

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۶، تابستان ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۰۶

صفحات: ۱۷۴ - ۱۶۱

## استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در بررسی و تحلیل توزیع مکانی خطر لرزه خیزی و تراکم جمعیت در ایران

سید ناصر هاشمی<sup>\*</sup>

### چکیده

کشور ایران از جمله نواحی با خطر و ریسک لرزه‌خیزی بالا در کره زمین محسوب می‌شود. در این تحقیق کوشش شده است با استفاده از روش‌های تحلیل مکانی و به کمک نرم افزار ArcGis (9.3)، به بررسی و تحلیل نحوه توزیع جمعیت و خطر لرزه‌ای در این کشور پرداخته شود. به این منظور، داده‌های مرتبط با لرزه‌خیزی ایران از منابع مختلف گردآوری شده و به همراه اطلاعات مربوط به گسلش فعال، در تهیه نقشه‌های توزیع خطر لرزه‌ای ایران بکار برده شده است. به علاوه، بر اساس آمار منتشر شده از سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، نقشه توزیع تراکم جمعیت ایران در سطح شهرستان‌ها، تهیه شده است. به کمک ابزار آمار و تحلیل مکانی در نرم افزار ArcGis (9.3) و با ترکیب اطلاعات لرزه‌خیزی و توزیع جمعیت و همچنین بررسی پراکندگی مراکز جمعیتی (شهرهای) ایران، نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای - جمعیت این کشور تهیه شده است. بر این اساس، ۴ پهنه تحت عنوان: پهنه خطر لرزه‌ای بالا-جمعیت بالا، پهنه خطر لرزه‌ای بالا-جمعیت کم، پهنه خطر لرزه‌ای کم-جمعیت بالا و پهنه خطر لرزه‌ای کم-جمعیت کم، در نقشه نهایی پهنه‌بندی، مشخص شده است. همچنین، موقعیت مکانی قرارگیری شهرها نسبت به گسل‌های فعال نیز مورد بررسی قرار گرفته است. به علاوه، در این تحقیق مشخص شده است که حدود ۴۵ درصد از شهرهای مهم ایران، به عنوان مهمترین مراکز جمعیتی این کشور، در نزدیکی گسل‌های فعال و در معرض خطر بیشینه شتاب لرزه‌ای بیش از 5/0g قرار دارند. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت کشور برای آمادگی در برابر رخداد زلزله‌ها و تلاش برای کاهش خسارات ناشی از این پدیده طبیعی، سودمند باشد.

واژگان کلیدی: خطر زلزله، تراکم جمعیت، روش‌های تحلیل مکانی، GIS، گسلش فعال، برنامه‌ریزی بلند مدت، ایران.

## مقدمه

زلزله از جمله مهمترین مخاطرات طبیعی محسوب می‌شود که سالانه رخداد آن باعث بروز خسارات جانی و مالی فراوانی در سطح جهان می‌گردد. کشور ایران به دلیل جایگاه زمین ساختی خاص خود از خطر لرزه‌ای بالایی برخوردار است. در طی قرن‌ها این کشور شاهد رخداد زلزله‌های بزرگ و ویرانگری بوده که حاصل آن به بار آمدن خسارات جانی و مالی وسیعی بوده است. از این جهت ضرورت دارد میزان خطرپذیری شهرستان‌ها و مراکز جمعیتی این کشور با توجه به داده‌های لرزه‌ای و اطلاعات موجود از گسلش فعال ناحیه، مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد، به گونه‌ای که بتوان مراکز جمعیتی این گستره و به ویژه شهرهای مهم را از نظر پتانسیل خطرپذیری مورد مقایسه قرار داد. سؤالی که در این مقاله قرار است طرح شده و پاسخ داده شود آن است که تا چه اندازه مناطق پر جمعیت کشور ایران از نظر خطر لرزه‌ای در مکان‌هایی امن قرار دارند. بر اساس چنین مطالعه‌ای می‌توان مناطق پر جمعیت در معرض خطر لرزه-ای بالا که از ریسک خطر لرزه‌ای بالایی برخوردارند را شناسایی نمود و در برنامه‌ریزی‌های کلان و تصمیم‌گیری‌ها جهت آینده، از این اطلاعات بهره برد.

طی دهه‌های اخیر، با افزایش رشد جمعیت در مناطق مستعد خطرات طبیعی مانند زلزله، میزان ریسک حاصل از این خطرات نیز افزایش یافته است. در بحث خطر زلزله، واژه ریسک سه مفهوم میزان خطر، آسیب‌پذیری و تعداد جمعیت در معرض خطر را با خود به همراه دارد. در بین مخاطرات طبیعی، زلزله از جمله خطرات طبیعی است که در مدت زمان بسیار کوتاهی خسارات جانی و مالی فراوانی را به بار می‌آورد. از این جهت شایسته است با برنامه‌ریزی دقیق آمادگی روبرو شدن با این خطر طبیعی را داشته باشیم. برنامه‌ریزی دقیق و آمادگی در برابر رخداد زلزله می‌تواند به کاهش چشمگیر خسارات ناشی از این پدیده طبیعی بیانجامد.

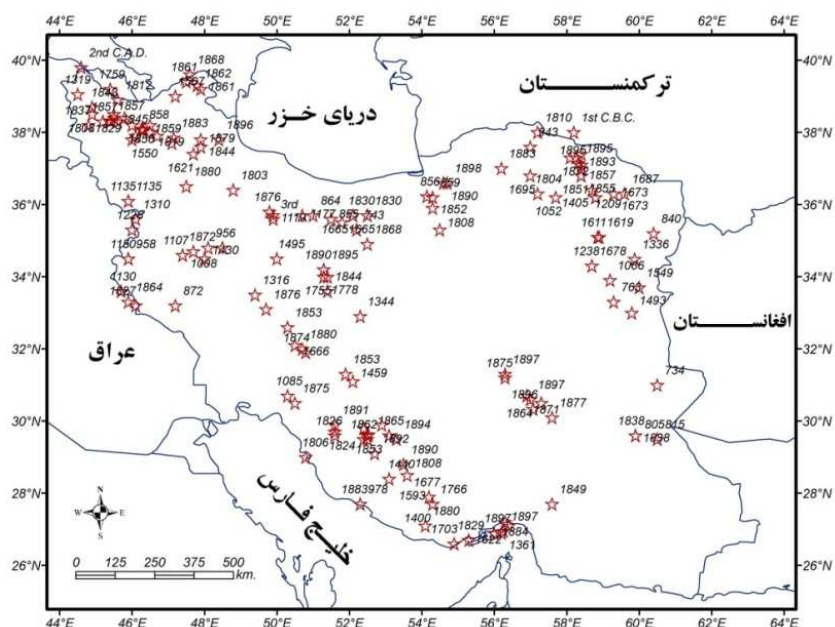
چگونگی توزیع مکانی جمعیت در ایران و عواملی که این نحوه توزیع را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از جمله موضوعات و مباحث مهم در علم جغرافیا به شمار می‌رود. مهاجرانی (۱۳۸۹) به بررسی ناهماهنگی‌های موجود در توزیع مکانی جمعیت در ایران پرداخته است. محققان دیگری نیز در مقیاس‌های ناحیه‌ای و محلی به بررسی ریسک مخاطرات طبیعی و خطر لرزه‌ای در بخش‌های مختلف ایران پرداخته‌اند (قنبری و همکاران، ۱۳۹۲؛ فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۴؛ قدیری معصوم و همکاران، ۱۳۹۲). علاوه بر این، در سایر کشورهای لرزه‌خیز دنیا نیز ارتباط توزیع مکانی جمعیت و خطر لرزه‌خیزی مورد بررسی و مطالعه دقیق قرار گرفته است (Ara, 2013; Nath, 2005). بررسی نحوه ارتباط توزیع مکانی جمعیت و مخاطرات طبیعی و از جمله زلزله، می‌تواند در ارزیابی ریسک این مخاطرات و تلاش برای کاهش آن بسیار مفید باشد. در این تحقیق نیز کوشش شده است با استفاده از روش‌های تحلیل مکانی و به کمک نرم افزار ArcGis (9.3)، به بررسی نحوه توزیع جمعیت و خطر لرزه‌ای در گستره ایران پرداخته شده و بر این اساس نقشه پهنه‌بندی ریسک خطر زلزله در ایران ارائه شود. انتظار می‌رود نتایج حاصل از این تحقیق بتواند در سطح کلان، در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها جهت کاهش خطرات زلزله و همچنین آمادگی برای مقابله با این خطر طبیعی، سودمند واقع شود.

