

تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی در برابر مخاطره زلزله مطالعه موردي: استان گیلان

سیدرضا آزاده^۱، دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

مسعود تقوایی^۲، استاد گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۴/۲۸

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۱

چکیده

پژوهش در زمینه مخاطرات طبیعی دارای سابقه‌ای غنی در علم جغرافیا است. در میان تمام مخاطرات طبیعی، زلزله یکی از جدی‌ترین آن‌ها است که زیان‌های عظیم اقتصادی و مرگ‌ومیر مردم را به بار می‌آورد. کشور ایران بر روی کمریند زلزله خیز آلپ - هیمالیا واقع شده که یک منطقه مستعد زلزله است. از این رو زمین لرزه‌های مخرب عظیمی در گذشته در کشور ایران روی داده است. هدف اصلی از انجام این پژوهش تحلیل فضایی میزان خطر زلزله در سکونتگاه‌های شهری و روستایی استان گیلان است. در این راستا از تحلیل‌های فضایی در نرم‌افزار ArcGIS و تحلیل فاصله اقلیدسی استفاده شد. احتمال وقوع خطر زلزله در استان گیلان بر اساس فاصله از خطوط گسل‌های فعال و غیر فعال تحلیل شد. نتایج نشان داد که ۷۲/۴۰ درصد از مساحت استان گیلان در فاصله صفر تا ۱۵ کیلومتری گسل‌های فعال قرار دارد و همچنین ۴۵/۶۴ درصد از مساحت این استان در فاصله ای کمتر از هشت کیلومتر تا گسل‌های غیر فعال قرار دارند. تحلیل خطر زلزله در نقاط شهری استان گیلان براساس خطوط گسل فعال حاکی از آن است که ۱۸ نقطه شهری در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله و ۱۴ شهر در پهنه با خطر بالای زلزله قرار دارند. براساس مطالعات انجام شده ۵۷/۲۰ درصد از جمعیت نقاط شهری در پهنه با خطر بالای بسیار بالای زلزله (۸۰ تا ۱۰۰ درصد) ساکن هستند. تحلیل خطر وقوع زلزله در نقاط شهری استان گیلان براساس گسل‌های غیر فعال حاکی از آن است که، ۴۴/۲۵ نقطه شهری با جمعیت نسبی ۴۴/۲۵ درصد در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله ساکن هستند. مطالعات انجام شده در زمینه نقاط روستایی استان گیلان براساس گسل‌های فعال نشان داد که از مجموع ۲۵/۲۹ سکونتگاه روستایی، ۵۰/۱۳ روستا با جمعیت نسبی ۹۰/۲۴ درصد در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله ساکن هستند. تحلیل خطر زلزله در نقاط روستایی استان گیلان براساس فاصله از گسل‌های غیرفعال نشان داد که ۷۹/۱۶ روستا در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله قرار دارند. در پایان پژوهش پیشنهادهایی در راستای مقابله با خطر وقوع زلزله ارائه شد.

واژگان کلیدی: تحلیل فضایی، سکونتگاه‌های شهری و روستایی، مخاطرات طبیعی، خطر زلزله، گیلان.

مقدمه

دنیای امروز به موازات پیشرفت و توسعه شگفت‌آور در همه عرصه‌ها، حوادث و بحران‌هایی را پیش رو دارد که به گواهی آمار مؤسسات و سازمان‌های بین‌المللی، در حال افزایش کمی و تأثیرگذاری عمیق بر جوامع بشری و ساختارهای مادی و معنوی می‌باشند. اگر مخاطرات به طور صحیح پیشگیری یا مدیریت نشوند، به بحران و بلایا تبدیل می‌شوند و عدم مدیریت مخاطرات محیطی در شهرها اثرات مخرب‌تر و زیان‌بارتری را در پی خواهد داشت (تقوایی و حسنی‌نژاد، ۱۳۹۴) حوادث طبیعی بدون اثر مستقیم انسان رخ می‌دهند و زندگی اجتماعی وی را به مخاطره می‌اندازد. حوادثی که به‌طور متوسط سالیانه جان ۱۵۰,۰۰۰ انسان را به خطر می‌اندازد و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارات مالی را بر کشورها به‌ویژه کشورهای در حال توسعه به بار می‌آورد (Zali & Azadeh, ۲۰۱۴).

در واقع در سال‌های گذشته بلایای طبیعی متعددی در اغلب کشورهای جهان اتفاق افتد و خسارت‌های اجتماعی و اقتصادی زیادی به بار آورده و اغلب موجب کشته شدن و آواره شدن هزاران نفر شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶). در این چارچوب، مطابق آمار جهانی، ایران یکی از ده کشور پرمخاطره در دنیا است. با مراجعه به نقشهٔ پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه ایران مشاهده می‌شود که بیش از ۹۰٪ از مساحت کشور بر روی نوار زلزله قرار دارد (کریمی، ۱۳۸۹). زمین‌لرزه‌هایی که در ایران رخداده اغلب فاجعه‌بار بوده و موجب بروز خسارات زیادی شده است. توزیع فضایی و بزرگی خطرات زلزله در مناطق مختلف ایران یکسان نیست (Yazdani & Kowsari, ۲۰۱۱). در طی ۹۰ سال اخیر ۱۲۰ هزار نفر از جمعیت کشور بر اثر آن جان خود را از دست داده‌اند و در این بین بیشترین تلفات انسانی ناشی از زلزله بوده است (پورمحمدی و مصیبزاده، ۱۳۸۷). مخاطره اجتناب‌پذیر زلزله، هر انسانی را که بر روی این کوه خاکی زندگی می‌کند در بر خواهد گرفت. با اینکه زلزله به‌خوبی شناخته شده است، اما هیچ‌کس نمی‌داند که زمان و شدت وقوع زلزله، چگونه خواهد بود. خطرات و زیان‌های فاجعه‌بار زمین‌لرزه‌های اخیر که در برخی از کشورهای در حال توسعه رخداده است، نیاز به تدوین سیاست‌ها و استراتژی‌هایی برای مقابله با زلزله و به حداقل رساندن خطرات و زیان‌های مورد انتظار آن، را تأکید کرد (Amiri & Tabatabaei, ۲۰۰۸). بر این اساس مشخص شد که حدود ۲۰٪ جمعیت جهان در مناطق زلزله‌خیز زندگی می‌کنند.

مخاطرات بر اثر فرایند رابطه انسان با محیط تعریف می‌شود. در غیر این صورت پدیده‌هایی که خطر می‌نامیم جزو رفتار معمولی و رایج طبیعت است (علیخانی، ۱۳۹۳) بر این اساس مخاطرات طبیعی، پدیده‌های طبیعی هستند که در محدوده سکونت بشر اتفاق افتد، زندگی او را مورد تهدید قرار می‌دهند و ممکن است باعث وقوع بلایایی گردد (آزاده و زارع، ۱۳۹۵). هر اتفاق غیرمتربقه ناگهانی که موجبات تضعیف و از بین رفتن توانمندی‌های اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی مانند خسارات جانی و مالی، تخریب تأسیسات زیربنایی و کاهش زمینه‌های اشتغال در جامعه را فراهم آورده، به عنوان مخاطرات طبیعی شناخته می‌شود. از جمله مخاطرات طبیعی می‌توان به زلزله، سیل، خشکسالی، آفات طبیعی، آتش‌نشان و آتش‌سوزی جنگل‌ها و پدیده‌های جوی اشاره کرد (خمر و رخشانی، ۱۳۹۴). همچنین مطابق با فرهنگ آسفسورده، مخاطره طبیعی، واقعه یا اتفاق غیرقابل‌پیش‌بینی است که موجب تلفات انسانی و خسارات مالی می‌شود (ریاحی و زمانی، ۱۳۹۲). یکی از این مخاطرات طبیعی که موضوع اصلی پژوهش حاضر است، زلزله می‌باشد.

