

تخمین آسیب‌پذیری شهر گرگان در برابر زلزله با تأکید بر فاصله از تأسیسات شهری با روش منطق فازی

امیر احمد امینیان: استادیار، عضو هیئت علمی، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد.

قدیر صیامی: استادیار، عضو هیئت علمی، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد.

کاظم تقی نژاد*: دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد; Email: kazem1726@yahoo.com

ابراهیم زاهدی کلاکی: دانشجوی دکتری و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور.

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۲۴

چکیده

خطر زلزله همواره جوامع بشری را تحت الشعاع خود قرار می‌دهد و خسارات جبران‌ناپذیری به این جوامع وارد می‌آورد؛ بنابراین، آمادگی مقابله با این بحران از طریق شناسایی نقاط آسیب‌پذیر و برطرف کردن آن‌ها در جهت کاهش آسیب‌های ناشی از زلزله مؤثر است. بسیاری از شهرهای ایران بر روی پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و زیاد زلزله واقع شده‌اند. شهر گرگان با جمعیتی حدود ۳۳۰ هزار نفر و وسعتی معادل ۳۶۰۰ هکتار در سال ۱۳۹۰ جزء شهرهای واقع بر روی پهنه‌های زلزله‌خیز با خطر نسبی زیاد است. وضعیت نامناسب استقرار تأسیسات زیربنایی شهر نقش اساسی در افزایش میزان آسیب‌های وارده به شهر در برابر زلزله دارند. در این مقاله، با استفاده از محاسبه، ترکیب و تحلیل شاخص‌هایی همچون دسترسی به مراکز درمانی، فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی، دسترسی به فضاهای اسکان موقت و فاصله از پمپ بنزین و ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز، میزان آسیب‌پذیری شهر گرگان از طریق مدل منطق فازی و با استفاده از نرم‌افزار Arc Gis در مواجهه با زلزله بررسی شد. با بررسی نقشه‌ی نهایی آسیب‌پذیری شهر گرگان، نتیجه می‌گیریم پراکنش تأسیسات شهری در شهر گرگان به خوبی انجام نگرفته و بر حسب فاصله از تأسیسات شهری، ساختمان‌های موجود در جنوب و شرق شهر شامل محله‌های واقع در محور ناهارخوران و بلوار کاشانی در مقایسه با بقیه‌ی محدوده‌ی مورد مطالعه آسیب‌پذیری بیشتری دارند که با استقرار تجهیزات و امکانات شهری در این مناطق از میزان آسیب‌پذیری شهر در بحران زلزله کاسته خواهد شد. پراکنش مناسب تأسیسات شهری در محدوده‌ی مرکزی شهر شامل محله‌های واقع در محورهای گلشهر، کمربندی و امام رضا نیز باعث شده این مناطق در صورت وقوع زلزله دچار آسیب‌پذیری کمتری شوند.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری، زلزله، تأسیسات شهری، منطق فازی، گرگان

Estimating Gorgan's vulnerability to earthquakes with emphasis on the distance from infrastructure using fuzzy log

Amir Ahmad Aminian¹, Ghadir Siami², Kazem Taghinejad^{*3}, Ebrahim Zahedi Kalaki⁴

Abstract

Earthquakes have always affected human communities, leaving irreparable damage. Therefore, getting prepared to deal with such crisis through identifying vulnerable spots and eliminating them are effective strategies in reducing the damage caused by an earthquake. Many Iranian cities are located in the areas with medium or high relative risk of earthquake. The city of Gorgan with a population, over ۳۳۰,۰۰۰ and an area of ۳۶۰۰ hectares in ۲۰۱۲ one of the cities located on earthquake-prone zones with high relative risk of earthquake. Poor positioning of infrastructure plays major role in increasing the vulnerability of the cities during an earthquake. In this paper, the extent of vulnerability in Gorgan was considered through calculating, combining and analyzing factors such as access to medical centers, the distance from fire stations, access to temporary accommodation spaces and the distance from gas stations and gas pressure reduction sites using fuzzy logic model and Arc GIS software. Based on the final map, the distribution of infrastructures in Gorgan has not been accomplished well. The buildings in the western and southern parts of the city, including neighborhoods in the path of nahaarkhoran and Kashani Boulevard are more vulnerable compared to the other parts regarding the distance from infrastructures. This can be met by positioning urban facilities and urban equipment in the mentioned areas. Proper distribution of urban infrastructures in metropolitan areas of cities, including neighborhoods in the path Golshahr, belt road and Imam Reza road protects these areas from earthquakes so that they will suffer less destruction in the event of an earthquake.

Keywords: Vulnerability, earthquakes, infrastructure, fuzzy logic, Gorgan

1 Assist. Prof., Department of Urban Design, Imam Reza International University, Mashhad, Iran.

2 Assist. Prof., Department of Geography and Urban Planning, Imam Reza International University, Mashhad, Iran.

3 Phd Student of Urban Desing, Islamic Azad University - Borujerd Branch, Bborujerd, Iran ; Email: kazem1726@yahoo.com

4 Phd Student of Geography and Urban Planning, Islamic Azad University -Noor Branch, Noor,Iran.

۴۷

شماره هشتم

باییز زمستان

۱۳۹۴

دوفصلنامه علمی و پژوهشی



تخمین آسیب‌پذیری شهر گرگان در برابر زلزله با تأکید بر فاصله از تأسیسات شهری با روش منطق فازی

مقدمه

تحلیل آسیب پذیری شهری تحلیل، ارزیابی و پیش بینی احتمال خسارت های جانی، مادی و معنوی شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی است. عوامل آسیب پذیر بسیار گوناگون اند (طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات و ...) و پیوسته یکدیگر را تحت تأثیر قرار می دهند؛ نه به صورت منفرد، بلکه به شکل سیستمی جامع. از سوی دیگر، گروه های آسیب پذیر از بحران ها نیز با عوامل جمعیتی چون سن، مذهب، اقلیت، فقر و سواد در ارتباط اند [۱]. استفاده از مفهوم آسیب پذیری جهت پژوهش در زمینه ی مخاطرات و بلایا نسبتاً جدید است. با وجود تعاریف متعدد از آسیب پذیری، هیچ کدام از این تعاریف بر دیگری ارجحیت ندارند [۲]. آسیب پذیری به نداشتن ظرفیت کافی مردمان برای رویارویی با مخاطرات اشاره دارد که بر پایه ی موقعیت افراد و گروه ها در دنیای فیزیکی و اجتماعی استوار گردیده است [۳].