## داده‌ها و روش‌ها

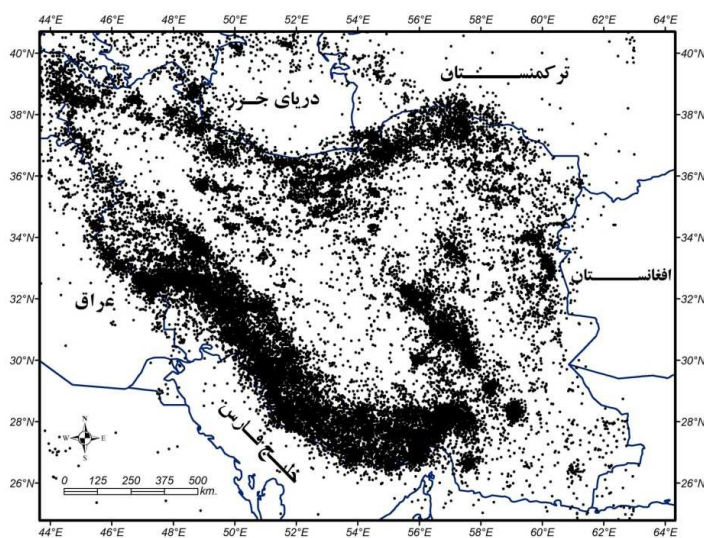
ناحیه مورد مطالعه در این تحقیق گستره کشور ایران را شامل می‌شود. این گستره به دلیل فعالیت لرزه‌ای بالا و رخداد زلزله‌های ویرانگر، همواره مورد توجه محققان مختلف بوده است. در طول تاریخ، بخش‌های قابل توجهی از این کشور بارها توسط زلزله‌های بزرگ ویران شده است. بررسی آمار ثبت شده جهانی نشان می‌دهد از مجموع تعداد ۳۸ زلزله رخ داده در جهان با تلفات جانی بیش از ۵۰ هزار نفر، سهم ایران از این تعداد زلزله، ۸ مورد می‌باشد که چشمگیر و قابل توجه است (Holzer & Savage, 2012). همچنین اطلاعات ثبت شده از خسارات زلزله در ایران گویای این واقعیت است که در این گستره، از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۵ میلادی تعداد ۱۵ زلزله با تلفات جانی بیش از ۱۰۰۰ نفر رخ داده است (Ashtari Jafari, 2016). این آمار و اطلاعات حکایت از آن دارد که ریسک خطر زلزله در ایران بسیار جدی است و باید برای کاهش آن در آینده برنامه‌ریزی لازم صورت گیرد.

در شکل ۱ نقشه رومرکز تقریبی مهمترین زلزله‌های تاریخی رخ داده در ایران (قبل از سال ۱۹۰۰ میلادی) نشان داده شده است. نگاهی کلی به این نقشه گویای لرزه‌خیزی بالای این ناحیه و جدی بودن خطر زلزله در این بخش از جهان است. اگرچه در یک نگاه کلی و در یک مقیاس جهانی، می‌توان کل گستره ایران را از نظر خطر لرزه‌ای، پرخطر به حساب آورد، اما بررسی دقیق ویژگی‌های لرزه‌شناختی و لرزه زمین‌ساختی این گستره گویای این واقعیت است که میزان خطر لرزه‌ای در بخش‌های مختلف این گستره یکسان نبوده و از شدت و ضعف واضحی برخوردار است. بر این اساس ضروری است به کمک روش‌های کمی و با به کارگیری اطلاعات دقیق لرزه‌شناختی، زمین‌شناختی و ژئوفیزیکی، به ارزیابی نحوه توزیع خطر لرزه‌ای در این گستره پرداخته شود. از سال ۱۹۰۰ میلادی به بعد که زلزله‌های رخ داده در کره زمین توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری ثبت گردیده تا به امروز، بشر سالانه شاهد رخداد زلزله‌های زیادی در نواحی لرزه‌خیز کره زمین بوده است. با پیشرفت فناوری، روز به روز بر دقت ثبت ویژگی‌های زلزله‌های رخ داده در زمین افزوده شده است و در حال حاضر به دلیل دقت بالای دستگاه‌های ثبت زلزله و پراکندگی خوب موقعیت استقرار این دستگاه‌ها، اطلاعات دقیقی از لرزه‌خیزی نواحی مختلف کره زمین در اختیار پژوهشگران قرار گرفته است.

در شکل ۲ نقشه پراکندگی رومرکز زلزله‌های دستگاهی رخ داده در ایران در بازه زمانی ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی نشان داده شده است. با نگاهی کلی به این نقشه و مقایسه‌ای اجمالی با نقشه لرزه‌خیزی تاریخی ایران (شکل ۱)، می‌توان چنین دریافت که توزیع زلزله‌ها در کل گستره ایران یکنواخت نبوده و در بخش‌هایی از جمله زاگرس، البرز، شمال غرب و شرق ایران، تمرکز بالاتر رومرکز زلزله‌ها، حاکی از زلزله‌خیزی بیشتر این نواحی است. در عوض، بخش‌هایی چون ایران مرکزی، از تراکم کمتری از رومرکز زلزله‌ها برخوردار است که نشان از آرامش نسبی لرزه‌ای این مناطق دارد.



