

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۱

وصول مقاله: ۱۳۹۰/۸/۲۵

تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۲/۲۸

صفحات: ۴۰ - ۲۷

ارزیابی حریم امن شهری در ارتباط با آسیب پذیری لرزه‌ای مورد شناسی: شهرهای استان یزد

دکتر صفر قائدرحمتی^۱، روح الله فانعی بافقی^۲

چکیده

گسترش فیزیکی بی‌برنامه شهرها، بدون در نظر گرفتن وضعیت و جهت گسل‌ها، احتمال قرارگیری شهرها را در پهنه لرزه‌خیز بالا می‌برد؛ به این ترتیب در صورت وقوع زمین‌لرزه باعث ایجاد خسارات مالی و انسانی بیشتری پدید می‌آید. در این مورد تعیین حریم امن شهرها و رعایت آن می‌تواند در کاهش خسارت‌های ناشی از زمین‌لرزه مؤثر باشد. ایجاد امکانات امداد رسانی از جمله ایستگاه‌های آتش نشانی، مراکز پلیس و مراکز بهداشتی و درمانی با گسترش فیزیکی شهر سخت‌تر، پرهزینه‌تر و زمان‌بر است. این مقاله از جمله پژوهش‌های کاربردی است که با توجه به موقعیت شهرها و گسل‌ها، در پی تعیین حریم امن شهری در ارتباط با آسیب پذیری لرزه‌ای است. محدوده مورد مطالعه شهرهای استان یزد می‌باشد. به این منظور ابتدا وضعیت زمین شناسی و زلزله خیزی و سپس ویژگی‌های جمعیتی و شهرنشینی استان مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت با دو روش متفاوت: الف- استفاده از استانداردهای موجود (حریم امن گسل‌ها با کمینه و بیشینه استاندارد، ۱۰۰۰-۳۰۰ متر). ب- استفاده از داده‌های ۱۰۰ سال اخیر، موقعیت شهرها و شعاع فاصله از گسل‌ها در ارتباط با زلزله‌های احتمالی، حریم امن شهری مشخص شده است. نتایج پژوهش بیانگر آن است که، قسمت عمده‌ای از استان یزد در پهنه خطر نسبی پایین و متوسط قرار می‌گیرد و پهنه‌های با خطر بالا، شهرهای جنوب، شرق و شمال شرق استان را در بر می‌گیرد. لزوم رعایت حریم امن گسل‌ها در شهرهای ندوشن، هرات، مروست، تفت، بهاباد، دیهوک و عشق آباد بیشتر باید مورد توجه قرار گیرد. از نظر وضعیت شهرنشینی، ۲۱/۷۴ درصد شهرها و ۷/۶۳ درصد جمعیت شهرهای استان در پهنه خطر بالا قرار دارند. با پیش بینی‌هایی که در مورد جمعیت شهرهای استان انجام شده است، آشکار شده که تمرکز شهری در استان در حال افزایش است و جمعیت آسیب پذیر نیز بیشتر می‌شود. با توجه به شعاع فاصله از گسل‌ها در ارتباط با زلزله‌های احتمالی و با توجه به زلزله‌های تاریخی، تمامی شهرهای استان در شعاع مناسبی قرار گرفته‌اند. این موضوع به معنای امن بودن شهرهای استان در برابر خطر زلزله نیست زیرا با روش اول (استانداردهای موجود) خلاف این موضوع اثبات شد. در ضمن این پژوهش نشان داد که تنها اکتفا به داده‌های تاریخی (در این پژوهش دوره ۱۰۰ ساله بررسی شده) نمی‌تواند ضامن ایمنی شهرها در برابر زلزله باشد.

کلید واژگان: حریم امن شهری، آسیب پذیری لرزه‌ای، شهرهای استان یزد.

مقدمه و طرح مسأله

یکی از موضوع‌هایی که بیشتر شهرهای جهان با آن دست به گریبان اند، خطرات طبیعی است. خطرات طبیعی که منجر به بروز وضعیت بحرانی در جامعه می‌شوند، حداقل به طور بالقوه خطرناک، ویرانگر و کشنده هستند (الکساندر^۱، ۲۰۰۰: ۳۸). سوانح طبیعی، به ویژه زلزله که اغلب خاموش هستند، مستعد ایجاد آسیب می‌باشند (شکیبا، ۱۳۸۷: ۱۰۰). زلزله، به عنوان مهم‌ترین خطر طبیعی، آزاد شدن ناگهانی انرژی بسیار زیاد در مدت زمان خیلی کوتاه است که در اثر بروز اغتشاش در پوسته زمین به وقوع می‌پیوندد. زلزله ممکن است ده‌ها، صدها یا هزاران سال انرژی مسدود شده را در کمتر از یک دقیقه آزاد کند (گیبسون^۲، ۱۹۹۷: ۳۵۶). کشور ایران نیز به علت قرار گیری در مسیر کوه زایی آلپ- هیمالیا تا به حال ۱۳۰ زلزله به بزرگی ۷/۵ ریشتر یا بیشتر را تجربه کرده است (غفوری-آشتیانی، ۱۹۹۹: ۴).

گسترش بی برنامه شهرها در کشورهای در حال توسعه این مراکز را در مقابل خطرات طبیعی به مناطقی با آسیب پذیری بالا بدل نموده است (چاردن^۳، ۱۹۹۹: ۱۹۷). تعیین حریم امن شهرها در کشورهای در حال توسعه در مناطق لرزه‌خیز، به برنامه ریزان و مدیران شهری در کاستن آثار زلزله و مدیریت احتمال خطر^۴ کمک شایانی می‌نماید. برای تهیه طرح توسعه شهر، آگاهی و شناخت کامل از طیف گسترده‌ای از عوامل مربوط به زمین از جمله خطرات لرزه‌ای آن ضروری است. کنترل توسعه زمین در مجاورت گسل‌های فعال یا بر روی آنها، بخشی از قانون مدیریت منابع در بریتانیا (۱۹۹۱) است. این خطوط راهنما مسیر دیدگاه‌های برنامه‌ریزی کاربری اراضی در

مجاورت این مناطق یا روی آنها را بیان می‌دارد (کِر^۵، ۲۰۰۴: ۱). رشد شهر بتدریج موقعیت در معرض خطر (شهر و شهروندان) و نتیجه خطر را تغییر می‌دهد. با رشد نامتناسب، میزان انسان‌ها و دارایی‌های در معرض تهدید افزایش می‌یابد (چاردن، ۱۹۹۹: ۱۹۷). بین گسترش بی‌رویه و بی قاعده شهری و افزایش آسیب پذیری شهری یک رابطه مستقیم وجود دارد. گسترش شهرها اگر به صورت بی قاعده، بدون داشتن طرح و برنامه و عدم رعایت ضوابط و مقررات شهرسازی و مقاوم سازی سازه‌ها باشد، باعث افزایش آسیب پذیری شهرها می‌شود. این امر زمانی که جهت گسترش شهرها در محدوده گسل‌ها باشد، تشدید می‌شود. برنامه ریزی شهری باید مجموعه‌ای از دانش نسبت به خطرات طبیعی و کاهش خسارات در فرایندهای برنامه‌ریزی گسترش یک شهر باشد.

