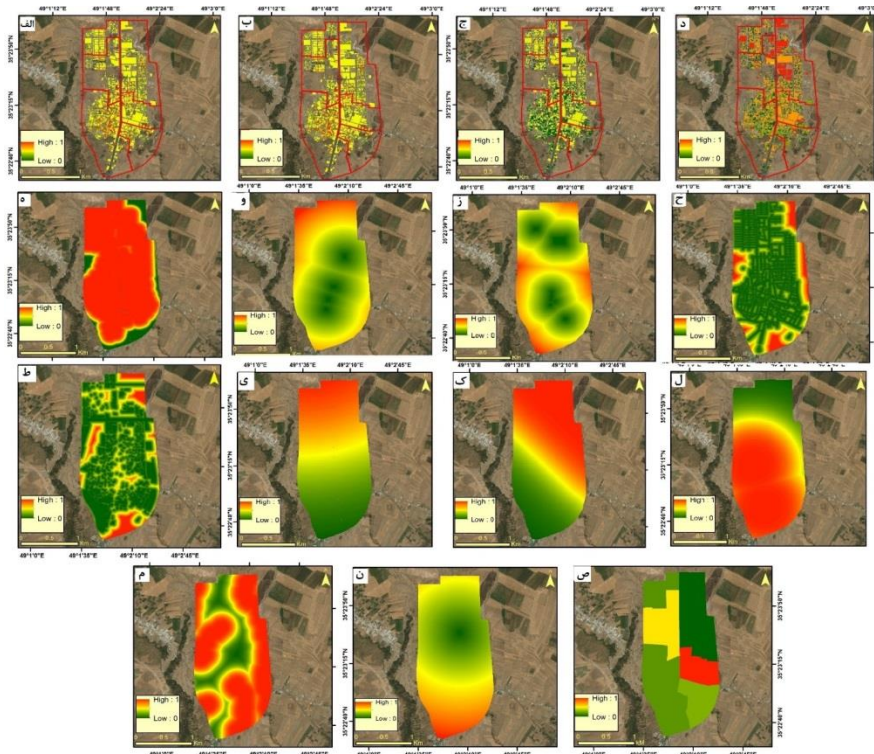
معیار اجتماعی، تراکم جمعیتی با وزن $0/76723$ بیشترین ارزش و براساس معیارهای دسترسی، عرض معابر بیشترین ارزش را با وزن $0/8$ دارد. در ارزیابی کارشناسان از زیرمعیار ظرفیت مقابله مشخص شد که آتش‌نشانی با وزنی معادل $0/59106$ بیشترین ارزش را دارد. ایستگاه تقویت فشار گاز در زیرمعیار همجواری با کاربری‌های خطرزا با وزن $0/33617$ بیشترین ارزش را به خود اختصاص داده است. در معیار کالبدی نیز زیرمعیار اسکلت بنا با وزن $0/47745$ و در نهایت در زیرمعیارهای اجتماعی، تراکم جمعیت بیشترین ارزش را با وزن $0/76723$ دارد.

با توجه به وزن‌های به‌دست‌آمده با امتیازدهی به لایه‌ها و سپس فازی کردن لایه‌های وزن‌دهی‌شده در نرم‌افزار GIS (شکل ۴) و همچنین تلفیق لایه‌ها، نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر رزن به‌دست آمد (شکل ۵ الف و ب).

آمار آسیب‌پذیری محدوده‌های مختلف شهر برحسب مساحت بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که در شهر رزن محدوده آسیب‌پذیری بسیار زیاد با 29 درصد، بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است و در مرتبه بعد با اندکی اختلاف، آسیب‌پذیری زیاد با $26/1$ درصد بیشترین وسعت را در آسیب‌پذیری دارد. در مجموع می‌توان گفت که بیش از 55 درصد از وسعت شهر در معرض آسیب‌پذیری زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته که نشان‌دهنده آسیب‌پذیری زیاد شهر رزن در برابر زلزله است. در مقابل تنها $23/5$ درصد از مساحت شهر در رتبه آسیب‌پذیری کم و بسیار کم قرار می‌گیرد.

میانگین آسیب‌پذیری شهر رزن شهر رزن $0/708$ است که در محدوده آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. دلیل اصلی آن وجود عناصر طبیعی مانند گسل و کانون زلزله است که بیشتر محلات شمال شهر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که محله ۵ با میانگین $0/798$ بیشترین آسیب‌پذیری و محله ۴ با میانگین $0/637$ ، کمترین آسیب‌پذیری را در برابر زلزله دارد.

