

ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ایران در برابر خطر زلزله

حسنعلی فرجی سبکبار^{*}، بهمن طهماسی^{**}، معصومه قربانی^{***}، علی‌اکبر سرمدی سیفی^{****}، نبی‌الله سلطانی غیاثوند^{*****}

۱۳۹۹/۱۲/۲۳

تاریخ دریافت مقاله:

۱۴۰۰/۰۵/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله:

چکیده

زلزله یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی است که هر ساله آسیب‌های فراوانی را برای جوامع انسانی در پی دارد و بعضاً منجر به ایجاد بحران‌ها و فجایع بزرگی می‌شود. ایران به‌علت موقعیت زمین‌شناسی و قرارگیری بر روی کمریند زلزله دارای گسل‌های فعال متعدد و یکی از کشورهای لرزه‌خیز دنیا است و طی دوره‌های مختلف بر اثر وقوع زلزله، محتمل تلفات زیادی شده‌است. در این بین، سکونتگاه‌های روستایی نیز به‌دلیل شرایط خاص خود مانند تمرکز شدید جمعیتی در برخی از نقاط پر خطر کشور، سطح پایین تکنولوژی و عدم دسترسی به مصالح مقاوم، شخصی‌سازی مسکن و عدم رعایت اصول ایمنی در ساخت و سازها، تأسیسات زیربنایی غیراستاندارد، مکانیابی نامناسب و عدم دسترسی به امکانات و خدمات، سطح پایین آموزش و مهارت از نخستین مناطق آسیب‌پذیر در برابر زلزله هستند. لذا داشتن شناخت کافی از میزان آسیب‌پذیری بالقوه سکونتگاه‌های روستایی در جهت برنامه‌ریزی و پیشگیری از آسیب‌ها، می‌تواند در فرایند مدیریت بحران بسیار کارآمد باشد. هدف از این پژوهش، ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ایران در برابر خطر زلزله است. جامعه مورد مطالعه شامل تمام سکونتگاه‌های روستایی ایران است. داده‌های موردادستفاده در این مقاله از مرکز آمار ایران سال ۱۳۹۰ گردآوری شده‌است. در این مقاله بعد از مرور ادبیات ۱۲ متفاوت در قالب ۳ معيار اصلی (جمعیت، نوع مصالح، سن مسکن) برای ارزیابی آسیب‌پذیری استفاده شده‌است. ابتدا پهنه‌بندی خطر زلزله (کم، متوسط، زیاد) براساس مطالعات پیشین، داده‌های موجود و نظر کارشناسان انجام شد. همچنین جهت ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی از سیستم استنتاج فازی با ایجاد پایگاه قواعد دانش‌بنیان و تعریف ۵۹۴ قاعده در محیط نرم‌افزار Matlab استفاده شده‌است و خروجی نهایی با نرم‌افزار Arc GIS نمایش داده شده‌است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد حدود ۴۵ درصد جمعیت و مسکن روستایی در پهنه‌ی با خطر زیاد زلزله استقرار یافته‌اند. همچنین سکونتگاه‌های روستایی ایران براساس میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله در سه طبقه با آسیب‌پذیری کم، متوسط و زیاد قرار گرفته‌اند که بخش عمده آن‌ها، به عبارتی حدود ۷۰ درصد سکونتگاه‌های روستایی ایران در طبقه با میزان آسیب‌پذیری زیاد قرار می‌گیرند.

کلمات کلیدی: آسیب‌پذیری، سکونتگاه‌های روستایی، زلزله، سیستم استنتاج فازی.

* استاد دانشگاه، گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. hfaraji@ut.ac.ir

** دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

*** دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

**** عضو هیئت‌علمی پژوهشکده سوانح طبیعی.

***** عضو هیئت‌علمی پژوهشکده سوانح طبیعی.

زلزله مخرب ترین پدیده طبیعی بوده و به علت گسترده‌گی قلمرو، کثیرت وقوع و همچنین وسعت و شدت خساراتی که وارد می‌سازد یکی از شناخته شده ترین بلایای طبیعی جهان است (ملکی، ۱۳۸۶: ۱۱۴). به طوری که در طول قرن بیستم حدود ۱/۸۷ میلیون نفر در جهان بر اثر زلزله کشته شده‌اند (Doocy et al, 2013: 2). زلزله هرساله میلیون‌ها بار رخ می‌دهد و برخی از آن‌ها باعث خسارت‌های شدید می‌شوند، از جمله طی دوره‌های اخیر زلزله‌های شدیدی مانند زلزله سال ۲۰۰۸ در ونچوان چین، زلزله سال ۲۰۱۰ در هائیتی، زلزله و سونامی سال ۲۰۱۱ در شرق ژاپن و زلزله سال ۲۰۱۵ در نپال که منجر به خسارت و تلفات شدیدی شده است (Wu et al, 2019: 321). در ایران نیز طی دهه‌های اخیر زلزله‌های مهمی مانند زلزله رودبار و منجیل در سال ۱۳۹۹، زلزله بم در سال ۱۳۸۲، زلزله ازگله و سرپل ذهاب در سال ۱۳۹۶ همراه با خسارت‌های جانی و مالی فراوانی بوده است. ایران نیز به علت موقعیت زمین‌شناسی و قرارگیری بر روی کمریند زلزله از کشورهای لرزه‌خیز دنیا محسوب می‌شود و همه‌ساله براثر وقوع زلزله، محتمل خسارات و تلفات زیادی می‌شود. واقعیت این است که افزایش تمرکز سرمایه‌های فیزیکی در مناطق پر خطر به افزایش آسیب‌پذیری و اثرهای نامطلوب حوادث طبیعی منجر شده است (Tangri et al, 2008: 30).

هم‌اکنون مدیران دولتی و محلی در زمان تصمیم‌گیری‌های سیاسی و اقتصادی برای اجرای برنامه‌های کاهش آسیب‌پذیری خطرها با چالش‌های اساسی روبرو هستند. این چالش‌ها اغلب شامل جریان‌های گیج‌کننده مدیریت اطلاعات، ناکارایی‌ها در فرایند تصمیم‌گیری و نارسایی در اجرا هستند

(Hoberman, 2012: 12). لذا داشتن یک دیدگاه مناسب از بحران‌ها در شدت‌های مختلف و درنتیجه، شناخت نقاط ضعف و قوت برنامه‌های مدیریتی در قبل و بعد از بحران دست مدیران را برای داشتن گزینه‌های متعدد برای کاهش آسیب‌پذیری خطرها باز می‌کند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۴۸). با شناسایی مناطق آسیب‌پذیر می‌توان در خصوص برنامه‌ریزی و مدیریت بحران اقداماتی همچون مقاوم‌سازی سازه‌های پر خطر و کاهش تمرکز جمعیت در مناطق آسیب‌پذیر را انجام داد تا از خسارات مالی و جانی که پیامدهای جبران‌ناپذیری بر جامعه و افراد خواهد گذاشت جلوگیری شود (خیابانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۸).

در همین زمینه، سکونتگاه‌های روستاوی کشور از جمله مناطقی هستند که در معرض خطر شدید زلزله می‌باشند. زمانی این موضوع اهمیت بیشتری می‌یابد که بدانیم در صورت بروز خطر، این سکونتگاه‌ها به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند تمرکز شدید جمعیتی در برخی از نقاط کشور و کمبود فضاهای باز، سطح پایین تکنولوژی و عدم دسترسی به مصالح مقاوم، بافت‌های فرسوده، عدم رعایت اصول ایمنی در ساخت و سازها، تأسیسات زیربنایی غیراستاندارد، مکان‌یابی نامناسب و عدم دسترسی به امکانات و خدمات، سطح پایین آموزش و مهارت در خصوص مخاطرات طبیعی مانند زلزله، از مواردی هستند که علاوه بر شرایط ذاتی زلزله، می‌توانند در افزایش آسیب‌پذیری و خسارات تأثیرگذار باشند و وقوع زلزله در این نواحی را به بحرانی عظیم تبدیل نماید (نوروزی و فرهادی، ۱۳۹۶: ۳۲)؛ بنابراین برای جلوگیری از تمرکز نواحی مسکونی پر جمعیت و عدم استقرار فعالیت‌های گوناگون اقتصادی در پهنه‌های با خطر بالا و به منظور هدایت منطقی جریان‌های جمعیتی و سایر

ارزیابی برای کاهش و به حداقل رساندن عواقب احتمالی بحران هاست (Marwitz et al, 2008: 93) که از طریق برنامه ریزی امکان پذیر می شود (Jaques, 2017: 148). در همین راستا جهت اعمال سیاست ها و راهبردهای مناسب در مقابله با بحران، واکاوی مفهوم آسیب پذیری در برابر زلزله ضرورت دارد.

