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

امیراحمد امینیان: استادیار، عضو هیئت علمی، دانشگاه بین المللی امام رضا(ع)، مشهد.
قدیر صیامی: استادیار، عضو هیئت علمی، دانشگاه بین المللی 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 تحت‌الشعاع 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 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.

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 Aminian[1], **Ghadir Siami**[2], **Kazem Taghinejad***[3], **Ebrahim Zahedi Kalaki** [4]

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.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تحلیل آسیب‌پذیری شهری تحلیل، ارزیابی و پیش‌بینی احتمال خسارت‌های جانی، مادی و معنوی شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی است. عوامل آسیب‌پذیر بسیار گوناگون‌اند (طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات و ...) و پیوسته یکدیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ نه به صورت منفرد، بلکه به شکل سیستمی جامع. از سوی دیگر، گروه‌های آسیب‌پذیر از بحران‌ها نیز با عوامل جمعیتی چون سن، مذهب، اقلیت، فقر و سواد در ارتباط‌اند [۱]. استفاده از مفهوم آسیب‌پذیری جهت پژوهش در زمینه‌ی مخاطرات و بلایا نسبتاً جدید است. با وجود تعاریف متعدد از آسیب‌پذیری، هیچ‌کدام از این تعاریف بر دیگری ارجحیت ندارند [۲]. آسیب‌پذیری به نداشتن ظرفیت کافی مردمان برای رویارویی با مخاطرات اشاره دارد که بر پایه‌ی موقعیت افراد و گروه‌ها در دنیای فیزیکی و اجتماعی استوار گردیده است [۳].

در علوم و فنون مرتبط با شهرسازی، مقولات متعددی برای بررسی چگونگی خسارات و راه‌های جلوگیری از آن مطرح است. مهم‌ترینِ این موضوعات مشخصات مکان استقرار سکونتگاه در جهت کاهش آسیب‌ها به زیرساخت‌های شهری، مکان‌گزینی کاربری‌ها، فرم شهر، جنبه‌های عملکردی و آسیب‌پذیری آن، اندازه‌ی شهر و عناصر متشکل آن، چگونگی رشد شهر و مدیریت آن، طراحی ابنیه و شبکه‌ها، مسائل مرتبط با جامعه‌شناسی و بسیاری دیگر از زمینه‌های مرتبط با علم سکونت‌گزینی بشر است که با شاخص‌های آسیب‌پذیری از زلزله قابل بررسی و سنجش می‌گردد [۴]. وضعیت بد استقرار عناصر کالبدی و کاربری‌های نامناسب زمین‌های شهری، شبکه‌ی ارتباطی ناکارآمد، بافت شهری فشرده، تراکم‌های 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 آسیب‌های وارده به شهر در برابر زلزله دارند. بنابراین، آنچه پدیده‌ی زلزله را در شهرها به فاجعه تبدیل می‌کند، در بسیاری از موارد وضعیت شهرسازی نامناسب است. در میان سطوح گوناگون برنامه‌ریزی کالبدی، کارآمدترین سطح برای کاستن از میزان آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله سطح میانی یا همان شهرسازی است. بررسی میزان آسیب‌ها و صدمات، مستقیم و غیرمستقیم، به وضعیت نامطلوب برنامه‌ریزی و طراحی شهری آن‌ها مربوط می‌شود؛ از این رو، می‌توان با اصلاح وضعیت شهرسازی آسیب‌پذیری شهرها را در برابر زلزله به میزان زیادی کاهش داد. به عبارت دیگر، ایمنی شهری در برابر زلزله را به مثابه‌ی هدفی عمده باید در فرآیند شهرسازی وارد ساخت. فقط در این صورت است که می‌توان به شهرهایی مقاوم در برابر زلزله دست یافت [۵]. در این میان، اجتناب از توسعه‌ی تأسیسات شهری در نواحی گسلی موضوعی بسیار مهم است. سیستم‌های فاضلاب و زه‌کشی باید متمایز با خطوط آب آشامیدنی طرح گردند و در هیچ موردی نباید باعث آلودگی زمین شوند. شبکه‌های برق، علاوه بر حفظ حرایم لازم، باید امکان انشعاب جایگزین نیز داشته باشند. لوله‌های گاز طبیعی و ایستگاه‌های تغییر فشار باید بدون مشکلات زیست‌محیطی از مناطق مسکونی دور نگه داشته شوند. تأسیسات روبنایی نیز شامل ایستگاه‌های آتش‌نشانی، بهداشتی و درمانی، اسکان موقت، توقفگاه، مراکز سوخت، مراکز راهنمایی و اطلاع‌رسانی، مراکز تفریحی و ورزشی و نظایر آن می‌گردد. گرچه اهمیت آن‌ها همانند تأسیسات زیربنایی نیست، آن‌ها 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 می‌کند؛ همچنان‌که، در زمین‌لرزه‌ی کانتو ژاپن، یکی از عوامل مهم وخامت اوضاع خسارات ناشی از آثار ثانویه‌ی حاصل از آتش‌سوزی یا طوفان آتش بود که باعث کشته شدن ۱۴۰هزار نفر و ویرانی ۷۰۰هزار خانه گردید. در حقیقت، وقتی شهر فاقد تأسیسات و تجهیزات ایمنی است و یا ایستگاه‌های آتش‌نشانی در موقعیت نامناسب‌اند، در آن صورت با بروز حادثه بخشی از وقت و انرژی نیروهای امداد عملاً به هدر می‌رود [۶]. بر اساس آمارهای منتشرشده از سوی سازمان‌های جهانی، طی ۲۰ سال گذشته، بیش از ۳ میلیون نفر بر اثر بلایای طبیعی در جهان جان خود را از دست داده‌اند و زندگی بیش از یک‌میلیارد نفر تحت تأثیر این بلایا قرار گرفته است [۷]. میزان آسیب‌پذیری شهرهای کشورمان در برابر مخاطرات و بلایای طبیعی به‌مراتب بیشتر از متوسط جهانی است و شهر گرگان نیز با قرارگیری در پهنه‌ی با خطر نسبی زیاد زلزله از این حیث در معرض آسیب است.

