مجله آمایش جغرافیایی فضا،
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال هفتم/ شماره مسلسل بیست و پنجم/ پاییز ۱۳۹۶

تحلیل و برآورد آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله. مطالعه موردی: شهر گرگان

نوشین صادقی[۱]، خدارحم بزی[۲]*، علیرضا خواجه شاهکوهی[۳]، حامد رضایی[۴]

[۱]کارشناس‌ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه گلستان
[۲]دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه گلستان
[۳]دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه گلستان
[۴]استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۸

چکیده

با توجه به رشد و تراکم فزاینده جمعیت شهرنشین کشور، وقوع حوادث طبیعی نظیر زلزله می تواند خسارتها و تلفات جبران ناپذیری بر پیکره شهرها وارد نموده و روند توسعه و گسترش آنها را دچار وقفه نماید. در همین راستا، هدف تحقیق حاضر، ارزیابی میزان آسیب پذیری ساختمانهای شهر گرگان در برابر زلزله می باشد که با روش توصیفی- تحلیلی انجام گرفته است. این امر پس از شناخت روشهای مختلف ارزیابی ساختمانها در برابر زلزله و انتخاب روش مناسب و سازگار با شرایط ساخت و ساز منطقه مورد مطالعه و نحوه برداشت های میدانی صورت گرفته است. گفتنی است در نهایت با بهره گیری از روش آریا (اصلاح شده)، سیستم اطلاعات جغرافیایی و نیز درون یابی به روش کریجینگ اقدام به تهیه نقشه های پیش بینی و برآورد شاخصهای تحقیق و تلفیق معیارها و پیاده سازی و اجرای مدل ارزیابی آریا شده است که خروجی آن ارایه و نمایش میزان آسیب پذیری ساختمانهای شهر گرگان و شناسایی پهنه های آسیب پذیر آن بوده است. نتایج تحقیق نشان می دهد که در حدود ۳۰۰ هکتار یعنی معادل ۱۷/۳۳ درصد از مساحت کل شهر گرگان در محدوده بسیار آسیب پذیر (خرابی، ریزش ساختمان و احتمال تلفات جانی) قرار دارند. همچنین تبیین درجات آسیب پذیری نشان می دهد، پهنه های مسکونی که اصول فنی ساخت و ساز مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ را رعایت کرده اند، در محدوده آسیب پذیری ناچیز قرار داشته و ۲۵/۵۸ درصد از کل فضاهای ساخته شده شهر را به خود اختصاص داده اند که اغلب در بافت جدید شهری واقع شده و در سالهای اخیر شکل گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری لرزه‌ای، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل ارزیابی کیفی آریا، آنالیز زمین‌آمار، شهر گرگان.

مقدمه و طرح مسئله

امروزه، آسیب‌پذیری سکونتگاههای انسانی در برابر مخاطرات طبیعی، به‌عنوان چالشی فراروی توسعهٔ کشورهای جهان تبدیل گردیده است؛ به‌طوری که در اکثر نقاط دنیا به دلایل متعدد از جمله توسعهٔ فیزیکی نامناسب، عدم رعایت اصول و مقررات شهرسازی، تمرکز بیش از حد جمعیت و ساختمان‌ها در مناطق مستعد بروز زلزله و مکان‌گزینی نامناسب، همواره در معرض خطرات ناشی از بلایای طبیعی قرار دارند؛ لذا باید به منظور کاهش خطرات محیطی، استانداردسازی مصالح ساختمانی، افزایش ضریب اطمینان و ایمنی در ساخت‌وسازهای جدید را در دستور کار قرار داد. زلزله پدیده‌ای است طبیعی که یکی از عوامل بروز حوادث پیش‌بینی نشده در سطح جوامع می‌باشد. قرارگیری کشور ایران در مناطق با خطرپذیری بالای زلزله در سطح جهان و وجود نقاط جمعیتی متراکم، ایران را به کشوری به شدت آسیب‌پذیر در برابر زلزله تبدیل نموده است. گزارش اثرات سوانح در جهان توسط فدراسیون بین‌المللی جمعیت‌های صلیب سرخ، (۲۰۰۱) ایران را از نظر سانحه‌خیزی پس از چین، هندوستان و بنگلادش در رتبهٔ چهارم کشورهای آسیایی قرار داده است (بیرودیان، ۱۳۸۵: ۴۶). بر

*نویسنده مسئول: Kh.bazi@yahoo.com

اساس مطالعات صورت گرفته حدود ۷۰ درصد مساحت ایران در مناطق زلزله‌خیز دنیا قرار دارد. بیشترین تلفات و خسارت‌ها نیز مربوط به زلزله است؛ به گونه‌ای که طی هزار سال گذشته به طور میانگین هر ده سال، یک زلزلهٔ بزرگ در کشور به وقوع پیوسته که دارای تلفات انسانی بوده است و به‌طور تقریبی طی این مدت بیش از ۴۵۰ هزار نفر جان خود را از دست داده‌اند (غلامی، ۱۳۹۱: ۲۹). تجربهٔ زلزله‌های اخیر نشان داده است که بخش عمده‌ای از آسیب‌های ناشی از زلزله می‌تواند به علت عدم رعایت اصول و ضوابط شهرسازی باشد که خود متأثر از عدم تخمین صحیح از آسیب‌پذیری شهرها در اثر وقوع زمین‌لرزه احتمالی است (ابلقی و صحرایی، ۱۳۸۳: ۴۲). به عبارت دیگر برنامه‌ریزی و مقررات توسعهٔ شهری نامناسب، آسیب‌پذیری در مقابل بلایای طبیعی را تشدید نموده است (Pelling, 2003: 34). به‌طوری‌که افزایش بی‌رویهٔ جمعیت، ساخت‌وسازهای شهری و گسترش آن تا حاشیهٔ شهرها، بدون برنامه‌ریزی مناسب و در نظر گرفتن تمهیدات و قوانین لازم، وخامت اوضاع را دوچندان کرده است. در شرایط کنونی، پیشگویی زمان دقیق زمین‌لرزه‌ها و پیشگیری از وقوع آن‌ها امکان‌پذیر نیست، اما کاهش زیان‌های ناشی از آن امکان‌پذیر است (اسلامی، ۱۳۸۸: ۱). در همین راستا ضروری است تا مطالعات و تحقیقات جامعی در ارتباط با شناخت اثرات زلزله در سطوح شهری و تشخیص مناطق با خطرپذیری بالا انجام شود؛ چرا که برنامه‌ریزی کاهش خسارات ناشی از زلزله در مناطق با خطرپذیری بالا می‌تواند با تقلیل آسیب‌پذیری شهرها، خسارات و مخاطرات ناشی از وقوع زلزله را کاهش بخشد (علوی و مسعود، ۱۳۸۶: ۳). استان گلستان که یکی از پرخطرترین مناطق و نواحی کشور ایران است از دیرباز مورد هجوم مخاطرات محیطی گوناگون به خصوص زلزله قرار داشته است و همه ساله زیان‌های مالی و جانی زیادی را متحمل شده است. گفتنی است گسل البرز در دامنهٔ شمالی رشته‌کوههای البرز با طول ۵۵۰ کیلومتر از لاهیجان تا مینودشت ادامه دارد که در حال حاضر نیز این گسل به شدت فعال است (آقانباتی، ۱۳۸۳: ۵۴۸). شهر گرگان نیز بر پهنه این گسل واقع شده و درصد بسیار زیادی از نواحی این شهر را در معرض آسیب‌پذیری ناشی از خطر زلزله قرار می‌دهد؛ بنابراین با توجه به این که در حال حاضر پیشگیری از وقوع زلزله ممکن نیست، یکی از عمده‌ترین فعالیت‌ها در راستای کاهش خطرات ناشی از زلزله و افزایش ایمنی عمومی، مطالعات پهنه‌بندی لرزه‌ای مناطق شهری و تعیین میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های گوناگون شهر به‌منظور برنامه‌ریزی صحیح و مناسب جهت پیشگیری یا کاهش خطرات احتمالی می‌باشد. در همین راستا، این تحقیق با هدف تحلیل و بررسی وضعیت آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی شهر گرگان به رشته تحریر درآمده است.

مبانی نظری

دانش برنامه‌ریزی شهری با تکیه بر داده‌های جغرافیایی می‌تواند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده‌ها، اصول مدیریتی لازم جهت کاهش آسیب‌پذیری شهرها را در برابر این حوادث به اجرا درآورد (Forrest, 1978: 12). داده‌های جغرافیایی برای اجرا و انجام مطالعهٔ قابلیت آسیب‌پذیری یک ناحیه، بسیار مهم است و به‌عنوان راهنما برای برنامه‌ریزی پیشگیری بلایای شهری به شمار می‌رود و در عمل، فقدان داده‌ها جدی‌ترین مشکل برای انجام این‌گونه مطالعات به خصوص در کشورهای در حال توسعه است (تقوایی و علیمحمدی، ۱۳۸۵: ۹۵)؛ بنابراین یکی از اهداف برنامه‌ریزی شهری به منظور پیشگیری از بلایا، تشخیص فرایند عناصر مخاطره‌آمیز و تقویت ایمنی محیط، به واسطهٔ اصلاح و بهبود شهر و شهرسازی است (عبداللهی، ۱۳۸۴: ۹۷)؛ زیرا یکی از مهم‌ترین عوامل در کاهش ضایعات زلزله، تعیین نقاط آسیب‌پذیر شهر و وجود آمادگی قبلی یک جامعه برای برخورد با پدیده زلزله می‌باشد. در هرحال مدیریت شهری و برنامه‌ریزی شهری در زمینه‌های مرتبط با آن، چه به عنوان یک سیاست و چه به عنوان یک عامل محیطی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و راهکاری مناسب جهت حل مشکلات و پاسخگویی به

چالش‌های جامعهٔ شهری به شمار می‌آید. به هر حال معضلات شهرهای امروز تنها در مسائل اجتماعی، سیاسی، اقتصادی خلاصه نشده بلکه عوامل طبیعی نیز در این روند تأثیر بسزایی دارد (زنگی‌آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵: ۱۱۶).

یکی از عمده‌ترین فعالیت‌ها در راستای کاهش خطرات ناشی از زلزله و افزایش ایمنی عمومی، مطالعات پهنه‌بندی لرزه‌ای مناطق شهری و تعیین میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های گوناگون شهر است که بایستی در مقیاس مناسب و مطلوب صورت پذیرد؛ در همین راستا استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی با تمامی داده‌های آماری، این امکان را می‌دهد تا شاخص‌های مختلف توزیع جغرافیایی ساختمان‌ها در سطوح مختلف آسیب‌پذیری به دست آید (Roca et al., 2006: 144). همچنین سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند نقش بسیار فعالی در مدیریت علمی، تحلیل‌ها و مدل‌سازی جنبه‌های محیطی داشته باشد (Rybaczuk, 2000: 145). از سوی دیگر با توجه به پیشرفت‌های حاصل‌شده در علوم مختلف از جمله جغرافیا، برنامه‌ریزی شهری به منظور پیشگیری از بلایا باید به فکر تقویت ایمنی محیط به وسیله اصلاح شهر و شهرسازی باشد؛ لذا برنامه‌ریزان شهری با استفاده از ضوابط فنی شهرسازی و به‌کارگیری GIS امکان تعیین مناطق در معرض خطر و شناسایی مکان‌های مستعد بروز خطر را فراهم نموده و به این‌ترتیب می‌توان از ساخت‌وساز در این مناطق، جلوگیری به عمل آورد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۰۰).

ایجاد ساختمان‌های متراکم در شهرها و تداخل در نظام زیستی انسان، از نظر طبیعی و اقتصادی و اجتماعی مشکلات بسیاری را به وجود آورده است. علت آن را باید در تمرکز جمعیت جستجو کرد. استقرار بیش از حد جمعیت در نقاط متمرکز، تحت تأثیر عوامل نامساعد طبیعی بیشترین ضررها را در پی داشته و دارد. کافی است که به احتمال وقوع سیل در نقاط پرجمعیت و یا زلزله رودبار اشاره شود. در زلزله رودبار، بیشترین جمعیتی که در اثر زلزله تلف شد ساکن در نقاط پرتراکم شهری رودبار و منجیل بود. در نقاط شهری نیز عامل تعیین‌کنندهٔ احداث ساختمان‌ها، اغلب سودجویی زمین‌خواران، بسازبفروشی و مانند آن‌ها بوده است. در این رهگذر، شهرداری‌ها بیشترین تلاش خود را در صدور پروانه‌های ساختمانی نسبت به ضوابط تراکم ساختمان، سطح زیربنای مجاز و گاهی پرداخت جریمه برای عدول از مقررات ساختمانی به کار گرفته و به مصونیت ساختمان‌ها در مقابل زلزله توجه کافی نشده است. عمدهٔ ساختمان‌های مستقر در نقاط مملو از جمعیت، فضای باز کافی به منظور گریز جمعیت در مواقع بحرانی را ندارد. عرض کوچه‌ها و معابر با حجم ساختمان‌ها و تعداد جمعیت ساکن در آن‌ها تناسبی ندارد. فضاهای باز و سبز شهری به جای آن‌که در مواقع بروز زلزله مقری برای جمعیت بوده، جای خود را به ساختمان‌های چند طبقه متراکم داده است (شیعه، ۱۳۹۰: ۴۱).

پیشینه تحقیق

- زنگی‌آبادی، محمدی، صفایی و قائد رحمتی (۱۳۸۷)، نیز در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر خطر زلزله؛ نمونه موردی: مساکن شهر اصفهان» با هدف شناسایی وضعیت آسیب‌پذیری مساکن شهر اصفهان، به بررسی میزان آسیب‌پذیری مساکن در برابر مخاطرات طبیعی پرداخته و نتایج حاصل از پژوهش آنان به شرح زیر است: ۱) میزان آسیب‌پذیری مساکن شهر اصفهان در برابر خطر زلزله زیاد است. ۲) ازنظر شاخص‌های دسترسی، مساکن شهر به مراکز امدادونجات و به ویژه آتش‌نشانی و اورژانس دسترسی مطلوبی ندارند. ۳) هم‌چنین اطلاع‌رسانی در زمینه بالا بردن آموزش و آگاهی شهروندان در مواقع بحرانی یکی از راهکارهای مهم در کاهش آسیب‌پذیری می‌باشد.

- محمدی احمدیانی، صحرائیان و خسروی (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان «نقش عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری کالبدی شهر جهرم در برابر زلزله» به مطالعه و بررسی عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری کالبدی

شهر جهرم پرداخته و نتایج حاصل از تحقیق آنان نشان می‌دهد که آسیب‌پذیرترین بخش شهر، نواحی مرکز شهر هستند که از لحاظ ریزدانگی، تراکم بافت و جمعیت، کیفیت ابنیه و نیز عمر بالای سازه‌ها در مضیقه می‌باشند که در واقع این نواحی منطبق با بافت قدیمی و فرسوده شهر نیز هستند. بنابراین در مواقع بروز بحران بیشترین آسیب را می‌بینند. آنان، همچنین نتیجه گرفتند که نواحی حاشیه بافت قدیم شهر و نیز روستای حیدرآباد که امروزه به بدنهٔ اصلی شهر متصل شده است جزء آسیب‌پذیرترین بخش‌ها می‌باشند و در کل بیش از نیمی از وسعت شهر را بافت‌های با آسیب‌پذیری بالا تشکیل می‌دهد و در مقابل ضلع شرقی شهر که مطابق با اصول و موازین مهندسی ساخته شده‌اند کمترین آسیب‌پذیری را در موقع بروز حادثه دارند.

- شمس، معصوم‌پور سما کوش، سعیدی و شهبازی (۱۳۹۰)، در مقاله‌ای با عنوان «بررسی مدیریت بحران زلزله در بافت‌های فرسوده شهر کرمانشاه؛ مطالعه موردی: محله فیض‌آباد» بافت فرسودهٔ شهر کرمانشاه را از منظر آسیب‌پذیری مطالعه کردند و برای رسیدن به اهداف پژوهش، به بررسی شاخص‌هایی همچون نوع مصالح، قدمت ساختمان‌ها، تعداد طبقات، نوع کاربری و سطح اشغال و ... پرداخته‌اند و نتایج تحقیق آنان حاکی از آن است که از کل مساحت پلاک‌های محله فیض‌آباد، ۲۴۳۹۱ مترمربع یعنی ۹,۳۰ درصد دارای آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۵۶۶۰۶ مترمربع یعنی ۲۱,۴۹ در صد دارای آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد، ۴۸۲۴۷ مترمربع یعنی ۱۸,۳۲ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد و همین‌طور به‌ترتیب ۲۱,۵ و ۱۴,۲۲ و ۵,۵۳ و ۳,۱ و ۶,۵۴ درصد از شهر دارای آسیب‌پذیری متوسط، کم، نسبتاً کم، خیلی کم و فاقد آسیب‌پذیری می‌باشند.

- قائدرحمتی، گندمکار و خوشکلام پور (۱۳۹۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان «ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر بروجرد) با در نظر گرفتن متغیرهای آسیبپذیری از جمله؛ کیفیت ابنیه، قدمت بنا، نوع مصالح، تراکم جمعیت و سطح اشغال بنا به تحلیل همبستگی و رگرسیون بین آسیب‌پذیری و هر کدام از متغیرهای مذکور پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که بین متغیرهای آسیب‌پذیری و سایر متغیرهای مذکور رابطه معنی‌داری وجود دارد و در آزمون رگرسیون مقدار بتای متغیر کیفیت در مقایسه با سایر متغیرها بیشتر بوده و در نتیجه دارای نقش بیشتری در آسیب‌پذیری می‌باشد و به ترتیب نوع مصالح، قدمت بنا، سطح اشغال و تراکم جمعیت در رده‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

- کلالی مقدم (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاههای حاشیه‌ای و غیر رسمی در برابر زلزله (مطالعه موردی: حاشیه شهر مشهد) با روش تحلیلی- توصیفی و با نگرش سیستمی و استفاده از مدل آسیب‌پذیری فیزیکی در قالب عوامل درونی و بیرونی و شاخص‌های آن به این نتیجه رسیده که تجزیه و تحلیل عوامل درونی و بیرونی تءثیرگذار بر آسیب‌پذیری سکونتگاههای حاشیه‌ای در برابر زلزله در مناطق ۹ گانه حاشیه شهر مشهد نشان می‌دهد که ۷۰ درصد از مساکن در مناطق مذکور دارای آسیب‌پذیری خیلی بالا و بالا هستند.

