جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۹، زمستان ۱۳۹۲
وصول مقاله : ۱۳۹۲/۱/۲۴
تأیید نهایی : ۱۳۹۲/۷/۲۷
صفحات : ۱۴ - ۱

تحلیل میزان ریسک پذیری سکونتگاه‌های شهری استان لرستان از خطر زلزله

دکتر صفر قائدرحمتی[۱]، دکتر احمد خادم الحسینی[۲] ، طاهره سیاوشی[۳]

چکیده

زمین لرزه از جمله مخاطرات طبیعی است که وقوع آن اغلب خسارات و تلفات زیادی به دنبال داشته است. پراکنش جغرافیایی زلزله‌ها در کشور ما نشانگر آن است که ۶۶ درصد از سرزمین ایران در معرض خطر زمین لرزه قرار دارد و ۹۰ درصد از جمعیت کشور در این مناطق زندگی می‌کنند. این در حالی است که شهرهای کشور ما در برابر زمین لرزه ۵/۵ و ۶ ریشتری به طور جدی آسیب پذیرند. استان لرستان بخشی از رشته کوه زاگرس را تشکیل داده است و ۵۰/۸۳ درصد از کل زلزله‌های ایران در این رشته کوه اتفاق افتاده است. به همین دلیل این استان شاهد وقوع زلزله‌های مخرب با تلفات زیاد بوده است. این ناحیه جزو مناطقی از ایران طبقه بندی شده که از توان زلزله خیزی شدیدی برخوردار است. همچنین به ثبت رسیدن تعداد زیادی کانون زلزله طی صد سال اخیر و وقوع زلزله‌های مخرب در این استان، نشانگر فعال بودن گسل‌های آن می‌باشد. این استان با تراکم جمعیتی۶۲ نفر در هر کیلومتر مربع، حدود ۲/۶۵ درصد جمعیت کشور را در خود جای داده و جزو نواحی پر جمعیت نیز محسوب می‌شود. اهداف پژوهش حاضر شامل بررسی چگونگی پراکنش فضایی جمعیت و الگوی پراکنش شهرهای استان لرستان و بررسی پراکنش فضایی شهرها و جمعیت شهری استان لرستان در ارتباط با خطر زلزله می‌باشد. در این مقاله جهت بررسی الگوی پراکنش شهرهای مهم استان مدل« جاذبه یا تعیین نقطهٔ جدایی» مورد استفاده قرار گرفته و نتایج به دست آمده حاکی از آن است که مراکز شهری مهم استان تقریباً به صورت ارگانیک پراکنده شده‌اند. از طرفی فراوانی منابع آب در حاشیهٔ گسل‌ها عامل اصلی مکان گزینی شهرها و روستاها در این استان بوده است. بنابراین بسیاری از مناطق مسکونی در حریم گسل‌ها استقرار یافته، در معرض خطر و آسیب پذیری بالایی قرار دارند. نتایج حاصل از نقشهٔ پهنه بندی تهیه شده نشان می‌دهد حدود ۶ درصد جمعیت استان در پهنهٔ خطر بسیار بالا، ۲۳ درصد جمعیت در پهنهٔ پر خطر و ۵۶ درصد در پهنهٔ متوسط قرار دارند.

کلید واژگان: پراکنش جمعیت، ریسک پذیری، حریم امن، استان لرستان.

۱- دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسؤول) safarrahmati@modares.ac.ir
۲- دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد
۳- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

مقدمه

از دیـر بـاز شهرنشـینی یکـی از مشـخص‌تـرین نمودهای تکامل جوامع انسـانی بـوده اسـت. بـا شـروع انقلاب صنعتی و به دنبال آن گسترش شتابان شـهرها، جوامع انسانی ساکن در آنها با مشکلات فراوانی مواجـه شـده‌انـد (Amy and Mork, 2005:51). در واقـع فرایند شهرنشینی، آسیب پذیری نسبت بـه مخـاطرات طبیعی از جمله زلزله را به واسطهٔ تمرکـز انسـان‌هـا و تملک‌ها افزایش می‌دهد. کشور ما به دلیل قرار گیـری بر روی کمربند زلزله خیز آلپ – هیمالیا تاکنون زلزله-های مخرب بسیاری را تجربه نموده اسـت و بایـد ایـن حقیقت را مد نظـر داشـت کـه ۶۶ درصـد از مسـاحت کشور ما در مناطق زلزله خیز واقع شده و ۹۰ درصد از جمعیت کشور ما در این مناطق زندگی می‌کننـد. ایـن در شرایطی است که شهرهای کشور ما در برابر زمـین لـرزه ۵/۵ و ۶ ریشـتر بـه طـور جـدی آسـیب پذیرنـد (عکاشـه، ۱۳۷۸:۴۰). تعیـین حـریم امـن شـهرها در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران به برنامه‌ریزان و مدیران شهری در تقلیل خطرات زلزله کمک شـایانی می‌نماید. مکـان‌یـابی مناسـب سـکونتگاه‌هـا و توسـعهٔ منطقـی و اصـولی شـهرها، نقشـی اساسـی در کـاهش آسیب‌پذیری و خسارات ناشـی از زلزلـه ایفـا مـی‌کنـد (Nateghi – A,2000,205). بنابراین گسـترش بـی-برنامهٔ شهرها و تمرکز روز افزون جمعیت در محله‌های پرتـراکم در شـهرهای ایـران، ایـن مراکـز را در برابـر مخاطرات طبیعی از جمله زمین لرزه بسیار آسیب پذیر نموده است. اسـتان لرسـتان شـاهد وقـوع زلزلـه‌هـای مخرب با تلفات زیاد بوده است. این ناحیه جزو مناطقی از ایران طبقه بنـدی شـده کـه از تـوان زلزلـه خیـزی شدیدی برخوردارند. با ذکر اهمیت ایـن موضـوع، ایـن پژوهش به دنبـال بررسـی چگـونگی پـراکنش فضـایی جمعیت و الگوی پراکنش شهرهای مهم استان لرستان و بررسی پراکنش فضـایی شـهرها و جمعیـت شـهری استان لرستان در ارتباط با خطر زلزله می‌باشد.

مسألهٔ پژوهش

با توجه بـه واقـع شـدن ایـران بـر روی یکـی از دو کمربند زلزله خیز جهان و وجـود گسـل‌هـای فـراوان، وقوع زلزله در فلات ایران امری طبیعی است. از طرفـی همزمان با افزایش درآمد و تولید در جهان، تقاضا برای خدمات شهری نیـز افـزایش یافـت کـه بـه دنبـال آن سکونتگاه‌ها هم از نظر تعـداد و هـم از نظـر جمعیتـی رشد یافتند (فرهودی و دیگـران، ۱۳۸۸: ۵۵). اسـتان لرستان بخشی از رشته کوه زاگـرس را تشـکیل داده و ۵۰/۸۳ درصد از کل زلزله‌های ایران در این رشته کـوه اتفاق افتاده است، به همین دلیل استان لرستان شـاهد وقوع زلزله‌های مخرب با تلفات زیاد (زلزلهٔ سال ۱۳۸۵ دورود و بروجرد با ۷۵ نفر کشته) بوده است. این ناحیه جزو مناطقی از ایران طبقه بندی شده که از توان زلزله خیزی شدیدی برخوردارند.