عامل اصلی گسترش فیزیکی شهرها در ایران، افزایش سریع جمعیت است. ادغام تعداد زیادی از سکونتگاه‌های روستایی، بخش‌ها و شهرک‌ها در شهرها به خاطر گسترش فیزیکی آن، موجب رشد بی قواره شهری و افزایش آسیب پذیری لرزه‌ای می‌شود. با گسترش فیزیکی شهر، نقاط روستایی و پیرامونی بسیاری عملاً جزو شهرها محسوب می‌شوند و به دلیل فرسودگی خانه‌ها، مصالح کم دوام و بافت روستایی، ادغام این نقاط، یکی از دلایل اصلی شکل گیری هسته‌های حاشیه نشینی در شهرها می‌باشد که قطعاً تأثیر زیادی بر آسیب‌پذیری شهر خواهد داشت. گسل‌های ایران برخی فعال و بعضی غیر فعال‌اند ولی احتمال فعال شدن مجدد این گسل‌ها نیز وجود دارد. بدیهی است که حرکت این گسل‌ها در آینده هم ادامه خواهد داشت. بنابراین لازم است ایجاد شهرها و

1 . Alexander

2 . Gibson

3 . Chardon

4 . Risk Management

5 . Kerr

جغرافیایی، CAD، FEA و VR پرداخته‌اند. در میان آخرین پژوهش‌های داخلی آژانس همکاری‌های بین المللی ژاپن (جایکا) با همکاری مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران بزرگ (۱۳۸۰) مطالعهٔ جامعی در مورد ریز پهنه بندی لرزه‌ای تهران انجام داده‌اند که بخش مهمی از آن در مورد تحلیل آسیب پذیری است و نتیجهٔ آن به صورت مدل سازی گسل‌های اصلی شهر و تعیین جمعیت آسیب پذیر می‌باشد. ستوده (۱۳۸۰) نقش برنامه ریزی کاربری زمین و اصلاح معابر به منظور ایمن سازی در برابر زلزله را در محله باغ فردوس شهرداری منطقه یک تهران مورد مطالعه قرار داده است. نتیجهٔ این پژوهش بررسی وضعیت شبکهٔ معابر و نقش آن در ایمن سازی محله در برابر زلزله می‌باشد. عسگری و همکاران (۱۳۸۱) به بررسی رابطهٔ بین کاربری زمین و آسیب پذیری مناطق شهری در برابر خطرات زلزله در بخشی از منطقهٔ ۱۷ تهران پرداخته‌اند. با مقایسهٔ آسیب پذیری وضع موجود و طرح پیشنهادی، این نتیجه حاصل شده که با استفاده از برنامه ریزی کاربری زمین و ایجاد تغییراتی در بافت موجود شهر می‌توان ساختار کالبدی شهری مناسب فراهم آورد. نگارش (۱۳۸۲) در مقاله‌ای تحت عنوان «زلزله، شهرها و گسل‌ها» علت لرزه‌خیزی فلات ایران و اثرات منفی فعالیت گسل‌ها روی برخی از شهرها را به صورت نمونه بررسی نموده و خطرات آن‌ها را یادآوری کرده است و سرانجام چنین نتیجه گرفته که باید به مکان‌گزینی شهرها بیشتر توجه کرد و برنامه ریزی آن‌ها باید با اصول و معیارهای علمی انجام گیرد. همچنین از ساخت شهرها در کنار گسل‌ها باید پرهیز کرد و فاصلهٔ قانونی را باید رعایت نمود. مهرشاهی و مهرنهاد (۱۳۸۳) به بررسی مورفوتکتونیک و مناطق عمدهٔ گسلی استان یزد پرداخته‌اند. لیلوی (۱۳۸۶) به تحلیل آسیب پذیری لرزه‌ای بافت‌های مسکونی با به کارگیری تحلیل خوشه‌ای در ناحیه جوادیه پرداخته

آبادی‌ها در مسیر حاشیهٔ گسل‌های اصلی و فعال ممنوع شود (خسرو تهرانی و درویش زاده، ۱۳۶۳: ۲۰۱). با آگاهی از این موضوع که گسترش فیزیکی بدون برنامهٔ شهرها آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر را افزایش می‌دهد، مسألهٔ مورد بررسی این است که چه پهنه‌ای از استان یزد در خطر لرزه قرار دارد؟ کدام شهرها، چه تعداد شهر و چند درصد جمعیت استان در مقابل خطر لرزه آسیب‌پذیر هستند؟

پیشینهٔ پژوهش و نتایج آن‌ها

از میان پژوهش‌های خارجی، کینگ^۱ (۱۹۹۵) در پژوهشی در منطقهٔ پلوآلتو کالیفرنیا خطر زمین‌لرزه و تخمین خسارات ناشی از آن را با سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی نموده و بعد از بررسی لایه‌های مختلف، در نهایت نقشه‌های پهنه بندی استخراج کرده است. ماتسوواکا^۲ (۱۹۹۵) در پژوهشی نقشهٔ خطر لرزه‌ای برای یک کلانشهر با نواحی اطرافش را با استفاده از پایگاه‌های داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در ژاپن تهیه کرده است. لی^۳ و همکاران (۲۰۰۰) به تجزیه و تحلیل خطر لرزه‌ای در منطقه هنگ کنگ بر اساس زلزله‌های ثبت شده پرداخته‌اند. یان^۴ (۲۰۰۳) راه‌های توسعهٔ استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی خطر لرزه‌ای را مورد بررسی قرار داده است. کمپ^۵ و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی و تهیهٔ نقشهٔ حساسیت زمین لغزه برای زلزلهٔ سال ۲۰۰۵ منطقهٔ کشمیر پرداخته‌اند. فنگ و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی به شبیه‌سازی فاجعهٔ زلزله برای یک منطقهٔ شهری با ادغام داده‌های سیستم اطلاعات

1 -King

2 -Matsuoka

3 -Lee

4 -Yuan

5 -Kamp

اخیر از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله جمع‌آوری شده است. تحلیل‌ها به ترتیب شامل تحلیل وضعیت زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی، تحلیل تحولات جمعیتی و نظام شهرنشینی و در نهایت تحلیل حریم امن شهری می‌باشد.

