

## تحلیل و برآورد آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله.

### مطالعه موردی: شهر گرگان

خدارحم بزی<sup>۱</sup>، نوشین صادقی<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه گلستان

<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی‌ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۲۸

#### چکیده

با توجه به رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی، وقوع حوادث طبیعی مثل زلزله می‌تواند خسارات و تلفات سنگینی را ایجاد نموده و توسعه شهرها را دچار وقفه نماید. در همین راستا هدف از این تحقیق، ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های شهر گرگان می‌باشد. روش تحقیق پژوهش حاضر با توجه به موضوع آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر زلزله، از نوع توصیفی-تحلیلی است که پس از شناخت روش‌های مختلف ارزیابی ساختمان‌ها در برابر زلزله و انتخاب روش ارزیابی کیفی مناسب با توجه به شرایط ساخت و ساز منطقه مورد مطالعه و نحوه انجام برداشت‌های میدانی، با بهره‌گیری از روش آریای اصلاح‌شده و استفاده آنالیزهای سیستم اطلاعات جغرافیایی جی‌آی‌اس نظیر Spatial Analysis, Geostatistical analyst و درون‌یابی به روش Kriging ضمن تهیه نقشه‌های پیش‌بینی و برآورد شاخص‌های تحقیق و تلفیق معیارها با پیاده‌سازی و اجرای مدل ارزیابی آریا به ارائه برآورد مناسبی از آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری و شناسایی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهر در برابر زلزله اقدام شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در حدود ۳۰۰ هکتار از مساحت کل شهر گرگان معادل ۱۷/۳۳ درصد آسیب‌پذیری از نوع (خرابی و ریزش ساختمان، وجود احتمال تلفات جانی) بر اساس ضرایب خسارت مدل آریا قرار دارند؛ همچنین تحلیل درجات آسیب‌پذیری نشان می‌دهد که پهنه‌هایی که به دلیل رعایت اصول فنی ساخت و ساز مطابق با آیین‌نامه ۲۸۰۰ دارای خسارت و آسیب‌پذیری کم بوده و ساختمان‌ها در مناطق توسعه و ساخت و ساز جدید شهری و شکل‌گرفته در چند سال اخیر واقع شده‌اند. اختصاص داده است که اغلب در مناطق توسعه و ساخت و ساز جدید شهری و شکل‌گرفته در چند سال اخیر واقع شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** آسیب‌پذیری لرزه‌ای، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل ارزیابی کیفی آریا، آنالیز زمین‌آمار (Geostatistical analyst)، شهر گرگان.

#### مقدمه و طرح مسئله

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 رتبه چهارم کشورهای آسیایی قرار داده است (بیرویدیان، ۱۳۸۵: ۴۶). بر

امروزه، آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی در برابر مخاطرات طبیعی، به‌عنوان چالشی فراروی توسعه کشورهای جهان تبدیل گردیده است؛ به‌طوری که در اکثر نقاط دنیا به دلایل متعدد از جمله توسعه 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

آقاباتی، 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 مطالعه 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 به‌منظور پیشگیری از بلایا، تشخیص فرایند عناصر مخاطره‌آمیز و تقویت ایمنی محیط، به واسطه 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 حال 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

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 زلزله 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). تجربه 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 صحرائی، ۱۳۸۳: ۴۲). به عبارت دیگر برنامه‌ریزی و مقررات توسعه شهری نامناسب، آسیب‌پذیری در مقابل بلایای طبیعی را تشدید نموده است (Pelling, 2003: 34). به‌طوری‌که افزایش بی‌رویه جمعیت، ساخت‌وسازهای شهری و گسترش آن تا حاشیه 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 دامنه شمالی رشته‌کوه‌های البرز با طول ۵۵۰ کیلومتر از لاهیجان تا مینودشت ادامه دارد که در حال حاضر نیز این گسل به شدت فعال است

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 مفری برای جمعیت بوده، جای خود را به ساختمان‌های چند طبقه متراکم داده است (شعبه، ۱۳۹۰: ۴۱).

#### پیشینه تحقیق

- زنگی‌آبادی، محمدی، صفایی و قائد رحمتی (۱۳۸۷)، نیز در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله؛ نمونه موردی: مسکن شهر اصفهان» با هدف شناسایی وضعیت آسیب‌پذیری مسکن شهر اصفهان، به بررسی میزان آسیب‌پذیری مسکن در برابر مخاطرات طبیعی پرداخته و نتایج حاصل از پژوهش آنان به شرح زیر است: (۱) میزان آسیب‌پذیری مسکن شهر اصفهان در برابر خطر زلزله زیاد است. (۲) از نظر شاخص‌های دسترسی، مسکن 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، صحراییان 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