بـر اسـاس سرشـماری سـال ۱۳۸۵، حـدود ۲/۶۵ درصد کل جمعیت کشـور در اسـتان لرسـتان زنـدگی می‌کنند و با جمعیتی برابر ۱۷۱۶۵۲۷ نفر و بـا تـراکم نسبی ۶۲ نفر در کیلومتر مربـع، در مقایسـه بـا تـراکم ۴۲/۹۳ نفری کشور از تـراکم نسـبتاً بـالایی برخـوردار است (مرکـز آمـار ایـران، ۱۳۸۵). در اسـتان لرسـتان وجود گسل‌های فعال نظیرگسلهٔ بزرگ زاگرس، گسـلهٔ دورود- نهاوند، گسـلهٔ قلعـه حـاتم و گسـلهٔ کبیرکـوه، احتمال وقوع این پدیده را قوت بخشیده است.

جایگـاه مهـم اسـتان لرسـتان از نظـر جغرافیـایی، ارتبـاطی و اقتصـادی و تأکیـد کارشناسـان در زمینـهٔ اولویت و ضرورت انجام بررسـی تفصـیلی پهنـه بنـدی خطر زمین لرزه شهرهایی که در کنـار گسـل‌هـا قـرار دارند، لزوم پهنه بندی خطر نسبی را در استان لرستان آشکار مـی‌سـازد. بنـابراین بـرای جلـوگیری از تمرکـز نواحی مسکونی در پهنه‌های پرخطر زلزله و به منظـور هدایت جریان‌های جمعیتی و سایر فعالیت‌ها به مناطق کم خطر و امن با هدف کاهش آسیب پـذیری، تهیـه و ترسیم نقشهٔ پهنه بندی خطـر زمـین لـرزه در اسـتان

لرستان ضروری به نظر می‌رسد. هدف این پژوهش بررسی ویژگی‌های لرزه‌خیزی و لرزه زمین ساختی منطقه، پهنه بندی خطر زمین‌لرزه و تحلیل ریسک-پذیری سکونتگاه‌های شهری و تعیین حدود جمعیت آسیب‌پذیر استان لرستان می‌باشد.

اهداف پژوهش

الف- بررسی چگونگی پراکنش فضایی جمعیت و الگوی پراکنش شهرهای مهم استان لرستان.

ب- بررسی پراکنش فضایی شهرها و جمعیت شهری استان لرستان در ارتباط با خطر زلزله.

مواد و روش‌ها

الف- داده‌های مورد استفاده

نقشهٔ گسل‌های استان، داده‌های تاریخی و دستگاهی دورهٔ (۲۰۱۰ - ۱۹۰۰) که از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور و پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله جمع‌آوری شده‌اند، آمار مربوط به جمعیت استان از نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵، مربوط به مرکز آمار ایران.

ب- روش پژوهش

نوع تحقیق از نظر هدف کاربردی- توسعه‌ای و روش تحقیق توصیفی- تحلیلی است. محدودهٔ مطالعاتی سکونتگاه‌های شهری استان لرستان می‌باشد. برای تعیین ویژگی‌های لرزه خیزی منطقه با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری، فراوانی وقوع زمین‌لرزه‌ها، بزرگی و توزیع مکانی کانون لرزه‌ها و موقعیت گسل‌ها در استان بررسی و نقشه‌های لازم تهیه گردید. دربارهٔ رابطهٔ میان حداکثر شدت زلزله‌ها در کانون مه لرزه ای و بزرگی زلزله نیز از رابطهٔ تجربی آمبرسزوملویل (۱۹۸۲) استفاده شد.

$$I_o = 1.04M_b + 2.6$$

در این رابطه I_0 شدت زلزله در کانون زلزله بر حسب مرکالی و M_b بزرگی امواج حجمی زلزله است.

جهت پهنه بندی منطقهٔ مورد نظر از لحاظ خطر زمین لرزه از توابع تحلیل مکانی استفاده گردید. این توابع داده‌هایی مکانی و اطلاعات توصیفی موجود در پایگاه داده‌ها را برای پاسخگویی به فرضیه‌ها به کار می‌برند. از جملهٔ این توابع که در این پژوهش مورد استفاده واقع گردید، « تحلیل زمین آمار[1] » می‌باشد. از آنجا که این تحلیل از جمله تحلیل‌های مهم برایدرون-یابی[2] است، لذا در این پژوهش با استفاده از این تحلیل و انتخاب روش درون‌دهی فاصلهٔ معکوس یا[3]«IDW » به پهنه بندی خطر زلزله در سطح استان لرستان پرداخته شده است و نهایتاً جمعیت آسیب‌پذیر مشخص گردید.

پیشینهٔ پژوهش

در زمینهٔ پژوهش‌های داخلی، تاکنون مطالعات ارزشمندی دربارهٔ شناسایی گسل‌ها و مشخص نمودن نواحی آسیب پذیر صورت گرفته از جمله صفایی (۱۳۸۲) در طرح پژوهشی گسل‌های جدیدی در شعاع ۱۰۰ کیلومتری شهر اصفهان شناسایی نموده، همچنین شاهپسند زاده و حیدری (۱۳۸۲) به بررسی مقدماتی لرزهٔ زمین ساخت و تاریخچهٔ لرزه خیزی استان اصفهان پرداخته‌اند. مهاجر اشجعی (۱۳۶۰) نیز به ثبت و تفسیر زمین لرزه‌های مناطق اصفهان و شهرکرد پرداخته است. حاتمی نژاد و همکاران (۱۳۸۸) در مقاله‌ای به ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزهای در شهر در منطقه ۱۰ تهران پرداخته‌اند.

در زمینهٔ پژوهش‌های خارجی کینگ[4] و همکارش (۱۹۹۵) در پژوهشی در منطقهٔ پلوآلتو کالیفرنیا خطر زمین لرزه و تخمین خسارات ناشی از آن را با سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی کرده‌اند.در این پژوهش بعد از بررسی لایه‌های مختلف، در نهایت نقشه‌های پهنه

1 - Geostatistical Analysis
2 - Inter Polation
3 - Inverse Distance Weighted
4 -King

بندی استخراج گردیده است. ماتسواوکا[1] (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[2] و همکاران (۲۰۰۰) به تجزیه و تحلیل خطر لرزه-ای در منطقهٔ هنگ کنگ بر اساس زلزله‌های ثبت شده پرداخته‌اند. یان[3] (۲۰۰۳) راه‌های توسعهٔ استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی خطر لرزه‌ای را مورد بررسی قرار داده است. کمپ[4] و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی و تهیهٔ نقشهٔ حساسیت زمین لغزه برای زلزلهٔ سال ۲۰۰۵ منطقه کشمیر پرداخته‌اند. فنگ و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی به شبیه سازی فاجعه زلزله برای یک منطقهٔ شهری با ادغام دادهای سیستم اطلاعات جغرافیایی،CAD،FEA و VR پرداخته‌اند.

بحث و نتایج

- زمین شناسی استان لرستان

استان لرستان به علت قرار داشتن بر روی زون لرزهٔ زمین ساخت زاگرس، از نواحی لرزه خیز ایران می‌باشد. وقوع زمین‌لرزه‌های مخرب در سیمره، سایروان، درهٔ سیلاخور، بروجرد و ... در ادوار مختلف تاریخی (۱۳۳۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶) بهترین گواه لرزه خیزی این منطقه می‌باشد. پژوهشگران متعددی صفحهٔ ایران را به بخش‌های مختلف زمین ساختی تقسیم نموده‌اند و در اکثر این تقسیم بندی‌ها، استان لرستان در پهنهٔ زاگرس قرار می‌گیرد. لرستان در واقع بخشی از رشته کوه‌های چین خورده-رانده شده زاگرس می‌باشد. براساس مطالعات بربریان (۱۹۹۵) زاگرس را می‌توان بر اساس داده‌های مورفوتکتونیکی، لرزه‌ای، ساختاری و رخساره‌های رسوبی به پنج واحد تقسیم کرد که هر بخش با گسل‌های ژرفی پی سنگ و به طور عام پنهان از یکدیگر جدا می‌شوند.

