

تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی در برابر مخاطره زلزله

مطالعه موردی: استان گیلان

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

اصفهان، اصفهان، ایران

مسعود تقوایی، 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 کمربند 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 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 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 ۲۰/۵۷ 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، ۲۰ نقطه شهری با جمعیت نسبی ۲۵/۴۴ 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 ۲۹۲۵ سکونتگاه روستایی، ۱۳۵۰ روستا با جمعیت نسبی ۲۴/۹۰ 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 ۱۶۷۹ 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 به‌طور 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 درحال توسعه به بار می‌آورد (Zali & Azadeh, ۲۰۱۴). در میان تمام مخاطرات طبیعی، زلزله یکی از جدی‌ترین آن‌ها است که زیان‌های عظیم اقتصادی و مرگ‌ومیر مردم را به بار می‌آورد (Li et al, ۲۰۰۹).

در واقع در سال‌های گذشته بلایای طبیعی متعددی در اغلب کشورهای جهان اتفاق افتاده و خسارت‌های اجتماعی و اقتصادی زیادی به بارآورده 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 نقشه 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 رخ داده 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 کره خاکی زندگی می‌کند در بر خواهد گرفت. بااینکه 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 درحال توسعه رخ داده 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: ۲) بر این اساس مخاطرات طبیعی، پدیده‌های طبیعی هستند که در محدوده سکونت بشر اتفاق افتاده، زندگی او را مورد تهدید قرار می‌دهند و ممکن است باعث وقوع بلایایی گردند (آزاده و زارع، ۱۳۹۵). هر اتفاق غیرمترقبه ناگهانی که موجبات تضعیف و از بین رفتن توانمندی‌های اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی مانند خسارات جانی و مالی، تخریب تأسیسات زیربنایی و کاهش زمین‌های اشتغال در جامعه را فراهم آورد، به‌عنوان مخاطرات طبیعی شناخته می‌شود. ازجمله مخاطرات طبیعی می‌توان به زلزله، سیل، خشک‌سالی، آفات طبیعی، آتش‌فشان و آتش‌سوزی جنگل‌ها و پدیده‌های جوی اشاره کرد (خمر و رخشانی، ۱۳۹۴). همچنین مطابق با فرهنگ آکسفورد، 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 به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین عوامل آسیب‌رسان به جوامع و خصوصاً شهرها، به حساب می‌آیند (Bommer, et al, ۲۰۰۴). زمین‌لرزه به‌خودی‌خود، 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 ودیعی، 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 توانای‌های آنها برای پیش‌بینی، مقابله و مقاومت در مقابل مخاطرات طبیعی است (شریفی 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 شکل‌گیری 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 فضا تنها ظرفی است می‌توان همه داده‌ها را در آن قرار داد.

۲- الگوهای فضایی ما را به عوامل و فرایندهای کنترل‌کننده 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 انجام‌شده در خصوص ارتباط ابعاد فیزیکی و مکانی مخاطرات طبیعی بوده و به توصیف توزیع مکانی این مخاطرات اختصاص داشته است. گیلبرت وایتز (۱۹۴۵) با انتشار اثر برجسته 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 فزونی 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 مدل های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب پذیری لرزه ای در برنامه ریزی و مدیریت شهری انجام داده اند. این مقاله چگونگی استفاده ترکیبی از دو تکنیک دلفی و مدل تحلیلی سلسله مراتبی و یک سیستم اطلاعات مکانی را در یک مدل یکپارچه تلفیقی ارائه می دهد و شیوه ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای و سازه ای و انسانی را در یک سکونتگاه انسانی به ارزیابی و اجرا می گذارد. با استفاده از نتایج حاصل از اجرای این مدل و بررسی میزان آسیب پذیری هر ناحیه شهری نسبت به سایر نواحی، اولویت بندی نواحی برای اجرای برنامه های پیشگیری و کاهش خطرپذیری مشخص می شود. همچنین این نتایج، اهمیت توجه به سنجه ها و شاخص های برنامه ریزی در امر کاهش آسیب پذیری را خاطرنشان می کند (شریف زادگان و فتحی، ۱۳۸۷).