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 (Rybczuk, 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 جی آی اس امکان تعیین مناطق در معرض خطر و شناسایی مکان‌های مستعد بروز خطر را فراهم نموده و به این ترتیب 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

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 تأثیرگذار 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 شاخصهائی 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 ایده پژوهش و تعیین

شهر جهرم پرداخته و نتایج حاصل از تحقیق آنان نشان می‌دهد که آسیب‌پذیرترین بخش شهر، نواحی مرکز شهر هستند که از لحاظ ریزدانه‌نگی، 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 بدنه 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 فرسوده 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 درصد دارای آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد، ۴۸۲۴۷ مترمربع یعنی ۱۸،۳۲ درصد دارای آسیب‌پذیری زیاد و همین‌طور به ترتیب 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

انتخاب گردیده است. جهت بررسی پایایی پرسشنامه نیز، تعداد ۶۶ پرسشنامه به عنوان پایلوت تکمیل گردید. میزان آلفای کرونباخ این پایلوت، ۰/۷۲۴ است؛ بنابراین اعتبار و روایی پرسشنامه مذکور اثبات می‌گردد.

$$n = \frac{t^2 pq}{d^2} \quad \text{رابطه (۱):}$$

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

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

مسائل و چارچوب مورد نظر، به تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیر مسکن 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 مسکن شهر گرگان استفاده گردیده است. همچنین 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 شد. محدوده مورد نظر تحقیق، شهر گرگان و جامعه آماری نیز کلیه واحدهای مسکونی شهر گرگان شامل ۵۳۴۶۲ واحد مسکونی (بر اساس اطلاعات نقشه پایه طرح جامع شهر گرگان مصوب ۱۳۹۲) است؛ لذا با توجه به گستردگی محدوده مورد مطالعه و حجم بالای جامعه آماری، اقدام به تعیین حجم نمونه با استفاده از فرمول آماری کوکران گردیده است. بر این اساس، تعداد ۵۰۰ نمونه

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.

و غیره) اقدام گردید؛ همچنین به منظور آماده‌سازی و تهیه لایه‌های پایه و عامل به‌عنوان متغیرهای ارزیابی ساختمان‌ها به روش آریا از آنالیزهای پرسش و پاسخ فضایی<sup>۲</sup> و پردازش‌های آنالیز زمین‌آمار<sup>۳</sup> در محیط نرم‌افزار جی‌آی‌اس استفاده شده است. در مرحله تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر گرگان به روش آریا ابتدا لایه‌های عامل متناسب با پارامترها و شاخص‌های مدل با

در ادامه و پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، 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<sup>۱</sup> مربوط به مسکن نمونه (شامل کیفیت مسکن، قدمت مسکن، مصالح به کاررفته در مسکن، نوع سیستم سازه‌ای، نوع واحد مسکونی، پیش‌آمدگی

2- Query

3- Geostatistical analyst

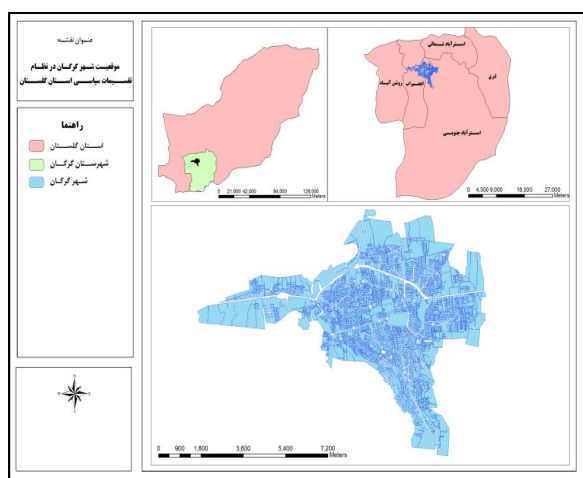
1- Attribute

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 دامنه شمال رشته کوههای 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.

استفاده از آنالیزهای آمار مکانی و به روش کریجینگ و در قالب لایه‌های پیوسته (رستری) تهیه و سپس با استفاده از فن‌های آنالیز فضایی در محیط نرم‌افزار جی‌آی‌اس نسبت به پیاده‌سازی مدل ریاضی و اعمال ضرایب مرتبط با شاخص‌ها و تهیه نقشه نهایی ارزیابی آسیب‌پذیری زلزله با استفاده از آنالیز Calculate Analysis اقدام شده است.

### محدوده مورد نظر تحقیق

شهر گرگان با مساحت ۳۵۶۷ هکتار از شهرهای



شکل ۱: نقشه موقعیت شهر گرگان در استان گلستان

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<sup>۱</sup> تعیین شده‌اند. 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 (Arya, 1967:29). در نهایت پس از تعیین پارامترهای  $F_I$  و  $L_I$  نسبت خسارت کل ساختمان را می‌توان از رابطه (۱-۲) محاسبه نمود:

به‌طور کلی می‌توان گفت که شهرستان گرگان در حوزه 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،

۱- مقیاس MSK توسط مدودف، اسپونور و کارنیک 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 زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله در آوریل ۱۹۶۴ پذیرفته شد.