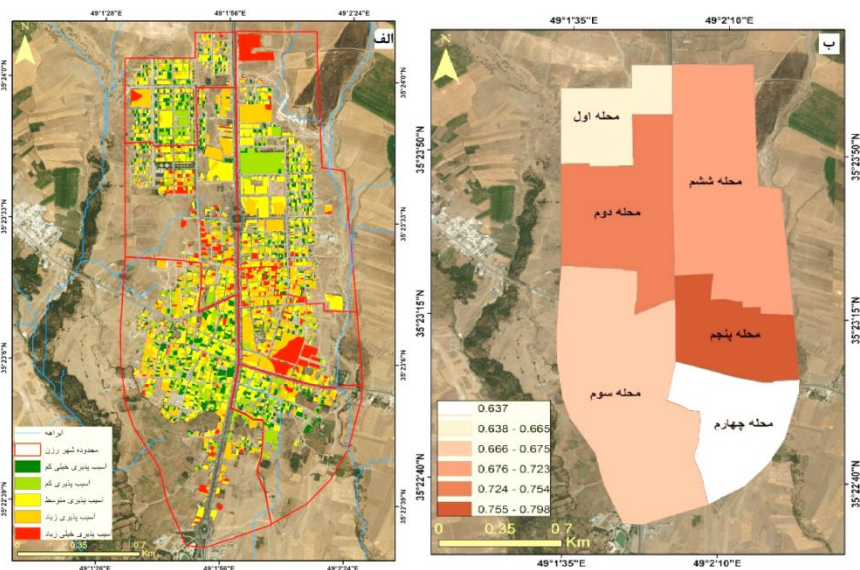
با توجه به شکل ۵ ب و ارزیابی‌های صورت‌گرفته، میانگین آسیب‌پذیری در محله ۱ برابر با $0/665$ است. می‌توان محله ۱ را دارای آسیب‌پذیری متوسط در برابر زلزله به حساب آورد که مهم‌ترین علت آن، عوامل کالبدی همانند قدمت کم بنا و اسکلت و کیفیت مناسب بنا است. ولی این منطقه از شهر ضعف‌های متعددی نیز دارد که نبود پوشش کاربری‌های امدادی به‌خصوص آتش‌نشانی و مراکز انتظامی و نزدیکی به گسل و نزدیکی به رودخانه از آن جمله است. محله ۲ نیز با میانگین آسیب‌پذیری $0/754$ در طبقه آسیب‌پذیری زیاد قرار دارد. از دلایل آسیب‌پذیری بیشتر این محله می‌توان به بخش کالبدی آن اشاره کرد؛ چنانکه عریض نبودن معابر برای امداد و نبود آتش‌نشانی، تراکم جمعیت زیاد و همچنین نزدیکی به رودخانه موجب آسیب‌پذیری زیاد محله می‌شود. محله ۳ از آسیب‌پذیری متوسط برخوردار است و میانگین آسیب‌پذیری در آن $0/675$ است.



شکل ۴. وزن دهی لایه‌ها با فازی: الف: قدمت بنا؛ ب: اسکلت بنا؛ ج: تعداد طبقات؛ د: کیفیت بنا؛ ه: مراکز انتظامی؛ و: اسکان موقت؛ ز: مراکز امدادی؛ ح: عرض معابر؛ ط: فضای سبز و خالی؛ ی: کانونی؛ ک: گسل؛ ل: کاربری‌های خطرزا، م: رودخانه، ن: آتش‌نشانی؛ ص: تراکم جمعیت

ولی این محله نیز چندان وضعیت مناسبی ندارد و از جمله دلایل آسیب‌پذیری آن عامل کالبدی و نیز نبود فضای سبز مناسب و باریک بودن معابر و تمرکز کاربری‌های تجاری است، هرچند نبود کاربری‌های خطرزا از عواملی است که آسیب‌پذیری این محله را نسبت به محلات دیگر در وضعیت مناسب‌تری قرار داده است. محله ۴ با میانگین آسیب‌پذیری ۰/۶۳۷ در طبقه آسیب‌پذیری متوسط قرار می‌گیرد که علت آن وجود کاربری‌های مسکونی کم و تراکم جمعیت کمتر از محله‌های دیگر است، ولی نامناسب بودن عناصر کالبدی و عریض نبودن معابر از ضعف‌های این محله به شمار می‌آید. از بین شش محله شهر رزن، محله ۵ با میانگین ۰/۷۹۸ بیشترین آسیب‌پذیری را در بین محلات شهر به خود اختصاص داده که یکی از دلایل اصلی آن، تراکم جمعیتی زیاد این قسمت از شهر است. از دلایل دیگر آسیب‌پذیری این محله که