کاویانی راد در سال ۱۳۸۹ به تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران های 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 توپوگرافی سرزمین ایران، کم توجهی به نقش جستار پایداری محیط در طراحی و اجرای سازه ها و فضاها، ناآگاهی عمومی و کم توجهی سازمان های دولتی است. به نظر می رسد 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 لرزه 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 می گیرد. نتایج نشان می دهد 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 پهنه بندی شامل تعداد گسل، فاصله از خطوط گسل، جهت گسل، کانون های رخداد زمین لرزه، بررسی تمام ویژگی های برداشت شده از یک نقطه ای کانونی لرزه ای مانند بزرگای زمین لرزه، عمق رخداد زمین لرزه، تراکم زمین لرزه در یک محیط و وضعیت ساختار لیتولوژیکی می باشد (شهابی و قلیزاده، ۱۳۹۰). در این چارچوب فرجی سبکبار و همکاران در سال ۱۳۹۳ به تحلیل فضایی اثرات مخاطرات طبیعی در نواحی روستایی با استفاده از مدل مولفه های اصلی وزن جغرافیایی در حوضه الموت قزوین پرداخته اند. نتایج این پژوهش نشان داد که خطر سیل و سرمازدگی در حوضه الموت بیشترین تأثیر را بر روستائیان ناحیه الموت گذاشته است (فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۹۳).

تنوع آب و هوایی و اقلیمی گیلان باعث شده تا این استان در معرض حوادث طبیعی متفاوتی قرار گیرد. مهمترین بلاهای طبیعی دهه های اخیر این استان شمالی زلزله، سیل، خشکسالی، آتش سوزی، رانش زمین، برف و طوفان بوده است. استان گیلان به لحاظ فرارگیری در قلمرو چین خوردگی های آلبی، جزء قلمروهای ناپایدار کره زمین محسوب می شود و پوسته جامد در حوضه این سیستم هنوز از نظر حرکات زمین ساخت به مرحله تعادل قطعی نرسیده است و می تواند یکی از کانون های ناپایدار و آسیب پذیر به حساب آید. بر اساس گزارش های مرکز پژوهش های زمین شناسی و اکتشافی گیلان، پیشینه لرزه ای استان گیلان بیانگر ثبت زمین لرزه های تاریخی و دستگاهی فراوان و تأثیرگذاری در پهنه این استان است. ثبت ۴۰۰ خردلرزه با بزرگی ۳-۱ (MN) و نزدیک به ۱۵۰ زمین لرزه با بزرگی متوسط ۵-۳ (MN)، توسط دستگاه های لرزه نگاری از سال ۱۳۸۵ تاکنون در استان گیلان، نشان از زمین ساخت جنب و لرزه خیزی بالای این استان دارد.

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

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

داده ها و روش کار

استان گیلان از استان‌های شمالی ایران به مرکزیت کلان‌شهر رشت است. این استان از شمال به دریای خزر و کشور آذربایجان، که از طریق آستارا با آن دارای مرز بین‌المللی است، از غرب به استان اردبیل، از جنوب به استان زنجان و قزوین و از شرق به استان مازندران محدود می‌شود.

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 سال‌های آتی افزایش یافته در سال ۱۳۹۰ برابر با ۲۴۸۰۸۷۴ نفر بوده است. جمعیت شهری استان طی سال‌های آماری از ۳۰۳۶۹۴ نفر در سال ۱۳۴۵ به ۱۴۹۷۱۷۰ نفر در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است. در طرف مقابل جمعیت روستایی استان طی سال‌های 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 می‌دهد.