- صادقی جدیدی و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای تحت عنوان « ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن روستایی در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران در استان فارس» با روش توصیفی تحلیلی و با استفاده از سه معیار زلزله، گسل و لیتولوژی و شاخصهایی نظیر قدمت بنا، مصالح بکار رفته در ساخت بنا، مساحت قطعات مسکونی، تراکم جمعیت، تراکم واحد مسکونی و تراکم خانوار در واحد مسکونی به این نتیجه دست یافته‌اند که بیش از ۸۰ درصد از مساحت استان، ۸۶ درصد از جمعیت و بیش از ۸۵ درصد از مسکن روستایی در پهنه های پر خطر قرار دارند.

روش تحقیق

با توجه به ماهیت موضوع و اهداف تحقیق، رویکرد حاکم بر فضای تحقیق «توصیفی - تحلیلی» و از نوع پیمایشی است. لذا پس از تدوین ایدهٔ پژوهش و تعیین

مسائل و چارچوب موردنظر، به تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیر مساکن شهر گرگان در برابر زلزله پرداخته شده است. همچنین با عنایت به فقدان اطلاعات مورد نیاز تحقیق، از روش‌های آمارگیری به منظور گردآوری اطلاعات پایه و متغیرهای ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن شهر گرگان استفاده گردیده است. همچنین به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر گرگان با توجه به شرایط و مشخصات ساختمان‌ها از بین روش‌های کیفی مختلف موجود، روش ارزیابی آسیب‌پذیری آریا انتخاب شد. محدوده مورد نظر تحقیق، شهر گرگان و جامعهٔ آماری نیز کلیهٔ واحدهای مسکونی شهر گرگان شامل ۵۳۴۶۲ واحد مسکونی (بر اساس اطلاعات نقشهٔ پایهٔ طرح جامع شهر گرگان مصوب ۱۳۹۲) است؛ لذا با توجه به گستردگی محدودهٔ موردمطالعه و حجم بالای جامعهٔ آماری، اقدام به تعیین حجم نمونه با استفاده از فرمول آماری کوکران گردیده است. بر این اساس، تعداد ۵۰۰ نمونه انتخاب گردیده است. جهت بررسی پایایی پرسشنامه نیز، تعداد ۶۶ پرسشنامه به‌عنوان پایلوت تکمیل گردید. میزان آلفای کرونباخ این پایلوت، ۰/۷۲۴ است؛ بنابراین اعتبار و روایی پرسشنامه مذکور اثبات می‌گردد.

رابطه (۱):

$$n=\frac{\frac{t^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{t^2pq}{d^2}-1\right)}$$

N= حجم جامعه آماری

n= حجم نمونه

t= مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱,۹۶ است

P= مقدار نسبت صفت موجود در جامعه است.

q= درصد افرادی که فاقد آن صفت در جامعه هستند (q =1-p)

d= مقدار اشتباه مجاز

جدول ۱: نحوه انتخاب نمونه برای تکمیل پرسش‌نامه در نواحی شهر گرگان برحسب واحد مسکونی

ناحیه	مساحت (هکتار)	تعداد واحد مسکونی	تعداد نمونه هر ناحیه	سهم ناحیه نسبت به کل نمونه (درصد)
۱	۳۱۵/۷	۹۱۵۲	۸۶	۱۷/۱۲
۲	۷۶۵/۳۳	۱۴۲۵۱	۱۳۳	۲۶/۶۶
۳	۵۷۱/۸۴	۱۰۴۳۸	۹۸	۱۹/۵۲
۴	۹۰۶/۷۵	۸۱۵۱	۷۶	۱۵/۲۵
۵	۷۹۷/۵۱	۷۵۲۱	۷۰	۱۴/۰۷
۶	۲۱۰/۱۴	۳۹۴۹	۳۰	۷/۳۹
جمع کل	۳۵۶۷	۵۳۴۶۲	۵۰۰	۱۰۰

مأخذ: طرح جامع شهر گرگان (۱۳۹۰)، محاسبات نگارندگان.

در ادامه و پس از جمع‌آوری داده‌های موردنیاز، با استفاده از امکانات نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و نیز با توجه به موقعیت مکانی نمونه‌های برداشت شده توسط دستگاه GPS در هنگام تکمیل پرسشنامه‌ها، ضمن انطباق موقعیت نمونه‌ها با لایه پایه واحدهای مسکونی، نسبت به تهیه بانک اطلاعاتی[1] مربوط به مساکن نمونه (شامل کیفیت مساکن، قدمت مساکن، مصالح به کاررفته در مساکن، نوع سیستم سازه‌ای، نوع واحد مسکونی، پیش‌آمدگی و غیره) اقدام گردید؛ همچنین به منظور آماده‌سازی و تهیه لایه‌های پایه و عامل به‌عنوان متغیرهای ارزیابی ساختمان‌ها به روش آریا از تحلیل‌های پرسش و پاسخ فضایی[2] و پردازش‌های زمین‌آمار[3] در محیط نرم‌افزار جی آی اس استفاده شده است. در مرحلهٔ تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری

1- Attribute

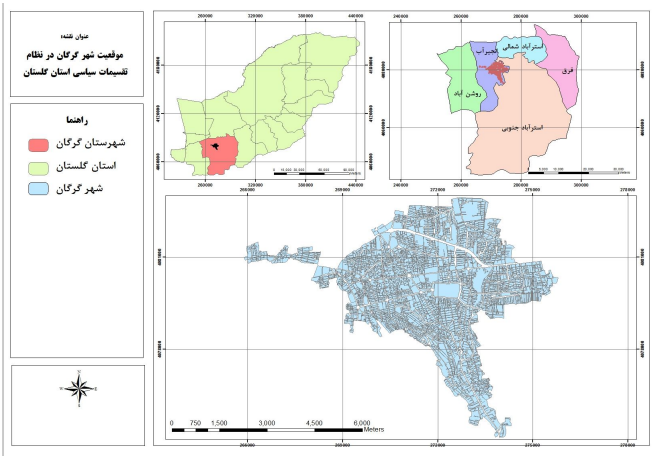
2- Query

3- Geostatistical analyst

ساختمان‌های شهر گرگان به روش آریا ابتدا لایه‌های عامل متناسب با پارامترها و شاخص‌های مدل با استفاده از تحلیل‌های آمار مکانی و به روش کریجینگ و در قالب لایه‌های پیوسته (رستری) تهیه و سپس با استفاده از فن‌های آنالیز فضایی در محیط نرم‌افزار جی آی اس نسبت به پیاده‌سازی مدل ریاضی و اعمال ضرایب مرتبط با شاخص‌ها و تهیه نقشهٔ نهایی ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله با استفاده از آنالیز Calculate Analysis اقدام شده است.

شهر گرگان با مساحت ۳۵۶۷ هکتار از شهرهای شمالی ایران و مرکز استان گلستان است که در جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۵۵ متر است. این شهر در ۵۴ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی در دامنهٔ شمال رشته‌کوههای البرز گسترده شده است. شهر گرگان به دلیل قرارگیری در بین دشت وسیع و حاصلخیزی و کوههای پوشیده از جنگل و فاصله‌ی نسبتاً کم آن تا دریای خزر، اقلیم ممتازی دارد.

محدودهٔ مورد نظر تحقیق



شکل ۱: نقشهٔ موقعیت شهر گرگان در استان گلستان

به‌طورکلی می‌توان گفت که شهرستان گرگان در حوزهٔ آبخیز زیارت واقع شده و در حدود ۹۰۰۰ هکتار جنگل و حدود ۵۰۰ هکتار آن در ارتفاعات زیارت می‌باشد و انواعی از گونه‌های نمدار، بلوط، افرا، انجیلی، توسکا و ... در آن دیده می‌شود (مهندسین مشاور معمار و شهرساز پارت، ۱۳۹۲).

یافته‌های تحقیق

ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر گرگان به روش آریا: در تحقیق حاضر به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر گرگان با توجه به شرایط و مشخصات ساختمان‌ها از بین روش‌های کیفی مختلف موجود، روش ارزیابی آسیب‌پذیری آریا انتخاب شده است. در این روش ضرایب خسارت، پارامترها و شاخص‌های اصلی آسیب‌پذیری بین ۰-۴ و بر حسب مقدار تأثیر شاخص در میزان خسارت به ساختمان برای سه شدت زمین‌لرزه ۷،۸ و ۹ در مقیاس MSK[1] تعیین شده‌اند. میزان آسیب با نسبت خسارت ساختمان که از مجموع اثر ضرایب خسارت با استفاده از معادله نسبت خسارت به‌دست می‌آید به صورت عددی بین ۰-۱ تعیین شده و میزان خسارت وارده به ساختمان بر اساس مقدار نسبت خسارت حاصل تعیین می‌گردد (Arya, 1967:29). در نهایت پس از تعیین پارامترهای F_I و L_I نسبت خسارت کل ساختمان را می‌توان از رابطهٔ (۱-۲) محاسبه نمود:

۱- مقیاس MSK توسط مدودف، اسپونور وکارنیک ارائه شده است که استفاده از آن با اعمال چند اصلاح به صورت تجربی و به موازات مقیاس بین‌المللی شدت توسط اجلاس بین‌المللی یونسکو درباره زلزله شناسی و مهندسی زلزله در آوریل ۱۹۶۴ پذیرفته شد.