وقوع زمین‌لرزه‌های زاگرس ناشی از کوتاه شدگی پی سنگ زاگرس در اثر تغییر عملکرد گسل‌های عادی پی سنگ (با شیبی به سمت شمال شرق) به صورت گسل‌های معکوس با شیب زیاد، در نظر گرفته می‌شود. در اکثر زمین‌لرزه‌های این ناحیه، وجود یک گسل رانده با مؤلفهٔ امتدادلغز یا گسل امتدادلغز با مؤلفهٔ شیب‌لغز معکوس قابل توجه می‌باشند.

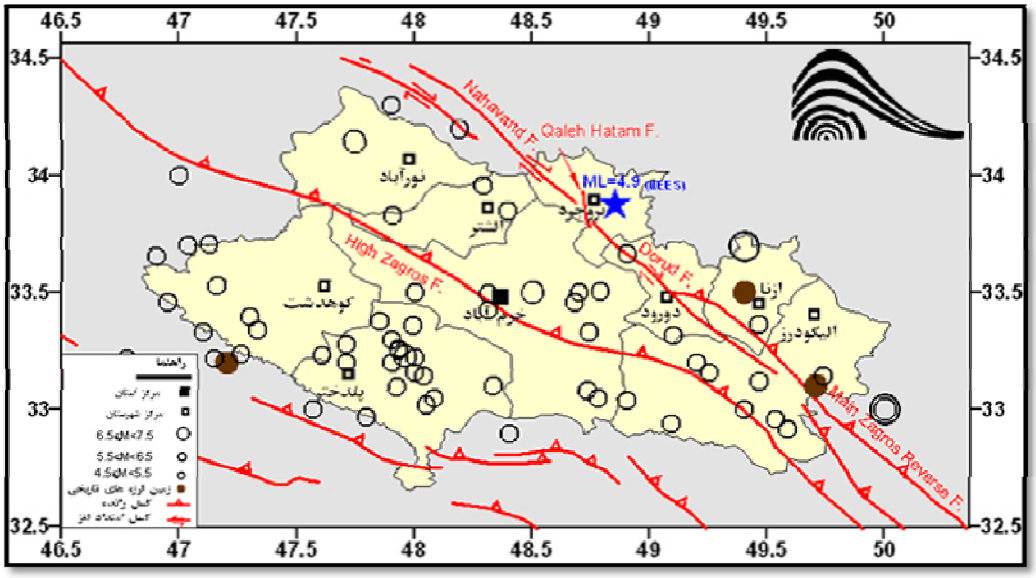
در خصوص علت وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد در پهنهٔ زاگرس می‌توان به این نکته اشاره کرد که به علت قرار گرفتن پهنهٔ ایران بین صفحه‌های عربی و اوراسیا از یک سو و حرکت صفحهٔ عربی به سوی اوراسیا (با سرعت حدود ۳/۵ سانتیمتر در سال) از سوی دیگر، پهنهٔ ایران به صورت مداوم دارای فرم دگر شکلی منحصر به فردی می‌باشد. مرز فلات ایران با صفحهٔ عربی گسل اصلی تراستی زاگرس است. بخشی از دگرشکل‌های ناشی از حرکت صفحهٔ عربی و نیروهای فشارشی حاصل از این حرکت در پهنهٔ زاگرس به صورت رخدادهای زمین‌لرزه نمایان می‌باشد و هر از چند گاهی زمین‌لرزه‌های مخربی در این پهنه رخ می‌دهند.

- لرزهٔ زمین ساخت استان لرستان

با تحلیلی که بر روی داده‌های ثبت شدهٔ زلزله در استان لرستان انجام داده‌ایم؛ طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۰۰ میلادی رقمی بالغ بر ۲۶۰ زمین لرزه سه ریشتری و بیشتر در استان لرستان به ثبت رسیده است. در چند سال اخیر و با دقیق‌تر شدن دستگاه‌های لرزه نگار این تعداد بیشتر و دقیق‌تر از قبل ثبت می‌شود. با توجه به فراوانی زیاد زلزله‌های یک تا چهار ریشتری در سطح استان در این دوره و همچنین تأثیر ناچیز این زلزله‌ها در خرابی سکونتگاه‌ها، در این پژوهش فقط زلزله‌های بالای ۴ ریشتر در نظر گرفته شده‌اند.

1 -Matsuoka
2 -Lee
3 -Yuan
4 -Kamp

سطحی بودن عمق اغلب زمین لرزه‌ها در ایران و قدیمی و فرسوده بودن بافت بسیاری از سکونتگاه‌ها موجب شده وقوع زمین لرزه‌های متوسط و حتی کوچک (۳-۴ ریشتر) نیز علاوه بر این که موجب وحشت مردم می‌شود، خسارت‌هایی هم به سکونتگاه‌های قدیمی و شبکه‌های ارتباطی از قبیل مسدود شدن جاده‌ها و غیره وارد آورد.

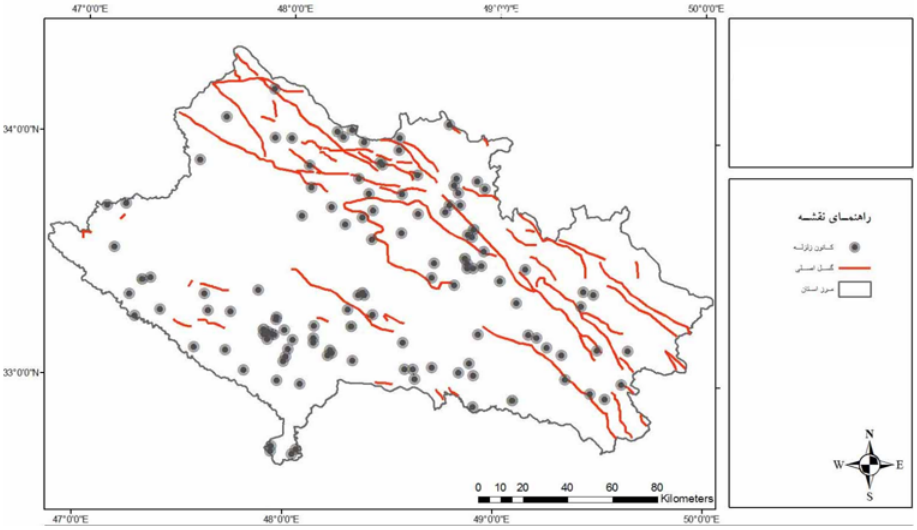


شکل ۱: موقعیت گسل‌های اصلی در استان لرستان.

مأخذ: پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

شکل ۱ موقعیت گسل‌های فعال در استان لرستان را نشان می‌دهد. با استفاده از نرم افزار GIS و با اجرای شرط مکانی[1] بر روی دو لایه، کانون‌های زلزله و گسل‌ها مشخص گردید که ۷۰ درصد کانون‌های زلزله در فاصلهٔ ۲۰ کیلومتری گسل‌های اصلی قرار دارد.

همچنین با بررسی بزرگی زلزله‌ها در ارتباط با موقعیت گسل‌ها، این نتیجه حاصل شده که زمین لرزه‌های بالای ۴ ریشتر در نزدیکی گسل‌های اصلی اتفاق افتاده است.



