

آسیب پذیری و مدیریت بحران شهر بابل تحت اثر زلزله با استفاده از نرم افزار ArcGIS

محمدجواد طاهری امیری^۱، غلامرضا عبدالله زاده^۲، مائده جواهری بارفروشی^۳، فرشیدرضا حقیقی^{۴*}

۱- دکترای مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

۲- دانشیار گروه عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

۳- دانشجوی دکترای مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران

۴- استادیار گروه عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

چکیده

بلایای طبیعی، همواره به عنوان پدیده‌ای طبیعی در طول حیات کره زمین وجود داشته و خواهند داشت. وقوع بلایای طبیعی نظیر زلزله، سیل، طوفان و غیره در اغلب موارد تأثیرات مخربی بر سکونتگاه‌های انسانی باقی گذارده و تلفات سنگینی بر ساکنان آن وارد کرده‌اند و عوارض اقتصادی و اجتماعی پر دامنه‌ای بر جوامع بشری و کشورهای جهان تحمیل کرده است. با توجه به بالا رفتن جمعیت خصوصا در کشورهای جهان سوم و در حال توسعه و از سوی دیگر مترکم بودن جمعیت‌ها و اسکان آنان در بافت‌های قدیمی و فرسوده و تحولات جدید شهری و ظهور مشکلات ناشی از همین مسائل، شهرها و بالطبع شهر بابل در معرض عوارض نامطلوب و ناهنجاری‌های مدیریتی قرار گرفته‌اند. چرا که مناطق خالی از سکنه به سرعت به کاربری‌های مسکونی تبدیل شده و در نتیجه دامنه پدیده خطرات ناشی از زلزله را بر حسب احتمال افزایش داده است. بنابر این، ضرورت کاهش آسیب پذیری شهر در برابر زلزله، به یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کالبدی و برنامه‌ریزی شهری تبدیل شد. در این پژوهش، داده‌ها و اطلاعات به دو صورت اسنادی و میدانی جمع‌آوری شد و در محیط نرم‌افزاری ArcGIS مورد تحلیل واقع شد و بعد از تحلیل خطر و آسیب‌پذیری منطقه به بررسی اینکه آیا شهر بابل بعد از بروز یک زلزله می‌تواند حداقل تلفات جانی و مالی را داشته باشد و آیا تجهیزات و امکاناتی در شهر موجود است که جوابگوی شرایط بحران باشد، پرداخته شد. در انتها مشخص شد که بعضی از مناطق شهر بابل دارای ریسک بالایی در برابر زلزله هستند و برای مدیریت بحران این مناطق راهکارهایی ارائه شد.

کلمات کلیدی: بلایای طبیعی، زلزله، ArcGIS، آسیب‌پذیری، مدیریت بحران.

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:			
10.22065/JSCE.2018.121510.1491	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
doi: 10.22065/JSCE.2018.121510.1491	۱۳۹۹/۱۰/۰۱	۱۳۹۹/۱۰/۰۱	۱۳۹۷/۰۸/۰۸	۱۳۹۷/۰۶/۱۵	۱۳۹۶/۱۲/۱۳
فرشیدرضا حقیقی			*نویسنده مسئول:		
Haghighi@nit.ac.ir			پست الکترونیکی:		

The vulnerability and crisis management of Babil city under the impact of earthquakes using ArcGIS software

Mohammad Javad Taheri Amiri¹, Gholamreza Abdollahzadeh², Maedeh Javaheri Barforooshi³, Farshidreza Haghighi⁴

1. PhD in construction engineering and management, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

2. Associate Professor, Faculty of civil engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

3. PhD student in construction engineering and management, Islamic Azad University, Arak Branch, Iran

4. Assistant Professor, Faculty of civil engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

ABSTRACT

Natural disasters have always existed as natural phenomena during the life of the planet. The occurrence of natural disasters such as earthquakes, floods, storms, etc. has often left destructive impacts on human settlements and has caused heavy casualties on its inhabitants and has imposed heavy economic and social burdens on human societies and countries of the world. In view of the increasing population, especially in the Third World and developing countries, on the other hand, population density and settlement in old-fashioned and old-fashioned urban contexts and the emergence of problems caused by these issues, cities and cities in particular Babylon has been exposed to adverse effects and management abnormalities. Because the vacant areas have quickly become residential uses, the magnitude of the earthquake hazards has increased as a result. Therefore, the need to reduce the city's vulnerability to earthquakes has become one of the main goals of physical planning and urban planning. In this research, data and information were collected in both documents and field and analyzed in the ArcGIS software environment and after analyzing the risk and vulnerability of the region, it was examined whether the city of Babylon after the emergence of a The earthquake can have the least financial and fatal losses, and there are facilities and facilities available in the city that respond to the conditions of the crisis. Finally, some areas of Babylon were identified as having a high risk of earthquake, and solutions were presented for crisis management in these areas.

ARTICLE INFO

Receive Date: 04 March 2018

Revise Date: 06 September 2018

Accept Date: 30 October 2018

Keywords:

Natural Disasters, Earthquake, ArcGIS, Vulnerability, Crisis Management.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/JSCE.2018.121510.1491