آسیب پذیری یک مفهوم بنیادی برای بیان ابعاد نظری و عملی حوادث و بلایا است (Gibb, 2018: 327). آسیب پذیری تابعی از قرار گرفتن در معرض خطر و پتانسیل برای پاسخ انسان و مقابله با تغییرات محیطی، اجتماعی و اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرد (Adger, 2006; Gallopin, 2006; Angeon & Bates, 2015; Wilson, 2012; Yoo et al, 2011; Watts & Bohle, 1993). آسیب پذیری جوامع در سه مرحله تکامل پیدا می کند: ۱- قرار گرفتن در معرض خطر: شامل ماهیت، وسعت، بزرگی، دامنه و فراوانی بروز وقایع شدید نظیر زلزله می باشد. ۲- حساسیت: میزان تأثیرپذیری جامعه از خطر که می تواند به صورت مثبت یا منفی انفاق بیافتد. ۳- ظرفیت تطبیق: میزان قابلیت یک جامعه برای انطباق با تغییرات که شامل حفظ، به حداقل رساندن خسارت، یا به حداقل رساندن ایمنی می باشد (Wisner et al, 2004: 11؛ Lopez, 2009: 3-4).

بر اساس معیارهای یاد شده می توان نتیجه گرفت آسیب پذیرترین قشر در بین افراد در معرض سانحه زلزله در مناطق روستایی، افرادی هستند که در مناطق با ریسک بالا زندگی می کنند و در برابر خطر زلزله دارای ساختارهای نامناسبی هستند. تجربه زلزله های گذشته تأیید کننده آسیب پذیری بالای مسکن روستایی است که این امر متأثر از قدمت بالا، ضعف ساخت و ساز و استفاده از مصالح نامرغوب است. به طوری که بر اساس آمار مهم ترین علت آسیب پذیری و

فعالیت ها به مناطق کم خطر و امن و یا هر گونه برنامه ریزی و اقدام مناسب دیگر با هدف کاهش آسیب پذیری، تهیه و ترسیم نقشه پهنه بندی آسیب پذیری سکونتگاه های روستایی در برابر خطر زلزله در سطح کشور بسیار مهم و ضروری است. بنابراین، تحقیق حاضر به دنبال تهیه نقشه پهنه بندی آسیب پذیری سکونتگاه های روستایی کشور در برابر زلزله و ارزیابی پهنه های فضایی پر خطر موجود در کشور جهت افزایش شناخت و پیشگیری از بروز بحران های جبران ناپذیر پس از وقوع زلزله و آمادگی مقابله با این بحران ها می باشد. از این رو، پژوهش حاضر در پی پاسخ به دو سؤال است. اول؛ میزان قرار گرفتن سکونتگاه های روستایی در معرض خطر زلزله به چه صورت است؟ دوم؛ میزان آسیب پذیری بالقوه سکونتگاه های روستایی در برابر خطر زلزله به چه صورت است؟

ادیيات موضوع

زمین لرزه یا زلزله، لرزش و جنبش زمین است که به علت آزاد شدن انرژی ناشی از گسیختگی سریع در گسل های پوسته زمین در مدتی کوتاه روی می دهد. زمین لرزه نتیجه رهایی ناگهانی انرژی از داخل پوسته زمین است که امواج ارتعاشی را ایجاد می کند. اتسفسانی، ریزش کوه ها، انفجار معدن ها و آزمایش های هسته ای هستند (معماریان، ۱۳۸۷: ۴۹۶). وقوع مخاطراتی مانند زلزله همواره امکان پذیر ایجاد می کند، فعالیت های آتشفسانی، ریزش کوه ها، انفجار معدن ها و آزمایش های هسته ای هستند (معماریان، ۱۳۸۷: ۴۹۶). وقوع طریق برنامه ریزی صحیح و استفاده از شیوه ها و ابعاد جدید مدیریتی می توان از پیامدهای گوناگون و آسیب ها و خسارت های ناشی از آن ها را کاهش داد (پور طاهری و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۵). به همین دلیل کاهش خسارت ها و آسیب های مربوط به بحران ها و بلایا نیازمند مدیریت است، مدیریت بحران در واقع پیشگیری و

مرگ و میر در زلزله‌های بم، منجیل، طبس و بوئین‌زهرا مقاوم نبودن مسکن روستایی بوده است (عینالی و همکاران، ۱۳۹۳: ۸۱-۸۲).

یکی از مهم‌ترین مراحل برنامه‌ریزی فضایی شناسایی و رتبه‌بندی مخاطرات طبیعی از جمله زلزله و توزیع فضایی پیامدهای احتمالی آن در مکان‌های مختلف جغرافیایی با توجه به شدت خطرپذیری از یک طرف و میزان جمعیت در معرض خطر و نسبت ساختمان‌های مسکونی غیرفلزی و فرسوده از طرف دیگر است (Frigerio & Amicis, 2016: 195; Wu et al, 2019: 322). توجه به امنیت فیزیکی واحدهای مسکونی روستایی از جمله مقاوم‌سازی و به کارگیری مصالح بادوام و همزمان توجه به موضوع تراکم جمعیت در بحث کاهش فقر مسکن و متعاقباً کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله دارای اهمیت بسزایی است (شیروانیان و بخشوده، ۱۳۹۱: ۱۱۳). با توجه به اهمیت این موضوع در ادامه به بررسی مطالعات صورت گرفته در قلمرو موضوعی پژوهش پرداخته می‌شود.

دوزگون^۱ و همکاران (۲۰۱۱) به ارائه یک چارچوب برای ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله در مناطق شهری ترکیه پرداخته‌اند. برای انجام این مهم از معیارهای؛ خطر زلزله، نوع خاک، خطر سونامی، شاخص‌های آسیب‌پذیری کالبدی، شاخص‌های آسیب‌پذیری اجتماعی- اقتصادی و دسترسی به خدمات ضروری استفاده شده است؛ که خروجی آن الگوی آسیب‌پذیری با توجه به معیارهای کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و دسترسی به خدمات را در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد.

گاو جی^۲ (۲۰۱۴) به تحلیل آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه با توجه به ویژگی‌های ساختاری مسکن در مناطق روستایی چین در سطح شهرستان‌های این کشور

پرداخته‌اند. در این مطالعه از شاخص‌های شدت زمین‌لرزه، کیفیت مساکن و تراکم جمعیت استفاده شده است و نتایج آن نشان می‌دهد از کل شهرستان‌ها ۷/۹ درصد دارای آسیب‌پذیری بالا و ۱۰/۷ درصد آسیب‌پذیر بوده‌اند.

گودا^۳ و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود به ارزیابی خطر زلزله در شهرها و روستاهای ملاوی با استفاده از معیارهایی مانند توزیع فضایی جمعیت، تغییرات فضایی جمعیت، نرخ مالکیت ساختمان‌ها، نوع مصالح ساختمان‌ها و فاصله از گسل پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد در صورت وقوع یک زلزله بزرگ با توجه به حساسیت زیاد ناشی از وجود نسبت بالای سازه‌های قدیمی و غیر مقاوم آسیب‌پذیری بالایی را در پی خواهد داشت.

پورطاهری و همکاران (۱۳۹۳) پژوهشی با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله با استفاده از مدل تصمیم‌گیری کوپراس در دهستان چالان چولان شهرستان درود انجام داده‌اند. در این پژوهش از معیارهای سنجش شامل؛ سن یا طول عمر واحد مسکونی، استفاده از مصالح بادوام، میزان تخریب واحدهای مسکونی و زیرساخت‌ها و میزان فاصله از گسل استفاده شده است که معیارهای سنجش در سه سطح آسیب‌پذیری کم، متوسط و زیاد مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ و بر اساس آن روستاهای موردمطالعه با توجه به میزان آسیب‌پذیری رتبه‌بندی شده‌اند.

ظاهری و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه خود به ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی روستایی از خطر زلزله در بخش مرکزی شهرستان مرند در بعد کالبدی و اجتماعی- اقتصادی و با استفاده از شاخص‌هایی مانند کیفیت ابنيه، تراکم جمعیت، نسبت فعالیت، نسبت جنسی، نسبت

گسل، بافت و فشردگی سکونتگاه استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد قدمت بالای عمدۀ مساکن روستاهای موردمطالعه، مصالح بی‌کیفیت (تیر چوبی و گلی) و دسترسی نامناسب از عوامل اصلی افزایش ضریب آسیب‌پذیری این روستاهای در برابر زلزله است.