تحلیل‌ها و نتایج

وضعیت زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی استان

داده‌های زمین‌شناختی ایران نشانگر آن است که فرآیندهای درونی و بیرونی زمین، در زمان و مکان، پیامدهایی متفاوت داشته‌اند. ناهمسانی رسوبی و زمین‌ساختی تا بدانجا است که بیان ویژگی‌های یکسان را برای بسیاری از مناطق ایران ناممکن می‌سازد و از گذشته‌های دور، تقسیم ایران به پهنه‌های رسوبی - ساختاری گوناگون مورد توجه بوده است (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور).

بنا به نظر سعیدی (۱۳۸۵: ۶)، نخستین بار اشتوکلین (۱۹۶۸)، با توجه به پیچیدگی‌های ساختاری و شرایط متفاوت رسوبی، ایران را به چند حوضه رسوبی - ساختاری جداگانه تقسیم کرد. بعدها، با افزایش آگاهی‌ها، حقایق روشن‌تری از ویژگی‌های رسوبی - زمین‌ساختی ایران به دست آمد که ارائه تقسیم‌بندی‌های جامع‌تر منطقه‌ای را ممکن ساخت؛ از آن جمله می‌توان به کارهای نبوی (۱۳۵۵)، افتخارنژاد (۱۳۵۹)، اشتامفلی (۱۹۷۸)، بربریان (۱۹۸۱)، غلوی (۱۹۹۱)، نوگل سادات (۱۹۹۳) و آقانباتی (۱۳۷۹) اشاره کرد. استان یزد بر اساس تقسیم‌بندی زمین‌شناسی - ساختاری ایران گستره‌ای است که از شرق به غرب مشتمل بر پهنه‌های ایران مرکزی و ارومیه - دختر است. زون ایران مرکزی یکی از واحدهای اصلی و عمده‌ای است که به شکل مثلث در مرکز ایران قرار دارد و جزو بزرگ‌ترین و پیچیده‌ترین واحدهای زمین‌شناسی به شمار می‌رود. از نظر تکتونیک

است. پورمحمدی و مصیب زاده (۱۳۸۷) آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امداد رسانی را مورد بررسی قرار دادند. زنگی آبادی و همکاران (۱۳۸۷) به تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن‌های شهری در برابر خطر زلزله در شهر اصفهان پرداخته‌اند. نتیجه پژوهش مشخص ساخته که کدام شاخص بیشترین نقش را در آسیب‌پذیری مسکن دارد. عزیزی و اکبری (۱۳۸۷) آسیب‌پذیری محدوده فرحزاد تهران را با توجه به معیارها و زیرمعیارهای انسان‌ساخت و زمین‌ساخت مورد سنجش و بررسی قرار داده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که افزایش مقدار متغیرهایی مانند شیب زمین، تراکم ساختمانی، عمر ساختمان‌ها و فاصله از فضاهای باز باعث افزایش میزان آسیب‌پذیری می‌شود. در مقابل، افزایش مقدار متغیرهایی نظیر فاصله از گسل، مساحت قطعات، دسترسی بر اساس عرض معبر و سازگاری کاربری‌ها از نظر همجواری باعث کاهش آسیب‌پذیری می‌گردد. حاتمی نژاد و همکاران (۱۳۸۸) در مقاله‌ای به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه ۱۰ شهرداری تهران پرداخته‌اند.

داده‌ها و روش پژوهش

نوع این تحقیق از نظر هدف کاربردی - توسعه‌ای و روش آن، توصیفی - تحلیلی است. محدوده مطالعاتی شهرهای استان یزد می‌باشد که به منظور تعیین حریم امن شهری در برابر زلزله، از مطالعات اسنادی شامل زلزله‌های تاریخی و داده‌های جمعیتی استفاده شده است. داده‌های مورد مطالعه شامل سه نوع داده اصلی است: موقعیت شهرها نسبت به گسل‌ها، زلزله‌های تاریخی و داده‌های جمعیتی و شهرنشینی. داده‌ها از طریق مرکز آمار ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور و اطلاعات زلزله‌های تاریخی ۱۰۰ سال

راه اندازی شبکه لرزه‌نگاری یزد تنها اطلاعات در دسترس از زلزله‌های رخ داده در محدوده استان، محدود به اطلاعات موجود در کتب تاریخی و زلزله‌های ثبت شده توسط ایستگاه‌های لرزه‌نگاری بین‌المللی می‌شد. با توجه به بُعد مسافت، این دستگاه‌ها از این منطقه تنها زلزله‌هایی با بزرگی بیش از ۵/۳ ریشتر را ثبت و گزارش کرده‌اند. به همین دلیل، از دیرباز این منطقه از نظر فعالیت لرزه‌خیزی به عنوان منطقه‌ای آرام و کم خطر در نظر گرفته می‌شد؛ ولی اطلاعات ثبت شده در شبکه لرزه‌نگاری یزد گویای مطلب دیگری است. ثبت تعداد ۹۱۸۱ زلزله در محدوده‌ای به شعاع ۳۰۰ کیلومتر از شهر یزد در فاصله زمانی ۱۰ سال یعنی ۱۳۷۷/۵/۱۵ تا ۱۳۸۷/۱۰/۱۵، نشانگر آن است که استان یزد را نمی‌توان از نظر لرزه‌خیزی منطقه‌ای آرام و کم خطر در نظر گرفت، گرچه بزرگی بیشتر این زلزله‌ها کمتر از ۳ ریشتر بوده است ولی با وجود مناطق لرزه‌خیزی مانند بهاباد، بافق، طبس، خرائق و گسل‌های مهم آن که از پتانسیل لرزه‌ای بالایی برخوردارند، می‌توان استان یزد را جزو مناطق با خطر نسبی بالا قلمداد کرد (مهرنهاد و زارع پور، ۱۳۸۷: ۱).

جدول ۱: زلزله تاریخی ثبت شده استان یزد

تاریخ	بزرگا	منبع ثبت کننده
۱۹۳۱/۲/۹	۴/۵	ISS
۱۹۳۱/۲/۹	۵/۷	مرکز لرزه‌نگاری لمتو- فرانسه (LIC)
۱۹۷۸/۹/۱۶	۷/۴	مرکز بین‌المللی زلزله شناسی- انگلستان (ISC)

مأخذ: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور

از جمله زلزله‌های تاریخی منطقه، زلزله ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ طبس است. این شهر با زلزله‌ای به بزرگی ۷/۴ ریشتر به لرزه درآمد و شهر تاریخی طبس با بیش از ۱۰۰۰ سال قدمت ویرانی زیادی پیدا کرد؛ ۳۰ آبادی خراب گشت و به ۱۰۰ آبادی دیگر نیز خسارت وارد شد. خسارت‌های عمده این زلزله در

براساس بررسی‌های صورت گرفته گسل‌های کواترنری و فعال منطقه بالغ بر ۱۰۵ گسل است.