بررسی سوابق و پیشینه‌ی تحقیق در باب مخاطرات طبیعی در پژوهش‌های دانشگاهی نشان می‌دهد که این تحقیقات عمدتاً از دهه‌ی پایانی قرن بیستم آغاز گردید. از جمله‌ی این تحقیقات می‌توان به تحقیق راش (۲۰۰۳) برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری ناشی از زلزله، شاخص‌هایی مانند حداقل عملکرد پل‌ها، خدمات فوریت پزشکی، بیمارستان‌ها و بزرگراه‌ها اشاره کرد که حداکثر هزینه‌ی بازسازی ساختمان‌ها و ... را انتخاب و با روش AHP و GIS جهت کاهش مخاطرات اقدام به مدل‌سازی کرد [۸]. همچنین، آنتونیونی و همکاران نیز در همین راستا تأثیرات زلزله در تأسیسات صنعتی را با استفاده از اطلاعات زلزله‌های پیشین بررسی و الگوریتمی را ارائه کرده‌اند [۹]. در ایران نیز، مطالعات مربوط به تقلیل خسارات ناشی از بلایای طبیعی در ایران از دهه‌ی ۴۰ به بعد آغاز گردید که مطالعات پژوهشکده‌ی سوانح طبیعی، پژوهشکده‌ی زلزله، جایکا[1] و UN[2] از آن دسته‌اند. با افزایش تدریجی مطالعات و برگزاری سمینارهای متعدد در کشور در زمینه‌ی مخاطرات طبیعی، تحقق برنامه‌ی ایمن‌سازی و مقاوم‌سازی شهرها و روستاهای کشور در مقابل سوانح طبیعی در ماده‌ی ۶۲ قانون برنامه‌ی چهارم توسعه‌ی کشور لحاظ گردید. در سال‌های اخیر نیز، پژوهش‌های دانشگاهی متعددی در زمینه‌ی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله انجام گرفته است که از جمله‌ی آن‌ها پژوهش عابدی (۱۳۸۵) با عنوان «بررسی اثرات ناشی از تخریب ساختمان‌ها پس از وقوع زلزله در معابر شهری» است. او پژوهش خود را در منطقه‌ی ۱ تهران انجام داد [۱۰]. حبیبی و همکاران (۱۳۸۶) نیز به تعیین عوامل ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان

Archive of SID
www.SID.ir

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 برحسب 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 محدوده‌ی مورد مطالعه

تحلیل جغرافیایی - جمعیتی شهر گرگان در ارتباط با زمین‌لرزه

استان گلستان، با مساحتی معادل ۲۲هزارکیلومتر 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.

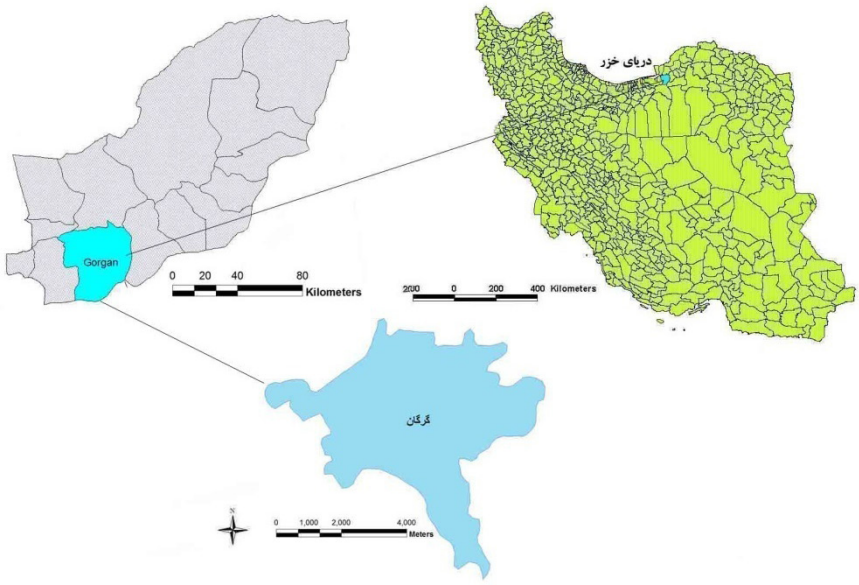
به طورکلی، شهرستان گرگان از دو منطقه‌ی طبیعی کوهپایه و جلگه‌ای تشکیل شده که کوهپایه در قسمت جنوبی گرگان و قسمت جلگه‌ای در شمال و دنباله‌ی دشت وسیع گرگان است. شیب زمین از جنوب غرب به طرف شمال است که به طرف جنوب ارتفاع زمین افزایش می‌یابد. در این منطقه، ارتفاعات بیش از ۳۰۰ متر پوشیده از جنگل‌های متراکم 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



تصویر۱: نقشه‌ی موقعیت شهر گرگان

Archive of SID
www.SID.ir

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

منطقه‌ی 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 (ناحیه‌ی ۱ و ۲) و ۵ آذر و صیاد (ناحیه‌ی ۱ و ۳) تعیین می‌شود.

منطقه‌ی 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 (ناحیه‌ی ۱ و ۲)، خیابان‌های دانش و جانبازان (ناحیه‌ی 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 وکوی 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 قلعه‌حسن.

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 به‌موقع 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 مکان‌یابی این مراکز در سطح شهر و یا حتی پس از آن هنگام ناشی گردیده است. بیمارستان‌های حکیم جرجانی، صیاد شیرازی، فلسفی، پنج آذر، 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 ـ آق‌قلا، ورودی بخش غربی از محور گرگان ـ کردکوی، ورودی بخش شرقی از محور گرگان ـ علی‌آباد.