*Corresponding author: Farshidreza Haghighi

Email address: Haghighi@nit.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان و از جمله ایران، بدلیل شهرنشینی و افزایش جمعیت و افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی بر بستر آنها با آن دست به گریبان هستند، موضوع حوادث طبیعی و یکی از مهمترین آنها زلزله است. کشور ایران به دلیل قرار گرفتن بر روی کمربند لرزه‌خیز آلپ هیمالیا، هر سال با معضل زلزله روبرو بوده و در معرض آسیب جدی قرار دارد، از جمله می‌توان به زلزله‌های تاریخی بوئین زهرا، منجیل و رودبار، بم و سروان اشاره کرد. بنابراین بلایای طبیعی هر چند سال یکبار کشور ایران را با بحران روبرو می‌کنند [۱]. سرزمین ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی، از جمله ده کشور حادثه‌خیز دنیا محسوب می‌شود و همواره به دلیل بروز سوانحی چون سیل، زلزله و آتش‌سوزی، خشک‌سالی و ... خسارات جانی و مالی قابل توجهی به کشور وارد آمده است [۲]. زندگی بشر همواره دست‌خوش تهدید بوده، میزان شدت و ضعف مقابله با خطرات نیز نزد جوامع مختلف متغیر است [۳]. شهرها مناطقی هستند که به علت بزرگ بودن و جمعیت متمرکز آنها به احتمال زیاد تحت تأثیر خطرات زیادی قرار می‌گیرند [۴]. زلزله به عنوان پدیده‌ای تکرارپذیر در طول تاریخ وجود داشته و در آینده نیز وجود خواهد داشت، وقوع چنین حادثه‌ای در بیشتر موارد تأثیرات ویران‌کننده‌ای به سکونتگاه‌های انسانی برجا گذاشته و تلفات سنگینی بر ساکنان آنها تحمیل کرده است. هر چند در دهه‌های گذشته با پیشرفت دانش بشری، دانشمندان به چگونگی پیدایش این پدیده به صورت علمی پی برده و نحوه وقوع و پیامدهای ناشی از آنها را مورد بررسی قرار داده‌اند، اما هنوز هم قادر به جلوگیری از بروز این پدیده و مقاومت در برابر این رخداد طبیعی نمی‌باشند و در بسیاری از موارد دانش لازم به منظور پیش‌بینی دقیق و علمی لحظه وقوع و قدرت این واقعه را ندارند [۵]. امروزه، آسیب‌پذیری شهرها و به خصوص بافت‌های قدیمی و فرسوده در برابر زلزله، به عنوان مسئله‌ای جهانی پیش روی متخصصان رشته‌های گوناگون قرار گرفته است. این وضع در کشورهای دارای ساختار طبیعی مخاطره آمیز، از جمله ایران، طی دهه‌های اخیر به صورتی حادث‌تر نمود یافته است [۶]. هر ساله در کشور ایران بروز سوانح و حوادث مختلف طبیعی باعث از بین رفتن تعدادی از هموطنان و صدمات مالی به هزاران نفر می‌گردد، این امر باعث شده روز به روز آمادگی و مقابله با بلایای طبیعی افزایش پیدا کند. در هر کجای دنیا حوادث مختلف طبیعی ممکن است به وقوع بپیوندد، اما شدت و میزان خسارت در مناطق متراکم و پر جمعیت و کشورهای جهان سوم بیش از جاهای دیگر است. گسترش شهر و شهرنشینی و افزایش تدریجی تعداد شهرهای بزرگ در جهان به خصوص در کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران، از یک طرف و رشد شهرها، تمرکز و تجمع جمعیت و افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی بر بستر آنها از طرف دیگر، ضمن توجه بیشتر به شهرها، منجر به پذیرش نقش‌ها و عملکردهای متعدد شده است. یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان با آن دست به گریبان هستند، موضوع حوادث طبیعی است. در طول قرن بیستم بیش از ۱۱۰۰ زلزله مخرب در نقاط مختلف کره زمین روی داده که بر اثر آن بیش از ۱۵۰۰۰۰۰ نفر، جان خود را از دست داده‌اند که عمدتاً ناشی از ریزش ساختمان‌هایی بوده که از اصول مهندسی و ایمنی کافی برخوردار نبوده‌اند [۱]. با توجه به اینکه هنوز پیش‌بینی دقیق و جامعی از زلزله نمی‌توان کرد، باید تجربیات تلخ گذشته را مدنظر قرار داد و از این تجربیات تلخ جهت مقابله بهتر با اثرات بحران‌ها استفاده کرد، تا بتوان مدیریت صحیح‌تری را در این گونه مواقع انجام داد. از سوی دیگر نظارت و برنامه‌ریزی‌های دقیق مدیران شهری قبل از بحران، باعث پیشگیری و به حداقل رسیدن صدمات و خسارات ناشی از بحران خواهد شد [۷]. بنابراین به سادگی می‌توان دریافت که بررسی توانایی شهر در مقابله با بلایای طبیعی و برنامه‌ریزی مناسب جهت پیشگیری یا کاهش آثار مخرب آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۸]. توجه به این نکته ضروری است که از بروز زلزله نمی‌توان جلوگیری کرد، اما می‌توان میزان تلفات و خسارات آن را کاهش داد. حذف فاجعه غیر ممکن است، اما کاستن صدمات ناشی از آن امری ممکن است [۷]. یکی از مهمترین عوامل در کاهش خطر زلزله، وجود آمادگی قبلی جامعه برای برخورد با پدیده زلزله می‌باشد. این آمادگی برای برخورد با سانحه شامل داشتن برنامه مشخص قبلی و برنامه‌ریزی می‌باشد [۹]. در ایران و در سال‌های اخیر، به خصوص بعد از وقوع زلزله‌های رودبار و بم، فعالیت‌های قابل توجهی در ابعاد مختلف مدیریت بحران، زلزله و کاهش آسیب‌های آن صورت گرفته است. با این وجود، در طرح‌های شهری، عدم توجه جدی به موضوع مدیریت بحران و آسیب‌پذیری شهرها در مقابل زلزله امری مشهود به نظر می‌رسد [۱۰]. بنابراین، ضرورت پرداختن به مدیریت بحران امری اجتناب ناپذیر است. این مسئله سبب شده در سالهای اخیر، مسئولان اجرایی مرتبط با ستاد بحران، موضوع حوادث غیر مترقبه را به صورت

جدی و مستمر پیگیری نمایند و در رأس برنامه‌های خود قرار دهند. این موضوع ارتباط خاصی با مباحث برنامه‌ریزی و مدیریت شهری دارد. با بکارگیری اصول و ضوابط شهرسازی و تبیین مفاهیم موجود در این دانش مانند فرم، بافت و ساخت شهر، کاربری اراضی شهری، شبکه-های ارتباطی و زیرساخت‌های شهری و غیره می‌توان تا حد زیادی اثرات و تبعات ناشی از حوادث طبیعی را کاهش داد [۹]. با توجه به اینکه براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰، شهر بابل بر روی ناحیه لرزه‌خیزی با خطر نسبی زیاد قرار گرفته است، از اینرو، در این تحقیق، به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و مدیریت بحران شهر بابل در زمان وقوع زلزله پرداخته شده است.

۲- مرور کارهای گذشته

در زمینه آسیب‌پذیری و مدیریت بحران در برابر زلزله تحقیقات بسیاری در خارج و داخل کشور انجام پذیرفته که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره شده است.

احمدی و همکاران در سال ۱۳۹۷ در پژوهش خود با استفاده از مدل‌سازی HDI ابتدا اقدام به شناخت مبانی مدیریت بحران ناشی از زلزله نموده؛ و در مرحله بعد به تحلیل فضایی شهر ایلام پرداختند. همچنین جهت تحلیل و ترسیم از نرم افزارهای GIS، SPSS، GRAFER و دیگر برنامه‌های مورد نیاز استفاده کردند [۱۱].

حقوقی‌فرد و همکاران در سال ۱۳۹۶ با ارزیابی مدیریت بحران زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه ۳ شهر شیراز، آسیب‌پذیری منطقه را مورد ارزیابی قرار دادند. در این خصوص شاخص‌هایی همچون نوع مصالح، کیفیت بنا، قدمت بنا، تعداد طبقات و ... مورد بررسی قرار گرفته. سپس این اطلاعات بر اساس روش AHP در ماتریس مقایسه دوتایی وزن‌دهی شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد منطقه ۳ شهرداری شیراز دارای بافت فرسوده می‌باشد. [۱۲].

مارتینلی^۱ در سال ۲۰۰۸ در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و ارائه سناریوهای آسیب برای شهرهای ایتالیا، ابتدا با استفاده از مدل‌های ارزیابی آسیب‌پذیری، میزان آسیب‌پذیری ساختمانی را ارزیابی نموده و در نهایت با ارائه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف به تخمین و مدل‌سازی خسارات ناشی از زلزله‌های احتمالی پرداخته شده است [۱۳].

دانشور خرم و مهدی‌نیا در سال ۱۳۹۶ تحقیق خود را با دو هدف انجام دادند. ۱- تحلیل وضع موجود مشهد از نظر مشهد از نظر اصول مدیریت بحران و ضوابط برنامه‌ریزی شهری، ۲- پیش‌بینی راه استفاده از یکپارچه‌سازی دو ناحیه موازی اما بسیار مرتبط با برنامه-ریزی شهری و مدیریت بحران. برای نیل به اهداف از اسناد کتابخانه‌ای با روش‌های کمی و کیفی و مدل SWOT استفاده کردند. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در کلان شهر مشهد عدم ارتباط مناسب فرایند برنامه‌ریزی با مدیریت بحران ناشی از نبود نقشه و برنامه‌های با مقیاس، فقدان اطلاعات آسیب‌پذیری و چارچوب قانونی عدم هماهنگی را ناشی شده است. [۱۴].

ستوهیان و همکاران در سال ۱۳۹۶ مدیریت بحران زلزله را بررسی کرده و تدابیری برای مدیریت بحران ارائه دادند. برای پیشگیری از وقوع و یا کاهش اثرات بلایای طبیعی علاوه بر مباحث فنی، با مدیریت بحران و برنامه‌ریزی چگونگی مقابله با بحرانهای ناشی از بلایای طبیعی نیز مواجه هستیم و اگر مشکلات و مسایل احتمالی ناشی از بحران پیش‌بینی نگردند، هزینه بازسازی و ترمیم صدمات ناشی از بحران بسیار بالا خواهند بود. [۱۵].

عزیزی و اکبری در سال ۱۳۸۷ در کار خود با به کارگیری معیارهای شهرسازی و با استفاده از AHP و ArcGIS به بررسی سنجش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله احتمالی پرداخته‌اند [۹].

^۱ Martineli

صفاری و پولادوند در سال ۱۳۹۶ در تحقیق خود، تحلیل خطر زلزله دقیق شهر تهران به روش قطعی با در نظر گرفتن مشخصات گسل‌های سناریوی تهران، خاک ساختگاه گستره شهر تهران و ارزیابی متوسط سرعت موج برشی زمین بر اساس تلفیقی از آخرین مطالعات انجام یافته در تهران را انجام دادند. [۱۶].

سلتودز^۲ در سال ۲۰۱۰ در پژوهشی ابتدا با استفاده از ArcGIS و تکنیک AHP با استفاده از معیارهای مختلف از جمله نوع کاربری، شیب و کیفیت زمین، ارتفاع و غیره برای شهرستان آدانا^۳ (یکی از زلزله‌خیزترین مناطق کشور ترکیه) نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله تهیه کرده و سپس از آن برای مکان‌یابی پاره‌ای از کاربری‌های شهری بهره می‌گیرند [۱۷].

موحدی و همکاران در سال ۱۳۹۱، در پژوهشی با عنوان "بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل سلسله مراتبی معکوس، در سیستم اطلاعات جغرافیایی: مطالعه موردی شهر مسجد سلیمان" با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS)، به تلفیق داده‌ها پرداخته و در نهایت منجر به شناسایی محله‌های آسیب‌پذیر پرداخته شده است. بر این اساس، محله‌ی سبز آباد دارای بیشترین آسیب‌پذیری و محله‌های تلخاب با وجود وسعت زیاد، از آسیب‌پذیری پایینی برخوردار است [۱۸].

ست^۴ و همکاران در سال ۲۰۱۸ یک چارچوب شبیه شده سازی در زمینه شبیه سازی مدیریت بحران پیشنهاد دادند. در این چارچوب ویژگی جدیدی از ترکیب انسان در شبیه‌سازی با استفاده از واقعیت مجازی به عنوان بخشی از شبیه سازی همبستگی فراهم می‌کند. [۱۹].

جیفولیو^۵ در سال ۲۰۱۶ در پژوهشی زلزله مخرب ۷/۱ ریشتری سال ۲۰۱۰ بخش یوشو^۶ کشور چین با ۲۶۹۸ نفر کشته را مورد مطالعه قرار داده و در آن ضمن بیان عوامل مؤثر در شدت گرفتن خسارات وارده بر منطقه، به تجربیات بازسازی و بازگرداندن منطقه به حالت قبل از وقوع زلزله و نقش سازمانها و نهادهای دولتی در امداد رسانی به آسیب دیدگان از جمله اسکان آنها پرداخته است. این پژوهش شرایط محیطی خاص منطقه و کمبود امکانات زیرساختی برای امداد رسانی را از جمله عوامل مؤثر در شدت تلفات دانسته است [۲۰].

شمس و همکاران در سال ۱۳۹۰، در مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی مدیریت بحران زلزله در بافت فرسوده شهر کرمانشاه، مطالعه موردی: محله فیض‌آباد" با شاخص‌هایی همچون نوع مصالح، قدمت ساختمان‌ها، تعداد طبقات و غیره را مورد مطالعه قرار داده، که نتایج حاکی از آن است که در مجموع ۷۰/۶۱ درصد محله فیض‌آباد بر اساس شاخص‌های موجود آسیب‌پذیر می‌باشند [۲۱].

راجا و شاجاهان^۶ (۲۰۱۱)، به تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری زلزله برای مناطق شهری شهر چیتاگونگ پرداختند ابتدا با استفاده از مدل‌های ارزیابی آسیب‌پذیری میزان آسیب‌پذیری ساختمانی را ارزیابی نمودند و در نهایت با ارائه مدل Risk-UE به تخمین و مدل‌سازی خسارات ناشی از زلزله‌های احتمالی پرداخته است [۲۲].

۳- شرایط طبیعی و اجتماعی گستره مورد مطالعه

استان مازندران در شمال کشور و با وسعتی معادل ۲۳۷۵۶/۴ کیلومتر مربع، حدود ۱/۴۶ درصد از مساحت کشور را در بر دارد و از این حیث هجدهمین استان در کشور محسوب می‌گردد. شهرستان بابل یکی از شهرستان‌های مرکزی استان مازندران بوده که در ۱۳ کیلومتری جنوب دریای مازندران و ۱۰ کیلومتری شمال رشته‌کوه البرز قرار گرفته است.

² Suletudes

³ Adana

⁴ Seth

⁵ Gifu Liue

⁶ Yushu

۱-۳- لرزه‌خیزی گستره طرح

براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰، شهر بابل بر روی ناحیه لرزه‌خیزی با خطر نسبی زیاد قرار گرفته است. وجود جمعیت بیش از ۲۰۰/۰۰۰ نفری در مساحتی بالغ بر ۳۵ کیلومتر مربع و روی آوردن به ساخت آپارتمان‌های مرتفع در این شهر که بر روی دو گسل فعال خزر (به طول ۶۰۰ کیلومتر) و شمال البرز (به طول ۳۰۰ کیلومتر) قرار دارد، اهمیت مطالعات لرزه‌خیزی و ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیکی را دو چندان می‌کند. در طول سالیان دراز، این گسل‌ها موجب وقوع زلزله‌هایی در سطح استان بوده‌اند که برخی از مهمترین آنها عبارتند از، بابل با عمق کانونی ۱۵ کیلومتر، چالوس با عمق کانونی ۶ کیلومتر، ساری با عمق کانونی ۷ کیلومتر، بابل با عمق کانونی ۱۰ کیلومتر [۲۳].

۴- ایجاد پایگاه داده‌های جغرافیایی (ArcGIS7)

ArcGIS می‌تواند به عنوان یک پایگاه ذخیره، بازیابی و تحلیل اطلاعات، کارآمد و مؤثر واقع شود. سیستم‌های ArcGIS قادر هستند حجم زیادی از اطلاعات گوناگون را مدیریت نموده، با صرف کمترین هزینه و در کوتاه‌ترین زمان ممکن، پیش‌بینی‌های قابل اعتمادی را در اختیار کارشناسان و مدیران شهری قرار دهند.

۱-۴- مراحل شکل‌گیری پروژه ArcGIS

- جمع‌آوری اطلاعات
- یکپارچه‌سازی اطلاعات
- تشکیل بانک اطلاعات
- انتقال اطلاعات به نرم‌افزار ArcGIS

در این تحقیق، از آغاز مطالعه، داده‌های متنوع بسیاری در گستره مورد مطالعه گردآوری شده است. این داده‌ها به عنوان اطلاعات پایه در این مطالعه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. به منظور تحلیل شرایط موجود گستره مورد مطالعه، پایگاه داده‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی ArcGIS تهیه شده است.

۲-۴- هدف از ایجاد پایگاه داده‌های جغرافیایی

به منظور انجام دادن مطالعه ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای در گستره شهرستان بابل، طیف وسیعی از داده‌های شهری و منطقه‌ای باید با استفاده از روش‌شناسی مناسب (به منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری فضای بحران ناشی از زلزله در گستره مورد مطالعه) گردآوری و تحلیل شوند.

۳-۴- گردآوری و وارد کردن داده‌ها

به منظور توسعه پایگاه داده‌های جغرافیایی برای این مطالعه، طیف وسیعی از داده‌هایی را که در برگزیده شرایط گستره مورد مطالعه بود، گردآوری شده است. داده‌های مربوط به نقشه‌های گردآوری شده از نظر دقت، مقیاس اولیه، تاریخ تهیه، روش تحقیق و سازمان

مرجع، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. پس از طراحی پایگاه داده‌ای و پردازش‌های لازم، یک برگ نقشه کامل تهیه شد تا شناخت کاملی از کل گستره مورد مطالعه بدست آید. عناوین داده‌های ورودی برای این مطالعه به شرح زیر است:

-نقشه شبکه راهها

- نقشه جمعیت براساس حوزه‌های آماری (۱۳۹۱)

- ساختمانها با کاربری‌های مختلف بر اساس حوزه آماری، نوع سازه (۳ گروه)، عمر (۳ گروه) و تعداد طبقات

۱-۳-۴- گردآوری و وارد کردن داده‌ها

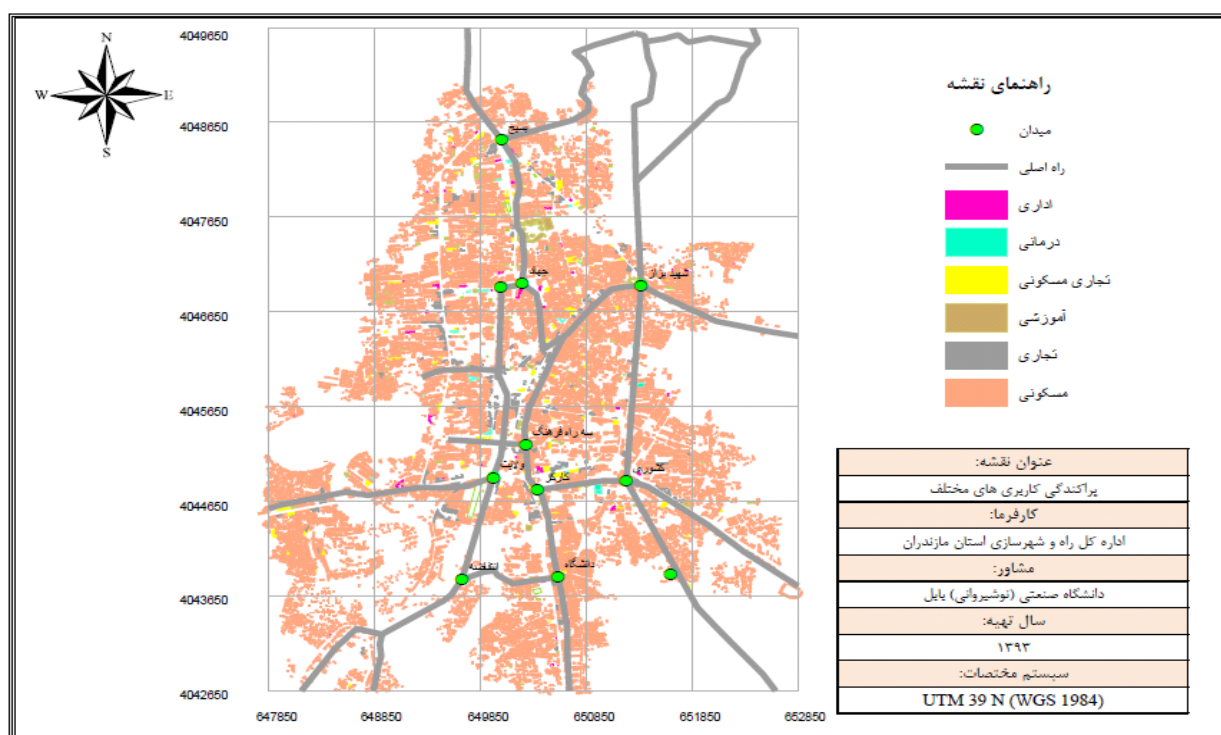
بر اساس نوع سازه، ساختمانها به سه گروه تقسیم می‌شوند:

(۱) ساختمان‌های فولادی

(۲) ساختمان‌های بتن مسلح

(۳) ساختمان‌های بنایی

پس از بازدیدهای میدانی و جمع‌آوری اطلاعات در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه و محل قرارگیری ساختمانها با کاربری‌های مختلف مطابق شکل ۱ مشخص شده است.



شکل ۱- پراکندگی کاربری‌های مختلف

با توجه به تحقیقات و بازدیدهای انجام شده، اطلاعات کلی در مورد ساختمانها به قرار زیر خلاصه می‌گردد:

- ۴۰ درصد ساختمانها، سازه بنایی، ۱۵ درصد سازه فلزی، ۴۵ درصد بتن مسلح می‌باشند.
- تعداد ساختمانهای فلزی اخیراً افزایش یافته است. ۶۰ درصد ساختمانهای مسکونی با سازه فلزی، طی ده سال گذشته ساخته شده‌اند.
- سه نوع سازه بتن مسلح وجود دارد:

۱- ساختمانهای بتنی احداثی بعد از سال ۱۳۸۴ ناشی از وقوع زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله

۲- ساختمانهای بتنی احداثی بین سالهای ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۴ ناشی از وقوع زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله

۳- ساختمانهای بتنی احداثی قبل از سال ۱۳۶۷ ناشی از وقوع زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله

۲-۳-۴- طبقات ساختمان

در این مطالعه، از آمارهای تکمیلی بدست آمده سال ۱۳۹۱ مرکز آمار ایران استفاده شده است. با مشاهده داده‌های موجود که توسط مرکز آمار ایران تهیه شده است، ۶۱ درصد از کل ساختمانهای موجود در منطقه تا ۳ طبقه ارتفاع دارند. درصد ساختمانهای ۴ تا ۶ طبقه، ۲۵ تا ۳۰ درصد است و بقیه ساختمانها بیش از شش طبقه ارتفاع دارند.

۳-۳-۴- سن ساختمان

در این تحقیق، داده‌های مربوط به سن به سه گروه زیر تقسیم شده است:

(۱) کمتر از ۱۰ سال

(۲) بین ۱۰ تا ۳۰ سال

(۳) بیش تر از ۳۰ سال

پس از جمع‌آوری اطلاعات از بازدیدهای میدانی و وارد کردن داده‌ها در نرم‌افزار ArcGIS، مشخص شد که به لحاظ قدمت، حجم بسیار زیادی از ساختمان‌های شهر بابل، ساختمان‌های بالای ۳۰ سال می‌باشند که این امر نشان می‌دهد که احتمال آسیب‌پذیری این ساختمان‌ها در اثر وقوع زلزله بسیار زیاد می‌باشد.

۵- برآورد خسارت ناشی از زمین‌لرزه

پایگاه داده‌ها برای ساختمانها براساس نتایج آمارگیری سال ۱۳۹۱ تهیه گردیده است. پایگاه داده‌ها، حاوی عنوان‌های شناسه‌ای زیر به ازاء هر ساختمان می‌باشد:

-سال ساخت

-تعداد طبقات

-نوع ساخت

-تعداد ساکنان

^۸ علت تقسیم‌بندی ساختمان‌های بتن مسلح به سه دسته متفاوت، تغییر در آیین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد.

سال ساخت، تعداد طبقات و نوع سازه، اقلام اطلاعاتی اصلی هستند که خواص سازه‌ای یک ساختمان را توصیف می‌نمایند. روش برآورد خطر با در نظر گرفتن سه عامل یاد شده، انتخاب گردید. به طور کلی، به منظور برآورد خسارت ساختمانها، مطلوبست که از پارامترهای دینامیکی مانند پیوندهای طبیعی هر ساختمان نسبت به ارتفاع و نوع سازه آن، یعنی از پاسخ دینامیکی ساختمان در هنگام وقوع زلزله بهره‌برداری شود. اما در ایران چنین پارامترهایی برای ساختمانها در دسترس نبوده و در این مطالعه نیز به حساب آورده نشده‌اند.

۱-۵- ارزیابی تفصیلی آسیب پذیری

آسیب‌پذیری کلی ناشی از خطر زلزله در گستره مورد مطالعه با استفاده از شاخص‌های فیزیکی و اجتماعی ارزیابی گردید.

۱-۱-۵- ارزیابی خطرپذیری هریک از مناطق شهری نسبت به خطر زلزله

پارامترهای زیر در تحلیل خطر در نظر گرفته شدند:

الف) خطر زلزله و خسارت ناشی از آن

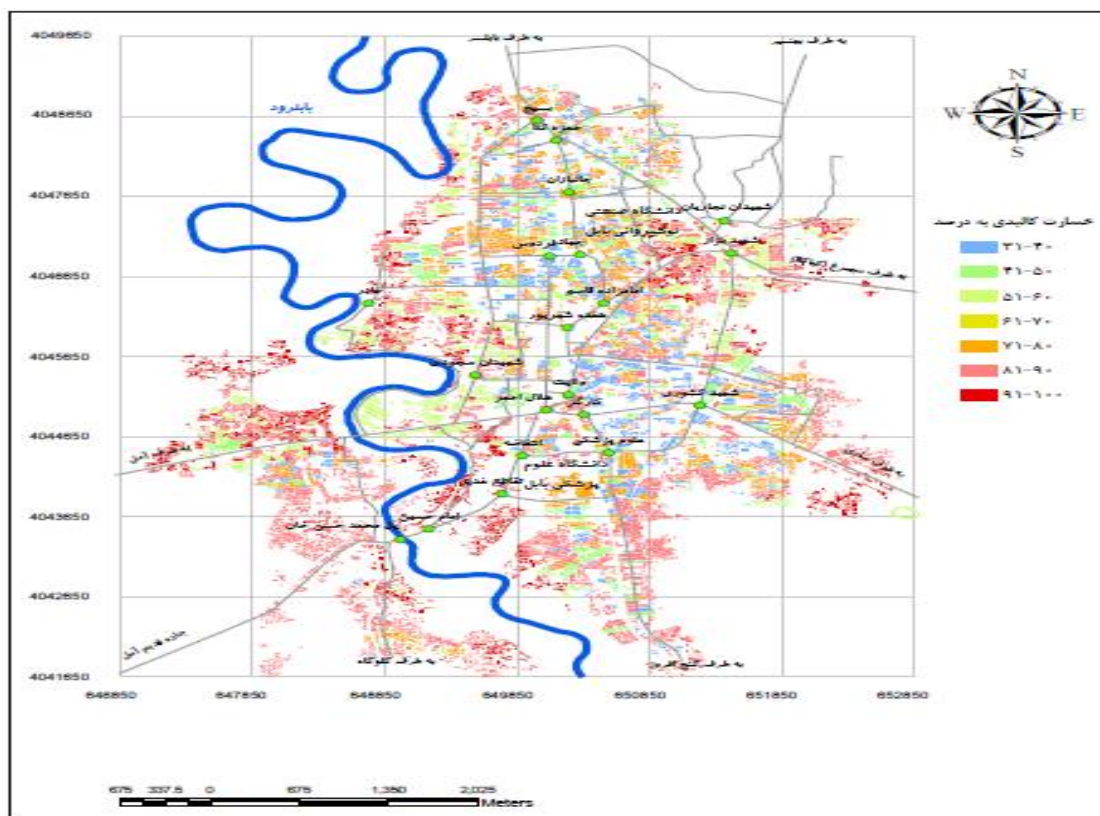
- میانگین شدت لرزه‌ای
- نسبت خسارت ساختمانها
- نسبت تلفات

ب) شرایط اجتماعی

- تراکم جمعیت
- مساحت سرانه فضای باز
- نسبت راههای باریک

به منظور برآورد خسارت ساختمانها در این مطالعه و گرفتن خروجی از نرم‌افزار ArcGis، مطالعات گسترده ژئوتکنیکی با زدن گمانه‌هایی در نقاط مختلف شهر بابل انجام شد که از این مطالعات، مشخصات گسل‌های موجود در گستره مورد مطالعه و همچنین اطلاعات ژئوتکنیکی خاک منطقه بدست آمد. سپس، با استفاده از این داده‌ها، ضرایب مربوط به حداکثر شتاب لرزه‌ای زمین^۹ (PGA) در نقاط مختلف شهر، محاسبه شد و سپس با استفاده از این داده‌ها، تحلیل خطر و آسیب‌پذیری ساختمانها انجام شد. خروجی آسیب‌پذیری ساختمانها در شکل ۲ نشان داده شده است.

^۹ -Peak Ground Acceleration



شکل ۲- خسارت کالبدی ساختمانهای مسکونی ناشی از وقوع زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ ساله

۲-۵- نتیجه ارزیابی خطر

تحلیل خسارت ناشی از زلزله که برای شهر بابل انجام شده، نشان می‌دهد که بخش جنوبی و جنوب غربی شهر بابل، در اثر زلزله خسارت بیشتری خواهد دید. یک دلیل برای این خسارت لرزه‌ای آن است که بخش جنوبی شهر بابل، دارای ساختمانهایی است که با مصالح بنایی ساخته شده‌اند. همچنین به نظر می‌رسد که سازه ساختمانهای این منطقه، در برابر زلزله نیرومند مقاوم نباشند. علاوه بر این شرایط، تراکم جمعیت این بخش، بالاترین سطح در شهر بابل محسوب می‌شود که این امر موجب بروز تلفات شدید انسانی در این منطقه می‌گردد.

۱-۲-۵- توصیه‌هایی برای کاهش اثر بحران ناشی از زلزله

برای شناخت جزئیات سطح آمادگی در برابر بحران ناشی از زلزله در محله‌های شهری، یک مطالعه آزمایشی به اجرا درآمد. بررسی‌های ساختمانی (پلاک به پلاک) املاک انجام گرفت و پایگاه داده‌های تفصیلی و جزء به جزء ایجاد شد. میزان آمادگی در برابر بحران ناشی از زلزله در محدوده مطالعه آزمایشی شناخته شد و موارد مربوط به کاهش اثر بحران ناشی از زلزله معرفی گردید. در این بخش، توصیه‌هایی برای کاهش اثر بحران ناشی از زلزله از جنبه‌های نهادی، برنامه‌ریزی شهری و معماری ارائه شده است.

- اساس پیشگیری از بلایا

به منظور ایجاد عکس‌العمل مؤثر و سریع در موارد اضطراری از قبیل بحران زلزله، ضروری است مراکزی که به‌عنوان پایگاههای سرویس‌دهی عمل نموده و اقدامات مقابله‌ای در برابر زلزله را تدارک می‌نمایند، به‌طور مناسب تجهیز شوند. در حال حاضر در شهر بابل هیچ‌گونه اقدامی در جهت کاهش بلایا و یا اقدامات مقابله‌ای ضروری انجام نشده است. اگر چه جمعیت هلال‌احمر بابل قادر خواهد بود بلافاصله پس از رویداد زلزله، عملیات امدادی را آغاز نماید، اما خسارت برآورد شده در بابل بسیار بیشتر از حدی است که هلال‌احمر به تنهایی بتواند مدیریت نماید. بنابراین باید پایگاههایی در سطح منطقه‌ای و یا ناحیه‌ای به‌طور مستقل شکل بگیرند و حداقل آذوقه اضطراری شامل غذا، آب، دارو و همچنین ابزار مورد نیاز برای عملیات امدادسانی و ژنراتورهای خودکار در این پایگاههای پیشگیری مهیا باشد.

- ساختمانهای مدارس و آموزشگاهها

به منظور سرویس‌دهی به جمعیت جوان بابل که جمعیتشان سریعاً در حال افزایش است، بیشتر مدارس به صورت دو نوبته کار می‌کنند. در محدوده مطالعه آزمایشی، بیش از ۵۰ مدرسه و مراکز آموزشی وجود دارد که از ابتدائی تا دبیرستان را شامل می‌شود. زمین مدارس در مجموع نسبتاً کوچک است و استفاده از آن به‌عنوان فضای تخلیه موقت هنگام رویداد زلزله، برای دانش‌آموزان مدرسه آسان نخواهد بود. مقاومت ساختمان مدارس در برابر زلزله نیرومند باید سریعاً کنترل شده و اقدامات مقاوم‌سازی باید انجام شود. هر مدرسه باید یک کتابچه راهنمای ایمنی در هنگام رویداد زلزله، برای دانش‌آموزان مهیا نموده و تمرینات تخلیه‌سازی دانش‌آموزان را به‌طور متناوب اجرا نماید.

- بیمارستان و خدمات پزشکی

در شهر بابل، پنج بیمارستان و هشت درمانگاه عمومی مشغول به کار هستند. به منظور استفاده از تأسیسات درمانگاه به هنگام بحران زلزله، ابتدا باید سازه ساختمان آن بررسی شده و مقاوم‌سازی لازم انجام شود. درمانگاهها، همچنین باید به مقدار کافی دارو و آب به‌صورت ذخیره در اختیار داشته باشند. همچنین، باید به یک ژنراتور خودکار برق و سامانه مخابراتی رادیویی مجهز باشند تا بتوانند با ستاد عملیات امدادسانی در تماس باشند.

- راهها

شبکه راههای موجود در محدوده مطالعه آزمایشی در شکل ۱ نشان داده شده است. شبکه خیابانها در این محدوده به‌طور عمده شامل خیابانهای فرعی و گذرهای خدماتی مناطق مسکونی است. کوچه‌های باریک با عرض کمتر از ۶ متر وجود دارد که در هنگام سوانح مشکل‌زا خواهند بود. این راهها در هنگام بحران ناشی از زلزله برای عملیات امدادسانی و یا مسیرهای تخلیه قابل استفاده نمی‌باشند، زیرا در اثر تخریب ساختمانها و حصارهای فروریخته و اتومبیل‌های پارک شده مسدود می‌شوند. بنابراین، به‌عنوان یکی از اقدامات کاهش اثر بلایای طبیعی، لازم است که این راهها بررسی شده و همه مسیرهای ممکن تا مکانهای تخلیه، مشخص و مردم از این موضوع آگاه گردند. کنترل و انتخاب مسیرهای تخلیه باید با هماهنگی مناطق مجاور صورت بپذیرد.

- تأمین آب و شیرهای آتش‌نشانی

از آنجا که هنگام سانحه زلزله، تامین آب، یکی از نگرانی‌های اساسی خواهد بود، بنابراین سیستم آبرسانی اضطراری برای آتش‌نشانی و آشامیدن باید مورد بحث قرار گرفته و اقدامات ضروری در اسرع وقت انجام شود. چاههای عمیق برای استفاده اضطراری در این محدوده باید مورد سنجش قرار بگیرد.

- سامانه مخابرات رادیویی

به منظور گردآوری و انتشار صحیح اطلاعات رویداد زلزله، داشتن یک سامانه مخابراتی رادیویی در شهرداری منطقه، به منظور تماس با مراکز عملیات امداد رسانی، بیمارستانها، مراکز نیروی انتظامی و سازمان‌های ذیربط ضروری می‌باشد. همچنین سامانه مخابراتی رادیویی ثانویه در محدوده یک منطقه، به منظور تبادلات خبری با شهروندان مورد نیاز است. وجود یک سامانه مخابرات رادیویی مستقل از سیستم مخابرات نیز الزامی است.

- خطرات بالقوه

تأسیسات گازرسانی در محدوده مطالعه آزمایشی قرار دارند که به لحاظ زلزله یک خطر بالقوه محسوب می‌شوند. لازم است که آسیب‌های احتمالی وارده به خط لوله گاز برآورد شود. نشت گاز می‌تواند منجر به حوادث ثانویه‌ای از قبیل انفجار و آتش‌سوزی شود. شرکت گاز باید مطالعه دقیقی در مورد ایمنی خطوط لوله گاز و مدیریت اضطراری سیستم گازرسانی انجام دهد. نحوه مدیریت این تأسیسات در هنگام رویداد زلزله، باید مورد توجه قرار گیرد.

- محوطه تخلیه‌سازی

لازم است برای تامین امنیت مردم زلزله‌زده، محوطه تخلیه آماده شود که بتواند به طور موقت یا در دوره طولانی مورد استفاده قرار گیرد. فضاهای باز همچون پارکها، محوطه مدارس، زمین‌های کشاورزی و غیره واقع در محدوده مطالعه آزمایشی یا در همسایگی آن برای این منظور باید مشخص گردد.

- تشکل‌های مردمی

تشکل‌های مردمی، نه تنها در فعالیتهای کمک‌های اولیه در هنگام رویداد زلزله، بلکه در گردآوری و انتشار اطلاعات زلزله، نقش عمده‌ای را ایفاء می‌کنند. رؤسای اجتماعات باید با همکاری ستادهای منطقه‌ای، دستورالعمل‌های مناسب و ضروری برای تخلیه‌سازی و عملیات کمک‌های اولیه و حفظ امنیت مردم را طراحی نمایند. اما هیچ تشکل مردمی در محدوده مطالعه آزمایشی تاکنون سازماندهی نشده است. بنابراین تأسیس آن به منظور کاهش اثر بلایا، حداقل در سطح بلوکهای مسکونی باید مورد بررسی قرار گیرد.

- آگاهی از پیشگیری بلایا

لازم است سطح آگاهی مردم نسبت به پیشگیری اثرات بحران زلزله، براساس انتشار صحیح اطلاعات در مورد پیشگیری اثرات بلایا، از طریق سازمانهای اجرایی، مدارس و رسانه‌های گروهی، بالا برده شود. هدف اصلی ارتقاء آگاهی مردم از پیشگیری بحران زلزله، به حداقل رساندن تلفات انسانی تا حد ممکن است. افزایش مؤثر اقدامات پیشگیری از سوانح نه تنها به بهبود نحوه عملکرد شهرداری بابل بستگی دارد، بلکه به شرکت فعال شهروندان نیز وابسته است. در حال حاضر فعالیتهای شهرداری بابل برای ارتقاء آگاهی عمومی از پیشگیری اثر بلایا، واضح نیست. اما حداقل، اطلاعات ضروری از رویداد زلزله باید به مردم داده شود.

۳-۵- نکاتی در مورد پیشگیری اثر بلایا در محدوده مطالعه

به منظور تعیین مشکلات و مسائل مربوط به پیشگیری بحران زلزله، بررسی‌های دقیقی برای شناخت محدوده مطالعه آزمایشی انجام گرفت. داده‌های جمعیتی و ساختمانی کنترل شدند تا اطلاعات آماری سال ۱۳۹۱ با جزئیات بیشتر به روز شوند. کاربری ساختمانها نیز برای تعیین کاربری کلی زمین‌های شهری مشخص گردید. کلیه داده‌ها، مذاکرات و نتایج بررسی‌های ساختگاهی، از نقطه نظر پیشگیری از بحران زلزله گردآوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. براساس موارد فوق، نتایج نشان می‌دهد که محدوده مطالعه آزمایشی و نواحی اطراف آن، هیچ‌گونه سیستم تدافعی در برابر زلزله نیرومند احتمالی ندارند. بنابراین برای کاهش خسارت زلزله، حداقل به منظور حفظ جان انسانها باید اقدامات ضروری در اسرع وقت انجام شود. موارد زیر برای کاهش اثر بلایای زلزله باید به صورت برنامه‌ریزی شده اجرا شود.

طرح پیشگیری بحران زلزله شهری و یک طرح مدیریت بحران باید توسط شهرداری بابل فوراً آماده شود. همچنین لازم است نقش جامعه (مردم) نیز در اقدامات پیشگیری خطرات از قبیل کمکهای اولیه، تخلیه‌سازی و گردآوری و انتشار اطلاعات روشن شود.

ضروری‌ترین پروژه در محدوده مطالعه، تقویت سازه‌های ضعیف ساختمانهای مدارس و بناهای عمومی است. اما مقاومت ساختمان مدارس در برابر زلزله نیرومند کافی نمی‌باشد. مقاومت هر یک از ساختمانهای مدارس از نظر مقابله با زلزله، باید فوراً کنترل شده و اقدامات مقاوم‌سازی، بازسازی و یا حتی تغییر محل مدارس به سرعت اجرا شود. بناهای عمومی از قبیل ساختمان ستاد منطقه‌ای، بیمارستانها، درمانگاهها و ساختمانهای عمومی مربوطه نیز باید کنترل شده و تقویت‌های لازم انجام شود.

شناسایی و اختصاص محوطه‌های تخلیه‌سازی برای مردم ساکن در محدوده مطالعه بسیار مهم است. در حال حاضر فضای باز مناسبی برای بکارگیری به‌عنوان فضای باز تخلیه جز یک پارک سبز در محدوده مطالعه وجود ندارد. محوطه فضای تخلیه در هنگام رویداد زلزله باید با هماهنگی شهرداری بابل مورد بررسی قرار گیرد. مسیرهای تخلیه نیز باید توسط شهرداری منطقه، کنترل و برای این کار اختصاص داده شود و تمامی این اطلاعات توسط کانال مناسبی به مردم منعکس شود.

واکنش‌های اضطراری باید سریعاً توسط شهرداری منطقه انجام شود. پایگاه پیشگیری از خطر زلزله باید در ساختمان شهرداری آماده به کار شود و لوازم اولیه برای واکنش اضطراری از قبیل غذا، آب، دارو و ابزار کمک‌های اولیه و عملیات امدادسانی و موتور برق باید در انبارها ذخیره شود. خدمات درمانی اضطراری نیز باید برنامه‌ریزی شود.

آگاهی عمومی در مورد مشارکت مردم در اقدامات پیشگیری از بحران زلزله باید ارتقاء یابد. عملیات کمک‌های اولیه، مهمترین عامل در حفظ جان انسانها است و اگر این عملیات امدادسانی به موقع انجام شود تا حد بسیار زیادی از تلفات انسانی کاسته خواهد شد. به منظور تسهیل این امر، بسیار ضروری است که مشارکت مردمی در مدیریت بحران پس از زلزله، بوسیله ارتقاء آگاهی مردم از اقدامات پیشگیری، افزایش یابد.

امکانات آگاهی‌دهنده و توصیف‌کننده بحران زلزله و اقداماتی که خسارات ناشی از زلزله را کاهش می‌دهند باید به درستی تهیه و توزیع شوند. آموزش زلزله در مدارس برای نسل جوان نیز باید ارتقاء یابد.

۶- نتیجه‌گیری

همانطور که ذکر شد یکی از موضوعاتی که بیشتر شهرهای بزرگ با آن روبرو هستند، موضوع زلزله است که ویژگی‌ها و شرایط طبیعی حاکم بر فضاهای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی و لزوم توجه به برنامه‌ریزی‌های لازم پیرامون مصونیت شهرها و آسیب کمتر آنها را ضروری ساخته است. از طرف دیگر هر توصیه‌ای در یک بستر سازمانی مناسب تحقق می‌یابد. بستر سازمان‌های موجود، ممکن است بعضی از عناصر و اجزای لازم را داشته و فاقد برخی از آنها باشند. بنابراین در جهت پیشگیری از آسیب‌های جبران‌ناپذیر و یا کاهش آن، پیشنهاد می‌شود راهکارهای زیر در شهر بابل مورد استفاده قرار گیرد:

- کاهش آسیب‌پذیری زلزله از طریق ایمن‌سازی و مقاوم‌سازی سازه‌ها و تأسیسات شهری
- طراحی مدیریت بافت و کالبد منطقه مورد نظر
- ارائه مدیریت درست در مواقع خطر
- تهیه بانک مطالعاتی گسل‌های نزدیک یا مؤثر در ایجاد خطر
- انطباق الگوی بهینه کاربردی اراضی شهری با وضع موجود و شناسایی و اصلاح عناصر و مناطق آسیب‌پذیر
- جلوگیری از ساخت و سازهای بی‌رویه و سنتی
- افزایش نظارت شهرداری‌ها و پیگیری نظارت‌ها تا اتمام پروژه‌های ساخت و ساز
- آموزش افراد جامعه برای مواجهه با بحران و خطر زلزله به عنوان عامل مهم پدافند غیر عامل و اجرای مانورهای منظم در طول سال برای ایجاد آمادگی در جهت مقابله با بحران و خطرات ناشی از بلایای طبیعی
- بالا بردن سطح آگاهی افراد جامعه شهری از طریق رسانه‌های گروهی.

۶-۱- پیشنهادات اقدامات پیشگیرانه جهت کاهش اثرات زلزله

- اختصاص یکی از خیابان‌های اصلی به خودروهای امداد و نجات
- حذف بن‌بست‌های طولانی و کم عرض (کمتر از ۶ متر)
- برداشتن عناصری در معابر که در موقع زلزله منجر به ضعف عملکرد معابر شده و به گونه‌ای ایجاد سد معبر می‌کند (لوله‌ها و اتصالات فلزی رها شده، تیرهای چراغ برق کهنه و غیره)

- وجود حدود نیمی از واحدهای مسکونی، با قدمت بیش از ۳۰ سال، حاکی از فرسودگی واحدهای مسکونی محدوده بافت دارد که همانطور که در بخش‌های قبل توضیح داده شده، هر قدر قدمت بناها بیشتر باشد، میزان آسیب‌پذیری آن نیز بیشتر می‌شود که برای نوسازی و بهسازی واحدهای با قدمت بالای ۳۰ سال، مسئولین باید چاره‌ای بیاندیشند.
- مقاوم‌سازی و ایمن‌سازی مساجد، مدارس و دیگر فضاهای عمومی (سازه‌های بزرگ شهری)، جهت اسکان آسیب‌دیدگان
- مقاوم‌سازی ساختمان‌های مهم دولتی همچون شهرداری، فرمانداری، هلال احمر، بیمارستان‌ها که دارای ساختار فرسوده می‌باشند.
- عدم فروش تراکم در بخش‌های پرخطر و محدود ساختن تعداد طبقات
- کنترل و نظارت دقیق بر اجرای ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمان‌سازی
- تجهیز پارک‌ها و فضاهای سبز به عنوان مراکز امن زلزله جهت اسکان آسیب‌دیدگان
- آتش‌سوزی‌هایی حاصل از بریدگی لوله‌های گاز و انفجار مخازن گاز در ساعات اولیه بعد از زلزله رخ خواهد داد. می‌توان با کارگذاری سیستم‌های قطع اتوماتیک حساس به لرزش به محض وقوع لرزش (با قدرت معین) جریان گاز را از پست‌های اصلی قطع کرد.
- یکی از نگرانی‌های اساسی در هنگام وقوع زلزله تأمین آب می‌باشد. بنابراین سیستم آبرسانی اضطراری برای آتش‌نشانی و آشامیدن باید مورد بحث قرار گیرد و اقدامات ضروری در اسرع وقت انجام شود.

مراجع

- [۱]. Lantada Nieves, Pujades Luis, Barbat, Alex, (2008), Vulnerability Index and Capacity Spectrum used Method for Urban Seismic .
- [2]. Kirpes (1998), "Mrtha Patrica; Bring Environmental Justice to Nature Hazards", International Journal of Geographic Information Science, Vol. 17, no. 6: 547-576 .
- [3]. Piroudian, N. (2008), "Crisis Management Safety Principles in Unexpected Accidents", First edition, Jihad Publishing, University of Mashhad, p207. (in persian)
- [4]. Sadrikiya, M. (2007) " Design of the development of a sample crisis management system, master's study of the spatial information system" Master's Degree of Spatial Information System, Khaje Nasir-e-Din Tusi University of Technology, Tehran, Iran, 2007. (in persian)
- [5]. Xiang. Ch. Et al. (2011). A model for evacuation risk assessment with consideration of pre- and post disaster factors. The Computers, Environment and Urban Systems pp. 207-217.
- [6]. Shiee, E. (2010), " Investigating the vulnerability of cities against earthquakes using the Hierarchical Reverse Analytical Hierarchy Process (IHWP) and GIS", A Case Study of the 6th District of Tehran Municipality, Proceedings of the Fourth International Congress of Geographers of the Islamic World, Iran, Zahedan. (in persian)
- [7]. Lewis, J. (1981), "mitigation preparedness measures, in disaster and the small dwelling", (ed). Lan Davis, Pergamon Press, Oxford: Michigan University.
- [8]. Kit. E. (2003), " Environmental hazards", Translated by Ebrahim Moghimi and Shapour Goodarzi-Nejad, Publications.
- [9]. W. kates, R. and Pijawka, D. (1977). "From Rubble to Moument, The Pace of Reconstruction following Disaster" , ed. Eugene J. Hass. Roberts W. kates and Marten J. Bowden, The MTT press. Massachusetts.
- [10]. Azizi, MM. (2008), "Urban considerations in assessing the vulnerability of cities to earthquakes", Fine Arts, No. 34, Tehran University. (in persian)

- [11]. Monzavi, M. (2010), " The vulnerability of endangered tissues in the central part of Tehran to earthquake (area 12)", Human Geographic Research, No. 73. (in persian)
- [12]. Ahmadi, T. Momeni, K. Modet, E. (2018)," Using HDI Model in Earthquake-Based Risk-Based Risk Measurement (Case Study: Ilam City)", Quarterly Journal of Geographical Sciences, Architecture and Urban Development, Volume: 2, Issue: 13. (in Persian)
- [13]. Hoghooghi Fard, E. Emtehani, M. Arafteh, A. (2017), "Analysis of Vulnerability Indicators in Urban Waste Structures with the Seismic Disaster Management Approach (Case Study: District 3 of Shiraz Municipality)", Fourth International Conference on Environmental Planning and Management. (in Persian)
- [14]. . Daneshvar khoram, A. Mehdinia, MH. (2017), "Integration of Urban Planning against Earthquake with Crisis Management Approach in Metropolis of Mashhad", First International Conference and 8th National Conference on Urban Planning and Management. (in Persian)
- [15]. Sotohian, F. Kazemi, SH. Safavi, F. Javaherdehi, P. (2017)," Crisis management in natural disasters", Third National Conference on Crisis Management, Safety, Health, Environment and Sustainable Development. (in Persian)
- [16]. Saffari, H. Pooladvand, MA. (2017), "Seismic zonation of Tehran city based on definite risk analysis and seismic indexes of adjacent faults", Journal of structural and construction Engineering, JSCE, Volume 4, Issue 3, Pages 109-128 .
- [17]. Tanbargi, Davidone, (1994), " Crisis Management", Translation by Ali Zolfaghariyan, First edition, Hadith of Tehran. (in persian)
- [18]. UNDP.(2004). Educing Disaster Risk, A Challenge for Development.
- [19]. Seth N, Samarth, G. Vinh, A. (2018), " A simulation framework for crisis management: Design and use", Simulation Modeling Practice and Theory", Volume 85, June 2018, Pages 15-32.
- [20]. Jifu Liu, Yida Fan, Piejun Shi, (2016), Response to a high-Altitude Earthquake: The Yushu Earthquake example, Int J. Disaster risk sci,2(1),43-53.
- [21]. Shams. M, (2010), "Investigating the management of earthquake crisis in the worn out tissue of Kermanshah city, Case study: Fayyaz Abad", Geographic Quarterly, Amiyah Environment, No. 13. (in persian)
- [22]. Reja, Y, Shajahan, A, (2011), "Analysing the earthquake vulnerabilities for urban areas: In the context of Chittagong city". Journal of Housing and Revolution, Tehran. (in persian)
- [23]. Cutter, S and Boruff, B and Shirley, W, (2003), Social Vulnerability to Environment Hazards, Journal of Social Science Quarterly 34:2,242-261.