عراقيان و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه خود کاربرد منطق فازی در ارزیابی و پهنه‌بندی پتانسیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در سکونتگاه‌های روستایی شهرستان طارم را موردنرسی قرار داده‌اند. در این مطالعه جهت پهنه‌بندی آسیب‌پذیری، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به زمین‌لغزش، فاصله از گسل‌ها، زمین‌شناسی، شیب و کاربری زمین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی روی هم گذاری شده و با عملگرهای فازی تلفیق شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد حدود ۴۵ درصد از مساحت محدوده در پهنه با آسیب‌پذیری بسیار زیاد و زیاد قرار دارد.

بررسی مطالعات خارجی و داخلی انجام شده در قلمرو پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در پژوهش‌های مختلف به بررسی ابعاد مختلفی از آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی در برابر زلزله پرداخته شده است که هر کدام از این پژوهش‌ها روش‌شناسی خاص خود را داشته و تلاش نموده‌اند شاخص‌ها و معیارهای مناسبی را برای ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر زلزله به کار گیرند که عمدۀ این معیارها مربوط به کیفیت سازه‌ها، نوع مصالح به کاررفته، سن و قدمت بنایها و همچنین جمعیت‌های در معرض خطر بوده است. آنچه وجه تمایز پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین به ویژه در پژوهش‌های داخلی است به قلمرو و جامعیت مکانی پژوهش حاضر مربوط می‌شود. چراکه در پژوهش‌های پیشین عمدتاً در سطح محلی مانند دهستان، بخش یا

گروه‌های آسیب‌پذیر (کودکان، زنان و سالخوردگان) به ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری پرداخته و میزان آسیب‌پذیری را در چهار سطح کم، متوسط، بالا و بسیار بالا تعیین نموده‌اند. نتایج پژوهش نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بالا و خیلی بالا در بیش از ۳۰ درصد روستاهای موردمطالعه است.

صادقی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن روستایی در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران در استان فارس پرداخته‌اند. در این مطالعه برای سنجش آسیب‌پذیری از معیارهایی مانند نوع مصالح به کار رفته، قدمت بنا و مساحت زیربنای واحدهای مسکونی استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد بیش از ۸۵ درصد از مساکن روستایی استان فارس در پهنه پر خطر زلزله قرار دارند.

شکور و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله‌ای ریسک آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله در شهرستان لامرد را با استفاده از شاخص‌های جمعیتی مانند تعداد جمعیت، تعداد خانوار، تراکم جمعیت و شاخص‌های کالبدی مانند تعداد واحدهای مسکونی، تعداد واحدهای با مصالح مقاوم و میزان ریسک زلزله (کم تا متوسط و متوسط تا زیاد) موردمطالعه و تحلیل قرار داده‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد در منطقه موردمطالعه دو دهستان دارای ریسک بالا، یک دهستان دارای ریسک متوسط و چهار دهستان دارای ریسک پایین به لحاظ آسیب‌پذیری در برابر زلزله هستند.

مهدوی و هزاریان (۱۳۹۶) در مقاله‌ای به ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله در شهرستان یزد پرداخته‌اند؛ و برای سنجش آسیب‌پذیری از شاخص‌های کالبدی و جمعیتی مانند تراکم جمعیتی، شبکه معابر، کیفیت سازه بر اساس نوع مصالح، قدمت ابنيه بر اساس سال ساخت، فاصله از

شهرستان بوده است و هیچ کدام از آنها به صورت جامع آسیب‌پذیری کل روستاهای کشور را ارزیابی ننموده‌اند که این خلع در پژوهش حاضر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است.

روش تحقیق

در مطالعه حاضر روش پژوهش به صورت توصیفی تحلیلی است. جامعه مورد مطالعه شامل تمام سکونتگاه‌های روستایی ایران است. در این مقاله با استفاده از نقشه خطر زلزله در پهنه فضایی ایران که در ۳ سطح با میزان خطر کم، خطر متوسط و خطر زیاد طبقه‌بندی شده است (زارع، ۱۳۹۸) به ارزیابی و تحلیل میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در سطح شهرستان‌های ایران پرداخته شده است. استخراج معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی آسیب‌پذیری در این مقاله بر اساس مرور ادبیات نظری و پیشینه پژوهش بوده که از این طریق اعتبار علمی آنها نیز تأیید شده است؛ و در نهایت با توجه به در دسترس بودن داده‌ها درمجموع ۳ معیار ارزیابی شامل: جمعیت سکونتگاه‌های روستایی، نوع مصالح به کارفته در مسکن روستایی و سن مسکن روستایی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی مورد تحلیل قرار گرفته است. جهت ارزیابی هر کدام از معیارهای مذکور نیز از تعدادی متغیر استفاده شده است (جدول شماره ۱).

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران و بر اساس نقاط روستایی استخراج شده است اما با توجه به تعداد بالای نقاط روستایی و دشواری در ارزیابی و امکان بروز خطا و همچنین جهت بصری‌سازی مناسب و امکان نمایش بهتر خروجی آن با استفاده از دستور Spatial Join در محیط نرم‌افزار Arc Map داده‌های نقطه‌ای (نقاط روستایی) به لایه پلیگونی (شهرستان‌ها)

متصل شده‌اند. در این فرایند هیچ گونه تغییری در ماهیت داده‌ها رخ نمی‌دهد بلکه داده‌های مربوط به نقاط روستایی در یک سطح بالاتر مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

ج ۱. معیارها و متغیرهای ارزیابی آسیب‌پذیری (منبع: عراقیان و همکاران، ۱۳۹۶؛ مهدوی و هزاریان، ۱۳۹۶؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۵؛ پورطاهری و همکاران، ۱۳۹۳؛ شکور و همکاران، ۱۳۹۶؛ ظهری و همکاران، ۱۳۹۴)

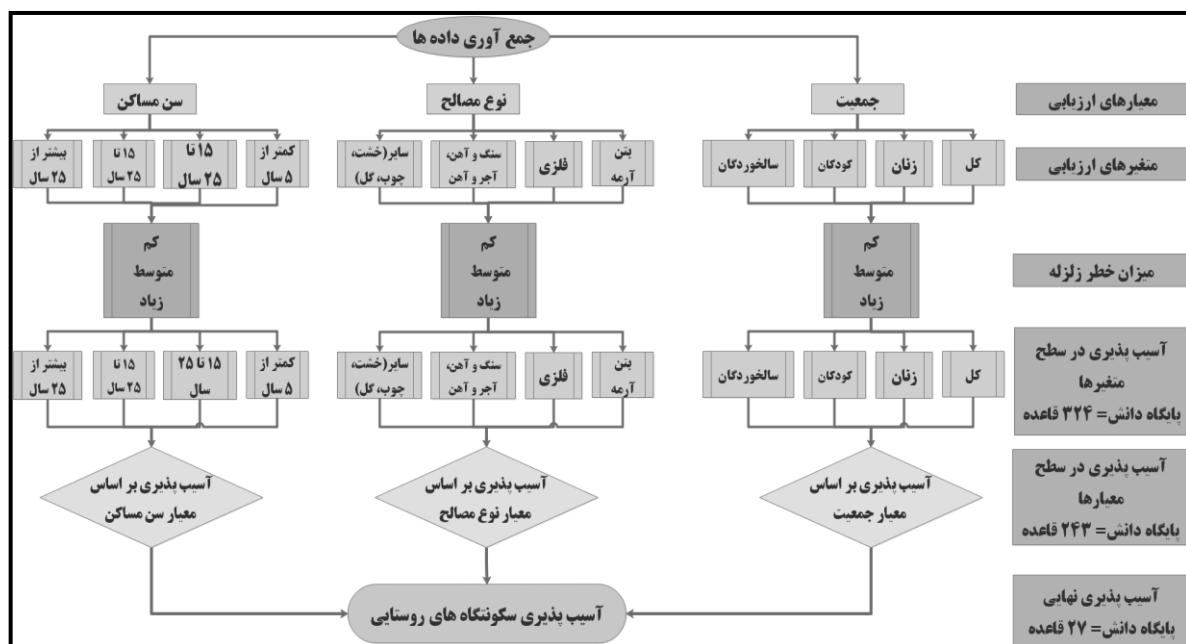
متغیرها	معیار ارزیابی
کل جمعیت روستایی	جمعیت در معرض خطر
جمعیت زنان	
جمعیت کودکان	
جمعیت سالخوردها	
فلزی	
بنز و آرمه	
سنگ و آهن یا آجر و آهن	
ساختمان مصالح (خشش، چوب و گل و ...)	نوع مصالح
مساکن به سن کمتر از ۵ سال	
مساکن دارای سن ۵ تا ۱۵ سال	
مساکن دارای سن ۱۵ تا ۲۵ سال	
مساکن دارای سن بیشتر از ۲۵ سال	سن مسکن

در ادامه با استفاده از سیستم استنتاج فازی (FIS^۴) در محیط نرم‌افزار متلب با ایجاد پایگاه قواعد فازی (FRB^۵) نسبت به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری هر یک از متغیرهای مورداستفاده اقدام شده است. تعریف قواعد با استفاده از نظر کارشناسان و بهره‌گیری از روش دلفی انجام شده است. روش دلفی مبتنی بر نظر متخصصان بوده که تعداد متخصصان شرکت‌کننده در نظرسنجی به صورت استاندارد باید بین ۵ تا ۲۰ نفر باشد (عطائی، ۱۳۹۶: ۴۶). در این تحقیق تعداد ۱۰ متخصص شامل؛ پنج عضو هیئت‌علمی و پنج دانشجوی دکتری همگی دارای تخصص در برنامه‌ریزی روستایی و سوانح طبیعی مشارکت داشته‌اند. در نهایت بر اساس نظر متخصصان تعریف قواعد و همچنین تعیین سطوح آسیب‌پذیری (کم، متوسط و زیاد) در خروجی نهایی انجام شده است.