عمده‌ترین گسل‌های تأثیرگذار بر لرزه‌خیزی ناحیه شامل کوهبنان، کلمرد، بهاباد، رفسنجان، چشمه رستم، پشت بادام، مهریز، نفت، دهشیر- بافت و چند گسل کوچک در منطقه ابرکوه است به طوری که مورفولوژی استان یزد متأثر از آنها است (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور). بنابراین واحدهای زمین ساختی استان یزد را از نظر روند استقرار و شکل می‌توان به سه گروه تقسیم کرد: روند شمالی- جنوبی با انحنایی به سمت غرب؛ روند شمال غربی- جنوب شرقی (زاگرسی) به صورت رشته کوه‌های رسوبی و آتشفشانی و چاله‌های بین آنها و روند شرقی- غربی شامل چین خوردگی‌های کم ارتفاع و گودال‌های زمین ساختی مربوطه (مهرشاهی و مهرنهاد، ۱۳۸۳: ۱۳). از لحاظ شدت لرزه‌خیزی استان یزد به پنج پهنه با خطر نسبی بالا در شرق، پهنه با خطر نسبی نسبتاً بالا در غرب، پهنه به خطر نسبی متوسط و پایین در بخش میانی و شمال استان قابل تفکیک است (ادیب و همکاران، ۱۳۸۵: ۱).

براساس مطالعات طرح کالبدی ملی، قسمت عمده‌ای از استان یزد در پهنه خطر نسبی پایین و متوسط قرار می‌گیرد و پهنه‌های با خطر بالا کمی جنوب، شرق و شمال شرق استان را در بر می‌گیرد. بر این اساس خطرناک‌ترین منطقه استان از لحاظ لرزه-خیزی در حوالی دیهوک طبس، بهاباد، هرات و مروست می‌باشد. منطقه دیگر پهنه در برگیرنده ندوشن است که تحت تأثیر رشته گسل‌های فعال استان و زاگرس است.

زلزله‌های تاریخی

شبکه لرزه‌نگاری یزد از تاریخ ۱۳۷۷/۵/۱۵ با ۴ ایستگاه لرزه‌نگار، شروع به کار نمود است. تا پیش از

تحلیل تحولات جمعیتی و نظام شهرنشینی استان یزد

استان یزد شامل ۱۰ شهرستان، ۲۰ بخش، ۲۳ شهر، ۵۱ دهستان و ۳۲۳۷ روستا است که تعداد ۱۳۹۰ روستای آن دارای سکنه و بقیه به دلیل مهاجرت، متروک شده است (مرکز آمار ایران، نتایج تفصیلی، ۱۳۸۵: ۲۴). بر اساس آخرین سرشماری، استان یزد با ۹۹۰۸۱۸ نفر جمعیت، و بیش از ۱۳۱۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت، نزدیک به ۸ درصد از سطح کشور و ۱/۴ درصد از جمعیت کشور را در بر داشته است. جمعیت استان در دهه ۸۵-۱۳۷۵ با رشدی به طور متوسط ۲/۸ درصد در سال افزایش یافته که در مقایسه با میزان مشابه در سطح ملی (۱/۶ درصد)، رشد جمعیت شتاب بیشتری داشته است. در سال ۱۳۸۵، حدود ۷۸۹۸۰۳ نفر برابر ۷۹/۷ درصد جمعیت استان یزد در نقاط شهری ساکن بوده‌اند و بدین ترتیب میزان شهرنشینی در استان یزد به میزان ۱۱/۲ درصد بیش از متوسط سطح ملی (۶۸/۵ درصد) قرار دارد. بنابراین می‌توان گفت شهرنشینی یکی از ویژگی‌های غالب این استان است. بر اساس سرشماری ۱۳۸۵ از مجموع ۹۹۰۸۱۸ نفر جمعیت استان یزد، شهرستان یزد با ۵۲۶۲۷۶ نفر جمعیت دارای بیشترین تراکم (۲۱۹۶ نفر در کیلومترمربع) است و شهرستان میبد با تراکم ۵۸/۵ نفر در کیلومترمربع دومین شهرستان پرتراکم استان است و بقیه شهرستان‌ها دارای تراکم کمتر از ۱۰ نفر در کیلومتر مربع هستند.

نظام شهرنشینی در استان یزد از نظام قطبی پیروی می‌کند. شهرهای یزد، میبد و اردکان به ترتیب از لحاظ تعداد جمعیت در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند که به دلیل قرارگیری در مسیر راه سراسری و وجود فرصت‌های شغلی، جمعیت بیشتری را جذب نموده‌اند. در مجموع این سه شهر، ۶۸/۸۷ درصد

جمعیت شهری استان را در خود جای داده‌اند که نشان از توزیع نامتعادل جمعیت در سطح استان می‌باشد. نحوه توزیع جمعیت در شهرهای استان تمرکزگرا و به سمت نقاط شهری و مرکز شهرستان‌های استان است. سهم جمعیت شهری استان یزد از کل جمعیت حدود ۸۰ درصد است. بیشترین نسبت جمعیت شهری را شهرستان اردکان با ۸۱ درصد و کم‌ترین سهم را شهرستان تفت با کمتر از ۳۹ درصد به خود اختصاص داده است. به منظور تعیین جمعیت آسیب پذیر در آینده، تحلیل‌های جمعیت تا سال ۱۴۰۰ انجام شده است. بر اساس محاسبات انجام شده، جمعیت استان یزد در سال ۱۳۹۰ به بیش از ۱۰۷۰۰۰۰ نفر در ۳۰۸ هزار خانوار با ۳/۵ نفر بعد خانوار خواهد رسید. رقم جمعیت در سال ۱۳۹۵ به ۱۱۶۰۰۰۰ نفر می‌رسد و چنانچه بعد خانوار به ۳/۲ برسد، تعداد خانوارها به ۳۶۳ هزار خانوار خواهد رسید و در سال ۱۴۰۰ با تعداد ۳۹۹ هزار خانوار با بعد ۳/۱ نفر، استان یزد دارای ۱۲۳۵۰۰۰ نفر جمعیت خواهد بود. پیش‌بینی شهرهای مهم استان در جدول شماره ۲ آمده است. بنابراین با پیش‌بینی‌های صورت گرفته، به این دلیل که جمعیت استان در شهرها متمرکز است، آسیب پذیری جمعیت استان بیشتر خواهد شد.