دوم: سلسله‌مراتب شبکه‌ی معابر

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

شریانی درجه‌ی ۲: این گروه از معابر شامل دو دسته شریانی درجه‌ی 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 درجه‌ی 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 صداوسیما) 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 در بر 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 از مصالح بنایی ساخته شده‌اند. همچنین، از لحاظ تراکم، ۳۰ درصد ساختمان‌ها یک‌طبقه، ۳۲ درصد آن‌ها دوطبقه، ۷ درصد سه‌طبقه و ۳۱ درصد چهارطبقه و بیشترند.

روش تحقیق

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

Archive of SID
www.SID.ir

از نوع پیمایشی است. در این مقاله، از منطق فازی برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است. نظریه‌ی منطق فازی را در سال ۱۹۶۵ پرفسور لطفی‌زاده، استاد دانشگاه کالیفرنیا، مطرح کرد. تعریف لطفی‌زاده 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 ۰-۲۵۵ را نشان داد. می‌توان به‌جای 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 مربوط 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]. همان‌طورکه 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، چنان که 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. به طورکلی، 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.

وزن‌دهی به فاکتورها

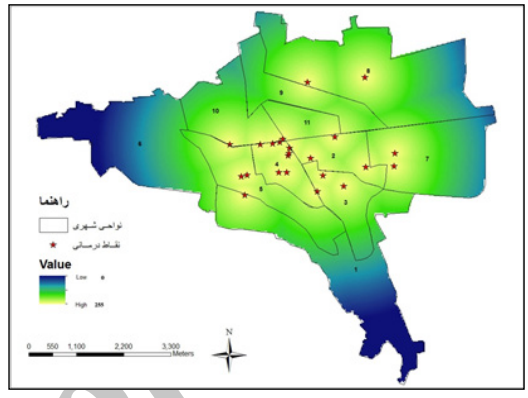
به منظور مشخص کردن اهمیت نسبی فاکتورهای مختلف در مکان‌یابی، برای هر یک از آن‌ها وزنی کارشناسی‌شده در نظر گرفته می‌شود. در پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر گرگان در برابر زلزله، پس از مشخص کردن فاکتورهای مورد استفاده، وزن هر یک از فاکتورها با استفاده از روش امتیازدهی طبق نظر کارشناسی بین ۰ تا ۱۰۰ تعیین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

پس از استانداردسازی نقشه‌های فازی، اقدام به Re class کردن نقشه‌های حاصل‌شده 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.

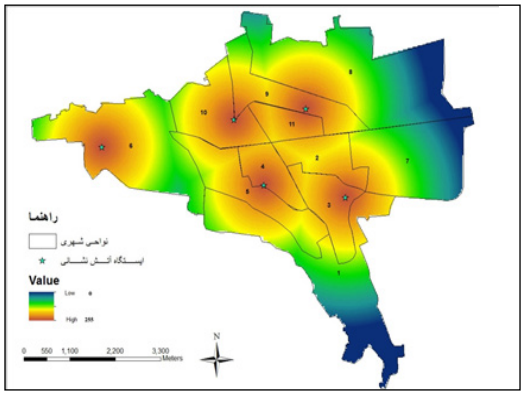
Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱: نوع تابع عضویت تعریف‌شده برای هر یک از فاکتورهای مورد ارزیابی در میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله

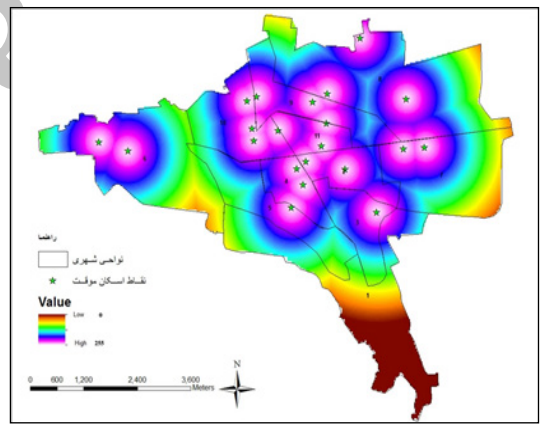
ردیف	فاکتور	حد آستانه (فاصله بر حسب متر)		نام تابع فازی	نوع تابع فازی
		d یا b	c یا a		
۱	مراکز درمانی	۴۷۰۰	۰	خطی	کاهشی
۲	مراکز آتش‌نشانی	۴۵۰۰	۰	خطی	کاهشی
۳	مراکز اسکان موقت	۴۶۰۰	۰	خطی	کاهشی
۴	پمپ‌های بنزین	۳۲۰۰	۰	خطی	افزایشی
۵	پمپ‌های گاز	۳۴۰۰	۰	خطی	افزایشی