در علوم و فنون مرتبط با شهرسازی، مقولات متعددی برای بررسی چگونگی خسارات و راه های جلوگیری از آن مطرح است. مهم ترین این موضوعات مشخصات مکان استقرار سکونتگاه در جهت کاهش آسیب ها به زیرساخت های شهری، مکان گزینی کاربری ها، فرم شهر، جنبه های عملکردی و آسیب پذیری آن، اندازه ی شهر و عناصر متشکل آن، چگونگی رشد شهر و مدیریت آن، طراحی ابنیه و شبکه ها، مسائل مرتبط با جامعه شناسی و بسیاری دیگر از زمینه های مرتبط با علم سکونت گزینی بشر است که با شاخص های آسیب پذیری از زلزله قابل بررسی و سنجش می گردد [۴]. وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری های نامناسب زمین های شهری، شبکه ی ارتباطی ناکارآمد، بافت شهری فشرده، تراکم های شهری بالا، وضعیت بد استقرار تأسیسات زیربنایی شهر و کمبود و توزیع نامناسب فضاهای باز شهری و مواردی از این قبیل نقش اساسی در افزایش میزان آسیب های وارده به شهر در برابر زلزله دارند. بنابراین، آنچه پدیده ی زلزله را در شهرها به فاجعه تبدیل می کند، در بسیاری از موارد وضعیت شهرسازی نامناسب است. در میان سطوح گوناگون برنامه ریزی کالبدی، کارآمدترین سطح برای کاستن از میزان آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله سطح میانی یا همان شهرسازی است. بررسی میزان آسیب ها و صدمات، مستقیم و غیرمستقیم، به وضعیت نامطلوب برنامه ریزی و طراحی شهری آن ها مربوط می شود؛ از این رو، می توان با اصلاح وضعیت شهرسازی آسیب پذیری شهرها را در برابر زلزله به میزان زیادی کاهش داد. به عبارت دیگر، ایمنی شهری در برابر زلزله را به مثابه ی هدفی عمده باید در فرآیند شهرسازی وارد ساخت. فقط در این صورت است که می توان به شهرهایی مقاوم در برابر زلزله دست یافت [۵]. در این میان، اجتناب از توسعه ی تأسیسات شهری در نواحی گسلی موضوعی بسیار مهم است. سیستم های فاضلاب و زه کشی باید متمایز با خطوط آب آشامیدنی طرح گردند و در هیچ موردی نباید باعث آلودگی زمین شوند. شبکه های برق، علاوه بر حفظ حرایم لازم، باید امکان انشعاب جایگزین نیز داشته

باشند. لوله های گاز طبیعی و ایستگاه های تغییر فشار باید بدون مشکلات زیست محیطی از مناطق مسکونی دور نگه داشته شوند. تأسیسات روبنایی نیز شامل ایستگاه های آتش نشانی، بهداشتی و درمانی، اسکان موقت، توقفگاه، مراکز سوخت، مراکز راهنمایی و اطلاع رسانی، مراکز تفریحی و ورزشی و نظایر آن می گردد. گرچه اهمیت آن ها همانند تأسیسات زیربنایی نیست، آن ها را باید مکمل تأسیسات زیربنایی قلمداد کرد. باید دانست که گاهی خسارات جانی و مالی ناشی از نقصان یا نارسایی تأسیسات روبنایی با تلفات خود زلزله برابری می کند؛ همچنان که، در زمین لرزه ی کانتو ژاپن، یکی از عوامل مهم وخامت اوضاع خسارات ناشی از آثار ثانویه ی حاصل از آتش سوزی یا طوفان آتش بود که باعث کشته شدن ۱۴۰ هزار نفر و ویرانی ۷۰۰ هزار خانه گردید. در حقیقت، وقتی شهر فاقد تأسیسات و تجهیزات ایمنی است و یا ایستگاه های آتش نشانی در موقعیت نامناسب اند، در آن صورت با بروز حادثه بخشی از وقت و انرژی نیروهای امداد عملاً به هدر می رود [۶]. بر اساس آمارهای منتشر شده از سوی سازمان های جهانی، طی ۲۰ سال گذشته، بیش از ۳ میلیون نفر بر اثر بلایای طبیعی در جهان جان خود را از دست داده اند و زندگی بیش از یک میلیارد نفر تحت تأثیر این بلایا قرار گرفته است [۷]. میزان آسیب پذیری شهرهای کشورمان در برابر مخاطرات و بلایای طبیعی به مراتب بیشتر از متوسط جهانی است و شهرگران نیز با فرارگری در پهنه ی با خطر نسبی زیاد زلزله از این حیث در معرض آسیب است.

بررسی سوابق و پیشینه ی تحقیق در باب مخاطرات طبیعی در پژوهش های دانشگاهی نشان می دهد که این تحقیقات عمدتاً از دهه ی پایانی قرن بیستم آغاز گردید. از جمله ی این تحقیقات می توان به تحقیق راش (۲۰۰۳) برای مشخص کردن میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله، شاخص هایی مانند حداقل عملکرد پل ها، خدمات فوریت پزشکی، بیمارستان ها و بزرگراه ها اشاره کرد که حداکثر هزینه ی بازسازی ساختمان ها و ... را انتخاب و با روش AHP و GIS جهت کاهش مخاطرات اقدام به مدل سازی کرد [۸]. همچنین، آنتونیونی و همکاران نیز در همین راستا تأثیرات زلزله در تأسیسات صنعتی را با استفاده از اطلاعات زلزله های پیشین بررسی و الگوریتمی را ارائه کرده اند [۹]. در ایران نیز، مطالعات مربوط به تقلیل خسارات ناشی از بلایای طبیعی در ایران از دهه ی ۴۰ به بعد آغاز گردید که مطالعات پژوهشکده ی سوانح طبیعی، پژوهشکده ی زلزله، جایکا^۱ و UN^۲ از آن دسته اند. با افزایش تدریجی مطالعات و برگزاری سمینارهای متعدد در کشور در زمینه ی مخاطرات طبیعی، تحقق برنامه ی ایمن سازی و مقاوم سازی شهرها و روستاهای کشور در مقابل سوانح طبیعی در ماده ی ۶۲ قانون برنامه ی چهارم توسعه ی کشور لحاظ گردید. در سال های اخیر نیز، پژوهش های دانشگاهی متعددی در زمینه ی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله انجام گرفته است که از جمله ی آن ها پژوهش عابدی (۱۳۸۵) با عنوان «بررسی اثرات ناشی از تخریب ساختمان ها پس از وقوع زلزله در معابر شهری» است. او پژوهش خود را در منطقه ی ۱ تهران انجام داد [۱۰]. حبیبی و همکاران (۱۳۸۶) نیز به تعیین عوامل ساختمانی مؤثر در آسیب پذیری بافت کهن شهری زنجان

با استفاده از منطق فازی و GIS اقدام کردند [۱۱]؛ اگرچه در همان شهر (زنجان) احدنژاد و همکاران نیز تحقیق دیگری با استفاده از روش تحلیلی سلسله‌مراتبی AHP و GIS جهت شناسایی میزان آسیب‌پذیری بافت قدیم شهر در برابر زلزله بر حسب فاصله از کاربری‌های حیاتی انجام داده‌اند [۱۲].