جدول ۲: پیش‌بینی جمعیت استان به تفکیک شهرهای مهم تا

سال ۱۴۰۰

شهر	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۴۰۰
ابرقوه	۲۱۸۱۸	۲۳۷۶۰	۲۵۵۷۱	۲۷۱۹۶
اردکان	۵۲۸۸۱	۵۷۵۸۸	۶۱۹۷۷	۶۵۹۱۷
اشکذر	۱۱۴۱۳	۱۲۴۲۹	۱۳۳۷۶	۱۴۲۲۶
بافق	۳۱۰۴۶	۳۳۸۰۹	۳۶۳۸۶	۳۸۶۹۹
تفت	۱۶۴۵۴	۱۷۹۱۹	۱۹۲۸۴	۲۰۵۱۰
طبس	۲۵۷۲۲	۲۸۰۱۲	۳۰۱۴۷	۳۲۰۶۳
مهریز	۲۵۲۳۹	۲۷۴۸۶	۲۹۵۸۱	۳۱۴۶۱
میبد	۳۸۰۶۱	۴۱۴۴۹	۴۴۶۰۸	۴۷۴۴۳
هرات	۸۵۸۷	۹۳۵۱	۱۰۰۶۴	۱۰۷۰۴
یزد	۳۲۶۷۷۶	۳۵۵۸۶۲	۳۸۲۹۸۷	۴۰۷۳۲۹
جمع	۵۵۷۹۹۷	۶۰۷۶۶۵	۶۵۳۹۸۱	۶۹۵۵۴۸

مأخذ: تحلیل‌های پژوهشگران

شعاع فاصله از گسل‌ها در ارتباط با زلزله‌های احتمالی برای شهرهای استان یزد تهیه شده و نتیجه به صورت شکل زیر نمایش داده شده است.

جدول ۳: شعاع فاصله از گسل‌ها در ارتباط با زلزله‌های احتمالی

بزرگی زلزله	شعاع فاصله (km)
$< 6/3$	۷۵
$6/3 - 6/7$	۱۲۵
$6/8 - 7/2$	۱۵۰
$7/3 - 7/7$	۱۷۵
$> 7/7$	۲۰۰

Source: PEDUZZI, DAO and HEROLD, 2005:276.

برای تهیه نقشه مورد نظر ابتدا از قابلیت تحلیل فضایی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) که در برنامه جانبی Spatial Analyst قرار دارد، استفاده شد. با تابع Distance از توابع تحلیل‌گر فضایی می‌توان از لایه برداری موجود، یک لایه رستری با در نظر گرفتن فاصله از گسل‌ها تهیه نمود؛ سپس بر اساس پرسش و پاسخ‌هایی^۱، مناطق مختلف، نسبت به فاصله‌ای که از عارضه مورد نظر دارد، طبقه بندی و در لایه‌های جداگانه ذخیره کرد.

با توجه به شکل شماره ۴ که نشان دهنده شعاع فاصله از گسل‌ها در ارتباط با زلزله‌های احتمالی است، تمامی شهرهای استان یزد در فاصله کمتر از ۷۵ کیلومتری گسل‌ها در صورت وقوع زلزله با بزرگی کمتر از $6/3$ ، قرار گرفته‌اند. بنابراین تمام شهرهای استان در محدوده آسیب پذیری در برابر زلزله قرار دارند. همچنین با توجه به زمین‌لرزه‌های تاریخی ۱۰۰ سال گذشته، بیشترین زمین‌لرزه‌ها در قسمت‌های شمال شرق، جنوب شرق و تا حدودی جنوب به وقوع پیوسته است.

تعیین حریم امن شهرهای استان یزد

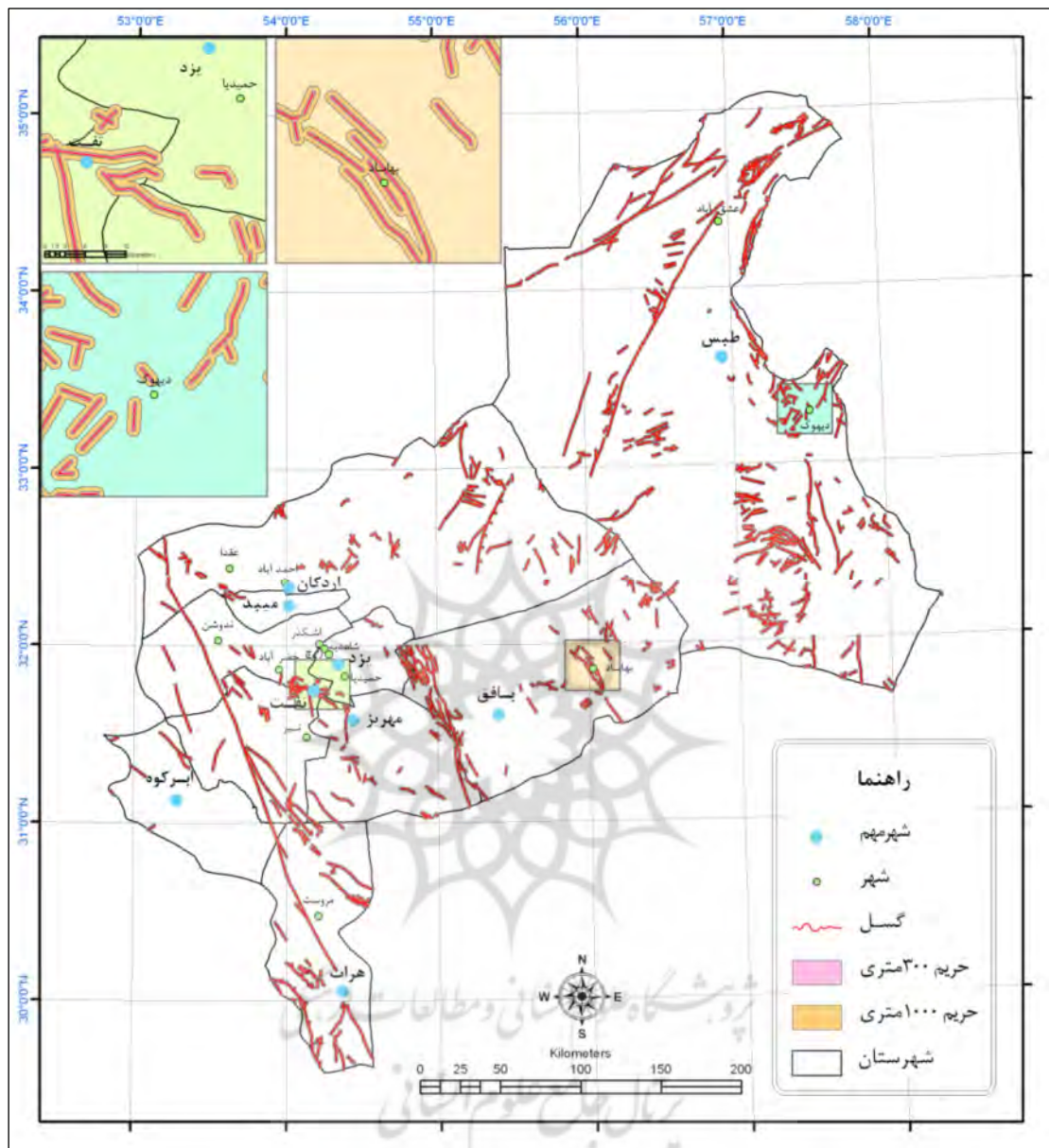
پس از بررسی وضعیت زمین شناسی، لرزه‌خیزی، وضعیت جمعیت و شهرنشینی در استان یزد، به تعیین حریم امن شهرهای استان یزد پرداخته شده است. برای این منظور با دو الگوی متفاوت یکی بر اساس استانداردهای موجود سازمان زمین شناسی کشور و دوم زلزله‌های رخ داده در ۱۰۰ سال اخیر، حریم امن شهرهای استان برآورده گردیده است.