بافت قدیمی شهر نیز به شمار می‌آید، نامناسب بودن عوامل کالبدی از جمله اسکلت ضعیف ساختمان‌ها، زیاد بودن سن بنا و باریک بودن معابر نسبت به مناطق دیگر شهر است. در نهایت محله ۶ شهر آسیب‌پذیری زیادی دارد و در اثر وقوع زلزله دچار آسیب خواهد شد. نقطه مطلوب این محله، دسترسی بهتر برای امداد و وجود مراکز امدادی مناسب مانند بیمارستان، هلال احمر و نزدیک بودن آن به آتش‌نشانی است. میانگین آسیب‌پذیری در محله ۶ برابر با 0.723 است. وزن‌دهی معیار گسل و نزدیکی به رودخانه سبب افزایش خطر در این محله شده است.



شکل ۵. الف) میانگین آسیب‌پذیری شهر رزن، ب) آسیب‌پذیری محلات رزن

ظرفیت اجتماعی، در نشان دادن واکنش مثبت، تطابق با تغییرات و حفظ رفتار سازگاران و بازبازی سوانح به‌دست می‌آید. یکی از شاخصه‌های زیاد بودن ظرفیت‌های اجتماعی به‌خصوص در زمینه مخاطرات طبیعی، زیاد بودن تاب‌آوری در جوامع انسانی است.

نتایج نظرسنجی نشان می‌دهد که شهر رزن از نظر بُعد اجتماعی تاب‌آوری با میانگین $2/71$ در طبقه متوسط جای می‌گیرد. بیشترین تاب‌آوری به محله ۶ با میانگین $3/22$ و کمترین تاب‌آوری به محله ۳ با میانگین $2/15$ اختصاص دارد و به ترتیب محله ۵ با میانگین $2/87$ ، محله ۴ با میانگین $2/73$ ، محله ۱ با میانگین $2/65$ و محله ۲ با میانگین $2/62$ در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند (شکل ۵). از بین این نماگرها، نماگر پیوند اجتماعی با همسایگان با میانگین

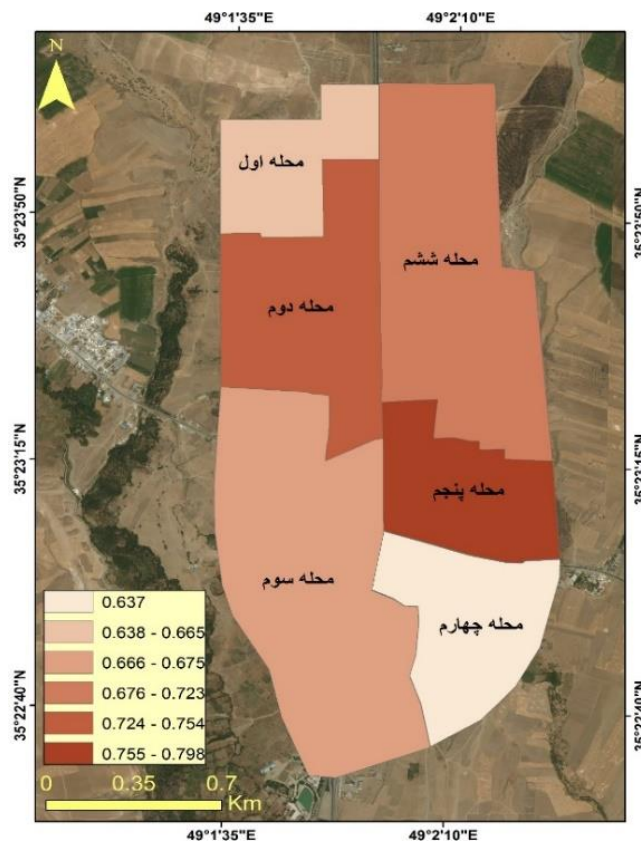
۳/۰۲، بیشترین میانگین و مشارکت در تصمیم‌گیری با میانگین ۲/۳۴ کمترین میانگین را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۸).