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

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

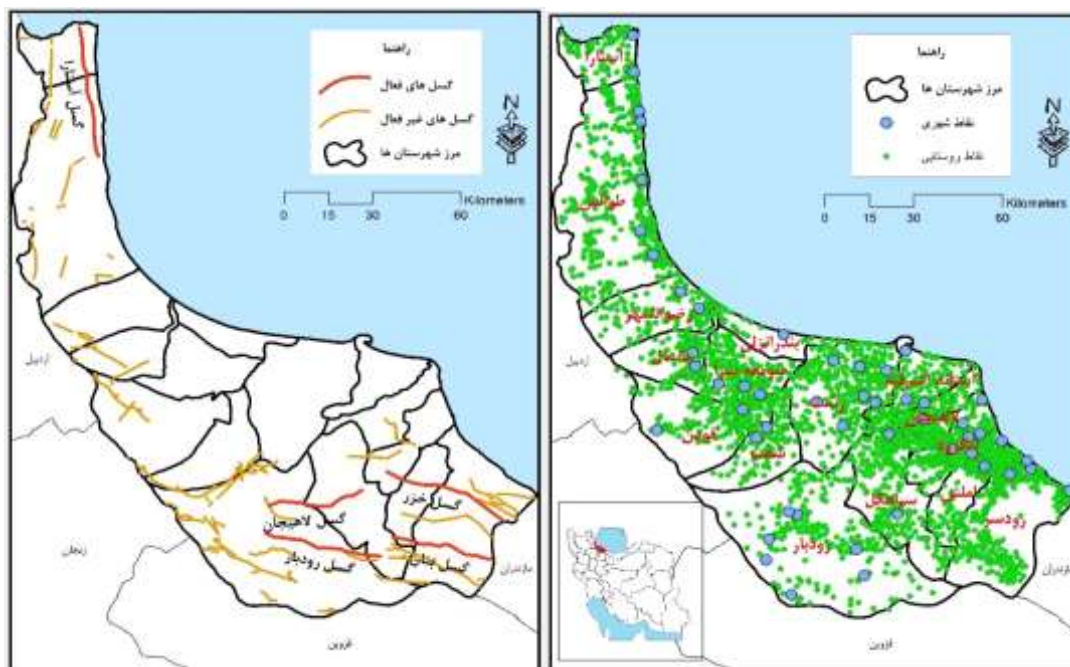
بر اساس سالنامه آماری استان گیلان در سال ۱۳۹۰، شهرستان رشت بیشترین جمعیت را به خود اختصاص داده است. در واقع توزیع جمعیت در شهرستان‌ها حکایت از عدم تعادل دارد. شهرستان رشت که مرکز استان است با ۹۱۸۴۴۵ نفر، مانند دهه‌های گذشته همچنان پر جمعیت‌ترین شهرستان استان است و به تنهایی ۳۷ درصد از جمعیت استان را 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 شهرستان‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲. جمعیت شهرستان‌های استان گیلان (۱۳۹۰)

نام شهرستان	املش	سیاهکل	ماسال	شفت	رضوانشهر	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 ویژگی‌های طبیعی، استان گیلان را می‌توان 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 پدیده‌ای قابل توجه و مداوم می‌بینیم: حرکت امواج و شدت بادهای شمالی و شمال غربی که بر سطح دریا مسلط است. در قسمت دوم، دامنه‌های البرز به صورت دیواره‌ای وسیع و شیبی جنگلی به طرف دریا کشیده می‌شود. در همین قسمت‌ها است که مسیلها و تنگه

هایی خیال انگیز وجود دارد. ر سومین قسمت یعنی زمین‌های خارج کوهستان‌ها است که شهرها و مراکز بزرگ جمعیت دیده می‌شود. این نقاط در میان انبوه درختان جنگلی پنهان شده است. بالاخره در چهارمین قسمت، پایین قسمت جنگلی، قله‌های بلند کوهها دیده می‌شود، که پوشیده از چراگاه‌های تنک است و مه زیادی آنها را می‌پوشاند. شکل شماره ۲، نقشه استان گیلان، نقاط شهری، نقاط روستایی و خطوط گسل را نشان می‌دهد.



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

با توجه ویژگی‌های انسانی و طبیعی که در مورد استان گیلان توضیح داده شد، باید گفت گسل‌های فراوانی در استان مورد مطالعه وجود دارند که همواره این استان را با مخاطره زلزله تهدید می‌کنند. یکی از گسل‌های 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. فرو افتادگی دریای خزر در سمت خاور گسل آستارا، حاصل عملکرد این گسل می‌باشد. این گسل توان لرزه‌ای دارد و در زمین‌لرزه‌های ۱۹۷۸ و ۱۹۵۳ قفقاز، سازوکار فشاری داشته است. یکی دیگر از گسل‌های 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 زمین‌لرزه‌های رخ داده در سواحل جنوبی خزر، در نتیجه فعالیت این گسل اتفاق افتاده است. در این چارچوب می‌توان به گسل‌های بنان، رودبار و لاهیجان نیز اشاره کرد. گسل فشاری بنان از جمله گسل‌های بنیادی گستره قزوین است. گسل بنان در بخش‌های شمال باختری و میانی خود سنگهای پرمین، رسوبات سازند شمشک و سنگهای آتشفشانی-آذر آواری ائوسن 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 گرانودیوریتی (در شمال خاوری) شده است.