الف - استانداردهای موجود

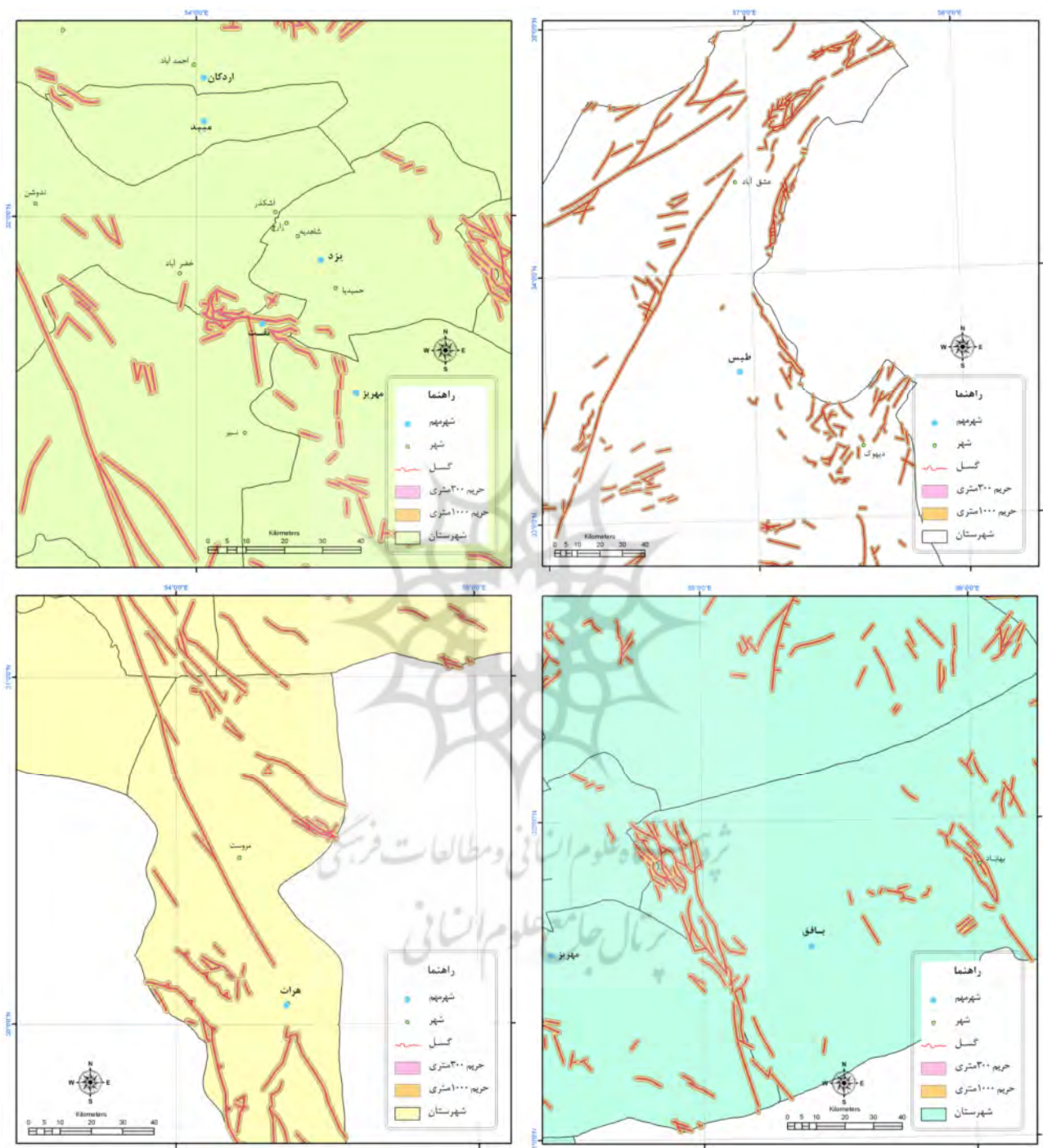
حریم گسل‌ها براساس میزان خطرناک بودن گسل متغیر می‌باشد. براساس توصیه‌های سازمان زمین شناسی حداقل حریم برای گسل ۱۰۰۰-۳۰۰ متر از هر طرف تعیین می‌گردد. در داخل حریم گسل‌ها باید از ایجاد هرگونه تأسیسات و ساختمان و انجام هر فعالیتی که با تجمع جمعیت همراه باشد، جلوگیری نمود؛ در غیر این صورت باید نسبت به ایجاد کاربری‌ها یا انجام فعالیت‌هایی اقدام کرد که در صورت بروز خطر، کمترین خسارت را وارد کنند، مانند فعالیت‌های کشاورزی و مرتعداری. به طور کلی باید از احداث ساختمان در مجاورت گسل‌های فعال و محل‌هایی که احتمال به وجود آمدن شکستگی در سطح زمین هنگام زلزله وجود دارد، اجتناب شود. تحلیل استاندارد موجود برای شهرهای استان یزد در اشکال شماره ۲ و ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که تعداد ۷ شهر با جمعیت $7/63$ درصد در معرض خطر زلزله قرار دارند و همچنین لزوم رعایت حریم امن گسل‌ها در شهرهای ندوشن، هرات، مروست، تفت، بهاباد، دیهوک و عشق آباد بیشتر باید مورد توجه قرار گیرد.