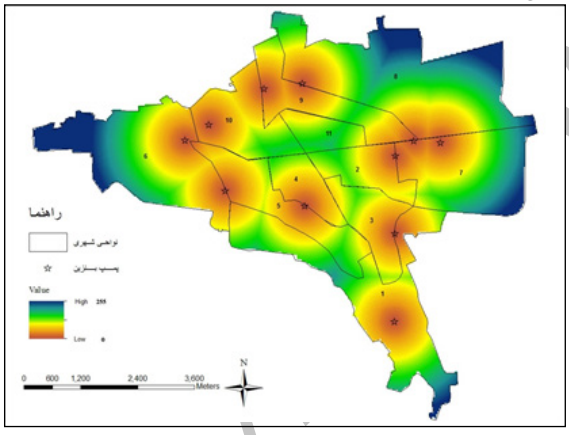
تصویر ۲: نقشه‌ی استانداردشده‌ی فاصله از مراکز درمانی به روش فازی



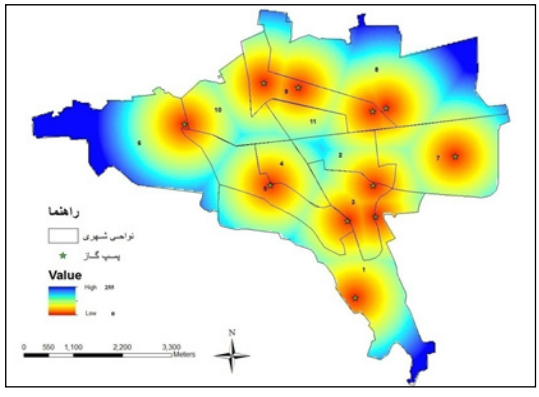
تصویر ۳: نقشه‌ی استانداردشده‌ی فاصله از مراکز آتش‌نشانی به روش فازی



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



تصویر ۵: نقشه‌ی استانداردشده‌ی فاصله از پمپ‌های بنزین به روش فازی



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

جدول ۲: مقادیر وزنی کارشناسی‌شده برای هر یک از فاکتورهای مورد ارزیابی در میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله

ردیف	فاکتور	وزن
۱	مراکز درمانی	۰/۴۰
۲	مراکز آتش‌نشانی	۰/۱۷
۳	مراکز اسکان موقت	۰/۲۳
۴	پمپ‌های بنزین	۰/۱۰
۵	پمپ‌های گاز	۰/۱۰

www.SID.ir

تلفیق نقشه‌ها

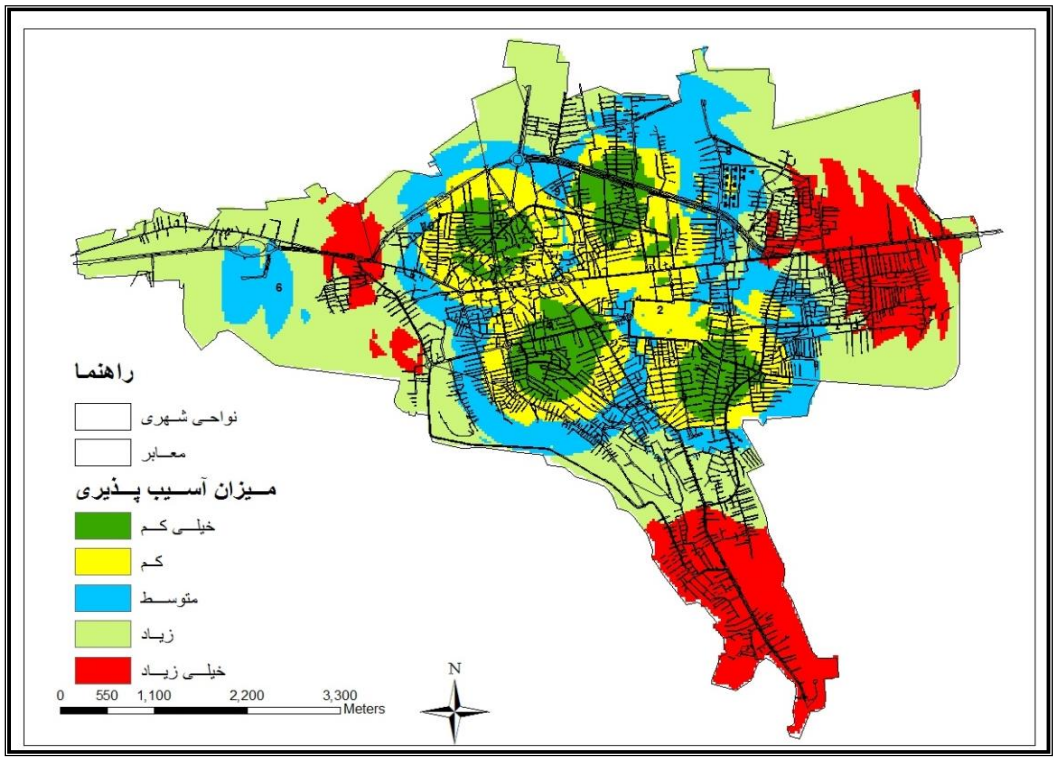
پس از تهیه‌ی نقشه‌های فازی‌شده لازم است تلفیق آن‌ها با استفاده از عملگرهای مناسب فازی انجام گیرد. انتخاب عملگرهای فازی مناسب جهت تلفیق لایه‌های مختلف باید با توجه به ارتباط و برهم‌کنش عوامل مربوط به آن لایه‌ها انجام گیرد. در واقع، از چهار عملگر فازی (اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی و گامای فازی) می‌توان 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 (حاصل‌ضرب 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 وزن‌دار)

Archive of SID
www.SID.ir

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 آنجا که 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 تفضیلی 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 Methodology for the Quantitative Risk, Triggered by Seismic Events. Journal of Hazardous Materials, Assessment of Major Accidents.

۱۰. عابدی، مهدی (۱۳۸۵). بررسی اثرات ناشی از تخریب ساختمان‌ها پس از وقوع زلزله در معابر شهری (نمونه‌ی موردی: محله‌ی چیذر 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 مهندسین 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 مهندسین مشاور معماری و شهرسازی عرصه (۱۳۷۸). ضوابط و مقررات و استانداردهای ساختمان آتش‌نشانی‌های کشور. ۱۴۰.

۱۷. شرکت مهندسی مشاور معماری و شهرسازی پارت (۱۳۹۰). طرح جامع شهرگرگان. ۸.

۱۸. رسولی، علی‌اکبر؛ محمودزاده، حسن (۱۳۸۹). مبانی 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 ۲، ۱۲۱-۱۳۲.

۲۰. فاضل‌نیا، غریب؛ حکیم‌دوست، سیدیاسر؛ بلیانی، یدالله (۱۳۹۱). راهنمای جامع مدل‌های کاربردی GIS در برنامه‌ریزی شهری، روستایی و محیطی. انتشارات آزادپیما، ج ۱.

۲۱. بهشتی‌فر، سارا؛ و دیگران (۱۳۸۹). مدل‌سازی احتمالاتی عدم اطمینان داده‌های ورودی در مکان‌یابی نیروگاه حرارتی. ۵۸۶.

Archive of SID
www.SID.ir