هدف اصلی از این پژوهش ارزیابی خطر زلزله در هر یک از سکونتگاه‌های شهری و روستایی استان گیلان است. در

این راستا از روش همپوشانی لایه‌ها 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 (پیکسل‌هایی با ابعاد ۸۶ متر) از خطوط گسل فعال و غیر فعال محاسبه شد.

Spatial Analyst Tools >> Distance >> Euclidean Distance

در ادامه با استفاده از دستور Raster Calculator فاصله‌های به دست آمده استاندارد شد و پهنه‌بندی خطر زلزله در استان گیلان در پنج دسته (با توجه به گسل های فعال و غیر فعال) 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

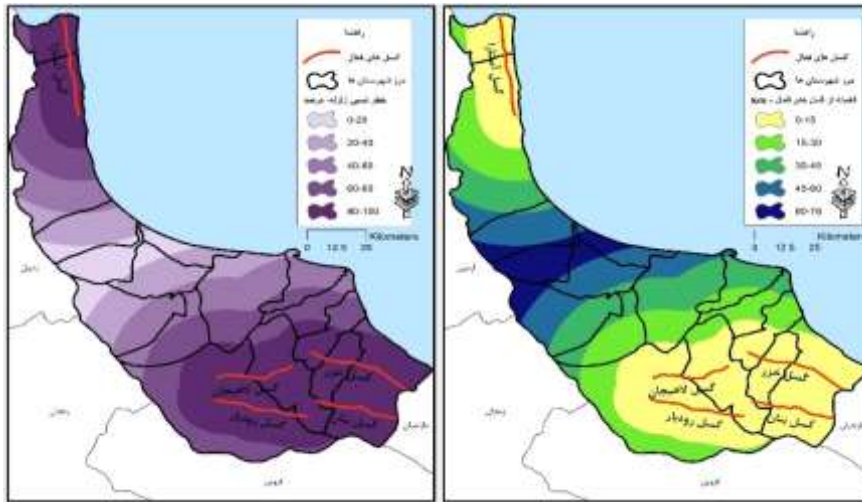
در گام بعدی با طبقه‌بندی مجدد نقشه پهنه‌بندی زلزله و تبدیل نقشه از نوع رستر به برداری، مساحت هر یک از طبقات خطر نسبی زلزله محاسبه شد. در نهایت با همپوشانی لایه نقاط شهری و روستایی با نقشه پهنه بندی خطر زلزله، میزان زلزله‌خیزی هر یک از شهرها و روستاهای استان گیلان تحلیل می‌شوند.

شرح و تفسیر نتایج

بخش اول از یافته‌های پژوهش به تحلیل فاصله و پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در استان گیلان اختصاص دارد که با استفاده از تحلیل فاصله اقلیدسی (Euclidean Distance) انجام شده است. لازم به ذکر است پهنه بندی خطر زلزله و همچنین محاسبه خطر نسبی زلزله در این استان برای گسل های فعال و غیر فعال به طور جداگانه انجام شده است. در واقع در ابتدای پژوهش فاصله هر نقطه از استان تا خطوط گسل (فعال و غیر فعال) 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.

