طراحی و پیاده‌سازی یک مدل GIS مبنا برای برنامه‌ریزی اسکان موقت در مدیریت بحران زلزله شهر بابل

یاسر ابراهیمیان قاجاری[1]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۳/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۱۰/۲۲

****

چکیده

برنامه‌ریزی اسکان موقت زلزله با هدف کاهش آسیب‌های ثانویه زمین‌لرزه همواره یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان و مدیران شهری بوده است. در گذشته برنامه‌ریزی اسکان موقت صرفاً با توجه به اصولی مانند خالی بودن زمین یا بدون مالک بودن آن صورت می‌گرفته، اما امروزه این کار با استفاده از فناوری‌های نوین مانند GIS و با در نظر گرفتن معیارهای متعدد مکانی و توصیفی انجام می‌شود. با توجه به اینکه تاب آوری شهری از مهمترین شاخه‌های مدیریت بحران شهری می‌باشد، لذا ارزیابی خطرپذیری و برنامه‌ریزی برای کاهش آن ازجمله مکانیابی اسکان موقت (به عنوان یکی از اصول تاب آوری شهری) بسیار ضروری است. با بررسی‌های صورت گرفته شهر بابل وضعیت مناسبی از نظر اسکان موقت زلزله زدگان ندارد که آن هم، به دلیل عدم توجه به لحاظ نمودن این مراکز مهم در برنامه‌ریزی شهری می‌باشد. در تحقیق حاضر، نظرات کارشناسان خبره با تخصص‌های مهندسی سازه، زلزله، شهرسازی، مدیریت بحران، پدافندغیرعامل، ترافیک و حمل و نقل مورد استفاده قرار گرفته و معیارهای مؤثر در مکانیابی مراکز اسکان موقت استخراج و وزن‌دهی شدند. سپس با استفاده از توابع تحلیلی GIS، نقشه‌های معیار تولید و با ترکیب آن‌ها بهترین مناطق برای اسکان موقت (پس از زلزله احتمالی) در شهر بابل مشخص شد. با تحلیل نتایج مشخص شد که تنها ۷ درصد از محدوده شهر بابل برای اسکان موقت مناسب است. این مناطق با توجه به سایر استانداردهای اسکان موقت مورد بررسی قرار گرفتند که در نهایت شش محل و در مجموع ۱۰۷ هکتار (کمتر از ٤درصد) برای اسکان موقت مناسب تشخیص داده شد. اگرچه این ۱۰۷ هکتار در حال حاضر می‌تواند پاسخگوی نیاز شهر بابل با توجه به جمعیت کنونی آن باشد، اما اگر نرخ رشد جمعیت شهر بابل و از طرفی افزایش ساخت و ساز و در نتیجه آن کاهش فضای مناسب برای اسکان موقت در نظر گرفته شود، قطعاً در آینده‌ای نزدیک شهر بابل با کمبود فضای مناسب جهت اختصاص به اسکان موقت زلزله‌زدگان مواجه خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت بحران، زلزله، برنامه ریزی اسکان موقت، GIS، تصمیم‌گیری چندمعیاره، تئوری مجموعه‌های فازی، بابل

****

۱- استادیار دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل y.ebrahimian@nit.ac.ir

۱- مقدمه

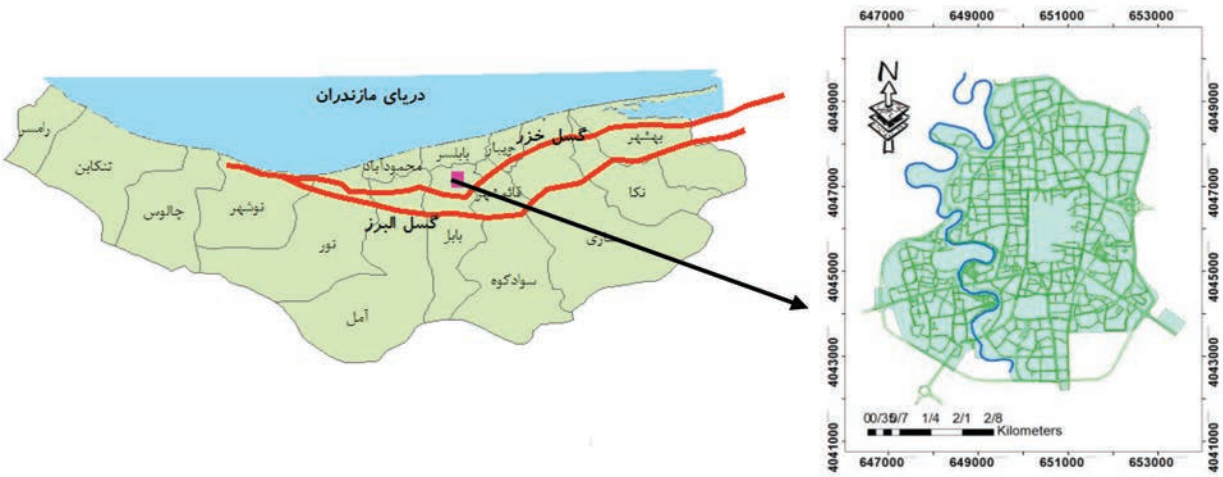
مخاطرات طبیعی بخشی از جهان پیرامونی بوده و زندگی بشر بدون در نظر گرفتن این مخاطرات غیرقابل تصور خواهد بود. با توسعه زندگی اجتماعی به ویژه شهرنشینی و گسترش روزافزون شهرها ابعاد این حوادث وسعتی دوچندان یافته است. زلزله یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی است که سالانه جان بسیاری از انسان‌ها را می‌گیرد. پیش‌بینی زلزله هنوز به طور قطعی امکان پذیر نیست، اما می‌توان با پهنه بندی خطر زلزله با استفاده از فناوری‌های جدید مانند GIS، مناطق با خطر بالا را شناسایی کرد و تدابیری برای مقابله با وضعیت بحرانی آن‌ها در هنگام وقوع زلزله اندیشید *(پورقاسمی، ۲۰۱۹)*. ایران با توجه به قرار گرفتن در مسیر کمربند کوه‌زایی آلپ- هیمالیا و برخورداری از اقلیم متغیر و ناپایداری‌های موقت و مقطعی، در طول تاریخ زلزله را در بیشتر شهرها تجربه کرده است *(صدیقی و سلمانی، ۲۰۱۹)*. شهر بابل نیز مانند سایر شهرهای ایران از این قاعده مستثنی نبوده و بررسی وضعیت شهر از نظر آسیب‌پذیری زلزله و برنامه‌ریزی اسکان موقت در آن مانند سایر شهرهای ایران لازم و ضروری است *(رضایی و چوب بستی، ۲۰۱۸؛ چوب بستی و همکاران، ۲۰۱۷؛ ابراهیمیان و همکاران، ۲۰۱۶)*. برنامه‌ریزی اسکان موقت با هدف مدیریت بحران و کاهش آسیب‌های ثانویه زمین‌لرزه همواره یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان شهری بوده است. در گذشته سیاست ایجاد مراکز اسکان موقت و سایت‌های امدادرسانی، بدون برنامه خاص و مدون بوده است، به گونه‌ای که برای ایجاد هر منطقه امداد و اسکان در محدوده‌های شهری مهمترین اصل، خالی بودن زمین، بدون مالک بودن آن یا مواردی از این قبیل بوده است که طبیعتاً آن روش‌ها کارایی لازم را نداشته‌اند *(کونتراس و همکاران،۲۰۱۸؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۶)*. اما امروزه با پیشرفت‌های صورت گرفته در فناوری‌هایی مانند GIS، می‌توان با در نظر گرفتن پارامترها و معیارهای مؤثر، برنامه‌ریزی در این خصوص را به بهترین نحو انجام داد، چرا که بسیاری از این معیارها ماهیت مکانی دارند *(سانگ و همکاران، ۲۰۱۹)*.

ضرورت انجام تحقیقات در زمینه برنامه ریزی اسکان موقت از آنجا مشخص می شود که تاب آوری شهری یکی از شاخه‌های اصلی مدیریت بحران شهری می‌باشد *(پتیدیس و همکاران، ۲۰۱۸؛ بانیکا و همکاران، ۲۰۱۷)*. با نگاهی اجمالی به اصول ده‌گانه تاب آورسازی شهرها در برابر مخاطرات، چند اصل که بی ارتباط با این تحقیق نیست مشخص می‌شود. از جمله این اصول می‌توان به تهیه برنامه‌های ارزیابی خطرپذیری، حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی و اجرای اصول برنامه‌ریزی کاربری اراضی مطابق با خطرپذیری‌های احتمالی اشاره داشت *(پیتون و جانستون، ۲۰۱۷؛ مرو و همکاران، ۲۰۱۶)*. با مرور تنها این سه اصل می‌توان دریافت از آنجا که شدت و ابعاد وقوع حوادث در شهرهای امروزی اغلب وسیع است، حجم تقاضای ایجاد شده برای عملیات امداد و نجات نیز بسیار زیاد است و مراکز امدادرسانی که در حالت عادی نیازهای شهر را تأمین می‌کنند، عمدتاً برای پاسخگویی در حین بحران کافی نیستند *(آمیدو و همکاران، ۲۰۱۸؛ اندرسون و همکاران، ۲۰۱۸)*. به عنوان نمونه می‌توان به عدم وجود مراکز اسکان موقت در زلزله بم و کرمانشاه اشاره نمود که مشکلات زیادی را به وجود آورد.

مجموعه عوامل فوق از جمله دلایل انجام تحقیق حاضر شد که هدف اصلی آن برنامه ریزی مکانی اسکان موقت در مدیریت بحران زلزله در شهر بابل می‌باشد. اگرچه تحقیقات زیادی در زمینه برنامه‌ریزی اسکان موقت در ایران و جهان انجام شده است، اما همچنان فقدان یک الگوی کارآمد برای برنامه‌ریزی و مکان گزینی اسکان موقت پس از زلزله در اکثر شهرهای ایران به ویژه بابل احساس می‌شود. در تحقیق حاضر، نظرات کارشناسان خبره مورد استفاده قرار گرفته و معیارهای مؤثر در مکانیابی مراکز اسکان موقت، استخراج و وزن‌دهی شدند. سپس با استفاده از توابع تحلیلی GIS نقشه‌های معیار تولید و با ترکیب آن‌ها بهترین مناطق برای اسکان موقت در شهر بابل مشخص شد. با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در نظر کارشناسان

از تئوری مجموعه‌های فازی برای مدیریت عدم قطعیت استفاده شد. لازم به ذکر است که تحقیق حاضر اولین تحقیق در رابطه با برنامه‌ریزی مکانی اسکان موقت در شهر بابل می‌باشد.

تحقیقات متنوعی در زمینه برنامه‌ریزی اسکان موقت برای مدیریت بحران زلزله در ایران و جهان انجام شده است که در ادامه تنها به جدیدترین تحقیقات در چند سال گذشته اشاره خواهد شد. بوستانی و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی به تعیین و اولویت بندی عوامل تأثیرگذار بر موقعیت بهینه محل های اسکان موقت با استفاده از نظر متخصصان و روش دلفی فازی پرداختند. نتیجه تحقیق سه معیار اصلی شامل عوامل زیرساختی، دسترسی و پایداری و ۱۱ زیرمعیار بوده که بیشترین وزن مربوط به دسترسی بوده است. مطالعه موردی منطقه ٦ تهران در نظر گرفته شد که در سناریوهای مختلف فعالیت زلزله در تهران، تعداد آوارگان نیازمند پناهگاه، مساحت فضای مورد نیاز و مکان‌های مناسب برای ساخت پناهگاه‌های موقتی مشخص شده است. لی و هیونگ (۲۰۱۷)، به بررسی و برنامه‌ریزی پناهگاه‌های زلزله با استفاده از GIS و تحلیل سلسله مراتبی برای شهر شانگهای چین پرداخته و نتیجه گرفتند که برنامه‌ریزی اسکان موقت می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌های ساخت، موجب کاهش فاصله پیموده شده توسط آسیب دیدگان تا رسیدن به پناهگاه مورد نظر گردد. بر این اساس، با بازنگری در استانداردهای مکان یابی پارک‌ها و در نظر گرفتن کاربری اسکان برای پارک می‌توان بسیاری از معیارها و زیرمعیارهای اسکان موقت را از قبل و در هنگام مکان‌یابی لحاظ کرد. سلطانی و المدرسی (۱۳۹٦)، به تعیین مکان مناطق اسکان موقت و سایت‌های امدادرسانی پس از زلزله در بافت تاریخی شهر یزد با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در محیط GIS پرداختند. نتایج تحقیق نشان دهنده کمبود فضاهای کافی برای استقرار زلزله زدگان در بافت تاریخی شهر یزد بوده است. بهادری و همکاران (۱۳۹٦)، مکان‌یابی بهینه محل اسکان موقت پس از زلزله را در شهر مهاباد انجام دادند. نتایج تحقیق نشان دهنده عدم توزیع مناسب فضاهای مورد نظر در سطح شهر و کمبود فضاهای باز کافی از جمله پارک‌ها و فضاهای باز شهری جهت استقرار آسیب دیدگان زلزله در سطح شهر مهاباد بود. آناند و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای مروری، به مکان‌یابی محل اسکان موقت آسیب دیدگان پس از زلزله پرداخته و مدل‌های مختلف استفاده شده تاکنون برای تعیین محل اسکان موقت آسیب دیدگان را بررسی نمودند. در تحقیق مذکور، اصول انتخاب مکان مناسب اسکان، ملاحظات طراحی، حداقل استانداردهای مورد نیاز برای آسیب دیدگان شامل خدمات پایه مانند تأسیسات بهداشتی، حمل و نقل و دسترسی‌ها ارائه شد. آنهورن و خزای (۲۰۱۵) به تحلیل فضاهای باز شهری برای اسکان اضطراری پس از زلزله در شهر کاتماندا پایتخت کشور نپال پرداخته و در آن شاخص‌هایی برای تحلیل فضاهای باز شهری ارائه نمودند. در این تحقیق، مشخص شد از بین ٤۱۰ فضای باز شهری در کلان شهر کاتماندا، ۱۰/۷ درصد مناسب اسکان اضطراری پس از زلزله هستند. بوذرجمهری و همکاران (۱۳۹٤)، در بخش مرکزی شهرستان فاروج، مکان‌یابی بهینهٔ پایگاه اسکان موقّت در مدیریت بحران نواحی روستایی را انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد روستاهای مایوان و چری بالاترین امتیاز را برای مکانیابی پایگاه اسکان موقت، کسب کرده‌اند و دو روستای آق چشمه و ارمود آقاچی از شرایط نامناسبی برای این منظور برخوردار بوده‌اند. راد و وفائی‌نژاد (۱۳۹٤)، به مکان یابی مراکز اسکان موقت با استفاده از یک سیستم حامی تصمیم گیری GIS مبنا و روش‌های تحلیل سلسله مراتبی، تاپسیس و ویکور در منطقه ۸ شهرداری اصفهان پرداختند. هادوی و همکاران (۲۰۱٤)، به بررسی مکان‌های بهینه محل اسکان موقت پس از زلزله برای منطقه شش کلانشهر تهران به کمک روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره پرداختند و نتیجه گرفتند که علی‌رغم کمبود مکان مناسب برای اسکان موقت در منطقه شش تهران، ایستگاه‌های مترو و کاربری‌های مناسب مانند پارک‌ها و فضاهای سبز در



نگاره ۱: نمایی از محدوده مطالعاتی

اولویت بالاتری برای اسکان موقت آسیب دیدگان در این منطقه قرار دارند. نصیرپور و همکاران (۱۳۹۳)، به مکان‌یابی بهینه محل‌های اسکان موقت آسیب دیدگان ناشی از زلزله در مناطق شهری با استفاده از روش‌های چندمعیاری در محیط GIS در منطقه یک کرج پرداختند. مطابق نتایج تحقیق، کاربری‌هایی که دارای فضای سبز و باز و نزدیک به شبکه معابر اصلی هستند، به عنوان بهترین مکان جهت احداث سکونتگاه برای اسکان موقت آسیب دیدگان ناشی از زلزله در مناطق شهری انتخاب شدند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی تحقیق حاضر، شهر بابل (مرکز شهرستان بابل) از شهرهای بزرگ و مرکزی استان مازندران می‌باشد. شهرستان بابل از شمال به شهرستان بابلسر و دریای مازندران، از شرق به شهرستان قائمشهر، از غرب به شهرستان آمل و از جنوب به شهرستان سوادکوه و رشته کوه‌های البرز مرکزی محدود است.

شهر بابل یکی از شهرهای استان مازندران واقع در شهرستان بابل بوده و در حد فاصل ١٤ کیلومتری دریای مازندران و ١٠ کیلومتری رشته کوه البرز واقع شده‌است. بابل بین ٣٦ درجه و ٥ دقیقه تا ٣٦ درجه و ٣٥ دقیقه شمال استوا و ٥٢ درجه و ٣٠ دقیقه تا ٥٢ درجه و ٤٥ دقیقه شرق نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. مساحت آن حدود ٣٢ کیلومتر مربع و جمعیت آن طبق سرشماری سال ١٣٩٥ برابر با ٢٥٠٢١٧ نفر است. بابل دومین شهر پرجمعیت استان مازندران می‌باشد. گسل‌های خزر به طول ٦٠٠ کیلومتر و البرز به طول ٦٨٠ کیلومتر از گسل‌های تأثیر گذار این محدوده می‌باشند. در نگاره ١ نمایی از محدوده مطالعاتی و گسل‌های اصلی آن مشاهده می‌شود.

۲-۲- روش تحقیق

با توجه به اینکه مکان مناسب برای اسکان موقت تابع چندین معیار است، لذا مهمترین مرحله تحقیق استخراج این معیارهای مؤثر می‌باشد. برای استخراج معیارها ابتدا تحقیقات پیشین در این زمینه مطالعه شد و معیارهای مورد استفاده برای نظرخواهی در اختیار کارشناسان خبره قرار داده شد، با این فرض که علیرغم تحصیلات آکادمیک متفاوت سطح دانش کارشناسان در موضوع تحقیق بسیار به هم نزدیک است.

برخی از این معیارها بنا به دلایلی از جمله ویژگی‌های خاص جغرافیایی شهر بابل (مانند جلگه‌ای بودن) حذف شد و همچنین معیارهای جدیدی به مجموعه این معیارها اضافه شد. وزن‌دهی معیارها نیز به طور کامل توسط

جدول۱: مشخصات کارشناسان خبره تحقیق

تخصص	تحصیلات	سن	شغل
برنامه ریزی شهری	دکتری	٤٤ سال	عضو هیئت علمی دانشگاه
برنامه ریزی شهری	دکتری	٥١ سال	مدیر شرکت مهندسین مشاور
مهندسی زلزله	دکتری	٣٦ سال	عضو هیئت علمی دانشگاه
مهندسی عمران	دانشجوی دکتری	٣٤ سال	اداره راه و شهرسازی مازندران
مدیریت بحران	کارشناسی ارشد	٤٥ سال	اداره راه و شهرسازی مازندران
مهندس عمران	کارشناس ارشد	٣٨ سال	جمعیت هلال احمر مازندران
مهندس عمران	کارشناسی	٥٠ سال	جمعیت هلال احمر مازندران
حوادث کار	کارشناسی	٤٣ سال	سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی بابل
مهندسی عمران	کاردانی	٤٨ سال	سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی ساری
پدافندغیرعامل	کارشناس ارشد	٣٢ سال	مدرس دانشگاه و پژوهشگر پدافند غیرعامل

کارشناسان خبره این تحقیق صورت پذیرفت. لذا می‌توان معیارهای اسکان موقت و وزن‌دهی صورت گرفته در این تحقیق را مختص به شهر بابل دانست و استفاده از آن برای شهرهایی با ویژگی‌های متفاوت نسبت به شهر بابل (مانند ویژگی‌های جغرافیایی، توپوگرافی، جمعیتی) را نادرست دانست. مشخصات کارشناسان خبره تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

بعد از استخراج معیارها، متناسب با هر معیار نقشه‌های معیار با استفاده از توابع تحلیل GIS تولید شد و در نهایت با تلفیق نقشه‌های معیار، نقشه مناسب بودن[1] اسکان موقت تولید و نقاط با بالاترین امتیاز به عنوان مراکز اسکان موقت مشخص شد.

۲-۳- استخراج معیارها

مدل طراحی شده در این تحقیق یک مدل تحلیل چندمعیاره مکانی[2] است، چرا که اکثر معیارهای مدل ماهیت مکانی داشته‌اند و با استفاده از قابلیت‌های GIS می‌توان از تلفیق آن‌ها مسئله را حل نمود. در این مدل به هر گزینه (پیکسل) متناسب با مقادیر معیارها درجه‌ای از مناسب بودن (خیلی مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و خیلی نامناسب) اختصاص داده شده است. معیارهای مدل و طبقه‌بندی بر اساس مقادیر آن در جدول ۲ ارائه شده است.

۲-٤- وزندهی معیارها

بعد از استخراج و طبقه‌بندی معیارها، باید درجه اهمیت نسبی آن‌ها با استفاده از یکی از روش‌های وزن‌دهی مشخص گردد. روش‌های مختلفی برای وزن‌دهی معیارها وجود دارد که در حالت کلی به روش‌های رتبه‌ای، درجه‌ای، مقایسه زوجی و تحلیل موازنه تقسیم می‌شوند (مالچفسکی، ۲۰۱۵). در این تحقیق وزن‌دهی معیارها با مقایسات زوجی آن‌ها با استفاده از نظر کارشناسان خبره انجام شده است، لذا اهمیت محاسبه وزن در این حالت بیشتر می‌شود، چون عدم قطعیت‌های ناشی از قضاوت‌های ذهنی کارشناسان باید در محاسبات وزن لحاظ شود. کارشناسان برای مقایسه زوجی معیارها و بیان میزان برتری معیارها نسبت به همدیگر از متغیرهای زبانی استفاده کرده‌اند که خود عدم قطعیت‌هایی به همراه دارد. چنین عدم قطعیت‌هایی که ناشی از متغیرهای زبانی هستند با تئوری مجموعه فازی مدیریت می‌شوند *(قاجاری و همکاران، ۲۰۱۸)*. در این تحقیق از روش AHP فازی استفاده شده است که در آن از اعداد فازی مثلثی برای بیان میزان ارجحیت معیارها به یکدیگر استفاده شده است (جدول۳).

هر یک از کارشناسان مستقلاً و با استفاده از متغیرهای

1- Suitability Map
2- Spatial Multi Criteria Decision Analysis

جدول ۲: معیارهای مدل و طبقه‌بندی بر اساس میزان مناسب بودن (طبق نظر کارشناسان خبره تحقیق)

معیار	خیلی نامناسب	نامناسب	متوسط	مناسب	خیلی مناسب
فاصله از گسل (متر)	کمتر از ۱۲۰۰	۱۲۰۰ الی ۲۴۰۰	۲۴۰۰ الی ۳۶۰۰	۳۶۰۰ الی ۴۸۰۰	بیشتر از ۴۸۰۰
فاصله از رودخانه (متر)	کمتر از ۹۰۰	۹۰۰ الی ۱۸۰۰	۱۸۰۰ الی ۲۷۰۰	۲۷۰۰ الی ۳۶۰۰	بیشتر از ۳۶۰۰
کاربری زمین	تأسیسات، میراث فرهنگی، بافت قدیمی، مسکونی	تجاری، جهانگردی، صنعتی	آموزشی، اداری، مذهبی، باغ مسکونی	بهداشتی، درمانی، پارکینگ روباز، تفریحی، پارک	فضای سبز، ورزشی، زمین خالی
فاصله از تاسیسات (متر)	کمتر از ۵۰۰	۵۰۰ الی ۱۰۰۰	۱۰۰۰ الی ۱۵۰۰	۱۵۰۰ الی ۲۰۰۰	بیشتر از ۲۰۰۰
دسترسی به شبکه معابر (متر)	بیشتر از ۱۶۰۰	۱۲۰۰ الی ۱۶۰۰	۸۰۰ الی ۱۲۰۰	۴۰۰ الی ۸۰۰	کمتر از ۴۰۰
فاصله از آتش نشانی (متر)	بیشتر از ۴۰۰۰	۳۰۰۰ الی ۴۰۰۰	۲۰۰۰ الی ۳۰۰۰	۱۰۰۰ الی ۲۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰
تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	کمتر از ۳۰۰۰	۳۰۰۰ الی ۴۰۰۰	۴۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰ الی ۱۴۰۰۰	بیشتر از ۱۴۰۰۰
فاصله از ساختمان بلند (متر)	کمتر از ۵۰۰	۵۰۰ الی ۱۰۰۰	۱۰۰۰ الی ۱۵۰۰	۱۵۰۰ الی ۲۰۰۰	بیشتر از ۲۰۰۰
فاصله از مراکز انتظامی (متر)	بیشتر از ۴۰۰۰	۳۰۰۰ الی ۴۰۰۰	۲۰۰۰ الی ۳۰۰۰	۱۰۰۰ الی ۲۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰
فاصله از مراکز درمانی (متر)	بیشتر از ۴۰۰۰	۳۰۰۰ الی ۴۰۰۰	۲۰۰۰ الی ۳۰۰۰	۱۰۰۰ الی ۲۰۰۰	کمتر از ۱۰۰۰

جدول ۳: متغیرهای زبانی و اعداد فازی مثلثی معادل آنها *(قاجاری و همکاران، ۲۰۱۷)*

متغیرهای زبانی	عدد فازی مثلثی معادل	عدد فازی مثلثی معادل معکوس
کاملا برابر	(۱و۱و۱)	(۱و۱و۱)
بینابین	(۳و۲و۱)	(۱و۱/۲و۱/۳)
کمی بهتر	(۴و۳و۲)	(۱/۲و۱/۳و۱/۴)
بینابین	(۵و۴و۳)	(۱/۳و۱/۴و۱/۵)
بهتر	(۶و۵و۴)	(۱/۴و۱/۵و۱/۶)
بینابین	(۷و۶و۵)	(۱/۵و۱/۶و۱/۷)
خیلی بهتر	(۸و۷و۶)	(۱/۶و۱/۷و۱/۸)
بینابین	(۹و۸و۷)	(۱/۷و۱/۸و۱/۹)
برتری مطلق	(۹و۹و۸)	(۱/۸و۱/۹و۱/۹)

زبانی که در جدول ۳ ارائه شده است ماتریس مقایسه زوجی را تکمیل نمودند. بعد از تجمیع نظرات کارشناسان و میانگین‌گیری ماتریس‌های مقایسه زوجی، طبق نظر کارشناسان، یک ماتریس مقایسه زوجی، به دست آمد که میانگین هندسی فازی ماتریس‌های مقایسه زوجی هر یک از کارشناسان می‌باشد. عملگرهای پایه فازی مورد استفاده در این تحقیق در روابط ۱ الی ٤ ارائه شده است. اگر اعداد فازی را با سه تایی (l,m,u) نشان دهیم عملگرهای پایه عبارتند از *(وی و لو، ۲۰۱۸؛ چن و چانگ، ۲۰۱۰)*:

رابطه ۱: جمع فازی

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

رابطه ۲: تفریق فازی

$$\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2)$$

رابطه ۳: ضرب فازی

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1.l_2, m_1.m_2, u_1 u_2)$$

رابطه ٤: معکوس فازی

$$\tilde{A}_1^{-1} = (l\ , m\ , u\ )^{-1} = (\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l})$$

ماتریس مقایسه زوجی فازی نهایی (با عناصر غیرفازی

شده با رابطه۸) در جدول شماره ٤ نشان داده شده است.

متدهای مختلفی در محاسبه وزن معیارها در تحلیل سلسله مراتبی فازی وجود دارد که در این تحقیق با روش میانگین هندسی فازی محاسبه شده است.

در این روش ابتدا ماتریس مقایسه زوجی فازی تشکیل می‌شود و سپس میانگین هندسی فازی و وزن فازی هر یک از معیارها محاسبه می‌گردد که در روابط ۵ تا ۷ نشان داده شده است *(سینگ و پریشر، ۲۰۱۹؛ جاسکوسکی و همکاران، ۲۰۱۰)*. کلیه محاسبات در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی با یک سری عملگرهای پایه در محاسبات فازی صورت پذیرفته است که در روابط ۱ الی ٤ ارائه شده‌اند.

رابطه ۵: ماتریس مقایسه زوجی فازی

$$\tilde{A}=\begin{pmatrix} \tilde{1} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{m1} & \cdots & \tilde{1} \end{pmatrix}$$

رابطه ٦: میانگین هندسی فازی

$$\tilde{r}_i=(\tilde{a}_{i1}\otimes\tilde{a}_{i2}\otimes\cdots\otimes\tilde{a}_{in})^{\frac{1}{n}}$$

رابطه ۷: محاسبه وزن‌های فازی نهایی

$$\tilde{w}_i=\tilde{r}_i\otimes(\tilde{r}_1\oplus\tilde{r}_2\oplus\cdots\oplus\tilde{r}_n)^{-1}$$

وزن‌های فازی به دست آمده از این روش باید غیرفازی شوند. روش‌های مختلفی برای غیرفازی کردن اعداد فازی وجود دارد که در این تحقیق از روش مرکز ثقل استفاده شده

جدول ٤: ماتریس مقایسه زوجی فازی ترکیبی

معیارها	فاصله از رودخانه	فاصله از گسل	کاربری زمین	فاصله از تاسیسات	فاصله از معابر	فاصله از آتش‌نشانی	تراکم جمعیت	فاصله از ساختمان بلند	فاصله از مراکز انتظامی	فاصله از مراکز درمانی
فاصله از رودخانه	(۱و۱و۱)	۲/۳۳۵	۰/٤۷۱	۲/۹٦۵	۰/۵۱۳	۳/۹۸٤	۸/۸٦٦	۳/۲۲۸	۸/۸۷۵	٦/۱۲٤
فاصله از گسل	۰/٤۲۸	(۱و۱و۱)	۰/۵۲۱	۲/۳۳۱	۱/۱۲۱	۱/۸٤۵	۳/۰۱۲	۳/۱۵٦	۹/۱۵۵	٤/۲۲۳
کاربری زمین	۲/۱۲۳	۱/۹۱۹	(۱و۱و۱)	٤/۵۵٦	۱/٦۲۱	۲/۹۹۱	٤/۰۱٤	۳/۸٦٦	۸/٤۵٦	۷/٤۵٦
فاصله از تاسسات (متر)	۰/۳۳۷	۰/٤۲۹	۰/۲۱۹	(۱و۱و۱)	۰/۲۵۹	۰/٤٤٤	۱/۲۲۷	۱/۲٦۹	٤/۹۵۸	۲/۵٦۳
دسترسی به شبکه معابر (متر)	۱/۹٤۹	۰/۸۹۲	۰/٦۱۷	۳/۸٦۱	(۱و۱و۱)	۲/۱٤	٤/۵۳۲	٤/٦۲۳	۹/۰۲۳	۷/۲۹٦
فاصله از آتش نشانی	۰/۲۵۱	۰/۵٤۲	۰/۳۳٤	۲/۲۵۲	۰/٤٦۷	(۱و۱و۱)	۲/۲۲۲	۰/۹۵۱	۷/۳۲۸	۳/۵٦۰
تراکم جمعیت	۰/۱۱۳	۰/۳۳۲	۰/۲٤۹	۰/۸۱۵	۰/۲۲۱	۰/٤۵	(۱و۱و۱)	۱/۱٤۵	٤/۲۲٦	۲/۱٤۷
فاصله از ساختمان بلند	۰/۳۱۰	۰/۳۱۷	۰/۲۵۹	۰/۷۸۸	۰/۲۱٦	۱/۰۵۱	۰/۸۷۳	(۱و۱و۱)	٤/۵٦	۲/۲۲٤
فاصله از مراکز انتظامی	۰/۱۱۳	۰/۱۰۹	۰/۱۱۸	۰/۲۰۲	۰/۱۱۱	۰/۱۳٦	۰/۲۳٦	۰/۲۱۹	(۱و۱و۱)	۰/۳۹۸
فاصله از مراکز درمانی	۰/۱٦۳	۰/۲۳۷	۰/۱۳٤	۰/۳۹۰	۰/۱۳۷	۰/۲۸۱	۰/٤٦٦	۰/٤۵	۲/۵۱۲	(۱و۱و۱)
وزن نهایی	**۰/۱۷۸۱**	**۰/۱۸۵۰**	**۰/۲۰٤۳**	**۰/۰۵٦۰**	**۰/۱٦۹٦**	**۰/۰۷۷٤**	**۰/۰٤۲۱**	**۰/۰٤۹۰**	**/۰۱٤۰**	**۰/۰۲٤۵**

است که بهترین مقدار غیرفازی برای اعداد فازی را می‌دهد و فرمول آن در رابطه ۸ آمده است *(لوپز و همکاران، ۲۰۱۹؛ چن و همکاران، ۲۰۱۱)*.

رابطه ۸: غیرفازی سازی وزن‌های نهایی

$$BNP = l + \frac{(u-l)+(m-l)}{3}$$

در پایان برای بررسی سازگاری نظرات کارشناسان، نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی هر یک از کارشناسان محاسبه شد که همگی کمتر از ۰/۱ بود که نشان‌دهنده سازگاری قابل قبول بین نظراتشان است. همچنین نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی ترکیبی نیز محاسبه شد که مقدار ۰/۰٦۹ به دست آمد که حاکی از سازگاری قابل قبول نظرات کارشناسان خبره می‌باشد.

برای محاسبه نرخ ناسازگاری، ابتدا تمامی ماتریس های مقایسه زوجی با روش مرکز ثقل غیرفازی شدند و بعد هم با استفاده از روابط موجود در روش تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک نرخ ناسازگاری ماتریس‌ها محاسبه شد.

۲-۵- تولید و نرمال سازی نقشه‌های معیار

در این تحقیق به ازای هر معیار یک لایه رستری با اندازه پیکسل ۳۰ متری تولید شد که مقدار هر پیکسل در هر نقشه معیار نشان دهنده مقدار معیار در آن مکان (گزینه) می‌باشد. با توجه به اینکه ماهیت و مقادیر معیارها در نقشه‌های تولید شده همگن نمی‌باشد، برای تلفیق آنها جهت دستیابی به نتایج تحقیق نیاز به نرمال سازی نقشه‌های معیار می‌باشد.

نرمال سازی نقشه‌های معیار رستری با تابع Reclassify در نرم افزار ArcGIS انجام پذیرفت و هر نقشه به ۵ کلاس طبقه بندی شد. نقشه‌های معیار و نقشه‌های معیار نرمال شده در نگاره ۲ نشان داده شده است.

۲-٦- تلفیق نقشه‌های معیار نرمال

بعد از تولید و نرمال سازی نقشه‌های معیار، باید با همپوشانی وزن‌دار این نقشه‌ها، به نقشه نهایی که نشان دهنده درجه مناسب بودن هر پیکسل برای اسکان موقت است، رسید.

روش تلفیق نقشه‌های معیار در این تحقیق میانگین وزن‌دار خطی می‌باشد که در رابطه ۹ ارائه شده است.

رابطه۹: میانگین وزن‌دار خطی

$$V_i = \sum_{j=1}^{n} W_j * R_{ij}, i = 1, 2, ..., m$$

در رابطه (۹) Vi درجه مناسب بودن پیکسل i، Wj وزن معیار jو Rij مقدار هر معیار در پیکسل شماره iو jمی‌باشد.

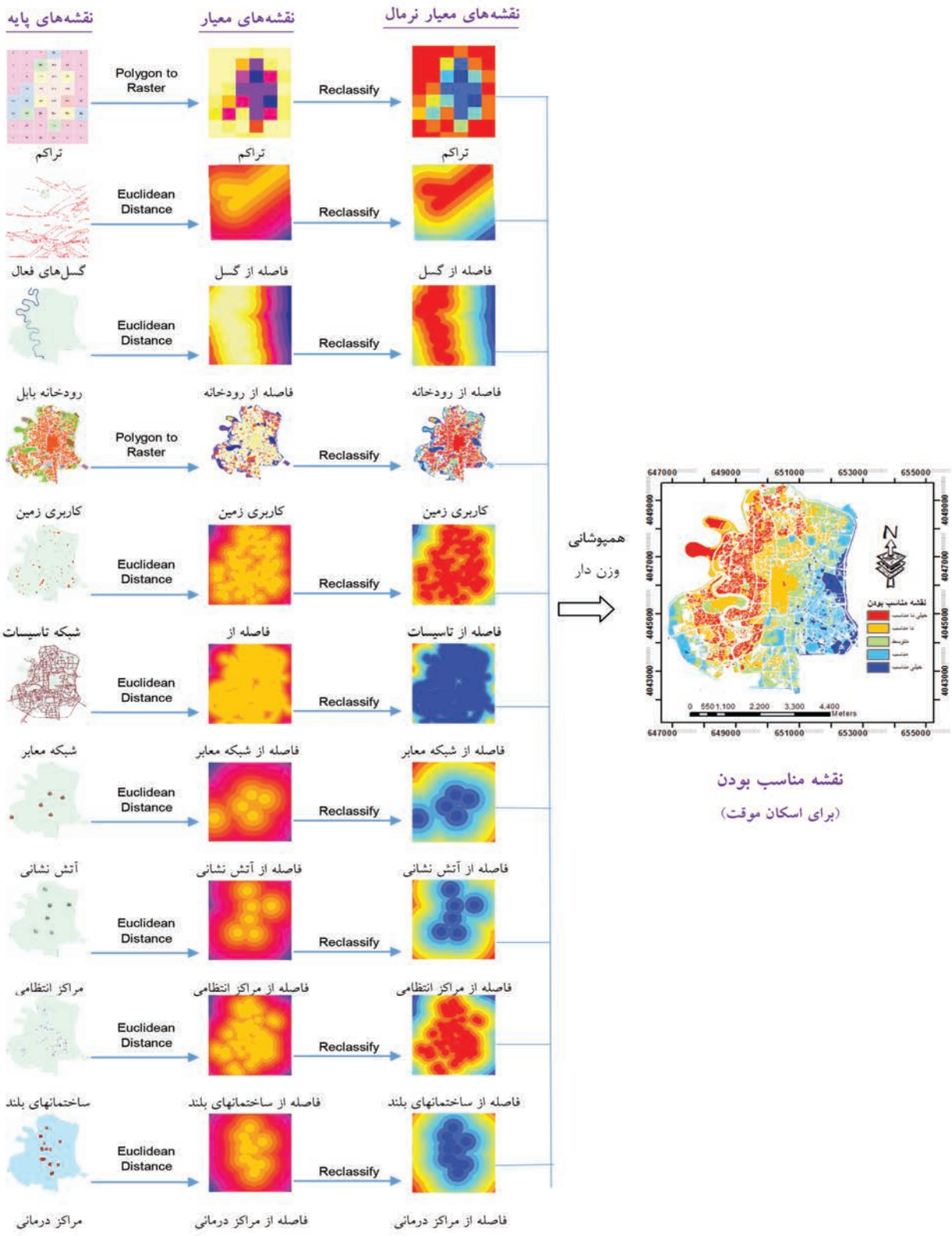
در این تحقیق با استفاده از تابع Raster Calculator موجود در نرم افزار ArcGIS نقشه های معیار با یکدیگر تلفیق شد و نقشه نهایی تولید شد که در نگاره ۲ ارائه شده است.

۳- یافته‌ها

با بررسی و تحلیل نقشه مناسب بودن مناطق شهر بابل برای اسکان موقت زلزله مشخص شد که تنها ۷ درصد (۲۲٤ هکتار) از محدوده شهر بابل برای اسکان موقت مناسب است.

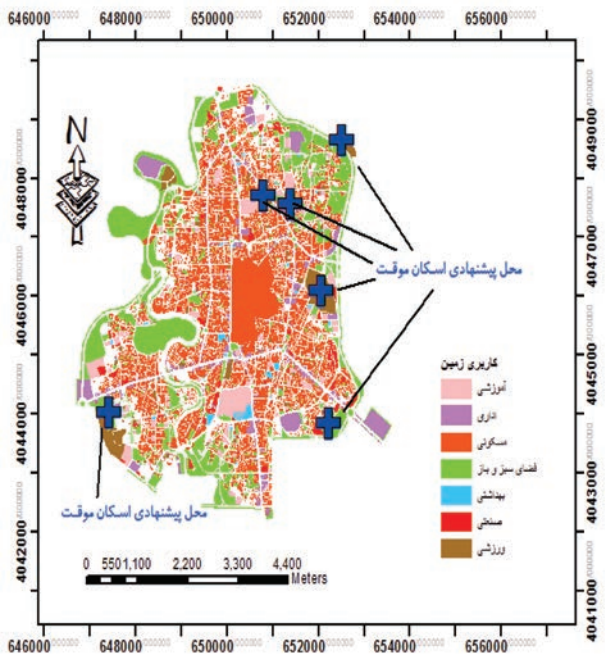
این ۲۲٤ هکتار که اکثراً در محدوده کمربندی شرقی شهر بابل (حدفاصل جاده بابل به قائم‌شهر و سه راهی کیاکلا) قرار دارند با توجه به سایر استانداردهای اسکان موقت مانند حداقل مساحت، مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت شش محل و در مجموع ۱۰۷ هکتار (کمتر از ٤ درصد) برای اسکان موقت مناسب تشخیص داده شد. محل‌های پیشنهادی اسکان موقت شهر بابل در نگاره ۳ مشخص شده‌اند.

اولین مکان پیشنهادی در شرق شهر بابل و در نزدیکی کمربندی شرقی بابل و تالاب نیلوفر آبی شهر بابل قرار دارد که منطقه‌ای با وسعت بسیار بالا (۳۷هکتار) و دارای امکانات کامل آب، برق و گاز است. طبق نظر کارشناسان



نگاره ۲: مدل GIS-MCDA تحقیق

مربوطه، احداث سالن ورزشی در این مکان که بتوان در صورت وقوع زلزله از آن به عنوان محلی برای اسکان موقت زلزله‌زدگان استفاده نمود راهکاری مناسب می‌باشد. دومین مکان پیشنهادی در شمال شرقی شهر بابل و در حد فاصل روستاهای رمنت و پری کلا می‌باشد.



نگاره ۳: محل های پیشنهادی اسکان موقت

این محدوده زمین خالی بدون استفاده‌ای به مساحت ۱۱ هکتار می‌باشد که در مذاکره با شورای اسلامی این دو روستا، موافقت اولیه برای تغییر کاربری آن به نحوی که قابل استفاده برای اسکان موقت باشد اخذ شده است. سومین محل پیشنهادی زمینی به مساحت ۲۲ هکتار در جنوب شرقی شهر بابل و در حوالی اتوبان بابل-قائم شهر می‌باشد.

اگرچه این محل در محدوده روستای وستی کتی قرار دارد، اما با توجه به از بین رفتن مرز بین شهر بابل و روستاهای اطراف آن در عمل از نظر سبک زندگی و امکانات بسیار شبیه منطقه شهری بابل است.

مکان پیشنهادی چهارم که بر خلاف سه مورد قبل تقریباً در محدوده داخل شهر می‌باشد، یک زمین خالی به مساحت ۵ هکتار در ضلع شمالی گلزار شهدای معتمدی است. مکان بعدی که آن هم در داخل شهر قرار دارد خوابگاه امینیان (پسران) دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل به مساحت ٤ هکتار می‌باشد.

آخرین مکان پیشنهادی اگرچه در تحلیل نهایی به اندازه پنج مکان پیشنهادی دیگر امتیاز بالایی کسب نکرده است، اما تنها مکان با بالاترین امتیاز در ضلع غربی بابلرود می‌باشد. به عبارتی ساکنین شهر بابل را می‌توان به دو گروه ساکن در ضلع شرقی و غربی بابلرود تقسیم نمود و تنها مکانی که حداقل امتیازهای لازم برای اسکان موقت زلزله زدگان غرب بابلرود را دارد همین محل با مساحت ۲۸ هکتار است که در فاصله بسیاری کوتاهی در جنوب اتوبان امام خامنه‌ای قرار دارد.

٤- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق شش محل که بالاترین امتیاز را در محدوده مطالعاتی تحقیق داشتند به عنوان محل‌های پیشنهادی اسکان موقت شهر بابل انتخاب شدند که مساحت آن‌ها در مجموع حدود ۱۰۷ هکتار می‌باشد.

با توجه به اینکه طبق استانداردهای بین‌المللی، سرانه هر نفر برای اسکان موقت به طور متوسط ٤ متر مربع می‌باشد *(تو و کاتو، ۲۰۱۸؛ هندمر و داورز، ۲۰۱۲)*، شهر بابل با حدود ۲۵۰۲۱۷ نفر جمعیت به طور متوسط به ۱۰۰ هکتار فضا برای اختصاص به اسکان موقت دارد. اگرچه می‌توان گفت فضای پیشنهادی برای اسکان موقت (۱۰۷هکتار) در شهر بابل تقریباً به اندازه فضای مورد نیاز (۱۰۰هکتار) است، اما اگر نرخ رشد جمعیت شهر بابل و از طرفی افزایش ساخت و ساز و در نتیجه آن کاهش فضای مناسب برای اسکان موقت در نظر گرفته شود، قطعاً در آینده‌ای نزدیک شهر بابل با کمبود فضای مناسب جهت اختصاص به اسکان موقت زلزله‌زدگان مواجه خواهد بود.

از طرفی پراکنش محل‌های مناسب برای اسکان موقت

منطقی نیست، چرا که اکثر محل‌های مناسب در قسمت شرقی و آن هم در محدوده مرزی شهر قرار گرفته‌اند. در حالی که در حالت ایده‌آل انتظار می‌رود این نقاط باید در سطح شهر پراکنده باشند تا تمامی اهالی شهر دسترسی یکسانی به آن داشته باشند.

در نتیجه باید گفت شهر بابل وضعیت مناسبی از نظر اسکان موقت زلزله زدگان ندارد که آن هم به دلیل عدم لحاظ نمودن این مراکز مهم در برنامه‌ریزی شهری می‌باشد.

با توجه به نتایج تحقیق که حاکی از عدم وجود فضای کافی (در آینده نزدیک) و پراکنش مناسب (در حال حاضر) جهت اسکان موقت زلزله‌زدگان در شهر بابل می‌باشد پیشنهاداتی در راستای استفاده بهینه از این فضاهای موجود ارائه می‌شود.

از جمله پیشنهادات تحقیق حاضر در این خصوص ساخت سازه‌های چندمنظوره در محل‌های پیشنهادی می‌باشد. به عنوان مثال سالن‌های ورزشی، مراکز تفریحی و پارک‌ها از جمله سازه‌های چندمنظوره‌ای هستند که در صورت وقوع زلزله می‌توانند به عنوان محل‌های اسکان موقت مورد استفاده قرار بگیرند.

علاوه بر ساخت سازه‌ها، تدارک دیدن تجهیزات و خدمات ضروری در این محل‌ها پیشنهاد می‌گردد. در همین راستا لازم است مدیریت بحران استانداری مازندران و فرمانداری شهرستان بابل برنامه‌ریزی اسکان موقت را در دستور کار خود قرار داده و در هماهنگی کامل با شورای اسلامی شهر بابل و اختصاص بودجه مناسب، اقدام عملی برای تجهیز فضاهای مناسب برای اسکان موقت در این شهر زلزله خیز را انجام دهند.

همچنین پیشنهاد می‌گردد در تهیه طرح‌های شهری که با مدیریت اداره کل راه و شهرسازی استان مازندران و شهرستان بابل صورت می‌پذیرد، به موارد مهمی همچون اختصاص فضای مناسب جهت اسکان موقت زلزله‌زدگان و همچنین سایر بحران‌ها همانند سیل و زمین لغزش هم توجه کافی و لازم بشود که متأسفانه در این تحقیق این خلاء به طور کامل مشخص شد.

یکی از مهمترین مراحل تحقیق و البته دشواری‌های تحقیق، دستیابی به داده‌های مکانی به روز و دقیق متناسب با معیارهای مورد نظر مکان‌یابی می‌باشد. بنابراین توجه به زیرساخت داده مکانی در تمامی سازمان‌های اداری استان به ویژه سازمان‌های متولی بحران زلزله پیشنهاد می‌گردد. بدیهی است مدیریت بحران که شامل فازهای قبل بحران، حین بحران و پس از بحران می‌باشد، تنها با استفاده از فناوری‌های نوین و نوظهور همچون فناوری‌های ژئوماتیک امکان‌پذیر می‌باشد. با توجه به تنوع تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، تحقیق حاضر را می‌توان با استفاده از سایر تکنیک‌های تصمیم گیری چندمعیاره مانند الکتره، پرومته، تاپسیس و در تلفیق با سایر تئوری‌های عدم قطعیت مانند فازی نوع دوم، فازی شهودی، دمپستر شافر، تحلیل درجات خاکستری و غیره نیز انجام داد.

۵- تشکر و قدردانی

از همه کارشناسان خبره به ویژه افرادی که در استخراج معیارها و وزن‌دهی آن‌ها همکاری صمیمانه‌ای نمودند تشکر و قدردانی ویژه دارم. همچنین از کارشناسان اداره راه و شهرسازی مازندران، آب منطقه‌ای مازندران و شهرداری بابل و سازمان مدیریت بحران استان مازندران برای در اختیار قرار دادن داده‌های مورد نیاز تحقیق تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از دانشجوی کارشناسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، آقای مجتبی مختاری دونچالی برای تلاش در جهت برداشت‌های میدانی داده‌ها و انجام مصاحبه با کارشناسان مربوطه تقدیر و تشکر به عمل می‌آید. در پایان ضمن تشکر از حوزه معاونت پژوهشی و گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، لازم به ذکر می‌دانم که این طرح تحقیقاتی با حمایت مالی دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل از محل گرنت به شماره BNUT/389031/98 انجام شده است.

منابع و مآخذ

۱. بوذرجمهری، جوانی، کاتبی؛ خدیجه، خدیجه، مجیدرضا. (۱۳۹٤)، مکانیابی بهینهٔ پایگاه اسکان موقّت در مدیریت بحران نواحی روستایی(نمونهٔ مورد مطالعه: بخش مرکزی شهرستان فاروج)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره شانزدهم، صص۱-۱۹.

۲. بهادری، هاشمی‌نژاد، برانی، کریمی؛ هادی، آراز، مریم، امجد. (۱۳۹٦)، مکان یابی بهینه محل اسکان موقت پس از زلزله (مطالعه موردی: شهر مهاباد)، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ششم، شماره سیزدهم، صص ۱۰۹-۱٤۲.

۳. پیام راد، وفائی‌نژاد؛ داوود، علیرضا (۱۳۹٤)، کمک به مدیریت بحران زلزله با مکان یابی مراکز اسکان موقت با استفاده از یک سیستم حامی تصمیم گیری GIS مبنا (مطالعه موردی: منطقه ۸ شهرداری اصفهان)، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۵، شماره۲، صص ۲۳۱-۲٤٦.

٤. سلطانی، المدرسی؛ زینب، سیدعلی (۱۳۹٦)، تعیین مکان مناطق اسکان موقت و سایت های امدادرسانی پس از زلزله در بافت تاریخی شهر یزد با استفاده از ، AHP،FAHP FUZZY LOGIC و GIS، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای، شماره ۲۲، صص۱-۲۰.

۵. نصیرپور، طیبا، داداشی، حسن‌آبادی؛ غفور، علیرضا، مریم، علی (۱۳۹۳)، مکان یابی بهینه محل های اسکان موقت آسیب دیدگان ناشی از زلزله در مناطق شهری با استفاده از روش های چندمعیاری GIS، مطالعه موردی: منطقه یک کرج، همایش ملی کاربرد مدل های پیشرفته تحلیل فضایی(سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، شهرداری یزد.

6. Amideo, A. E., Scaparra, M. P., & Kotiadis, K. (2018). Optimising shelter location and evacuation routing operations: The critical issues. European Journal of Operational Research.

7. Anand A, Jethoo AS, Sharma G. (2015). Selection of temporary rehabilitation location after disaster: a review. European Scientific Journal, ESJ; 11(10).

8. Andreassen, N., Borch, O. J., Kuznetsova, S., & Markov, S. (2018). Emergency Management in Maritime Mass Rescue Operations: The Case of the High Arctic. In Sustainable Shipping in a Changing Arctic (pp. 359-381). Springer, Cham.

9. Anhorn, J., & Khazai, B. (2015). Open space suitability analysis for emergency shelter after an earthquake. Natural Hazards and Earth System Sciences, 15(4), 789-803.

10. Banica, A., Rosu, L., Muntele, I., & Grozavu, A. (2017). Towards Urban Resilience: A Multi-Criteria Analysis of Seismic Vulnerability in Iasi City (Romania) . Sustainability, 9(2), 270.

11. Boostani, A., Jolai, F., & Bozorgi-Amiri, A. (2018). Optimal location selection of temporary accommodation sites in Iran via a hybrid fuzzy multiple-criteria decision making approach. Journal of Urban Planning and Development, 144(4), 04018039.Chen, H. W., & Chang, N. B. (2010). Using fuzzy operators to address the complexity in decision making of water resources redistribution in two neighboring river basins. Advances in water resources, 33(6), 652-666.

12. Chen, V.Y.C., Pang Lien, H., Liu, C.H., Liou, J.J.H., Hshiung Tzeng, G., Yang, L.S., (2011). "Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment-watershed plan". Appl. SoftComput.volume 11, pp 265–275

13. Choobbasti, A., Naghizadehrokni, M., & Charaty, R. (2017). Microzonation of Liquefaction Hazard using Liquefaction Index in Babol City. Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, 48.

14. Contreras, D., Forino, G., & Blaschke, T. (2018). Measuring the progress of a recovery process after an earthquake: The case of L'aquila, Italy. International journal of disaster risk reduction, 28, 450-464.

15. Ebrahimian-Ghajari, Y., AleSheikh, A. A., Modiri, M., Hosnavi, R., & Nekouei, M. A. (2016). Modeling of seismic vulnerability of urban buildings in geographic information system environment: A case study in Babol, Iran. Journal of Rescue and Relief, 7(4), 12-25.

16. Ghajari, Y., Alesheikh, A., Modiri, M., Hosnavi, R., & Abbasi, M. (2017). Spatial modelling of urban physical

Thessaloniki, Greece. Sustainability, 10(10), 3573.
27. Pourghasemi, H. R., & Rossi, M. (Eds.). (2019). Natural Hazards GIS-based Spatial Modeling Using Data Mining Techniques. Springer.
28. Rezaei, S., & Choobbasti, A. J. (2018). Evaluation of local site effect from microtremor measurements in Babol city, Iran. Journal of Seismology, 22(2), 471-486.
29. Seddighi, H., & Salmani, I. (2019). Gender Differences in Children Mental Health Disorders after Earthquakes in Iran: A Systematic Review. Journal of Community Health Research, 8(1), 54-64.
30. Singh, A., & Prasher, A. (2019). Measuring healthcare service quality from patients' perspective: using Fuzzy AHP application. Total Quality Management & Business Excellence, 30(3-4), 284-300.
31. Song, S., Zhou, H., & Song, W. (2019). Sustainable shelter-site selection under uncertainty: A rough QUALIFLEX method. Computers & Industrial Engineering, 128, 371-386.
32. Tang, V., & Wen, A. (2015). An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment, computers & Geosciences vol.35: 871-879.
33. To, N. T., & Kato, T. (2018). Characteristics and development of policy and institutional structures of emergency response in Vietnam. International journal of disaster risk reduction, 31, 729-741.
34. Wei, G., & Lu, M. (2018). Pythagorean fuzzy power aggregation operators in multiple attribute decision making. International Journal of Intelligent Systems, 33(1), 169-186.
35. Zhang, P., Yang, R., Liu, X., Liu, Y., & Zhang, H. (2016). A GIS-based urban vulnerability and emergency response research after an earthquake disaster. In Proceedings of the Second ACM SIGSPATIALInternational Workshop on the Use of GIS in Emergency Management (p. 11). ACM.

vulnerability to explosion hazards using GIS and Fuzzy MCDA. Sustainability, 9(7), 1274.
17. Ghajari, Y. E., Alesheikh, A. A., Modiri, M., Hosnavi, R., Abbasi, M., & Sharifi, A. (2018). Urban vulnerability under various blast loading scenarios: Analysis using GIS-based multi-criteria decision analysis techniques. Cities, 72, 102-114
18. Hadavi F, Zamani M, Movasati M, Koohgard K, Hadavi M. (2014). Optimal site selection for temporary housing after an earthquake in urban areas using multiple criteria decision-making methods and GIS (A case study of municipal district 6, Tehran metropolis). Journal of Applied Environmental and Biological Sciences; 5(1):6-13.
19. Handmer, J., & Dovers, S. (2012). The handbook of disaster and emergency policies and institutions. Routledge.
20. Jaskowski, P., Biruk, S., & Bucon, R. (2010). Assessing contractor selection criteria weights with fuzzy AHP method application in group decision environment. Automation in construction, 19(2), 120-126
21. Li H, Zhao L, Huang R, Hu Q. (2017). Hierarchical earthquake shelter planning in urban area: a case for Shanghai in China. International Journal of Disaster Risk Reduction.
22. López, S., Márquez, A. A., Márquez, F. A., & Peregrín, A. (2019). Evolutionary Design of Linguistic Fuzzy Regression Systems with Adaptive Defuzzification in Big Data Environments. Cognitive Computation, 1-12.
23. Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). Multicriteria decision analysis in geographic information science. New York: Springer.
24. Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. Landscape and urban planning, 147, 38-49.
25. Paton, D., & Johnston, D. (2017). Disaster resilience: an integrated approach. Charles C Thomas Publisher.
26. Pitidis, V., Tapete, D., Coaffee, J., Kapetas, L., & Porto de Albuquerque, J. (2018). Understanding the implementation challenges of urban resilience policies: investigating the influence of urban geological risk in