بیشتر زلزله‌ها در سطح زمین تجربه می‌شوند زمین‌لرزه، همواره به عنوان یکی از مخرب‌ترین عوامل آسیب‌رسان به جوامع و خصوصاً شهرها، به حساب می‌آیند (Bommer, et al, ۲۰۰۴). زمین‌لرزه به‌خودی خود، قابلیت ایجاد خطر را ندارد. این پدیده در جوامعی که آمادگی مقابله با بلا یا زلزله و کاهش اثرات آن را ندارند، به بحران تبدیل می‌گردد (کاظمی‌تاری،

(۱۳۸۸). با این حال زلزله، پدیده‌ای است که با وجود پیشرفت‌های فناوری در دهه‌های گذشته، هنوز هم آسیب‌های جدی به جوامع وارد می‌کند (سعدآبادی و عظیمی، ۱۳۹۳). با آزاد شدن ناگهانی انرژی ذخیره‌شده در پوسته زمین، زمین‌لرزه رخ می‌دهد. زلزله آسیب‌های مستقیم کوچکی به انسان وارد می‌کند. آسیب واردشده به ساختمان‌ها و یا فروپاشی آن‌ها ناشی از لرزش زمین و یا پارگی زمین، امنیت زندگی انسان را تهدید می‌کند، که این پیامدها در اغلب اوقات می‌تواند مخرب‌تر از خود زلزله باشد. زمین‌لرزه می‌تواند به سیستم‌های ساختاری و غیر ساختاری ساختمان و لوازم جانبی آن‌ها آسیب شدیدی برساند (Kim, ۲۰۱۴). به طور کلی مخاطرات طبیعی همچون زمین‌لرزه تهدید جدی برای بشر و سکونتگاه‌های او به شمار می‌روند. توجه به این نکته ضروری است که از بروز زمین‌لرزه نمی‌توان جلوگیری کرد، لیکن می‌توان تلفات و خسارات ناشی از وقوع آن را کاهش داد (محمدی و جاوید مغوان، ۱۳۹۵). یکی از اقداماتی که می‌توان در راستای کاهش خطر زلزله انجام داد تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی است. در این زمینه واژه آسیب‌پذیری به پتانسیل درجه تخریب، همراه با در نظر گرفتن خطری مشخص مانند زلزله اشاره دارد (نخعی و ودیعتی، ۱۳۹۳). از سوی دیگر آسیب‌پذیری به عنوان احتمال بروز پیامدهای هر رویداد منفی و نامطلوب در جامعه ناظر بر خصوصیت‌ها و ویژگی‌های یک فرد یا یک جامعه از لحاظ ضعف توانایی‌های آنها برای پیش‌بینی، مقابله و مقاومت در مقابل مخاطرات طبیعی است (شیریفی و نوری پور، ۱۳۹۶). علیرغم تفاسیر مختلف، آسیب‌پذیری هر سیستم ناشی از سه عامل: مواجهه با مخاطره، حساسیت به آن مخاطره و ظرفیت سیستم برای مقابله، پذیرش یا بهبود اثرات آن است. بنابراین برای مقابله با مخاطرات طبیعی همچون زلزله باید به تحلیل‌های فضایی پرداخت. تحلیل فضایی نگرشی است که به چگونگی پراکندگی‌ها و ریشه‌یابی عوامل موثر در شکل گیری تفاوت‌ها و تشابه‌های مکانی در چارچوب دیدگاه‌های جغرافیایی می‌پردازد. تحلیل فضایی می‌تواند از طریق بررسی نحوه تغییر و تحول پدیده‌ها به کشف نظم مکانی پدیده‌ها در چارچوب تئوری‌های موجود به تئوری جدید منجر شود (شماعی و همکاران، ۱۳۹۶). تحلیل فضایی شامل دو مرحله است: یکی مطالعه‌ی چگونگی پراکندگی‌ها و دیگری تبیین چرایی پراکندگی‌ها است. مولفه‌های اصلی تحلیل فضایی شامل شناسایی پراکندگی‌های فضایی، بررسی تغییرات فضایی، شناسایی الگوهای فضایی و شناسایی روابط فضایی بین پدیده‌ها است (علیخانی، ۱۳۹۳). گودچایلد و ژانل ویژگی‌های مهم تحلیل فضایی را به شرح زیر بیان می‌کنند:

۱- در رویکرد فضایی داده‌ها از همه منابع با هم‌دیگر یکپارچه می‌شوند، زیرا فضای تنها ظرفی است می‌توان همه داده‌ها را در آن قرار داد.

۲- الگوهای فضایی ما را به عوامل و فرایندهای کنترل کننده آن‌ها هدایت می‌کند.

۳- نظریه‌های فضایی براساس عناصر اولیه‌ای مانند فاصله، مکان و جهت ساخته می‌شوند.

۴- پیش‌بینی، طراحی، سیاست‌گذاری و سرانجام برنامه‌ریزی فضایی در رویکرد فضایی عملی‌تر و دقیق‌تر انجام می‌شود (علیخانی، ۱۳۹۴).

از زمان‌های گذشته در ارتباط با مخاطرات طبیعی پژوهش‌های گسترده‌ای توسط جغرافیدانان جهان انجام شده است. مطالعات اولیه انجام شده در خصوص ارتباط ابعاد فیزیکی و مکانی مخاطرات طبیعی بوده و به توصیف توزیع مکانی این مخاطرات اختصاص داشته است. گلبرت وايتز (۱۹۴۵) با انتشار اثر بر جسته خود در ارتباط با سیل و توسعه انسانی نقطه عطفی است که، به بررسی اثرات اجتماعی و حل مشکلات اجتماعی ناشی از بلایای طبیعی پرداخته است (Montz & Tobin, ۲۰۱۱). البته امروزه توجه به اثرات اجتماعی، روانی، اقتصادی و کالبدی خطرات طبیعی اهمیت فروزنی یافته است و ایجاد ظرفیت برای مقابله با مخاطرات طبیعی برای جوامعی که به‌طور فزاینده با بلایای طبیعی مواجه هستند، مهم و ضروری است (Kuhlicke, et al, ۲۰۱۱). از این جهت در سیاست‌های مختلف تکرار شده است. در داخل کشور نیز پژوهش

هایی انجام شده است. شریف زادگان و فتحی در سال ۱۳۸۷ پژوهشی را با عنوان طراحی و کاربرد مدل‌های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری لرزوه ای در برنامه ریزی و مدیریت شهری انجام داده اند. این مقاله چگونی استفاده ترکیبی از دو تکنیک دلفی و مدل تحلیلی سلسله مراتبی و یک سیستم اطلاعات مکانی را در یک مدل یکپارچه تلفیقی ارایه می‌دهد و شیوه ارزیابی آسیب‌پذیری لرزوه ای و سازه ای و انسانی را در یک سکونتگاه انسانی به ارزیابی و اجرا می‌گذارد. با استفاده از نتایج حاصل از اجرای این مدل و بررسی میزان آسیب‌پذیری هر ناحیه شهری نسبت به سایر نواحی، اولویت بندی نواحی برای اجرای برنامه‌های پیشگیری و کاهش خطرپذیری مشخص می‌شود. همچنین این نتایج، اهمیت توجه به سنجه‌ها و شاخص‌های برنامه ریزی در امر کاهش آسیب‌پذیری را خاطرنشان می‌کند (شریف زادگان و فتحی، ۱۳۸۷).