شکل ۱: نقشه پراکنندگی موقعیت تقریبی رومکز زلزله های تاریخی رخ داده در ایران. سال رخداد این زلزله ها در کنار موقعیت آنها ذکر شده است (اطلاعات: برگرفته از آمبرسیز و ملویل، ۱۹۸۲).

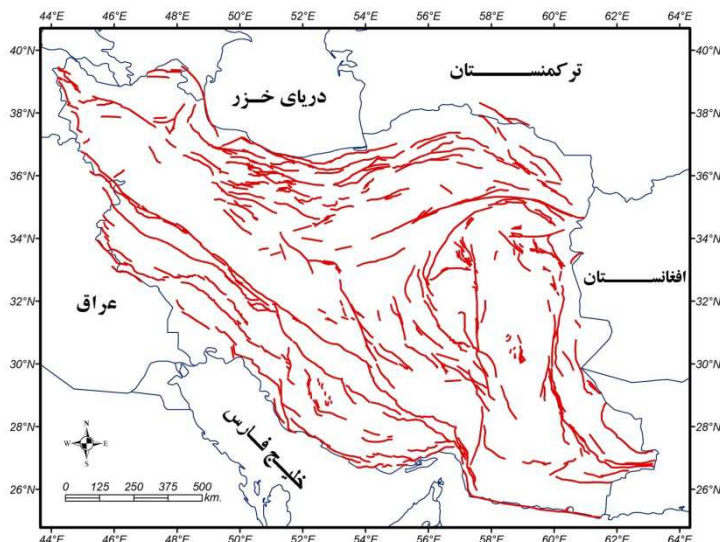


شکل ۲: نقشه پراکنندگی رومکز زلزله های دستگاهی رخ داده در ایران در بازه زمانی ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۴ میلادی با بزرگی ۳ ریشتر و بیشتر

علت اصلی رخداد زلزله در ایران فرایندهای زمین ساختی است که به دلیل حرکت و جابجایی صفحات زمین ساختی، نیروهای ذخیره شده در پوسته زمین بصورت زلزله، آزاد می شود. منشأ این زلزله ها نیز گسل های فعالی است که به عنوان مکان هایی برای آزاد شدن این انرژی های ذخیره شده عمل کرده و رخداد زلزله به فعالیت آنها مربوط می شود. امروزه با شناخت نسبتاً خوبی که زلزله شناسان و زمین شناسان از ارتباط بین گسل ها و زلزله ها دارند، می توان گفت

که با مطالعه ویژگی‌های گسل‌های فعال در یک ناحیه، قادر خواهیم بود به بررسی پتانسیل لرزه‌خیزی آن ناحیه بپردازیم. گستره ایران به شدت گسل خورده است؛ اما بخش عمده‌ای از گسل‌های این ناحیه غیرفعال بوده و فعالیت لرزه‌ای خاصی از آنها دیده نمی‌شود. با این حال، گسل‌های فعال زیادی در گستره ایران فعالیت دارند. بر اساس آخرین اطلاعات موجود، نقشه گسل‌های فعال ایران در شکل ۳ ارائه شده است.

در طی دهه‌های اخیر مطالعه لرزه‌خیزی و لرزه زمین ساخت ایران موضوع تحقیقات بسیاری بوده است (Berberian, 1976; Mohajer-Ashjai & Nowroozi, 1978; Shoja-Taheri & Niazi, 1981). به علاوه، محققان زیادی به بررسی و ارزیابی خطر لرزه‌ای در این ناحیه پرداخته‌اند و در این راستا به ارائه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای و لرزه زمین ساختی و همچنین شناسایی پهنه‌های لرزه‌زا پرداخته‌اند (Mirzaei et al., 1999; Hashemi et al., 2012).

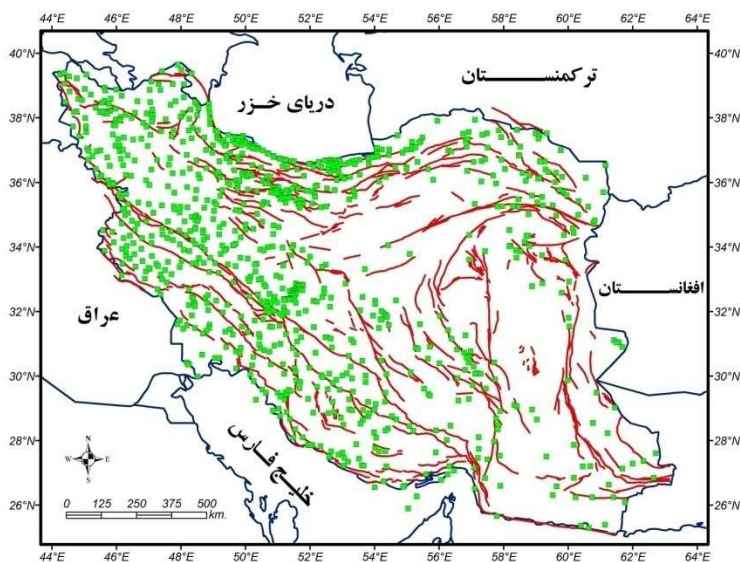


شکل ۳: نقشه گسل‌های فعال ایران (تهیه شده و برگرفته از: حسامی آذر و همکاران (۲۰۰۳) و بربریان (۱۹۸۱))

امروزه با توسعه‌ای که در سیستم اطلاعات جغرافیایی و نرم افزارهای تحلیل این اطلاعات بوجود آمده، روش‌های تحلیل مکانی کاربرد فراوانی در شاخه‌های مختلف علوم زمین و به طور خاص در ارزیابی مخاطرات زمین شناختی یافته‌اند. زلزله همچون دیگر خطرات زمین شناختی ماهیتی چند موضوعی دارد که نیاز است در تحقیقات مرتبط با آن، به طور همزمان نقش چند پارامتر با هم دیده شود و از ترکیب و ادغام این عوامل به بررسی و تحلیل زلزله‌خیزی پرداخته شود. کاربرد روزافزون GIS در مطالعات لرزه‌خیزی و ارزیابی خطر لرزه‌ای بر کسی پوشیده نیست. روش‌های تحلیل مکانی در محیط GIS به خوبی این امکان را مهیا می‌سازند تا بتوانیم به بررسی و تجزیه و تحلیل ارتباط مکانی بین متغیرهای ناحیه‌ای در یک محدوده مکانی بپردازیم. لرزه‌خیزی به عنوان یک متغیر مکانی دارای تغییرات مکانی مشخصی می‌باشد که قابلیت بررسی و ارزیابی با روش‌های کمی را دارد. همچنین توزیع جمعیت نیز متغیری است که می‌توان به روش‌های کمی در محیط GIS به بررسی نحوه تغییرات مکانی آن پرداخت. در این پژوهش، به کمک نرم افزار ArcGIS و با تحلیل داده‌های مرتبط با لرزه‌خیزی و گسلش فعال ایران و اطلاعات مربوط به جمعیت