شکل ۲: موقعیت کانون‌های زلزله و گسل‌های استان لرستان، ترسیم: پژوهشگران

1- Select by location

تحلیل تراکم و پراکنش جمعیت استان لرستان

پراکنش جمعیت در سطح استان به پیروی از موقعیت، منابع آب و خاک و ظرفیت‌های موجود، متوازن نیست. بر اساس داده‌های سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵، شهرستان خرم آباد با داشتن حدود ۲۹/۱۷ درصد از جمعیت استان، پر جمعیت‌ترین پهنهٔ استان را تشکیل داده است. شهرستان‌های بروجرد و کوهدشت با پوشش جمعیتی به ترتیب ۱۹/۹۴ درصد و ۱۱/۹۳ درصد در مراتب بعدی قرار می‌گیرند.

بررسی میزان تراکم جمعیت در استان لرستان بیانگر عدم تشابه تراکم نسبی جمعیت در سطح شهرستان‌های استان است. شهرستان‌های بروجرد و دورود به ترتیب با تراکم جمعیتی ۱۹۶/۷۷ نفر در کیلومتر مربع و ۱۰۷/۶۷ نفر در کیلومتر مربع، پهنهٔ پر تراکم استان را تشکیل می‌دهند. شهرستان خرم آباد با تراکم جمعیتی ۷۴/۱۴ نفر در کیلومتر مربع در مرتبهٔ بعدی قرار دارد. به طور کلی با توجه به وسعت شهرستان‌های پلدختر، الیگودرز، سلسله، دلفان و کوهدشت، این شهرستان‌ها از پهنه‌های کم جمعیت استان به شمار می‌آیند. میزان تراکم جمعیت در شهرستان بروجرد ۱۰/۳ برابر شهرستان پلدختر و ۸/۳ برابر شهرستان الیگودرز است. همچنین شکاف جمعیتی در پرتراکم‌ترین شهرستان (بروجرد) در مقایسه با شهرستان دورود که در مرتبهٔ دوم از این نظر قرار دارد، ۱/۸ برابر است. در واقع، این تحلیل‌ها، جملگی نشان دهندهٔ توزیع نامتوازن جمعیت در سطح شهرستان‌های استان است.

جدول ۱: توزیع و تراکم جمعیت در شهرستان‌های استان لرستان، سال ۱۳۸۵

شهرستان	مساحت (کیلومتر مربع)	تعداد جمعیت	توزیع جمعیت	تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر مربع)
استان	۲۸۰۶۴	۱۵۸۴۴۳۴	۱۰۰	۵۶/۴۶
ازنا	۱۲۱۲	۷۲۵۸۳	۴/۵۸	۵۹/۸۹
الیگودرز	۵۶۸۰	۱۳۳۹۳۸	۸/۴۵	۲۳/۵۸
بروجرد	۱۶۰۶	۳۱۶۰۱۴	۱۹/۹۴	۱۹۶/۷۷
پلدختر	۳۶۱۵	۶۹۳۶۵	۴/۳۸	۱۹/۱۹
خرم آباد	۶۲۳۳	۴۶۲۱۳۳	۲۹/۱۷	۷۴/۱۴
دلفان	۲۷۰۰	۱۲۸۰۷۸	۸/۰۸	۴۷/۴۴
دورود	۱۳۲۶	۱۴۲۷۷۳	۹/۰۱	۱۰۷/۶۷
سلسله	۱۷۸۸	۷۰۵۸۶	۴/۴۵	۳۹/۴۸
کوهدشت	۳۹۰۴	۱۸۸۹۶۴	۱۱/۹۳	۴۸/۴۰

مأخذ: داده‌های سالنامه آماری استان لرستان، سال ۱۳۸۵، تحلیل‌ها از پژوهشگران.

الگوی پراکنش جمعیت شهری استان

مراکز شهری ایران با فاصلهٔ متوسط تقریباً ۵۳ کیلومتر از یکدیگر قرار گرفته‌اند. در کشور ایران که بیش از نیمی از آن را بیابان‌ها و کوه‌ها احاطه کرده، تعداد قابل ملاحظه‌ای از مراکز شهری در نقاط مساعد و قابل سکونت بنا شده‌اند و از طرفی دیگر مناطق بسیار وسیعی از کشور خالی از نقاط شهری می‌باشد (نظری، ۱۳۶۸، ۱۷۸).

در مورد استان لرستان همان گونه که در جدول شمارهٔ ۲ مشاهده می‌شود، آنچه که قابل توجه می‌باشد، آن است که با افزایش تعداد نقاط شهری، فاصلهٔ نقاط شهری به طور متوسط کاهش یافته است. ظهور شهرهای جدید از قبیل ازنا، اشترنیان، پلدختر و ... در استان که در فاصله‌های ۱۳۲ کیلومتری و ۱۱۰ کیلومتری از مرکز استان قرار گرفته‌اند، گواه این موضوع است. در کلیهٔ دوره‌های سرشماری، شهر

الیگودرز با ۱۵۴ کیلومتر بیشترین فاصله را با مرکز استان داشته و در سال‌های ۴۵ تا ۵۵ شهر دورود با ۸۶ کیلومتر و در سال‌های ۸۵تا ۷۵ شهر الشتر با ۵۲ کیلومتر کم‌ترین فاصله را تا مرکز استان داشته‌اند. در مورد نقش فاصلهٔ شهرها تا مرکز استان، در پیدایش، پراکندگی و توسعهٔ شهرها و همچنین جذب جمعیت باید یادآوری کرد که شهر خرم آباد به عنوان مرکز استان، در تأمین سرویس دهی خدماتی، اقتصادی و اجتماعی به شهرهای اطراف و پیرامون نقش اساسی را ایفا می‌نماید. شهرهایی که با مرکز استان فاصلهٔ بیشتری دارند. (الیگودرز) قطعاً ارتباط ضعیف‌تری را نسبت به شهرهایی با فاصلهٔ کمتر با مرکز استان (الشتر) دارد و بالعکس نیز خدمات دهی مرکز استان نیز در شهرهایی که فاصله دورتری را نسبت به مرکز استان دارند، نسبت به شهرهای مجاور کمتر است. بر این اساس حدود نیمی از شهرهای استان فاصلهٔ زیر ۱۰۰ کیلومتری تا مرکز استان قرار گرفته‌اند و بقیهٔ شهرها در فاصلهٔ بالای ۱۰۰ کیلومتر تا مرکز استان قرار گرفته‌اند. به طور کلی علت اهمیت عامل فاصلهٔ بین دو نقطه بدین خاطر است که فاصله از جمله عواملی است که جاذبه به وجود می‌آورد و عامل جمعیت تکمیل کنندهٔ آن می‌باشد. عوامل فوق باعث می‌شود که انسان‌ها به علل گوناگونی مانند تمرکز خدمات در یک منطقه تجمع پیدا کنند.

جدول ۲: جمعیت و فاصلهٔ شهرهای استان تا مرکز استان سال ۱۳۸۵

ردیف	نام شهر	جمعیت سال۸۵	فاصله تا مرکز استان (km)	رتبه از نظر فاصله تا مرکز
۱	ازنا	۳۹۴۸۵	۱۳۲	۸
۲	اشترنیان	۹۰۰۰	۱۲۴	۷
۳	الشتر	۳۱۴۸۱	۵۲	۱
۴	الیگودرز	۷۹۹۷۲	۱۵۴	۹
۵	بروجرد	۲۲۵۸۰۹	۱۰۶	۵
۶	پلدختر	۳۰۵۴۱	۱۱۰	۶
۷	خرم آباد	۳۴۵۰۵۶	۰	-
۸	دورود	۱۰۲۳۱۳	۸۶	۲
۹	کوهدشت	۹۹۹۶۳	۲۴	۴
۱۰	نورآباد	۵۶۵۳۰	۹۲	۳

مأخذ: آمارنامهٔ سال ۱۳۸۵.