در همین راستا و بر مبنای شناخت ضرورت‌های فوق، مقاله‌ی حاضر با درک آسیب‌پذیر بودن تأسیسات شهری گرگان هدف اصلی خود را محاسبه‌ی آسیب‌پذیری این شهر در برابر زلزله با تأکید بر فاصله از تأسیسات شهری با روش منطق فازی قرار داده و تلاش خواهد کرد در این چارچوب به بررسی میزان آسیب‌پذیری پهنه‌های مختلف شهری گرگان بر اساس فاکتور فاصله از تأسیسات مهم شهری و شناخت پهنه‌ها و کاربری‌های شهری آسیب‌پذیر و اولویت‌دار در مواجهه با زمین‌لرزه برای اقدامات پدافندی بپردازد.

تحلیل محدوددهی مورد مطالعه

تحلیل جغرافیایی - جمعیتی شهر گرگان در ارتباط با زمین لرزه

استان گلستان، با مساحتی معادل ۲۲ هزار کیلومتر مربع، در شمال کشور واقع شده است. این استان از دو منطقه‌ی کوهستانی و جلگه‌ای تشکیل شده است. گرگان از شهرهای شمالی ایران و مرکز استان گلستان است که در جنوب شرق دریای خزر واقع شده است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۵۵ متر (بیش از ۲۵۰ متر ارتفاع در جنوب و کمتر از ۱۰۰ متر در شمال) است. شهرستان گرگان در ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۹ درجه‌ی عرض شمالی در دامنه‌ی شمالی رشته‌کوه البرز گسترده شده است.

به طور کلی، شهرستان گرگان از دو منطقه‌ی طبیعی کوهپایه و جلگه‌ای تشکیل شده که کوهپایه در قسمت جنوبی گرگان و قسمت جلگه‌ای در شمال و دنباله‌ی دشت وسیع گرگان است. شیب زمین از جنوب غرب به طرف شمال است که به طرف جنوب ارتفاع زمین افزایش می‌یابد. در این منطقه، ارتفاعات بیش از

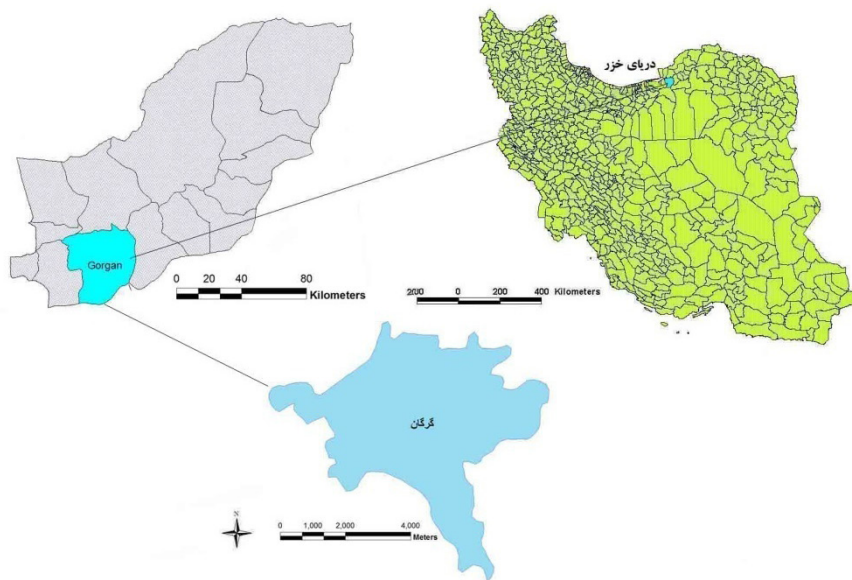
۳۰۰ متر پوشیده از جنگل‌های متراکم است [۱۳]. این شهر وسعتی معادل ۳۶۰۰ هکتار و جمعیتی بالغ بر ۳۲۹۵۴۶ نفر (در سال ۹۰) دارد [۱۴]. بر اساس بررسی‌های به‌عمل‌آمده، رشد سریع شهر از دهه‌ی ۱۳۶۵ شروع شده بود، اما تا دهه‌ی ۱۳۷۵ شهر به صورت فشرده رشد کرده است. در دو سال ۷۵ و ۸۵، صرف‌نظر از میزان کمیت آن، می‌توان پدیده‌ی پراکنش افقی بی‌رویه را برای گرگان تصور کرد. متأسفانه، این روند همچنان ادامه دارد. مهم‌ترین علل پراکنش افقی شدید گرگان تا سال ۱۳۸۵ عبارت‌اند از: وجود کاربری‌های بسیار زیاد غیرضروری مانند نظامی، زمین‌های بایر و ... در شهر، مهاجرت‌های زیاد به این شهر، سیاست‌های واگذاری زمین و مسکن بعد از انقلاب، افزایش میزان مالکیت اتومبیل شخصی یا بهبود حمل‌ونقل، ادغام روستاها و آبادی‌ها در شهر، ابهام در قوانین و مقررات شهری و تغییرات مکرر مدیران شهری. به علت وجود حاشیه‌نشینی و اتصال برخی از مراکز جمعیتی خارج از محدوده به گستره‌ی شهری، ابعاد کار بیش از محدوده‌ی شهر گرگان در نظر گرفته شد.

شهر گرگان از نظر اقلیمی معتدل و مرطوب است. طبق تقسیم‌بندی کوپن، این منطقه اقلیم مدیترانه‌ای داخلی دارد که از جمله‌ی خصوصیات آن کمتر از یک متر بودن میزان بارندگی و تمرکز آن در فصول سرد سال و همچنین تابستان‌های کاملاً خشک و زمستان‌های ملایم است. مقدار بارش سالانه در ایستگاه گرگان ۶۰۹ میلی‌متر است. بارندگی در این منطقه با ارتفاع افزایش می‌یابد [۱۵]. با در نظر گرفتن این امر و در صورت وقوع زلزله در این ماه‌ها، باید تأثیرات بارندگی در اقدامات امداد و نجات را نیز مد نظر قرار داد.