بر این اساس هر یک از سه معیار ارزیابی دارای ۴

در نظر گرفته شد در این مرحله برای هر معیار ۸۱ قاعده و مجموعاً برای ۳ معیار مورد ارزیابی ۲۴۳ قاعده تعريف شد، به این ترتیب در این مرحله میزان آسیب‌پذیری در سطح معیارها مشخص شد. در مرحله پیاپی جهت تعیین میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ایران با استفاده از خروجی به دست آمده از مرحله قبل، خروجی هر یک از ۳ معیار مورد ارزیابی به عنوان ورودی در نظر گرفته شد و با تعریف ۲۷ قاعده نسبت به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری اقدام و در نهایت میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی مشخص شد (تصویر شماره ۱). جهت نمایش پراکندگی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی از نرم‌افزار Arc GIS استفاده شده است.

متغیر قابل ارزیابی و هر کدام از متغیرها نیز در ۳ طبقه با میزان خطرپذیری کم، متوسط و زیاد قرار گرفته‌اند؛ بنابراین در این مرحله جهت به دست آوردن یک خروجی برای هر یک از متغیرها ۱۲ (متغیر در قالب ۳ معیار) که نشان‌دهنده میزان آسیب‌پذیری آن متغیر باشد نسبت به ایجاد پایگاه قواعد اقدام شد و برای هر یک از متغیرها ۲۷ قاعده ایجاد و درمجموع برای ۱۲ متغیر مورد ارزیابی ۳۲۴ قاعده تعريف شد، در نهایت در این مرحله میزان آسیب‌پذیری هر یک از متغیرها با توجه به میزان خطر زلزله مشخص شد. در مرحله دوم جهت ارزیابی میزان آسیب‌پذیری مسکن روستایی در سطح معیارها برای هر معیار با استفاده از خروجی مرحله قبل میزان آسیب‌پذیری ۴ متغیر زیرمجموعه به عنوان ورودی



ت ۱. مدل مفهومی فرایند اجرای پژوهش

(THEN) است. بانک اطلاعاتی که وظیفه و توابع عضویت (MF) متغیرهای ورودی- خروجی مورد استفاده در قوانین فازی را تعریف می‌کند؛ و یک استدلال که نتیجه‌گیری از قوانین فازی را جمع می‌کند

سیستم استنتاج فازی

سیستم استنتاج فازی یک سیستم مبتنی بر قواعد است که از سه مؤلفه تشکیل شده است: یک مرکز قواعد که شامل مجموعه‌ای از قوانین فازی اگر- آنگاه (IF-

شناسایی و بر اساس استدلال فازی به کار برده شده است. استنتاج فازی به عنوان فرایند هدایت مجموعه‌ای از داده‌های ورودی به مجموعه‌ای از داده‌های خروجی، با استفاده از یک رویکرد مبتنی بر منطق فازی تعریف شده و در دسته مدل‌های جعبه سیاه قرار می‌گیرد. تصمیم‌گیری می‌تواند بر اساس نقشه‌برداری یا الگوهای تشخیص داده شده انجام شود. مقادیر شاخص‌های آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی برای تهیه یک مدل ارزیابی میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله استفاده شد. مدل با داده‌های آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی و بر اساس سیستم استنتاج فازی ممدانی مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل فازی ممدانی را می‌توان هم با استفاده از روابط زبانی و هم با استفاده از داده‌های مشاهده شده ساخت (Mahapatra et al, 2011: 789). این مدل از تعداد زیادی قواعد برای مدل‌سازی سیستم استفاده می‌کند (Tiri et al, 2018: 235). در این روش، توابع عضویت عوامل تعیین‌کننده آسیب‌پذیری و قواعد فازی تعریف شده است و سپس از جعبه‌ابزار منطق فازی بسته متلب (R2019a) استفاده شده است.

بحث و نتایج

پژوهش حاضر در سطح شهرستان‌های ایران به تحلیل و ارزیابی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی پرداخته است. به این ترتیب در گام نخست نقشه ریسک زلزله در پهنه فضایی ایران به عنوان اساس این پژوهش تهیه شده است (زارع، ۱۳۹۸). (تصویر شماره ۲).

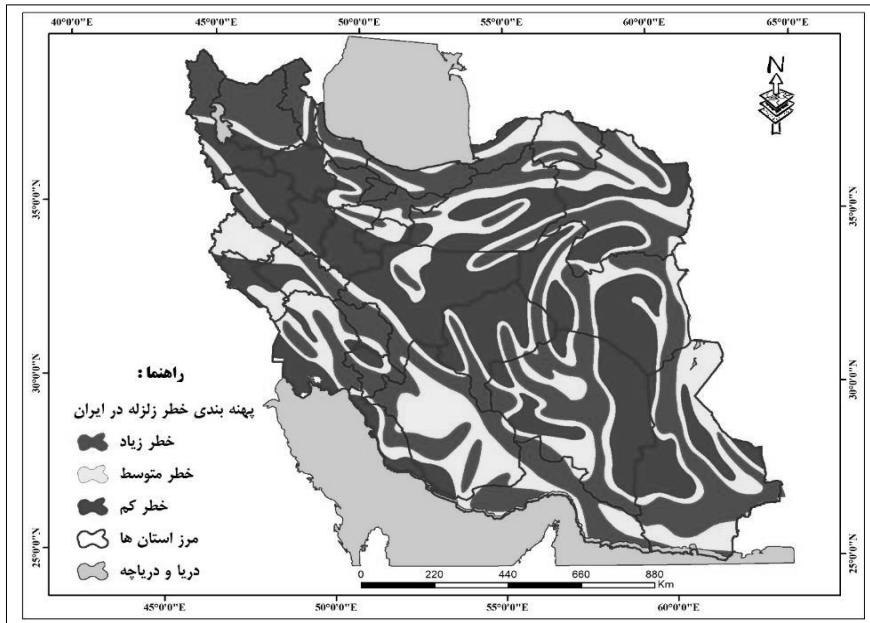
بر اساس این نقشه کشور ایران با توجه به میزان خطر زلزله در سه طبقه با میزان خطر کم، متوسط و زیاد تقسیم شده است. مناطق با خطر کم ۵۴۸۴۵۸ کیلومتر مربع، مناطق با خطر متوسط ۵۰۵۵۷۸ کیلومتر مربع و مناطق با خطر زیاد ۵۶۹۲۲۵ کیلومتر مربع از کل

تا به یک نتیجه مناسب بررسد (Nayak et al, 2005: 956). در حالی که متغیرهای ورودی می‌توانند به صورت مقادیر واضح یا مجموعه فازی به سیستم استنتاج فازی ارائه شوند، خروجی از سیستم استنتاج فازی معمولاً یک مجموعه فازی است. در نتیجه، برای دستیابی به تصمیم‌گیری بر اساس خروجی سیستم استنتاج فازی، نیاز به خروجی فازی است. قوانین اگر - آنگاه در سیستم استنتاج فازی جریان غیرخطی بین فضای ورودی و خروجی سیستم در حال مدل‌سازی را تسهیل می‌کند. قوانین فازی کل فضای ورودی - خروجی را به تعدادی از مناطق محلی تقسیم می‌کند و هر قانون نشان‌دهنده رفتار محلی جریان غیرخطی است. بنابراین، کارایی سیستم استنتاج فازی تا حد زیادی به تعدادی از قوانین فازی بستگی دارد. لازم به ذکر است با افزایش تعداد قواعد، کارایی مدل سیستم استنتاج فازی افزایش می‌یابد، گرچه افزایش فضای استنتاج و تدوین تعداد زیاد قواعد برای محقق کمی زمان بر است ولی باعث افزایش دقت و کارایی در خروجی نهایی می‌شود (Vema et al, 2019: 83).