تاب‌آوری در بُعد اقتصادی بیشتر به واکنش و سازگاری ذاتی افراد و جوامع در برابر سوانح مختلف اشاره می‌کند، به طوری که آنها را قادر به کاهش خسارات ناشی از مخاطره سازد. میانگین تاب‌آوری از لحاظ ابعاد اقتصادی در محلات شهر رزن، ۲/۶۲ و نشانگر وضعیت تاب‌آوری متوسط در این شهر است. از دلایل زیاد نبودن تاب‌آوری در این شهر می‌توان به نیاز به حمایت مالی نهادهای دولتی و محلی و استفاده از اعتبارات مالی و بانکی، نداشتن توانایی جبران خسارات را برشمرد. محله ۶ با میانگین تاب‌آوری اقتصادی ۳/۰۳ بیشترین تاب‌آوری را در بین محلات شش‌گانه شهر به لحاظ بعد اقتصادی به خود اختصاص داده است. کمترین تاب‌آوری به لحاظ بعد اقتصادی، متعلق به محله ۳ با میانگین ۲/۳۴ است که بیانگر وضعیت متوسط رو به پایین این محله در این بعد است. در محلات دیگر نیز به ترتیب محله ۱ با میانگین ۲/۸۰، محله ۵ با میانگین ۲/۶۹، محله ۲ با میانگین ۲/۵۸ و محله ۴ با میانگین ۲/۴۷ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در بین نماگرهای اقتصادی، نماگر توانایی خانواده برای بازگشت به شرایط شغلی با میانگین ۳/۳۸، بیشترین و حمایت مالی نهادهای دولتی و محلی و استفاده از اعتبارات مالی و بانکی با میانگین ۲/۲۰ کمترین میانگین را دارند.

میزان تاب‌آوری در بعد مدیریتی - نهادی نیز اندک بوده و میانگین کل محلات نیز ۲/۶۰ است و وضعیت در بعد مدیریتی - نهادی چندان مناسب نیست که از دلایل آن می‌توان بی‌توجهی به آموزش یا اجرا نشدن مانور برای ساکنان محلات، کمرنگ بودن روابط ساکنان با نهادهای محلی، نارضایتی از مسئولیت‌پذیری نهادها و رضایت کم از عملکرد نهادها اشاره کرد. بیشترین تاب‌آوری در بُعد مدیریتی - نهادی متعلق به محله ۶ با میانگین ۳/۰۶ است و محله ۳ نیز با میانگین ۲/۱۴ کمترین میانگین را دارد. محله ۵ با میانگین ۲/۷۲، محله‌های ۴ و ۲ با میانگین ۲/۶۱ و محله ۱ با میانگین ۲/۴۵ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در بین نماگرها، فعالیت گروه‌های داوطلب با میانگین ۲/۸۷، بیشترین، و آموزش و اجرای مانور با ۲/۲۸ کمترین میانگین را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج حاکی از آن است که قبل از بحران زلزله در شهر رزن، بررسی و توجه جدی به این مسئله برای ارتقای تاب‌آوری مدیریتی - نهادی ضرورت دارد. از بین محلات شهر محله ۶ بیشترین تاب‌آوری را در حوزه محیطی با ۳/۱۱ به خود اختصاص داده است و در نهایت محله ۳ با ۲/۳۹ کم‌ترین میزان تاب‌آوری را دارد. محلات دیگر در بعد محیطی نیز به ترتیب محله یک با ۳/۰۲، محله دو با ۲/۹۶، محله ۵ با ۲/۸۹ و محله چهار با ۲/۶۹ در رتبه‌های بعدی قرار دارند که وضعیت چندان مطلوبی نیست. نم اگر پاکیزگی

و نظافت محیطی با ۳/۱۱ بیشترین میانگین و نم اگر سهولت و حمل‌ونقل تردد در شبکه معابر شهری با ۲/۶۱، کمترین میانگین را به خود اختصاص داده‌اند.

از بین شش محله موجود، محله ۶ با میانگین ۳/۱۲، بیشترین تاب‌آوری را در همه ابعاد به خود اختصاص داده است؛ با این حال، تاب‌آوری آن در حد متوسط است. محله ۳ نیز با میانگین ۲/۲۵ کمترین تاب‌آوری را دارد. محله ۵ با میانگین ۲/۸۰، محله ۱ با میانگین ۲/۷۲، محله ۲ با میانگین ۲/۶۹ و محله ۴ با میانگین ۲/۶۳ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. از نظر ابعاد تاب‌آوری، بُعد محیطی با میانگین ۲/۸۴ بیشترین ارزش، و بُعد مدیریتی- نهادی با میانگین ۲/۶۰ کمترین ارزش تاب‌آوری را دارند و بُعد اجتماعی با میانگین ۲/۷۱ و سپس بُعد اقتصادی با میانگین ۲/۶۲ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.



