

صص ۳۷-۵۳

تحلیل و ارزیابی خطر وقوع زلزله به‌منظور شناسایی محدوده‌های ایمن در شهرهای جلگه‌ای (نمونه موردی: شهر بابل)

سید مصطفی هاشمی گرویی

دانشجوی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

صدرالدین متولی*

دانشیار گروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

غلامرضا جانباز قبادی

استادیار گروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

جلال عظیمی آملی

دانشیار گروه جغرافیا، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۲۴

چکیده

با توجه به آمار از میان انواع مخاطرات شناخته‌شده، شاید زلزله مخرب‌ترین و جدی‌ترین آن‌ها باشد که کشور ما را تهدید می‌کند. علیرغم پیشرفت‌های بشر در زمینه شناخت این پدیده تاکنون روشی جهت پیشگیری و یا پیش‌بینی آن یافت نشده است. طبیعت غیرقابل پیشگیری بودن زلزله، انسان را بر آن می‌دارد تا بکوشد در رویارویی با آن خود را تقویت نموده و از حجم ضایعات و تلفات بکاهد. عملکرد شهر از مهم‌ترین و بارزترین فضای تعامل انسان‌ها، در صورت بروز سانحه‌ای چون زلزله مختل شده و دیگر پویایی سابق را نخواهد داشت. هدف از انجام این پژوهش شناسایی محدوده‌های ایمن در محلات شهر بابل برای مقابله با زلزله است. روش مطالعه حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی و میدانی است. جامعه آماری در این پژوهش شامل شهروندان ساکن در محلات دوازده‌گانه شهر بابل بوده که حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران ۳۲۲ نفر تعیین گردیده است. برای ارزیابی خطر وقوع زلزله و شناسایی محدوده‌های ایمن از نرم‌افزارهای GIS و SPSS استفاده شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد بر اساس ۱۱ معیار کالبدی جهت شناخت درجه آسیب‌پذیری شهر، محدوده جنوب شهر بابل به دلیل نزدیکی بیشتر به گسل‌های منطقه، قدمت بالاتر ساختمان‌ها (متوسط ۳۰ سال)، بالا بودن درجه محصوریت و سطح اشغال بالاتر از سطح اشغال استاندارد از آسیب‌پذیری بالاتری نسبت به سایر نقاط شهر برخوردارند. بر اساس نتیجه آزمون کای اسکور شاخص دسترسی با میانگین ۳,۷۱ دارای بیشترین تأثیر و شاخص اجتماعی با میانگین ۲,۷۱ دارای کمترین تأثیر در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل بوده است. از میان شاخص‌های دسترسی، میدان‌ها و ترمینال‌ها با میانگین ۳,۹۱ بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی نقاط

امن داشته که با توجه به توزیع فضایی در سطح شهر بابل و ارتباط آن‌ها با سایر شاخص‌های دسترسی، بهینه‌ترین مکان هفت میدان ولایت، بسیج، کشوری، اوقاف، ۱۷ شهریور، موزیرج و شهید بزاز تعیین شد. وضعیت ایمنی مکان‌های امن شهر بابل در برابر مخاطرات از بعد کاربری اراضی شهری دارای شرایط مطلوب‌تر و از بعد ساخت شهر دارای وضعیت آسیب‌پذیرتری است.

واژگان کلیدی: خطر وقوع زلزله، محدوده‌های ایمن، شهر جلگه‌ای بابل.

مقدمه

زلزله از جمله سوانح طبیعی است که بیشتر شهرهای جهان با آن مواجه هستند. این مسئله عموماً دخالت‌های نسنجیده انسانی در محیط طبیعی از جمله ساخت‌وسازهای بی‌رویه در حریم گسل، فقدان و یا بی‌توجهی به ضوابط و استانداردهای ساخت‌وساز تشدید می‌شود (علی‌اکبری و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۵۳). ضرورت کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، به‌عنوان یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی شهری و طراحی شهری محسوب می‌شود که در این میان نقش مدیران شهری را نمی‌توان در کاهش آسیب‌پذیری شهرها نادیده گرفت (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴: ۳). کشور ایران در پهنه زلزله‌خیزی از جهان، مابین صفحه تکتونیکی اروپا - آسیا در شمال، هند - استرالیا در جنوب و آفریقا در غرب در مسیر کوه‌زائی آلپ- هیمالیا (کمر بند مستعد وقوع زلزله)، واقع شده است. بیشتر نقاط شهری و غیرشهری کشور در نواحی با خطر نسبی زمین‌لرزه زیاد، قرار گرفته است (رجایی، ۱۳۹۴: ۹). در طول ۹۰ سال گذشته ۱۸ زلزله با توان بیش از ۷ ریشتر را تجربه کرده که باعث خسارات بزرگ اجتماعی، اقتصادی و آسیب دیدن بخش اعظمی از جمعیت انسانی یعنی ۷۶٪ از کل تلفات جانی ایران طی این چند دهه بوده است. اهمیت زلزله در ایران، با شدت یافتن روند توسعه کشور، گسترش شهرها، تمرکز جمعیت امروزه بیشتر درک می‌شود. با توجه به رویارویی مداوم کشور با پدیده زلزله، ضروری است همواره تلاش‌هایی جهت دستیابی عملی و علمی به روش‌ها و راه‌کارهای منسجم جهت مقابله منطقی و به حداقل رساندن ابعاد فاجعه‌آمیز چنین رخدادی صورت گیرد. در سال‌های اخیر، خطرپذیری شهرهای شمالی ایران، به‌ویژه شهر بابل، در برابر حوادث و سوانح غیرمترقبه افزایش یافته است. بطوری که این شهر به‌عنوان یکی از شهر میانی در استان مازندران، بنابر موقعیت طبیعی خود، به لحاظ قرارگیری بر روی خط گسل روراند بابل همواره در معرض زلزله قرار دارد؛ بنابراین لزوم برنامه‌ریزی جامع، مدیریت یکپارچه و ارائه راهکارهای مناسب به‌منظور مکان‌یابی نقاط امن برای کاربری‌های مناسب به‌منظور اسکان اضطراری جمعیت قبل و بعد از وقوع سانحه الزامی است. از مهم‌ترین مسائلی که پس از وقوع زلزله مورد توجه سازمان‌های مسئول در زمینه مدیریت بحران قرار می‌گیرد، انتخاب محلی مناسب و ایمن با توجه به استانداردهای لازم در طراحی‌ها برای استقرار موقت جمعیت‌های آسیب‌دیده از سوانح است. در هنگام وقوع بحران غالباً محل‌های سکونت دچار آسیب شده و یا برای استفاده ناامن می‌شوند. در این هنگام ایجاد محل سکونت امن مناسب برای خانواده‌های آسیب‌دیده از اهمیت بسیاری برخوردار است (نوجوان و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۰۶). بدیهی

است که مکان‌گزینی نامناسب و غیرعلمی ممکن است فاجعه دیگری حتی به مراتب وخیم‌تر از سانحه اولیه به دنبال داشته باشد؛ بنابراین لزوم برنامه‌ریزی، مدیریت و ارائه راهکارهای مناسب به منظور مکان‌یابی نقاط امن در مقابله با زلزله برای جمعیت آسیب‌دیده قبل از وقوع سانحه الزامی است (فرقانی و دربندی، ۱۳۹۴: ۲). به‌طور کلی مکان‌یابی نقاط امن در مقابله با زلزله، استعدادهای فضایی و غیر فضایی یک سرزمین را جهت انتخاب مکان مناسب برای کاربری خاص مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد (دانایی نیا و زاغیان، ۱۳۹۷: ۲۹). در این راستا میزان موفقیت و کارایی عملکرد عناصر شهری رابطه بسیار نزدیکی با استقرار و سازمان‌دهی عنصر مربوطه در موقعیت فضایی مکانی خاصی دارد که تابع اصول، قواعد و مکانیسم‌های مشخصی است. عدم رعایت اصول و قواعد لازم نه تنها بازدهی عملکردی عناصر شهری را کاهش می‌دهد، بلکه منجر به بروز آسیب‌ها و بلایای کالبدی و فضایی محیط شهری همچون بی‌نظمی، آشوب، فرسایش زود هنگام محیطی، دسترسی نامناسب و در مجموع فاصله گرفتن از ویژگی‌های محیط شهری مطلوب می‌گردد.

شهر بابل به علت موقعیت لرزه‌خیزی و وجود گسل فراوان و همچنین قرارگیری روی یکی از کمربندهای زلزله‌خیز جهان موسوم به آلبا، در برابر این پدیده بسیار آسیب‌پذیر است که ضعف کلی کالبد شهر، تراکم جمعیت بالا و نحوه نامناسب پراکنش جمعیت در سطح محلات شهری بابل در هنگام وقوع زلزله احتمالی خسارات جانی و مالی فراوانی را می‌تواند ایجاد کند. در کنار این عوامل، نارسایی شبکه معابر، دسترسی نامناسب شهری، تراکم بالای جمعیت، تراکم بالای ساختمانی، فقدان زیرساخت‌های مناسب، ضعف مدیریت شهری و وجود بافت‌های نامنظم خودرو و قدیمی مشکلات را تشدید کرده که ضرورت توجه به تقویت مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل در برابر مخاطرات طبیعی و غیرطبیعی را افزایش می‌دهد. ضرورت اتخاذ استراتژی مشخص در ایمن‌سازی محلات و کاهش آسیب‌پذیری آن در شهر بابل در هنگام وقوع زلزله ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. امری که تاکنون همانند سایر مناطق کشور کمتر به آن پرداخته شده و کمتر مورد توجه برنامه ریزان شهری بوده است. در این راستا در این تحقیق ایمن‌سازی شهر بابل مهم‌ترین مقوله‌ای است که می‌تواند آسودگی خاطر شهروندان، امنیت جانی و مالی آن‌ها را فراهم آورد. از این رو مسئله اصلی پژوهش حاضر ارزیابی و تحلیل خطر وقوع زلزله در شهر بابل است تا بررسی نماید کدام مؤلفه‌ها در شناسایی محدوده‌های ایمن تأثیرات بیشتری دارند؟ (Yumarnia et al. 2014).

مبانی نظری

زلزله همواره در زمره پیچیده‌ترین پدیده‌های طبیعی مورد توجه متخصصان و کارشناسان است و در سال‌های اخیر با افزایش دانش بشر در رابطه با شناسایی زمین‌لرزه و علل بروز آن مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته، ولی کماکان پیش‌بینی زمان وقوع حتمی آن امکان‌پذیر نیست (Bartels and VanRooyen, 2012: 748). آنچه زلزله را به سانحه تبدیل می‌کند ناآگاهی انسان و ناتوانایی در مواجهه و برخورد با آن است (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۴۶). این مسئله عموماً با

دخالت‌های نسنجیده انسان در محیط طبیعی از طریق ساخت‌وسازهای بی‌رویه در حریم گسل و بی‌توجهی به ضوابط و استانداردهای ساخت‌وساز تشدید می‌گردد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۰۹). فقدان پیشگیری از تأثیر زلزله و نبود آمادگی برای مقابله با آن، این پدیده را به یک فاجعه تبدیل می‌کند از راه‌های اساسی ایجاد آمادگی در برابر زلزله، آگاهی از درجه آسیب‌پذیری شهر است (PROAG, 2014). آسیب‌پذیری در حالت کلی انواع مختلفی دارد که از مهم‌ترین اقدامات برای تعیین آسیب‌پذیری، بررسی مؤلفه‌های کالبدی شهر و ابنیه می‌باشد (حاتمی نژاد و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۰۶). مهم‌ترین شاخص‌های آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله، شاخص فاصله از گسل، ارتفاع ساختمان، کیفیت ابنیه، عرض معبر، قدمت ابنیه، تراکم ساختمانی، درجه محصوریت، مصالح ابنیه، مساحت قطعات، شیب زمین و سطح اشغال می‌باشد (کامل باسمنج، ۱۳۹۱) که از طریق بررسی این شاخص‌ها میزان آسیب‌پذیری محلات شهری موردسنجش قرار می‌گیرد. از این رو شناسایی بافت‌های آسیب‌پذیر به لحاظ کالبدی و عملکردی در برابر مخاطرات احتمالی و منطقه بندی و اولویت‌بندی این نواحی را می‌توان بخش مهمی از مدیریت بحران در شهرها دانست (Bessason & Bjarnason, 2016).

بیشتر مناطق شهری با تراکم جمعیتی بالا، در برابر وقوع مخاطراتی همچون زلزله آسیب‌پذیرند. (Tait et al, 2016: 275) در مورد شهرهای زلزله‌خیز مناسب‌ترین اقدام، جداسازی انسان از منطقه خطر است (رنگزن و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۰). به همین دلیل شناسایی قبلی و برنامه‌ریزی در شناسایی پهنه‌های خطرپذیر، مناطق امن و همچنین مسیریابی بهینه برای رسیدن به سایت‌های اسکان موقت لازم و ضروری است. (گیوه چی و عطار، ۱۳۹۱). از آنجائی که یکی از اصلی‌ترین نیازهای آسیب دیدگان ناشی از زلزله در مرحله پاسخگویی به بحران، داشتن سرپناه‌های امن و دور از خطر است و نمی‌توان بعد از وقوع زلزله، سریعاً مکان‌های مناسب برای آسیب دیدگان را تعیین نمود، باید قبل از وقوع چنین مخاطراتی، مکان‌های مناسب از نظر دسترسی به کاربری‌های شهری، داشتن امنیت، دوری از مناطق مخاطره خیز و ... را فراهم کرد. عابدینی، موسی (۱۴۰۱) مقاله تحت عنوان بررسی اثرات ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال و پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه با تأکید بر توان لرزه‌زایی گسل‌ها (مطالعه موردی: نمین، آستارا، تالش) پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصل از بازدیدهای میدانی و مطالعات انجام شده، آثار و شواهد بارز در منطقه مورد مطالعه، مانند پرتگاه گسلی، خطواره‌های گسلی، چشمه‌های تکتونیک و ... مورد شناسایی قرار گرفتند. با بهره‌گیری از داده‌های تهیه شده، گسل‌های اصلی شناسایی و با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی میزان فعالیت زمین‌ساخت در منطقه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت و نقشه پهنه‌بندی فعالیت‌های زمین‌ساختی ترسیم گردید. در ادامه با استفاده از معادلات ولز و کوپر اسمیت، نوری، اشجعی و زارع، توان لرزه‌زایی گسل‌ها محاسبه شد. متوسط توان لرزه‌زایی برای گسل‌های آستارا، هیر، نئور و سنگور به ترتیب ۶/۹، ۶/۲، ۷، ۴/۸ ریشتر محاسبه شد. سپس موقعیت مناطق مسکونی در حریم گسل‌ها پهنه‌بندی و با نقشه کاربری اراضی و مقاومت سازندها که پس از فاصله از گسل بیشترین آسیب‌پذیری از زلزله‌ها را دارند، هم‌پوشانی انجام گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که شهرهای نمین، عنبران، لوندویل و

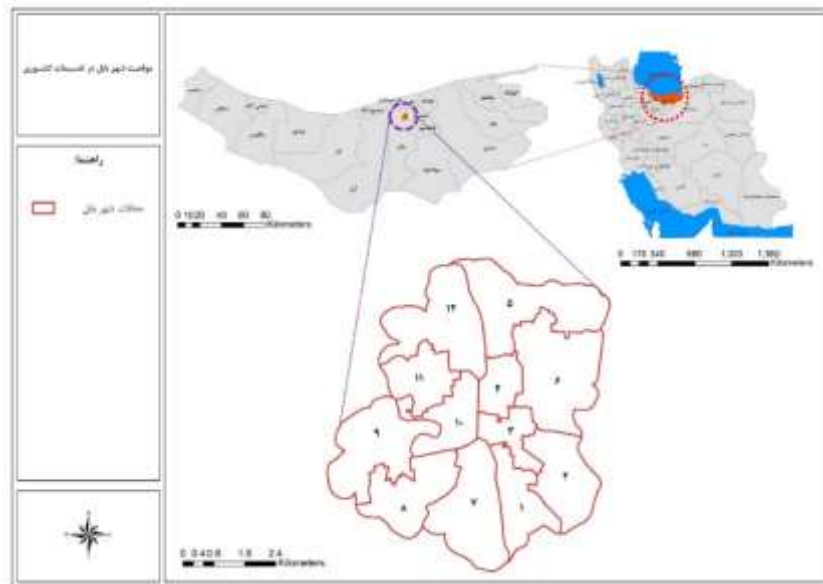
اسالم در پهنه خطر بسیار زیاد زمین‌لرزه، آستارا در پهنه خطر زیاد، حویق در پهنه خطر متوسط و شهرهای هشتر و آبی‌بیگلو در پهنه‌بندی خطر بسیار کم قرار دارند. رحیمی، محمود و همکاران (۱۳۹۹) مقاله تحت عنوان شناسایی و ارزیابی محدوده‌های ایمن شهری در بحران زلزله به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی منطقه ۲ شهر خرم‌آباد پرداختند. نتایج تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که فاصله از گسل بیشترین (۰/۲۰۳) و فاصله از فضای باز شهری (۰/۰۷۸) کمترین وزن معیار مؤثر را دارند. در ادامه لایه نهایی پهنه‌بندی محدوده‌های ایمن بر اساس ۵ متغیر زبانی شامل نایمن، نسبتاً نایمن، متوسط، نسبتاً ایمن و ایمن در نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید. انطباق لایه‌های فازی شده معیارهای مختلف با نقشه پهنه‌بندی نشان داد که بخش اعظم منطقه ۲ شهر خرم‌آباد در محدوده متوسط تا نسبتاً ایمن قرار داشته و بیشترین میزان آسیب‌پذیری مربوط به جنوب غربی آن است. قنوتی، عزت‌ا... و همکاران (۱۳۹۹) مقاله تحت عنوان ارزیابی و تحلیل ریسک وقوع زلزله بر شبکه آبرسانی شهر تهران پرداختند. نتایج نهایی حاکی از این است که پتانسیل خطر از خطر کم تا خیلی زیاد وجود دارد بیشترین مساحت منطقه در کلاس ریسک کم خطر با ۵۰ درصد مربوط به نواحی جنوبی از منطقه مورد مطالعه و بیشترین میزان ریسک با حدود ۱۴ درصد بیشتر در نواحی شمالی به چشم می‌خورد که در برنامه‌ریزی‌ها باید در اولویت باشد. (الفتی و همکاران، ۱۳۹۹: ۶۷۸). تعیین محدوده‌های ایمن علاوه بر کاهش تأثیرات مخرب مخاطرات و القاء احساس امنیت، به حفظ جان و دارایی انسان و ارائه خدمات مناسب و مؤثر در زمان وقوع زلزله کمک می‌نماید. تعیین مکان مناسب برای انجام یک فعالیت معین با توجه به معیارها و فاکتورهای مؤثر در آن را مکان‌یابی می‌نامند (کیخسرو و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۲۶). برای اجرای یک مکان‌یابی موفق لازم است کلیه عوامل مؤثر در سطح منطقه مطالعاتی بررسی گردد. در ارتباط با موضوع پژوهش تحقیقات مختلفی در داخل و خارج انجام گرفته که در ادامه به پاره‌ای از این پژوهش‌ها اشاره می‌گردد:

بروک (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای با استفاده از تحلیل‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استقرار مکان‌های اسکان اضطراری ایمن در شهر نیویورک را ارزیابی نمود. نتایج تحقیق نشان داد استقرار مکان‌های اسکان اضطراری در شهر نیویورک بیشتر بستگی به پارامترهای نزدیکی به معابر اصلی، مراکز درمانی و وسایل نقلیه دارد. یونال و اسلو (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی دسترس‌پذیر بودن مکان‌های اسکان اضطراری با استفاده از سیستم اطاعات جغرافیایی، (GIS) پارامترهایی مانند فاصله از مراکز درمانی، فاصله از خطوط گسل، تراکم جمعیت، فاصله از فضاهای باز شهری را اساس مطالعه خود قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد از مجموع بلوک‌های شهر آدانای کشور ترکیه، ۱۶۴ بلوک از فضای باز، ۲۷۵ بلوک از فضای مدرسه و ۳۳۳ بلوک از فضای سبز مناسب برای احداث مکان‌های اسکان اضطراری هستند. الفتی و همکاران (۱۳۹۹) در مقاله‌ای با عنوان شناسایی و ارزیابی محدوده‌های ایمن شهری در بحران زلزله در منطقه ۲ شهر خرم‌آباد، نتایج نشان داد فاصله از گسل بیشترین (۰/۷۰۲) و فاصله از فضای باز شهری (۰/۰۲۴) کمترین وزن معیار مؤثر را دارند. همچنین انطباق لایه‌های فازی شده معیارهای مختلف با نقشه پهنه‌بندی نشان داد بیشترین میزان آسیب‌پذیری مربوط به جنوب غربی

منطقه ۲ به دلیل وجود محدودیت‌های طبیعی و محیطی مانند نزدیکی به گسل، محصور بودن در کوه‌های اطراف، وجود رودخانه‌های دائمی، خطی بودن شهر، شیب زیاد در برخی نقاط و همچنین تهدیدهای کالبدی چون وضعیت نامناسب معابر، فرسودگی بخشی از بافت منطقه، ساختمان‌های آسیب‌پذیر در زلزله، تراکم جمعیت است. دادرس و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله با عنوان مکان‌یابی سایت‌های اسکان موقت برای آسیب‌دیدگان زلزله در شهر بروجن، نتایج نشان داد که معیار زمین‌شناسی با ضریب ۰/۱۰۶ دارای کم‌ترین اهمیت و معیار ایمنی با ضریب ۰/۳۷۶ دارای بیش‌ترین اهمیت می‌باشند. همچنین نتایج نشان داد پارک‌ها، فضاهای سبز و مدارس بهترین مکان‌ها برای ایجاد سایت‌های اسکان موقت آسیب‌دیدگان زلزله در شهر بروجن می‌باشند. با توجه به این نکته که تأمین فضای لازم برای سایت‌های اسکان موقت در بخش مرکزی شهر با کمبود مواجه است. رحمانی و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله با عنوان مکان‌یابی بهینه برای کاهش آسیب‌پذیری شهری بعد از زلزله (مطالعه موردی: شهر بجنورد) نتایج این تحقیق نشان می‌دهد حوزه شرق و شمال شرق بجنورد به دلیل قابلیت اراضی و وجود عرصه، مستعدترین و بهترین گزینه برای مکان‌گزینی موقت زلزله‌زدگان است و درنهایت برای مکان‌یابی مناسب، با مشخص کردن پهنه‌های خطر در شهر می‌توان در مورد استقرار شریان‌های حیاتی در مناطق کم‌خطر تصمیم‌گیری کرد.

محدوده مورد مطالعه

شهر بابل بین ۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۵ ثانیه تا ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه و ۴۸ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. شهر بابل معروف به شهر بهارنارنج دومین شهر پرجمعیت استان مازندران می‌باشد (سالنامه آماری استان مازندران، ۱۳۹۴). جمعیت این شهر در سال ۱۳۹۰ برابر با ۲۱۹۴۶۷ نفر بوده است که در سال ۱۴۰۱ شهر بابل جمعیت ۵۷۱،۵۴۰ هزار نفر رسیده است از منظر تقسیمات فضایی شهر بابل به ۱۲ منطقه تقسیم شده است که محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود (شکل ۱). بابل دومین شهر پرجمعیت استان و در رتبه ۳۲ شهر پرجمعیت کشور است. بر اساس مطالعات انجام‌شده در پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه‌ای، ضلع جنوبی شهر بابل در پهنه با خطر لرزه‌ای بالا و پهنه شهر بابل در محدود خطر متوسط قرار گرفته است. فرونشینی شدید و مداوم گودال جنوبی خزر و اراضی جلگه‌ای و کوهپایه‌ای، تغییر خط ساحلی دریا، فعالیت تعداد زیادی گسل با امتداد شرقی - غربی (دو گسل خزر و البرز) و وجود قله دماوند در مرحله سولفاتار، این منطقه را به‌طور عام و شهر بابل را به‌طور خاص مستعد وقوع زلزله کرده است. خط گسل عبوری از شهر بابل (روراند بابل)، به طول ۵۰ کیلومتر و با گسیختگی حدود ۱۸ کیلومتر است. بزرگی زمین‌لرزه‌ای احتمالی این گسل ۶/۳ ریشتر در مقیاس و امواج درونی با شدت ۷۱۱ هرتز برآورد شده است (سازمان مدیریت بحران استان مازندران، ۱۴۰۱).



شکل ۱: محلات ۱۲ گانه شهر بابل، ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۱

داده‌ها و روش‌ها

روش پژوهش از بعد هدف کاربردی و از بعد ماهیت توصیفی-تحلیلی و میدانی است. روش گردآوری اطلاعات نیز به صورت کتابخانه‌ای و میدانی از طریق پرسشنامه در قالب طیف لیکرت طراحی و وضعیت محلات شهر بابل بر اساس مؤلفه‌های آسیب‌پذیری در برابر زلزله بررسی شد. جامعه آماری پژوهش، شهروندان شهر بابل می‌باشند که بر اساس فرمول کوکران حجم نمونه ۳۸۴ نفر تعیین شده است. روایی ابزار سنجش به صورت روایی محتوایی با کسب نظر از اساتید مورد تأیید قرار گرفت. در این پژوهش پایائی پرسشنامه یا قابلیت اعتماد آن با استفاده از روش اندازه‌گیری آلفای کرونباخ محاسبه شده است. بر اساس ضریب به دست آمده برابر ۰,۷۴۰، بالاتر از ۰/۷ نشان می‌دهد پرسشنامه از نظر پایایی در سطح مناسب برخوردار است. اطلاعات به دست آمده از نظرسنجی‌ها در قالب آمارهای توصیفی و استنباطی (آزمون‌های spss) و نقشه‌های نرم‌افزار ARCGIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. به منظور شناخت محدوده‌های ایمن و آسیب‌پذیر در شهر بابل وضعیت شاخص‌هایی چون مصالح ابنیه، کیفیت ابنیه، قدمت ابنیه، ارتفاع ساختمان، تراکم ساختمانی، عرض معبر، درجه محصوریت، مساحت قطعات، سطح اشغال، شیب زمین و فاصله از گسل در سطح شهر مورد بررسی قرار می‌گیرد و همچنین از طریق بررسی شش شاخص طبیعی، ابنیه، دسترسی به مراکز خدماتی و امدادی، دسترسی به امکانات شهری، کاربری ناسازگار و عوامل اجتماعی، بهینه‌ترین مکان جهت اسکان مردم و خدمات‌رسانی به آن‌ها تعیین می‌شود.

بحث و یافته‌ها

بعد از ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی در محدوده مورد مطالعه این نتایج حاصل شد که از ۱۰۷۷۰ واحد ساختمان شهر بابل تعداد ۱۰۴۵ واحد معادل ۱۰ درصد ساختمان‌ها از آسیب‌پذیری خیلی کمی برخوردارند، ۲۶۰۵ ساختمان یعنی حدود ۲۴ درصد ساختمان‌ها آسیب‌پذیری کم، ۲۸۵۲ ساختمان معادل ۲۷ درصد آسیب‌پذیری متوسط، ۳۰۵۹ واحد معادل ۲۸ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۱۲۰۹ واحد یعنی حدود ۱۱ درصد ساختمان‌ها از آسیب‌پذیری خیلی زیادی برخوردارند. با توجه به اینکه نزدیک به ۷۰ درصد ساختمان‌های بابل از آسیب‌پذیری متوسط به بالایی برخوردارند.

****** لذا بابل شهری آسیب‌پذیر در برابر زلزله بوده که باید اقداماتی جدی در زمینه مقاوم‌سازی سازه‌ها، مدیریت بحران، امداد و نجات و به‌کارگیری راهکارهای شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری برای ایجاد آمادگی در مقابل زلزله در این شهر صورت پذیرد. همچنین در رابطه با شاخص مصالح ابنیه از معیارهای: آجر و چوب، بتن و بلوک و آهن، استفاده شده است. در جدول ۳، درجه آسیب‌پذیری هر یک از انواع مصالح ارائه شده است. بر اساس اطلاعات به دست آمده توسط گروه پژوهش در برداشت میدانی، مصالح غالب مورد استفاده در ابنیه بافت مرکزی (محدوده بافت فرسوده)، آجر و چوب است و در بافت‌های میانی نیز مصالح غالب اسکلت فلزی است. در مجموع ۷۴ درصد از بناهای واقع در محدوده بافت فرسوده شهر از آجر، بلوک و آهن ساخته شده‌اند. برای شاخص کیفیت ابنیه معیارهای نوساز (کمتر از ده سال)، قابل نگهداری (۱۰ تا ۳۰ سال) و تخریبی (بیش از ۳۰ سال) (آقامیری، ۱۳۸۶)، انتخاب و اطلاعات به دست آمده در (نقشه ۱-۴ و ۲-۴) به نمایش گذاشته شده است.

*** کیفیت بنا** از ساختمان‌های موجود در شهر ۸/۸۳٪ نوساز، ۶۴/۸۴٪ متوسط، ۲۳٪ کهنه، ۰/۶۴٪ تخریبی، ۲/۶۱٪ در حال ساخت و بقیه ۰/۰۸٪ مختلط بوده است.

*** نوع مصالح:** از ساختمان‌های موجود در شهر حدود ۴۲/۲۸٪ ساختمان‌ها از آجر و آهن، ۱۵/۹۵٪ بتن، ۴۱٪ آجر و چوب، ۰/۳۹٪ خشت و چوب و ۰/۰۲٪ سنگ و آهن و ۰/۰۹٪ مختلط است.

*** تعداد طبقات:** ساختمان‌های یک طبقه ۶۲/۴۴ درصد، ۱/۵ طبقه ۱/۲۲ درصد، دو طبقه ۳۰/۱۲ درصد، ۲/۵ طبقه ۰/۰۴ درصد، ۳ طبقه ۴/۲۶ درصد، چهار طبقه ۱/۴۵ درصد و پنج طبقه ۰/۴۷ درصد است.

با توجه به برداشت‌های صورت گرفته، بخش اعظمی از بافت شهر (بیش از ۶۵ درصد) در محدوده بناهایی با کیفیت قابل نگهداری و تا حدودی تخریبی قرار گرفته‌اند. همچنین در رابطه با شاخص مصالح ابنیه از معیارهای: آجر و چوب، بتن و بلوک و آهن، استفاده شده است. در جدول ۳، درجه آسیب‌پذیری هر یک از انواع مصالح ارائه شده است.

بر اساس اطلاعات به دست آمده توسط گروه پژوهش در برداشت میدانی، مصالح غالب مورد استفاده در ابنیه بافت مرکزی (محدوده بافت فرسوده)، آجر و چوب است و در بافته‌ای میانی نیز مصالح غالب اسکلت فلزی است. در مجموع ۷۴ درصد از بناهای واقع در محدوده بافت فرسوده شهر از آجر، بلوک و آهن ساخته شده‌اند.

مسکن امروزه نه تنها به عنوان یکسر پناه، بلکه به عنوان هویت، امنیت و منبع سرمایه در بین ساکنان یک شهر مطرح است. این شاخص نقش تعیین کننده‌ای در شکل‌گیری شهرها داشته است. رشد مسکن در شهر بابل طی دهه ۶۵-۷۵ کمتر از رشد خانوار بوده ولی از سال ۱۳۸۵ بر روند رشد مسکن اضافه شده است تا حدی که در حال حاضر تعداد واحد مسکونی بر اثر افزایش ساخت‌وسازها بیشتر از تعداد خانوار شده است. علت این امر را می‌توان تا حدودی به افزایش بی‌رویه جمعیت و مهاجرت به این شهر و تقاضا برای مسکن و به دنبال آن، افزایش گروه‌های سساخت‌وساز و یا به اصطلاح بساز و بفروش‌ها به علت سود دهی زیاد این بخش دانست. (جان بابا نژاد، ۱۳۸۷: ۷). نمایانگر این است نزدیک به ۷۰ درصد ساختمان‌های شهر بابل از آسیب‌پذیری لرزه‌ای بالایی برخوردارند. با بررسی دقیق نقشه آسیب‌پذیری می‌توان به این نتیجه رسید اکثر ساختمان‌های در محدوده جنوب شهر بابل (محدوده‌های حوالی پل محمدحسن خان، میدان امام حسین، تقاطع غدیر و میدان انتفاضه) از آسیب‌پذیری بالاتری نسبت به سایر نقاط شهر برخوردارند. با بررسی دقیق‌تر نقشه‌ها و مطالعات میدانی می‌توان به این نتیجه رسید که آسیب‌پذیری بالاتر ساختمان‌های محدوده جنوبی بابل هم به دلیل نزدیکی نسبی بیشتر به گسل‌های منطقه و هم به خاطر قدمت بالاتر ساختمان‌ها (متوسط ۳۰ سال) در این محدوده از شهر است. از طرفی بالا بودن درجه محصوریت در این محدوده از شهر نسبت به سایر ساختمان‌های شهر خود مدرکی دال بر بی‌توجهی شهرداری به ساخت‌وساز در این محدوده شهری است که خود از دیگر دلایل افزایش آسیب‌پذیری این محدوده است. لازم به ذکر است که در اکثر شهرهای استان مازندران از جمله بابل به علت قیمت بالای زمین و تراکم جمعیتی زیاد، درجه محصوریت و تراکم ساختمانی بالاست که نتیجه آن بالا رفتن درجه آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در برابر زلزله می‌شود. همچنین سطح اشغال بالاتر از سطح اشغال استاندارد (۶۰ درصد) ساختمان‌های بابل به‌ویژه در محدوده جنوبی از دیگر دلایل آسیب‌پذیری بالای ساختمان‌ها در برابر زلزله است. در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل در برابر زلزله باید تمام جنبه‌های کالبدی و انسانی را در نظر بگیرد و بهترین نقاط را از قبل انتخاب کرد تا زمان وقوع زلزله و بعد آن بهترین نقاط جهت اسکان زلزله زده را انتخاب نمود تا کمترین خطر و مشکل جانی و مالی مردم را داشته باشد و سریعترین و بهترین مکان جهت اسکان مردم و خدمات‌رسانی به آن‌ها باشد. بر اساس داده‌های مکانی ارائه شده می‌توان گفت نزدیک به ۷۰ درصد ساختمان‌های شهر بابل از آسیب‌پذیری لرزه‌ای بالایی برخوردارند. اکثر ساختمان‌ها در محدوده جنوب شهر بابل (محدوده‌های حوالی میدان امام حسین و میدان انتفاضه) به دلیل نزدیکی بیشتر به گسل‌های منطقه، قدمت بالاتر ساختمان‌ها (متوسط ۳۰ سال) و بالا بودن درجه محصوریت از آسیب‌پذیری بالاتری نسبت به سایر نقاط شهر برخوردارند. لازم به ذکر است که بالا بودن درجه محصوریت در محدوده جنوبی شهر بابل به دلیل قیمت بالای زمین، تراکم جمعیتی و ساختمانی بالا و همچنین سطح اشغال بالاتر از سطح اشغال استاندارد (۶۰ درصد) است که منجر به افزایش آسیب‌پذیری ساختمان‌های این محدوده در برابر زلزله می‌باشد.

شاخص‌ها و معیارهای اثرگذار در مکان‌یابی نقاط امن در مقابله با زلزله شهر بابل، در قالب شش شاخص طبیعی، ابنیه، دسترسی به مراکز خدماتی و امدادی، دسترسی به امکانات شهری، کاربری ناسازگار و عوامل اجتماعی و از طریق آزمون نا پارامتری کای اسکور مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱: بررسی شاخص‌ها و معیارهای اثرگذار در مکان‌یابی نقاط امن در مقابله با زلزله شهر بابل

میزان کای اسکور	درجه آزادی	میانگین	گویه‌ها	سطح معناداری
۰/۰۰۱	۴	۳/۸۱	تأثیر فاصله مناسب از گسل در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	طبیعی
۰/۰۰۰	۳	۳/۱۸	تأثیر فاصله مناسب از رودخانه در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۱	۴	۳/۱۵	نقش ارتفاع در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۱	۳	۳	تأثیر شیب زمین در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۰	۴	۲/۷۸	تأثیر نوع و جنس زمین در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۰	۴	۳/۸	تأثیر تراکم ساخت منطقه در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	ابنیه
۰/۰۰۰	۳	۳/۷	تأثیر کیفیت ابنیه در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۰	۴	۲/۸۳	تأثیر ایمنی ابنیه (عمر بنا) در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۰	۳	۳/۸۶	تأثیر وجود بنا با تمهیدات مناسب بهره‌برداری در مکان‌یابی نقاط امن شهری	
۰/۰۰۰	۴	۳/۶	تأثیر نوع مصالح در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۰	۴	۲/۶۸	تأثیر نوع سازه‌های بتنی یا فلزی در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	دسترسی به مراکز خدماتی و امدادی
۰/۰۰۰	۳	۲/۷۷	میزان فاصله مناسب از مرکز درمانی (بیمارستان به متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۵	میزان فاصله مناسب از مرکز آتش‌نشانی (به متر)	
۰/۰۰۰	۳	۳/۳	میزان فاصله مناسب از مرکز نظامی و انتظامی - امنیتی (به متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۸	میزان فاصله مناسب از مرکز تأمین آب (به متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۷	میزان فاصله و تعداد سرویس بهداشتی درون و بیرون سایت (به متر)	دسترسی
۰/۰۰۰	۴	۳/۵	میزان فاصله مناسب از مراکز تأمین و توزیع مواد غذایی	
۰/۰۰۰	۴	۳/۹	میزان فاصله از شبکه‌های ارتباطی در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۸	میزان فاصله از پارک و فضاهای باز در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۷	میزان فاصله از مراکز فضاهای آموزشی در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۹۱	میزان فاصله از مراکز ترمینال‌ها و میدان‌ها در مکان‌یابی نقاط امن	کاربری ناسازگار
۰/۰۰۰	۳	۳/۷۸	دسترسی به شریان اصلی در مکان‌یابی نقاط امن شهر (متر)	
۰/۰۰۰	۳	۳/۵۳	عرض شریان‌های منطقه به شریان اصلی در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۷۲	میزان فاصله از شریان‌های منطقه به شریان اصلی در مکان‌یابی نقاط امن	
۰/۰۰۰	۳	۳/۴	میزان فاصله از سایت نظامی و انتظامی امنیتی در مکان‌یابی نقاط امن	
۰/۰۰۰	۳	۳/۵	میزان فاصله از شبکه برق (فشارقوی) در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	اجتماعی
۰/۰۰۰	۴	۳/۲۵	میزان فاصله از شبکه گاز (فشارقوی) در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۶۵	میزان فاصله از بمب‌باز در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	
۰/۰۰۰	۳	۳/۷۰	میزان فاصله از ایستگاه گاز در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	
۰/۰۰۰	۳	۳/۶۵	میزان فاصله از نواحی ناامن اجتماعی در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	
۰/۰۰۰	۴	۳/۲۵	میزان فاصله از بافت قدیم در مکان‌یابی نقاط امن (متر)	اجتماعی
۰/۰۰۰	۳	۲	نقش تراکم جمعیت در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۰	۴	۳/۱۵	توزیع جنسی جمعیت در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	
۰/۰۰۰	۳	۳	میزان آموزش و سواد جامعه در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل	

با توجه به مقدار کای اسکوئر و درجه آزادی مناسب شاخص‌های مختلف و سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ که در جدول شماره ۱ قابل مشاهده است، همه شاخص‌ها دارای سطح معنی‌داری ۰/۰۰۰ و درجه آزادی (۳ و ۴) مناسب می‌باشند، بنابراین بافاصله اطمینان ۰/۹۹، اثرگذاری شاخص‌ها شش‌گانه در مکان‌یابی نقاط امن در مقابله با زلزله شهر بابل تأیید می‌گردد. البته قابل‌ذکر است با توجه به میانگین به‌دست‌آمده از گویه‌های تحقیق بر اساس طیف لیکرت، تأثیر گویه‌هایی چون نوع و جنس زمین، نوع سازه‌های بتنی یا فلزی، میزان فاصله مناسب از مرکز درمانی و نقش تراکم جمعیت در مکان‌یابی نقاط امن در مقابله با زلزله شهر بابل در حد نسبتاً ضعیف ارزیابی شده و سایر گویه‌ها دارای اهمیت و اثرگذاری در حد متوسط می‌باشند. در میان گویه‌های موردبررسی، تأثیر فاصله مناسب از گسل، تراکم ساخت منطقه، وجود بنا با تمهیدات مناسب بهره‌برداری، فاصله مناسب از مرکز تأمین آب، فاصله از شبکه‌های ارتباطی، فاصله از پارک و فضاهای باز، فاصله از مراکز ترمینال‌ها و میدان‌ها دارای بیشترین تأثیر در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل دارند. در بین شاخص‌های موردبررسی، شاخص دسترسی با میانگین ۳,۷۱ دارای بیشترین تأثیر و شاخص اجتماعی با میانگین ۲,۷۱ دارای کمترین تأثیر در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل است. از میان شاخص‌های دسترسی، میدان‌ها و ترمینال‌ها با میانگین ۳,۹۱ بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی نقاط امن داشته که با توجه به ارتباط آن‌ها با سایر شاخص‌های دسترسی و همچنین توزیع فضایی در سطح شهر بابل به‌گونه‌ای که کل شهر در زمان مخاطره قابل خدمات‌رسانی باشد، بهینه‌ترین مکان جهت اسکان مردم و خدمات‌رسانی تعیین می‌شود.

جدول ۲: بررسی شاخص‌های اثرگذار در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل

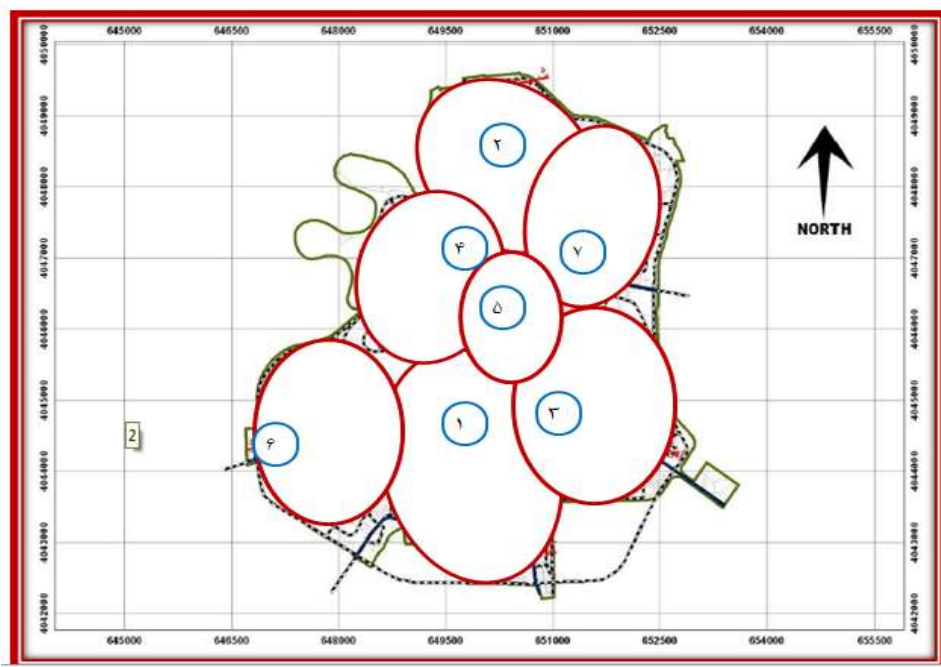
رتبه	سطح معناداری	میزان کای اسکوئر	میانگین	شاخص‌ها
۵	۰/۰۰۰	۴۹,۰۸	۳,۱۸	طبیعی
۴	۰/۰۰۰	۶۶,۳۲	۳,۴۱	ابنیه
۳	۰/۰۰۰	۵۷,۴۵	۳,۴۲	دسترسی به مراکز خدماتی و امدادی
۱	۰/۰۰۰	۶۶,۱۵	۳,۷۱	دسترسی
۲	۰/۰۰۰	۵۶,۲۳	۳/۵	کاربری ناسازگار
۶	۰/۰۰۰	۴۳,۷۸	۲,۷۱	اجتماعی

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

در شهر بابل تعداد ۱۳ پارک وجود دارد که مساحت کل پارک‌ها بالغ بر ۱۷۸۱۸۵ مترمربع می‌باشد که سرانه پارک در شهر بابل با احتساب جمعیت ۲۵۰۲۱۲ نفری، در حدود ۰/۷۱ مترمربع است که در مقایسه با سرانه‌های متعارف شهری اندک است. در خصوص میدان‌ها در سطح شهر بابل مجموعاً ۲۱ میدان با مساحت ۳۵۰۳۹ مترمربع موجود می‌باشد.

جدول ۳: بهینه‌ترین مکان‌یابی نقاط امن در برابر زلزله در شهر بابل؛

اولویت‌ها	علت انتخاب
۱ میدان ولایت یا هلال احمر	قرارگیری ۵ مدرسه در مجاورت بافاصله اندک با فضای باز، پارک شهرداری و پارک شهید شگری و پارک بانوان و استادیوم ورزشی هفت‌تیر، نزدیک بودن به دانشگاه علوم پزشکی و ترمینال جنوب، دسترسی مناسب با شبکه اصلی برون‌شهری
۲ میدان بسیج	مجاورت با پارک‌های شادی، رانندگان، مزرعه گل و گیاه و نوشیروانی، قرارگیری دو میدان بافاصله اندک، نزدیکی به زمین‌های آزاد کمربندی، فاصله مناسب با ۳ مدرسه، ترمینال، نزدیک بودن به دانشگاه نوشیروانی
۳ میدان کشوری	قرارگیری در مرکز شهر و مدخل ورودی شرقی، اتصال به کمربندی شرقی، قرارگیری در کنار دانشگاه علوم پزشکی، علوم و فنون، دانشگاه پیام نور و نزدیکی به ترمینال شرقی و شبکه ارتباطی قوی به قائم‌شهر.
۴ میدان اوقاف	قرارگیری در فضای پارک شکوفه و نزدیکی به میدان باغ فردوس و ۳ مدرسه
۵ میدان ۱۷ شهریور	قرارگیری در مرکز بافت فرسوده، در مجاورت با حوزه علمیه (با حیاط وسیع)
۶ میدان موزیج و ترمینال	قرارگیری در مکان پرتراکم و فرسوده شهری، دارای پارک بزرگ امام علی (ع) و نزدیکی به زمین باز اطراف و ورودی اصلی شهر
۷ میدان شهید بزاز	قرارگیری در جاده کمربندی شرقی و قرارگیری بافاصله اندک با زمین ورزشی دانشگاه فرهنگیان و دانشگاه راه و دانش و میدان آرامستان معتمدی



شکل ۲: مکان‌یابی نقاط امن شهری در مقابله با زلزله در شهر بابل با حوزه نفوذ انتقال جمعیت در زمینه ایمنی مکان‌های امن در شهر بابل، تأثیر پنج شاخص ساخت شهر، شکل و فرم، بافت شهر، کاربری اراضی شهر و اثر مکان‌ها در کاهش خسارت‌های زلزله در قالب ۳۳ گویه مورد آزمون قرار گرفت.

جدول ۴: تأثیر شاخص‌ها و معیارهای برنامه‌ریزی شهری بر میزان ایمنی مکان‌ها در مقابله با زلزله شهر بابل

سطح معناداری	میزان کای اسکور	درجه آزادی	میانگین	گویه‌ها	
۰/۰۰۰	۵۶/۲	۴	۳/۲۵	تأثیر شبکه اصلی دسترسی شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	ساخت شهر
۰/۰۰۱	۲۴/۶	۳	۲	تأثیر شبکه دسترسی و نظم شبکه ارتباطی در تعیین ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۵۸/۶	۴	۳/۱۵	تأثیر تراکم خیابان‌ها و شبکه ارتباطی شهر در تعیین ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۴۸/۶	۳	۳	تأثیر حمل‌ونقل مناسب در تعیین ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۵۷/۹	۴	۲/۷۸	تأثیر دسترسی و حمل‌ونقل برون‌شهری در تعیین ایمنی شهر	شکل و فرم
۰/۰۰۰	۶۹/۸	۴	۳/۸	تأثیر حمل‌ونقل مناسب در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۶۸/۱	۳	۳/۷	تأثیر ریخت‌شناسی و دانه‌بندی شهر در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۴۰/۷	۴	۲/۸۳	تأثیر ارتفاع شهری و تعداد طبقات ساختمان‌ها در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۷۰/۵	۳	۳/۸۶	تأثیر تراکم ساختمان‌های شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	بافت شهر
۰/۰۰۰	۶۶/۵	۴	۳/۶	تأثیر مساحت فضاهای شهری و نحوه پراکندگی در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۸۲/۳	۴	۲/۶۸	تأثیر تراکم نواحی شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۳۱/۵	۳	۲/۷۷	تأثیر تراکم شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۶۱/۹	۴	۳/۵	تراکم ساختمان‌های شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	کاربری اراضی شهر
۰/۰۰۰	۵۱/۶	۳	۳/۳	تأثیر تراکم خالص مسکونی مناطق شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۶۹/۸	۴	۳/۸	تأثیر بافت شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۱	۶۸/۱	۴	۳/۷	تأثیر کاربری اراضی و ارزیابی در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۶۱/۹	۴	۳/۵	تأثیر اختلاف کاربری اراضی شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	اثر مکان‌ها در کاهش خسارت‌های زلزله
۰/۰۰۰	۷۲/۵	۴	۳/۹	تأثیر وضعیت کاربری‌ها به لحاظ کمی و کیفی در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۶۹/۸	۴	۳/۸	تأثیر توزیع فضایی کاربری‌ها در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۶۸/۱	۴	۳/۷	تأثیر توزیع پراکنش فضایی کاربری خدمات عمومی در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۷۲/۵	۴	۳/۹	تأثیر وضعیت کاربری اراضی شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	اثر مکان‌ها در کاهش خسارت‌های زلزله
۰/۰۰۰	۶۸/۵	۳	۳/۷۸	تأثیر سطوح سرانه کاربری‌ها شهری در تعیین میزان ایمنی شهر	
۰/۰۰۰	۵۹	۳	۳/۵۳	تأثیر شبکه معابر و دسترسی‌ها و حمل‌ونقل برون‌شهری در کاهش خسارات زلزله شهر	
۰/۰۰۰	۶۱/۳	۴	۳/۷۲	تأثیر فضاهای باز و ارتباطی با نقاط امن شهری در کاهش خسارات زلزله شهر	
۰/۰۰۰	۵۷/۵	۳	۳/۴	تأثیر سرانه کاربری‌ها شهری در کاهش خسارات زلزله شهر	اثر مکان‌ها در کاهش خسارت‌های زلزله
۰/۰۰۰	۵۸/۹	۳	۳/۵	تأثیر دسترسی به خدمات شهری در کاهش خسارات زلزله شهر	
۰/۰۰۰	۵۵/۴	۴	۳/۲۵	تأثیر تناسب وسعت فضاهای امن شهری در کاهش خسارات زلزله شهر	
۰/۰۰۰	۶۰/۲	۴	۲/۶۵	تأثیر دوری و فاصله از رودخانه و کسل در کاهش خسارات زلزله شهر	
۰/۰۰۰	۵۴/۱	۳	۳/۷۰	اهمیت فضاهای باز شهری در کاهش خسارات زلزله شهر	اثر مکان‌ها در کاهش خسارت‌های زلزله
۰/۰۰۰	۵۲/۷	۳	۳/۶۵	تأثیر وضعیت فیزیکی و کالبدی ابنیه در کاهش خسارات زلزله شهر	
۰/۰۰۰	۸۹/۸	۴	۴/۳	تأثیر مکان‌های امن عمومی در کاهش خسارات زلزله شهر	
۰/۰۰۰	۸۲/۲	۳	۴/۰۸	تأثیر مکان‌های امن خصوصی در کاهش خسارات زلزله شهر	

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

همان‌گونه که بر اساس آزمون کای اسکور مشاهده می‌گردد، وضعیت ایمنی مکان‌ها در شهر بابل در گویه‌هایی چون نظم شبکه ارتباطی، ارتفاع شهری و تعداد طبقات ساختمان‌ها و تراکم نواحی شهری از شرایط ضعیف‌تری برخوردار می‌باشند و در گویه‌هایی چون تأثیر مکان‌های امن عمومی و خصوصی در کاهش خسارات زلزله، وضعیت کاربری اراضی و توزیع فضایی کاربری‌ها، تأثیر بافت شهری و تراکم ساختمان‌ها و حمل‌ونقل مناسب دارای وضعیت نسبتاً مطلوب‌تری

می‌باشند. وضعیت ایمنی مکان‌های امن شهر بابل در برابر مخاطرات از بعد کاربری اراضی شهری دارای شرایط مطلوب‌تر و از بعد ساخت شهر دارای وضعیت آسیب‌پذیرتری است.

جدول ۵: بررسی شاخص‌های برنامه‌ریزی شهری بر میزان ایمنی مکان‌ها امن در شهر بابل

رتبه	سطح معناداری	میزان کای اسکور	میانگین	شاخص‌ها
۵	۰/۰۰۰	۴۹,۱۸	۲,۸۳	ساخت شهر
۳	۰/۰۰۰	۶۲,۲۷	۳,۵۴	شکل و فرم
۴	۰/۰۰۰	۶۰,۶	۳,۲۷	بافت شهر
۱	۰/۰۰۰	۶۸,۷۷	۳,۷۵	کاربری اراضی شهری
۲	۰/۰۰۰	۶۳,۱۱	۳,۶۷	اثر مکان‌ها در کاهش خسارت‌های زلزله

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

نتیجه‌گیری

در جمع‌بندی از پژوهش می‌توان اشاره نمود که شهر بابل به دلیل قرارگیری چندین گسل فعال در اطراف، درخطر زلزله‌خیزی قرار دارد و نیازمند اقدام اساسی برای کاهش خسارات ناشی از زلزله است. به عبارتی به دلیل وجود گسل‌های متعدد در این منطقه و وجود مناطق کم‌دوام و بافت فرسوده شهری که بیشتر در پهنه‌های با خطر زیاد و متوسط قرار دارد نیازمند اقدام و توجه اساسی در این زمینه می‌باشد. بر اساس ۱۱ معیار کالبدی جهت شناخت درجه آسیب‌پذیری شهر، محدوده جنوب شهر بابل به دلیل نزدیکی بیشتر به گسل‌های منطقه، قدمت بالاتر ساختمان‌ها (متوسط ۳۰ سال)، بالا بودن درجه محصوریت و بالا بودن سطح اشغال، از آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به سایر نقاط شهری برخوردار است. بر اساس نتیجه آزمون کای اسکور در قالب نظرسنجی از شهروندان در زمینه شاخص‌ها و معیارهای اثرگذار در مکان‌یابی نقاط امن برای مقابله با زلزله در شهر بابل، شاخص دسترسی (با گویه‌های میزان فاصله از شبکه‌های ارتباطی، پارک و فضاهای باز، مراکز آموزشی، انتظامی و ترمینال‌ها و میدان‌ها) با میانگین ۳,۷۱ دارای بیشترین تأثیر در مکان‌یابی نقاط امن شهر بابل بوده است. از میان شاخص‌های دسترسی، میدان‌ها و ترمینال‌ها با میانگین ۳,۹۱ بیشترین تأثیر را در مکان‌یابی نقاط امن داشته که با توجه به توزیع فضایی در سطح شهر بابل و ارتباط آن‌ها با سایر شاخص‌های دسترسی، بهینه‌ترین مکان امن جهت اسکان مردم و خدمات‌رسانی تعیین گردید. با همپوشانی اطلاعات مکانی مربوط به گویه‌های دسترسی، هفت میدان شهر بابل (۱- میدان ولایت یا هلال‌احمر ۲- میدان بسیج ۳- میدان کشوری ۴- میدان اوقاف ۵- میدان ۱۷ شهریور ۶- میدان موزیرج و ترمینال ۷- میدان شهید بزاز) به‌عنوان نقاط امن شهری در مقابله با زلزله در شهر بابل تعیین شده است که بهینه‌ترین مکان جهت اسکان مردم و خدمات‌رسانی به آن‌ها می‌باشد. در زمینه ایمنی مکان‌های امن در شهر بابل، تأثیر پنج شاخص ساخت شهر، شکل و فرم، بافت شهر، کاربری اراضی شهر و اثر مکان‌ها در کاهش خسارت‌های زلزله موردسنجش قرار گرفت که بر اساس نظرسنجی و

نتایج آزمون کای اسکوئر، وضعیت ایمنی مکان‌های امن شهر بابل در برابر مخاطرات از بعد کاربری اراضی شهری دارای شرایط مطلوب‌تر و از بعد ساخت شهر دارای وضعیت آسیب‌پذیرتری است. حال با توجه به مطالعه و شناخت به‌دست‌آمده از منطقه مورد مطالعه برای مواجهه با مسئله مورد نظر باید موارد زیر را مدنظر قرارداد: نخست باید در اجرای طرح‌های توسعه شهری از تمام ظرفیت‌ها برای شناخت دقیق‌تر مسئله جهت به حداقل رساندن خسارات ناشی از زلزله بهره گرفت. دوم آنکه بدون دید همه‌جانبه و در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف مسائل مخاطرات طبیعی، هرگز نمی‌توان موفق به غلبه بر مسائل پیچیده امروز شهرهای جلگه‌ای که در معرض مخاطراتی چون سیل و زلزله هستند، شد. لذا الزامی است که تمام خطرات احتمالی شهر بابل با همدیگر دیده شود تا دید همه‌جانبه‌ای از محدوده‌های ایمن در هنگام وقوع سوانح طبیعی چون زلزله به وجود آید. میزان آمادگی و برنامه‌ریزی پیش از وقوع زلزله در یک شهر تا حدودی تعیین‌کننده درجه بحران پس از حادثه خواهد بود. در نظر داشتن رویکردی جهت کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شهر بر اساس ارزیابی‌های صحیح، موجبات بازگشت سریع جامعه به شرایط عادی را فراهم می‌آورد. برای تحقق چنین رویکردی، برنامه‌ریزی پیش از وقوع بحران و حادثه در مناطق مستعد شهری مهم خواهد بود. در راستای پیگیری از بحران و کاهش آسیب‌پذیری در محلات شهری بابل رعایت معیارهای فنی و مهندسی در اجرای ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها و بهسازی لرزه‌های آن‌ها به‌ویژه در مناطق پرخطر و بافت فرسوده شهر، آگاهی بخشی به شهروندان از سوی سازمان‌های دولتی و غیردولتی در رابطه با رعایت اصول ایمنی در حوادث و شناخت محدوده‌های ایمن، تقویت شبکه دسترسی و ساماندهی شبکه ارتباطی و توجه به ارتفاع شهری و تعداد طبقات ساختمان‌ها متناسب با شبکه معابر و زیرساخت‌های شهری، توصیه و پیشنهاد می‌شود.

- تعریض معابر کم عرض و اجرای عقب‌کشی‌ها، بخصوص در محلات قدیمی و همچنین محلات اسکان غیررسمی؛
- تدوین قوانین و مقررات مناسب با استانداردهای لرزه‌ای و اعمال نظارت دقیق از سوی متولیان امر برای حصول اطمینان از رعایت آیین‌نامه‌های لرزه‌ای در احداث ساختمان‌های جدیدالاحداث؛
- ایمن‌سازی سازه‌ها و تأسیسات شهری و ممنوعیت و یا محدودسازی ساخت‌وساز در حریم اول گسل‌های شهر بابل و عرصه‌هایی با ایمن‌سازی و مقاوم‌سازی بناها و ساختمان‌ها در مقابل هر حادثه و تهدیدات طبیعی و غیرطبیعی با رعایت اصول پدافند غیرعامل؛
- مطالعه در خصوص ریز پهنه‌بندی لرزه‌خیزی شهر بابل؛
- پژوهش در خصوص ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های احداث‌شده در برابر زلزله؛
- مطالعه در زمینه توسعه و گسترش فضاهای باز و فضاهای سبز در سطح شهر بابل.

منابع

- ۱- ابراهیم‌زاده، عیسی، کاشفی، دیمنو حسینی، سید احمد. (۱۳۹۴). ارزیابی آسیب‌پذیری محله‌های شهری در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر بیرانشهر). برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۵، شماره ۱، ۱-۲۶.

- ۲- احمدی، قادر، پور حسن‌زاده، محمدحسین و سلیمان نژاد، امیر (۱۳۹۹). تحلیلی بر تاب‌آوری اجتماعات شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: اردبیل، تبریز و ارومیه)، فصل‌نامه آمایش محیط، شماره ۴۹، ۱۰۹-۱۳۳.
- ۳- الفتی، امین، رحیمی، محمود و روانشاد نیا، مهدی. (۱۳۹۹). شناسایی و ارزیابی محدوده‌های ایمن شهری در بحران زلزله به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی منطقه ۲ شهر خرم‌آباد). فصلنامه علمی و پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، دوره ۱۲، شماره ۳، ۶۷۸-۶۹۵.
- ۴- حاتمی نژاد، حسین؛ ابدالی، یعقوب؛ هلال قلی پور؛ سارا (۱۳۹۶) سنجش آسیب‌پذیری سازه‌های بافت فرسوده شهری در برابر مخاطرات، با رویکرد پدافند غیرعامل مطالعه موردی: بافت فرسوده مرکزی کلان‌شهر اهواز، فصلنامه مطالعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۶، شماره ۱۰۴، ۱۷۲-۱۵۹.
- ۵- دانایی نیا، احمد و زاغیان، محمدعلی. (۱۳۹۷). مکان‌یابی اسکان موقت زلزله‌زدگان در بافت تاریخی؛ مبانی و راهبردها مطالعه موردی: محل محتشم کاشان. برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۸، شماره ۴، ۲۷-۴۶.
- ۶- رجایی، سید عباس و خراسانی، محمدامین، (۱۳۹۴)، شناخت و تحلیل موانع پیش روی سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در پروژه‌های عمرانی شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۰ شهرداری تهران)، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۳، شماره ۲، تهران، ۲۱۰-۱۹۱.
- ۷- رحمانی، اسماعیل، نمازی، عبدالرشید و پیرو زاده، سلیمان. (۱۳۹۷). ارزیابی آسیب‌پذیری کالبد شهر در برابر زلزله با استفاده از تحلیل شبکه فازی FANP، مطالعه موردی: شهر راسک، فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، دهر ۱۰، شماره ۳۸، ۱۴۵-۱۶۷.
- ۸- رنگرن، کاظم، کابلی زاده، مصطفی، کریمی، دانیال و منصور نعیمی، ابراهیم. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی خطرپذیری زلزله و مکان‌یابی مناطق امن در زمان مخاطرات طبیعی با استفاده الگوریتم‌های هوش مصنوعی و GIS (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری کلان‌شهر اهواز). جغرافیا و برنامه‌ریزی ۹ محیطی، دوره ۳، شماره ۳۷، ۴۹-۶۶.
- ۱۰- سالنامه آماری استان مازندران (۱۳۹۴)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، وزارت کشور.
- ۱۱- سرشماری نفوس و مسکن، (۱۳۳۵-۱۳۹۵)، مرکز آمار ایران.
- ۱۲- علی‌اکبری، اسماعیل، طالشی، مصطفی، کرمی، محمدرضا و ملکی، کیومرث. (۱۴۰۰). رویکرد عدم قطعیت در ارزیابی آسیب‌پذیری از زلزله در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه مورد کلان‌شهر کرمانشاه. فصل‌نامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، دوره ۱۱، شماره ۳، ۱۵۳-۱۷۴.
- ۱۳- فرقانی، محمدعلی، دربندی، سمانه (۱۳۹۴) ارزیابی عوامل مؤثر در انتخاب مکان‌های اسکان موقت پس از زلزله با استفاده از GIS و تکنیک AHP (مطالعه موردی: منطقه ۴ کرمان)، نشریه امداد و نجات، دوره ۷، شماره ۲، ۵۴-۸۰.
- ۱۴- کامل باسمنج بتول، میر جعفری بابک، علوی سید علی (۱۳۹۱). ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه یک شهر تبریز با استفاده از مدل تحلیل چندمعیاره فضایی. برنامه‌ریزی و آمایش فضا؛ دوره ۱۶، شماره ۲، ۱۴۰-۱۲۲.
- ۱۵- کیخسروی، قاسم، لشکری، حسن، بقایی، مجتبی و نهالدانی، مهدی. (۱۳۹۵). مکان‌یابی صنایع کارخانه‌ای با روش (AHP) و مدل منطق فازی در شهرستان سبزوار. فصلنامه علمی و پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، دوره ۸، شماره ۲، ۱۲۵-۱۴۷.
- ۱۶- گیوه چی، سعید و عطار، محمدامین. (۱۳۹۱). کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در مکان‌یابی اسکان موقت پس از زلزله - مطالعه موردی: منطقه ۶ شیراز، دو فصل‌نامه علمی پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۲،
- ۱۷- نوجوان، مهدی امیدوار، بابک، برادران، محمد، (۱۳۹۲)، مکان‌یابی اسکان موقت با استفاده از GIS مطالعه موردی منطقه یک شهرداری تهران، نشریه مدیریت شهری، دوره ۱۱، شماره ۲۱، ۲۰۵-۲۲۱.

- 19- Brooke, S. (2017). Location, Location, Location: An Analysis Of Safe Haven Siting In New York City, Partial Fulfillment Of The Requirement For The Degree Of Master Of Arts In Department Of Urban And Environmental Policy And Planning, Tufts University.
- 20- Bessason, Bjarni, Bjarnason, Jón Örvar (2016). Seismic Vulnerability Of Low-Rise Residential Buildings Based On Damage Data From Three Earthquakes (Mw6.5, 6.5 And 6.3), Engineering Structures, Volume 111, Pp 64–79.
- 21- PROAG, Virendra (2014). The Concept Of Vulnerability And Resilience, 4th International Conference On Building Resilience, Incorporating The 3rd Annual Conference Of The ANDROID Disaster Resilience Network, 8th – 11th September 2014, Salford Quays, United Kingdom
- 22- Tait, P. Vallance, S. Rutherford, P. (2016). Expanding The Conversational Terrain: Using A Choice Experiment To Assess Community Preferences For Post-Disaster Redevelopment Options. Land Use Policy. 55: 275–284
- 23- Unal, M And Uslu, C, (2016). GIS-Based Accessibility Analysis Of Urban Emergency Shelters: The Case Of Adana City, International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W1, 2016 3rd International Geoadvances Workshop, 16–17 October 2016, Istanbul, Turkey.
- 24- Yumarnia, Tri, Amaratungab, Dilanthi, Haigh, Richard (2014). Assessing Gender Vulnerability Within Post-Earthquake Reconstruction: Case Study From Indonesia, 4th International Conference On Building Resilience, Incorporating The 3rd Annual Conference Of The ANDROID Disaster Resilience Network, 8th – 11th September 2014, Salford Quays, United Kingdom.
- 25- Zhao, L.; H. Li, Y. Sun, R. Huang, Q. Hu, J. Wang, And F. Gao. 2017. Planning Emergency Shelters For Urban Disaster Resilience: An Integrated Location-Allocation Modeling Approach. Sustainability, 9(11): 2098. DOI 10.3390/Su9112098.