دو روش در توسعه سیستم استنتاج فازی وجود دارد: (الف) رویکرد ممدانی^۷ (& Mamdani, 1993) و (ب) رویکرد تاکاگی سوگنو^۸ (Assilian, 1993) که در این پژوهش رویکرد ممدانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این رویکرد سه روند مشخص وجود دارد: ۱- فازی کردن متغیرهای ورودی ۲- تصمیم‌گیری منطقی ۳- غیرفازی کردن خروجی سیستم استنتاج فازی (Nayak et al, 2005: 957).

در این پژوهش از منطق فازی برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه روستایی در برابر خطر زلزله استفاده شده است؛ بنابراین شاخص‌های آسیب‌پذیری

مساحت ایران را بدون حساب کردن دریاهای به خود اختصاص داده‌اند. این آمارها نشان می‌دهد بخش عمده از مساحت ایران شامل ۳۵/۰۷ درصد کل ایران در



ت ۲. نقشه خطر زلزله ایران (برگرفته از طبقه‌بندی زارع، ۱۳۹۸). منتشر شده توسط انجمن زمین‌شناسی ایران

ج ۲. طبقه‌بندی خطر زلزله در ایران

درصد	مساحت	خطر زلزله
۳۳/۷۹	۵۴۸۴۵۸	کم
۳۱/۱۵	۵۰۵۵۷۸	متوسط
۲۵/۰۷	۵۶۹۲۲۵	زیاد
۱۰۰	۱۶۱۳۲۶۲	جمع

مصالح بتن و آرم، مصالح آجر و آهن یا سنگ و آهن و سایر مصالح (خشتش، چوب، گل و ...) نیز به ترتیب ۴۲/۸۲، ۴۳/۳۳، ۴۷/۲۸، ۴۷/۹۹ و ۴۹/۸۱ درصد از کل مسکن در مناطق با خطر زیاد زلزله قرار دارند. همچنین بر اساس معیار سن مسکن و در متغیر مسکن تا ۵ سال ساخت، مسکن ۵ تا ۱۵ سال ساخت، مسکن ۱۵ تا ۲۵ سال ساخت و مسکن بیشتر از ۲۵ سال ساخت به ترتیب ۵۵/۱۰، ۳۹/۲۵ و ۶۳/۴۶ درصد از کل تعداد مسکن در مناطق با خطر زیاد زلزله قرار دارند. همچنین میانگین به دست آمده برای کل متغیرها نیز نشان

بررسی وضعیت هر یک از متغیرها با توجه به قرارگیری آنها در شرایط متفاوت خطر زلزله (کم، متوسط، زیاد) نشان می‌دهد در تماماً ۱۲ متغیر مورد بررسی بخش عمده‌ای از جمعیت و مسکن روستایی در مناطق با خطر زیاد زلزله قرار دارند. به طوری که بر اساس معیار جمعیت در معرض خطر و در متغیرهای جمعیت کل، جمعیت زنان، جمعیت کودکان و جمعیت سالخوردگان به ترتیب ۴۴/۹۶، ۴۵/۱۵، ۴۳/۷۸ و ۴۷/۵۵ درصد از کل جمعیت در مناطق با خطر زیاد زلزله قرار دارند. بر اساس معیار نوع مصالح و در متغیرهای مصالح فلزی،

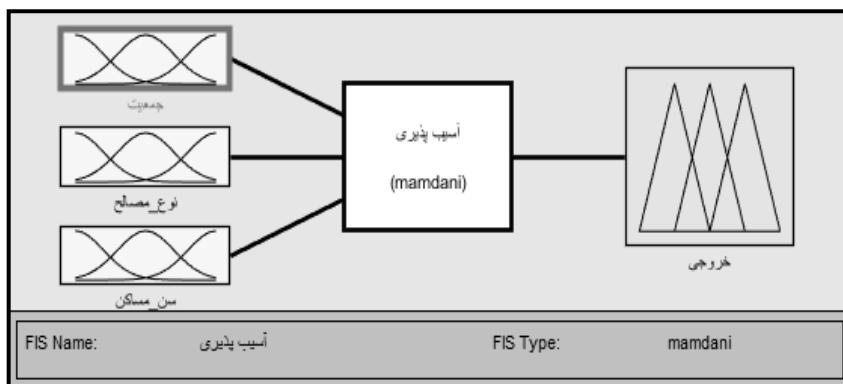
می‌دهد ۴۵/۱۴ درصد از جمعیت و مساکن روستایی در ایران در مناطق با خطر زیاد زلزله قرار دارند و ۳۰/۵۴ مناطق با خطر کم واقع شده‌اند (جدول شماره ۳).

ج. ۳. وضعیت هر یک از معیارهای ارزیابی آسیب‌پذیری براساس میزان خطر زلزله

میزان خطر زلزله								متغیر	معیار		
کل		زیاد		متوسط		کم					
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد				
۱۰۰	۲۱۱۴۰۹۲۸	۴۴/۹۶	۹۵۰۴۲۳۲	۳۰/۶۴	۶۴۷۸۴۶۲	۲۴/۴۰	۵۱۵۸۲۳۴	جمعیت کل	جمعیت در معرض خطر		
۱۰۰	۱۰۴۶۰۵۶۵	۴۰/۱۵	۴۷۲۳۴۲۲	۳۰/۶۳	۳۲۰۳۷۹۹	۲۴/۲۲	۲۵۳۳۴۴	جمعیت زنان			
۱۰۰	۵۴۹۴۹۶۱	۴۳/۷۸	۲۴۰۵۴۳۷	۳۲/۰۳	۱۷۶۰۲۶۵	۲۴/۱۹	۱۳۲۹۲۵۹	جمعیت کودکان			
۱۰۰	۱۸۸۵۴۲۳	۴۷/۵۵	۸۹۶۵۱۰	۲۸/۰۷	۵۲۹۱۹۰	۲۴/۳۸	۴۵۹۷۲۳	جمعیت سالخورده‌گان			
۱۰۰	۴۸۹۸۴۴	۴۹/۸۲	۲۴۴۰۵۸	۲۰/۰۶	۹۸۲۶۵	۳۰/۱۲	۱۴۷۵۲۱	مصالح فلزی			
۱۰۰	۵۶۹۵۱۴	۵۵/۱۰	۳۱۳۷۹۱	۲۴/۸۹	۱۴۱۷۴۸	۲۰/۰۱	۱۱۳۹۷۵	مصالح بتن و آرمده	نوع مصالح		
۱۰۰	۱۶۷۵۱۴۰	۳۹/۲۵	۶۵۷۵۱۹	۳۴/۸۹	۵۸۴۸۴۰	۲۵/۸۶	۴۳۳۱۶۱	مصالح آجر و آهن یا سنگ و آهن			
۱۰۰	۳۸۷۸۵	۶۳/۴۶	۲۴۶۱۲	۲۸/۰۹	۱۰۸۹۰	۸/۴۵	۳۲۷۸	سایر مصالح (چوب، خشت، گل ...)			
۱۰۰	۱۱۷۹۳۱۹	۴۳/۳۳	۵۱۰۹۹۴	۲۹/۰۳	۳۴۸۲۲۳۵	۲۷/۱۴	۳۲۰۰۹۰	۵ سال ساخت			
۱۰۰	۱۲۷۲۴۹۷	۴۷/۲۸	۶۰۱۶۲۴	۳۰/۶۱	۳۸۹۵۳۵	۲۲/۱۱	۲۸۱۳۲۸	۵ تا ۱۵ سال ساخت			
۱۰۰	۱۰۲۲۵۰	۴۷/۹۹	۴۹۱۰۴۰	۳۰/۲۹	۳۰۹۹۴۸	۲۱/۷۲	۲۲۲۲۷	۱۵ تا ۲۵ سال ساخت			
۱۰۰	۹۲۹۸۱۶	۴۹/۸۱	۴۶۳۱۲۹	۲۵/۸۸	۲۴۰۶۲۷	۲۴/۳۱	۲۲۹۰۶۰	بیشتر از ۲۵ سال ساخت	من مسکن		
۱۰۰	۳۸۴۶۶۷۱	۴۵/۱۴	۱۷۳۶۳۶۴	۳۰/۰۴	۱۱۷۴۶۱۹	۲۴/۳۲	۹۳۵۶۸۷/۵	مانگین			

آسیب‌پذیری ۱ پایگاه قواعد و درمجموع تعداد ۱۶ پایگاه قواعد برای ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ایران ایجاد شد. تصویر شماره ۳ پایگاه قواعد نهایی ایجاد شده برای ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی را نشان می‌دهد (تصویر شماره ۳).