شبکهٔ شهری از رابطه‌ای که شهری معین با مادرشهر ناحیه و مراکز واسطهٔ شهری و یک رشته شهرک‌ها و روستاها برقرار می‌کند، به وجود می‌آید. اساس پرتو افشانی شهر به هر مقیاس و شدتی که باشد، زیر مساحت اقتصادی آن را تشکیل می‌دهد چرا که شهر به مانند ارگانیسمی زنده با تنش‌هایی تحریک می‌شود (جریان تولیدات، خدمات، ارتباطات، پول و مواد اولیه) و همین نقش‌ها در شکل یابی نقش شهر و بازتاب آن روی ناحیه اثر محسوسی دارد (فرید، ۱۳۶۸:۴۷۲).

بر همین اساس تعیین یک عده از سطوح که از نظر اقتصادی، اجتماعی و طبیعی یکدست باشد و ارتباطات اقتصادی و سرویس دهی آنها با هم انجام گیرد، نیازمند درک سازمان فضایی فعالیت‌ها می‌باشد و به عوامل متعددی بستگی دارد. مدل جاذبه یا تعیین نقطهٔ جدایی[1] الهام گرفته از قانون جاذبهٔ نیوتون است

[1] - $B.P.D = \frac{d}{1+\sqrt{\frac{PL}{Ps}}}$

B.P.D: فاصلهٔ نقطه جدایی بین دو نقطه

d= فاصلهٔ مکانی بین دو شهر

PL: جمعیت شهر بزرگ‌تر

و یکی از روش‌هایی است که می‌توان بر اساس آن ضمن یافتن سلسله مراتب شهری، از آن به عنوان پایه و اساس طرح نهایی با توجه به استراتژی‌های توسعهٔ کالبدی بهره‌مند گردید. بر اساس این مدل فرض می‌شود که عمل متقابل بین دو نقطه به صورت مستقیم با توده یا پیرامون آن دو مرکز یا نقطه متناوب است و با مجذور فاصلهٔ موجود بین آن دو مرکز نسبت عکس دارد. به بیان دیگر نیروی کشش بین مراکز i و g با مجذور در فاصلهٔ آنها نسبت معکوس دارد.

مدل فوق برای استان به کار گرفته شده است. بر اساس محاسبات انجام شده مرز نقطهٔ جدایی برای شهرهای حوزهٔ شمالی و شرقی و حوزه‌های غربی در جدول شمارهٔ ۳ تعیین گردید و با در نظر گرفتن این که حوزه‌های شمالی و شرقی شامل شهرهای اشترینان، بروجرد، دورود، ازنا، الیگودرز می‌باشد، عنوان سطوح اول، دوم و سوم خدماتی عملکرد دارند. شهر خرم آباد که از شهرهای حوزهٔ غربی است دارای سطح یک خدمات رسانی در استان تلقی می‌شود.

بر اساس رابطهٔ فوق، فاصله و جمعیت و با توجه به فرمول نقطهٔ جدایی نسبت به هم بررسی شده و نتایج زیر به دست آمده است:

الف: شهرهای الیگودرز، بروجرد، دورود، اشترینان و ازنا که در حوزهٔ شمالی و شرقی واقع شده‌اند، با توجه به فواصل نقطهٔ جدایی بین آنها، قسمت‌هایی از سطح استان را تحت نفوذ خود قرار داده، روابط عملکردی را تقریباً منعکس می‌کنند.

ب: فاصلهٔ نقطهٔ جدایی حاصله در حوزهٔ غربی (بین شهرهای خرم آباد، کوهدشت، نورآباد) و (الشتر، کوهدشت با پلدختر و نور آباد و الشتر) با منطقهٔ تحت نفوذ آنها نسبتاً مطابقت دارد و از لحاظ عملکردی می‌تواند مورد مقایسه قرار گیرد.

ج: کم‌ترین فاصلهٔ نقطهٔ جدایی با ۲/۵ کیلومتر مربوط به شهرهای بروجرد، اشترینان و بیشترین فاصلهٔ نقطهٔ جدایی با ۵۰/۵ کیلومتر بین شهرهای خرم آباد و بروجرد است.

جدول ۳: فاصلهٔ نقطهٔ جایی شهرهای استان تا مرکز استان در سال‌های ۶۵- ۷۵- ۸۵

نام شهر	فاصله بین شهر تا شهر بزرگ‌تر (km)	۱۳۶۵		۱۳۷۵		۱۳۸۵	
		جمعیت	نقطهٔ جدایی	جمعیت	نقطهٔ جدایی	جمعیت	نقطهٔ جدایی
خرم آباد	۰	۲۴۹۲۶۳	—	۲۶۹۹۰۰	—	۳۴۵۰۵۶	—
ازنا	۱۳۲	۲۹۸۵۹	۳۳.۸	۳۵۱۸۶	۳۵.۷	۳۹۴۸۵	۳۳.۴
اشترینان	۱۲۴	۵۲۸۷	۱۵.۹	۵۴۱۴	۱۵.۳	۵۴۰۷	۱۳.۷
الشتر	۵۲	۲۲۶۵۵	۱۲.۱	۲۳۰۲۹	۱۱.۸	۳۱۴۸۱	۱۲
الیگودرز	۱۵۴	۵۸۶۴۸	۴۹.۷	۶۹۱۲۰	۵۱.۳	۷۹۹۷۲	۵۰
بروجرد	۱۰۶	۲۰۱۰۱۰	۵۰.۵	۲۱۵۳۹۱	۵۰.۵	۲۳۴۸۰۹	۴۷.۹
پلدختر	۱۱۰	۱۵۰۲۸	۲۱.۷	۱۶۷۸۲	۴۷.۸	۳۰۵۴۱	۲۵.۲
دورود	۸۶	۷۷۲۹۹	۴۷.۸	۸۷۶۷۲	۵۳.۷۵	۱۰۲۳۱۳	۳۰.۳
کوهدشت	۹۴	۶۱۹۳۵	۳۱.۳	۷۲۳۷۸	۳۲.۴	۹۹۹۶۳	۳۲.۹

مأخذ: تحلیل‌ها از پژوهشگران.

Ps: جمعیت شهر کوچک‌تر

پهنه بندی خطر زمین لرزه در استان

زلزله‌هایی که در پهنهٔ ایران رخ می‌دهند، معمولاً از نوع سطحی و یا با عمق حدوداً ۳۲ کیلومتر هستند (نگارش، ۱۳۸۲، ۳). سطحی بودن عمق زمین لرزه‌ها و بافت فرسوده و قدیمی بسیاری سکونتگاه‌ها موجب شده با وقوع زمین‌لرزه‌های متوسط و حتی کوچک مقیاس (۴-۳ ریشتری) نیز خسارت‌هایی به وجود آید (کرمی و دیگران، ۱۳۸۷، ۸۶).

میزان تأثیر زلزله بر سطح زمین به عواملی چون شدت وقوع زلزله، عمق کانونی و فاصله تا مرکز زلزله بستگی خواهد داشت. شدت زمین لرزه مقداری کیفی است و مبتنی بر نحوهٔ تأثیر پذیری بشر و اشیای واقع در سطح زمین از زلزلهاست و در مقابل بزرگی مقداری کمی است (معماریان، ۱۳۸۱، ۵۲۲). طبق رابطهٔ تجربی آمبرسزوملویل[1] (۱۹۸۲) $I_o = 1.04M_b +]$ $2.6]$ زلزله‌ای با بزرگی ۵ ریشتر ($M_b = 5$) شدتی معادل 7.8 مرکالی خواهد داشت. چنین شدتی باعث ایجاد خرابی کلی در ساختمان‌های خوب و ویرانی ساختمان‌های معمولی می‌گردد.