رابطهٔ (۱):

$$LR = L_1 \times L_2 \times L_5 \times L_6 \times L_8 \times L_{10} \times \frac{1}{4}\left[(F_3 \times L_3)+(F_4 \times L_4)+(F_7 \times L_7)+(F_9 \times L_9)\right] \leq 1$$

ضریب خسارت L_1 به عنوان مضربی برای به دست آوردن چهار پارامتر باقی مانده به اجزایی از ساختمان ارتباط دارند که خسارت دیدن آن‌ها به معنای از دست رفتنشان است و در ضمن ممکن است باعث خرابی اجزای دیگر نیز گردند. به عنوان مثال، ریزش دیوارها یا ستون‌ها باعث ریزش سقف یا کل ساختمان می‌شود که باید در هنگام بازسازی دوباره ساخته شوند. این پارامترها با ضرایب F که برای منعکس کردن هزینهٔ هر کدام نسبت به هزینهٔ کل ساختمان می‌باشند، محاسبه خواهند شد. انتخاب ضرایب F تقریبی بوده و کاربر می‌تواند آن‌ها را بر پایهٔ برآورد هزینه بنا، تغییر دهد. در این پژوهش این چهار عامل با ضرایب F عبارت‌اند از:

نوع سیستم سازه‌ای: F=۰/۶ سیستم کف طبقات: F=۰/۳۳ پیش‌آمدگی‌ها: F=۰/۰۴ نما: F=۰/۰۳

مقدار LR باید بین ۰ تا ۱ تعیین شود. از این رو اگر نتیجهٔ محاسبه بیش از عدد ۱ محاسبه گردید باید همان عدد ۱ در نظر گرفته شود. در نهایت، میزان آسیب‌پذیری ساختمان در برابر زلزله، با توجه به مقادیر نسبت خسارت (LR) حاصل از معادله فوق مطابق جدول (۱) ارزیابی می‌گردد. با توجه به آن‌که آثار و شواهد متعدد نشان دهندهٔ لرزه‌خیزی بالای شهر گرگان است و زلزله‌های مخرب توانایی ایجاد شدت ۹ مرکالی را نیز دارد و از طرفی هم گسل خزر که سبب زمین لرزه‌های بزرگ است در محدوده شهر گرگان به قطعات مختلف تقسیم شده است و یک پهنه گسلی را به وجود آورده است لذا نمی‌توان گفت که کانون سطحی در نقطه معینی است تا بر اساس آن شدت زلزله، نسبت به فاصله از گسل یا کانون سطحی برآورد شود. بنابراین شدت ۹ مرکالی برای شهر گرگان که حد بالایی از میزان آسیب‌پذیری است انتخاب گردید.

جهت استفاده از روش آریا در این تحقیق، مجموعه‌ای از اصلاحات تکمیلی در بندهای کلی جدول آریا برای ارزیابی تمامی سیستم‌های ساختمانی منطقه و دستیابی به جواب‌های دقیق‌تر نیز صورت گرفته است (رجوع شود به جدول ۱ در ضمایم و پیوست‌ها).

جدول ۲: قضاوت در مورد میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌ها

رتبه	قضاوت مهندس	محدوده خسارت
۱	خرابی و ریزش ساختمان، وجود احتمال تلفات جانی	LR<0/25
۲	خسارت زیاد، تخلیهٔ اجباری ساختمان، نیاز به بازسازی	۰/۲۵<LR <۰/۵۰
۳	خسارت به مقدار متوسط، تعمیرات پس از تخلیهٔ ساختمان	۰/۵۰<LR<۰/۷۵
۴	خسارت کم، ساختمان قابل‌استفاده، تعمیرات جزئی بدون نیاز به تخلیهٔ ساختمان از ساکنان	LR> 0/75

مأخذ: (Arya, 1967:29)

تهیه نقشه‌های عامل و مبنا

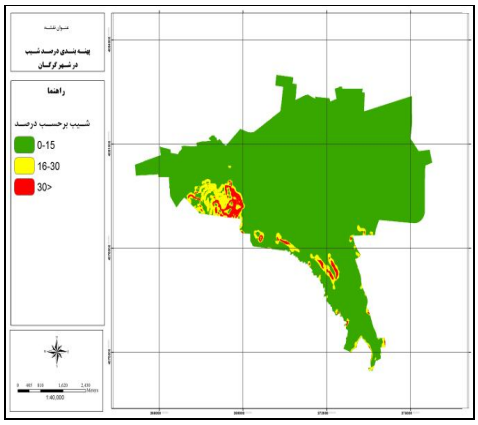
شیب زمین: با توجه به موقعیت استقرار شهر گرگان، ناهمواری‌های کم‌وبیش اندکی در سطح شهر وجود دارد که در پاره‌ای از نقاط، تفاوت‌هایی را در شیب اراضی ایجاد نموده است؛ شیب کلی شهر نیز از شمال به جنوب افزایش می‌یابد.

بافت خاک: به منظور تهیهٔ نقشهٔ پایهٔ بافت خاک شهر گرگان داده‌های مربوط به مختصات، عمق و میزان SPT[1] مربوط به ۱۲۰ نمونهٔ برداشت شده توسط شرکت‌های مشاور و پیمانکار ژئوتکنیک در سطح شهر گرگان با مراجعه حضوری دریافت و در پایگاه اطلاعات توصیفی لایه خاک ذخیره گردیده است و سپس با استفاده از میزان SPT (نتایج آزمایش نفوذ استاندارد) به منظور تقسیم‌بندی لایه‌های زمین با توجه به سرعت متوسط موج برشی تا عمق ۳۰ متری، از

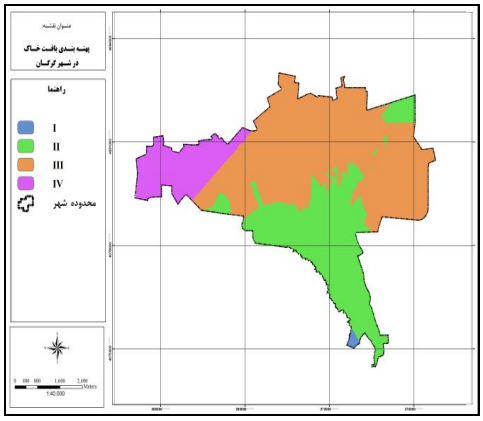
1- Standard Penetration Test

آئین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله موسوم به آئین‌نامه ۲۸۰۰ استفاده و نتایج نیز در جدول اطلاعات هر نمونه ثبت و ذخیره شده است(رجوع شود به جدول شماره ۲ در ضمایم و پیوست‌ها).

در ادامه به منظور تهیهٔ نقشهٔ بافت خاک و سایر نقشه‌های عامل در شهر گرگان از امکانات نرم‌افزار جی آی اس به ویژه آنالیزهای زمین‌آمار و درون‌یابی به روش کریجینگ استفاده شده است. بدین‌صورت که با توجه به نمونه‌بردای از خصوصیات بافت خاک در شهر گرگان به منظور تعمیم به سایر نقاط شهر ابتدا از آنالیزهای آزمون تشخیصی نظیر Histogram, Normal QQ Plat, Trend Analysis جهت تعیین میزان، نوع و روند گرایش‌های احتمالی در برداشت نمونه‌ها استفاده گردیده و با شناسایی آن‌ها و استفاده از توابع لگاریتمی و معادلات ریاضی مناسب نسبت به تعدیل آن‌ها اقدام گردیده است؛ همچنین فرایند انجام آنالیز درون‌یابی به روش کریجینگ نیز نشان داده شده است (رجوع شود به شکل ۱ و ۲ در ضمایم و پیوست‌ها).



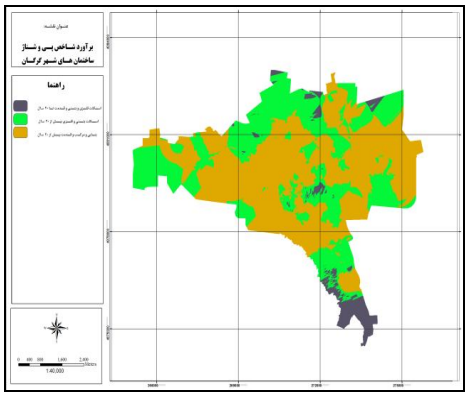
شکل۲: نقشه پهنه بندی شیب اراضی شهرگرگان



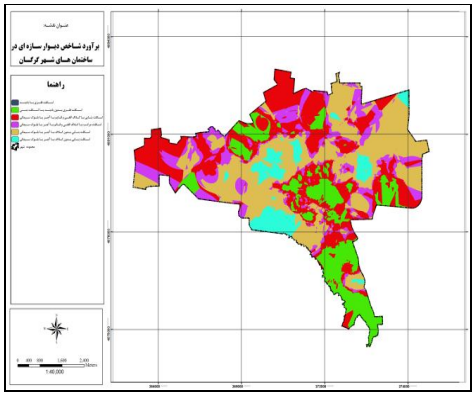
شکل۳: نقشه برآورد بافت خاک در شهر گرگان

پی و شناژ ساختمان: به منظور بررسی شاخص‌های تعریف شده پی ساختمان در مدل آریا ساختمان‌های دارای اسکلت فلزی و بتنی و قدمت تا ۲۰ سال برای زیر معیار مناسب بودن شناژ، منظور گردید. پی و شناژ نامناسب به صورت بتنی و فلزی بیش از ۲۰ سال و بنایی و مرکب کمتر از ۲۰ سال قدمت و عدم اجرای پی و شناژ که تأثیر قابل ملاحظه‌ای در ضعف مقاومتی سازه خواهد گذاشت نیز به صورت معیار بنایی و مرکب و قدمت بیش از ۲۰ سال منظور گردید.