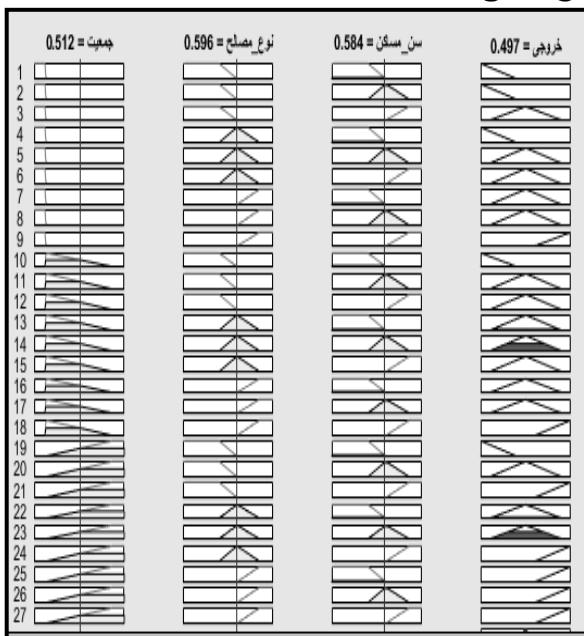
در ادامه جهت ارزیابی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ایران بر اساس ۳ معیار و ۱۲ متغیر موردبررسی از سیستم استنتاج فازی استفاده شد؛ بنابراین همان‌طور که در قسمت روش تحقیق ذکر گردید، در سطح متغیرها ۱۲ پایگاه قواعد، در سطح معیارها ۳ پایگاه قواعد و برای تعیین خروجی نهایی



ت. ۳. پایگاه قواعد نهایی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله

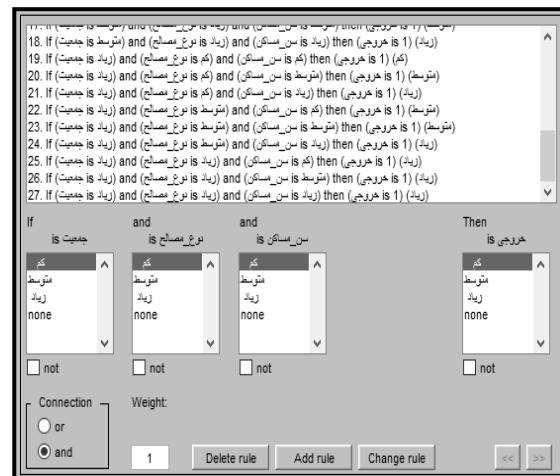
دانش کارشناسی است. از این‌رو، بعد از ایجاد پایگاه قواعد فازی نسبت به تعریف قواعد بر اساس متغیرهای زبانی و مبتنی بر دانش کارشناسان اقدام شد. پایگاه از جمله ویژگی‌های سیستم استنتاج فازی داشتن قابلیت لازم برای ارزیابی مقادیر عددی بر اساس متغیرهای زبانی (به عنوان مثال کم، متوسط، زیاد) و

که در این شکل نیز نمایش داده شده است به عنوان مثال اگر آسیب‌پذیری در معیار جمعیت $0/512$ و آسیب‌پذیری در معیار نوع مصالح $0/596$ و آسیب‌پذیری بر اساس سن مسکن $0/584$ باشد، بنابراین خروجی برابر با $0/497$ خواهد بود که بر اساس پایگاه دانش و قواعد تعریف شده بیانگر میزان متوسط آسیب‌پذیری است. تصویر شماره ۶ استنباط فازی حاصل از مقایسه دو به دو معیارها را به صورت نمودار سطحی نمایش می‌دهد. همان‌طور که بر روی نمودار نمایش داده شده است با افزایش مقادیر آسیب‌پذیری در دو معیار جمعیت و نوع مصالح میزان آسیب‌پذیری در خروجی نیز افزایش پیدا می‌کند. درواقع این نمودار الگوی ترکیب دو به دو معیارها و تغییرات آن در خروجی که همان میزان آسیب‌پذیری است را نمایش می‌دهد. تصویر شماره ۶ سه نمودار سطحی که حاصل ترکیب جمعیت و نوع مصالح، جمعیت و سن مسکن، نوع مصالح و سن مسکن است را نشان می‌دهد.



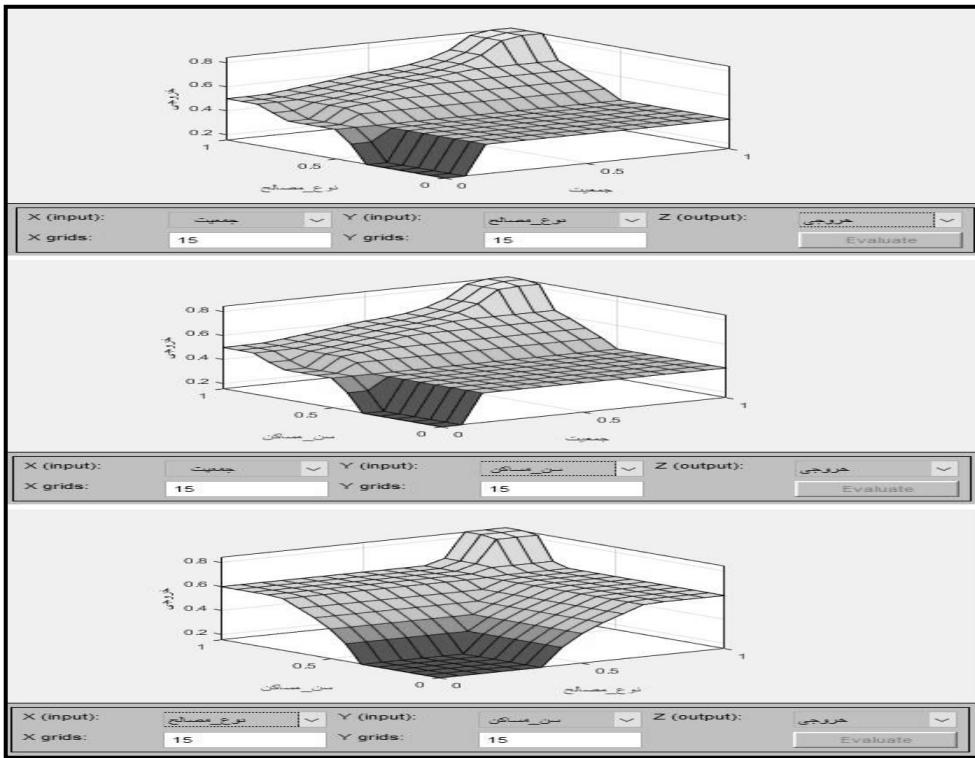
ت.۵. نمایش گرافیکی استنباط فازی

قواعد فازی به عنوان قلب یک سیستم استنتاج فازی شناخته می‌شود؛ و با استفاده از واسطه‌های اگر-آنگاه نسبت به تعریف قواعد فازی اقدام می‌نماید و امكان پیش‌بینی در پدیده یا مسئله موردنظر که در این پژوهش آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر خطر زلزله است را فراهم می‌کند (هادی‌پور و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۶۲). به عنوان مثال اگر آسیب‌پذیری جمعیت زیاد و آسیب‌پذیری نوع مصالح متوسط و آسیب‌پذیری سن مسکن کم باشد آنگاه آسیب‌پذیری کلی متوسط خواهد بود. در تصویر شماره ۴ نمونه قواعد تعریف شده برای تعیین آسیب‌پذیری نهایی سکونتگاه‌های روستایی در برابر خطر زلزله نمایش داده شده است (تصویر شماره ۴).