در پهنه بندی خطر زمین لرزه در استان لرستان با در نظر گرفتن زلزله‌های بالای چهار ریشتر طی صد سال گذشته (۲۰۱۰-۱۹۰۰) در سطح استان و ایجاد لایهٔ نقطه‌ای با کانون‌های فوق و با استفاده از روش IDW، کل استان به چهار پهنهٔ خطر «نسبتاً پایین، متوسط، زیاد و خیلی زیاد» تقسیم شده است. با تبدیل این نقشه به رستر[2] و سپس طبقه‌بندی مجدد[3] آن تعداد پیکسل‌های[4] موجود در هر پهنه، در جدول ویژگی[5] لایهٔ تولید شده به دست می‌آید که با استفاده از آن و معین بودن ابعاد پیکسل‌ها در نرم افزار، مساحت هر پهنه مشخص گردید.

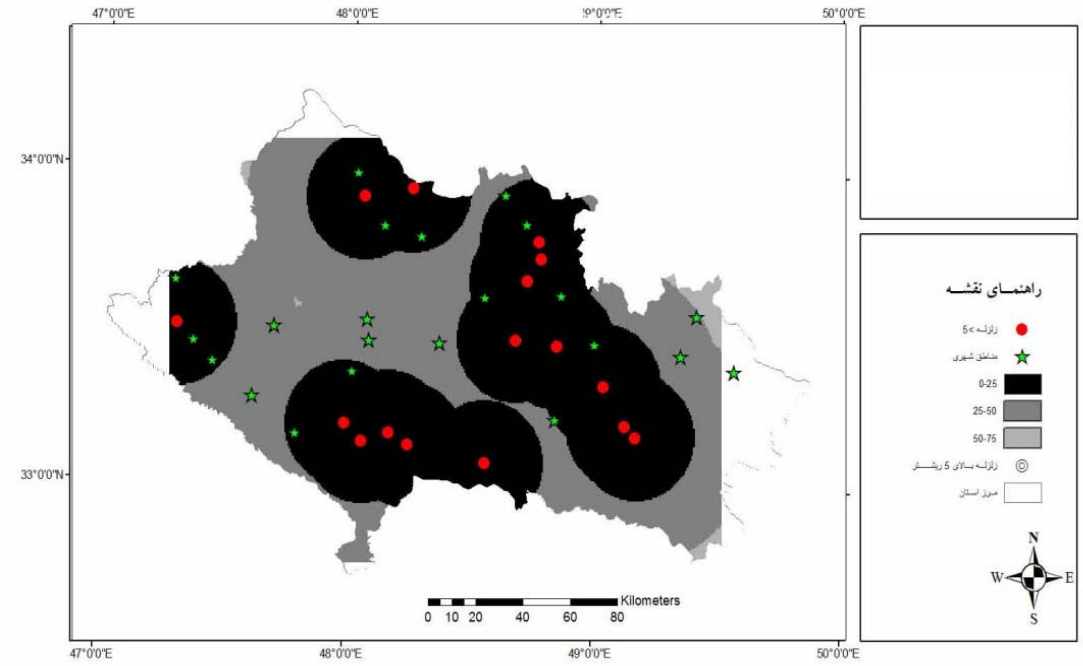
بر مبنای این نقشه، ۱۷ درصد مساحت استان در پهنهٔ خطر خیلی بالا با لرزه‌های بین ۶-۵ ریشتر، ۶۰ درصد مساحت در پهنهٔ خطر بالا با زلزله‌های بین ۵/۵-۵ ریشتر، ۲۰ درصد مساحت در پهنهٔ خطر متوسط با لزله‌های ۵-۴/۵ ریشتر و ۳ درصد در پهنهٔ خطر نسبتاً پایین با زلزله‌های ۴/۵-۴ ریشتر قرار دارد.

جدول ۴: مساحت پهنه‌های مختلف خطر بر اساس نقشه پهنه بندی

پهنهٔ خطر	مساحت km^2	درصد مساحت
خیلی زیاد	۴۶۶۹/۸۹۰۶	۱۷
زیاد	۱۶۹۲۳/۷۰۲۸۴	۶۰
متوسط	۵۷۴۵/۶۰۸۴۷۷	۲۰
نسبتاً کم	۸۷۷/۱۷۹۹۸۹۱	۳

مأخذ: محاسبات نگارندگان

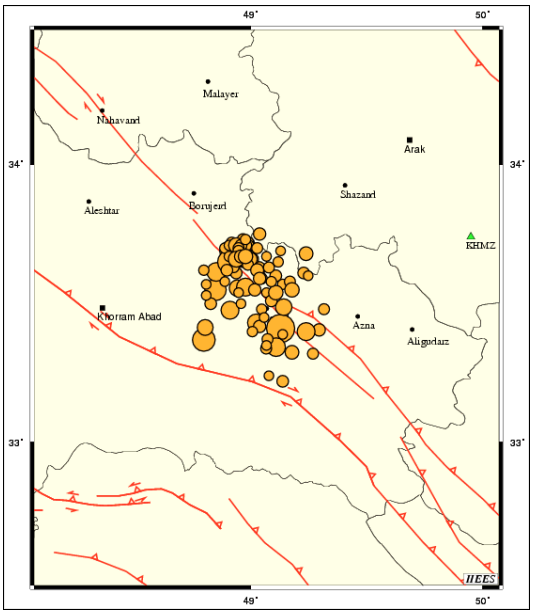
1 - Amberseys، N.N and Melville، C.P. (1982)
2 - Raster
3 - Reclassify
4 - Pixel
5 - Attribute table



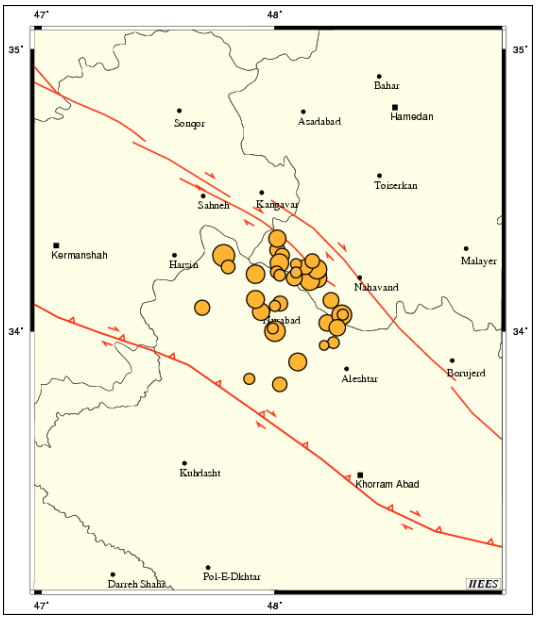
شکل ۳: نقشهٔ حریم شهرهای استان برای زلزله‌های بالای ۵ ریشتر، ترسیم: پژوهشگران