تحلیل کالبدی - کاربری و تأسیسات شهری گرگان

نظام تقسیمات واحدهای شهری

در گرگان، بر اساس تنوع عملکردی و با در نظر داشتن تقسیمات اداری و واحدهای شهری موجود، نظام تقسیمات



تصویر ۱: نقشه‌ی موقعیت شهر گرگان

شهری مورد بازبینی و تدقیق قرار گرفته و مشخص گردید که گرگان شامل ۲ منطقه، ۶ ناحیه و ۵۳ محله به شرح زیر است:

منطقه ۱ نخست شامل ۳ ناحیه و ۲۷ محله در بخش غربی شهر که منتهی به خیابان‌های استرآباد، قدس، رسالت، بهشت سوم، دادگستری، پاسداران، ولیعصر و ناهارخوران است. مرز نواحی آن با خیابان‌های رسالت و الغدیر (ناحیه ۱ و ۲) و ۵ آذر و صیاد (ناحیه ۱ و ۳) تعیین می‌شود.

منطقه ۲ دوم شامل ۳ ناحیه و ۲۶ محله در بخش شرقی شهر و منتهی به خیابان‌های فوق است. مرز نواحی این منطقه با خیابان‌های شهید بهشتی و جرجان (ناحیه ۱ و ۲)، خیابان‌های دانش و جانبازان (ناحیه ۲ و ۳) تعیین می‌شود.

تعیین عناصر و بافت‌های خاص و مناطق نوسازی و بهسازی

در شهر گرگان، با توجه به فرسودگی و ناکارآمدی محله‌هایی از شهر، ضرورت توجه به این مناطق در مواجهه با زلزله بیشتر احساس می‌شود. اهم مسائلی که باید مورد توجه قرار گیرند عبارت‌اند از:

نخست: محدوده‌ی بافت قدیم شهر، که مهم‌ترین عنصر تاریخی شهر است، در بخش مرکزی آن قرار گرفته و در فهرست میراث فرهنگی ثبت گردیده است.

دوم: محدوده‌های دارای فرسودگی کالبدی شامل محله‌های سرخواجه، امام رضا، محله، فردوسی، سجادیه، اسلام‌آباد و کوی محتشم.

با این حال، علاوه بر موارد فوق، مناطق زیر نیز باید به صورت خاص و در قالب طرح‌های نوسازی و بهسازی و دیگر انواع برنامه‌های مشابه مورد توجه قرار گیرند:

نخست: محدوده‌ی سکونتگاه‌های روستایی که در طی زمان، بر اثر گسترش فیزیکی و رشد کالبدی شهر، به آن پیوسته‌اند و مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: اوزینه، انجیرآب و قلعه حسن.

دوم: زمین‌های حاصل از پالایش فعالیت‌ها و خروج کاربری‌های مزاحم و غیرشهری.

تأسیسات و تجهیزات شهری

از نظر ایستگاه‌های آتش‌نشانی، تعداد ۵ ایستگاه آتش‌نشانی در سطح شهر وجود دارد که کمتر از ۵۰٪ سطح محدوده در فاصله‌ی کمتر از ۷۵۰ متر که فاصله‌ی مناسبی جهت اقدام به موقع این ایستگاه‌ها در امر امداد و نجات است [۱۶] قرار گرفته و این نشان‌دهنده‌ی کمبود این ایستگاه‌ها در سطح شهر و آسیب‌پذیری متوسط و بالای محدوده بر اساس شاخص مذکور است.

دسترسی به بیمارستان‌ها و مراکز درمانی موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد و نجات و خدمات‌رسانی می‌شود. به این ترتیب، با دور شدن از مراکز درمانی، احتمال آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود. عدم دسترسی مناسب به مراکز حیاتی از قبیل بیمارستان‌ها یکی از مشکلاتی است که از بی‌توجهی به لزوم دسترسی سریع و آسان به چنین مراکزی در هنگام ناشی گردیده است. مراکز در سطح شهر و یا حتی پس از آن هنگام ناشی گردیده است. بیمارستان‌های حکیم جرجانی، صیاد شیرازی، فلسفی، پنج‌آذر، طالقانی، مسعود و دزیانی است که عمدتاً در بخش‌های مرکزی و غربی محدوده واقع شده‌اند و مراکز درمانی نیز عمدتاً در مرکز

شهر و به صورت پراکنده در قسمت‌های دیگر قابل مشاهده‌اند که پراکندگی نامناسب این مراکز آسیب‌پذیری را افزایش خواهد داد.

شبکه‌ی ارتباطی شهر

نخست: ورودی‌ها

ورودی از بخش شمالی از محور گرگان. آق‌قلا، ورودی بخش غربی از محور گرگان. کردکوی، ورودی بخش شرقی از محور گرگان. علی‌آباد.

دوم: سلسله‌مراتب شبکه‌ی معابر

شریانی درجه ۱ (بزرگراه): محور شهید کلانتری که در حال حاضر کمربندی شهر است و نقش بزرگراه درون‌شهری را دارد.

شریانی درجه ۲: این گروه از معابر شامل دو دسته شریانی درجه ۲ اصلی و فرعی است. در طرح حاضر، معابری از قبیل بلوار انتظام، بلوار الغدیر، شهید صیاد شیرازی، گلشهر مدرس و کاشانی، جمهوری اسلامی، امام خمینی، شهید بهشتی، شهدا، پاسداران، ولیعصر و ناهارخوران دارای نقش شریانی درجه ۲ هستند.

معابر جمع و پخش‌کننده: این معابر که ارتباط‌دهنده‌ی خیابان‌های شریانی و معابر محلی‌اند، به سبب تعدد، فقط در نقشه‌ی سلسله‌مراتب شبکه‌ی معابرند [۱۷].

تراکم و کیفیت ابنیه

عامل جمعیت نقش مهمی در آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله دارد. با بررسی صورت‌گرفته به طور متوسط، تراکم جمعیتی در گرگان از ۸۸/۲ نفر در هکتار در سال ۵۵ به ۷۷/۰۸ نفر در هکتار در سال ۸۵ کاهش داشته است. بیشترین تراکم جمعیتی به میزان ۴۰۰ نفر در هکتار و بیشتر عمدتاً در اراضی جنوبی شهر محدوده‌های بلوار ناهارخوران، گلشهر، دخانیات، سروش و جنگل واقع شده‌اند. کمترین تراکم جمعیتی را نیز به تعداد ۱۰۰-۱ نفر در هکتار بیشتر حاشیه‌ی شمالی، شرقی و غربی شهر، محدوده‌های کمربندی به خود اختصاص داده‌اند. با وجود ساخت‌وساز با سن کم، واقع شدن ساختمان‌ها در قسمت‌های جنوبی شهر در شیب بسیار تند (حوالی صدوسیما) خطر لغزش را تا حدود زیادی افزایش می‌دهد و همچنین در منطقه‌ی وسیعی از بخش‌های مرکزی ساختمان‌ها فرسوده‌اند و در برخی مناطق بر روی شیب واقع شده‌اند (حوالی خیابان امام رضا). به همین ترتیب، وجود بافت تاریخی و فرسوده و بازارها، که به شکل فشرده در مرکز شهر واقع‌اند، اهمیت برنامه‌ریزی برای این ناحیه را نشان می‌دهند. همچنین، در قسمت وسیعی از بخش‌های شرقی که حدود ۷۰ درصد این ناحیه را دربر گرفته است، بافت ساختمان‌های بدون اسکلت موجود است. بر مبنای یک پیمایش کلی، ۴۹ درصد ساختمان‌های موجود در شهر گرگان نوسازند، ۲۹ درصد فرسوده‌اند و ۲۲ درصد مصالح بنایی ساخته شده‌اند. همچنین، از لحاظ تراکم، ۳۰ درصد ساختمان‌ها یک طبقه، ۳۲ درصد آن‌ها دو طبقه، ۷ درصد سه طبقه و ۳۱ درصد چهار طبقه و بیشترند.