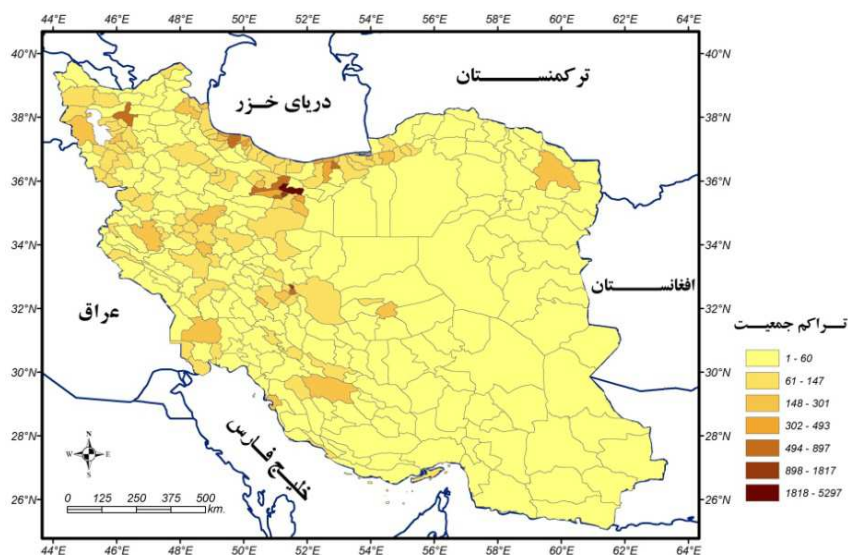
شهرستان‌های کشور بر اساس سرشماری ملی سال ۱۳۹۰، به بررسی نحوه توزیع خطر لرزه‌خیزی و جمعیت در ایران پرداخته شده است.

در شکل ۴ موقعیت قرارگیری شهرهای گستره ایران، به عنوان مراکز مهم جمعیتی این کشور، در ارتباط با گسل‌های فعال نشان داده شده است. نگاهی کلی به این نقشه گویای این واقعیت است که بیشتر مراکز جمعیتی ایران بر روی گسل‌های فعال و یا در مجاورت این گسل‌ها قرار دارند.



شکل ۴: نقشه موقعیت قرارگیری مراکز مهم جمعیتی ایران (شهرها) و گسل‌های فعال و لرزه‌زا

همچنین، در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات تراکم جمعیت در ایران، بر اساس داده‌های آماری حاصل از سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰، جمعیت شهرستان‌های ایران استخراج گردید و برای تهیه نقشه توزیع مکانی تراکم جمعیت ایران مورد استفاده قرار گرفت. در شکل ۵ نقشه توزیع جمعیتی ایران بر اساس تراکم جمعیت (تعداد نفر بر کیلومتر مربع) در شهرستان‌های ایران بر اساس داده‌های آماری سرشماری سال ۱۳۹۰ تهیه شده و نشان داده شده است. نگاهی کلی به این نقشه حکایت از آن دارد که بیشتر بخش‌های با تراکم جمعیتی بالا در نیمه غربی ایران و به ویژه شمال و شمال‌غرب این کشور قرار گرفته‌اند.