شکل ۶: تاب‌آوری محلات شهر رزن در برابر زلزله

جدول ۳. ارزیابی جمعی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری رزن

ایجاد	نماینده	محل ۱	محل ۲	محل ۳	محل ۴	محل ۵	محل ۶	محل‌های شهر رزن	
								میانگین	میانگین
اجتماعی	توانایی تطبیق با تنش و آشفتگی‌ها	۲/۴	۲/۵۳	۲/۱۰	۲/۷	۲/۷	۳/۲۷	۲/۶۲	۰/۹۳۱
	میزان مشارکت برای رفع بحران	۲/۶۷	۲/۴۷	۲/۰۳	۲/۸۷	۲/۹۳	۳/۳	۲/۷۱	۰/۹۳۵
	درک محلی از خطر	۲/۸۲	۲/۶۷	۲/۱۳	۳	۲/۸۷	۳/۰۹	۲/۷۶	۰/۹۳۴
	تمایل اجتماعی به مشارکت	۲/۸۳	۲/۸۴	۲/۰۸	۲/۷۲	۲/۳	۳/۲۷	۲/۸۲	۰/۹۳۳
	مشارکت در تصمیم‌گیری	۱/۹۷	۲/۱۳	۲/۱۰	۲/۲	۲/۳۳	۳/۲۰	۲/۳۴	۰/۹۳۳
	پیوندهای اجتماعی با همسایگان	۲/۳	۲/۰۳	۲/۳۳	۳/۰۷	۲/۳	۳/۲	۳/۰۲	۰/۹۳۳
	دانش و آگاهی درباره بحران	۲/۵۳	۲/۵۸	۲/۳۵	۲/۵۵	۲/۷۹	۳/۲۴	۲/۶۷	۰/۹۳۲
میانگین	۲/۶۵	۲/۶۲	۲/۱۵	۲/۷۳	۲/۸۷	۳/۲۳	۲/۷۱	۰/۹۳۲	
اقتصادی	ظرفیت یا توانایی جریان خسارت	۲/۰۳	۱/۹	۲/۲۷	۲/۱۰	۲/۰۲	۳	۲/۲۲	۰/۹۳۲
	فرصت به‌دست آوردن شغل	۳/۵	۲/۷۳	۲/۴۳	۲/۵۳	۳/۱۷	۳/۲۰	۲/۹۳	۰/۹۳۴
	توانایی خانواده برای بازگشت به شرایط شغلی	۳/۵۷	۳/۶	۲/۶۷	۳/۳۳	۳/۵۳	۳/۶	۳/۳۸	۰/۹۳۴
	حمایت مالی نهادهای دولتی و محلی و استفاده از اعتبارات مالی و بانکی	۲/۱۳	۲/۱۳	۲/۰۳	۲/۲	۲/۴۰	۲/۲۰	۲/۲۰	۰/۹۳۷
	توانایی مالی ساکنان برای مشارکت	۲/۷۷	۲/۴۳	۲/۳	۲/۲	۲/۳۳	۲/۳	۲/۳۹	۰/۹۳۴
میانگین	۲/۸	۲/۵۸	۲/۳۴	۲/۴۷	۲/۶۹	۳/۰۳	۲/۶۲	۰/۹۳۴	
مدیریتی-نهادی	آموزش و اجرای مانور	۲/۱۹	۲/۳۲	۲/۰۶	۲/۲۹	۲/۲۲	۲/۶۱	۲/۲۸	۰/۹۳۳
	روابط ساکنان با نهادهای محلی	۲/۴۹	۲/۵۵	۲/۳۱	۲/۳۸	۲/۶۸	۳/۲۴	۲/۶۳	۰/۹۳۵
	مسئولیت‌پذیری نهادها	۲/۲۷	۲/۶	۱/۹۳	۲/۶۳	۲/۸۷	۳/۱۳	۲/۵۷	۰/۹۳۳
	رضایت ساکنان از عملکرد نهادها	۲/۲۳	۲/۶۳	۲/۳۳	۲/۶	۲/۹۷	۳/۰۷	۲/۶۴	۰/۹۳۴
	فعالیت گروه‌های داوطلب	۳/۰۷	۲/۲۹	۲/۰۷	۳/۱۳	۲/۸۳	۳/۱۷	۲/۸۷	۰/۹۳۳
میانگین	۲/۴۵	۲/۶۱	۲/۱۴	۲/۶۱	۲/۷۲	۳/۰۶	۲/۶	۰/۹۳۴	
محیطی	سهولت شبکه معابر و حمل‌ونقل	۲/۵	۲/۵۷	۲/۲۷	۲/۳۳	۲/۷۷	۳/۲۳	۲/۶۱	۰/۹۳۲
	توجه به اقلیم در ساخت‌وساز	۳/۴	۲/۸۴	۲/۴۷	۳/۱۳	۲/۷۷	۳/۲۳	۲/۸۹	۰/۹۳۳
	پاکیزگی و نظافت محیطی	۳/۴۳	۳/۳	۲/۴۷	۲/۸۳	۳/۳۳	۳/۳	۳/۱۱	۰/۹۳۳
	قابلیت استفاده از فضای سبز	۳/۷	۳/۷۳	۲/۴	۱/۸۷	۲/۱	۲/۳	۲/۶۸	۰/۹۳۲
	سلامت‌دهی دفع آب‌های سطحی	۲/۰۷	۲/۳۳	۲/۳۳	۳/۲۷	۳/۴۷	۳/۵	۲/۸۳	۰/۹۳۳
میانگین	۳/۰۲	۲/۹۶	۲/۳۹	۲/۶۹	۲/۸۹	۳/۱۱	۲/۸۴	۰/۹۳۲	
میانگین کل	۲/۷۲	۲/۶۹	۲/۲۵	۲/۶۳	۲/۸	۳/۱۲	۲/۷	۰/۹۳۳	