ت.۶. محیط گرافیکی تعریف قواعد فازی

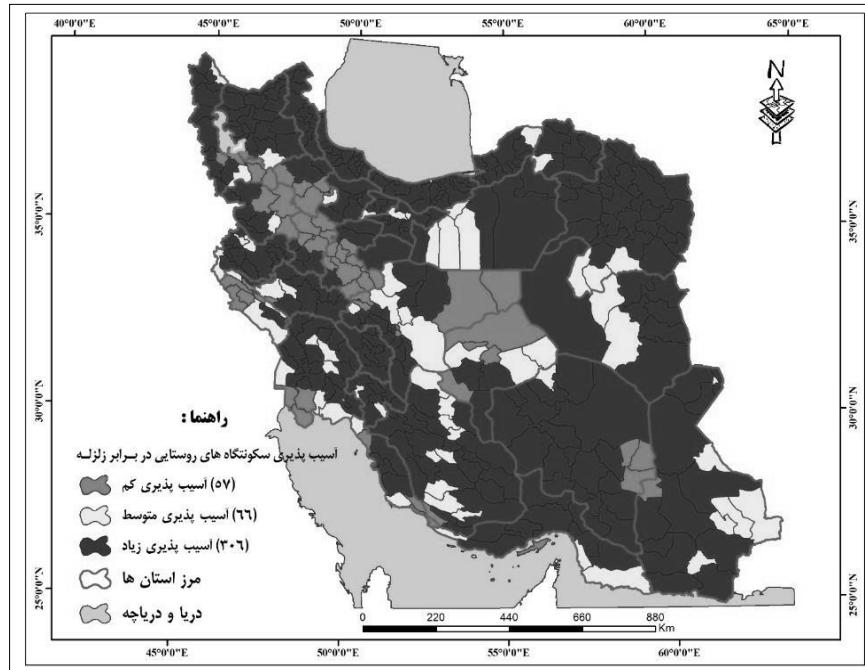
تصویر شماره ۵ قواعد و خروجی سیستم استنتاج فازی را نمایش می‌دهد در این شکل متغیرهای زبانی مبتنی بر قواعد اگر-آنگاه به مقادیر عددی تبدیل شده است. به عنوان مثال در اینجا بعد از نرمال‌سازی مقادیر عددی طیف آسیب‌پذیری بین ۰ تا ۱ تعریف شده است که در آن ۰ نشان‌دهنده کمترین میزان آسیب‌پذیری و ۱ نشان‌دهنده بیشترین میزان آسیب‌پذیری است. همان‌طور



ت ۶. نمودار سطحی استنتاج فازی براساس مقایسه دو به دو معیارها

روستایی ایران در سطح آسیب‌پذیری بالا قرار داردند. در این رابطه سکونتگاه‌های روستایی ایران با توجه به میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله بر اساس میزان آسیب‌پذیری در سه سطح با آسیب‌پذیری کم، آسیب‌پذیری متوسط و آسیب‌پذیری زیاد قرار گرفته‌اند. با این ترتیب در سطح آسیب‌پذیری کم مجموعاً ۵۷ شهرستان، در سطح آسیب‌پذیری متوسط ۶۶ شهرستان و در سطح آسیب‌پذیری زیاد ۳۰۶ شهرستان قرار دارند که این آمار نشان می‌دهد بخش عمده از روستاهای ایران در برابر زلزله دارای آسیب‌پذیری بالا هستند. به عبارتی بر اساس میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ۱۲/۲۹ درصد از کل شهرستان‌های ایران دارای آسیب‌پذیری کم، ۱۵/۳۸ درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و ۷۱/۳۳ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد در برابر خطر زلزله هستند (تصویر شماره ۷).

در ادامه فرایند پژوهش بر اساس پایگاه قواعد تعریف شده و خروجی سیستم استنتاج فازی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر خطر زلزله ارزیابی شد. خروجی سیستم استنتاج فازی به صورت مقادیر عددی است ولی این عمل درک و شناخت دقیقی ارائه نمی‌دهد که هر کدام از این مقادیر بیانگر چه سطحی از آسیب‌پذیری هستند. به همین دلیل است که در ابتدای فرایند تعریف قواعد فازی بر اساس نظر کارشناسان دسته‌بندی خروجی نهایی سیستم استنتاج فازی نیز تعریف شده است که بازه‌های عددی مختلف (به عنوان مثال ۰/۶۶ تا ۰/۳۳؛ ۰/۳۰ تا ۰/۶۰؛ ۱) بیانگر چه سطحی از آسیب‌پذیری هستند؛ و در نهایت این مقادیر دسته‌بندی شده بر روی نقشه نمایش داده شده است. نتایج حاصل از خروجی سیستم استنتاج فازی نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای سکونتگاه‌های



ت. ۷. توزیع فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی ایران در برابر زلزله

به طوری که بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر بخشن زیادی از آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی متاثر از کیفیت نامناسب مساکن و مصالح به کاررفته غیر مقاوم است که حدود ۶۳ درصد از مساکن دارای مصالح غیر مقاوم (چوب، خشت، گل و ...) در پهنه‌های با خطر زلزله زیاد واقع شده‌اند. گودا و همکاران (۲۰۱۶) و مهدوی و هزاریان (۱۳۹۶) کیفیت نامناسب مساکن را به عنوان عامل مهم آسیب‌پذیری در برابر زلزله دانسته‌اند. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد تعداد زیادی از سکونتگاه‌های روستایی ایران دارای میزان آسیب‌پذیری بالا در برابر زلزله هستند به‌طوری‌که در میان ۴۲۹ شهرستان ایران ۳۰۶ شهرستان برابر ۷۱/۳۳ درصد از آن‌ها دارای آسیب‌پذیری بالای سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله هستند که این سکونتگاه‌ها عمدهاً منطبق با مناطق با تراکم بالای سکونتگاه‌های روستایی و در صورت وقوع زلزله این مناطق بیشترین میزان

نتیجه

این مقاله یک مدل منطق فازی را ارائه می‌کند برای این منظور از سیستم استنتاج فازی استفاده شده است که در آن داده‌های ورودی مربوط به خطر زلزله سکونتگاه‌های روستایی را دریافت و پردازش می‌کند و خروجی را به صورت آسیب‌پذیری کم، متوسط و زیاد با توجه به نظر کارشناسان طبقه‌بندی می‌کند؛ و در نهایت شهرستان‌های ایران بر اساس میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله احتمالی را سطح‌بندی می‌کند. این ارزیابی جامع از آسیب‌پذیری تمام روستاهای کشور را می‌توان وجه تمایز این پژوهش با پژوهش‌های پیشین و جنبه نوآورانه تحقیق حاضر به حساب آورد. چراکه در هیچ‌کدام از مطالعات انجام شده، تاکنون به صورت جامع آسیب‌پذیری تمام روستاهای کشور مورد ارزیابی قرار نگرفته است. مقایسه یافته‌های این پژوهش با مطالعات دیگران نشان‌دهنده وجود برخی تشابهات است

آسیب‌پذیری را خواهند داشت. این بخش از نتایج پژوهش با نتایج پژوهش (عراقیان و همکاران، ۱۳۹۶)، (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵) و (ظاهری و همکاران، ۱۳۹۴) همخوانی دارد گرچه مطالعات مذکور به لحاظ قلمرو مکانی در سطح محلی و منطقه‌ای انجام شده‌اند؛ بنابراین می‌توان به سؤالات مطرح شده در مقدمه تحقیق این گونه پاسخ داد که نواحی روستایی ایران عمدتاً در پهنه‌های با خطر بالای زلزله استقرار یافته‌اند که این پهنه‌ها محل تمرکز بخش عمدۀ جمعیت روستایی نیز هستند و با وجود نوسازی‌های کالبدی روستاهای در دهه‌های اخیر هنوز هم بخش مهمی از مسکن روستایی بالای ۱۵ سال و ۲۵ سال قدمت دارند و همچنین به دلیل عدم رعایت استانداردها و اصول ساخت‌وساز بخش زیادی از مسکن روستایی با مصالح غیر مقاوم و بی‌کیفیت ساخته می‌شوند که تمامی این عوامل در نهایت باعث شده است تا عمدۀ سکونتگاه‌های روستایی کشور دارای آسیب‌پذیری زیاد در برابر با زلزله باشند.

از این‌رو، لازم تا در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آینده ایران به این پدیده با نگاهی نو توجه شود و مواردی مانند تعیین الزامات ویژه برای بازسازی و مقاوم‌سازی مسکن روستایی، تدوین برنامه‌های بلندمدت برای متوازن‌سازی و توزیع فضایی مناسب جمعیت روستایی در ایران، تدوین برنامه‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت برای استقرار مراکز کارآمد مدیریت بحران در هر شهرستان با توجه به سطح آسیب‌پذیری پیش‌بینی شده آن در برابر زلزله، تجهیز و نوسازی راه‌های ارتباطی در مناطق روستایی آسیب‌پذیر جهت تسهیل و تسريع در خدمات‌رسانی در زمان بحران ناشی زلزله، برگزاری دوره‌های آموزشی در مناطق روستایی کشور و آگاه‌سازی ساکنان روستایی نسبت به وضعیت آسیب‌پذیری آن‌ها در صورت وقوع زلزله، آموزش

پی‌نوشت

1. Duzgun
2. Gao & Ji
3. Godal
4. Fuzzy Inference Systems
5. Fuzzy Rule Base
6. Membership Function
7. Mamdani
8. Takagi-Sugeno