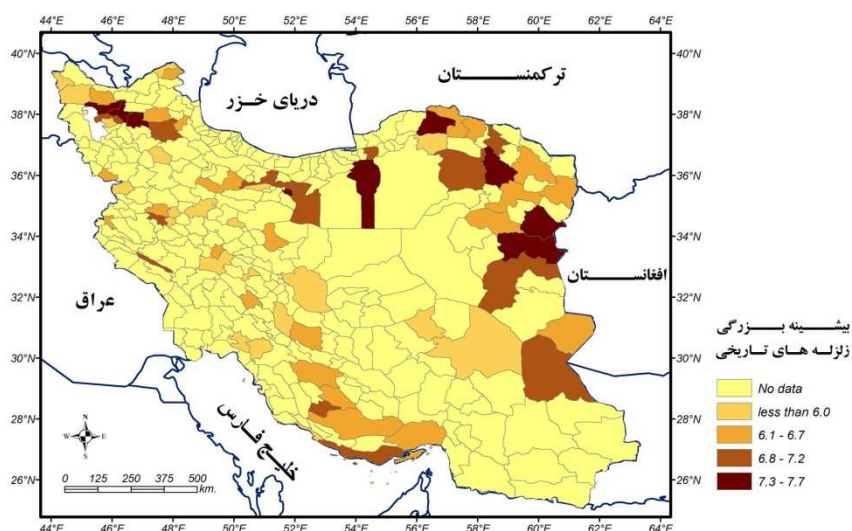


شکل ۵: نقشه توزیع تراکم جمعیت شهرستان های ایران

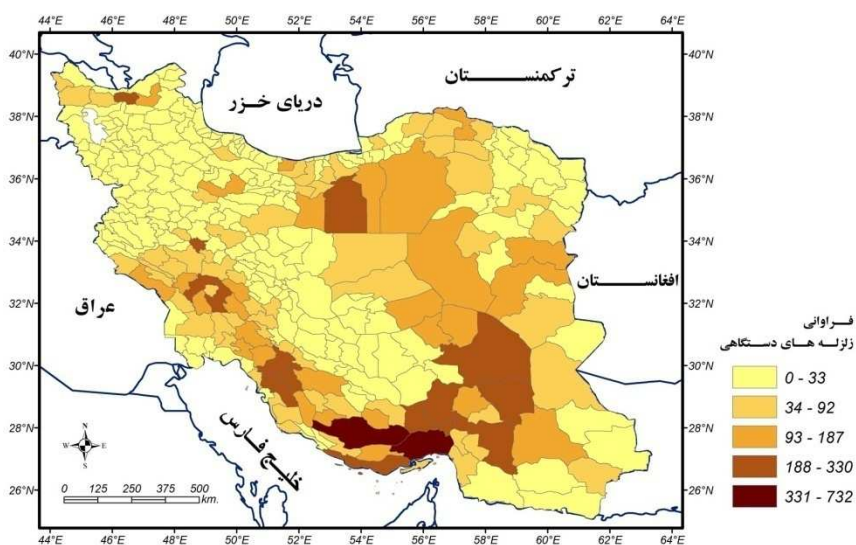
### شرح و تفسیر نتایج

هدف کلی در این تحقیق، ارزیابی توزیع مکانی لرزه‌خیزی و تراکم جمعیت در ایران است. در این تحقیق کوشش شده است با استفاده از ابزار تحلیل مکانی در نرم افزار ArcGis به بررسی نحوه توزیع جمعیت و خطر لرزه‌ای در گستره ایران پرداخته شود و نتایج این بررسی‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. برای نیل به این هدف و به منظور ارزیابی میزان خطر لرزه‌خیزی در هر یک از شهرستان‌های ایران، داده‌های لرزه‌خیزی (تاریخی و دستگاهی) برای هر یک از شهرستان‌ها از کاتالوگ داده‌های لرزه‌ای مورد مطالعه استخراج گردید و سپس با استفاده از این داده‌ها، فراوانی زلزله‌ها و بزرگی بیشینه زلزله‌های رخ داده در هر شهرستان محاسبه شده است. نتیجه کلی این بررسی‌ها در شکل ۶ و ۷ نمایش داده شده است. در شکل ۶ بیشینه بزرگی زلزله‌های رخ داده در هر شهرستان با بررسی داده‌های لرزه‌ای تاریخی شهرستان تعیین شده است و بصورت نقشه این تغییرات نمایش داده شده است. با توجه به تعداد کم داده‌های لرزه‌ای تاریخی، مشاهده می‌شود که اکثر شهرستان‌ها دارای داده لرزه‌ای تاریخی نمی‌باشند. به علاوه، فراوانی زلزله‌های رخ داده با بزرگی ۳ ریشتر و بیشتر نیز برای هر شهرستان با بررسی کاتالوگ زلزله‌های دستگاهی از سال ۱۹۰۰ تا سال ۲۰۱۴ تعیین گردید که نتیجه این بررسی بصورت نقشه تغییرات مکانی فراوانی زلزله‌های دستگاهی رخ داده در ایران، در شکل ۷ نشان داده شده است.





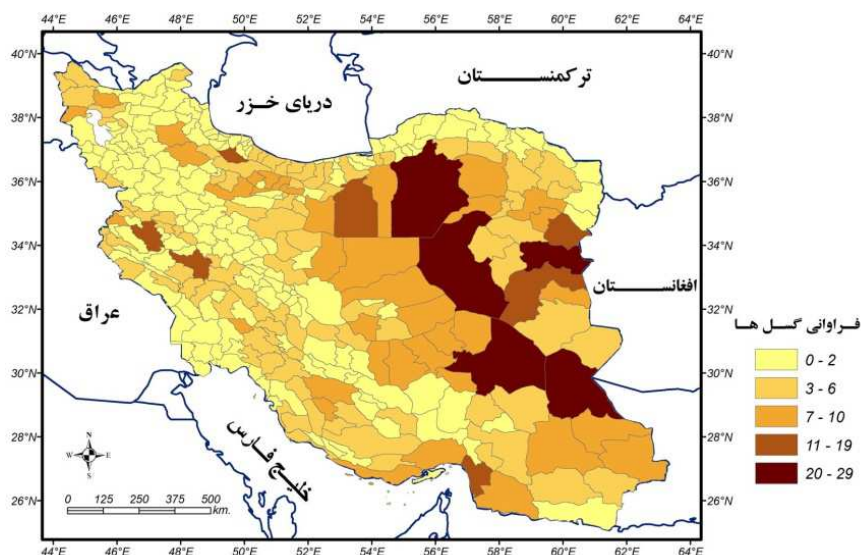
شکل ۶: نقشه بیشینه بزرگی زلزله‌های رخ داده در شهرستان‌ها ایران (بر اساس بررسی داده‌های لرزه‌ای تاریخی)



شکل ۷: نقشه فراوانی زلزله‌های دستگاهی رخ داده در شهرستان‌ها ایران (بر اساس بررسی داده‌های لرزه‌ای با بزرگی ۳ ریشتر و بیشتر)

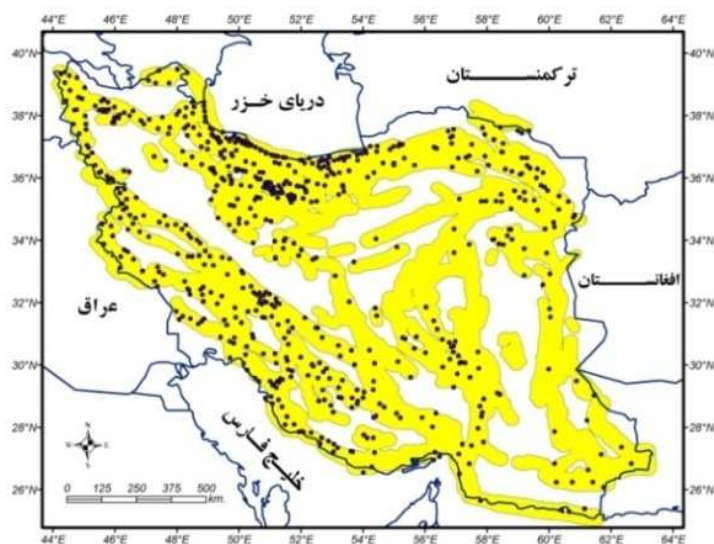
در ادامه، به منظور بررسی وضعیت توزیع مکانی گسل‌های فعال در ایران، تعداد گسل‌های فعالی که در هر یک از شهرستان‌ها حضور داشته یا با محدوده شهرستان برخورد دارند، شمارش شده که نتیجه آن در شکل ۸ نشان داده شده است. در ایران، گسل‌های فعال به عنوان مهمترین منشأ در رخداد زلزله محسوب می‌شوند. از این رو در ارزیابی خطر لرزه‌ای نواحی لرزه‌خیز، استفاده از اطلاعات مرتبط با گسلش فعال بسیار ضروری است؛ چرا که ممکن است داده‌های لرزه‌ای به دلیل کوتاه بودن بازه زمانی مورد مطالعه، نتواند به خوبی رفتار لرزه‌خیزی یک منطقه را به ما نشان دهد.



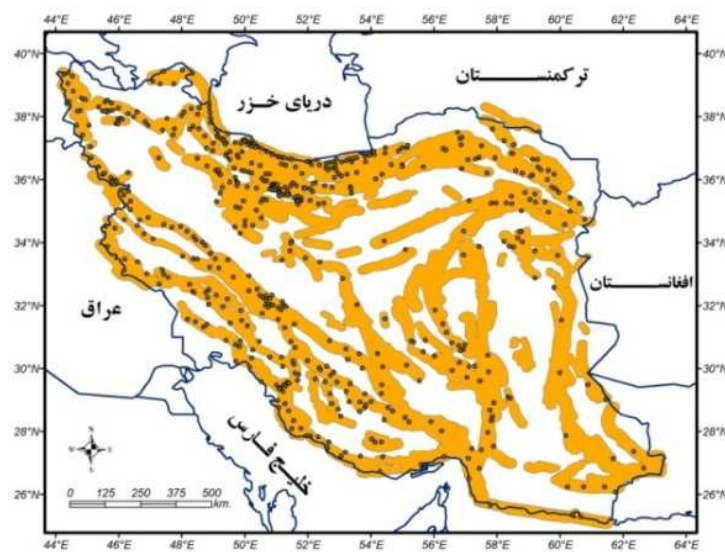


شکل ۸: نقشه فراوانی گسل‌های فعال در شهرستان‌های ایران (بر اساس بررسی نقشه گسل‌های فعال ایران)