رابطه (۱):

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

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 هزینه هر کدام نسبت به هزینه کل ساختمان می‌باشند، محاسبه خواهند شد. انتخاب ضرایب  $F$  تقریبی بوده و کاربر می‌تواند آن‌ها را بر پایه برآورد هزینه بنا، تغییر دهد. در این پژوهش این چهار عامل با ضرایب  $F$  عبارت‌اند از:

نوع سیستم سازه‌ای:  $F=0/6$  سیستم کف طبقات:

$$F=0/33 \text{ پیش‌آمدگی‌ها: } F=0/04 \text{ نما: } F=0/03$$

مقدار  $LR$  باید بین ۰ تا ۱ تعیین شود. از این رو اگر نتیجه 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 دهنده 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، تخلیه اجباری ساختمان، نیاز به بازسازی	$0/25 < LR < 0/50$
۳	خسارت به مقدار متوسط، تعمیرات پس از تخلیه ساختمان	$0/50 < LR < 0/75$
۴	خسارت کم، ساختمان قابل‌استفاده، تعمیرات جزئی بدون نیاز به تخلیه 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.

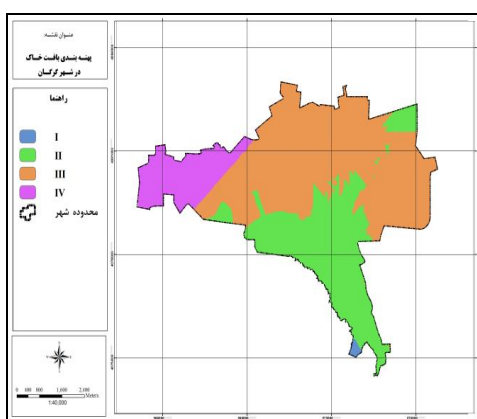
بافت خاک: به منظور تهیه نقشه پایه بافت خاک شهر گرگان داده‌های مربوط به مختصات، عمق و میزان

$SPT^1$  مربوط به ۱۲۰ نمونه 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 آئین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله موسوم به

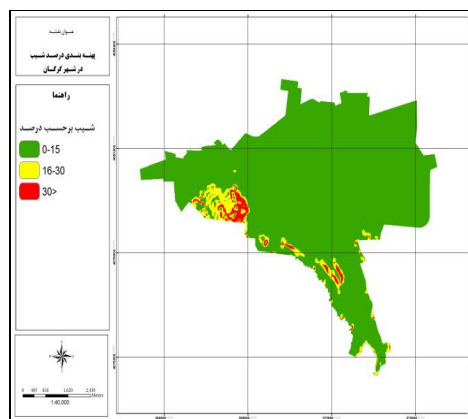
آنالیزهای آزمون تشخیصی نظیر Histogram, Normal QQ Plat, Trend Analysis میزان، نوع و روند گرایش‌های احتمالی در برداشت نمونه‌ها استفاده گردیده و با شناسایی آن‌ها و استفاده از توابع لگاریتمی و معادلات ریاضی مناسب نسبت به تعدیل آن‌ها اقدام گردیده است؛ همچنین فرایند انجام آنالیز درون‌یابی به روش کریجینگ نیز نشان داده شده است (رجوع شود به شکل ۱ و ۲ در ضمایم و پیوست‌ها).

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 تهیه نقشه 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. بدین صورت که با توجه به نمونه‌برداری از خصوصیات بافت خاک در شهر گرگان به منظور تعمیم به سایر نقاط شهر ابتدا از



شکل ۳: نقشه برآورد بافت خاک در شهر گرگان



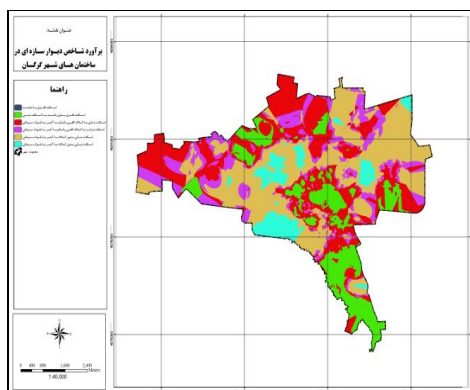
شکل ۲: نقشه پهنه بندی شیب اراضی شهر گرگان

تطبيق زیرمعیارهای آن با شرایط ساختمان‌های شهر گرگان، اصلاحاتی در مدل آریا صورت گرفته است. بدین صورت که زیرمعیارهای جدید به صورت اسکلت فلزی با بادبند، اسکلت فلزی بدون بادبند یا اسکلت بتنی، اسکلت بنایی با کلاف افقی و قائم 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.