دیوار سازه‌ای: به‌منظور بررسی این شاخص و نیز تطبیق زیرمعیارهای آن با شرایط ساختمان‌های شهر گرگان، اصلاحاتی در مدل آریا صورت گرفته است. بدین‌صورت که زیرمعیارهای جدید به‌صورت اسکلت فلزی با بادبند، اسکلت فلزی بدون بادبند یا اسکلت بتنی، اسکلت بنایی با کلاف افقی و قایم با آجر یا بلوک سیمانی، اسکلت مرکب با کلاف افقی و قائم با آجر یا بلوک سیمانی، اسکلت بنایی بدون کلاف با آجر یا بلوک سیمانی، اسکلت بنایی بدون کلاف با آجر یا بلوک سیمانی، متناسب با موقعیت ساختمان‌های شهر انتخاب شده‌اند.



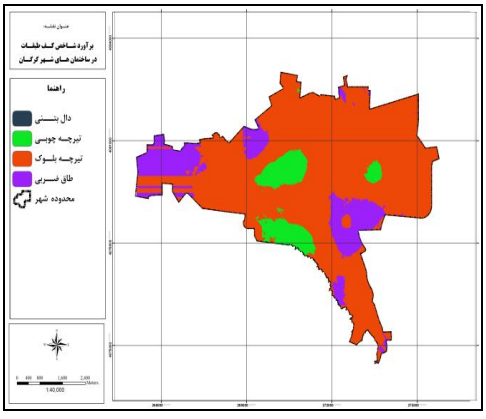
شکل۴: نقشه برآورد شاخص پی و شناژ در شهر گرگان



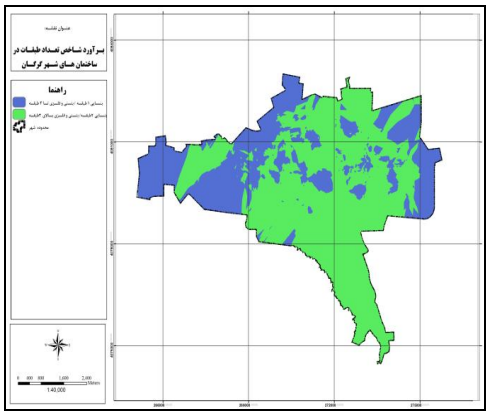
شکل۵: نقشه برآورد شاخص دیوار سازه‌ای در شهر گرگان

کف طبقات: به منظور تهیهٔ نقشهٔ درون‌یابی وضعیت شاخص کف طبقات در ساختمان‌های شهر گرگان نیز از امکانات نرم‌افزار جی آی اس به ویژه آنالیزهای زمین‌آمار و درون‌یابی به روش کریجینگ استفاده شد. همچنین از آنالیزهای آزمون تشخیصی نظیر Histogram, Normal QQ Plot, Trend Analysis جهت تعیین میزان، نوع و روند گرایش‌های احتمالی در برداشت نمونه‌ها استفاده گردیده و با شناسایی آن‌ها و استفاده از توابع ریاضی مناسب نسبت به نرمال‌سازی و تعدیل آن‌ها اقدام شده است. شکل ۶ نیز نشان‌دهنده برآورد شاخص کف طبقات ساختمان‌های شهر گرگان است.

تعداد طبقات (ارتفاع ساختمان): بر اساس آیین‌نامه‌های ساختمانی، علاوه بر توزیع سختی در پلان، توزیع سختی در ارتفاع ساختمان هم باید تا حد امکان یکسان باشد. مطالعات و آزمایش‌های انجام شده در این زمینه نیز نشان‌دهندهٔ این موضوع است که تغییر شکل ساختمان در ارتفاع طبقات، ایمنی و مقاومت لرزه‌ای بنا را به شدت کاهش می‌دهد؛ به عبارت دیگر تعداد طبقات و یا به عبارتی ارتفاع ساختمان چنانچه با اصول ایمنی همراه نباشد، به یقین میزان آسیب‌پذیری ساختمان را بالا خواهد برد.



شکل۶: نقشه برآورد شاخص کف طبقات در شهر گرگان

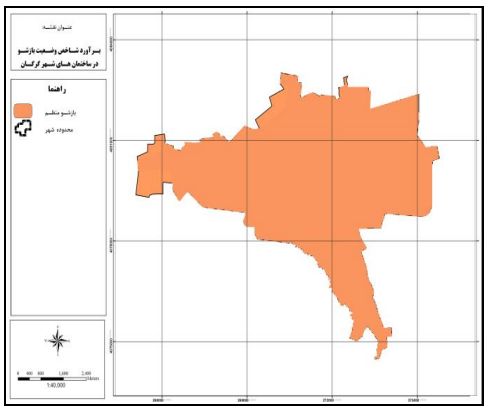


شکل۷: نقشه برآورد شاخص تعداد طبقات در شهر گرگان

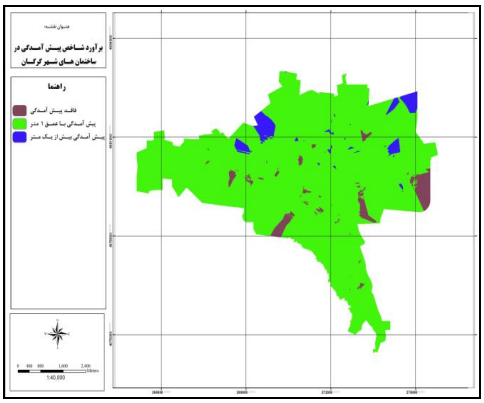
بازشو: شکل بازشوها و نحوهٔ طراحی و توزیع آن‌ها در ساختمان تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر افزایش یا کاهش ایمنی ساختمان‌ها دارد. یافته‌های تحقیق با توجه به این‌که در ساخت‌وسازهای صورت گرفته متناسب با اقلیم مناطق مرطوب و معتدل بازشوها اغلب در تقارن با بنا شکل گرفته و همچنین بازشوها ورودی‌های

گسترده و بزرگی ندارند و نیز با عنایت به فراهم نبودن شرایط بـه منظـور بررسـی دقیـق ایـن شـاخص بـرای تمامی ساختمان‌های نمونه شرایط مطلـوب و مناسـب در نظر گرفته شده است و نقشـۀ تهیـه شـده نیـز بـه صورت پهنه رستری ممتـد و در یـک طبقـه بازشـوی مناسب و منظم شکل یافته است.

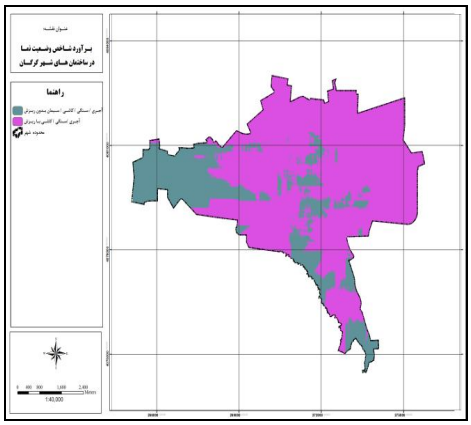
پیش آمدگی: وجود پیش‌آمدگی‌های متعدد مـی‌توانـد سبب ایجاد بی‌نظمـی در پـلان و ارتفـاع سـازه، ایجـاد خروج از مرکزیت، پیچش شده و می‌تواند عاملی بـرای افزایش ابعاد یا شماره تیر و «نیاز به تحلیل دینامیکی» و در نهایت تغییر در نحوۀ محاسـبات سـتون و هزینـۀ ساخت سازه گـردد. بـه منظـور تهیـۀ نقشـۀ شـاخص پیش‌آمـدگی در سـاختمان‌هـای شـهر گرگـان نیـز از آنالیزهای زمین‌آمار و درون‌یابی به روش کریجینگ در محیط نرم‌افزار جی آی اس استفاده شده است.