کاویانی راد در سال ۱۳۸۹ به تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران‌های بوم شناسی در ایران پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان داد در ایران، روند تخریب محیط زیست در طول چند دهه اخیر افزایش بی سابقه ای یافته، به گونه ای که در بسیاری از موارد، کشورمان پیشگام دیگر کشورهاست. بیشتر این آمارها محصول برآیند موقعیت جغرافیایی و تopoگرافی سرزمین ایران، کم توجهی به نقش جستار پایداری محیط در طراحی و اجرای سازه‌ها و فضاها، ناآگاهی عمومی و کم توجهی سازمان‌های دولتی است. به نظر می‌رسد تداوم این وضعیت، دست کم در دو دهه آینده، کشور را با چالش‌های امنیتی محیط محور پرهزینه و زمان بر رویارو خواهد کرد (کاویانی راد، ۱۳۸۹). شهابی و قلیزاده در سال ۱۳۹۰، به پهنه بندی خطر زمین لرزوه با روش تحلیل چندمعیاره فضایی در استان کردستان پرداخته اند. نتایج این پژوهش نشان داد در مجموع از تمام مساحت استان ۲۶/۲۳ درصد در پهنه با خطر بالا، ۶۵ درصد در پهنه با خطر پایین قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که نوار غربی در پهنه با خطر بالا، نوار مرکزی در پهنه با خطر متوسط و نوار شرقی در پهنه با خطر کم واقع شده است. پارامترهای مورد استفاده در این پهنه‌بندی شامل تعداد گسل، فاصله از خطوط گسل، جهت گسل، کانون‌های رخداد زمین‌لرزوه، تراکم زمین‌لرزوه در یک محیط و وضعیت ساختار لیتوژئوگرافی می‌باشد (شهابی و قلیزاده، ۱۳۹۰). در این چارچوب فرجی سبکبار و همکارن در سال ۱۳۹۳ به تحلیل فضایی اثرات مخاطرات طبیعی در نواحی روستایی با استفاده از مدل مولفه‌های اصلی وزن جغرافیایی در حوضه الموت قزوین پرداخته اند. نتایج این پژوهش نشان داد که خطر سیل و سرمزدگی در حوضه الموت بیشترین تأثیر را بر روستائیان ناحیه الموت گذاشته است (فرجی سبکبار و همکارن، ۱۳۹۳).

تنوع آب و هوایی و اقلیمی گیلان باعث شده تا این استان در معرض حوادث طبیعی متفاوتی قرار گیرد. مهمترین بلایای طبیعی دهه‌های اخیر این استان شمالی زلزله، سیل، خشکسالی، آتش سوزی، رانش زمین، برف و طوفان بوده است. استان گیلان به لحاظ قرارگیری در قلمرو چین خورده‌های آلپی، جزء قلمروهای ناپایدار کره زمین محسوب می‌شود و پوسته جامد در حوضه این سیستم هنوز از نظر حرکات زمین ساخت به مرحله تعادل قطعی نرسیده است و می‌تواند یکی از کانون‌های ناپایدار و آسیب‌پذیر به حساب آید. بر اساس گزارش‌های مرکز پژوهش‌های زمین‌شناسی و اکتشافی گیلان، پیشینه لرزوه‌ای استان گیلان بیانگر ثبت زمین‌لرزوه‌های تاریخی و دستگاهی فراوان و تأثیرگذاری در پهنه این استان است. ثبت ۴۰۰ خردلرزوه با بزرگی ۳-۱ (MN) و نزدیک به ۱۵۰ زمین‌لرزوه با بزرگی متوسط ۳-۵ (MN)، توسط دستگاههای لرزوه‌نگاری از سال ۱۳۸۵ تاکنون در استان گیلان، نشان از زمین‌ساخت چنبا و لرزوه‌خیزی بالای این استان دارد.

در این پژوهش سعی بر آن است تا با مطالعه و بررسی مباحث نظری مخاطرات محیطی و تحلیل‌های های فضایی به شناخت استان گیلان در این زمینه پرداخته شود و ضمن معرفی و شناسایی مناطق و محدوده‌های مستعد زلزله، پیشنهادها و راهکارهایی برای مقابله با این خطرات ارائه گردد. بنابراین هدف اصلی تحقیق حاضر تحلیل فضایی خطر زلزله در سکونتگاه‌های شهری و روستایی استان گیلان می‌باشد. لذا خطر نسبی زلزله در استان گیلان با استفاده از تحلیل‌های

فضایی در نرم افزار ArcGIS و تحلیل فاصله اقلیدسی در پنج پهنه (خطر بسیار بالا، بالا، متوسط، پایین و بسیار پایین) تحلیل می شوند.

داده ها و روش کار

استان گیلان از استان های شمالی ایران به مرکزیت کلان شهر رشت است. این استان از شمال به دریای خزر و کشور آذربایجان، که از طریق آستارا با آن دارای مرز بین المللی است، از غرب به استان اردبیل، از جنوب به استان زنجان و قزوین و از شرق به استان مازندران محدود می شود.

بر اساس آخرین تقسیمات اداری در سال ۱۳۹۰، این استان دارای ۲۹۲۵ روستا، ۱۰۹ دهستان، ۵۲ شهر، ۴۳ بخش و ۱۶ شهرستان است. جمعیت استان گیلان در سال ۱۳۴۵ برابر با ۱۲۹۱۱۵۹ نفر گزارش شده است. این جمعیت طی سال های آتی افزایش یافته در سال ۱۳۹۰ برابر با ۲۴۸۰۸۷۴ نفر بوده است. جمعیت شهری استان طی سال های آماری از ۳۰۳۶۹۴ نفر در سال ۱۳۴۵ به ۱۴۹۷۱۷۰ نفر در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است. در طرف مقابل جمعیت روستایی استان طی سال های ۱۳۴۵ تا ۱۳۶۵ افزایش یافته است اما از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۰ جمعیت روستایی کاهش یافته است. جدول شماره ۱، اطلاعات جمعیتی استان گیلان را نشان می دهد.

جدول ۱. جمعیت کل، جمعیت شهری و روستایی استان گیلان (۱۳۴۵-۹۰)

۱۳۹۰	۱۳۸۵	۱۳۷۵	۱۳۶۵	۱۳۵۵	۱۳۴۵	شرح
۲۴۸۰۸۷۴	۲۴۰۴۸۶۱	۲۲۴۱۸۹۶	۲۰۸۱۰۳۷	۱۵۸۱۸۷۲	۱۲۹۱۱۵۹	جمعیت کل
۱۴۹۷۱۷۰	۱۲۹۵۷۵۱	۱۰۴۹۹۸۰	۷۸۴۱۷۳	۴۶۱۳۵۵	۳۰۳۶۹۴	جمعیت شهری
۹۸۳۷۰۴	۱۱۰۹۱۱۰	۱۱۹۱۹۱۶	۱۲۹۶۸۶۴	۱۱۲۰۵۱۷	۹۸۷۴۶۵	جمعیت روستایی