ب - زلزله‌های احتمالی

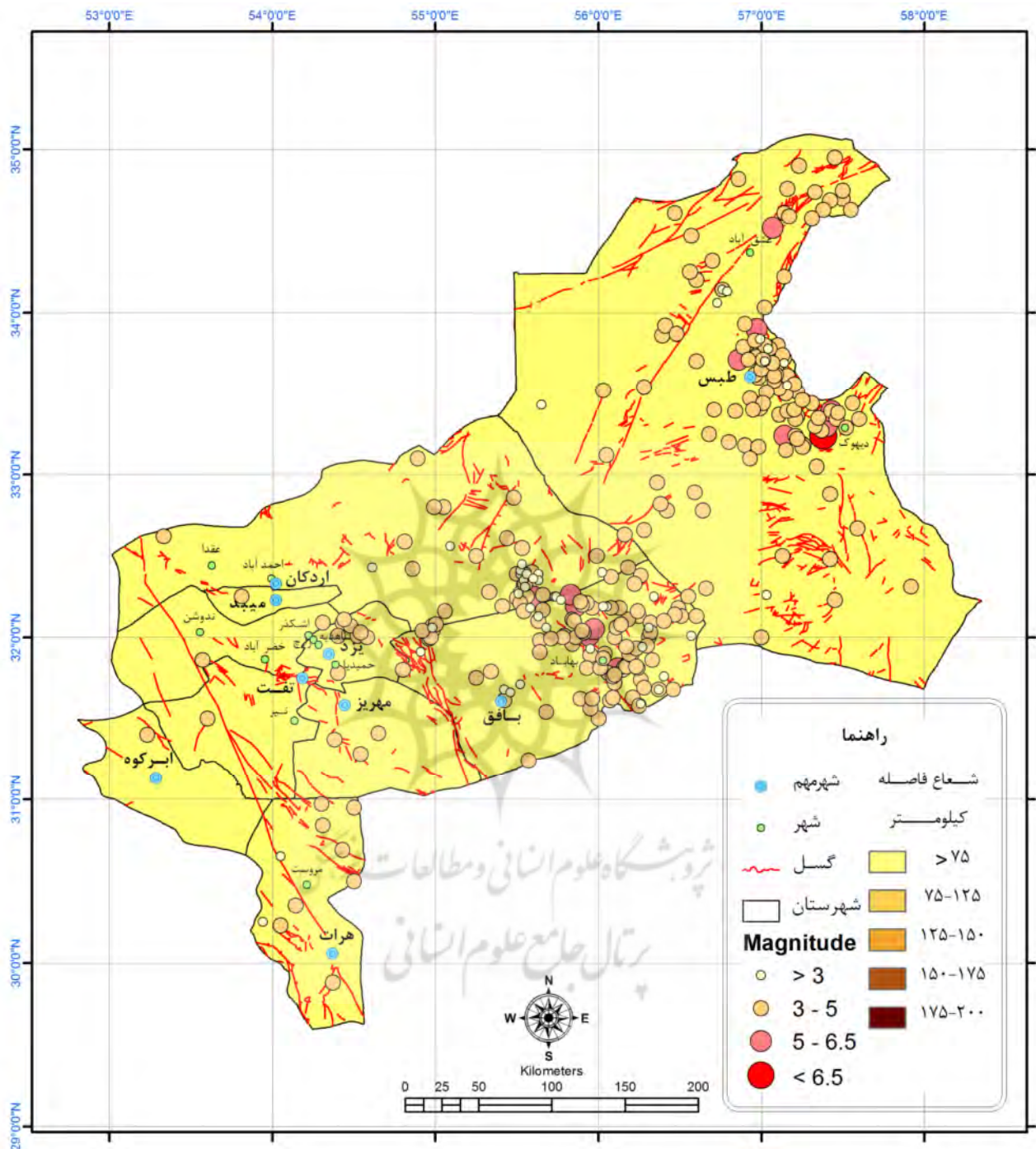
در مرحله دوم با استفاده از داده‌های مربوط به زلزله‌های رخ داده در ۱۰۰ ساله اخیر، موقعیت شهرها، گسل‌ها و داده‌های جدول استاندارد (جدول شماره ۳)،



شکل ۲: موقعیت شهرها در ارتباط با حریم امن گسل‌های استان یزد



شکل ۳: موقعیت شهرهای مهم در ارتباط با حريم ۳۰۰ متری و حريم ۱۰۰۰ متری.



شکل ۴. شعاع فاصله از گسل‌ها در ارتباط با زلزله‌های احتمالی با توجه به زلزله‌های تاریخی ۱۰۰ سال اخیر، مأخذ داده‌ها: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، طراحی و تولید: پژوهشگران

نتیجه گیری

از نظر خطر زلزله، قسمت عمده‌ای از استان یزد در پهنه خطر نسبی پایین و متوسط قرار می‌گیرد و پهنه‌های با خطر بالا، در جنوب، شرق و شمال شرق استان را در برمی‌گیرد. خطرناک‌ترین منطقه استان از لحاظ لرزه‌خیزی در حوالی طبس، بهاباد، هرات و مروست می‌باشد. منطقه دیگر پهنه در برگیرنده ندوشن است که تحت تأثیر رشته گسل‌های فعال استان و زاگرس می‌باشد. از نظر آماری ۲۱/۷۴ درصد شهرها و ۷/۶۳ درصد جمعیت شهرهای استان در پهنه خطر بالا قرار دارند.

نتایج نشان می‌دهد که رعایت حریم امن گسل‌ها در شهرهای ندوشن، هرات، مروست، تفت، بهاباد، دیهوک و عشق‌آباد باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. رعایت این حریم امن الزام به ساخت و ساز نکردن در این حریم نیست بلکه ساخت و سازها باید همراه با رعایت آیین‌نامه زلزله و رعایت اصول شهرسازی باشد. با توجه به شعاع فاصله از گسل‌ها در ارتباط با زلزله‌های احتمالی و همچنین با توجه به زلزله‌های تاریخی، تمامی شهرهای استان در شعاع مناسبی قرار گرفته‌اند. این موضوع به معنای امن بودن شهرهای استان در برابر خطر زلزله نیست، زیرا با روش اول، یعنی بر اساس استانداردهای موجود، خلاف این موضوع اثبات شد. در ضمن باید توجه کرد که زلزله‌های تاریخی در ایران مرکزی با دوره بازگشت طولانی اما شدت بسیاری همراه است. این پژوهش نشان داد که تنها اکتفا به داده‌های تاریخی (در این پژوهش دوره ۱۰۰ ساله بررسی شد) نمی‌تواند ضامن ایمنی شهرها در برابر زلزله باشد.