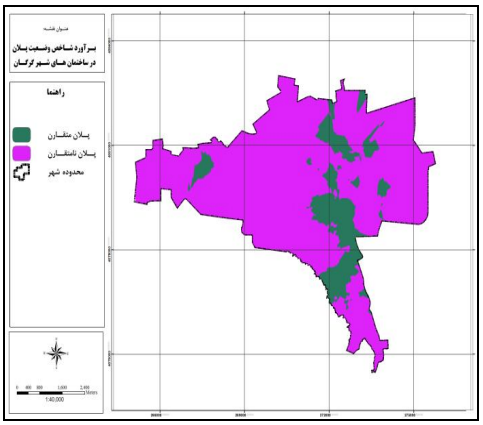
شکل۸: نقشه برآورد شاخص بازشو در شهر گرگان



شکل۹: نقشه برآورد شاخص پیش آمدگی در شهر گرگان



شکل۱۰: نقشه برآورد شاخص وضعیت نما در شهر



شکل۱۱: نقشه برآورد شاخص وضعیت پلان در شهر گرگان

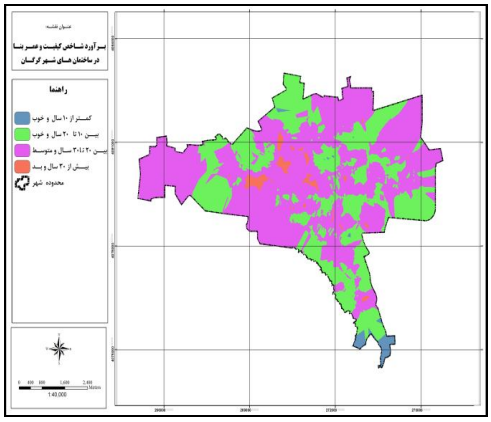
نمای ساختمان: انتخاب گونه‌ها و انواع مصـالح مـورد اسـتفاده در نمـای سـاختمان در تعیـین میـزان خطرپذیری ساختمان‌ها در برابر خطراتـی نظیـر زلزلـه نیز تأثیر بسـزایی دارد. شـکل ۱۰ نشـان‌دهنده نقشـۀ برآورد شاخص نمای ساختمان‌های شهر گرگان اسـت.

پلان: هر چه اشکال ساختمان منظم‌تر و توزیع جرم‌ها و سختی‌ها در سطح افق (پلان) و در ارتفاع، متقارن‌تـر باشـد، مقاومـت احتمـالی آن در برابـر زلزلـه افـزایش خواهد یافت (شاملو و میوه‌چی، ۱۳۹۱: ۵۴). شکل ۱۱ نشـان‌دهنده نقشـه بـرآورد شـاخص پـلان در ساختمان‌های شهر گرگان است.

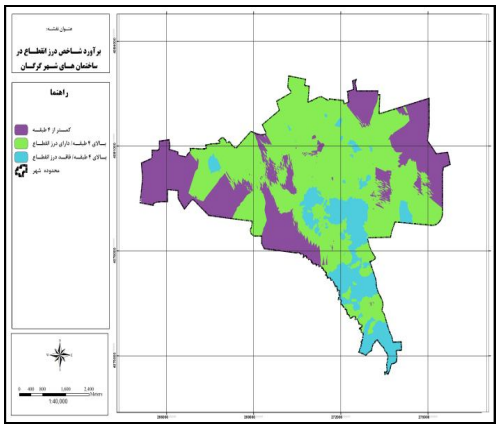
کیفیت و عمر بنا: به‌طور عمومی قدمت بنا با کیفیـت ساخت و مقاومـت آن در برابـر زلزلـه رابطـۀ مسـتقیم دارد. به عبـارتی هـر چـه قـدمت بنـا بیشـتر باشـد از کیفیت بنا کاسته شـده و بنـا آسـیب‌پذیرتر مـی‌شـود؛ بنـابراین عمـر بنـا از جملـه شـاخص‌هـای کلیـدی در

بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در برابر زلزله به شمار می‌روند. شکل شمارهٔ ۱۲ نشان‌دهندهٔ نقشهٔ برآورد شاخص کیفیت و عمر بنا در ساختمان‌های شهر گرگان می‌باشد.

درز انقطاع: یکی از موارد توصیه شده که در آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران (طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله) نیز با صراحت بدان اشاره شده است، استفاده از درز انقطاع به منظور جلوگیری از خسارت و کاهش خرابی ناشی از ضربهٔ ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، به ویژه در زمان وقوع زلزله است. شکل شمارهٔ ۱۳ نشان‌دهندهٔ نقشهٔ برآورد شاخص درز انقطاع در ساختمان‌های شهر گرگان است.



شکل۱۲: نقشه برآورد شاخص کیفیت در شهر گرگان

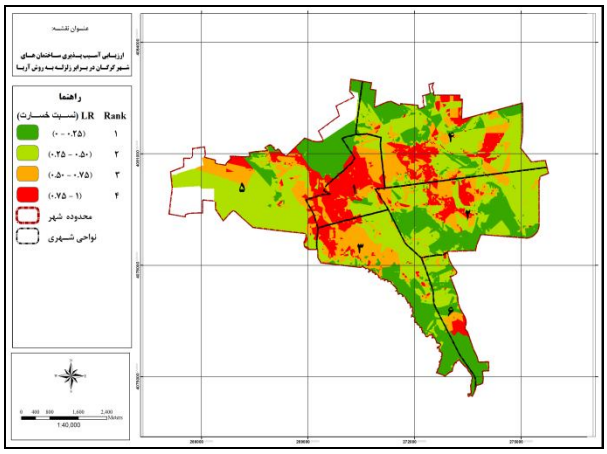


شکل۱۳: نقشه برآورد شاخص درز انقطاع در شهر گرگان

پیاده‌سازی مدل ارزیابی آسیب‌پذیری کیفی آریا در نرم‌افزار GIS: به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن شهر گرگان در برابر زلزله به روش آریا ابتدا لایه‌های عامل تهیه شده و بر اساس ضرایب اختصاص‌یافته به زیر معیارهای هر یک شاخص‌های تعریف شده وزن‌دهی و کلاسه‌بندی مجدد[1] در مورد آن‌ها صورت گرفته است. در ادامه با استفاده از تکنیک‌های آنالیز فضایی[2] در محیط نرم‌افزار GIS نسبت به پیاده‌سازی مدل ریاضی و اعمال ضرایب مرتبط با شاخص‌ها و تهیهٔ نقشهٔ نهایی ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله با استفاده از تحلیل برآوردی اقدام شده است. خروجی به دست آمده نقشهٔ رستری حاوی ارزش‌های میزان آسیب‌پذیری مساکن شهر گرگان در برابر زلزله بر اساس شاخص‌های مدل آریا می‌باشد (شکل ۱۵). در شکل ۳ نحوهٔ وزن دهی و اجرای مدل آریا در نرم‌افزار جی آی اس نشان داده شده است (رجوع شود به ضمایم و پیوست‌ها).

میزان آسیب با نسبت خسارت ساختمان که از مجموع اثر ضرایب خسارت با استفاده از معادله نسبت خسارت به دست می‌آید به صورت عددی بین ۰-۱ تعیین شده و میزان خسارت وارده به ساختمان بر اساس مقدار نسبت خسارت حاصل تعیین می‌گردد. در جدول ۲ مساحت و درصد رتبه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر مطابق با میزان LR به‌دست آمده و بر اساس محدودهٔ ساخته شده شهر بیان گردیده است.

1- Recclassify
2- Spatial Analysis



شکل ۱۴: ارزیابی آسیب پذیری ساختمان‌های شهر گرگان در برابر زلزله

جدول ۳: مساحت و درصد رتبه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر بر اساس محدوده ساخته‌شده

	رتبه آسیب‌پذیری ساختمان	مساحت محدوده ساخته شده (هکتار)	درصد از مساحت کل ساخته شده شهر
شهر گرگان	رتبه ۱ (LR<0/25)	۴۴۲,۹۱	٪۲۵/۵۸
	رتبه۲(۰/۲۵<LR<۰/۵۰)	۶۲۳,۷۸	٪۳۶/۰۲
	رتبه ۳(۰/۵۰<LR<۰/۷۵)	۳۶۴,۸۷	٪۲۱/۰۷
	رتبه ۴ (LR>0/75)	۳۰۰,۱۵	٪۱۷/۳۳
جمع		۱۷۳۱,۷۳	٪۱۰۰

ماخذ: یافته های تحقیق

تحلیل آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر گرگان در برابر زلزله

پهنه‌های با رتبهٔ یک آسیب‌پذیری (LR<0/25): یافته‌های به‌دست آمده در خصوص ارزیابی و رتبه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر گرگان بر اساس پیاده‌سازی و اجرای مدل کیفی ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان (آریا) در نرم‌افزار جی آی اس نشان‌دهندهٔ این موضوع است که پهنه‌های با رتبه ۱ (کمتر از ۰/۲۵) که به دلیل رعایت اصول فنی ساخت‌وساز مطابق با آیین‌نامه ۲۸۰۰ دارای خسارت کم بوده و ساختمان احداث شده قابل‌استفاده است و در مواقع بحرانی تعمیرات جزئی نیز بدون نیاز به تخلیهٔ ساختمان از ساکنان آن مقدور است با دارا بودن ۴۴۳ هکتار از مساحت محدودهٔ ساخته شدهٔ شهر گرگان ۲۵/۵۸ درصد از کل فضای ساخته شدهٔ شهر را به خود اختصاص داده است. پهنهٔ موردنظر اغلب در مناطق توسعه و ساخت‌وساز جدید شهری و شکل‌گرفته در چند سال اخیر واقع شده‌اند که از آن جمله می‌توان به محدوده‌های کوی صیاد شیرازی، کوی دخانیات، کوی میناگل و کوی سروش، کوی گل‌آرا و رازی در جنوب شهر؛ قسمت‌های عمده‌ای از کوی بهاران، شهرک گلشهر،محدوده شمالی میدان دانش، مدرس و بلوار طبیعت در پهنه‌های شرقی شهر؛ کوی ویلا شهر در لبهٔ شمالی بلوار شهید کلانتری و قسمت‌هایی از شهرک شهریار، کوی جامی، شهرک حافظ و خیام و شهرک دانشجو به سمت شمال تا انتهای محدودهٔ قانونی شهر در سمت شمال شرق و در نهایت محدوده‌های ساخت‌وسازهای مسکن مهر، همچنین قسمت‌هایی از شهرک شهرداری و کوی رازی تا ابتدای کوی اقتصاد در پهنه‌های غربی شهر گرگان اشاره نمود.