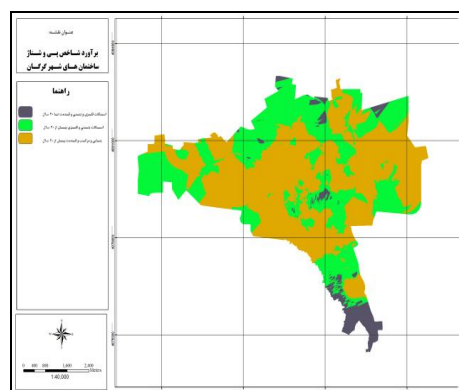
**پی و شناژ ساختمان:** به منظور بررسی شاخص‌های تعریف شده پی ساختمان در مدل آریا ساختمان‌های دارای اسکلت فلزی و بتنی و قدمت تا ۲۰ سال برای زیر معیار مناسب بودن شناژ، منظور گردید. پی و شناژ نامناسب به صورت بتنی و فلزی بیش از ۲۰ سال و بنایی و مرکب کمتر از ۲۰ سال قدمت و عدم اجرای پی و شناژ که تأثیر قابل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

**دیوار سازه‌ای:** به منظور بررسی این شاخص و نیز





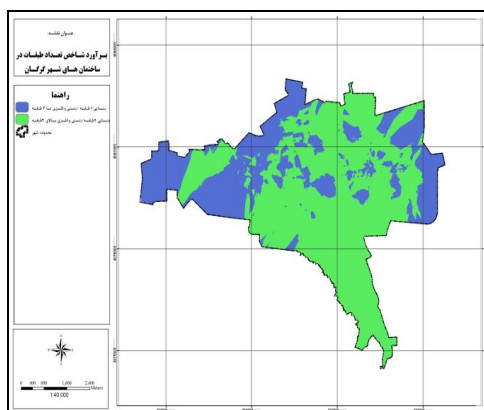
شکل ۵: نقشه برآورد شاخص دیوار سازه‌ای در شهر گرگان



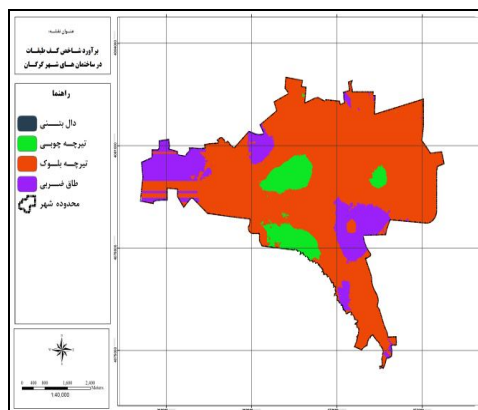
شکل ۴: نقشه برآورد شاخص پی و شناژ در شهر گرگان

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 نشان‌دهنده 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.

کف طبقات: به منظور تهیه نقشه درونیابی وضعیت شاخص کف طبقات در ساختمان‌های شهر گرگان نیز از امکانات نرم‌افزار جی‌آی‌اس 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.



شکل ۷: نقشه برآورد شاخص تعداد طبقات در شهر گرگان

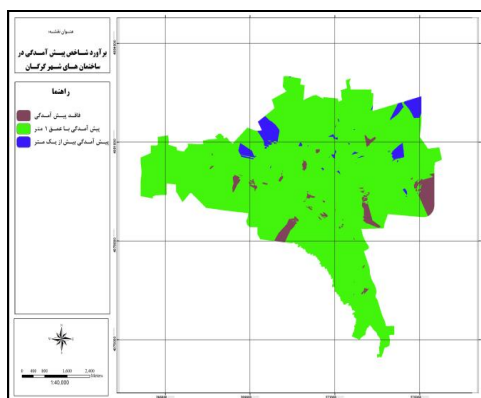


شکل ۶: نقشه برآورد شاخص کف طبقات در شهر گرگان

این‌که در ساخت‌وسازهای صورت گرفته متناسب با اقلیم مناطق مرطوب و معتدل بازشوها اغلب در تقارن با بنا شکل گرفته و همچنین بازشوها ورودی‌های

بازشو: شکل بازشوها و نحوه طراحی و توزیع آن‌ها در ساختمان تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر افزایش یا کاهش ایمنی ساختمان‌ها دارد. یافته‌های تحقیق با توجه به