نتیجه‌گیری

شهر رزن به‌دلیل ویژگی‌های زمین‌شناختی و قرارگیری در مجاورت گسل‌های متعدد به‌خصوص گسل آوج، در معرض مخاطره زلزله قرار دارد و در صورتی که زلزله‌ای با بزرگی بیش از ۶/۵ ریشتر در این منطقه روی دهد، امکان وارد آمدن آسیب جدی به شهر وجود دارد. از این‌رو ارزیابی آسیب‌پذیری و تاب‌آوری این شهر در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های مکانی و همچنین واقعیت‌های میدانی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در این تحقیق از مدل FANP برای ارزیابی آسیب‌پذیری شهر استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که به‌دلیل تعداد و

تنوع متغیرهای به‌کاررفته در این تحقیق و همچنین استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی، پهنه‌بندی مناسبی از آسیب‌پذیری شهر در برابر رویداد زلزله ارائه شده است. افزون‌بر آن، ارزیابی همزمان تاب‌آوری شهر در برابر مخاطره زلزله که تا حدودی می‌توان آن را به مخاطرات دیگر نیز تعمیم داد، توانسته ارزیابی مناسبی را از آسیب‌پذیری و تاب‌آوری این شهر در برابر این رویداد در اختیار تصمیم‌سازان در حوزه مدیریت بحران این شهر قرار دهد تا با برنامه‌ریزی مدون و در چارچوب برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت، طراحی مناسبی برای کاهش آثار این رویداد مخرب در شهر داشته باشد. همان‌طور که نتایج پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر رزن نشان می‌دهد، بیشتر مساحت محلات شهر رزن (در حدود ۵۵ درصد) در دامنه خطرپذیری زیاد و بسیار زیاد و تنها ۲۴/۲ درصد مساحت محلات در معرض آسیب‌پذیری کم و بسیار کم قرار دارند که این موضوع نشان می‌دهد در صورت وقوع زلزله‌ای قوی، امکان وقوع بحرانی جدی در این منطقه دور از ذهن نیست. این نتایج مؤید آن است که شهر رزن به لحاظ ریسک ناشی از خطر زلزله در موقعیت حساس قرار دارد. افزون‌بر آن با توجه به تراکم بودن جمعیت شهر رزن به‌خصوص در محله پنجم و آسیب‌پذیری بیشتر آن نسبت به دیگر مناطق شهری، برنامه‌ریزی مدون‌تری برای کاهش آسیب‌پذیری این محله ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به سؤال‌های پژوهش مبنی بر سنجش تاب‌آوری شهر رزن در برابر زلزله و با توجه به نظر پرسش‌شوندگان، همه محلات شهر رزن از نظر تاب‌آوری در وضعیت متوسط رو به پایین قرار دارند. به غیر از محله ۶ که تا حدودی وضعیت بهتری نسبت به محلات دیگر دارد، بقیه محلات در حد متوسط قرار دارند. محله ۳ تاب‌آوری کمتری نسبت به محلات دیگر داشته و از لحاظ آسیب‌پذیری نیز در سطح متوسطی قرار دارد؛ از این‌رو این محله نیازمند توجه بیشتری در برنامه‌ریزی‌های شهری در زمینه کاهش آسیب‌پذیری و همچنین افزایش تاب‌آوری شهری است.

تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی تهیه شده است که بدین وسیله از آنها تشکر می‌شود.