- پهنه‌بندی خطر زلزله با توجه به گسل های فعال و غیر فعال

در این بخش از پژوهش خطر پهنه بندی خطر زلزله در استان گیلان با توجه به پنج گسل فعال (خزر، لاهیجان، بنان، رودبار و آستارا) و همچنین گسل های غیر فعال انجام شده است. شکل شماره ۲، نقشه پهنه بندی خطر وقوع زلزله در استان گیلان را با توجه به گسل های فعال نشان می دهد. نتایج در این بخش نشان داد که ۴۰/۷۲ درصد از مساحت استان گیلان در فاصله صفر تا ۱۵ کیلومتری گسل های فعال قرار دارد. همچنین ۲۱/۵۱ درصد از مساحت استان در فاصله ۱۵ تا ۳۰ کیلومتری گسل های فعال قرار دارد. در فاصله ۳۰ تا ۴۵ کیلومتری، ۱۶/۶۶ درصد از مساحت استان، در فاصله ۴۵ تا ۶۰ کیلومتری ۱۳/۸۲ درصد از مساحت استان و نهایتاً در فاصله ۶۰ تا ۷۶ کیلومتری از کسل های فعال، ۷/۲۹ درصد از مساحت استان گیلان قرار گرفته است. جدول شماره ۳، نتایج این بخش را به تفصیل نشان می دهد.

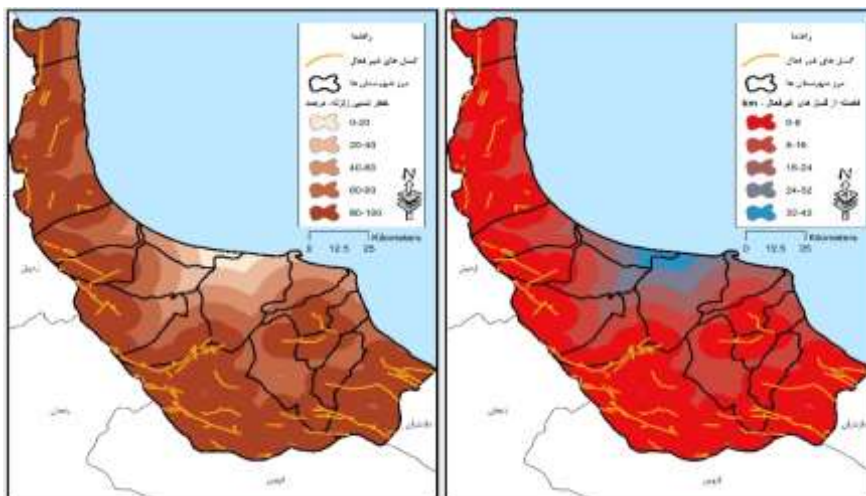


شکل ۲. نقشه پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل های فعال (سمت راست)، نقشه فازی خطر زلزله براساس گسل های فعال (سمت چپ)

جدول ۳. پهنه‌بندی 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	۷/۳۹
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)

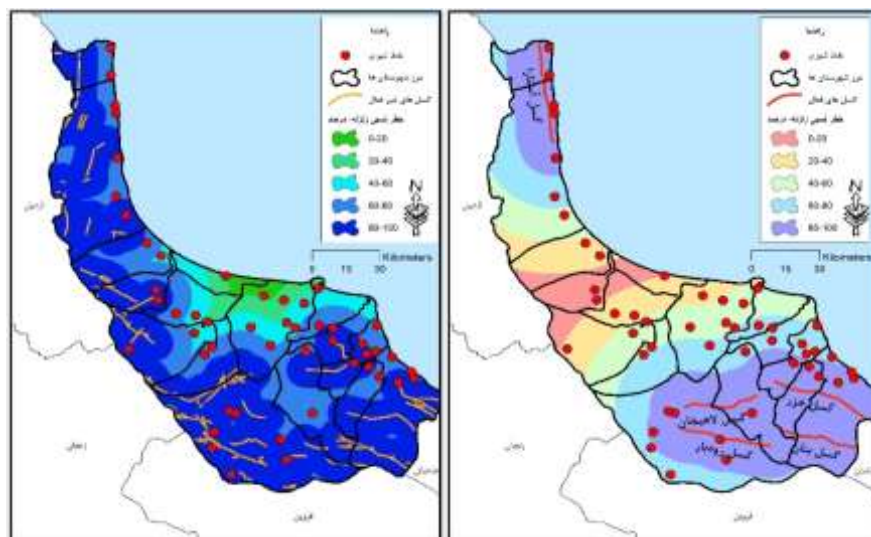
جدول ۴. پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله با توجه به گسل های غیرفعال

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 پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل های فعال و غیرفعال انجام شده است.