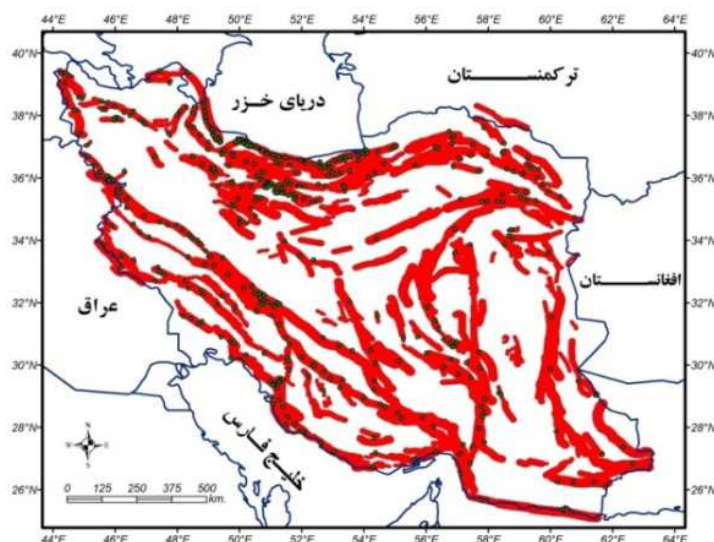
در ادامه و به منظور بررسی وضعیت قرارگیری مراکز جمعیتی کشور در ارتباط با خطر بیشینه شتاب لرزه‌ای، ابتدا بر اساس اطلاعات گسل‌های فعال ایران و بر اساس روابط تجربی ارائه شده توسط مهاجر اشجعی و نوروزی (۱۹۷۸)، نوروزی (۱۹۸۵)، ولز و کاپراسمیت (۱۹۹۴) و آمبرسیز و جکسون (۱۹۹۸)، بزرگی بیشینه قابل انتظار برای هر یک از گسل‌های فعال ناحیه مورد مطالعه، محاسبه و پس از میانگین‌گیری، این بزرگی‌ها تعیین شدند. سپس، بر اساس بزرگی‌های بدست آمده و به کمک روابط شناخته شده میرایی که توسط آمبرسیز و داگلاس (۲۰۰۳)، کمپبل و بزرگنیا (۲۰۰۳) و قدرتی امیری و همکاران (۲۰۰۷) پیشنهاد شده است، پس از میانگین‌گیری، فاصله بافری مرتبط با بیشینه شتاب لرزه‌ای گسل‌های فعال مورد مطالعه، در سه سطح بیش از  $0.3g$ ،  $0.4g$  و  $0.5g$  به ترتیب محاسبه گردیده و نقشه‌های مربوط به این پهنه‌ها تهیه شد. بر این اساس، نقشه‌های توزیع شتاب لرزه‌ای در ایران به همراه موقعیت مراکز جمعیتی که در محدوده این شتاب‌های لرزه‌ای قرار می‌گیرند، در اشکال ۹، ۱۰ و ۱۱ نمایش داده شده است. نگاهی کلی به این نقشه‌ها گویای این واقعیت است که از مجموع ۹۳۶ شهر مورد مطالعه در این تحقیق، تعداد ۶۵۲ شهر (حدود ۷۰ درصد) در محدوده خطر بیش از  $0.3g$ ، تعداد ۵۲۸ شهر (حدود ۵۹ درصد) در محدوده خطر بیش از  $0.4g$  و تعداد ۴۲۳ شهر (حدود ۴۵ درصد) نیز در محدوده خطر بیشینه شتاب لرزه‌ای مساوی و بیش از  $0.5g$  قرار می‌گیرند. نکته قابل توجه آن که تنها ۲۸۴ شهر ایران (حدود ۳۰ درصد) از کل شهرهای این کشور در بخش‌های امن لرزه‌ای که شتاب لرزه‌ای بیشینه کمتر از  $0.3g$  برای آنها تخمین زده شده است، قرار گرفته‌اند. این یافته خود گویای این واقعیت است که ریسک خطر لرزه‌ای در این گستره بسیار جدی است.



شکل ۹: نقشه محدوده بیشینه شتاب لرزه ای  $g \ 0/3$  و بیشتر و موقعیت مراکز جمعیتی مهم قرار گرفته در این پهنه.



شکل ۱۰: نقشه محدوده بیشینه شتاب لرزه ای  $g \ 0/4$  و بیشتر و موقعیت مراکز جمعیتی مهم قرار گرفته در این پهنه.



شکل ۱۱: نقشه محدوده بیشینه شتاب لرزه‌ای  $g/0.5$  و بیشتر و موقعیت مراکز جمعیتی مهم قرار گرفته در این پهنه.

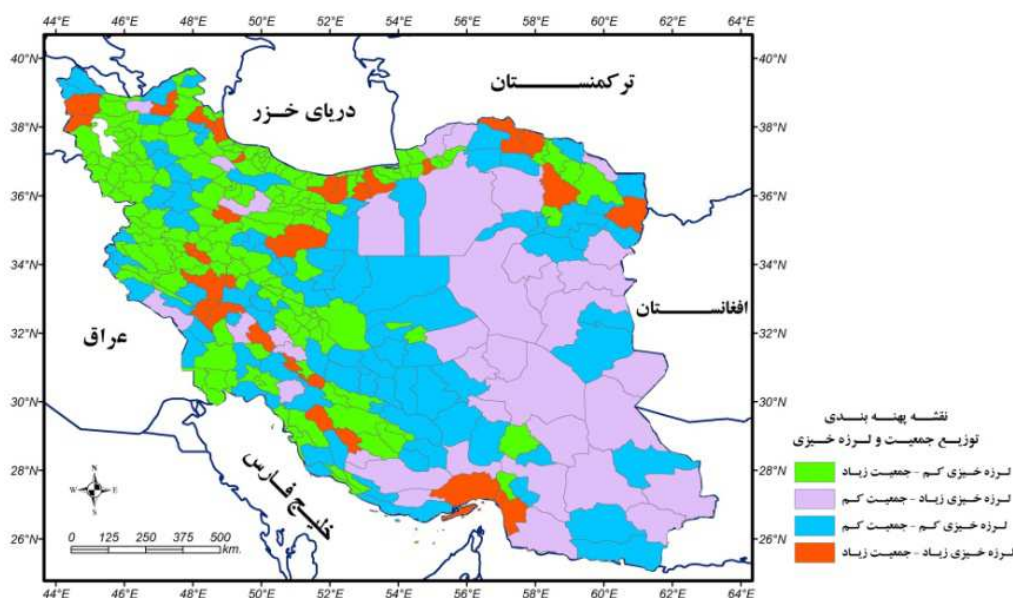
در نهایت، پس از بررسی کلی اطلاعات مرتبط با لرزه‌خیزی ناحیه ایران و همچنین توزیع جمعیت در سطح شهرستان‌های این گستره، نقشه نهایی پهنه‌بندی جمعیت - خطر لرزه‌ای ایران تهیه شده که در شکل ۱۲ نشان داده شده است. بر این اساس، می‌توان چهار پهنه مختلف از دیدگاه خطر لرزه‌خیزی - جمعیت در گستره ایران مشخص نمود:

الف: پهنه خطر لرزه‌ای کم - جمعیت کم: این پهنه که بخش‌هایی پراکنده از گستره ایران بخصوص بخش‌های مرکزی این کشور را شامل می‌شود، امن‌ترین پهنه از دیدگاه ریسک خطر زلزله محسوب می‌شود. این پهنه که حدود ۳۳ درصد از مساحت کل کشور و تعداد ۸۹ شهرستان را شامل می‌شود، هم از لرزه‌خیزی کمی برخوردار است و هم از جمعیت نسبتاً کمی. از این جهت ریسک خطر لرزه‌ای در این پهنه کمترین است.