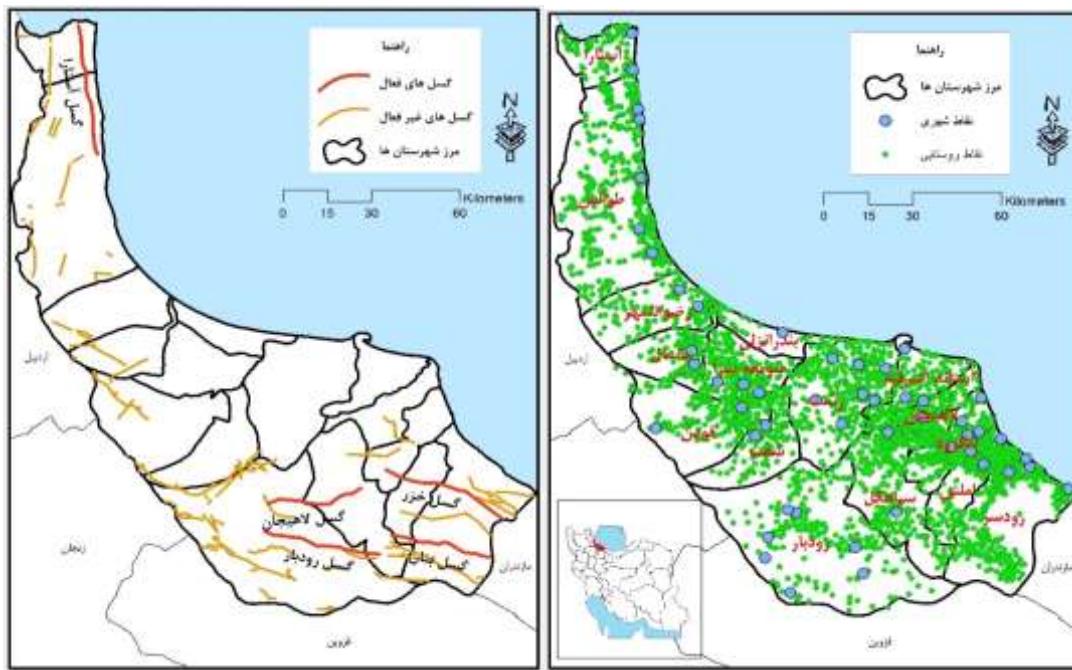
براساس سالنامه آماری استان گیلان در سال ۱۳۹۰، شهرستان رشت بیشترین جمعیت را به خود اختصاص داده است. در واقع توزیع جمعیت در شهرستان ها حکایت از عدم تعادل دارد. شهرستان رشت که مرکز استان است با ۹۱۸۴۴۵ نفر، مانند دهه های گذشته همچنان پر جمعیت ترین شهرستان استان است و به تنها بی ۳۷ درصد از جمعیت استان را در خود جای داده است. در رتبه دوم شهرستان تالش با جمعیت ۱۸۹۹۳۳ نفر قرار دارد. جدول شماره ۲، تعداد جمعیت در هر یک از شهرستان ها را نشان می دهد.

جدول ۲. جمعیت شهرستان های استان گیلان (۱۳۹۰)

نام شهرستان	املش	سیاهکل	ماسال	شفت	روانشهر	آستارا	فومن	رودبار
جمعیت	۴۴۲۶۱	۴۷۰۹۶	۵۲۴۹۶	۵۸۵۴۳	۶۶۹۰۹	۸۶۷۵۷	۹۳۷۳۷	۱۰۰۹۴۳
نام شهرستان	آستانه اشرفیه	صومعه سرا	لنگرود	بندر انزلی	رودسر	لاهیجان	تالش	رشت
جمعیت	۱۰۵۵۲۶	۱۲۷۷۵۷	۱۳۷۲۷۲	۱۳۸۰۰۴	۱۴۴۳۶۶	۱۶۸۸۲۹	۱۸۹۹۳۳	۹۱۸۴۴۵

از نظر جغرافیایی و ویژگی های طبیعی، استان گیلان را می توان به چهار قسمت مجزا و مشخص تقسیم نمود. ابتدا قسمت پست ساحلی است، که در معرض امواج دریای خزر است. در اینجا خود را در مقابل پدیده ای قابل توجه و مدام می بینیم: حرکت امواج و شدت بادهای شمالی و شمال غربی که بر سطح دریا مسلط است. در قسمت دوم، دامنه های البرز به صورت دیواره ای وسیع و شبیه جنگلی به طرف دریا کشیده می شود. در همین قسمتها است که مسیلهای و تنگه

هایی خیال انگیز وجود دارد. رسمیین قسمت یعنی زمین های خارج کوهستان ها است که شهرها و مراکز بزرگ جمعیت دیده می شود. این نقاط در میان انبوه درختان جنگلی پنهان شده است. بالاخره در چهارمین قسمت، پایین قسمت جنگلی، قله های بلند کوهها دیده می شود، که پوشیده از چراکاه های تنک است و مه زیادی آنها را می پوشاند. شکل شماره ۲، نقشه استان گیلان، نقاط شهری، نقاط روستایی و خطوط گسل را نشان می دهد.



شکل ۱. نقاط شهری و روستایی مورد مطالعه (سمت راست)، خطوط گسل در استان گیلان (سمت چپ)

با توجه ویژگی های انسانی و طبیعی که در مورد استان گیلان توضیح داده شد، باید گفت گسل های فراوانی در استان مورد مطالعه وجود دارند که همواره این استان را با مخاطره زلزله تهدید می کنند. یکی از گسل های فعال در استان گیلان، گسل آستارا است. این گسل با طول ۱۴۰۰ کیلومتر، از ناحیه قفقاز تا آستارا کشیده شده است. این گسل با روند شمالی-جنوبی در خاور آذربایجان و بخش باختری دریاچه خزر قرار دارد. عملکرد این گسل به صورت معکوس بوده و سبب افت زیاد در ارتفاعات تالش و دریای خزر گردیده است. فروافتادگی دریای خزر در سمت خاور گسل آستارا، حاصل عملکرد این گسل می باشد. این گسل توان لرزه ای دارد و در زمین لرزه های ۱۹۷۸ و ۱۹۵۳ قفقاز، سازوکار فشاری داشته است. یکی دیگر از گسل های فعال، گسل البرز یا خزر است. گسل البرز یا خزر در دامنه شمالی البرز، از لاهیجان تا جنوب گنبد کاووس به طول ۵۵۰ کیلومتر به موازات دریای خزر کشیده شده و در حال حاضر به شدت فعال است. بسیاری از زمین لرزه های رخداده در سواحل جنوبی خزر، در نتیجه فعالیت این گسل اتفاق افتاده است. در این چارچوب می توان به گسل های بنان، رودبار و لاهیجان نیز اشاره کرد. گسل فشاری بنان از جمله گسلهای بنیادی گستره قزوین است. گسل بنان در بخش های شمال باختری و میانی خود سبب راندگی سنگهای پرمین، رسوبات سازند شمشک و سنگهای آتشفسانی-آذر آواری اوسن را بریده و در بخش پایانی جنوب خاوری خود سبب راندگی سنگهای پالئوزوئیک (از سوی جنوب باختری) بر روی رسوبات سازند شمشک و سنگهای آذرین درونی گرانویدیوریتی (در شمال خاوری) شده است.

هدف اصلی از این پژوهش ارزیابی خطر زلزله در هر یک از سکونتگاه های شهری و روستایی استان گیلان است. در این راستا از روش همپوشانی لایه ها در محیط نرم افزار GIS استفاده شده است.

روش انجام کار به این ترتیب است که در مرحله اول با استفاده از تحلیل فاصله اقلیدسی در نرم افزار ArcGIS، فاصله نقاط استان (پیکسل هایی با ابعاد ۸۶ متر) از خطوط گسل فعال و غیرفعال محاسبه شد.

Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance

در ادامه با استفاده از دستور Raster Calculator فاصله های به دست آمده استاندارد شد و پهنگندی خطر زلزله در استان گیلان در پنج دسته (با توجه به گسل های فعال و غیرفعال) انجام شد. در واقع با این استاندارد سازی نقشه های فازی تهیه می شود. با استفاده از دستور زیر نمره (فاصله) استاندارد با تقسیم هر نمره (فاصله) بر مجموع نمرات (فواصل) محاسبه می شود.