تعیین جمعیت شهری ریسک پذیر

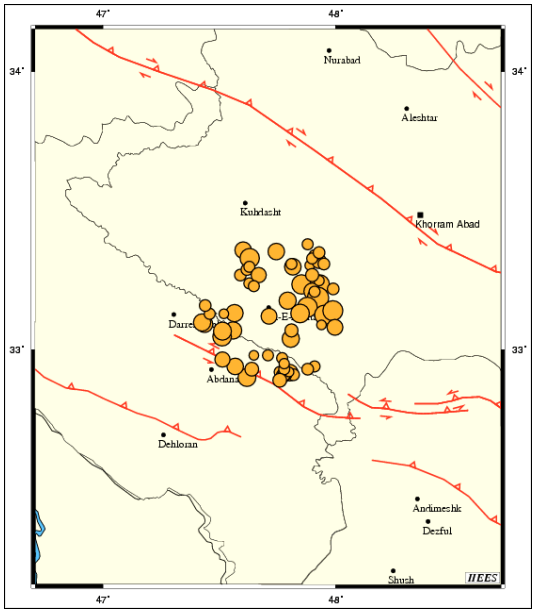
معمولاً در تحقیقات مربوط به کاهش تأثیرات مخرب زلزله به شناسایی مخاطره یا روش‌های ساخت و ساز و مقاوم‌سازی بناها بیشتر توجه شده، تحلیل آسیب‌پذیری و ریسک‌پذیری جوامع انسانی به فراموشی سپرده می‌شود. در حالی که معرفی سکونتگاه‌های آسیب‌پذیر و جمعیت واقع در پهنه‌های پرخطر از نکات کلیدی است تا بتوان با برنامه‌ریزی‌های مناسب، برای ایمن سازی و کاهش ضریب خطرپذیری آنها اقدام کرد. برای تحلیل و بررسی جمعیت شهری آسیب‌پذیر از خطر زلزله در سطح استان، لایهٔ نقاط شهری را با نقشهٔ پهنه بندی تولید شده انطباق داده‌ایم و این نتیجه حاصل شده که در پهنهٔ با خطرنسبتاً پایین، تعداد ۷ شهر همراه با ۱۵۰۵۳۳ جمعیت و ۱۵ درصد جمعیت شهری، در پهنهٔ با خطر متوسط، ۱۱ شهر با جمعیت ۵۷۰۰۲۶ نفر و ۵۶ درصد جمعیت شهری، در پهنهٔ خطر زیاد، ۳ شهر با ۲۴۰۲۲۲ جمعیت و ۲۳ درصد جمعیت و در پهنهٔ خطر خیلی زیاد، ۲۰ شهر با ۵۹۳۶۹ جمعیت و۶ درصد جمعیت شهری قرار گرفته‌اند.



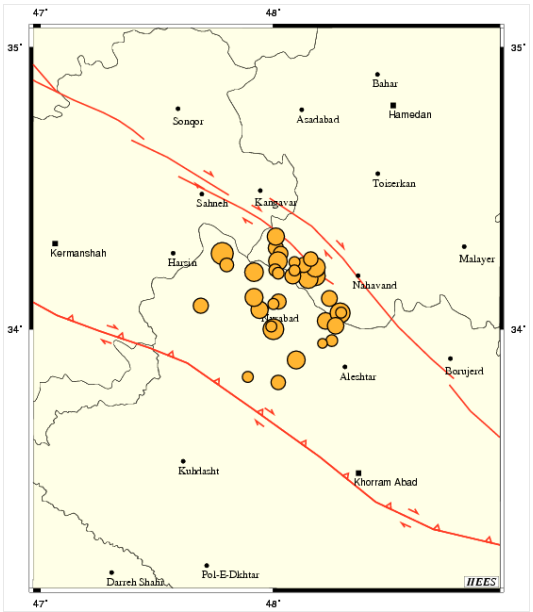
شکل ۴: انطباق شهرهای شمالی و شمال شرقی استان لرستان با نقشهٔ گسل‌های فعال و کانون زلزله‌های اخیر.



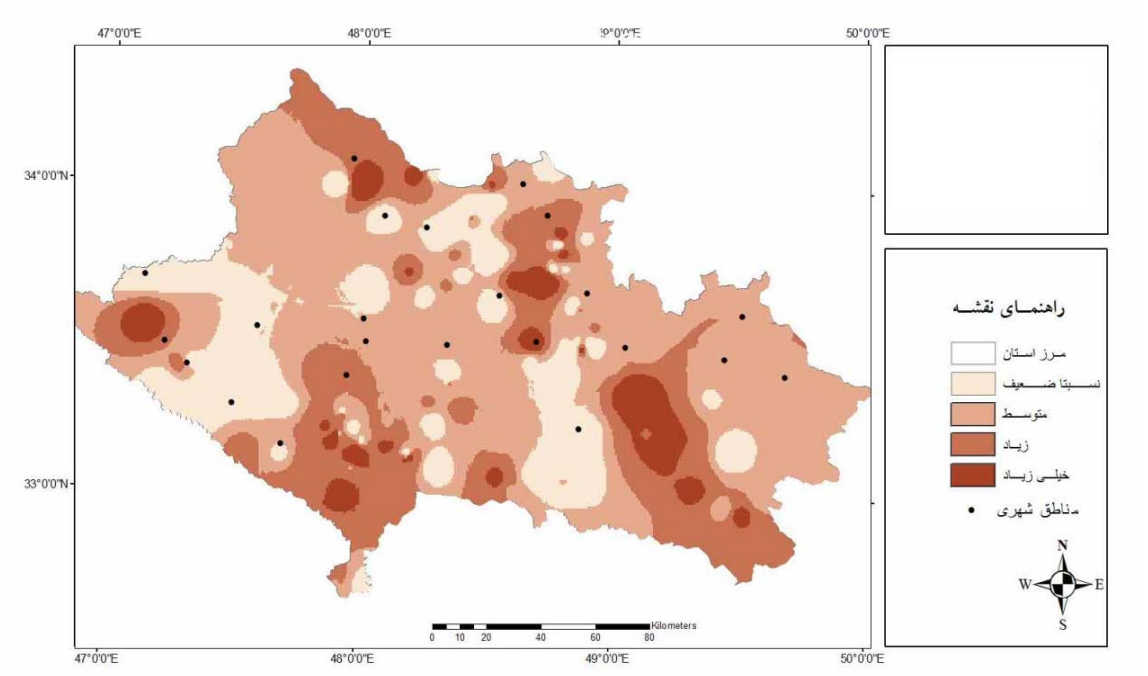
شکل ۵: انطباق شهرهای شمالی و شمال غربی استان لرستان با نقشهٔ گسل‌های فعال و کانون زلزله‌های اخیر.



شکل ۶: انطباق شهرهای جنوبی استان لرستان با نقشهٔ گسل-های فعال و کانون زلزله‌های اخیر.



شکل ۷: انطباق شهرهای جنوبی استان لرستان با نقشهٔ گسل-های فعال و کانون زلزله‌های اخیر.



شکل ۸: انطباق شهرهای استان لرستان با نقشهٔ پهنه بندی لرزه‌ای، ترسیم: پژوهشگران

جدول ۵: پراکنش جمعیت شهرهای استان لرستان در پهنه‌های مختلف خطر زلزله در سال ۱۳۸۵

پهنه‌های خطر	جمعیت شهری واقع در پهنهٔ	درصد جمعیت
نسبتاً کم	۱۵۰۳۳	۱۵
متوسط	۵۷۰۰۲۶	۵۶
زیاد	۲۴۰۲۲۲	۲۳
خیلی زیاد	۵۹۳۶۹	۶
جمع کل	۸۸۴۶۵۰	۱۰۰

مأخذ: محاسبات نگارندگان.

نتیجه‌گیری

برای تحلیل میزان ریسک پذیری سکونتگاه‌های شهری استان لرستان از خطر زلزله، ابتدا وضعیت زمین شناسی و لرزه شناسی مورد مطالعه قرار گرفته است. استان لرستان به علت قرار داشتن بر روی زون لرزهٔ زمین ساخت زاگرس، از نواحی لرزه خیز ایران می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل داده‌های لرزه‌نگاری صد سال اخیر (۲۰۱۰-۱۹۰۰) برای زمین-لرزه‌های بالای چهار ریشتر در سطح استان لرستان، فراوانی وقوع زلزله‌های ۵- ۴/۵ ریشتری بیشتر بوده و به تبعیت از دیگر زمین‌لرزه‌های کشور سطحی و کم عمق هستند. همچنین پراکنش کانون اغلب زمین لرزه‌ها پیرامون گسل‌های اصلی و فرعی، نشانگر پویایی و فعال بودن این گسل‌ها می‌باشد.