روش تحقیق

روش‌شناسی انجام این پژوهش بر حسب هدف توسعه‌ای - کاربردی و بر حسب طرح تحقیق تحلیلی. توصیفی

از نوع پیمایشی است. در این مقاله، از منطق فازی برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است. نظریه‌ی منطق فازی را در سال ۱۹۶۵ پرفسور لطفی زاده، استاد دانشگاه کالیفرنیا، مطرح کرد. تعریف لطفی زاده از منطق فازی چنین است: مجموعه‌ی فازی به نوعی روش طبقه‌بندی داده اطلاق می‌شود که در آن مرز بین طبقات مختلف نامعین است. در حقیقت، گذار از یک طبقه به طبقه‌ی دیگر تدریجی و آهسته است. عناصر هر طبقه نیز با یک درجه عضویت معین به هر طبقه تعلق دارند [۱۸]. در منطق فازی، میزان عضویت یک عنصر در یک مجموعه با مقداری در بازه‌ی یک (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) تعریف می‌شود. درجه‌ی عضویت معمولاً با یک تابع عضویت بیان می‌شود که شکل تابع ممکن است به صورت خطی، غیرخطی، پیوسته یا ناپیوسته باشد. در منطق فازی، به هر یک از پیکسل‌ها در هر نقشه‌ی فاکتور مقداری بین صفر و یک اختصاص داده می‌شود: $0 < \mu(x) < 1$ ؛ از آن جهت که در سیستم‌های رایانه‌ای می‌توان از ۰ تا ۲۵۵ را نشان داد. می‌توان به جای مقیاس صفر و یک، از مقیاس صفر تا ۲۵۵ استفاده کرد. در این مقیاس‌ها، اعداد بزرگ‌تر مطلوبیت بیشتری خواهند داشت؛ یعنی عدد ۲۵۵ بالاترین مطلوبیت را دارد و عدد صفر فاقد مطلوبیت است و طیفی از مقادیر بین این دو عدد قرار می‌گیرند که هر چه به ۲۵۵ نزدیک‌تر می‌شود، مطلوبیت افزایش می‌یابد [۱۹]. در واقع، این ارقام بیانگر میزان مناسب بودن محل پیکسل از دیدگاه معیار مربوطه برای هدف مورد نظر است.

همچنین، می‌توان نقشه‌ی فاکتور را به گونه‌ای دیگر تهیه کرد که مقدار هر پیکسل شامل اهمیت نسبی فاکتور مربوطه در مقایسه با دیگر فاکتورهای میزان آسیب‌پذیری نیز باشد [۲۰]. در این پژوهش، چنانچه در ادامه‌ی تحقیق مشاهده می‌شود، از این روش استفاده شده و نتایج، پس از تهیه‌ی نقشه‌های مربوطه به هر یک از فاکتورها، مقادیر عضویت موجود در آن‌ها به کمک عملگرهای فازی مناسب با یکدیگر ترکیب می‌شوند. نتیجه‌ی نهایی پس از ادغام این فاکتورها به صورت نقشه‌ی میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله ارائه می‌گردد.

تعیین تابع عضویت

رسیدن به موفقیت در به‌کارگیری ریاضیات فازی در کاربردهای مختلف تا حد زیادی به تعریف توابع عضویت مناسب بستگی دارد [۲۱]. همان‌طور که در روش‌شناسی پژوهش عنوان شد، درجه‌ی عضویت معمولاً با یک تابع عضویت بیان می‌شود که شکل تابع ممکن است به صورت خطی، غیرخطی، پیوسته یا ناپیوسته باشد. با توجه به ماهیت فاکتورهای استفاده‌شده در ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شهر گرگان در برابر زلزله، چنان‌که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، تمامی توابع استفاده‌شده (مراکز درمانی، آتش‌نشانی، اسکان موقت و پمپ‌های بنزین) جهت استانداردسازی نقشه‌های فازی از نوع خطی چندتکه‌اند که در آن‌ها درجه‌ی تناسب مکان‌های مختلف جهت ارزیابی آسیب‌پذیری در مقابل زلزله، با توجه به نقش عامل مربوطه، به صورت تدریجی و پیوسته تغییر می‌یابد. به‌طور کلی، عوامل مربوط به فواصل (فاصله‌ی اقلیدسی

از هر یک از فاکتورها و پدیده‌های پیوسته) را می‌توان با این تابع مدل‌سازی کرد [۱۹]. نکته‌ی دیگری که پس از تعیین نوع تابع در استانداردسازی نقشه‌های فازی باید لحاظ گردد، تعیین حد آستانه یا نقطه‌ی کنترل برای مشخص کردن حد پایین آستانه (a یا b) و حد بالای آستانه (b یا d) است که با توجه به نوع تابع آن (افزایشی یا کاهش‌ی بودن) در استانداردسازی نقشه‌ها متفاوت است؛ بدین صورت که در توابع افزایشی، مقدار ارزش کمتر حد پایین آستانه (a یا c) بیانگر مطلوبیت کمتر و مقدار بیشتر حد بالای آستانه (b یا d) بیانگر مطلوبیت بیشتر است. همچنین، در توابع کاهش‌ی عکس این قضیه صادق است؛ یعنی مقدار ارزش کمتر حد پایین آستانه (a یا c) بیانگر مطلوبیت بیشتر و مقدار بیشتر حد بالای آستانه (b یا d) بیانگر مطلوبیت کمتر خواهد بود. با توجه به اینکه فاکتورهای فاصله از مراکز درمانی، آتش‌نشانی و اسکان موقت از نوع کاهش‌ی است، ارزش حد پایین آستانه (a یا c) طبق نظر کارشناسی عدد صفر است که نشان‌دهنده‌ی مطلوبیت فواصل نزدیک به این تأسیسات است و با افزایش فاصله از این مراکز یا بالا رفتن ارزش حد بالای آستانه (b یا d) میزان مطلوبیت کمتر خواهد شد. شایان ذکر است که این قضیه برای توابع افزایشی مورد ارزیابی در این پژوهش، که شامل دو فاکتور فاصله از پمپ‌های بنزین و گاز است، برعکس است و می‌توان اذعان داشت ارزش حد پایین یعنی رقم فاصله‌ی صفر متر از این تأسیسات نامطلوب است و به نسبت افزایش فاصله مطلوبیت افزایش می‌یابد (جدول ۱).