فهرست منابع

- پورطاهری، مهدی؛ سجادی قیداری، حمداده؛ صادقلو، ظاهره. (۱۳۹۰)، ارزیابی تطبیقی روش‌های رتبه‌بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی (مطالعه موردی: استان زنجان). پژوهش‌های روستایی، دوره ۲، شماره ۷، صص ۵۱-۳۱.
- پورطاهری، مهدی؛ حاجی‌نژاد، علی؛ فتاحی، احمدله؛ نعمتی، رضا. (۱۳۹۳)، ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله با استفاده از مدل تصمیم‌گیری کوپراس (مطالعه موردی روستاهای دهستان چالان چولان شهرستان درود). برنامه‌ریزی و آمایش فضای، دوره هجدهم، شماره ۳، صص ۵۲-۲۹.
- حسینی، زهرا؛ علوی، اکبر؛ حسن‌زاده، رضا؛ دهقانی، مژگان. (۱۳۹۳)، تحلیلی بر آسیب‌پذیری لرزه‌ای و شیوه‌سازی آن در مدیریت بحران (مطالعه موردی: ناحیه ۱۳ شهر کرمان). تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره ۴، صص ۱۶۴-۱۴۷.
- خیابانی، الناز؛ صادقی نیارکی، ابوالقاسم؛ قدوسی، مصطفی. (۱۳۹۶)، تهیه نقشه آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در منطقه یک

- مهدوی، داود؛ هزاریان، الهام. (۱۳۹۶)، ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان یزد). *نشریه علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*، سال دوم، شماره ۴، صص ۲۷-۴۵.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵)، آمار نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵، دسترسی شهریورماه ۱۳۹۹.
- نوروزی، اصغر؛ فرهادی، مریم. (۱۳۹۶)، سنجش آسیب‌پذیری و برنامه‌ریزی راهبردی مدیریت بحران (زلزله) در نواحی روستایی مطالعه موردی: شهرستان شهرکرد. *مدیریت بحران*، شماره ۱۱، صص ۳۱-۴۵.
- هادی‌پور، مرضیه؛ فرجی سبکبار، حسنعلی؛ دادرخانی، فضیله؛ رومیانی، احمد. (۱۳۹۹)، ارائه الگوی ارزیابی توزیع فضایی فعالیت (اشغال و بیکاری) زنان در شهرستان‌های ایران با استفاده از سیستم‌های دانشبنیان. *فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، سال ۹، شماره ۲، صص ۱۴۹-۱۷۲.
- Angeon, V., & Bates, S. (2015). Reviewing composite vulnerability and resilience indexes: A sustainable approach and application. *World Development*, 72, 140-162.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281.
- Doocy, S., Daniels, A., Packer, C., Dick, A., & Kirsch, T. D. (2013). The human impact of earthquakes: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLoS currents*, 5.
- Duzgun, H. S. B., Yucemen, M. S., Kalaycioglu, H. S., Celik, K. E. Z. B. A. N., Kemec, S., Ertugay, K., & Deniz, A. (2011). An integrated earthquake vulnerability assessment framework for urban areas. *Natural hazards*, 59(2), 917-947.
- Frigerio, I., & De Amicis, M. (2016). Mapping social vulnerability to natural hazards in Italy: A suitable tool for risk mitigation strategies. *Environmental Science & Policy*, 63, 187-196.
- Goda, K., Gibson, E. D., Smith, H. R., Biggs, J., & Hodge, M. (2016). Seismic risk assessment of urban and rural settlements around Lake Malawi. *Frontiers in Built Environment*, 2, 30.
- Gao, X., & Ji, J. (2014). Analysis of the seismic vulnerability and the structural characteristics of houses in Chinese rural areas. *Natural hazards*, 70(2), 1099-1114.
- Gallopin, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global environmental change*, 16(3), 293-303.
- Gibb, C. (2018). A critical analysis of vulnerability. *International journal of disaster risk reduction*, 28, 327-334.
- شهر تهران. *فصلنامه امداد و نجات*، سال نهم، شماره ۱، صص ۵۶-۷۴.
- زارع، مهدی. (۱۳۹۸)، نقشه خطر زلزله در ایران، انجمن زمین‌شناسی ایران.
- شکور، علی؛ کریمی قطب‌آبادی، فضل‌الله؛ ملکی، محمد. (۱۳۹۶)، تحلیل ریسک آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان لامرد). *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، سال ۷، شماره پیاپی ۲۶، صص ۸۱-۹۲.
- صادقی، الهام؛ گلی، علی؛ هاتف، نادر. (۱۳۹۵)، ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن روستایی در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران در استان فارس. *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی*. سال ۵، شماره ۴، صص ۱۰۷-۱۱۸.
- ظاهري، محمد؛ آقاياري هير، محسن؛ ذاكرى مياب، کلشوم. (۱۳۹۴)، ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی روستایی از خطر زلزله (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان).
- خیابانی، الناز؛ صادقی نیارکی، ابوالقاسم؛ قدوسی، مصطفی. (۱۳۹۶)، تهیه نقشه آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در منطقه یک شهر تهران. *فصلنامه امداد و نجات*، سال نهم، شماره ۱، صص ۵۶-۷۴.
- زارع، مهدی. (۱۳۹۸)، نقشه خطر زلزله در ایران، انجمن زمین‌شناسی ایران.
- شکور، علی؛ کریمی قطب‌آبادی، فضل‌الله؛ ملکی، محمد. (۱۳۹۶)، تحلیل ریسک آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان لامرد). *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، سال ۷، شماره پیاپی ۲۶، صص ۸۱-۹۲.
- صادقی، الهام؛ گلی، علی؛ هاتف، نادر. (۱۳۹۵)، ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن روستایی در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران در استان فارس. *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی*. سال ۵، شماره ۴، صص ۱۰۷-۱۱۸.
- ظاهري، محمد؛ آقاياري هير، محسن؛ ذاكرى مياب، کلشوم. (۱۳۹۴)، ارزیابی آسیب‌پذیری نواحی روستایی از خطر زلزله (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان).
- معماريان، حسين. (۱۳۸۷)، *زمین‌شناسی مهندسی و زئوتکنیک*، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

vulnerability assessment of climate change in coastal cities. *Ocean & coastal management*, 54(7), 524-534.
- <https://doi.org/10.22034/40.174.103>

- Hoberman, G. (2012). Political calculus in the engagement with a disaster risk reduction agenda: the case of the post-2010 earthquake and tsunami in Chile.
- Jaques, T. (2007). Issue management and crisis management: An integrated, non-linear, relational construct. *Public Relations Review*, 33(2), 147-157.
- Lopez, L. (2009). Spatial analysis and modeling to assess and map current vulnerability to extreme weather events in the Grijalva-Usumacinta watershed, México. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 8, No. 1, p. 012021).
- Marwitz, S., Maxson, N., Koch, B., Aukerman, T., Cassidy, J., & Belonger, D. (2008). Corporate crisis management: Managing a major crisis in a chemical facility. *Journal of hazardous materials*, 159(1), 92-104.
- Mahapatra, S. S., Nanda, S. K., & Panigrahy, B. K. (2011). A Cascaded Fuzzy Inference System for Indian river water quality prediction. *Advances in Engineering Software*, 42(10), 787-796.
- Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1993). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. In *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems* (pp. 283-289). Morgan Kaufmann.
- Nayak, P. C., Sudheer, K. P., & Ramasastri, K. S. (2005). Fuzzy computing based rainfall-runoff model for real time flood forecasting. *Hydrological Processes: An International Journal*, 19(4), 955-968.
- Tangri, R., Jena, S., Roy, S., (2008), The Future of Earthquake Disaster Management Use GIS and Probabilistic Risk Assessment to Enhance Preparedness; *Geospatial world GIS Analysis*, p30.
- Takagi, T., & Sugeno, M. (1985). Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, (1), 116-132.
- Tiri, A., Belkhiri, L., & Mouni, L. (2018). Evaluation of surface water quality for drinking purposes using fuzzy inference system. *Groundwater for Sustainable Development*, 6, 235-244.
- Vema, V., Sudheer, K. P., & Chaubey, I. (2019). Fuzzy inference system for site suitability evaluation of water harvesting structures in rainfed regions. *Agricultural water management*, 218, 82-93.
- Wilson, G. (2012). *Community resilience and environmental transitions*. Routledge.
- Watts, M. J., & Bohle, H. G. (1993). The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. *Progress in human geography*, 17(1), 43-67.
- Wisner, B., Blaikie, P. M., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Psychology Press.
- Wu, J., He, X., Li, Y., Shi, P., Ye, T., & Li, N. (2019). How earthquake-induced direct economic losses change with earthquake magnitude, asset value, residential building structural type and physical environment: An elasticity perspective. *Journal of environmental management*, 231, 321-328.
- Yoo, G., Hwang, J. H., & Choi, C. (2011). Development and application of a methodology for