Spatial Analyst Tools >> Map Algebra >> Raster Calculator

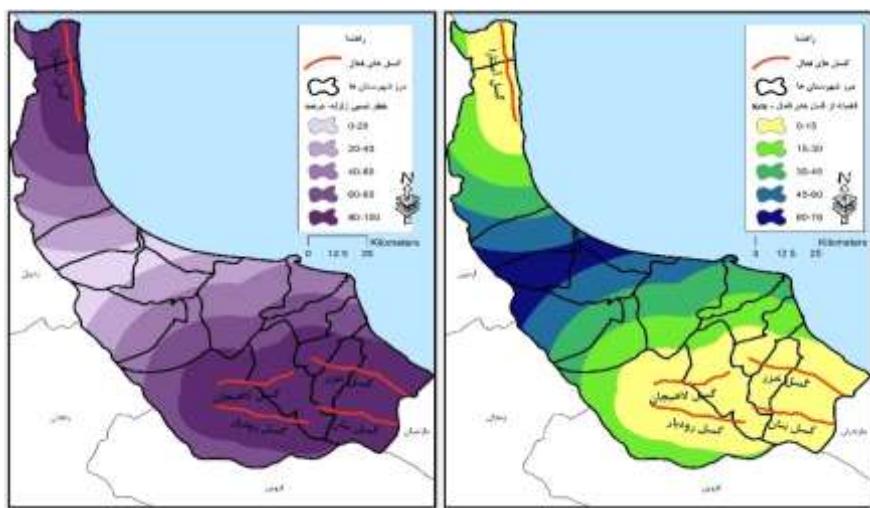
در گام بعدی با طبقه بندی مجدد نقشه پهنگندی زلزله و تبدیل نقشه از نوع رستر به برداری، مساحت هر یک از طبقات خطر نسبی زلزله محاسبه شد. در نهایت با همپوشانی لایه نقاط شهری و روستایی با نقشه پهنگندی خطر زلزله، میزان زلزله خیزی هر یک از شهرها و روستاهای استان گیلان تحلیل می شوند.

شرح و تفسیر نتایج

بخش اول از یافته های پژوهش به تحلیل فاصله و پهنگندی خطر نسبی زلزله در استان گیلان اختصاص دارد که با استفاده از تحلیل فاصله اقلیدسی (Euclidean Distance) انجام شده است. لازم به ذکر است پهنگندی خطر زلزله و همچنین محاسبه خطر نسبی زلزله در این استان برای گسل های فعال و غیرفعال به طور جداگانه انجام شده است. در واقع در ابتدای پژوهش فاصله هر نقطه از استان تا خطوط گسل (فعال و غیرفعال) محاسبه شده و در ادامه بر اساس این فاصله محاسبه شده، احتمال نسبی خطر زلزله (فاصله نسبی تا خط گسل) در استان گیلان با استفاده از دستور Raster Calculator تحلیل شده است.

- پهنگندی خطر زلزله با توجه به گسل های فعال و غیرفعال

در این بخش از پژوهش خطر پهنگندی خطر زلزله در استان گیلان با توجه به پنج گسل فعال (خرز، لاهیجان، بنان، رودبار و آستارا) و همچنین گسل های غیرفعال انجام شده است. شکل شماره ۲، نقشه پهنگندی خطر وقوع زلزله در استان گیلان را با توجه به گسل های فعال نشان می دهد. نتایج در این بخش نشان داد که $40/72$ درصد از مساحت استان گیلان در فاصله صفر تا ۱۵ کیلومتری گسل های فعال قرار دارد. همچنین $21/51$ درصد از مساحت استان در فاصله ۱۵ تا ۳۰ کیلومتری گسل های فعال قرار دارد. در فاصله ۳۰ تا ۴۵ کیلومتری، $16/66$ درصد از مساحت استان، در فاصله ۴۵ تا ۶۰ کیلومتری $13/82$ درصد از مساحت استان و نهایتاً در فاصله ۶۰ تا ۷۶ کیلومتری از گسل های فعال، $7/29$ درصد از مساحت استان گیلان قرار گرفته است. جدول شماره ۳، نتایج این بخش را به تفصیل نشان می دهد.

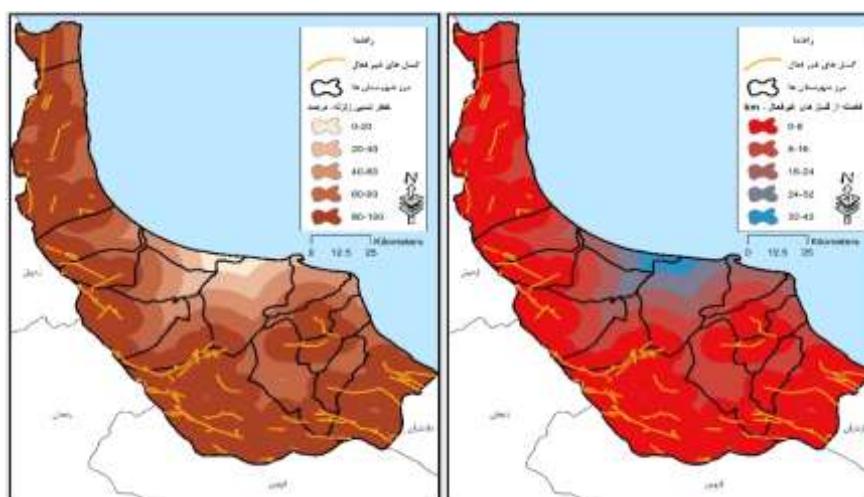


شکل ۲. نقشه پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل های فعال (سمت راست)، نقشه فازی خطر زلزله براساس گسل های فعال (سمت چپ)

جدول ۳. پهنه بندی خطر نسبی زلزله با توجه به گسل های فعال

ردیف	احتمال خطر زلزله (درصد)	فاصله تا خط گسل (کیلومتر)	مساحت نسبی
۱	۰-۲۰	۶۰-۷۶	۷/۲۹
۲	۲۰-۴۰	۴۵-۶۰	۱۳/۸۲
۳	۴۰-۶۰	۳۰-۴۵	۱۶/۶۶
۴	۶۰-۸۰	۱۵-۳۰	۲۱/۵۱
۵	۸۰-۱۰۰	۰-۱۵	۴۰/۷۲
جمع	-	-	۱۰۰

پهنه بندی خطر وقوع زلزله در استان گیلان براساس گسل های غیر فعال نشان داد که ۶۴/۴۵ درصد از مساحت این استان در فاصله ای کمتر از هشت کیلومتر تا گسل های غیر فعال قرار دارند. پهنه دوم مربوط به فاصله ۸ تا ۱۶ کیلومتری از گسل های غیر فعال می باشد که ۲۲/۰۴ درصد از مساحت استان در این پهنه قرار گرفته است. مطابق با جدول شماره ۴ هر اندازه که احتمال خطر زلزله افزایش پیدا می کند، مساحت استان در هر پهنه نیز افزایش پیدا می کند (جدول ۴).