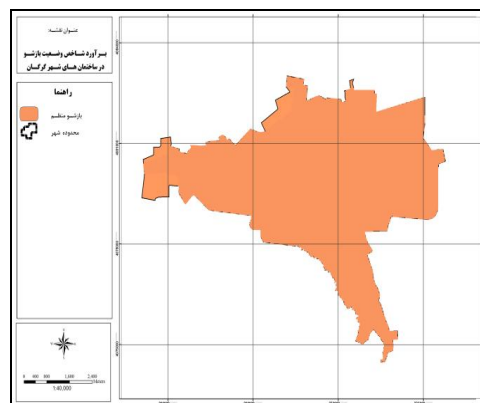
خروج از مرکزیت، پیچش شده و می‌تواند عاملی برای افزایش ابعاد یا شماره تیر و «نیاز به تحلیل دینامیکی» و در نهایت تغییر در نحوه محاسبات ستون و هزینه ساخت سازه گردد. به منظور تهیه نقشه شاخص پیش‌آمدگی در ساختمان‌های شهر گرگان نیز از آنالیزهای زمین‌آمار و درون‌یابی به روش کریجینگ در محیط نرم‌افزار جی آی اس استفاده شده است.



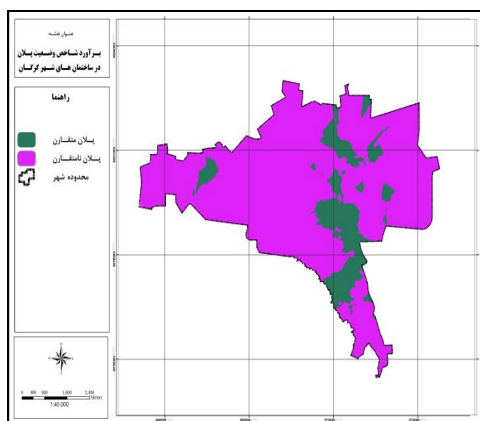
شکل ۹: نقشه برآورد شاخص پیش‌آمدگی در شهر گرگان

گسترده و بزرگی ندارند و نیز با عنایت به فراهم نبودن شرایط به منظور بررسی دقیق این شاخص برای تمامی ساختمان‌های نمونه شرایط مطلوب و مناسب در نظر گرفته شده است و نقشه تهیه شده نیز به صورت پهنه رستری ممتد و در یک طبقه بازشوی مناسب و منظم شکل یافته است.

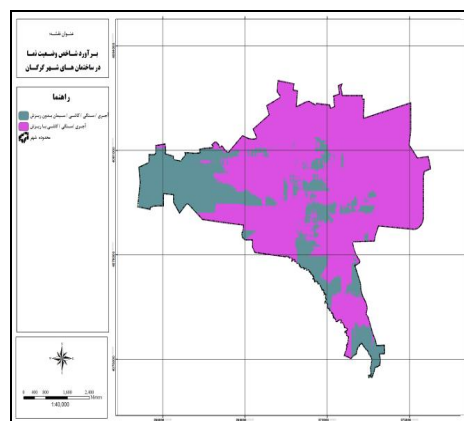
**پیش‌آمدگی:** وجود پیش‌آمدگی‌های متعدد می‌تواند سبب ایجاد بی‌نظمی در پلان و ارتفاع سازه، ایجاد



شکل ۸: نقشه برآورد شاخص بازشو در شهر گرگان



شکل ۱۱: نقشه برآورد شاخص وضعیت پلان در شهر گرگان



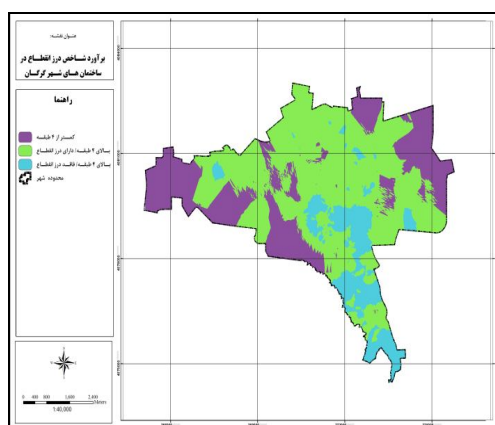
شکل ۱۰: نقشه برآورد شاخص وضعیت نما در شهر

باشد، مقاومت احتمالی آن در برابر زلزله افزایش خواهد یافت (شاملو و میوه‌چی، ۱۳۹۱: ۵۴). شکل ۱۱ نشان‌دهنده نقشه برآورد شاخص پلان در ساختمان‌های شهر گرگان است.