منابع و مآخذ

۱. آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا) و مرکز مطالعات زلزله و زیست محیطی تهران بزرگ (۱۳۸۰).

۱. مطالعه ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ، شهرداری تهران.
۲. ادیب، احمد، سید محمود فاطمی عقدا و حمید مهرنهاد (۱۳۸۵). «نقش پهنه‌بندی لرزه‌ای در توسعه استان یزد»، اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی، دانشگاه یزد.
۳. امبرسز، نیکلاس و چارلز ملویل (۱۳۷۰). تاریخ زمین-لرزه‌های ایران، ترجمه ابوالحسن رده، انتشارات دانشگاه تهران.
۴. پورمحمدی، محمدرضا و علی مصیب زاده (۱۳۸۷). «آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امداد رسانی آن‌ها»، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲.
۵. ستوده، بابک (۱۳۸۰). نقش برنامه ریزی کاربری زمین و اصلاح معابر جهت ایمن سازی در برابر زلزله (نمونه موردی محله باغ فردوس شهرداری منطقه یک تهران)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۶. حاتمی نژاد، حسین، حمید فتحی و فرشید عشق آبادی (۱۳۸۸). «ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزه‌ای در شهر (نمونه مورد مطالعه: منطقه ۱۰ شهرداری تهران)»، مجله پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۶۸.
۷. خسروتهرانی، خسرو و علی درویش زاده (۱۳۶۳). زمین شناسی ایران برای دانشجویان مراکز تربیت معلم، چاپ اول، انتشارات وزارت آموزش و پرورش.
۸. زنگی آبادی، علی، جمال محمدی، همایون صفائی و صفر قائدرحمتی (۱۳۸۷). «تحلیل شاخص‌های آسیب پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله (نمونه موردی: مسکن شهر اصفهان)»، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره.
۹. سعیدی، عبدالله (۱۳۸۵). مقدمه‌ای بر لرزه‌خیزی و لرزه زمین‌ساخت گسترده ایران مرکزی، چاپ اول، تهران: پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.
۱۰. شکیبا، علیرضا (۱۳۸۷). «مدیریت بحران»، دانشنامه مدیریت شهری و روستایی، تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
۱۱. عزیزی، محمدمهدی و رضا اکبری (۱۳۸۷). «ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب پذیری شهرها از زلزله

- Science and Technology, Volume 13, Number S1, P 311-316.
22. Ghafory-Ashtionay, M (1999). Rescue operation and Reconstruction in Iran, Disaster Prevention and Management, volume 8, Number 1, MCB university, ISSN0965-3562.
 23. Gibson, Gary (1997). An Introduction to Seismology, Disaster Prevention and Management, Volume 6, Number 5, MCB University Press, Emerald Group Limited.
 24. Kamp, Ulrich, Growley, Benjamin J., Khattak, Ghazanfar A., Owen, Lewis A. (2008). GIS-based landslide susceptibility mapping for the 2005 Kashmir earthquake region, Geomorphology, No. 101, P 631-642.
 25. Kerr, Janine and Nathan, Simon (2004). Planning for Development of Land on or Close to Active Faults, Wellington, New Zealand.
 26. King, Stephanie A., Kiremidndjian Anne, (1995), Law Lincho H., Basoz Nersin I, Earthquake Damage and loss Estimation through GIS, Proceeding of earthquake engineering, Spain, P 325-401.
 27. Lee, C.F. Ding, Y.Z. Huang, X.H. (2000), Seismic Hazard Analysis of the Hong Kong Region, JSEE: Fall 2000, Vol. 2, No. 4, P 9-18.
 28. Matsuoka Masashi, Midorikawa Saburoh, b (1995), GIS Based Integrated Seismic hazard mapping for a large Metropolitan Area, Proceeding of earthquake engineering, Spain, P225-302.
 29. PEDUZZI, DAO and HEROLD, (2005). Mapping Disastrous Natural Hazards Using Global Datasets, Natural Hazards, Vol 35.
 30. Yuan, Zhongxia (2003), Development of A GIS Interface for Seismic hazard Assessment, International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede, The Netherlands.
 31. <http://www.gsi.ir> سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
 32. <http://www.iiees.ac.ir> پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
 33. <http://www.ngdir.ir> پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور.
 - (مطالعه موردی، منطقه فرحزاد، تهران)، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۴.
 ۱۲. عسگری، علی، اکبر پرهیزکار و محمودعلی قدیری (۱۳۸۱)، «کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی شهری در کاهش آسیب‌پذیری خطرات زلزله (با GIS)؛ مطالعه موردی: منطقه ۱۷ تهران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷.
 ۱۳. لیلوی، فرهاد (۱۳۸۶). تحلیل آسیب پذیری لرزه‌ای بافت‌های مسکونی با به کارگیری تحلیل خوشه‌ای (مطالعه موردی: ناحیه جوادیه)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.
 ۱۴. مرکز آمار ایران (۱۳۸۵). نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۶۵ استان یزد، تهران: انتشارات مرکز آمار ایران.
 ۱۵. مهرشاهی، داریوش و حمید مهرنهاد (۱۳۸۳). «مورفوتکتونیک و مناطق عمده گسلی استان یزد»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲.
 ۱۶. مهرنهاد، حمید و علی زارع پور (۱۳۸۷). «نگرشی بر زلزله‌های رخ داده در محدوده استان یزد در فاصله زمانی ۱۳۷۷/۵/۱۵ تا ۱۳۸۴/۵/۳۱ (۲۲/۰۸/۲۰۰۵ - ۱۹۹۸/۱۰/۰۷) بر اساس داده‌های شبکه لرزه‌نگاری یزد»، اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی، یزد: دانشگاه یزد.
 ۱۷. مهندسین مشاور عرصه (۱۳۸۳). طرح توسعه و عمران ناحیه یزد (شناخت ناحیه، جلد دوم)، سازمان مسکن و شهرسازی استان یزد.
 ۱۸. نگارش، حسین (۱۳۸۴). «زلزله، شهرها و گسل‌ها»، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲.
 19. Alexander, David (2002). Principles of Emergency and Managements, Oxford University Press.
 20. Chardon, Anne-Catherine (1999). A geographic Approach of the Global Vulnerability in Urban Area: case of Manisales, Colombian Andes.
 21. Feng, XU, Xuping, CHEN, Aizhu, REN, Xinzheng, LU (2008). Earthquake Disaster Simulation for an Urban Area, with GIS, CAD, FEA, and VR Integration, Tsinghua