در ادامه با سه نوع تحلیل شامل وضعیت جمعیت، توزیع و تراکم جمعیت و وضعیت الگوی پراکنش جمعیت مورد مطالعه قرار گرفته است. بعد از این سه نوع تحلیل که همگی در یک راستا بوده‌اند، پهنه بندی

خطر انجام شده و ریسک پذیری سکونتگاه‌های شهری به دست آمده است.

میزان تراکم جمعیت در استان لرستان بیانگر عدم تشابه تراکم نسبی جمعیت در سطح شهرستان‌های استان است. شهرستان‌های بروجرد و دورود به ترتیب با تراکم جمعیتی ۱۹۶/۷۷ نفر در کیلومتر مربع و ۱۰۷/۶۷ نفر در کیلومتر مربع، پهنهٔ پر تراکم استان را تشکیل می‌دهند و جمعیت استان لرستان متمرکز بوده که این تمرکز خود می‌تواند عاملی در افزایش آسیب-پذیری لرزه ای گردد. همچنین شهرهای مهم استان بنا به دلایل تاریخی، اقلیمی و ... به صورت نامنظم و ارگانیک توزیع یافته‌اند که گسترش تعدادی از آنها در حریم گسل‌ها و به سمت پهنه‌های پرخطر می‌باشد. آنچه که قابل توجه می‌باشد آن است که با افزایش تعداد نقاط شهری فاصلهٔ نقاط شهری به طور متوسط کاهش یافته است. بر مبنای نقشهٔ پهنه بندی خطر زلزله، ۱۷ درصد مساحت استان در پهنهٔ خطر خیلی بالا با لرزه‌های بین ۶-۵ ریشتر، ۶۰ درصد مساحت در پهنهٔ خطر بالا با زلزله‌های بین ۵/۵-۵ ریشتر، ۲۰ درصد مساحت در پهنهٔ خطر متوسط با زلزله‌های ۵-۴/۵ ریشتر و ۳ درصد در پهنهٔ خطر نسبتاً پایین با زلزله‌های ۴/۵-۴ ریشتر قرار دارد. در تعیین جمعیت شهری ریسک پذیر، این نتیجه حاصل شد که در پهنهٔ با خطر نسبتاً پایین، تعداد ۷ شهر همراه با ۱۵۰۵۳۳ جمعیت و ۱۵ درصد جمعیت شهری، در پهنهٔ با خطر متوسط، ۱۱ شهر با جمعیت ۵۷۰۰۲۶ نفر و ۵۶ درصد جمعیت شهری، در پهنهٔ خطر زیاد، ۳ شهر با ۲۴۰۲۲۲ جمعیت و۲۳ درصد جمعیت و در پهنهٔ خطر خیلی زیاد، ۲۰ شهر با ۵۹۳۶۹ جمعیت و ۶ درصد جمعیت شهری قرار گرفته‌اند.

بنابراین با بررسی ویژگی‌های لرزه‌خیزی استان و توان لرزه زایی گسل‌های فعال آن باید در سیاست گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های استان نسبت به ایجاد سکونتگاه‌های جدید و رشد سکونتگاه‌های شهری موجود دقت شود.

منابع و مآخذ

- شاهپسند زاده مجید و مهدی حیدری، (۱۳۸۲)؛ بررسی مقدماتی لرزه زمین ساخت و تاریخچه لرزه خیزی در استان اصفهان.
- حسین زاده، سیدرضا (۱۳۸۳)، « برنامه ریزی شهری همگام با مخاطرات طبیعی با تأکید بر ایران»، مجلهٔ جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شمارهٔ سوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- حاتمی نژاد، حسین، حمید فتحی و فرشید عشق‌آبادی (۱۳۸۸)، «ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزهای در شهر (نمونهٔ مورد مطالعه: منطقهٔ ۱۰ شهرداری تهران»، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شمارهٔ ۶۸، دانشگاه تهران.
- دفتر آمار و اطلاعات استانداری لرستان (۱۳۸۵)، سالنامهٔ آماری استان لرستان.
- عکاشه، بهرام (۱۳۷۸)، «زلزله خیزی مناطق مرکزی ایران»، فصلنامهٔ صنعت بیمه، شمارهٔ ۵۵، تهران
- کرمی، فریبا، مریم بیانی و داوود مختاری (۱۳۸۷)، «خطر زمین لرزه و تحلیل ریسک پذیری مراکز جمعیتی از زلزله (مورد شهرستان بستان آباد)»، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، شمارهٔ ۹۱.
- فرهودی، رحمتا...، سعید زنگنه و رامین ساعد (۱۳۸۸)، «چگونگی توزیع فضایی جمعیت در نظام شهری ایران طی سال‌های۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵»، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شمارهٔ ۶۸، انتشارات دانشگاه تهران.
- فرید، یدا... (۱۳۶۸)، جغرافیا و شهرشناسی، انتشارات دانشگاه تبریز.
- صفایی، همایون (۱۳۸۳)، «طرح پژوهشی شناسایی و بررسی توان لرزه‌های گسل‌های اطراف اصفهان»، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری اصفهان.
- معماریان، حسین (۱۳۸۱)، زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران.
- مهاجراشجعی، ارسلان (۱۳۶۰)، ثبت و تفسیر لرزه‌های محلی و ویژگی‌های زلزله خیزی مناطق شهرکرد و اصفهان، امور ویژهٔ زلزله شناسی سازمان انرژی اتمی ایران.
- نظری، علی اصغر (۱۳۶۸)، جغرافیای جمعیت ایران، انتشارات گیتاشناسی.

- نگـارش، حسـین (۱۳۸۲)، « زلزلـه، شـهرها و گسـل‌هـا »، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تهران.

- Amberseys, N.and Melville. C.P. (1982), "A history of Persian earthquake, Cambridge earth Science series".

- Amy, k. and Mark Hme Donn. (2005), Selecting Independent Measure to Quantity, Melborne urban – Rural Gradient, Lanurb, Plan, Journal.

- Chardon,Anne – Cathrine, (1999). "A geographic approach of the global Vulnerability in urban Area: Case of Manizales. Colombian Andes.

- Feng, XU, Xuping, CHEN, Aizhu, REN, Xinzheng, LU (2008). Earthquake Disaster Simulation for an Urban Area, with GIS, CAD, FEA, and VR Integration, Tsinghua Science and Technology, Volume 13, Number S1.

- King, Stephanie A., Kiremidndjian Anne, (1995), Law Lincho H., Basoz Nersin I, Earthquake Damage and loss Estimation through GIS, Proceeding of earthquake engineering, Spain.

- 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.

- Matsuoka Masashi, Midorikawa Saburoh,b (1995), GIS Based Integrated Seismic hazard mapping for a large Metropolitan Area, Proceeding of earthquake engineering, Spain.

- Nateghi – A, Fariborz, (2009), "Disaster Mitigation Strategies in Tehran. Iran", Disaster Preventation and management

- Nateghi-A,fariborz (2000);Existing and proposed Earthquake Disaster Management organization for Iran, Disaster prevention and management,Vol 9,No3 , MCB university,Issno965-3562.

- Qurrantelli, El. (2003), Urban Vulnerability to disasters in developing Countries: Managing risks In building safer Cities. Washington.

- Yuan, Zhongxia (2003), Development of A GIS Interface for Seismic hazard Assessment, International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede, The Netherlands.

- www.iiees.acir

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

- www.ngdir.ir

پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور

- www.sci.ac.ir