پهنه‌های با رتبهٔ دو آسیب‌پذیری (۰/۲۵<LR<۰/۵۰)

پهنهٔ فوق که میزان وقوع خسارت در آن‌ها به مقدار متوسط می‌باشد و نیازمند تعمیرات پس از

تخلیهٔ ساختمان دارند نیز با در برگرفتن فضایی به میزان ۶۲۳ هکتار از مساحت محدودهٔ ساخته شدهٔ شهر ۳۶/۰۲ درصد از مساحت کل محدوده ساخته شدهٔ شهر را به خود اختصاص داده است. محدوده‌های واقع در این پهنه که اغلب در بافت‌های توسعه میانی و جدید شهر گرگان شکل گرفته‌اند، بیش‌ترین درصد از مساحت محدوده‌های ساخته شده شهر گرگان را در برمی‌گیرند که از آن جمله می‌توان به لبهٔ شرقی بلوار ناهار خوران و خیابان ولیعصر به سمت مرکز شهر نیز محلاتی نظیر گلشهر، قسمت‌هایی از محله گل‌آرا، محدودهٔ خیابان استرآبادی و امتداد آن در سمت شرق تا بلوار گلشهر، میدان گرگان پارس و قسمت‌هایی از کوی بهاران همچنین محدودهٔ خیابان فخرالدین اسعد گرگانی و بلوار تالار به سمت خیابان ملاقاتی و محدودهٔ شهرک بهارستان در لبهٔ غربی خیابان شهید بهشتی در جنوب شهر؛ محدوده‌های کوی گلباران و دسترسی‌های اطراف آن، بلوار شهرک امام (ره) و دسترسی‌های اطراف آن، کوی اوزینه در لبهٔ شرقی بلوار جرجان و شهرک شهید بهشتی در لبهٔ غربی بلوار جرجان، همچنین پهنه‌هایی از شهرک ویلا شهر در قسمت‌های شرقی شهر گرگان؛ ساخت‌وسازهای صورت گرفته در محدودهٔ شهرک فرهنگیان، خیابان شهید مطهری شمالی و کوچه استخر سیدین، قسمت-هایی از شهرک مولوی، شهرک حافظ، کوی خیام، خیابان گرگان جدید و دسترسی‌های اطراف آن تا تقاطع سی متری رسالت در پهنهٔ شمالی شهر و ساخت‌وسازهای محدوده‌هایی نظیر خیابان اقتصاد و دسترسی‌های اطراف آن، بلوار دانشگاه و کوی بهزیستی، محلهٔ افسران و انتهای بلوار هیرکان در پهنه‌های غربی شهر اشاره نمود.

پهنه‌های با رتبهٔ سه آسیب‌پذیری (۰/۷۵>LR>۰/۵۰): ساختمان‌های واقع در پهنهٔ فوق که به دلیل خسارت زیاد، نیازمند تخلیهٔ اجباری ساختمان و بازسازی می‌باشند، با در برگرفتن ۳۶۴ هکتار از محدوده‌های ساخته شدهٔ شهر ۲۱/۰۷ درصد از مساحت کل محدودهٔ ساخته شدهٔ شهر گرگان را به خود اختصاص داده است. موقعیت مکانی این محدوده به‌طور عمده در قسمت‌های پیرامونی بافت قدیم و فرسوده شهر گرگان و سکونتگاههای غیررسمی اضافه شده به محدودهٔ شهر گرگان در سال‌های اخیر می‌باشد. از آن جمله می‌توان به بافت‌های فرسودهٔ جنوب شهر شامل قسمت‌های شمالی محلهٔ قلعه حسن، همچنین بافت‌های فرسوده و ساخت‌وسازهای غیراصولی قسمت شرقی شهر نظیر محدوده‌های اطراف میدان مدرس و امتداد آن تا خیابان مطهری جنوبی، خیابان انقلاب و امتداد آن به سمت جنوب، قسمت‌هایی از بافت‌های شکل گرفته در اطراف خیابان آیت ا... کاشانی همچنین قسمت‌هایی از بلوار جرجان شامل کوی سجادیه و خیابان شهید مطهری جنوبی اشاره نمود.

در قسمت‌های غربی شهر گرگان نیز ساخت‌وسازهای شکل گرفته در قسمت‌هایی از محدودهٔ محلهٔ افسران و محلهٔ انجیراب، همچنین ساخت‌وسازهای اطراف بلوار الغدیر و دسترسی‌های لبهٔ غربی و شرقی آن، کوی عرفان، ایرانمهر بالا (ابوذر)، کوی محتشم، امام رضا او قسمت‌هایی از کوی چشم‌انداز، بازرگانی و کوی فلسفی و در قسمت‌های مرکزی شهر گرگان نیز محدوده‌هایی از خیابان امام خمینی در لبهٔ شرقی خیابان امام خمینی و نیز خیابان پاسداران و دسترسی‌های آن در محدودهٔ آسیب‌پذیری با خطر نسبتاً بالای ساختمان در برابر زلزله واقع شده‌اند.

پهنه‌های با رتبهٔ چهار آسیب‌پذیری (LR>0/75): از مجموع مساحت کل محدوده‌های ساخته شدهٔ شهر گرگان در قالب کاربری‌های مختلف، پهنه‌ای در حدود ۳۰۰ هکتار معادل ۱۷/۳۳ درصد از مجموع کل فضاهای ساخته شدهٔ شهری در محدودهٔ آسیب‌پذیری بیش از ۰/۷۵ (خرابی و ریزش ساختمان، وجود احتمال تلفات جانی) قرار دارند. قسمت اعظم محدودهٔ مذکور در بافت‌های فرسوده و هسته‌های تاریخی و اولیه شهر قرار دارند. در قسمت جنوب شهر قسمت‌هایی از محلهٔ قلعه حسن، در قسمت شرقی شهر محدوده‌هایی از خیابان شهید مطهری جنوبی،

خیابان انقلاب و ادامه آن در امتداد خیابان بعثت در این پهنه واقع شده‌اند. در قسمت شمالی شهر، محدودهٔ ساخت‌وسازهای شمالی محلهٔ سجادیه، خیابان رودکی و دسترسی‌های اطراف آن، خیابان شهدا از میدان شهرداری تا میدان شهدا، خیابان امام خمینی تا میدان مازندران در جهت غرب و ادامهٔ آن تا خیابان جمهوری و در قسمت غرب شهر محدوده‌هایی از محلهٔ افسران، اقتصاد و طهماسبی، ایرانمهر، فلسفی و قسمت‌هایی از محلهٔ الغدیر، عرفان و محدودهٔ اطراف تپه تاریخی قلعه خندان، به علت کیفیت نامناسب ساخت‌وسازها، استفاده از مصالح بنایی، عدم وجود پی و شناژ مناسب در ساخت‌وسازها، فقدان اسکلت و سیستم سازه‌ای مناسب ابنیه در محدودهٔ آسیب‌پذیری خرابی و ریزش شدید ساختمان و وجود احتمال تلفات جانی قرارگرفته‌اند.

نتیجه‌گیری

از مجموع مساحت محدوده‌های ساخته شدهٔ در شهر گرگان، پهنه‌ای معادل ۱۷/۳۳ درصد از مجموع کل فضاهای ساخته شدهٔ شهری در محدودهٔ پر خطر یا با آسیب‌پذیری بیش از ۰/۷۵ (خرابی و ریزش ساختمان، وجود احتمال تلفات جانی) قرار دارند. گفتنی است که بخش عمده محدودهٔ مذکور در بافت‌های فرسوده و هسته‌های تاریخی و اولیه شهر قرار دارند. این امر به دلیل رعایت نکردن استانداردهای ساخت‌وساز، قدمت و عمر زیاد بنا، کیفیت نامناسب مصالح، عدم وجود پی و شناژ در ساخت ابنیه، فقدان سیستم سازه‌ای و اسکلت در ساخت ابنیه، استفاده از مصالح بنایی و کم‌دوام در ساخت‌وساز ابنیه، پلان نامناسب و نامتقارن ساختمان‌ها و ... در محدوده آسیب‌پذیری و خطر خرابی و ریزش ساختمان و احتمال وجود تلفات جانی براثر وقوع زلزله‌های احتمالی قرار دارند. به‌طوری‌که بیش از ۸۵ درصد ساخت‌وسازهای صورت گرفته در این محدوده نیازمند نوسازی و بازسازی می‌باشند؛ بنابراین لازم است تا با توجه به سطح بهسازی، نسبت به مقاوم‌سازی و یا تخریب و بازسازی بخش عمده‌ای از ساختمان‌های موجود اقدام نمود. از سوی دیگر نیز ساخت‌وسازهای صورت گرفته در قسمت‌های پیرامونی بافت قدیم و فرسوده و شکل گرفته در مراحل دوم و سوم توسعهٔ شهر نیز به دلایلی نظیر طراحی بر اساس آیین‌نامه‌های قدیمی که مفاهیم لرزه‌ای در آن‌ها به صورت امروزی درک نشده، عدم وجود تکنسین‌های متخصص و عدم نظارت صحیح، عدم امکان دسترسی به مدارک فنی یا عدم اطلاعات کافی از برخی عوامل طبیعی مثل خوردگی، استفاده از مصالح نامرغوب، تغییر کاربری و گاهی اضافه نمودن طبقات جدید به ساختمان‌های موجود در مقابل بارهای اعمالی به خصوص زلزله ضعیف و آسیب‌پذیر می‌باشند و کیفیتی متوسط و به نسبت نامناسب دارند که ضرورت اعمال مدیریت و نظارت بیشتر در این زمینه از سوی سازمان‌های متولی به شدت احساس می‌شود.