شکل ۳. نقشه پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل های غیرفعال (سمت راست)، نقشه فازی خطر زلزله براساس گسل های غیرفعال (سمت چپ)

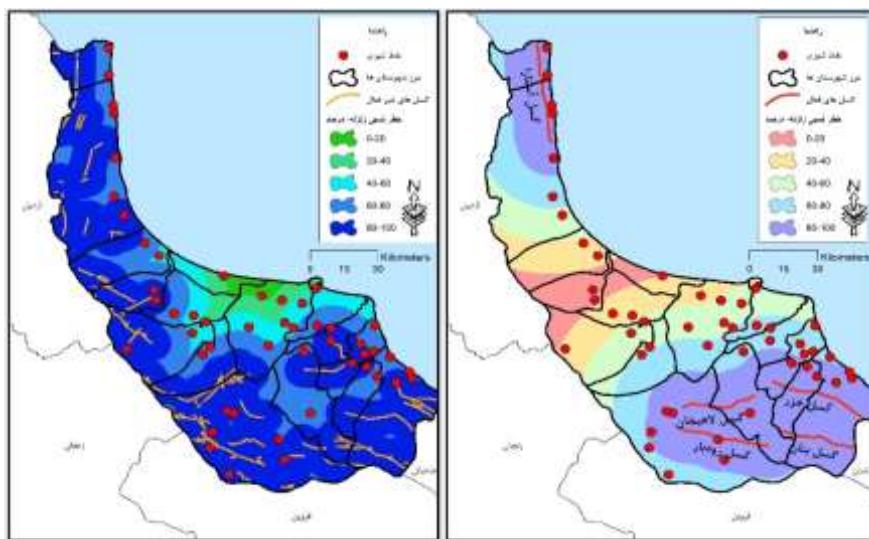
جدول ۴. پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله با توجه به گسل‌های غیرفعال

ردیف	احتمال خطر زلزله (درصد)	فاصله تا خط گسل (کیلومتر)	مساحت نسبی
۱	۰-۲۰	۳۲-۴۲	۱/۴۲
۲	۲۰-۴۰	۲۴-۳۲	۳/۹۶
۳	۴۰-۶۰	۱۶-۲۴	۸/۱۳
۴	۶۰-۸۰	۸-۱۶	۲۲/۰۴
۵	۸۰-۱۰۰	۰-۸	۶۴/۴۵
جمع	-	-	۱۰۰

- تحلیل خطر زلزله در سکونتگاه‌های شهری و روستایی

در ادامه این پژوهش احتمال خطر زلزله در نقاط شهری و روستایی استان گیلان براساس پهنه‌بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل‌های فعال و غیرفعال انجام شده است.

شکل شماره ۴، موقعیت هر یک از نقاط شهری استان گیلان در پهنه‌های خطر زلزله را با توجه بخ انواع گسل‌ها نشان می‌دهد. در جدول شماره ۵، نتایج این مطالعات ارائه شده است. طبق نتایج ارائه شده، براساس احتمال خطر زلزله با توجه به گسل‌های فعال، از مجموع ۵۱ نقطه شهری، ۱۸ شهر در خطر بسیار بالای زلزله و ۱۴ شهر در خطر بالای زلزله قرار دارند. بر این اساس ۲۰/۵۷ درصد از جمعیت نقاط شهری استان گیلان در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله (۰ تا ۸۰ درصد) و ۱۸/۲۴ درصد از جمعیت نقاط شهری در پهنه با خطر بالای زلزله (۰ تا ۸۰ درصد) قرار دارند. بالغ بر نیمی از جمعیت نقاط شهر نیز در پهنه خطر متوسط زلزله قرار دارند. در پهنه بندی خطر وقوع زلزله براساس گسل‌های غیرفعال، نتایج حاکی از آن است که ۲۰ شهر در خطر بسیار بالای زلزله و ۱۸ شهر نیز در خطر بالای زلزله قرار دارند. براساس این دسته بندی، ۱۰/۳۷ درصد از جمعیت نقاط شهری، در پهنه با خطر بالای زلزله و ۲۵/۴۴ درصد از جمعیت نقاط شهری نیز در پهنه با خطر بالای زلزله قرار دارند. ۴۹/۳۷ درصد از جمعیت نقاط شهری نیز در پهنه با خطر متوسط زلزله براساس گسل‌های غیرفعال قرار دارند (جدول ۵).

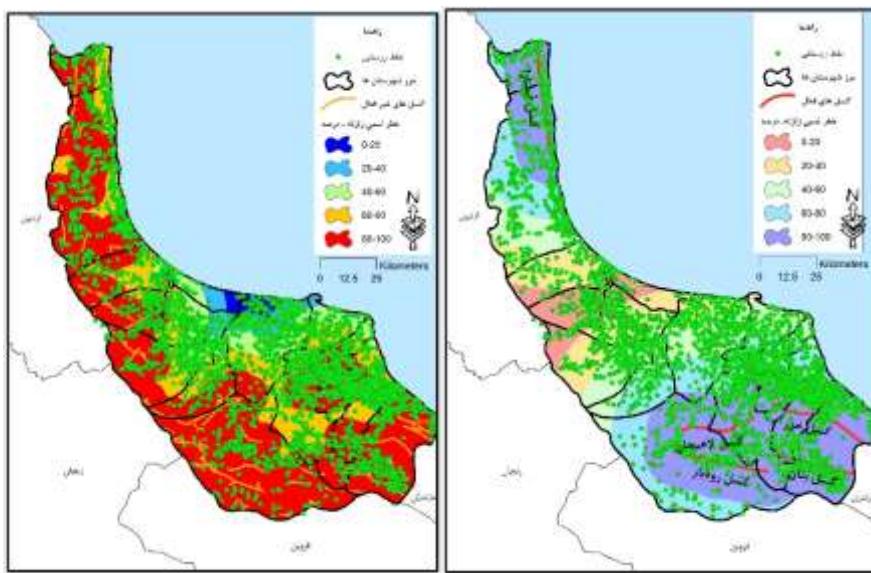


شکل ۴. نقشه موقعیت نقاط شهری در پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل‌های فعال (سمت راست)، نقشه موقعیت نقاط شهری در پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل‌های غیرفعال (سمت چپ)

جدول ۵. بررسی احتمال خطر زلزله در نقاط شهری استان گیلان

فرآواني نسبی جمعیت (درصد)	تعداد جمعیت (۱۳۹۰)		تعداد نقاط شهری		احتمال خطر زلزله	
	گسل های غیر فعال	گسل های فعال	گسل های غیر فعال	گسل های غیر فعال	گسل های فعال	
۹/۰۷	۱/۱۴	۱۷۱۰۶	۱۳۵۸۴۶	۱	۳	۰-۲۰ خطر بسیار پایین
۵/۷۵	۹/۶۲	۱۴۴۰۲۱	۸۶۱۳۳	۴	۶	۲۰-۴۰ خطر پایین
۴۹/۳۷	۵۰/۴۳	۷۵۴۹۶۸	۷۳۹۰۹۵	۸	۱۰	۴۰-۶۰ خطر متوسط
۲۵/۴۴	۱۸/۲۴	۲۷۳۱۳۷	۳۸۰۹۰۸	۱۸	۱۴	۶۰-۸۰ خطر بالا
۱۰/۳۷	۲۰/۵۷	۳۰۷۹۳۸	۱۵۵۱۸۸	۲۰	۱۸	۸۰-۱۰۰ خطر بسیار بالا
۱۰۰	۱۰۰	۱۴۹۷۱۷۰	۱۴۹۷۱۷۰	۵۱	۵۱	جمع

بررسی خطر زلزله در سکونتگاه‌های روستایی استان گیلان حاکی از آن است که از مجموع ۲۹۲۵ نقطه روستایی، ۱۳۵۰ روستا در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله با توجه به گسل‌های فعال قرار دارند. همچنین ۵۵۳ روستا در پهنه با خطر بالای زلزله براساس گسل‌های فعال قرار دارند. در زمینه جمعیت نقاط روستایی می‌توان گفت، ۲۴/۹ درصد از جمعیت روستایی زلزله براساس گسل‌های غیر فعال نشان داد که، ۱۶۷۹ نقطه روستایی در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله و همچنین ۲۴/۹۵ درصد از جمعیت نقاط روستایی استان گیلان در پهنه های با خطر بسیار بالا و بالای خطر زلزله قرار دارند. پهنه براساس گسل‌های غیر فعال نشان داد که، ۳۴/۶۱ درصد از جمعیت روستایی در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله ساکن هستند و همچنین ۳۵/۰۵ درصد از جمعیت روستایی در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله قرار دارند (جدول ۶).