**کیفیت و عمر بنا:** به‌طور عمومی قدمت بنا با کیفیت ساخت و مقاومت آن در برابر زلزله رابطه مستقیم دارد. به عبارتی هر چه قدمت بنا بیشتر باشد از

**نمای ساختمان:** انتخاب گونه‌ها و انواع مصالح مورد استفاده در نمای ساختمان در تعیین میزان خطرپذیری ساختمان‌ها در برابر خطراتی نظیر زلزله نیز تأثیر بسزایی دارد. شکل ۱۰ نشان‌دهنده نقشه برآورد شاخص نمای ساختمان‌های شهر گرگان است. پلان: هر چه اشکال ساختمان منظم‌تر و توزیع جرم‌ها و سختی‌ها در سطح افق (پلان) و در ارتفاع، متقارن‌تر

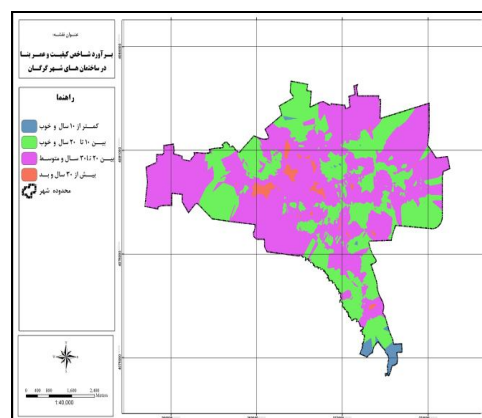
۲۸۰۰ ایران (طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله) نیز با صراحت بدان اشاره شده است، استفاده از درز انقطاع به منظور جلوگیری از خسارت و کاهش خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، به ویژه در زمان وقوع زلزله است. شکل شماره ۱۳ نشان‌دهنده نقشه برآورد شاخص درز انقطاع در ساختمان‌های شهر گرگان است.



شکل ۱۳: نقشه برآورد شاخص درز انقطاع در شهر گرگان

کیفیت بنا کاسته شده و بنا آسیب پذیرتر می‌شود؛ بنابراین عمر بنا از جمله شاخص‌های کلیدی در بررسی آسیب پذیری ساختمان‌ها در برابر زلزله به شمار می‌روند. شکل شماره ۱۲ نشان‌دهنده نقشه برآورد شاخص کیفیت و عمر بنا در ساختمان‌های شهر گرگان می‌باشد.

درز انقطاع: یکی از موارد توصیه شده که در آیین‌نامه



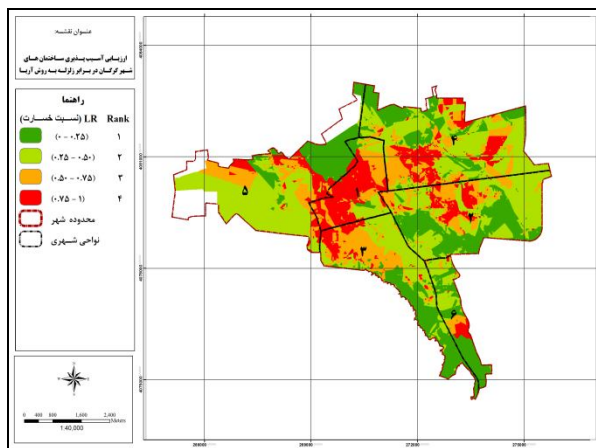
شکل ۱۲: نقشه برآورد شاخص کیفیت در شهر گرگان

شاخص‌های مدل آریا می‌باشد (شکل ۱۵). در شکل ۳ نحوه وزن دهی و اجرای مدل آریا در نرم‌افزار جی آی اس نشان داده شده است (رجوع شود به ضمیمه 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 آسیب پذیری ساختمان‌های شهر مطابق با میزان LR به دست آمده و بر اساس محدوده ساخته شده شهر بیان گردیده است.

پایه‌سازی مدل ارزیابی آسیب پذیری کیفی آریا در نرم‌افزار GIS: به منظور ارزیابی آسیب پذیری مسکن شهر گرگان در برابر زلزله به روش آریا ابتدا لایه‌های عامل تهیه شده و بر اساس ضرایب اختصاص یافته به زیرمعیارهای هر یک شاخص‌های تعریف شده وزن دهی و کلاسه‌بندی مجدد<sup>۱</sup> در مورد آن‌ها صورت گرفته است. در ادامه با استفاده از تکنیک‌های آنالیز فضایی<sup>۲</sup> در محیط نرم‌افزار جی آی اس نسبت به پیاده‌سازی مدل ریاضی و اعمال ضرایب مرتبط با شاخص‌ها و تهیه نقشه نهایی ارزیابی آسیب پذیری زلزله با استفاده از آنالیز Calculate Analysis اقدام شده است. خروجی به دست آمده نقشه رستری حاوی ارزش‌های میزان آسیب پذیری مسکن شهر گرگان در برابر زلزله بر اساس