منابع

- [۱]. اصلانی، فرشته؛ امینی حسینی، کامبد؛ و فلاحی، علیرضا (۱۳۹۷). «چارچوب تاب‌آوری کالبدی و اجتماعی محله در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله کشاورز واقع در منطقه ۶ تهران)»، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۵، شماره ۵، ص ۷۳۳-۴۱۷.
- [۲]. پهلوانی، پرهام؛ و بادپا، میعاد (۱۳۹۹). «رتبه‌بندی مناطق مسکونی شهری در برابر مخاطرات زمین‌لرزه با استفاده از روش‌های آنتروپی شانون و تاپسیس (مطالعه موردی: شهر امل)»، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۷، شماره ۳، ص ۲۳۹-۲۲۵.
- [۳]. رئیس‌یان، میثم؛ ایلاتلو، مریم؛ ابراهیمی، لیلا؛ و بزرگمهر، کیا (۱۳۹۹). «تحلیل جامع تاب‌آوری شهری در مواجهه با خطر وقوع زلزله (مطالعه موردی: شهر ساری)»، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۷، شماره ۴، ص ۴۰۰-۳۸۳.
- [۴]. ساسان‌پور، فرزانه؛ آهنگری، نوید؛ و حاجی‌نژاد، صادق (۱۳۹۶). «ارزیابی تاب‌آوری منطقه ۱۲ کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی»، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۴، شماره ۳، ص ۹۸-۸۵.
- [۵]. سرور، هوشنگ؛ و کاشانی اصل، امیر (۱۳۹۵). «ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهر اهر در برابر بحران زلزله»، آمایش محیط، دوره ۹، شماره ۳۴، ص ۱۰۴-۸۷.
- [۶]. شهرداری رزن (۱۳۹۰). «طرح تفصیلی شهر رزن». ص ۴۸.
- [۷]. عشقی چهاربرج، علی؛ و نظم‌فر، حسین (۱۳۹۸). «سنجش تاب‌آوری شهر در برابر زلزله با مدل پرومته، نمونه موردی: منطقه یک شهرداری تهران»، دوفصلنامه علمی پژوهشی پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دوره ۱۰، شماره ۲۰، ص ۱۴۰-۱۲۷.
- [۸]. محمدی سرین دیزج، مهدی؛ و احدنژاد روشتی، محسن (۱۳۹۵). «ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر مخاطره زلزله؛ مورد مطالعه: شهر زنجان»، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۳، شماره ۱، ص ۱۱۴-۱۰۳.
- [۹]. مجیدی‌فر، محمدرضا (۱۳۸۵). «گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مرزبان»، سازمان زمین‌شناسی کشور، ص ۱۲.
- [۱۰]. معظمی، بهاره؛ و رحیمی، محمود (۱۳۹۵). «سنجش و تدوین راهبردهای تاب‌آوری در مقابل بحران در بافت قدیم شهری (مورد پژوهش: محله فیض‌آباد کرمانشاه)»، جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۵، شماره ۱۸، ص ۳۴-۲۳.

- [۱۱]. منوریان، عباس؛ امیری، مجتبی؛ و مهری کلی، سیمین (۱۳۹۷). «شناسایی مؤلفه‌های اثرگذار بر افزایش میزان تاب‌آوری اجتماعی محلات آسیب‌پذیر و دارای بافت فرسوده در مواجهه با حوادث طبیعی (شهر موردی: تهران)»، مطالعات مدیریت شهری، دوره ۱۰، شماره ۳۴، ص ۲۶-۱۳.
- [۱۲]. مؤدب، رضوان؛ و امینی حسینی، کامبد (۱۳۹۹). «بررسی ابعاد و شاخص‌های مؤثر در سنجش تاب‌آوری بافت‌های تاریخی- تجاری در برابر مخاطره زلزله با نگرش ویژه بر بازارهای سنتی»، مدیریت مخاطرات محیطی، دوره ۷، شماره ۳، ص ۲۸۰-۲۶۵.
- [13]. Alizadeh, M; Hashim, M; Alizadeh, E; Shahabi, H; Karami, MR; Pour, AB; Pradhan, B; & Zabihi, H. (2018). "Multi-Criteria Decision Making (MCDM) model for seismic vulnerability assessment (SVA) of urban residential buildings". *Int J Geo-Inf.* No. 7(11), p: 444.
- [14]. Armas, L; Toma-Danila, D; Lonescu, R. & Gavris, A. (2017). "Vulnerability to earthquake hazard: Bucharest case study". *Int J Disaster Risk Sci*, No.8: pp:182-195
- [15]. Banica, A; Rosu, L; Muntele, I.; & Grozavu, A. (2017). "Towards urban resilience: A multi-criteria analysis of seismic vulnerability in Iasi City (Romania)", *Sustainability*, No. 9(2) , pp 270.
- [16]. Ebrahimian-Ghajari, Y; AleSheikh, A. A; Modiri, M; Hosnavi, R. & Nekouei, M. A. (2016). "Modeling of seismic vulnerability of urban buildings in geographic information system environment (case study: Babol city)", *Quarterly Scientific Journal of Rescue and Relief*, 7(4), pp: 0-0.
- [17]. Fallah Aliabadi, S; Sarsangi, A. & Modiri, E. (2015) , "The Social and Physical Vulnerability Assessment of Old Texture against Earthquake (Case Study: Fahadan District in Yazd City)", *Arabian Journal of Geosciences*, No. 8(12), pp: 10775-10787.
- [18]. Fernandez, P; Mourato, S. & Moreira, M. (2016). "Social vulnerability assessment of flood risk using GIS-based multicriteria decision analysis. A case study of Vila Nova de Gaia (Portugal)", *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, No. 7(4), pp: 1367-1389.
- [19]. Frigerio, I; Ventura, S; Strigaro, D; Mattavelli, M; Amicis, M; Mugnano, S; & Boffi, M. (2016). "A GISbased approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy", *Appl Geogr*, No. 74, pp: 12-22
- [20]. Ferreira, MT; Maio, R.; & Vicente, R. (2017) , "Analysis of the Impact of Largescale Seismic Retrofitting Strategies through the Application of a VulnerabilityBased Approach on Traditional Masonry Buildings," *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, No. 16(2) : pp. 329-348.
- [21]. Gu, D; Gerland. P; Pelletier, F.; & Cohen, B. (2015). "Risks of exposure and vulnerability to natural disasters at the city level: a global overview". *New York: United Nations. United Nations Technical Paper*, No. 2015/2.