تحلیل یافته‌های تحقیق

با بررسی مطالعات انجام‌گرفته و نظر کارشناسان، درجه‌ی آسیب‌پذیری پهنه‌های مختلف براساس فاصله از فاکتورهای مورد نظر (تأسیسات مهم شهری) معین می‌گردد. سپس، با توجه به مقادیر تابع عضویت در مرزها، توابع خطی مختلف تعریف می‌شود و مقدار عضویت در دیگر فواصل تعیین می‌گردد. جدول ۱ مقادیر مرزی و توابع عضویت تعریف‌شده برای تهیه‌ی نقشه‌ی فاکتور مربوط به هر یک از فاکتورهای مورد نظر را نشان می‌دهد.

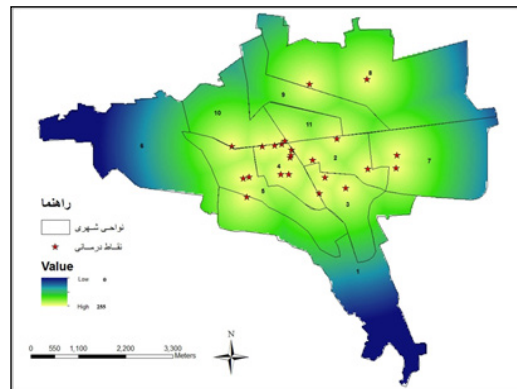
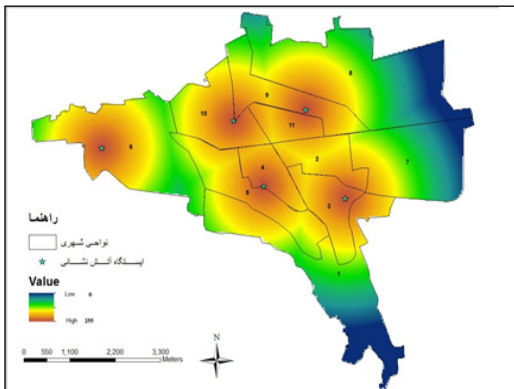
وزن دهی به فاکتورها

به منظور مشخص کردن اهمیت نسبی فاکتورهای مختلف در مکان‌یابی، برای هر یک از آن‌ها وزنی کارشناسی شده در نظر گرفته می‌شود. در پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر گرگان در برابر زلزله، پس از مشخص کردن فاکتورهای مورد استفاده، وزن هر یک از فاکتورها با استفاده از روش امتیازدهی طبق نظر کارشناسی بین ۰ تا ۱۰۰ تعیین می‌گردد. جدول ۲ وزن فاکتورهای مورد نظر برای تهیه‌ی نقشه‌ها را نشان می‌دهد.

پس از استانداردسازی نقشه‌های فازی، اقدام به Re class کردن نقشه‌های حاصل شده می‌کنیم و در مرحله‌ی بعد هر یک از نقشه‌های Re class شده را با توجه به وزن فاکتورهای مورد نظر طبق جدول ۲ ضرب می‌نماییم.

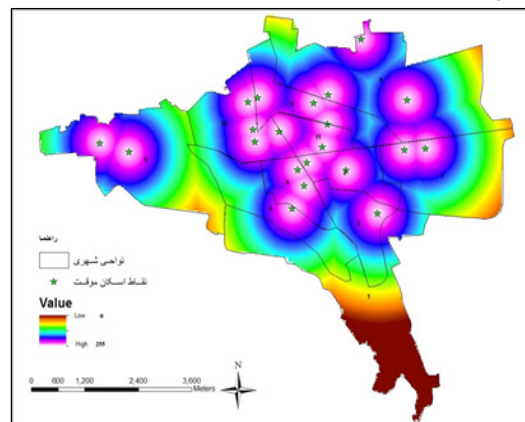
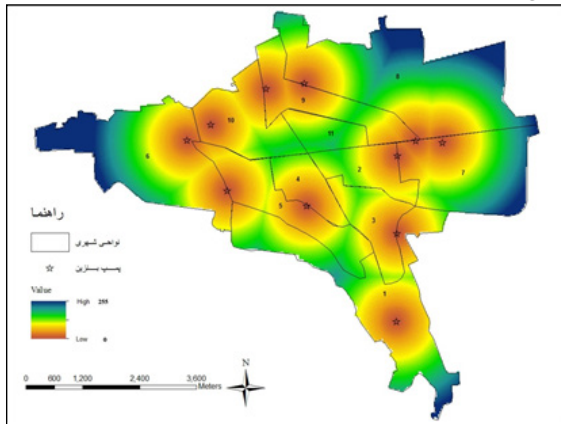
جدول ۱: نوع تابع عضویت تعریف شده برای هر یک از فاکتورهای مورد ارزیابی در میزان آسیب پذیری در برابر زلزله

نوع تابع فازی	نام تابع فازی	حد آستانه (فاصله بر حسب متر)		فاکتور	ردیف
		a یا c	b یا d		
کاهشی	خطی	۰	۴۷۰۰	مراکز درمانی	۱
کاهشی	خطی	۰	۴۵۰۰	مراکز آتش نشانی	۲
کاهشی	خطی	۰	۴۶۰۰	مراکز اسکان موقت	۳
افزایشی	خطی	۰	۳۲۰۰	پمپ های بنزین	۴
افزایشی	خطی	۰	۳۴۰۰	پمپ های گاز	۵



تصویر ۳: نقشه‌ی استانداردشده‌ی فاصله از مراکز آتش نشانی به روش فازی

تصویر ۲: نقشه‌ی استانداردشده‌ی فاصله از مراکز درمانی به روش فازی

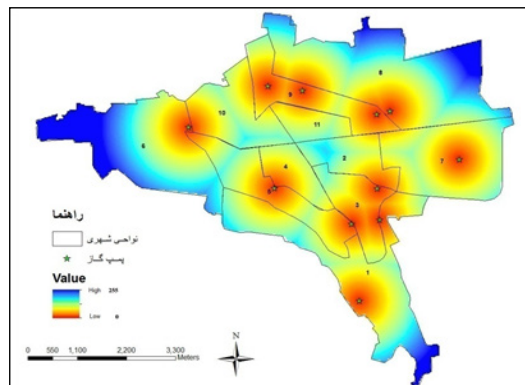


تصویر ۵: نقشه‌ی استانداردشده‌ی فاصله از پمپ های بنزین به روش فازی

تصویر ۴: نقشه‌ی استانداردشده‌ی فاصله از مراکز اسکان موقت به روش فازی

جدول ۲: مقادیر وزنی کارشناسی شده برای هر یک از فاکتورهای مورد ارزیابی در میزان آسیب پذیری در برابر زلزله