1- Reclassify  
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
رتبه ۱ ( $LR < 0/25$ )	۴۴۲,۹۱	۲۵/۵۸٪
رتبه ۲ ( $0/25 < LR < 0/50$ )	۶۲۳,۷۸	۳۶/۰۲٪
رتبه ۳ ( $0/50 < LR < 0/75$ )	۳۶۴,۸۷	۲۱/۰۷٪
رتبه ۴ ( $LR > 0/75$ )	۳۰۰,۱۵	۱۷/۳۳٪
جمع	۱۷۳۱,۷۳	۱۰۰٪

ماخذ: یافته‌های تحقیق

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 لبه شمالی بلوار شهید کلانتری و قسمت‌هایی از شهرک شهریار، کوی جامی، شهرک حافظ و خیام و شهرک دانشجو به سمت شمال تا انتهای محدوده 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 رتبه دو آسیب‌پذیری ( $0/25 < LR < 0/50$ )

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

#### تحلیل آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر گرگان در برابر زلزله

پهنه‌های با رتبه 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 نشان‌دهنده 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 تخلیه ساختمان از ساکنان آن مقدور است با دارا بودن ۴۴۳ هکتار از مساحت محدوده ساخته شده شهر گرگان ۲۵/۵۸ درصد از کل فضای ساخته شده شهر را به خود اختصاص داده است. پهنه موردنظر اغلب در مناطق توسعه و ساخت‌وساز جدید شهری و شکل‌گرفته در چند سال اخیر واقع شده‌اند که از آن

داده است. موقعیت مکانی این محدوده به‌طور عمده در قسمت‌های پیرامونی بافت قدیم و فرسوده شهر گرگان و سکونتگاه‌های غیررسمی اضافه شده به محدوده شهر گرگان در سال‌های اخیر می‌باشد. از آن جمله می‌توان به بافت‌های فرسوده جنوب شهر شامل قسمت‌های شمالی محله 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 آیت‌الله 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 محدوده محله افسران و محله انجیراب، همچنین ساخت‌وسازهای اطراف بلوار الغدیر و دسترسی‌های لبه غربی و شرقی آن، کوی عرفان، ایرانمهر بالا (ابوذر)، کوی محتشم، امام رضا و قسمت‌هایی از کوی چشم‌انداز، بازرگانی و کوی فلسفی و در قسمت‌های مرکزی شهر گرگان نیز محدوده‌هایی از خیابان امام خمینی در لبه شرقی خیابان امام خمینی و نیز خیابان پاسداران و دسترسی‌های آن در محدوده آسیب‌پذیری با خطر نسبتاً بالای ساختمان در برابر زلزله واقع شده‌اند.

#### پهنه‌های با رتبه چهار آسیب‌پذیری ( $LR > 0/75$ ):

از مجموع مساحت کل محدوده‌های ساخته شده شهر گرگان در قالب کاربری‌های مختلف، پهنه‌ای در حدود ۳۰۰ هکتار معادل ۱۷/۳۳ درصد از مجموع کل فضاهای ساخته شده شهری در محدوده آسیب‌پذیری بیش از ۰/۷۵ (خرابی و ریزش ساختمان، وجود احتمال تلفات جانی) قرار دارند. قسمت اعظم محدوده مذکور در بافت‌های فرسوده و هسته‌های تاریخی و اولیه شهر قرار دارند. در قسمت جنوب شهر قسمت‌هایی از محله قلعه حسن، در قسمت شرقی شهر محدوده‌هایی از خیابان شهید مطهری جنوبی،

تخلیه ساختمان دارند نیز با در برگرفتن فضایی به میزان ۶۲۳ هکتار از مساحت محدوده ساخته شده شهر ۳۶/۰۲ درصد از مساحت کل محدوده ساخته شده 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 لبه شرقی بلوار نهار خوران و خیابان ولیعصر به سمت مرکز شهر نیز محلاتی نظیر گلشهر، قسمت‌هایی از محله گل‌آرا، محدوده خیابان استرآبادی و امتداد آن در سمت شرق تا بلوار گلشهر، میدان گرگان پارس و قسمت‌هایی از کوی بهاران همچنین محدوده خیابان فخرالدین اسعد گرگانی و بلوار تالار به سمت خیابان ملاقاتی و محدوده شهرک بهارستان در لبه 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 لبه شرقی بلوار جرجان و شهرک شهید بهشتی در لبه غربی بلوار جرجان، همچنین پهنه‌هایی از شهرک ویلا شهر در قسمت‌های شرقی شهر گرگان؛ ساخت‌وسازهای صورت گرفته در محدوده شهرک فرهنگیان، خیابان شهید مطهری شمالی و کوچه استخر سیدین، قسمت‌هایی از شهرک مولوی، شهرک حافظ، کوی خیام، خیابان گرگان جدید و دسترسی‌های اطراف آن تا تقاطع سی متری رسالت در پهنه شمالی شهر و ساخت‌وسازهای محدوده‌هایی نظیر خیابان اقتصاد و دسترسی‌های اطراف آن، بلوار دانشگاه و کوی بهزیستی، محله افسران و انتهای بلوار هیرکان در پهنه‌های غربی شهر اشاره نمود.