- [22]. Hanlon, R. T. Shannon. (2020). “entropy and information theory. In Block by Block: The Historical and Theoretical Foundations of Thermodynamics”, *Oxford University Press*, pp: 596-606.
- [23]. Ibrion, M; Mokhtari, M; Parsizadeh, F; Lein, H.; & Nadim, F. (2015, May). “Towards a culture of resilience and earthquake disaster risk reduction in Iran—Lessons-Learned from earthquake disasters”, *In Proceedings of the 7th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering*, pp: 18-21.
- [24]. Khazai, Bijan; Bendimerad, Fouad; Cardona, Omar, D; Carreño, Martha L; Barbat, Alex H. & Buton, CG (2015). “A guide to measuring urban risk resilience: Principles, tools and practice of urban indicators. Earthquakes and Megacities Initiative (EMI)”, *The Philippines*, ISBN-978-621-95288-0-1.
- [25]. Moradi, M; Delavar, MR; & Moshiri, B. (2014). “A GIS-based multi-criteria decision-making approach for seismic vulnerability assessment using quantifier-guided OWA operator: a case study of Tehran. Iran”, *Ann GIS*, No. 21, pp: 209-222
- [26]. Park, J.H.; Shin, M.; & Cho, G.H. (2016). “A dynamic estimation of casualties from an earthquake based on a time-use survey: applying HAZUS-MH software to Ulsan”, *Nat Hazards*, No. 81(1) : pp.289-306
- [27]. Rezaie, F.; & Panahi, M. (2014). “GIS modelling of seismic vulnerability of residential fabrics considering geotechnical, structural, social and physical distance indicators in Tehran city using multi-criteria decision-making (MCDM) techniques”. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, No. 2(9) , pp. 5903-5935.
- [28]. Sinha, N; Priyanka, N; & Joshi, P. (2014). “Using spatial Multi-criteria analysis and ranking tool (SMART) in earthquake risk assessment: a case study of Delhi region, India”, *Geom Nat Hazards Risk*, No. 7, pp: 680-70
- [29]. Suárez, M; Gómez-Baggethun, E; Benayas, J. & Tilbury, D. (2016). “Towards an urban resilience Index: a case study in 50 Spanish cities”, *Sustainability*, No. 8(8) , p:774.
- [30]. United Nations. (2015). “Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030”. *In Third United Nations World Conference on Disaster Risk Reduction (WCDRR)*, Resilient People. Resilient Planet.
- [31]. United Nations Climate Change Conference (COP21). (2015). “Climate Change and Natural Disasters Displace Millions, Affect Migration Flows”. December 10, Paris. available on: <http://www.migrationpolicy.org/article>
- [32]. Zheng, H.; Guo, L.; Liu, J.; Zhen, T. & Deng, Z. (2020). “Evaluating seismic risk in small and medium-sized cities with the modified vulnerability index method, a case study in Jiangyou City, China”, *Bull Earthq Eng*, No. 18, pp: 1303-1319.