ب) پهنه خطر لرزه‌خیزی کم - جمعیت زیاد: این پهنه که عمدتاً بخش‌هایی از غرب و شمال غربی ایران را شامل می‌شود و حدود ۲۳ درصد از مساحت کل ایران را شامل شده و تعداد ۱۶۳ شهرستان این کشور را در بر می‌گیرد، نسبتاً امن محسوب می‌شود. زیاد بودن جمعیت در این پهنه، حتی با وجود اینکه خطر لرزه‌ای بالایی را همراه ندارد، باعث می‌شود ریسک خطر زلزله کم نباشد. بخصوص در شرایطی که می‌دانیم در تحلیل خطر لرزه‌ای عدم قطعیت روش‌های تحلیل بالاست.

ج) پهنه خطر لرزه‌خیزی زیاد - جمعیت کم: این پهنه که بیشتر بخش‌های شرقی ایران را در بر می‌گیرد و شرق شمال شرق و جنوب شرقی ایران را پوشش می‌دهد، پهنه‌ای با ریسک خطر لرزه‌ای متوسط است؛ چرا که خطر لرزه‌ای با بالا حتی با وجود جمعیت نسبتاً کم، باعث شده است این پهنه ریسک لرزه‌خیزی قابل توجهی داشته باشد. این پهنه حدود ۳۵ درصد از مساحت ایران و تعداد ۳۷ شهرستان این کشور را شامل می‌شود.

د) پهنه خطر لرزه خیز بالا - جمعیت زیاد: این پهنه که بصورت پراکنده در جنوب غرب، شمال، شمال غرب و شمال شرق را در بر می گیرد و عمدتاً بر مراکز جمعیتی مهم ایران انطباق دارد، خطرناک ترین پهنه در این ناحیه است که ریسک خطر لرزه‌ای بسیار بالایی را دارا است. برخوردار بودن از جمعیت بالا و خطر لرزه‌ای قابل توجه، باعث شده است این پهنه که حدود ۹ درصد از مساحت ایران را پوشش داده و تعداد ۳۰ شهرستان این کشور را شامل می‌شود، مستعد ریسک‌پذیری لرزه‌ای بالایی باشد.



شکل ۱۲: نقشه پهنه بندی جمعیت - خطر لرزه‌ای در سطح شهرستان برای گستره ایران.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق به ارزیابی توزیع مکانی جمعیت و خطر لرزه‌ای در گستره ایران پرداخته شد. در این راستا، با تلفیق اطلاعات لرزه‌خیزی و توزیع جمعیت و همچنین در نظر گرفتن پراکندگی مراکز جمعیتی (شهرهای) ایران، نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای - جمعیت این ناحیه تهیه شد. بر این اساس، ۴ پهنه تحت عناوین: پهنه خطر لرزه‌ای بالا-جمعیت بالا، پهنه خطر لرزه‌ای بالا-جمعیت کم، پهنه خطر لرزه‌ای کم-جمعیت بالا و پهنه خطر لرزه‌ای کم-جمعیت کم، در این نقشه نهایی مشخص شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از شهرستان‌های ایران (۳۰ شهرستان) بطور مشترکی، از تراکم جمعیتی بالا و خطر لرزه‌ای زیاد برخوردارند که لازم است در برنامه‌ریزی‌های کلان کشور، این مهم دیده شده و برای مقابله با آن چاره‌اندیشی شود. همچنین، موقعیت مکانی قرارگیری مراکز جمعیتی مهم کشور نسبت به گسل‌های فعال نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق نشان داده شده است که حدود ۴۵ درصد از شهرهای مهم ایران، به عنوان مهمترین مراکز جمعیتی این کشور، در نزدیکی گسل‌های فعال و در معرض بیشینه شتاب لرزه‌ای بیش از  $0.5g$  قرار دارند.

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان چنین گفت که میزان خطرپذیری شهرستان‌های مختلف ایران یکسان نیست و به علاوه لازم است بسته به تراکم جمعیتی و درجه خطرپذیری بخش‌های مختلف به برنامه‌ریزی لازم در راستای کاهش خسارات احتمالی زلزله پرداخته شود. در این راستا لازم است نواحی با خطرپذیری بالاتر و به ویژه وقتی که در این نواحی جمعیت بالاتری نیز اسکان داشته باشند، به طور خاص مورد توجه قرار گیرند و از آغاز سخت‌گیری‌های بیشتری در خصوص ساخت و سازهای اصولی و مقاوم به عمل آید و همچنین تمهیدات بیشتری برای روبرو شدن با حالات فوق العاده در صورت وقوع حادثه، اندیشیده شود. بر این اساس، ضرورت دارد تصمیم‌گیران کلان جامعه با این رویکرد، بخش‌های مختلف گستره پهناور ایران زمین را از دیدگاه ریسک خطر زلزله یکسان ندانسته و بسته به شرایط خاص مناطق مختلف، برنامه‌ریزی دقیق و هدفمندی را داشته باشند. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در سطح کلان، در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها جهت کاهش خطرات زلزله و آمادگی برای مقابله با این خطر طبیعی سودمند باشد. در پایان پیشنهاد می‌شود این موضوع تحقیقی، به منظور در نظر گرفتن موقعیت مکانی مراکز کم جمعیت‌تر (مانند روستاها)، با دقت و جزئیات مطالعاتی بیشتری در مقیاسی کوچکتر، به طور مثال در سطح استان‌ها نیز اجرا شود تا بر اساس آن بتوان با دقت قابل قبولی بخش‌های با تراکم جمعیت و خطرپذیری لرزه‌ای زیاد نیز شناسایی شده و برای کاهش ریسک خطر زلزله در این مناطق چاره اندیشی شود.