شکل ۵. نقشه موقعیت نقاط روستایی در پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل‌های فعال (سمت راست)، نقشه موقعیت نقاط روستایی در پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل‌های غیرفعال (سمت چپ)

جدول ۵. بررسی احتمال خطر زلزله در نقاط روستایی استان گیلان

فراوانی نسبی جمعیت (درصد)		تعداد جمعیت (۱۳۹۰)		تعداد نقاط روستایی		احتمال خطر زلزله	
گسل های غیر فعال	گسل های فعال	گسل های غیر فعال	گسل های فعال	گسل های غیر فعال	گسل های فعال	خطر بسیار پایین	خطر پایین
۳/۰۷	۵/۵۱	۳۰۲۳۶	۵۴۲۴۰	۴۲	۱۶۲	۰-۲۰	خطر بسیار پایین
۹/۳۵	۱۸/۶۸	۹۲۰۱۸	۱۸۳۷۱۸	۱۴۷	۳۷۹	۲۰-۴۰	خطر پایین
۱۷/۹۱	۲۵/۹۶	۱۷۶۱۸۳	۲۵۵۴۱۲	۲۹۱	۴۸۱	۴۰-۶۰	خطر متوسط
۳۴/۶۱	۲۴/۹۵	۳۴۰۴۴۸	۲۴۵۳۹۲	۷۶۶	۵۵۳	۶۰-۸۰	خطر بالا
۳۵/۰۵	۲۴/۹۰	۳۴۴۸۱۹	۲۴۴۹۴۲	۱۶۷۹	۱۳۵۰	۸۰-۱۰۰	خطر بسیار بالا
	۱۰۰	۹۸۳۷۰۴		۲۹۲۵		جمع	

نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف اصلی بررسی خطر زلزله در سکونتگاه‌های شهری و روستایی استان گیلان انجام شد. در این راستا ابتدا گسل‌های فعال و غیر فعال شناسایی شد. سپس براساس این گسل‌ها پهنه‌بندی خطر وقوع زلزله انجام شد و در نهایت براساس پهنه‌بندی‌های انجام شده و موقعیت هر یک از نقاط شهری و روستایی در محیط نرم افزار GIS، خطر وقوع زلزله در پهنه‌های مختلف برای نقاط شهری و روستایی تحلیل شد. نتایج حاکی از آن است که، ۴۰/۷۲ درصد از مساحت استان گیلان در فاصله صفر تا ۱۵ کیلومتری گسل‌های فعال قرار دارد و همچنین ۶۴/۴۵ درصد از مساحت این استان در فاصله‌ای کمتر از هشت کیلومتر تا گسل‌های غیر فعال قرار دارد.

تحلیل خطر زلزله در نقاط شهری استان گیلان براساس خطوط گسل فعال حاکی از آن است که ۱۸ نقطه شهری در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله، ۱۴ شهر در پهنه با خطر بالای زلزله و همچنین ۱۰ شهر در پهنه با خطر متوسط زلزله قرار دارند. براساس مطالعات انجام شده ۲۰/۵۷ درصد از جمعیت نقاط شهری (۱۵۵۱۸۸ نفر) در پهنه با خطر بالای بسیار بالای زلزله (۸۰ تا ۱۰۰ درصد) ساکن هستند. تحلیل خطر وقوع زلزله در نقاط شهری استان گیلان براساس گسل‌های غیر فعال حاکی از آن است که، ۲۰ نقطه شهری در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله، ۱۸ شهر در پهنه با خطر بالای زلزله و همچنین ۸ شهر در پهنه با خطر متوسط وقوع زلزله قرار دارند. براساس مطالعات انجام شده، ۱۰/۳۷ درصد از جمعیت نقاط شهری استان مورد مطالعه در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله (۸۰ تا ۱۰۰ درصد)، و ۲۵/۴۴ درصد از جمعیت شهری استان گیلان در پهنه با خطر بالای زلزله (۶۰ تا ۸۰ درصد) ساکن هستند.

مطالعات انجام شده در زمینه نقاط روستایی استان گیلان براساس گسل‌های فعال نشان داد که از مجموع ۲۹۲۵ سکونتگاه روستایی، ۱۳۵۰ روستا در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله، ۵۵۳ روستا در پهنه با خطر بالای زلزله و ۴۸۱ روستا در پهنه با خطر متوسط زلزله قرار دارند. براسا این مطالعات بالغ بر نیمی از جمعیت روستایی استان گیلان در پهنه با خطر بالا و بسیار بالای زلزله ساکن هستند. تحلیل خطر زلزله در نقاط روستایی استان گیلان براساس فاصله از گسل‌های غیرفعال نشان داد که ۱۶۷۹ روستا در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله، ۷۶۶ روستا در پهنه با خطر بالای زلزله قرار دارند. همچنین ۳۵/۰۵ درصد از جمعیت روستایی استان گیلان در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله، ۳۴/۶۱ درصد از جمعیت روستانشین استان مورد مطالعه در پهنه با خطر بالای زلزله ساکن هستند.

- مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بسیاری از سکونتگاههای شهری و روستایی استان گیلان در معرض خطر بسیار بالای زلزله هستند. این موضوع ناشی از ویژگی‌های خاص جغرافیایی و طبیعی این استان است. اما این به آن معنا نیست که عوامل انسانی نمی‌توانند در این زمینه نقشی داشته باشند. درواقع با شیوه صحیح مدیریت در شهرها و روستاهای می‌توان باعث کاهش اثرات مخاطرات طبیعی شد. در این راستا پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می‌شود:
۱. نظارت خاص بر این سازی ساختمان‌ها از طراحی تا اجرا براساس اصول مهندسی در شهرهای زلزله خیز مانند برهسر، اتفاقور، آسالم، حَوْيق و روذبار که کمترین فاصله را تا گسل‌های فعال دارند.
 ۲. جلوگیری از ساخت شهرها و شهرک‌ها در مناطق جنوبی و شمالی استان گیلان که با احتمال خطر بیشتری مواجه هستند.
 ۳. پیش‌بینی مکان‌های اسکان وقت در بخش‌های مرکزی استان گیلان که با خطر زلزله کمتری مواجه هستند.
 ۴. تجهیز سازمان‌ها، بیمارستان‌ها، مدارس و سایر ارگان‌ها در شهرهای بزرگ مانند رشت، بندر انزلی، فومن و لاهیجان به سایر امکانات موردنیاز در هنگام وقوع زلزله؛
 ۵. برگزاری کلاس‌های آموزشی در سطح شهرها و روستاهای استان در زمینه آمادگی برای مقابله با زلزله و تخلیه اضطراری؛
 ۶. اولویت قرار دادن نوسازی و بهسازی بافت‌های فرسوده و تاریخی در کلانشهر رشت که سهم قابل توجهی از این شهر دارای بافت تاریخی و فرسوده است که خطر زلزله این نواحی را بیشتر تهدید می‌کند.