#### پهنه‌های با رتبه سه آسیب‌پذیری ( $0/75 < LR < 0/5$ ):

ساختمان‌های واقع در پهنه فوق که به دلیل خسارت زیاد، نیازمند تخلیه اجباری ساختمان و بازسازی می‌باشند، با در برگرفتن ۳۶۴ هکتار از محدوده‌های ساخته شده شهر ۲۱/۰۷ درصد از مساحت کل محدوده ساخته شده شهر گرگان را به خود اختصاص

- ✓ برگزاری جلسات و هم‌اندیشی بین مسئولان میراث فرهنگی، مدیران شهر گرگان و کارشناسان و مشاوران به منظور ارائه 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؛
- ✓ تهیه بانک اطلاعاتی ساختمان‌های فرسوده و قدیمی و تفکیک و تمییز ساختمان‌های واجد ارزش تاریخی از ساختمان‌های فرسوده و نیازمند نوسازی در محدوده 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 ارائه این اطلاعات از سوی شهرداری‌ها و ملزم نمودن سازندگان به رعایت آن‌ها در محاسبات ساختمان.

### نتیجه‌گیری

از مجموع مساحت محدوده‌های ساخته شده در شهر گرگان، پهنه‌ای معادل ۱۷/۳۳ درصد از مجموع کل فضاهای ساخته شده شهری در محدوده پرخطر یا با آسیب‌پذیری بیش از ۰/۷۵ (خرابی و ریزش ساختمان، وجود احتمال تلفات جانی) قرار دارند. گفتنی است که بخش عمده محدوده 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

خیابان انقلاب و ادامه آن در امتداد خیابان بعثت در این پهنه واقع شده‌اند. در قسمت شمالی شهر، محدوده ساخت‌وسازهای شمالی محله 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 ادامه آن تا خیابان جمهوری و در قسمت غرب شهر محدوده‌هایی از محله افسران، اقتصاد و طهماسبی، ایرانمهر، فلسفی و قسمت‌هایی از محله الغدیر، عرفان و محدوده 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 محدوده آسیب‌پذیری خرابی و ریزش شدید ساختمان و وجود احتمال تلفات جانی قرار گرفته‌اند.

### پیشنهادها

- ✓ هدایت توسعه‌های جدید شهری به سمت نواحی دارای آسیب‌پذیری کم؛
- ✓ استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان در برابر زلزله با توجه به گسترش داده‌ها و نقشه‌های پایه 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 تپ‌های 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 ابنیه 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؛

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. زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶.
۷. زنگی‌آبادی، علی، جمال محمدی، همایون صفایی و صفر قائدرحمتی. ۱۳۸۷. تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر خطر زلزله؛ نمونه موردی: مسکن شهر اصفهان، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲.
۸. شاملو، باقر و محمودرضا میوه‌چی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر نامنظمی سازه‌ها در پلان و ارتفاع، فصلنامه صنعت مقاومت‌سازی و بهسازی، شماره ۷.
۹. شمس، مجید، جعفر معصومیور سماکوش، شهرام سعیدی و حسین شهبازی. ۱۳۹۰. بررسی مدیریت بحران زلزله در بافت‌های فرسوده شهر کرمانشاه مطالعه موردی: محله فیض‌آباد، فصلنامه جغرافیایی آمایش محیط، شماره 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 مسکن 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 نمونه موردی محله چیدر 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 آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر بروجرد)، آمایش محیط، شماره ۲۴، ۱۰۳-۸۳.
۱۶. کلالی‌مقدم، ژیللا. ۱۳۹۴. ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های حاشیه‌ای و غیررسمی در برابر زلزله

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 بر اثر 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 مقاومت‌سازی 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 توسعه 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.

## منابع

۱. ابلقی، علی‌رضا، امیرحسین صحرایی. ۱۳۸۳. بافت‌های فرسوده در سکونتگاه‌های شهری و روستایی و خطر زلزله، نشریه شهرسازی و معماری هفت شهر، دوره ۱، شماره ۱۷، ۳۰-۴۳.
۲. اسلامی، آرشد. 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.

- 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. I. 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.
- (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، شماره ۱۷.
۱۸. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. ۱۳۸۴. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ویرایش سوم، وزارت مسکن و شهرسازی.
۱۹. موسوی، سیدعارف، حسین رجب‌صلاحي، 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، مجله مدیریت شهری.
۲۰. مهندسین مشاور معمار و شهرساز پارت. ۱۳۹۲. طرح جامع شهر گرگان.