پیشنهادها

- ✓ هدایت توسعه‌های جدید شهری به سمت نواحی دارای آسیب‌پذیری کم؛
- ✓ استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه‌بندی آسیب پذیری ساختمان در برابر زلزله با توجه به گسترش داده‌ها و نقشه‌های پایهٔ به روز شده؛
- ✓ استفاده از مصالح با وزن کمتر و مقاومت خمشی بیشتر در رابطه با نوع اسکلت و نوع مصالح ساختمانی مورد استفاده در ساخت‌وساز ساختمان‌های شهری؛
- ✓ پژوهش و مطالعه در خصوص مقاومت تیپ‌های مختلف ساختمان‌های مسکونی شهر گرگان و برآورد صدمات و خسارات وارده به آن در اثر وقوع زلزله در شدت‌های مختلف؛
- ✓ عدم صدور مجوز جهت احداث ابنیهٔ جدید در مناطق پرخطر شهر گرگان نظیر مجاورت خط گسل عبوری از داخل شهر، پهنه‌های سست زمین‌شناسی و حریم رودخانه‌ها؛
- ✓ ضرورت بازسازی و تقویت سازه‌ای ساختمان‌های قسمت‌هایی از شهر نظیر کوی مطهری، اوزینه، افسران، انجیراب و... تحت یک طرح هماهنگ و برنامه‌ریزی شده با دیدگاههای میان‌مدت و بلندمدت با اخذ توافق عمومی در بین مردم ذینفع؛

- ✓ برگزاری جلسات و هم‌اندیشی بین مسئولان میراث فرهنگی، مدیران شهر گرگان و کارشناسان و مشاوران به منظور ارائهٔ تعریف واحد از بافت فرسوده و بافت تاریخی و مرزبندی کالبدی مشخص آن جهت تسریع در روند نوسازی و بازسازی بافت‌های فرسوده و ناکارآمد شهری؛
- ✓ اهتمام خاص به بافت‌های مسکونی در مناطق مرکزی و قدیمی شهر گرگان و اعطاء تسهیلات حمایتی از سوی دولت از قبیل مشوق‌های مالیاتی، وام مسکن با پایین‌ترین نرخ سود؛
- ✓ اعطای امتیاز به طرح‌هایی چون تجمیع و بلندمرتبه‌سازی با توجه به ضوابط به منظور مقاوم‌سازی، بهینه‌سازی و بازسازی ساختمان‌های فرسوده و ایجاد ساختار شهری قوی‌تر در برابر زلزله؛
- ✓ تهیهٔ بانک اطلاعاتی ساختمان‌های فرسوده و قدیمی و تفکیک و تمییز ساختمان‌های واجد ارزش تاریخی از ساختمان‌های فرسوده و نیازمند نوسازی در محدودهٔ بافت فرسوده و تاریخی شهر گرگان؛
- ✓ پیاده‌سازی مقررات ایمنی ساختمان در برابر زلزله در ساختمان‌های جدیدالتأسیس، پروژه‌های ساختمانی عمده مثل مسکن مهر و تعاونی‌های مسکن در سطح شهر گرگان؛
- ✓ ضرورت انجام مطالعات ژئوتکنیکی بر اساس سرعت موج‌برشی (Vs) با هدف پهنه‌بندی ژئوتکنیکی مناطق و نواحی شهری گرگان و ارائهٔ این اطلاعات از سوی شهرداری‌ها و ملزم نمودن سازندگان به رعایت آن‌ها در محاسبات ساختمان.

منابع

۱. ابلقی، علی‌رضا، امیرحسین صحرایی. ۱۳۸۳. بافت‌های فرسوده در سکونتگاههای شهری و روستایی و خطر زلزله، نشریه شهرسازی و معماری هفت شهر، دورهٔ ۱، شمارهٔ ۱۷، ۳۰-۴۳.

۲. اسلامی، آرش. ۱۳۸۸. بازنگری کاتالوگ زمین‌لرزه‌های سده بیستم ایران و پیرامون آن، پژوهشکده زلزله‌شناسی ایران، تهران.

۳. آقانباتی، سیدعلی. ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

۴. بیرودیان، نادر. ۱۳۸۵. مدیریت بحران، اصول ایمنی در حوادث غیرمنتظره، انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.

۵. تقوایی، مسعود و نرگس علی‌محمدی. ۱۳۸۵. زلزله و پیامدها و بحران‌های ناشی از آن در شهرها، بنا، شماره ۲۷، ۱۰۷-۸۳.

۶. زنگی‌آبادی، علی و نازنین تبریزی. ۱۳۸۵. زلزلهٔ تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۵۶.

۷. زنگی‌آبادی، علی، جمال محمدی، همایون صفایی و صفر قائدرحمتی. ۱۳۸۷. تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر خطر زلزله؛ نمونهٔ موردی: مساکن شهر اصفهان، مجلهٔ جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۱۲.

۸. شاملو، باقر و محمودرضا میوه‌چی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر نامنظمی سازه‌ها در پلان و ارتفاع، فصلنامهٔ صنعت مقاوم‌سازی و بهسازی، شمارهٔ ۷.

۹. شمس، مجید، جعفر معصومپور سماکوش، شهرام سعیدی و حسین شهبازی. ۱۳۹۰. بررسی مدیریت بحران زلزله در بافت‌های فرسوده شهر کرمانشاه مطالعهٔ موردی: محلهٔ فیض‌آباد، فصلنامهٔ جغرافیایی آمایش محیط، شمارهٔ ۱۳.

۱۰. شیعه، اسماعیل. ۱۳۹۰. با شهر و منطقه در ایران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۱۱. عبداللهی، مجید. ۱۳۸۴. مدیریت بحران در نواحی شهری، سازمان شهرداری‌های کشور، چاپ دوم، تهران.

۱۲. صادقی جدیدی، الهام.، علی گلی و نادر هاتف. ۱۳۹۵. ارزیابی آسیب‌پذیری مساکن روستایی در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران در استان فارس، پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، شماره ۱۶، ۱۱۸-۱۰۷.

۱۳. علوی، سیدمحسن و محمد مسعود. ۱۳۸۶. برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات ناشی از زلزله در نواحی با خطرپذیری بالا نمونهٔ موردی محلهٔ چیذر تهران، سومین اجلاس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه، تهران.

۱۴. غلامی، علیرضا. ۱۳۹۱. مدیریت بحران در سواحل دریای خزر؛ چالش‌ها و راهکارها، دفاتر تحقیقات کاربردی استان‌های مازندران و گلستان.

۱۵. قائدرحمتی، صفر، امیر گندمکار و امیر خوشکلام پور. ۱۳۹۳. ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار بر آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر بروجرد)، آمایش محیط، شماره ۲۴، ۱۰۳- ۸۳.

۱۶. کلالی‌مقدم، ژیلا. ۱۳۹۴. ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های حاشیه‌ای و غیررسمی در برابر زلزله

(مطالعه موردی: حاشیه شهر مشهد)، پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، شماره ۱۲، ۴۰-۱۷.
۱۷. محمدی احمدیانی، جمال، زهرا صحرائیان و فرامرز خسروی. ۱۳۸۹. نقش عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری کالبدی شهر جهرم در برابر زلزله، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۴، شمارهٔ ۱۷.
۱۸. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. ۱۳۸۴. آیین‌نامهٔ طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ویرایش سوم، وزارت مسکن و شهرسازی.
۱۹. موسوی، سیدعارف، حسین رجب‌صلاحی، ابراهیم جهانگیر و رسول دارابخانی. ۱۳۹۰. برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری جهت کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله با تأکید بر امکان اسکان اضطراری و موقت در ماهدشت، مجلهٔ مدیریت شهری.
۲۰. مهندسین مشاور معمار و شهرساز پارت. ۱۳۹۲. طرح جامع شهر گرگان.

Arya, A.S. 1967. Design and construction of masonry building in seismic areas, Bulletin, Indian society of earthquake technology.
22. Forrest, T.R. 1978. Group emergence in disasters, in disasters: theory and research, Ebi by E. l. Quarantelli, U.S.A. SAGE Pub.
23. Pelling, Mark. 2003. The vulnerability of cities, Earths can, London.
24. Roca A., Goula, X., Susagna, T., Chavez, J., Gonzalez, M., Reinoso, E. 2006. A simplified method for vulnerability assessment of dwelling buildings and estimation of damage scenarios in Catalonia, Spain, Springer, 12, 141-158.
25. Rybaczuk, K.Y. 2000. GIS as an aid to environmental management and community participation in the Negril Watershed, Jamaica, Computes, environment and urban systems, 25: 141-165.