منابع

- آزاده، سید رضا؛ و مليحه زارع. ۱۳۹۵. تحلیل توان‌ها و محدودیت‌های محیطی با تحلیلی بر لرزه‌خیزی و نحوه استقرار مراکز جمعیتی استان زنجان، مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۳۵: ۳۱-۱۴۱.
- پورمحمدی، محمدرضا؛ و علی مصیب‌زاده. ۱۳۸۷. آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امدادرسانی آن‌ها، جغرافیا و توسعه، ۱۲: ۱۱۷-۱۴۴.
- تقوایی، مسعود؛ و اردلان حسنی‌نژاد. ۱۳۹۴. ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی عملکردی سازمان‌های متولی مدیریت بحران شهر شیراز، شهر پایدار، ۱: ۱۹۹-۱۷۶.
- خرم، غلامعلی؛ و امین‌الله رخشانی. ۱۳۹۴. نقش راهکارهایی مدیریت بحران در جهت کاهش خسارات ناشی از زلزله، مطالعه‌ی موردی: شهر خرم‌آباد، جغرافیا و توسعه، ۴۱: ۱۴۷-۱۶۰.
- ریاحی، وحید؛ لقمان زمانی. ۱۳۹۲. مدیریت بحران زلزله در سکونتگاه‌های روستایی شهرستان سروآباد، اقتصاد فضای توسعه روستایی، ۱: ۱۵۱-۱۶۹.
- سعدآبادی، علی‌اصغر؛ و محدثه عظیمی. ۱۳۹۳. شناسایی اقدامات اساسی در مراحل مدیریت بحران به کمک روش فازی (موردمطالعه: شناسایی اقدامات اساسی در مراحل مدیریت بحران زلزله)، مطالعات برنامه‌ریزی شهری، ۶: ۳۱-۵۴.
- شریف‌زادگان، محمد حسین و حمید فتحی. ۱۳۸۷. طراحی و کاربرد مدل‌های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مجله صفة، ۱۷ و ۴۶: ۱۰۹-۱۲۴.
- شهابی، هیمن و محمدحسین قلیزاده. ۱۳۹۰. پهنۀ بندی خطر زمین لرزه با روش تحلیل چند معیاره فضایی، جغرافیا و توسعه، ۹ و ۲۱: ۶۵-۸۰.

- شماعی، علی؛ لقمان مصطفی پور و محسن یوسفی فشکی. ۱۳۹۴. تحلیل فضایی آسیب پذیری محله های شهری با رویکرد پدافند غیر عامل در شهر پیرانشهر، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۲ و ۳: ۱۰۵-۱۱۸.
- شریفی، زینب و مهدی نوری پور. ۱۳۹۶. تحلیل آسیب پذیری خانوارهای روستایی بخش مرکزی شهرستان دنا: کاربرد چارچوب معیشت پایدار، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴ و ۲: ۱۹-۳۶.
- عباسی، حامد؛ سیامک شرفی و زهرا مربانجی. ۱۳۹۶. تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفیک تهدیدکننده مجتمع های زیستی شهری در استان لرستان، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴ و ۲: ۱۰۷-۱۲۵.
- علیخانی، بهلوو. ۱۳۹۳. مبانی فلسفی مخاطرات محیطی، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۱ و ۱: ۱-۱۵.
- علیخانی، بهلوو. ۱۳۹۳. فرهنگ واژگان مخاطرات محیطی، قطب علمی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه خوارزمی تهران.
- علیخانی، بهلوو. ۱۳۹۴. تحلیل فضایی، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۲ و ۳: ۱-۱۴..
- فرجی سبکبار، حسنعلی بدربی، رضا عباسی ورکی و الهام عباسی ورکی. ۱۳۹۳. تحلیل فضایی اثرات مخاطرات طبیعی در نواحی روستایی با استفاده از مدل مولفه های اصلی وزن جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه الموت قزوین)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۰: ۹۱-۱۱۰.
- کاظمی تاری، تقی. ۱۳۸۸. مدیریت بحران زلزله در کلان شهر تهران، جغرافیایی سرزمین، ۲۲: ۷۰-۱۲۵.
- کریمی، حمیدرضا. ۱۳۸۹. شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت منابع انسانی در مهار (پیشگیری، کاهش اثرات، مقابله) بحران زلزله در بیمارستان امام سجاد (ع) ناجا، امداد و نجات، ۱: ۷۱-۸۴.
- کاویانی راد، مراد. ۱۳۸۹. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران های بوم شناسی در ایران، فصلنامه مطالعات راهبردی، ۴۸: ۳۳-۵۸.
- محمدی، علیرضا و بهمن جاوید مغوان. ۱۳۹۵. سنجش میزان آسیب پذیری سکونتگاه های غیر رسمی در برابر خطر وقوع زمین لرزه با استفاده از GIS (مورد پژوهش: محله زیر نهر تراب شهر پارس آباد)، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳ و ۳: ۴۱-۶۴.
- مرکز آمار ایران (نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن و فرهنگ آبادی های استان گیلان، سال ۱۳۹۰)، www.amar.org.ir

نخعی، محمد و میثم ودیعتی، ۱۳۹۳. تحلیل فضایی مخاطرات طبیعی ناشی از برداشت بی رویه آب زیرزمینی در آبخوان ساحلی ارومیه، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۱۹: ۵۳-۶۵.

Amiri, A.; and R. Tabatabaei. ۲۰۰۸. Earthquake risk management strategy plan using nonparametric estimation of hazard rate. *American Journal of Applied Sciences*, ۵: ۵۸۱-۵۸۵.

Bommer, J.J.; N.A. Abrahamson, F.O. Strasser, A. Pecker, P.Y. Bard, H. Bungum, F. Cotton, D. Fäh, F. Sabetta, F. Scherbaum, and J. Studer. ۲۰۰۴. The challenge of defining upper bounds on earthquake ground motions. *Seismological Research Letters*, 1: ۸۲-۹۵.

Burby, R. J.; R. E. Deyle, D. R. Godschalk, and R. B. Olshansky. ۲۰۰۰. Creating hazard resilient communities through land-use planning. *Natural hazards review*, 2: ۹۹-۱۰۶.

Cole, T. W.; and K. L. Fellows. ۲۰۰۸. Risk communication failure: A case study of New Orleans and Hurricane Katrina. *Southern Communication Journal*, ۳: ۲۲۱-۲۲۸. doi: 10.1080/10417940.2008.10417940.2219702

Kim, J. K. ۲۰۱۴. A conceptual framework for assessing post-earthquake fire performance of buildings.

- Worcester Polytechnic Institute, p. ۱۶۰.
- Kuhlicke, C.; A. Steinführer, C. Begg, C. Bianchizza, M. Bründl, M. Bucherer, B. De Marchi, M.D.M. Tarditti., C. Höppner, B. Komac, and L. Lemkow. ۲۰۱۱. Perspectives on social capacity building for natural hazards: outlining an emerging field of research and practice in Europe. *Environmental Science & Policy*, ۷: ۸۰۴-۸۱۴. doi:10.1016/j.envsci.2011.05.001
- Li, H.; T. Yi, M. GU, and L. Huo. ۲۰۰۹. Evaluation of earthquake-induced structural damages by wavelet transform. *Progress in Natural Science*, ۹: ۴۶۱-۴۷۰. doi:10.1016/j.pnsc.2008.09.002
- Montz, B. E.; and G. A. Tobin. ۲۰۱۱. Natural hazards: an evolving tradition in applied geography. *Applied Geography*, ۱: ۱-۴. doi: 10.1016/j.apgeog.2010.06.005
- Yazdani, A.; and M. Kowsari. ۲۰۱۱. Statistical prediction of the sequence of large earthquakes in Iran. *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications*, ۹: ۳۲۵. doi: 10.5826/idosi.ije.2011.24.4b.03
- ZALI, N.; and S. R. AZADEH. ۲۰۱۴. An Investigation of Ahar-Varzeghan Seismicity on August ۱۱, ۲۰۱۲ in the North West of Tabriz, Iran. *Journal of Sustainability Science and Management*, ۱: ۷۸-۸۹.