ردیف	فاکتور	وزن
۱	مراکز درمانی	۰/۴۰
۲	مراکز آتش نشانی	۰/۱۷
۳	مراکز اسکان موقت	۰/۲۳
۴	پمپ های بنزین	۰/۱۰
۵	پمپ های گاز	۰/۱۰



تصویر ۶: نقشه‌ی استانداردشده‌ی فاصله از ایستگاه های تقلیل فشار گاز به روش فازی

تلفیق نقشه‌ها

پس از تهیه‌ی نقشه‌های فازی شده لازم است تلفیق آن‌ها با استفاده از عملگرهای مناسب فازی انجام گیرد. انتخاب عملگرهای فازی مناسب جهت تلفیق لایه‌های مختلف باید با توجه به ارتباط و برهم‌کنش عوامل مربوط به آن لایه‌ها انجام گیرد. در واقع، از چهار عملگر فازی (اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی و گامای فازی) می‌توان برای تلفیق نقشه‌های فازی استفاده کرد. در تلفیق نقشه‌های فازی تحقیق حاضر، به علت اختلاف وزن نسبی که بین فاکتورهای مورد نظر وجود دارد، از عملگر گاما (حاصل ضرب عملگرهای ضرب و جمع فازی) به منظور حفظ نسبت وزنی معین بین فاکتورها استفاده شده است [۱۹] و نتیجه‌ی این ادغام در تصویر ۷ نشان داده شده است.

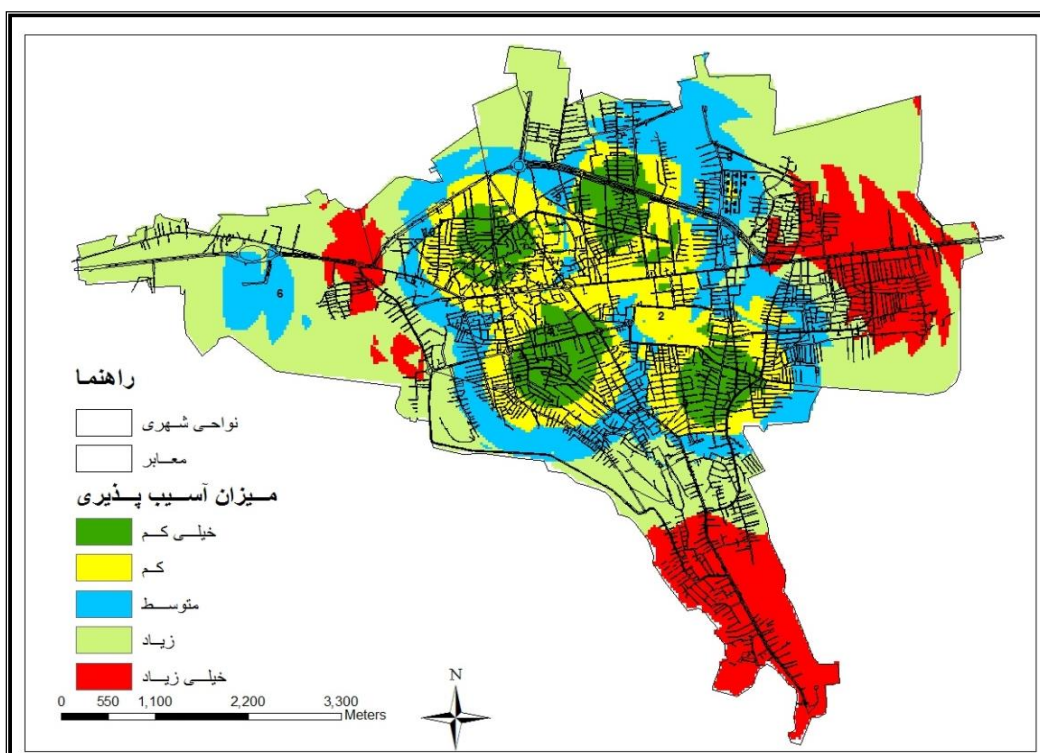
تحلیل نقشه‌ی آسیب‌پذیری مراکز درمانی نشان می‌دهد که تمرکز این مراکز در محدوده‌ی مرکزی شهر و عدم پراکندگی در نواحی کناری به آسیب‌پذیری حاشیه‌ی شهر افزوده است؛ ضمن آنکه مراجعات از نواحی کناری به مرکز شهر باعث تشدید بحران زلزله خواهد شد. تعداد پنج ایستگاه آتش‌نشانی موجود در سطح شهر نواحی مرکز، شمال و غرب شهر گرگان را پوشش داده و نواحی شرق و جنوب شهر در زمان بحران زلزله آسیب‌پذیر نشان می‌دهند. به علت عدم پیش‌بینی مکان‌های اسکان موقت در سطح شهر گرگان، سالن‌های ورزشی به علت نزدیکی افراد به محل زندگی آن‌ها برای اسکان موقت بعد از وقوع زلزله مناسب است. بررسی نقشه‌ی آسیب‌پذیری بر حسب فاصله از مراکز اسکان موقت نشان می‌دهد که نواحی جنوبی شهر به علت کمبود این مراکز بیشترین

آسیب‌پذیری را دارند. پمپ‌های بنزین و ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز موجود در محدوده‌ی میانی سطح شهر باعث آسیب‌پذیری بیشتر این مناطق گردیده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با بررسی نقشه‌ی نهایی آسیب‌پذیری شهر گرگان نتیجه می‌گیریم که میزان آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد محدوده مربوط به بخش‌های پیرامونی آن است که نشان می‌دهد پراکنش تأسیسات شهری در گرگان به‌خوبی انجام نگرفته و بر حسب فاصله از تأسیسات شهری، ساختمان‌های موجود در جنوب و شرق شهر شامل محله‌های واقع در محور ناهارخوران و بلوار کاشانی در مقایسه با بقیه‌ی محدوده‌ی مورد مطالعه آسیب‌پذیری بیشتری دارند که با استقرار تجهیزات و امکانات شهری در این مناطق از میزان آسیب‌پذیری شهر در بحران زلزله کاسته خواهد شد. پراکنش مناسب تأسیسات شهری در محدوده‌ی مرکزی شهر شامل محله‌های واقع در محورهای گلشهر، کمربندی و امام رضا نیز باعث شده این مناطق در صورت وقوع زلزله دچار آسیب‌پذیری کمتری شوند. بنابراین، با پراکنش مناسب تأسیسات شهری در سطح شهر و احداث مراکز درمانی و آتش‌نشانی به کمک دستگاه‌های متولی و شهرداری در نواحی آسیب‌پذیر، به میزان بسیاری از خسارات ناشی از بحران زلزله کاسته خواهد شد. از روند انجام این پژوهش پیشنهادات زیر جهت تهیه‌ی طرح‌های مدیریت بحران و مطالعات کاهش آسیب‌پذیری ارائه می‌گردد:

- رعایت حریم مناسب کاربری‌های خطرآفرین نظیر پمپ‌های



تصویر ۷: نقشه‌ی نهایی میزان آسیب‌پذیری شهر گرگان در برابر زلزله بر حسب فاصله از تأسیسات شهری با روش WLC (ترکیب خطی وزن دار)

۱۰. عابدی، مهدی (۱۳۸۵). بررسی اثرات ناشی از تخریب ساختمان‌ها پس از وقوع زلزله در معابر شهری (نمونه‌ی موردی): محله‌ی چیدر منطقه‌ی ۱ تهران). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی شهرسازی. برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
۱۱. حبیبی، کیومرث؛ و همکاران (۱۳۸۷). تعیین عوامل ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC. هنرهای زیبا، ش ۳۳، ۲۷-۳۶.
۱۲. احدنژاد، محسن؛ و همکاران (۱۳۹۰). ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله بر حسب فاصله از کاربری‌های حیاتی با استفاده از GIS (نمونه‌ی موردی: بافت قدیم زنجان).
۱۳. شرکت مهندسی مشاور طرح و معماری (۱۳۷۲). طرح جامع گرگان، سازمان مسکن و شهرسازی مازندران، ۹.
۱۴. مرکز آمار ایران (۱۳۸۵). سرشماری عمومی نفوس و مسکن، تهران.
۱۵. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، بخش زلزله (۱۳۸۸). تهیه و تدوین سناریو زلزله‌ی شهر گرگان. ۶۶-۴۷.
۱۶. شرکت مهندسی مشاور معماری و شهرسازی عرصه (۱۳۷۸). ضوابط و مقررات و استانداردهای ساختمان‌های آتش‌نشانی‌های کشور. ۱۴۰.
۱۷. شرکت مهندسی مشاور معماری و شهرسازی پارت (۱۳۹۰). طرح جامع شهرگرگان. ۸۰.
۱۸. رسولی، علی‌اکبر؛ محمودزاده، حسن (۱۳۸۹). مبنای سنجش از دور پایه. تبریز: انتشارات علمیران.
۱۹. متکان، علی‌اکبر؛ و همکاران (۱۳۸۷). محل‌های مناسب جهت دفن پسماند با استفاده از GIS (مطالعه‌ی موردی: شهر تبریز). علوم محیطی، س ۶، ش ۱۲۱، ۲-۱۳۲.
۲۰. فاضل‌نیا، غریب؛ حکیم‌دوست، سید یاسر؛ بلیانی، یدالله (۱۳۹۱). راهنمای جامع مدل‌های کاربردی GIS در برنامه‌ریزی شهری، روستایی و محیطی. انتشارات آزادیما، ج ۱.
۲۱. بهشتی‌فر، سارا؛ و دیگران (۱۳۸۹). مدل‌سازی احتمالاتی عدم اطمینان داده‌های ورودی در مکان‌یابی نیروگاه حرارتی. ۵۸۶.

بنزین، گاز و ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز از دیگر کاربری‌های شهری با ایجاد کاربری‌هایی نظیر فضای سبز شهری در اطراف آن‌ها.

- احداث یک ایستگاه آتش‌نشانی در بخش شرقی شهر جهت پوشش مناسب و کاهش خطر احتمالی زلزله در این نواحی.
- احداث بیمارستان مجهز در بخش شرقی محدوده. از آنجاکه فقدان بیمارستان تأثیرگذارترین عامل در افزایش تلفات و خسارات ناشی از بحران پس از زلزله خواهد بود، پیشنهاد مذکور، ضمن کاهش خسارات و تلفات انسانی باعث بهبود شاخص‌های امداد و نجات در بخش‌های دیگر محدوده نیز خواهد شد.
- ایجاد مراکز اسکان موقت در قسمت‌های جنوبی شهر و اطلاع‌رسانی از موقعیت این مراکز در کل محدوده جهت اسکان اضطراری ساکنان.
- بازنگری در توزیع کاربری‌های مربوط به تأسیسات شهری در طرح جامع و تفصیلی گرگان به منظور تسریع در دسترسی ساکنان محدوده‌های پیرامونی شهر به کاربری‌های درمانی و امدادی.

پی‌نوشت

1. JICA
2. United Nations

منابع

1. Paton, Douglas; Fohnston, David (2001). Disaster and Communities: Vulnerability, Resilience and Preparedness, Diasaster. Prevention and Manegment, vol. 10, no. 4, MCB University, ISSN, 965-3562.
2. Montoya Morales, Ana Lorena (2002). Urban Disaster Management A Case Study of Earthquake 86-Risk Assessment in Cartago, Costa Rica. University of Utrecht.
3. Smit, B. (2000). Anatomy of Adaption to Climate Change and Ulnerability. Climate Change.
۴. حمیدی، ملیحه (۱۳۷۱). ارزیابی الگوهای قطعه‌بندی اراضی و بافت‌های شهری در آسیب‌پذیری مسکن از سوانح طبیعی. تهران: مجموعه مقالات سمینار سیاست‌های توسعه‌ی مسکن در ایران.
۵. عبداللهی، مجید (۱۳۸۴). مدیریت بحران در نواحی شهری. سازمان شهرداری‌های کشور، تهران.
۶. تقی‌نژاد، کاظم؛ موسوی ندوشن، سیدمعین (۱۳۹۳). طراحی شهری در مناطق زلزله‌خیز. گرگان: انتشارات نوروزی، ۱۶۵.
7. UN (1991). Mitigating Natural Disasters. Phenomeona, effect and options.
8. Rashed, K; Weeks, J. (2003). Assessing Vulnerability to Earthquake Hazards through Spatial International. Journal of Geographic Information Science Multicriteria Analysis of Urban Areas, vol. 17, no. 6, 547-576.
9. S. Antonioni Gigliola, G.; Cozzani, Valerio (2007). A