### تقدیر و تشکر

از نقطه نظرات و پیشنهادات سازنده داوران محترم مجله که باعث ارتقاء کیفی مقاله حاضر گردید، سپاسگزاری می‌شود. همچنین، از حمایت‌های مادی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه دامغان در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

### منابع

- فاضل نیا، غریب؛ سید یاسر حکیم دوست و مینا یارمحمدی (۱۳۹۴). پهنه بندی خطر مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تأکید بر فاکتور زمین لغزش (مطالعه موردی: دهستان دوهزار شهرستان تنکابن)، مجله پژوهش و برنامه ریزی روستایی، شماره ۱۰، صص ۲۰-۱۱.
- قدیری معصوم، مجتبی؛ حمید رضا باغبانی و مطهره قدیری معصوم (۱۳۹۲). تحرکات جمعیت در نواحی جغرافیایی ایران و پیامدهای آن، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، شماره ۴(۴)، صص ۷۴-۵۷.
- قنبری، ابوالفضل؛ محمد علی سالکی ملکی و معصومه قاسمی (۱۳۹۲). پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهرها در مقابل خطر زمین لرزه (نمونه موردی: شهر تبریز)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۵، صص ۳۵-۲۱.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۱). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ایران، سال ۱۳۹۰، مرکز آمار ایران.
- مهاجرانی، علی اصغر (۱۳۸۹). ناهمبندی در توزیع مکانی جمعیت در ایران. فصلنامه جمعیت، شماره ۷۲-۷۱، صص ۶۳-۴۵.
- Ambraseys, N.N., Melville, C.P. (1982). A History of Persian Earthquakes. Cambridge University Press, London.
- Ambraseys, N.N., Douglas, J. (2003). Near-field Horizontal and Vertical earthquake Ground Motions. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 23: 1-18.
- Ambraseys, N.N., Jackson, J. (1998). Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediteranian region. Geophys. J. Int., 133: 390-406.

- Ara, S. (2013). Analyzing population distribution and its effect on earthquake loss estimation in Sylhet, Bangladesh. M.Sc. thesis, University of Twente, The Netherlands.
- AshtariJafari, M. (2016). Lessons learned from the recent earthquakes in Iran. In: D'Amico, S. (ed.) Earthquakes and their impact on society, Springer, London, pp. 459-474.
- Berberian, M. (1976). Contribution to the seismotectonics of Iran (Part II). Report No. 39, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Berberian, M. (1981). Active faulting and tectonics of Iran. In: Gupta, H.K., Delany, F.M. (eds.) Zagros Hindu Kush Himalaya Geodynamic Evolution. Geodynamic Series 3, Washington DC, 33-69.
- Campbell, K.W., Bozorgnia, Y. (2003). Updated Near-Source Ground Motion (Attenuation) Relations for the Horizontal and Vertical Components of Peak Ground Acceleration and Acceleration Response Spectra. Bulletin of the Seismological Society of America, 93(1): 314-331.
- Chen, K., Blong, R. and Jacobson, C. (2003). Towards an integrated approach to natural hazards risk assessment using GIS: with reference to bushfires. Environmental Management, 31(4): 546-560.
- Ghodrati Amiri, G., Mahdavian, A. and Manouchehri, Dana. (2007). Attenuation relationships for Iran. J. Earthquake Eng., 11(4): 469-492.
- Hashemi S.N., Etemadjahromi L. and Nowroozi N. (2012). The use of geospatial techniques for identifying seismogenic zones in Iran. International Conference on Mapping and Spatial Information (ICMSI 2012), Tehran, Iran
- Hessami Azar, Kh., Jamali, F. and Tabassi, H. (2003). Map of major faults of Iran, scale; 1:2,500,000", International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran.
- Holzer, T.L., and Savage, J. C. (2012). Global earthquake fatalities and population. Earthquake Spectra, 29: 155-175.
- Mirzaei, N., Gao, M. and Chen, Y. 1999. Delineation of potential seismic sources for seismic zoning of Iran. Journal of Seismology, 3(1): 17-30.
- Mohajer-Ashjai, A. and Nowroozi, A.A. (1978). Observed and probability intensity zoning of Iran. Tectonophysics, 49: 21-30.
- Nath, S.K. (2005). An initial model of seismic microzonation of Sikkim Himalaya through thematic mapping and GIS integration of geological and strong motion features. Journal of Asian Earth Sciences, 25(2): 329-343.
- Nowroozi, A.A. (1985). Empirical Relations between Magnitudes and Fault Parameters for Earthquakes in Iran. Bulletin of the Seismological Society of America, 75(5): 1327-1338.
- Pal, I., Nath, S.K., Shukla, K., Pal, D.K., Raj, A., Thingbaijam, K.K.S., and Bansal, B. K. (2008). Earthquake hazard zonation of Sikkim Himalaya using a GIS platform. Natural Hazards, 45: 333-377.
- Shoja-Taheri, J. and Niazi, M. (1981). Seismicity of the Iranian Plateau and bordering regions. Bulletin of Seismological Society of America, 71: 477-489.
- Tarolli, P. and Cavalli, M. (2013). Geographic Information systems (GIS) and natural hazards. In: Bobrowsky, P.T. (ed.) Encyclopedia of Natural Hazards, Springer, London, 378-385 .
- Wells, D.L. and Coppersmith, K.J. (1994). New empirical relationships among magnitude rupture Length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, 84(4): 974-1002.



# Application of GIS in assessment and analysis of the spatial distribution of seismicity hazards and population density in Iran

Seyed Naser Hashemi<sup>1\*</sup>

Received: 25-01-2017

Accepted: 27-05-2017

---

## Abstract

The country of Iran is within one of the most seismically active regions of the world. In order to answer this question that how population centers in this country spatially correlate with seismicity hazardous zones, a GIS-based geospatial analysis technique has been employed to assess this correlation. For this purpose, the population density layer map of the country has been prepared based on the national database gathered in 2011. In addition, seismicity hazard maps of the region were prepared by analysis and combining the earthquake data catalog (including historical and instrumental data) and active fault data of the region. By overlying the population density and seismicity hazards maps of the region and employing ArcGIS (version 9.3) package, four zones namely: high population - high seismicity, high population – low seismicity, low population – high seismicity, and low population – low seismicity, are defined in the country. Additionally, the location of major cities of Iran (as the main population centers of the country) in relation to the peak ground acceleration estimated for the neighboring active faults for the cities' location was assessed. Results obtained indicate that the population density, as a spatial variable, shows a high positively correlation with the seismicity variables, meaning that the most of the high populated centers in Iran are located in areas with high seismicity hazards. It is also concluded that more than 45% of major cities of Iran are located in potentially high earthquake hazard zones, with estimated PGA equal or more than 0.5 g. The results of this study can be very useful for preparing a national long-term plan, necessary for the future development of the country, as well as for reducing and controlling the seismicity risk over the region. n correlation coefficient, Darab County.

**Keywords:** Earthquake hazards, Population density, Geospatial techniques, GIS, Active faulting, Long-term planning, Iran.

---

<sup>1\*</sup>- School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran