



"مقاله پژوهشی"

مکان‌یابی پایگاه‌های مدیریت بحران با استفاده از روش AHP و منطق فازی

آتیکه افضل^۱ و علی سیرجانی^۲

۱- دانش‌آموخته دکترای مهندسی منابع طبیعی، آبخیزداری، (نویسنده مسول: afzali_atikeh@yahoo.com)

۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد نقشه برداری (GIS)، موسسه آموزش عالی علوم و فناوری آریان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۳

صفحه: ۲۸ تا ۴۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: امروزه استفاده از امکانات موجود در جوامع برای جلوگیری از انواع بحران‌های احتمالی و یا کاهش میزان خسارات وارده الزامی هست. برای مقابله با این بحران‌ها ایجاد مراکز مدیریت بحران با اهدافی چون انجام اقدامات پیشگیرانه، آمادگی و مقابله با بحران، امداد رسانی به مناطق بحران‌زده، اسکان موقت حادثه دیدگان ضروری هست. یکی از چالش‌های اصلی ایجاد سازمان‌های مدیریت بحران، مکان‌یابی بهینه آن‌هاست، چراکه قرارگیری این مراکز در مکانی درست و مناسب باعث بالا رفتن کارایی آن‌ها می‌شود. این پژوهش با هدف مکان‌یابی مناطق بهینه احداث سایت‌های مدیریت بحران در شهر بابل انجام شده است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، معیارهای مؤثر در مکان‌یابی شامل: شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از کاربری تجاری، درمانی، اداری، انتظامی، مذهبی، آموزشی، فاصله از راه و رودخانه انتخاب گردیده و توسط کارشناسان به روش AHP وزن‌دهی شده است. پس از همسان‌سازی کلیه لایه‌های اطلاعاتی، الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی و الگوریتم‌های فازی با هدف یافتن مکان بهینه بر آن‌ها اعمال گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در پهنه‌بندی به روش AHP، ۱۶۸ هکتار مساحت معادل ۵/۵۶ درصد بهترین شرایط را برای ایجاد سایت مدیریت بحران در شهر بابل دارا است و در روش فازی چهار عملگر AND, OR, Product, GAMA استفاده گردید، که عملگر AND دارای نتیجه بهتری نسبت به دیگر عملگرها بوده است، در عملگر فوق، ۱۰۳ هکتار برابر با ۳/۴ درصد مساحت شهر مستعد برای ایجاد سایت مدیریت بحران است.

نتیجه‌گیری: خروجی مدل‌های طراحی شده با روش سلسله مراتبی و منطق فازی باهم متفاوت بوده است. دلیل این تفاوت در نظر گرفتن معیارها بدون دخالت دادن وزن در مدل فازی و در نظر گرفتن لایه‌ها با وزن مختلف در مدل AHP بوده است. نتایج خروجی مدل AHP به دلیل دخالت دادن نظرات کارشناسی دقیق‌تر بوده چراکه با وزن‌دهی معیارهای مختلف ترکیب شده است.

واژه‌های کلیدی: بابل، مخاطرات محیطی، مدیریت بحران، مکان‌یابی، منطق فازی، AHP، GIS

مقدمه

کشور ایران، جزء یکی از کشورهای حادثه‌خیز دنیا شناخته می‌شود. با توجه به آمارهای موجود، از ۴۰ نوع بلایای طبیعی که در جهان رخ می‌دهد، ۳۱ مورد آن در ایران به وقوع می‌پیوندد. وجود چنین تنوعی بالایی در مخاطرات طبیعی در کشور، ایران را در رده‌ی ده کشور نخست جهان در زمینه بلاخیزی قرار داده است. همین عامل موجب تلاش روزافزون جهت دستیابی علمی به راهکارهایی کارآمد جهت مقابله منطقی در کاهش ابعاد فاجعه‌آمیز انواع مخاطرات است. در این راستا در جهت افزایش توان و همچنین تحقق اهداف مدیریت بحران در کوتاه‌ترین زمان ممکن، نیاز به مهیا کردن بستر عملیاتی مناسب با ساختاری منسجم تحت عنوان «پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران» ضروری است (۱).

شهرها، یکی از مهم‌ترین مراکز تجمع انسانی، به علت تنوع مخاطرات و همچنین در اکثر مواقع به دلیل نداشتن زیرساخت‌های مناسب و اختصاص دادن درصد بالایی از جمعیت به خود با خطرهای گسترده‌ای مواجه هستند. در اکثر موارد آسیب‌پذیری‌های شهری در همه‌جا از زیرساخت‌ها حیاتی و سازه‌ها اصلی تا دستگاه‌های مخابرات، ترابری و خطوط انرژی به‌روشنی مشخص است اما به دلیل هزینه بسیار زیاد مقاوم‌سازی و چند سو بودن (از نظر اقتصادی و اجتماعی) مقاوم‌سازی امکان این امر وجود ندارد (۲).

تهیه برنامه‌های سنجش خطرپذیری و استفاده از آن‌ها برای برنامه‌های شهرسازی و تصمیم‌گیری، محافظت از زیرساخت‌های حیاتی در کنار سرمایه‌گذاری که احتمال

خطرپذیری را کاهش می‌دهد و اجرا قواعد کاربری اراضی احتمال وقوع تخریب را کاهش می‌دهد (۲۴). با توجه به اصول مطرح‌شده و این نکته که شدت و ابعاد وقوع حوادث در مناطق شهری کشور بالاست، تقاضا برای ایجاد سایت‌های امداد و نجات نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه، با تعریف یک برنامه‌ی جامع مدیریت بحران در سطح هر شهر، می‌توان به این نکته پی برد که پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران همانند ارگان حیاتی در ساختار شهری نقشی اساسی ایفا می‌کنند. جدا از ضرورت وجودی این پایگاه‌ها، که بسیار مشهود است، نحوه‌ی جانمایی آن‌ها در سطح شهر و مقیاس‌های عملکردی آن‌ها موضوع کلیدی محسوب می‌شود و این امر تنها با داشتن دیدی جامع در مورد مکان‌یابی مناسب این سایت‌ها امکان‌پذیر خواهد بود.

در خصوص محدوده مورد مطالعه (شهر بابل)، عوامل زیادی همچون فرونشینی مداوم چاله خزر جنوبی و پهنه‌های جلگه‌ای و کوهپایه‌ای، تغییرات خطوط ساحلی دریا مازندران، گسل‌های که در محدوده مورد مطالعه وجود دارند و به‌صورت شرقی-غربی امتداد دارند و قله دماوند که به‌صورت نیمه فعال است، به‌طور کلی این منطقه و به‌خصوص شهر بابل را مستعد وقوع زلزله کرده است. خط گسلی بابل یا همان رویان بابل، دارای ۵۰ کیلومتر طول و حدود ۱۸ کیلومتر گسیختگی است. این عوامل خود سبب می‌شود که، وقوع زلزله با بزرگی ۶/۳ در شهر بابل محتمل باشد (۵). با توجه به مطالب فوق می‌توان گفت که مکان‌یابی بهینه سایت مدیریت بحران با استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی و استفاده از نظر کارشناسان

احداث سایت دفن زباله معرفی کرده که دو محدوده در حریم شهر کربلا و ۴ محدوده دیگر در اطراف منطقه مسکونی مجاورت دریاچه رزازا قرار گرفته اند. در پایان نقطه ای که در محدوده جنوبی دریاچه قرار گرفته و دسترسی مناسبی به هر دو محدوده مسکونی دارد به عنوان بهترین نقطه شناسایی شده است.

مصفاایی و همکاران (۱۴)، با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی پتانسیل سیل خیزی حوزه آبخیز باراجین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان حاکی از تطابق کامل بین نقشه‌های طبقه‌بندی شده دو روش AHP و HEC-HMS و همبستگی معنی‌داری بین رتبه سیل خیزی حاصل از AHP و رتبه پیک سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله می باشد.

هانگ و شاوا (۱۰)، در پژوهشی اقدام به مطالعه بر روی مکان‌یابی مراکز چندمنظوره‌ی مدیریت بحران با استفاده از مدل AHP نمودند. ایشان در این مطالعه چهار فاکتور اقتصادی، تکنیکی، اجتماعی و محیط طبیعی را عوامل مؤثر در فرآیند تصمیم‌گیری معرفی کرده‌اند و با پیش شرط، اولویت به حداقل رساندن زمان امدادسانی نسبت به حداقل کردن هزینه‌ها، اقدام به وزن‌دهی به گزینه‌ها به کمک روش AHP نموده‌اند و در نهایت نیز جنبه‌ی عملی و مؤثر بودن تکنیک پیشنهادی خود را با استفاده از خروجی‌های حاصل از شبیه‌سازی نرم‌افزار، به اثبات رسانده‌اند.

دونوسکا و همکاران (۷)، با بکارگیری معیارهای مختلف محیطی- اجتماعی و سیستم اطلاعات جغرافیایی به مکان‌یابی مناطق کم خطر به لحاظ مخاطرات طبیعی در منطقه پولوگ کشور مقدونیه مبادرت کرده‌اند، ایشان با استفاده از مدل فازی و AHP معیارها را وزن‌دهی و در نهایت نقشه منطقه را با مشخص نمودن مناطق کم خطر ارائه دادند.

تریودی و سینگ (۲۳)، در پژوهشی اقدام به مکان‌یابی پناهگاه زلزله در نیال نمودند. در این پژوهش با استفاده از یک الگوریتم ترکیبی برای مدیریت کارآمد مکان پروژه‌های جایجایی با ارائه یک مدل تصمیم‌گیری چند منظوره ترکیبی مبتنی بر فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی (AHP) و همچنین تئوری مجموعه فازی و رویکرد برنامه‌نویسی اقدام شد. این مدل تلاش برای دستیابی به یک راه حل سازگار برای اهداف متعدد در پروژه‌های احیای فاجعه که شامل تصمیمات مربوط به مکان‌های سرپناه است، می باشد. نتایج با در نظر گرفتن دو مطالعه موردی واقعی در مورد زلزله نیال تأیید می‌شود.

مواد و روش‌ها

شهرستان بابل یکی از پرجمعیت‌ترین شهرستان‌های استان مازندران است و شهر بابل مرکز این شهرستان با جمعیت ۲۵۰،۲۱۷ سومین شهر پرجمعیت استان مازندران است (۶). این شهر در مدارهای جغرافیایی طول شرقی ۲۰° ۴۴' ۵۲" و عرض شمالی ۳۴° ۳۴' ۱۰" واقع گردیده است. بابل از شرق به شهرستان قائم شهر و از غرب به شهرستان آمل و از شمال به شهرستان بابلسر و از جنوب به شهرستان دماوند (بخش فیروزکوه) منتهی می‌گردد (شکل ۱).

تخصصی جهت امدادسانی احتمالی به بحران دیدگان در شهر بابل هدف و ضرورت این تحقیق است.

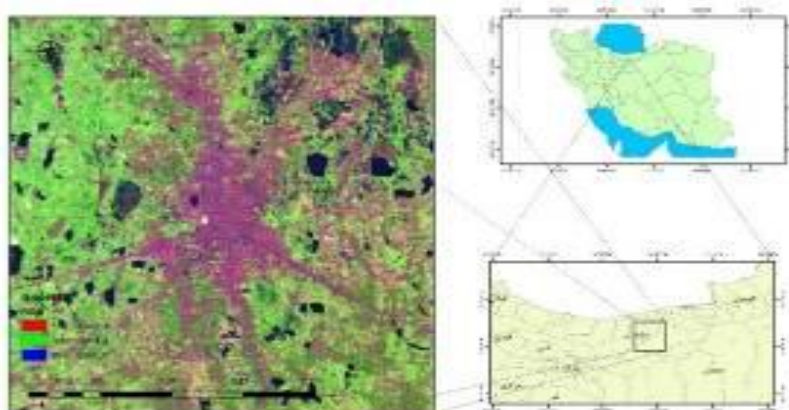
ولی‌بیگی و همکاران (۲۵)، با بکارگیری تحلیل چند معیاره برای مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در شهرک باغمیشه، با استفاده از مدل AHP و تلفیق لایه‌ها در محیط Arc GIS، سه محدوده اصلی برای ایجاد پایگاه پشتیبانی امداد و نجات که به مراکز جمعیتی و راه‌های اصلی نزدیک بوده و از مساحت لازم جهت ایجاد پایگاه امداد و نجات برخوردار بوده‌اند، را مشخص نمودند.

رحیمی و افشاری‌پور (۱۶)، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) جهت وزن‌دهی معیارها، همپوشانی شاخص (IO) جهت تلفیق لایه‌ها و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) الگوی مکان‌یابی بهینه پایگاه پشتیبان مدیریت بحران شهر بابل را ارائه دادند. نتایج نشان داد، ۱۶/۹ درصد از کل مساحت شهر شامل اراضی کاملاً نامطلوب، ۷/۴۱ درصد دارای مطلوبیت ضعیف، ۱۸/۶ درصد با کیفیت بی‌تفاوت، ۲۱/۲ درصد اراضی نسبتاً مطلوب و ۱/۶ درصد کاملاً مطلوب جهت احداث پایگاه مدیریت بحران بود است.

زندمقدم (۲۶)، در پژوهشی اقدام به بررسی مکان‌گزینی پایگاه‌های مدیریت بحران در سطح منطقه ۱۱ شهرداری تهران نمودند. پس از انتخاب معیارها و زیر معیارها مکان‌یابی با استفاده از مدل AHP و نرم‌افزار Expert Choice، وزن و درجه اهمیت هر کدام از آن‌ها مشخص شد و در نهایت با استفاده از روش ترکیبی منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مکان‌گزینی پایگاه‌های مدیریت بحران و مکان‌های اولویت‌دار در سطح منطقه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که، پایگاه‌های مدیریت بحران ویژه در منطقه ۱۱ به لحاظ مکان‌گزینی در سطح متوسطی قرار دارد.

اسدی و همکاران (۴)، در تعیین مناطق با پتانسیل آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش AHP در حوضه رودخانه حبله رود، با استفاده از هفت معیار متوسط بارندگی سالانه، تراکم آبراهه‌ها، تراکم گسل‌ها، لیتولوژی، ژئومورفولوژی، شیب زمین و کاربری اراضی بیان داشتند که از بین هفت معیار، مهم‌ترین آن‌ها، متوسط بارندگی سالانه (وزن ۰/۳۵۵) و کم اهمیت‌ترین معیار ژئومورفولوژی (وزن ۰/۰۵۹) می‌باشد. در مجموع ۴۸/۸۵ درصد حوضه پتانسیل متوسط رو به بالا دارد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، روش AHP، قابلیت مناسبی برای تعیین مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی در حوضه رودخانه حبله رود دارد.

رافع و همکاران (۱۷،۲۱) در ارزیابی مکان‌های دفن زباله در شهر کربلا به کمک تلفیق روش‌های AHP و TOPSIS، با هدف مکان‌یابی مناسب جهت دفن زباله‌های شهری شهر کربلا، با استفاده از GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، با در نظر گرفتن معیارهایی از قبیل فاصله از جاده‌های دسترسی، نقشه شیب، کاربری اراضی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از دریاچه، عمق آب‌های زیر زمینی و فاصله از خطوط لوله انتقال انرژی، بهترین مکان‌های دفن زباله در اطراف شهر مشخص کنند. نتایج مطالعه، ۶ پهنه را مستعد



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Study area

سیستم تصویر لایه‌ها چنانچه باهم متفاوت است، یکسان شود زیرا جهت انجام عملیات تجزیه و تحلیل، داده‌ها باید با یکدیگر هماهنگ باشند. بنابراین در محیط GIS عملیات آماده‌سازی و ویرایش داده‌ها و تبدیل آن‌ها به گونه‌ای که حاوی کلیه اطلاعات مورد نیاز برای کاربری مورد نظر باشد، انجام می‌گردد و ساختار مناسب جهت انجام تحلیل‌ها ایجاد می‌گردد (۳).

تهیه نقشه‌های فاکتور فازی

پس از شناسایی و آماده‌سازی کلیه معیارها شامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، کاربری اداری (سازمان‌ها و ادارات)، کاربری آموزشی (مدارس و دانشگاه‌ها)، کاربری تجاری (مراکز تجاری)، کاربری درمانی (بیمارستان‌ها)، کاربری فرهنگی و مذهبی (مساجد)، کاربری گردشگری (پارک‌ها)، کاربری مسکونی، کاربری باغی، رودخانه، جاده و کاربری کشاورزی و عوامل مؤثر در مکان‌یابی پایگاه‌ها در این مرحله لازم است نقشه‌های فاکتور هر یک از لایه‌ها آماده شود. آماده‌سازی نقشه‌های معیار مشتمل بر دو مرحله پردازش و وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی است (۳).

در این مرحله وزن‌دهی هر یک از زیر معیارها (فاکتورها) براساس تاثیر نسبی که در تعیین موقعیت پایگاه‌ها دارند با استفاده از منطق فازی انجام می‌گیرد. در هر نقشه فاکتور فازی، ارزش هر یک از کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود با درجات عضویت فازی حد واسط بین صفر تا یک نشان داده می‌شود. به منظور تهیه نقشه فاکتور فازی در این تحقیق، با تعریف توابع عضویت خطی و با توجه به اثر مثبت و یا منفی هر پارامتر و در نظر گرفتن معیارها و ضوابط ارائه شده، دستوراتی در نرم‌افزار GIS و با استفاده از ابزار Raster Calculator نوشته و اجرا می‌گردد.

در نهایت خروجی حاصل از هر مرحله، لایه رستری است که برای هر لایه اطلاعاتی براساس طبقه‌بندی و ضوابط تعریف شده، ارزش‌هایی بین صفر و یک در نظر گرفته است.

وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها (فاکتورها)

این مرحله از عملیات شامل وزن‌دهی به هر یک از معیارها و زیرمعیارهای (فاکتورها) مؤثر در مکان‌یابی پایگاه‌های مدیریت بحران می‌باشد.

در این تحقیق برای تحلیل پرسشنامه و وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارهای مکان‌یابی سایت مدیریت بحران از نرم‌افزار Expert Choice و برای انتخاب مکان بهینه از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و عملگرهای این نرم‌افزار استفاده شده است.

متلب امکان عملیات محاسباتی و استفاده از الگوریتم‌ها را به کاربر می‌دهد و بسیار گسترده است به گونه‌ای که طراحی و کنترل سیگنال‌های تصویر و تجزیه و تحلیل را به خوبی محاسبه و پردازش می‌کند. گستردگی متلب زمانی مشخص می‌شود که با افزودن نوار ابزارهای مختلف، امکانات بیشتری به این برنامه اضافه می‌شود. این قابلیت باعث شده تا کاربران در تمام رشته‌ها و انواع زمینه‌های کاربردی بتوانند از این برنامه به راحتی استفاده کنند.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در واقع یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این فرآیند که بر مبنای مقایسات زوجی بنا شده است، قادر به دخالت گزینه‌های مختلف در تصمیم‌گیری است و همچنین امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. از مزایای ممتاز این روش محاسبه نرخ سازگاری و ناسازگاری تصمیم است (۸). این روش عمدتاً در برنامه‌های تصمیم‌گیری با اطلاعات دقیق استفاده می‌شود و مقیاس بسیار نامتعادلی از قضاوت ایجاد می‌کند. همچنین وجود عدم قطعیت در ارتباط با الگوبرداری از قضاوت انسان، ماهیت طبیعی موجود در اکوسیستم را نشان نمی‌دهد (۱۳). با تلفیق روش‌های AHP و Fuzzy علاوه بر در نظر گرفتن مزیت‌های هر دو روش، مانند ارائه یک ساختار قابل درک، تصمیم‌گیری چند معیاره با مجموعه‌ای از داده‌های کمی و کیفی، وجود ساختار مرتبه‌ای و قابل فهم می‌توان معایب فوق را رفع کرد (۲۰). همچنین برای غلبه بر این مشکلات، محققان از ادغام تئوری فازی با AHP برای بهبود عدم قطعیت استفاده کرده‌اند و برخی دیگر AHP را با دیگر روش‌های فازی از قبیل TOPSIS ادغام کرده‌اند (۱۳).

آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی

در این مرحله اطلاعات گردآوری شده، جهت آنالیزهای مورد نیاز آماده‌سازی می‌شود. بدین ترتیب باید مقیاس و

نتایج و بحث

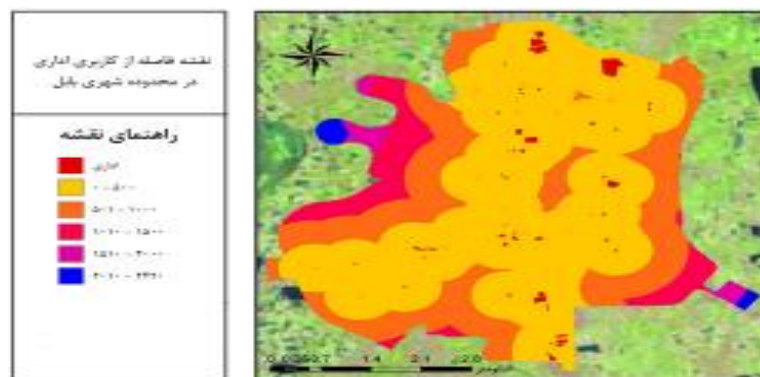
برای نیل به اهداف پژوهش، در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی تهیه و توسط کارشناسان وزن دهی شد. سپس با استفاده از مدل سلسله مراتبی و روش‌های مختلف فازی پهنه‌بندی مناطق مستعد برای سایت‌های مدیریت بحران مکان‌یابی گردید و سرانجام نتایج حاصله مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و مناطقی که دارای بیشترین استعداد برای ایجاد سایت‌های مدیریت بحران می‌باشند، شناسایی گردید.

آماده سازی معیارهای اطلاعاتی

لایه فاصله از کاربری اداری

کاربری اداری به خاطر برخی ملاحظات و دسترسی ساکنین شهری اکثراً در مناطق بافت اصلی شهر و در خیابان‌های اصلی واقع می‌شوند. پراکنش مکانی کاربری‌های اداری در شهر بابل نیز در راستای خیابان از شمال به جنوب و در بخش داخلی شهر دیده می‌شود (شکل ۲). لایه اطلاعاتی فاصله از کاربری اداری در محدوده شهر را با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۱).

وزن هر فاکتور نشان‌دهنده میزان اهمیت و ارزش آن نسبت به دیگر فاکتورها در عملیات میدانی مکان‌یابی است. بنابراین انتخاب صحیح و آگاهانه وزن‌ها به تعیین مکان بهینه پایگاه‌ها کمک خواهد کرد (۳). بر این مبنای جداول ماتریسی از معیارها و زیر معیارها (فاکتورها) تهیه و این جداول توسط تعدادی از کارشناسان خبره سازمان مدیریت و پیشگیری از بحران تکمیل شد. از میان امتیازات ارائه شده توسط کارشناسان، نظر نهایی از طریق محاسبه میانگین بین امتیازات مختلف به دست آمد و وارد مرحله بعدی برای محاسبه گردید. در مرحله بعد با تشکیل سلسله مراتبی از پارامترها در نرم‌افزار Expert Choice و ورود امتیازات، وزن‌های نهایی توسط سیستم محاسبه می‌شود. به دلیل انجام مقایسات زوجی در تشکیل ماتریس‌ها و کنار گذاشتن سایر پارامترها در هنگام مقایسه دو پارامتر، احتمال بروز ناسازگاری وجود دارد به همین دلیل نیز مقدار آستانه‌ای توسط تصمیم‌گیرنده برای آن تعیین می‌شود (۱۱). ساعتی عدد ۰/۱ را به‌عنوان حداقل ناسازگاری قابل قبول ارائه می‌دهد (۹). در این محاسبات نیز در شرایطی که شاخص ناسازگاری برای هر ماتریس، بیش از ۰/۱ به‌دست‌آمده باشد، در قضاوت‌ها تجدید نظر شده و مجدداً عملیات فوق تکرار می‌شود.



شکل ۲- نقشه فاصله از کاربری اداری
Figure 2. Distance from office use map

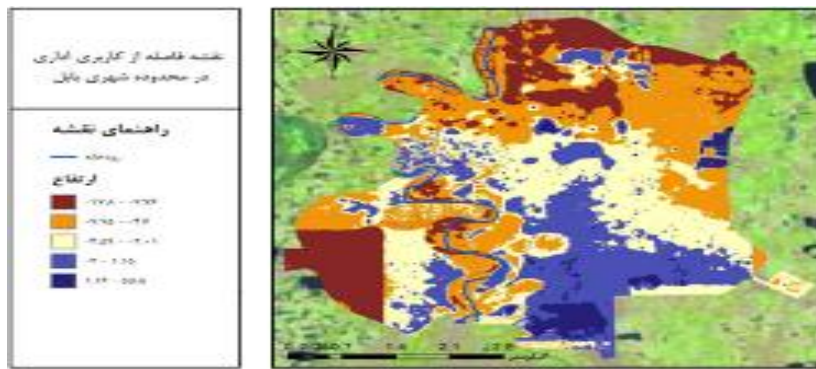
جدول ۱- اطلاعات تکمیلی فاصله از کاربری اداری

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰-۵۰۰	۱۸۹۴/۶۴	۶۲/۷۶
۵۰۰-۱۰۰۰	۸۱۰/۵۵	۲۶/۸۵
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۲۳۴/۸	۸/۰۷
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۴۵/۷۵	۱/۵
۲۰۰۰-۲۴۲۰	۲۷/۱۹	۰/۹

لایه اطلاعاتی ارتفاع

است، که برای بررسی بهتر در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد و اطلاعات تکمیلی آن در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

با توجه به نقشه ارائه شده در شکل ۳، منطقه مطالعاتی دارای ارتفاع ۱۷/۸- تا ۵۵/۵ متر از سطح آبهای آزاد بوده



شکل ۳- نقشه ارتفاع
Figure 3. Altitude map

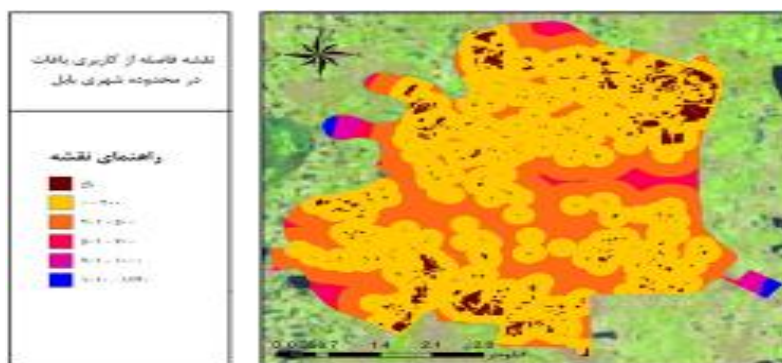
جدول ۲- اطلاعات تکمیلی نقشه ارتفاع

Table 2. Additional information of the altitude map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
-۱۷/۸ - -۷/۷۶	۷۰۶/۱۷۲۵	۲۳/۳۹۳۷۹
- ۷/۷۵ - - ۴/۶	۸۹۹/۸۹۲۵	۲۹/۸۱۱۳۶
-۴/۵۹ - - ۲/۰۱	۶۵۳/۵۱۲۵	۲۱/۶۴۹۳۹
-۲/۰۱ - ۱/۱۶	۶۵۷/۰۷۵	۲۱/۷۶۷۳۱
۱/۱۶ - ۵۵/۵	۱۰۵/۳۲۷۵	۳/۴۸۹۲۴۶

گسترده‌ای را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴). لایه فاصله از کاربری باغی در محدوده شهر را با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۳).

لایه فاصله از کاربری باغی محدوده شهر
از آنجایی که منطقه مطالعاتی خوش آب و هوا بوده و بیشتر خانه‌های آن ویلایی بوده کاربری باغی در سطح شهر پراکنش بالایی دارد (۱۵)، پراکنش مکانی این کاربری در بخش‌های شمالی، شمال شرقی، و جنوبی شهر سطوح



شکل ۴- نقشه فاصله از کاربری باغی
Figure 4. Distance map of garden use

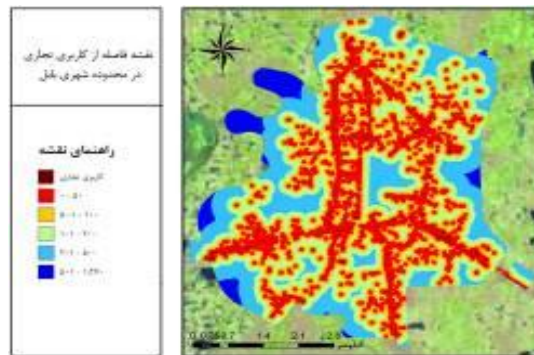
جدول ۳- اطلاعات تکمیلی فاصله از کاربری باغی

Table 3. Additional information of Distance from garden use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۲۱۲۱/۴۲	۷۰/۳۷۷۵۲
۲۰۰ - ۵۰۰	۷۷۷/۹۴۵	۲۵/۷۷۱۴۴
۵۰۰ - ۷۰۰	۷۶/۸۸	۲/۵۴۶۸۴۹
۷۰۰ - ۱۰۰۰	۳۱/۸۱۷۵	۱/۵۴۰۳۷
۱۰۰۰ - ۱۳۴۰	۱۳/۹۱۷۵	۰/۴۶۱۰۵۳

لایه فاصله از کاربری تجاری با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS و در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۴).

لایه فاصله از کاربری تجاری
پراکنش مکانی کاربری تجاری در سطح یک شهر با میزان دسترسی ساکنین شهری ارتباط مستقیمی دارد، این کاربری‌ها در راستای خیابان‌های اصلی و فرعی قرار می‌گیرد (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه فاصله از کاربری تجاری
Figure 5. Distance map from commercial use

جدول ۴- اطلاعات تکمیلی فاصله از کاربری تجاری

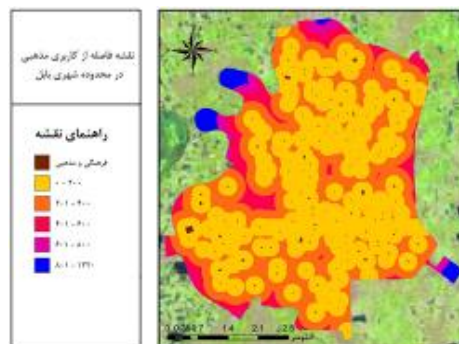
Table 4. Additional information of distance from commercial use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰-۵۰	۸۸۵/۴۲۲۵	۲۹/۳۳۱۹۱
۵۰-۱۰۰	۷۲۵/۸۷۵	۲۴/۲۰۴
۲۰۰-۲۰۰	۶۸۴/۴۷	۲۲/۶۷۴۸۴
۲۰۰-۵۰۰	۵۹۷/۶۵۵	۱۹/۷۹۸۸۷
۵۰۰-۱۲۷۰	۱۲۹/۳۴۵	۴/۲۸۴۸۸۷

بابل در نقشه ارائه شده در شکل ۶ نمایش داده شده، لایه فاصله از این کاربری نیز با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS و در پنج کلاس تهیه شده است (جدول ۵).

لایه فاصله از کاربری فرهنگی مذهبی

کاربری فرهنگی و مذهبی مانند مساجد، حسینیه‌ها، کتابخانه‌های عمومی و امام زاده‌ها در تمامی سطح شهر پراکنش دارند، حتی مناطق حاشیه شهری که تازه گسترش یافته است، پراکنش نقاط فرهنگی و مذهبی موجود در شهر



شکل ۶- نقشه فاصله از کاربری فرهنگی و مذهبی
Figure 6. Distance map of cultural and religious use

جدول ۵- اطلاعات تکمیلی فاصله از کاربری فرهنگی و مذهبی

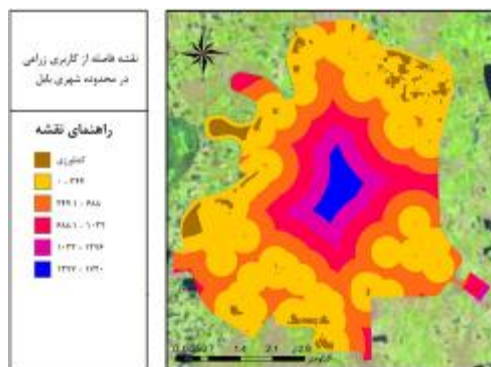
Table 5. Additional information of distance from cultural and religious use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰-۲۰۰	۱۷۶۲/۶۸	۵۸/۳۹۳۳۳
۲۰۰-۴۰۰	۹۱۱/۹۸۲۵	۳۰/۲۱۱۷۸
۴۰۰-۶۰۰	۲۲۱/۲۹۵	۷/۳۳۰۹۶۹
۶۰۰-۸۰۰	۵۸/۳۹۵	۱/۹۳۴۴۸۵
۸۰۰-۱۳۲۰	۶۷/۶۲۷۵	۲/۲۴۰۳۳۶

برنج استفاده می‌شود (شکل ۷). لایه فاصله از این کاربری با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۶).

لایه فاصله از کاربری کشاورزی

کاربری‌های کشاورزی اصولاً در مناطق حاشیه‌ای شهر قرار دارد، در موارد کمی نیز زمین‌های ساخته نشده در مناطق نزدیک به حاشیه به صورت موقت برای کشت سبزی جات یا



شکل ۷- نقشه فاصله از کاربری کشاورزی
Figure 7. Distance from agricultural use map

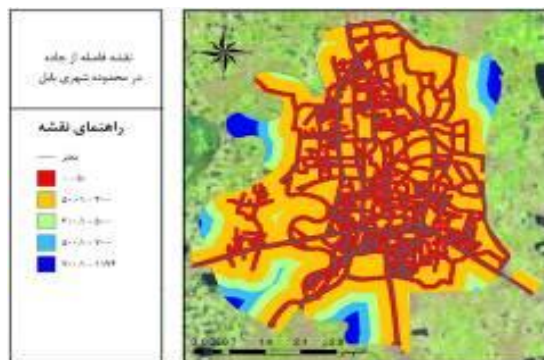
جدول ۶- اطلاعات تکمیلی فاصله از کاربری کشاورزی

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۳۴۴	۱۵۷۱/۱۲	۵۲/۴۷۴۱
۳۴۴ - ۶۸۸	۷۶۶/۴۹	۲۵/۳۹۱۹۶
۶۸۸ - ۱۰۳۲	۳۹۴/۲۵	۱۳/۵۲۳۵
۱۰۳۲ - ۱۳۷۶	۲۰۸/۶۹۲۵	۶/۹۱۳۴۷۸
۱۳۷۶ - ۱۷۲۰	۸۱/۶۷۵	۲/۷۰۵۶۹۵

فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS، در ۵ کلاس تهیه شد (جدول ۷).

لایه فاصله از کاربری جاده

کاربردی‌های جاده‌ای میزان دسترسی‌های داخل شهر را نشان می‌دهد (شکل ۸)، این لایه اطلاعاتی نیز با استفاده از دستور



شکل ۸- نقشه فاصله از کاربری جاده ای
Figure 8. Distance from road use map

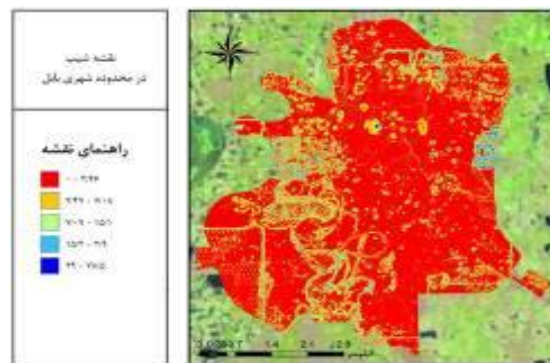
جدول ۷- اطلاعات تکمیلی فاصله از کاربری جاده‌ای

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۵۰	۱۳۶۷/۵۶۵	۴۵/۳۰۴۱۲
۵۰ - ۳۰۰	۱۲۴۴/۴۲۳	۴۱/۲۲۴۷۱
۳۰۰ - ۵۰۰	۲۲۷/۶۳۵	۷/۵۴۰۹۹۷
۵۰۰ - ۷۰۰	۱۱۱/۵۹	۳/۶۹۶۷۰۷
۷۰۰ - ۱۱۹۴	۷۰/۷۶۷۵	۲/۳۴۴۳۵۶

استفاده از لایه DEM منطقه و در محیط نرم‌افزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (شکل ۹، جدول ۸).

لایه اطلاعاتی شیب

شهر بابل در یک منطقه جلگه‌ای قرار دارد که شیب تند در آن خیلی کم و به ندرت دیده می‌شود، لایه اطلاعاتی شیب با



شکل ۹- نقشه شیب (بر حسب درصد)
Figure 9. Slope map (in term of percentage)

جدول ۸- اطلاعات تکمیلی نقشه درصد شیب

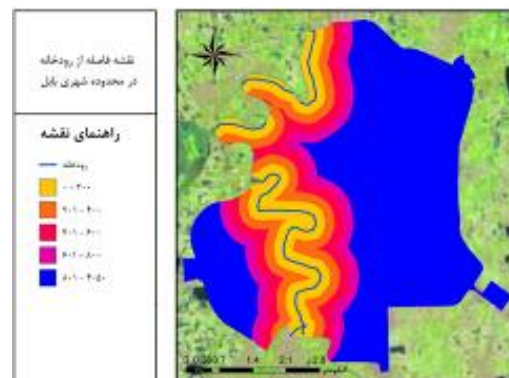
Table 8. Additional information of slope percentage map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲/۴۶	۲۰۸۴/۷۲۵	۶۹/۰۶۱۹
۲/۴۶ - ۷/۰۸	۶۳۴/۷۴	۲۱/۰۲۷۴
۷/۰۹ - ۱۵/۱	۲۲۰/۰۵۵	۷/۲۸۹۸۹
۱۵/۲ - ۲۸/۹	۶۴/۸۷۲۵	۲/۱۴۹۰۶۹
۲۹ - ۷۸/۵	۱۴/۲۴	۰/۴۷۱۷۳۷

شکل ۱۰). برای تهیه لایه اطلاعاتی فاصله از رودخانه با استفاده از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS، در پنج کلاس تهیه شد (جدول ۹).

لایه فاصله از کاربری رودخانه

رودخانه بابل رود که از بخش غربی شهر بابل می‌گذرد یک رودخانه دائمی است که در جنوب غربی و بخش‌هایی از شمال غربی و غرب بافت شهری را دو بخش کرده است



شکل ۱۰- نقشه فاصله از رودخانه
Figure 10. Distance of the river map

جدول ۹- اطلاعات تکمیلی نقشه فاصله از رودخانه

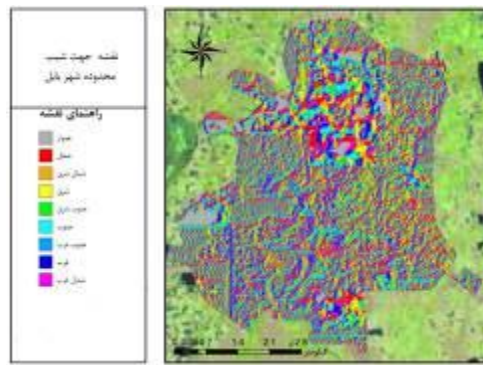
Table 9. Additional information of the distance of the river map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۳۹۹/۵	۱۳/۲۱۸۰۷
۲۰۰ - ۴۰۰	۳۱۹/۹۰۲۵	۱۰/۵۹۷۶
۴۰۰ - ۸۰۰	۲۶۲/۵۵۵	۸/۶۹۷۸۱۳
۸۰۰ - ۱۲۰۰	۲۴۲/۳۵۲۵	۸/۲۸۵۵۳
۱۲۰۰ - ۱۶۰۰	۱۷۹۸/۱۶۵	۵۹/۵۶۸۸۶

جهت فرعی با مناطق هموار تهیه شد (شکل ۱۱، جدول ۱۰).

لایه جهت شیب

لایه اطلاعاتی جهت شیب با استفاده از لایه DEM منطقه و در محیط نرم‌افزار Arc GIS، در ۹ کلاس، ۴ جهت اصلی و ۴



شکل ۱۱- نقشه جهت شیب
Figure 11. Slope aspect map

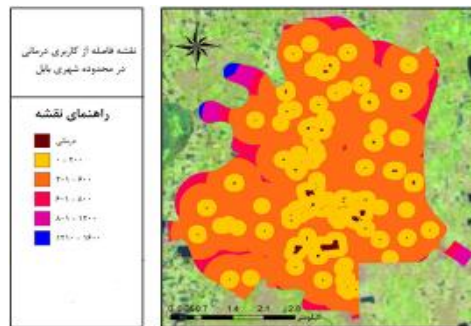
جدول ۱۰- اطلاعات تکمیلی نقشه جهت شیب

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
هموار	۴۳۰/۶۶۵	۱۴/۲۶۶۸۹
شمال	۳۴۸/۶۸۷۵	۱۱/۵۵۱۱۷
شمال شرق	۳۲۹/۳۱	۱۰/۹۰۹۲۴
شرق	۳۰۵/۳۴۵	۱۰/۱۱۵۳۴
جنوب شرق	۳۰۰/۱۰۵	۹/۹۴۱۷۵۳
جنوب	۲۹۷/۷۴۷۵	۹/۸۶۳۶۵۵
جنوب غرب	۳۱۵/۷۶۲۵	۱۰/۴۶۰۴۵
غرب	۳۳۶/۴۱	۱۱/۱۴۴۴۵
شمال غرب	۳۵۴/۶	۱۱/۷۴۷۰۴

لایه فاصله از کاربری درمانی

کاربری‌های درمانی یکی از مهم‌ترین کاربری‌های شهری محسوب می‌شود، که اصولاً به صورت متمرکز در یک خیابان یا کوچه ساختمان‌ها را اشغال می‌کنند تا دسترسی آسانی را

برای مراجعه کنندگان فراهم کنند. برای تهیه این لایه اطلاعاتی از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد، و سطح شهر در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۱۲، جدول ۱۱).



شکل ۱۲- نقشه فاصله از کاربری درمانی
Figure 12. Distance map of therapeutic use

جدول ۱۱- اطلاعات تکمیلی نقشه فاصله از کاربری درمانی

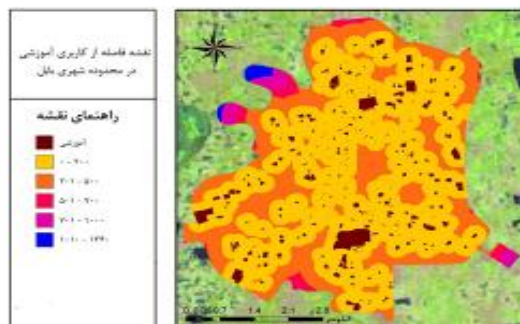
نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۱۱/۴۳۲۵	۰/۳۷۸۷۳۱
۲۰۰ - ۶۰۰	۵۹/۹۶۵	۱/۹۸۶۴۹۶
۶۰۰ - ۸۰۰	۳۹۲/۳۹۵	۱۲/۹۹۹۱
۸۰۰ - ۱۲۰۰	۱۵۳۰/۴۵	۵۰/۶۸۶۶۹
۱۲۰۰ - ۱۶۰۰	۱۰۲۸/۱۴۳	۳۴/۵۹۸۸

لایه فاصله از کاربری آموزشی

کاربری‌های آموزشی باتوجه به نیاز ساکنین شهری جزء کاربری‌هایی هست که دارای پراکنش مکانی بالا در سطح شهر است تا بتواند خدمات مربوطه را ارائه دهد. ساکنین

شهری اصولاً دنبال نزدیک‌ترین مرکز آموزشی برای رفع نیازشان هستند. این کاربری‌ها عمدتاً دارای ساختمان‌های بزرگ و محوطه می‌باشند (شکل ۱۳). برای تهیه این لایه اطلاعاتی از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS

استفاده شد، و سطح شهر در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (جدول ۱۲).



شکل ۱۳- نقشه فاصله از کاربری آموزشی
Figure 13. Distance from educational use map

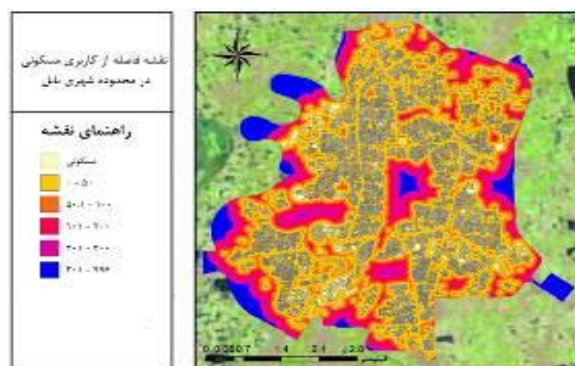
جدول ۱۲- اطلاعات تکمیلی نقشه فاصله از کاربری آموزشی

Table 12. Additional information of distance from educational use map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۲۱۱۰/۹۱	۶۹/۹۲۹۳۵
۲۰۰ - ۴۰۰	۷۷۸/۱۲۷۵	۲۵/۷۷۷۴۸
۴۰۰ - ۶۰۰	۶۰/۱۷۷۵	۱/۹۹۳۵۳۵
۶۰۰ - ۸۰۰	۵۱/۳۵۲۵	۱/۷۰۱۱۸۴
۸۰۰ - ۱۳۲۰	۲۱/۴۱۲۵	۰/۷۰۹۳۴۴

لایه فاصله از کاربری مسکونی
عمده‌ترین کاربری شهری کاربری مسکونی است، چرا که شهر چیزی جز تجمع گروه‌های انسانی برای زندگی در کنار هم نیست، به طوری که تمامی کاربری‌های دیگر شهری وابسته به کاربری مسکونی است. برای تهیه این لایه اطلاعاتی از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد، و سطح شهر در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۱۴، جدول ۱۳).

لایه فاصله از کاربری مسکونی
عمده‌ترین کاربری شهری کاربری مسکونی است، چرا که شهر چیزی جز تجمع گروه‌های انسانی برای زندگی در کنار هم نیست، به طوری که تمامی کاربری‌های دیگر شهری



شکل ۱۴- نقشه فاصله از کاربری مسکونی
Figure 14. Distance of residential use map

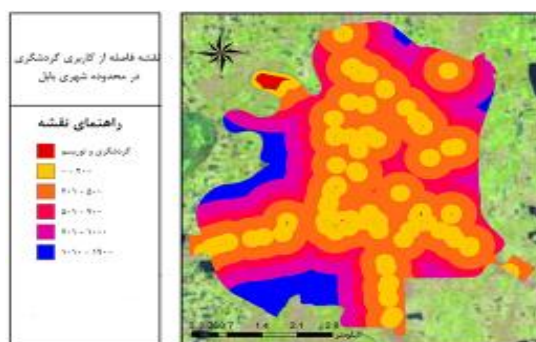
جدول ۱۳- اطلاعات تکمیلی نقشه فاصله از کاربری مسکونی

Table 13. Additional information of the distance from the Residential use map

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۵۰	۱۹۵۳/۱۷۵	۶۴/۷۰۳۹۷
۵۰ - ۱۰۰	۸۷۷/۹۳۲۵	۲۹/۸۳۷۸
۱۰۰ - ۲۰۰	۱۲۰/۴۳۷۵	۳/۹۸۹۸۰۳
۲۰۰ - ۳۰۰	۴۲/۱۶	۱/۳۹۶۶۵۹
۳۰۰ - ۹۹۶	۲۸/۲۷۵	۰/۹۳۶۶۸۲

لایه فاصله از کاربری گردشگری
یکی از کارکردهای اصلی شهرهای شمال کشور، کارکردی گردشگری آن‌هاست، هر ساله گردشگران زیادی از بخش‌های مختلف کشور روانه این شهرها می‌شوند که در همین راستا گسترش کاربری‌های خدماتی، رفاهی و گردشگری برای مسافران مورد توجه قرار گرفته است. برای تهیه این لایه اطلاعاتی فاصله از کاربری گردشگری از دستور فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد و سطح شهر در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۱۵، جدول ۱۴).

لایه فاصله از کاربری گردشگری
یکی از کارکردهای اصلی شهرهای شمال کشور، کارکردی گردشگری آن‌هاست، هر ساله گردشگران زیادی از بخش‌های مختلف کشور روانه این شهرها می‌شوند که در همین راستا گسترش کاربری‌های خدماتی، رفاهی و گردشگری برای



شکل ۱۵- نقشه فاصله از کاربری گردشگری
Figure 15. Distance map of tourism land use

جدول ۱۴- اطلاعات تکمیلی نقشه فاصله از کاربری گردشگری

Table 14. Additional information of distance map of tourism land use

نام کلاس کاربری	مساحت هر کاربری به هکتار	مساحت هر کاربری به درصد
۰ - ۲۰۰	۲۱۱/۹۱	۶۹/۲۹۳۵
۲۰۰ - ۴۰۰	۷۷۸/۱۲۷۵	۲۵/۷۷۷۴۸
۴۰۰ - ۶۰۰	۶۰/۱۷۷۵	۱/۹۹۳۵۳۵
۶۰۰ - ۸۰۰	۵۱/۳۵۲۵	۱/۷۰۱۱۸۴
۸۰۰ - ۱۲۲۰	۲۱/۴۱۲۵	۰/۷۰۹۳۴۴

مدل تحلیل سلسله مراتبی

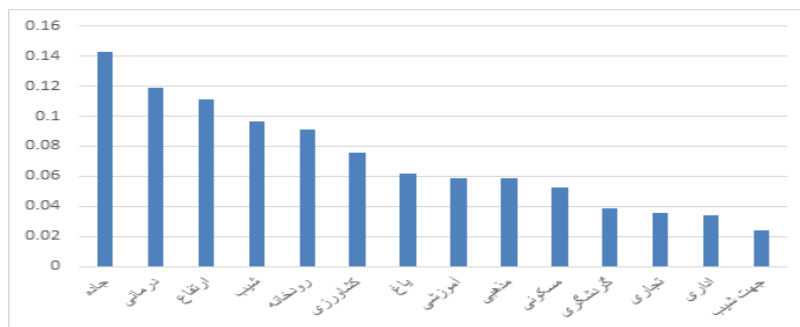
برای نیل به هدف تحلیل سلسله مراتبی نیاز به وزن دهی لایه‌ها بوده، تعداد ۲۵ پرسشنامه‌ای تهیه گردید و در اختیار کارکنان مدیریت بحران استان و شهرداری بابل قرار گرفت و با استفاده از روش میانگین هندسی وزن هر یک لایه‌ها بدست آمد. با توجه به وزن دهی انجام شده و اصول و فرایند سلسله مراتبی، در این مرحله ماتریس مقایسات زوجی برای تمامی معیارهای مؤثر در این پژوهش تهیه شده است. عوامل مؤثر در مکان‌یابی سایت‌های مدیریت بحران عبارتند از لایه‌های اطلاعاتی ارتفاع، شیب، جهت شیب، کاربری اداری، کاربری آموزشی، کاربری تجاری، کاربری درمانی، کاربری فرهنگی و مذهبی، کاربری گردشگری، کاربری مسکونی، کاربری باغی، رودخانه، جاده و کاربری کشاورزی، که نیاز به

مقایسات زوجی باهم دارند. با هدف افزایش دقت حاصل از نتایج به‌دست‌آمده، این مقایسات با استفاده از نظرات کارشناسی و متخصصین در این زمینه انجام گرفته است. سپس به منظور دخالت دادن تمامی نظرات کارشناسی و متخصصین، از کلیه نظرات میانگین گرفته شد. در نهایت وزن‌های نسبی به‌دست‌آمده در نرم‌افزار Expert choice فراخوانی گردید، سپس مقدار وزن نهایی هر معیار طبق جدول شماره ۱۵ و شکل ۱۶ بدست آمده است جدول مذکور به بررسی مقایسه زوجی بین معیارهای مورد استفاده در پژوهش می‌پردازد که ارزش آن بین ۱ تا ۹ است. در این مرحله بر اساس وزن‌های تعیین شده نقشه نهایی پهنه‌هایی مستعد جهت مکان‌یابی سایت‌های مدیریت بحران مشخص گردیده است.

جدول ۱۵- مقادیر وزن نهایی معیارها جهت مکان‌یابی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از مدل AHP

Table 15. Final weight values of criteria for locating crisis management sites using AHP model

معیار	وزن
جاده	۰/۱۴۲۸۴۳
درمانی	۰/۱۱۸۹۶
ارتفاع	۰/۱۱۱۰۲
شیب	۰/۰۹۶۵۷۷
رودخانه	۰/۰۹۰۷۳۸
کشاورزی	۰/۰۷۵۷۸۹
باغ	۰/۰۶۱۹۷
آموزشی	۰/۰۵۸۹۸۶
مذهبی	۰/۰۵۸۴۵۶
مسکونی	۰/۰۵۲۵۵۵
گردشگری	۰/۰۳۸۵۱۶
تجاری	۰/۰۳۵۴۹
اداری	۰/۰۳۳۷۲۷
جهت شیب	۰/۰۲۴۳۷۱



شکل ۱۶- نمودار وزن‌های نهایی معیارها در مدل AHP
Figure 16. Graph of final weights of criteria in AHP model

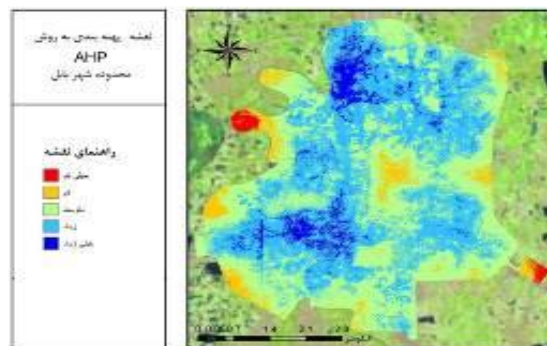
قبول محسوب شود (۱۹ و ۱۸). ضریب ناسازگاری به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر برابر با ۰/۰۸ بوده که نشان‌دهنده قابل قبول بودن اوزان محاسباتی بوده است.

تهیه نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از AHP

با توجه به نتیجه نهایی حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) آستانه ارزش سلول‌ها را برای درک بهتر و انتخاب مکان‌های مناسب برای ایجاد سایت‌های مدیریت بحران به ۵ طبقه تقسیم‌بندی گردید، که شامل مکان‌های مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب بوده است (شکل ۱۷ و جدول ۱۶).

بررسی نرخ ناسازگاری

در این قسمت از پژوهش، اقدام به کنترل سازگاری وزن دهی تصمیم‌گیرندگان با توجه به روابط موجود و بررسی نتایج حاصله از آن بر روی ماتریس مقایسه شده است. با توجه به این موضوع که سازگاری در مسائل تصمیم‌گیری دارای اهمیت بالایی است، بایستی با استفاده از روشی معتبر، سازگاری هر سیستمی را اندازه‌گیری و کنترل نمود. مدل AHP نیز از این قاعده مستثنی نیست، با بررسی نرخ ناسازگاری در صورتی که مقدار آن از حد آستانه کمتر باشد نیازی به تجدیدنظر در قضاوت‌ها نبوده و وزن‌های محاسباتی به‌دست‌آمده بر روی معیارهای ورودی در محاسبات اعمال می‌گردد. در اینجا قابل‌ذکر است که مقادیر نهایی به‌دست‌آمده برای نرخ ناسازگاری باید از ۰/۱ کمتر باشد تا نتیجه مورد



شکل ۱۷- نقشه پهنه‌بندی سایت مدیریت بحران به روش AHP
Figure 17. Crisis management site zoning map by AHP method

جدول ۱۶- اطلاعات تکمیلی پهنه‌بندی سایت مدیریت بحران به روش AHP

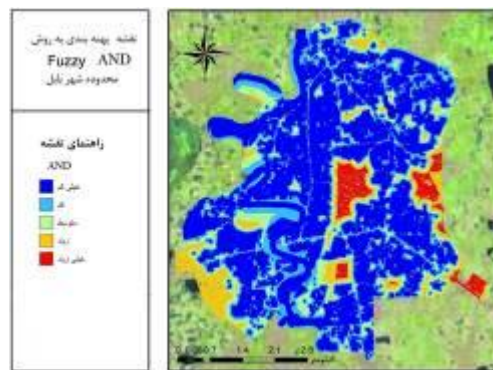
Table 16. Additional information on crisis management site zoning by AHP method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
خیلی کم	۵۵۱۸۱	۱۳۷/۹۵۲۵	۴/۵۷۰۰۳۳
کم	۳۴۱۵۹۲	۸۵۳/۹۸	۲۸/۲۹۰۲۹
متوسط	۴۴۱۰۶۲	۱۱۰۲/۶۵۵	۳۶/۵۲۸۳
زیاد	۳۰۲۴۷۹	۷۵۶/۱۹۷۵	۲۵/۵۱
خیلی زیاد	۶۷۱۳۹	۱۶۷/۸۴۷۵	۵/۵۶۰۳۸۲

نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی AND نحوه کار این عملگر به این صورت است که حداقل درجه عضویت پیکسل‌ها یعنی روش ضرب را بر روی لایه‌ها اعمال کرده را در نقشه نهایی در نظر می‌گیرد که نتیجه آن ارائه یک

نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی AND

نحوه کار این عملگر به این صورت است که حداقل درجه عضویت پیکسل‌ها یعنی روش ضرب را بر روی لایه‌ها اعمال کرده را در نقشه نهایی در نظر می‌گیرد که نتیجه آن ارائه یک



شکل ۱۸- نقشه پهنه‌بندی فازی به روش AND
Figure 18. Fuzzy zoning map by AND method

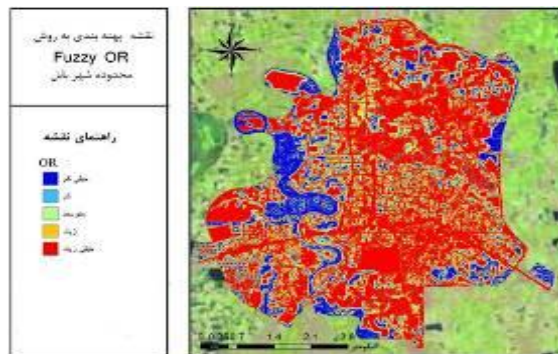
جدول ۱۷- اطلاعات تکمیلی نقشه پهنه‌بندی فازی به روش AND

Table 17. Additional information on fuzzy zoning map by AND method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
خیلی کم	۶۹۳۹۰۷	۱۷۳۲/۲۶۸	۵۷/۳۸۵۸۴
کم	۲۶۰۶۱۱	۶۵۱/۵۲۷۵	۲۱/۵۸۳۵۳
متوسط	۱۲۷۵۶۹	۳۱۸/۹۲۲۵	۱۰/۵۶۵۱۳
زیاد	۸۵۰۰۰	۲۱۲/۵	۷/۰۳۹۶۱۱
خیلی زیاد	۴۱۳۶۶	۱۰۲/۴۱۵	۳/۴۲۵۸۸۹

نتیجه به دلیل نادیده گرفتن وزن‌های پایین پیکسل‌ها نتیجه نهایی یک نقشه بسیار خوش‌بینانه است (یک روش مقایسه ای است، در تحقیق استفاده شده است)، (شکل ۱۹ و جدول ۱۸).

نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی OR
نحوه کار این عملگر به این صورت است که از پیکسل‌های با ارزش بالا در تمام لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در مدل به‌عنوان مقدار عضویت در نقشه نهایی استفاده می‌کند. در



شکل ۱۹- نقشه پهنه‌بندی فازی به روش OR
Figure 19. Fuzzy zoning map by OR method

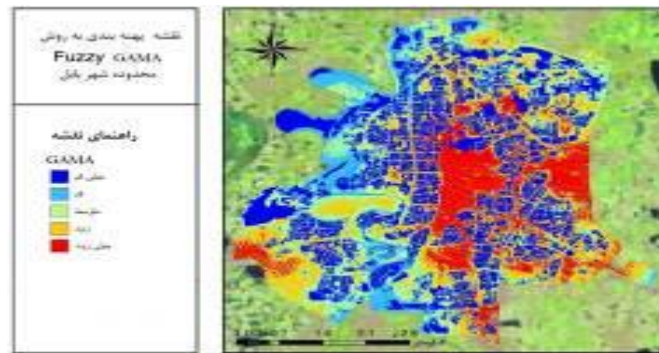
جدول ۱۸- اطلاعات تکمیلی نقشه پهنه‌بندی فازی به روش OR

Table 18. Additional information on fuzzy zoning map by OR method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
خیلی کم	۴۶۱۵	۱۱/۵۳۷۵	۰/۳۸۲۲۰۹
کم	۱۹۰۹۰	۴۷/۷۲۵	۱/۵۸۱۰۱۴
متوسط	۷۴۵۲۸	۱۸۶/۲۲	۶/۱۷۲۳۳۱
زیاد	۲۲۴۸۴۵	۵۶۲/۱۱۲۵	۱۸/۶۲۱۴۳
خیلی زیاد	۸۸۴۳۷۵	۲۲۱۰/۹۳۸	۷۳/۲۴۳۰۲

پارامترهای کاهش و افزایش مقدار گاما را به طور هم‌زمان تلفیق کرد. مقادیری دخالت داده شده در خروجی، حاصل سازگاری انعطاف‌پذیر بین گرایش‌های افزایش و کاهش در عملگر ضرب و جمع فازی است. (شکل ۲۰ و جدول ۱۶).

نقشه پهنه‌بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی GAMA
نحوه کار این عملگر حالت کلی عملگرهای ضرب و جمع است، طوری که با انتخاب صحیح مقدار گاما می‌توان



شکل ۲۰- نقشه پهنه بندی با روش فازی به روش GAMA
Figure 20. Fuzzy zoning map by GAMA method

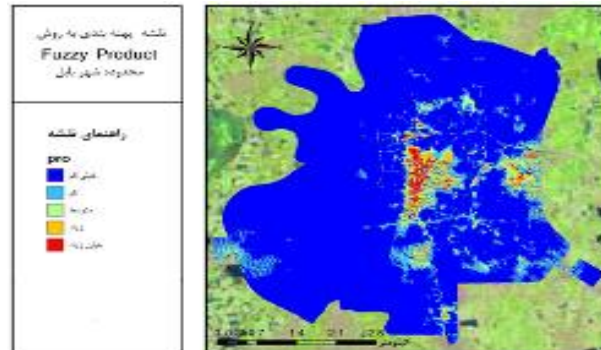
جدول ۱۹- اطلاعات تکمیلی نقشه پهنه بندی فازی به روش GAMA

Table 18. Additional information on fuzzy zoning map by GAMA method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
خیلی کم	۳۷۸۴۶۴	۹۴۶/۱۶	۳۱/۳۴۳۹۹
کم	۱۵۶۵۲۵	۳۹۱/۳۱۲۵	۱۲/۹۶۳۲۴
متوسط	۲۶۷۵۸۱	۶۶۸/۹۵۲۵	۲۲/۱۶۰۷۸
زیاد	۲۵۷۲۴۳	۶۴۳/۱۰۷۵	۲۱/۳۰۴۶
خیلی زیاد	۱۴۷۶۴۰	۳۶۹/۱	۱۲/۲۲۲۳۹

ضرب می‌کند. در واقع این عملگر موجب کاهش عضویت نهایی می‌گردد و نتیجه آن تعلق وزن بسیار کوچکی به هر موقعیت است که در صورت زیاد بودن لایه‌های اطلاعاتی ورودی مقدار آن به صفر میل می‌کند (شکل ۲۱ و جدول ۲۰).

نقشه پهنه بندی سایت‌های مدیریت بحران با استفاده از عملگر فازی Product
نحوه کار این عملگر به این صورت است که درجه عضویت یک موقعیت در لایه‌های اطلاعاتی مختلف را در هم



شکل ۲۱- نقشه پهنه بندی سایت مدیریت بحران با روش فازی Product
Figure 21. Crisis management site zoning map with fuzzy Product method

جدول ۲۰- اطلاعات تکمیلی نقشه پهنه بندی سایت مدیریت بحران با روش فازی Product

Table 20. Additional information of crisis management site zoning map with fuzzy Product method

نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
خیلی کم	۱۰۲۶۱۹۷	۲۵۶۵/۴۹۳	۸۴/۹۸۸۵۷
کم	۱۰۵۰۳۰	۲۶۲/۵۷۵	۸/۶۹۸۴۷۵
متوسط	۴۲۳۳۴	۱۰۵/۸۱	۳/۵۰۵۲۳
زیاد	۲۳۵۶۲	۵۸/۹۰۵	۱/۹۵۱۳۸
خیلی زیاد	۱۰۳۴۰	۲۵/۸۵	۰/۸۵۶۳۴۸

با توجه به وضعیت منطقه مورد مطالعه شناسایی گردید. در مرحله بعدی، اقدام به آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی متعلق به هر یک از معیارها گردید. در این پژوهش لایه‌های اطلاعاتی که از منابع مختلف تهیه گردید، در محیط نرم‌افزار Arc GIS و Arc View با فرمت Shape file در پایگاه داده

نتایج و بحث
در این پژوهش برای نیل به مکان یابی بهینه سایت مدیریت بحران در شهرستان بابل، ابتدا با مطالعه تحقیقات داخلی و خارجی و همچنین با استفاده از نظرات کارشناسان مربوطه عوامل مؤثر در مکان‌یابی سایت‌های مدیریت بحران

متوسط نیز ۱۱۰۳ هکتار معادل ۳۶/۵ درصد از کل کاربری شهری را به خود اختصاص داده است. کلاس‌هایی با قابلیت کم و خیلی کم که مناطق بی‌اهمیت را نشان می‌دهد نیز جمعا ۹۹۲ هکتار معادل ۳۲/۹ درصد از کل کاربری شهری را پوشش داده است.

با استفاده از عملگرهای فازی نقشه‌های متفاوت و گوناگونی برای پهنه‌بندی سایت مدیریت بحران تولید گردید (شکل ۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۲۱). عملگرهای فازی این قابلیت را می‌دهد که به نتایج گوناگونی دست یافت و از میان آن‌ها بر حسب نیاز کارشناسان، شرایط حاکم بر شهر و مسائل موجود در آن بهره برد. عملگرهای فازی حدود آستانه را مشخص می‌کنند اما به دلیل ارائه نتایج نامتعارف نتایج قابل قبول و درستی ارائه نداده‌اند. نتایج خروجی در مدل تحلیل سلسله مراتبی نتیجه ترکیب لایه‌های استاندارد شده توسط کارشناسان بوده است، از این رو کارشناسان توانایی کنترل نتیجه و خروجی مدل را دارند و همین اصلی‌ترین تفاوت آن با مدل عملگر فازی بوده است. به طوری که با تغییر دادن وزن‌ها نتایج خروجی مدل متفاوت می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت که برای مدیریت شهری و تصمیم‌گیری بهتر استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان دقیق‌ترین روش توصیه می‌شود. در بررسی پژوهش دیگران، شجاع عراقی و همکاران (۲۲)، در پژوهشی به مکان‌یابی پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در منطقه ۶ شهرداری تهران پرداختند. اجتماع AND و اشتراک OR بهترین روش برای پهنه‌بندی دانسته‌اند در حالی که پهنه‌بندی بابل بهترین روش AND بوده است (براساس مقایسه جدول ۱۶ و ۱۷ با جداول ۱۸، ۱۹ و ۲۰) و OR نتیجه نامطلوب داشته است. ولی بیگی و همکاران (۲۵)، در مطالعه خود تحت عنوان به‌کارگیری تحلیل چند معیار برای مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های پشتیبانی مدیریت بحران در شهرک باغمیشه تبریز بیان نمودند مهمترین معیار را در پهنه‌بندی نزدیکی به راه دانسته‌اند. در راستای پژوهش ما فاصله از جاده، فاصله از کاربری درمانی و ارتفاع بیشترین تاثیر را داشته است.

تقدیر و تشکر

از زحمات جناب آقای مهندس غلام نیا که در انجام مراحل تحقیق ما را یاری رساندند، کمال قدردانی و تشکر را داریم.

خود ذخیره گردید و لایه‌های اطلاعاتی هر کدام برای استفاده در مکان‌یابی پهنه‌های بهینه تهیه گردید و ارزش منطقه مطالعاتی از نظر تمامی معیارها به‌صورت کمی و واحد یکسان (مقادیر بین ۰ تا ۱) مشخص شد، سپس با استفاده از منطق فازی اقدام به ارزش‌گذاری معیارها گردید.

سیستم‌های اطلاعات مکانی مبتنی بر منطق فازی از انعطاف بالایی در تصمیم‌گیری برخوردار بوده و نتایج بهتری را برای تصمیم‌گیرندگان ارائه می‌دهد (۱۲). در اینجا با استفاده از توابع عضویت فازی که دستورات آن‌ها در نرم‌افزار GIS موجود است، منطقه مطالعاتی در تمامی لایه‌های اطلاعاتی موجود بین ۰ تا ۱ ارزش‌گذاری شده است.

با استفاده از نظرسنجی کارشناسان و متخصصین مشخص شده که هر معیار (لایه‌های مورد استفاده) در مکان‌یابی سایت‌های مدیریت بحران تاثیر متفاوتی خواهد داشت و با توجه به میزان تاثیر هر کدام باید وزن دهی گردند. در این مرحله با استفاده از مدل AHP وزن دهی معیارها در قالب مقایسات زوجی و با استفاده از نظر کارشناسی انجام گرفت. این مدل به دلایلی چون کاربر مینا بودن، استفاده از نظر کارشناسی، بکارگیری هر تعداد معیار در روند کار، سادگی و دقت بالا، توانایی مدل کردن معیارهای کمی و کیفی و توانایی در بررسی سازگاری در قضاوت‌ها، جزء یکی از کاربردی‌ترین و معتبرترین مدل وزن‌دهی شناخته شده است (۱۲). در این پژوهش نیز وزن‌دهی معیارها با استفاده از این روش و در فضای نرم‌افزاری Expert choice انجام شد، در بین معیارهای مورد استفاده در پژوهش معیارهای فاصله از جاده، فاصله از کاربری درمانی و ارتفاع به ترتیب با وزن‌ها ۰/۱۴۳، ۰/۱۲ و ۰/۱۱ بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و کمترین وزن‌ها متعلق به معیارهای فاصله از کاربری تجاری، فاصله از کاربری اداری و جهت شیب هر کدام به ترتیب با وزن‌های ۰/۰۳۵۴، ۰/۰۳۴ و ۰/۰۲۴۴ بوده است.

با توجه به نقشه ۱۷ نتیجه نهایی و نقشه خروجی حاصل از مدل تحلیل سلسله مراتبی آستانه ارزش سلول‌ها در ۵ طبقه تقسیم‌بندی گردید (جدول ۱۶)، که شامل مکان‌های با قابلیت خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم بوده است. کلاس با قابلیت خیلی زیاد ۱۶۸ هکتار مساحت معادل ۵/۵۶ درصد کل مساحت شهری را به خود اختصاص داده است، کلاس با قابلیت زیاد با مساحتی بالغ بر ۷۵۶ هکتار معادل ۲۵ درصد از مساحت شهری را پوشش داده است و کلاس با قابلیت

منابع

1. Aghamiri, R. and M. Yazdani. 2009. Comprehensive knowledge of urban development areas: (from Mashhad to Babolsar). Publisher of the Islamic Council of Babolsar Municipality, (In Persian).
2. Aminzadeh, B. and Z. Adeli. 2014. Assessing the vulnerability of urban tissues in the event of an earthquake crisis (Case study: Qazvin city areas). City Identity Journal, 8(20): 5-16 (In Persian).
3. Amiri, F. and J. Abedi Kopaei. 2005. Selection of the most appropriate frequency distribution for predicting maximum instantaneous discharge using AHP method. Third National Conference on Erosion and Sediment, Tehran (In Persian).
4. Asadi Nilvan, O., A. Sadodin, Gh. Karami and V. Sheikh. 2020. Identification of Groundwater Potential Zones using Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process (AHP) (Case Study: Hable-rud River Basin-Iran). Journal of Watershed Management Research, 11(21): 36-47 (In Persian).

5. Babagey, N. 2015. Factors Affecting the Growth of Physical Structure of Medium-Sized Cities in Iran (Case Study: Babol). M.Sc. Thesis, Payame Noor University of South Tehran, Iran (In Persian).
6. Barzegar, S., A. Sheykhazami and R. Yazarloo. 2018. Analysis and study of urban hierarchy model in Mazandaran province. *Regional Planning Quarterly*, 8(30): 77-88 (In Persian).
7. Donevska, K., R. Gorsevski, P.V. Jovanovski and I. Peševski. 2012. Regional non-hazardous landfill site selection by integrating fuzzy logic, AHP and geographic information systems. *Environmental Earth Sciences*, 67(1): 121-131.
8. Ghodsipour, H. 2000. Analytic Hierarchy Process (AHP). 1stedn., Amir Kabir University of Technology, 222 pp (In Persian).
9. Habibi, K. and S. Nazari Abdoil. 2007. Implementation of Hierarchical Analysis Algorithm in GIS Environment for Optimal Location of Urban Public Spaces (Case Study: Sports Spaces in Tehran's Sixth District). *Geomatics Conference, National Surveying Organization, Tehran, Iran* (In Persian).
10. Hong, L. and Z. Xiaohua. 2011. Study on location selection of multi-objective emergency logistics center based on AHP. *Procedia Engineering*, 15: 2128- 2132.
11. Mehdipour, F., F. Mesgari and M. Saadi. 2007. Pattern for location based on multi-criteria decision methods in GIS. *Geomatics Conference, Geological Survey and Mineral Exploration Organization, Tehran, Iran*, 86-90 pp (In Persian).
12. Mohammadi, D., H. Jalali and B. Saedi. 2016. Landslide Hazard Zoning Using Fuzzy Hierarchical Analysis with Emphasis on Slope Shape Factors (Case Study: Kamyaran County). *Journal: Geography and Development*. 43: 191-209 (In Persian).
13. Mohammadi, P. and A. Amid. 2010. Integrated fuzzy VIKOR and fuzzy AHP model for supplier selection in an agile and modular virtual enterprise application of FMCDM on service companies. *The Journal of Mathematics and Computer Science*, 4(1): 413-434.
14. Mosaffaie, J., M. Kamali, A. Salehpour Jam, K. Shahedi, K. Soleimani and A. Gomrokchi. 2020. Evaluation the Efficiency of AHP Model in Prioritizing of Barajin Sub Watersheds from Flood Potential Viewpoint. *Journal of Watershed Management Research*, 11(21): 48-58 (In Persian).
15. Nasiri Hendkhaleh, A., M. Hosseini Far and A. Ahmadi. 2016. The Impact of Migration on Urban Development Using SWOT Model, Case Study: Babol. *Bi-Quarterly Journal of Urban Ecology Research*, 2(14): 55- 66 (In Persian).
16. Rahimi, M. and N. Afsharmanesh. 2019. Locating crisis management support bases using AHP and GIS techniques; (Case study: Shahrababak). *Journal of Natural Environment Hazards*, 16 (2): 88-65 (In Persian).
17. Rafe Abdolhadi Semisem, S., R. Shad, H. Etemadfar and M. Ghaemi. 2020. Evaluation of landfills in the city of Karbala using a combination of AHP and TOPSIS methods. *10th National Conference on Environment, Energy and Sustainable Natural Resources. Tehran* (In Persian).
18. Saaty, T.L. 1990. An Exposition of the AHP in Reply to the Paper "Remarks on the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, 36(3): 259-268 pp.
19. Saaty, T.L. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, 48(15): 9- 26.
20. Salari, M., H. Moazed and F. Radmanesh. 2012. Location of municipal waste landfill using AHP_FUZZY model in GIS environment (Case study: Shiraz). *Toloo Behdasht*, 11(1): 96-109 (In Persian).
21. Shad, R., H. Mesgari and E. Vafaenezhad. 2009. Design and implementation of applied GIS for locating industrial estates using fuzzy models. *Faculty of Engineering, University of Tehran*. 43(4): 417-429 pp (In Persian).
22. Shoja Iraqi, M., S. Tavalaii and P. Ziaeiian. 2011. Optimal location of crisis management support with using GIS. *Quarterly Journal of Regional Urban Studies and Research*, 3(10): 41-60 (In Persian).
23. Trivedi, A. and A. Singh. 2017. A hybrid multi-objective decision model for emergency shelter location-relocation projects using fuzzy analytic hierarchy process and goal programming approach. *International Journal of Project Management*, 35(5): 827-840.
24. UNISDR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2012. How to Make Cities More Resilient: A Handbook for Local Government Leaders: A Contribution to the Global Campaign, Making Cities Resilient-My City is Getting Ready! UNISDR.
25. Valibigi, M., M. Saleki and M. Qasemi. 2016. Applying Multi-Criteria Analysis for Optimal Location of Crisis Management Support Bases (Case Study: Baghmisheh Town, Tabriz). *Quarterly Journal of Crisis Prevention and Management Knowledge*. 6(2): 108-119 (In Persian).
26. Zand Moghaddam, M. 2019. Investigating the location of crisis management bases in District 11 of Tehran Municipality. *Quarterly Journal of New Attitudes in Human Geography*, 10(4): 314-295 (In Persian).

Site Selection of Crisis Management Bases using AHP Method and Fuzzy Logic

Atikeh Afzali¹ and Ali Sirjani²

1- Graduate of PhD in Natural Resources Engineering, Watershed Management,
(Corresponding Author: afzali_atikeh@yahoo.com)

2- Graduate M.Sc. of Surveying (GIS), Arian Institute of Higher Education, Science and Technology

Received: 13 February, 2021

Accepted: 14 August 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Nowadays, it is necessary to use the facilities available in the communities to prevent all kinds of possible crises or to reduce the amount of damage. To deal with these crises, it is necessary to establish crisis management centers with the aim of carrying out preventive measures, crisis preparedness and response, providing relief to crisis areas, and temporary accommodation of victims. This study was conducted with the aim of locating the optimal areas for the construction of crisis management sites in the city of Babol.

Material and Methods: In this study, effective criteria include of slope, slope direction, altitude, distance from commercial, medical, administrative, disciplinary, religious, educational use, distance from road and river in the location have been selected and weighted by experts with AHP method. After synchronizing all information layers, hierarchical analysis algorithms and fuzzy algorithms were applied to them in order to find the optimal location.

Results: The results showed that, in AHP zoning, an area of 168 hectares, equivalent to 5.56 percent, has the best conditions for creating a crisis management site in the city of Babol. In fuzzy method, four operators in cloud of GAMA, Product, AND, OR were used. The AND operator had a better result than the other operators. In the operator, 103 hectares' area of the city equals 3.4 percent, is prone to creating a crisis management site.

Conclusion: The output of the models designed by the hierarchical method and fuzzy logic were different. The reason for this difference was considering the criteria with the same weight in the fuzzy model and considering the layers with different weights in the AHP model. The output results of the AHP model, which was a combination of standardized information layers using the opinions of experts, were more accurate due to the involvement of expert opinions.

Keywords: AHP, Babol, Crisis Management, Environmental hazards, Fuzzy Logic, GIS, Location