شکل شماره ۴، موقعیت هر یک از نقاط شهری استان گیلان در پهنه های خطر زلزله را با توجه به انواع گسل ها نشان می دهد. در جدول شماره ۵، نتایج این مطالعات ارائه شده است. طبق نتایج ارائه شده، براساس احتمال خطر زلزله با توجه به گسل های 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 (۸۰ تا ۱۰۰ درصد) و ۱۸/۲۴ درصد از جمعیت نقاط شهری در پهنه با خطر بالای زلزله (۶۰ 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 گسل های غیر فعال، 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 متوسط زلزله براساس گسل های غیر فعال قرار دارند (جدول ۵).



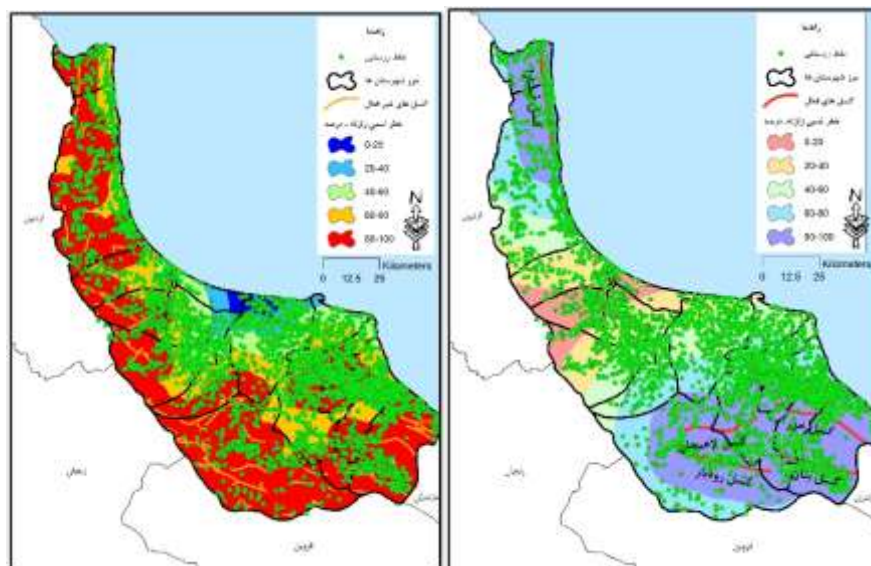
شکل ۴. نقشه موقعیت نقاط شهری در پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل های فعال (سمت راست)، نقشه موقعیت

نقاط شهری در پهنه بندی خطر زلزله براساس فاصله از گسل های غیرفعال (سمت چپ)

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

فراوانی نسبی جمعیت (درصد)		تعداد جمعیت (۱۳۹۰)		تعداد نقاط شهری		احتمال خطر زلزله	
		گسل‌های غیر فعال	گسل‌های فعال	گسل‌های غیر فعال	گسل‌های 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 و همچنین ۲۴/۹۵ درصد از جمعیت نقاط روستایی استان گیلان در پهنه‌های با خطر بسیار بالا و بالای خطر زلزله قرار دارند. پهنه براساس گسل‌های غیر فعال نشان داد که، ۱۶۷۹ نقطه روستایی در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله و همچنین ۷۶۶ روستا در پهنه با خطر بالای زلزله قرار دارند. متناظر با این تعداد، ۳۵/۰۵ درصد از جمعیت روستایی در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله ساکن هستند و همچنین ۳۴/۶۱ درصد از جمعیت روستایی در پهنه با خطر 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		
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

نتیجه گیری

این پژوهش با هدف اصلی بررسی خطر زلزله در سکونتگاه های شهری و روستایی استان گیلان انجام شد. در این راستا ابتدا گسل های فعال و غیر فعال شناسایی شد. سپس براساس این گسل ها پهنه بندی خطر وقوع زلزله انجام شد و در نهایت براساس پهنه بندی های انجام شده و موقعیت هر یک از نقاط شهری و روستایی در محیط نرم افزار GIS، خطر وقوع زلزله در پهنه های 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 گسل های فعال قرار دارد و همچنین ۶۴/۴۵ درصد از مساحت این استان در فاصله ای کمتر از هشت کیلومتر تا گسل های 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، 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 گسل های 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 گسل های 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. براساس 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 گسل های 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 انجام‌شده 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. در واقع با شیوه صحیح مدیریت در شهرها و روستاها می‌توان باعث کاهش اثرات مخاطرات طبیعی شد. در این راستا پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می‌شود:

۱. نظارت خاص بر ایمن‌سازی ساختمان‌ها از طراحی تا اجرا براساس اصول مهندسی در شهرهای زلزله خیز مانند بره‌سر، اتاقور، آسالیم، خویق و رودبار 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 موقت 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 ملیحه زارع. ۱۳۹۵. تحلیل توان‌ها و محدودیت‌های محیطی با تحلیلی بر لرزه‌خیزی و نحوه استقرار مراکز جمعیتی استان زنجان، *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۳۵: ۱۳۱-۱۴۱.
- پورمحمدی، محمدرضا؛ و علی مصیب زاده. ۱۳۸۷. آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امداد رسانی 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: ۱۷۶-۱۹۹.
- خمر، 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 فضا و توسعه روستایی*، ۱: ۱۵۱-۱۶۹.
- سعدآبادی، علی‌اصغر؛ و محدثه عظیمی. ۱۳۹۳. شناسایی اقدامات اساسی در مراحل مدیریت بحران به کمک روش فازی (مورد مطالعه: شناسایی اقدامات اساسی در مراحل مدیریت بحران زلزله)، *مطالعات برنامه‌ریزی شهری*، ۶: ۳۱-۵۴.
- شریف زادگان، محمد حسین و حمید فتحی. ۱۳۸۷. طراحی و کاربرد مدل‌های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری لرزه ای در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، *مجله صفه*، ۱۷ و ۴۶: ۱۰۹-۱۲۴.
- شهابی، هیمن و محمدحسین قلیزاده. ۱۳۹۰. پهنه 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 زهره مریانجی. ۱۳۹۶. تحلیل فضایی مخاطرات ژئومورفیک تهدیدکننده مجتمع های زیستی شهری در استان لرستان، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴ و ۲: ۱۰۷-۱۲۵.
- علیخانی، بهلول. ۱۳۹۳. مبانی فلسفی مخاطرات محیطی، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۱ و ۱: ۱-۱۵.
- علیخانی، بهلول. ۱۳۹۳. فرهنگ واژگان مخاطرات محیطی، قطب علمی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه خوارزمی تهران.
- علیخانی، بهلول. ۱۳۹۴. تحلیل فضایی، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۲ و ۳: ۱-۱۴.
- فرجی سبکبار، حسنعلی؛ سیدعلی بدری، 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: ۱۰۷-۱۲۵.
- 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، ۱ و ۱: 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*, ۱: 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*, ۲: 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: ۲۱۱-۲۲۸. doi: ۱۰.۱۰۸۰/۱۰۴۱۷۹۴۰۸۰۲۲۱۹۷۰۲
- 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. Buchecker, 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:۱۰.۱۰۱۶/j.envsci.۲۰۱۱.۰۵.۰۰۱

Li, H.; T. Yi, M. GU, and L. Huo. ۲۰۰۹. Evaluation of earthquake-induced structural damages by wavelet transform. *Progress in Natural Science*, ۴: ۴۶۱-۴۷۰. doi:۱۰.۱۰۱۶/j.pnsc.۲۰۰۸.۰۹.۰۰۲

Montz, B. E.; and G. A. Tobin. ۲۰۱۱. Natural hazards: an evolving tradition in applied geography. *Applied Geography*, ۱: ۱-۴. doi: ۱۰.۱۰۱۶/j.apgeog.۲۰۱۰.۰۶.۰۰۵

Yazdani, A.; and M. Kowsari. ۲۰۱۱. Statistical prediction of the sequence of large earthquakes in Iran. *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications*, ۴: ۳۲۵. doi: ۱۰.۵۸۲۹/idosi.ije.۲۰۱۱,۲۴,۰۴b.۰۳

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.