

مسیریابی بهینه امداد رسانی در بافت‌های کالبدی آسیب‌پذیر به منظور تخلیه اضطراری جمعیت به هنگام حوادث ناگهانی (مطالعه موردی: شهر سقز)

علی مطهری^۱، محمدرضا روزبهانی^۲، محمد رسولی^۳، احمد کریمی^۴

۱. استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۲. استادیار گروه علوم انسانی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۳. دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه علوم انسانی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۴. مربی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول، Email: m626644@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۰ آبان ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳ اسفند ۱۴۰۲

چکیده

مقدمه: تخلیه اضطراری افراد آسیب‌دیده، نجات‌یافتگان از آسیب یا در معرض آسیب به مناطق امن از فعالیت‌های اصلی و مهم، بعد از وقوع حوادث غیرمترقبه به شمار می‌رود.

هدف: پژوهشی حاضر سعی بر تحلیل و بررسی مسیر بهینه امداد رسانی به منظور تخلیه اضطراری آسیب‌دیدگان به مناطق امن، از بافت‌های آسیب‌پذیر شهر سقز به هنگام حوادث ناگهانی داشته است.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر به روش توصیفی-تحلیلی انجام شده است و اطلاعات مورد نیاز از طریق کتابخانه‌ای (طرح‌های تفصیلی، جامع شهری، آمارنامه‌ها) و برداشت میدانی اخذ گردیده است. بدین منظور آسیب‌پذیری کالبدی محلات با استفاده از مدل Saw اولویت‌بندی شده و در وهله بعدی با استفاده از مدل تحلیل شبکه مسیرهای بهینه جهت امداد رسانی و تخلیه اضطراری جمعیت به نقاط امن تعیین شده است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: قلمرو جغرافیایی این پژوهش شهر سقز دومین شهر بزرگ استان کردستان است.

یافته‌ها و بحث: یافته‌ها نشان داده است که با توجه به رتبه‌بندی تکنیک Saw محلات ۱، ۶، ۱۸، ۱۹، ۱۶ و ۱۷ که در قسمت مرکز، شمال شرقی و جنوب غربی شهر قرار گرفته‌اند با آسیب‌پذیری کالبدی بالا و از نقاط ناامن در برابر حوادث ناگهانی می‌باشند و با استفاده از مدل تحلیل شبکه مسیرهای بهینه در محلات با آسیب‌پذیری کالبدی بالا به جهت رسیدن به ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مراکز درمانی، بیمارستان و پارک‌ها در دو مسیر ۱ و ۲ به عنوان مسیرهای اصلی و فرعی منتخب، به لحاظ عریض بودن و فاصله از جایگاه‌های سوخت و رودخانه مشخص شده‌اند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این تحقیق مسیرهای واقع شده در مسیر اصلی به لحاظ دسترسی و پهنای مسیرها و همچنین سرعت و زمان امداد رسانی بهترین گزینه جهت امداد رسانی بوده‌اند.

کلیدواژه‌ها: مسیریابی، آسیب‌پذیری کالبدی، تخلیه اضطراری، محلات شهر سقز.

مقدمه

حوادث طبیعی بدون آنکه بشر قادر به تأثیرگذاری مستقیم بر آن باشد اتفاق می‌افتد و زندگی اجتماعی را به مخاطره می‌اندازد (سماکوش و همکاران، ۱۴۰۰: ۲۵)، این حوادث سالانه به‌طور متوسط بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارت مالی و بیش از ۱۵۰۰۰۰ نفر تلفات جانی بر کشورها و به‌ویژه کشورهای درحال توسعه وارد می‌کند (بهارلویی، ۱۳۹۷: ۲). ایران نیز از این نظر جزء ده کشور با بالاترین آسیب‌پذیری از بلایای طبیعی به شمار می‌آید (حیدری‌فر و محمودی، ۱۴۰۰: ۱۲۰) که در این میان بلایای طبیعی یکی از مهم‌ترین آنها است. پدیده‌های طبیعی زمانی مخاطره‌آمیز و بحران‌آفرین است که جامعه نسبت به آن آسیب‌پذیر بوده و آمادگی لازم برای رویارویی با آن نداشته باشد. تجربه بلایای طبیعی اتفاق افتاده در کشور نشانگر این موضوع است که در جامعه آمادگی لازم برای رویارویی با پدیده‌های طبیعی وجود نداشته است. مخاطرات محیطی و مسائل مربوط به آسیب‌های ژئوفیزیکی همواره تهدیدی برای مراکز انسانی می‌باشد (صادقی و جوان، ۱۴۰۳: ۸۶). به‌طوری‌که ادامه این روند و عدم توجه به عوامل اساسی در آسیب‌پذیری مساکن و ساختارهای شهری در برابر بلایای طبیعی به‌ویژه زلزله خسارت‌های جبران‌ناپذیری را بر پیکره جامعه وارد می‌کند (غضنفرپور، ۱۳۹۸: ۱۲۴)؛ بنابراین این سوانح نیازمند بسیج فوری و اقدام مسئولان برای تأمین مواد و تجهیزات لازم و خدمات خواسته‌شده توسط قربانیان می‌باشند (Apte, 2009: 3).

در شرایط کنونی که تعداد و نوع بحران‌ها و آسیب‌ها به شدت افزایش یافته (سلیمی‌سبحان و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۷)، در این شرایط یکی از مراحل اولیه مدیریت بحران؛ تخلیه اضطراری جمعیت است که در کمترین زمان ممکن به‌منظور جابجا کردن آسیب‌دیدگان انجام می‌شود (Yi, & Özdamar, 2007: 1193) و تأثیر بسزایی در تسریع سرعت امداد رسانی و کاهش مرگ‌ومیر دارد (Abdelghany et al, 2014: 1) مسئله اصلی و اساسی در مدیریت تخلیه اضطراری؛ هدایت و راهنمایی مردم در مسیرهای مناسب و بهینه به‌منظور رسیدن به مناطق امن و کم‌خطر است. لذا برای سرعت بخشیدن به تخلیه مناطق پرخطر، لزوم طرحی مناسب و کارآمد برای مسیریابی بهینه بسیار ضروری است (طالعی و همکاران، ۱۳۹۰: ۸۴). در این راستا شناسایی نقش و ظرفیت اتوبوس‌های تندرو در عملیات امداد و نجات و اقدامات فوری پس از وقوع تهدید و عملیات تخلیه افراد از محل خطر و همچنین پیش‌بینی‌ها و ملاحظات لازم جهت کمینه‌سازی آسیب‌پذیری و آثار مخرب فاجعه‌بار ناشی از آن می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در کاهش آسیب‌پذیری داشته باشد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲). در این راستا استفاده از الگوریتم‌های مسیریابی جدید در مناطق شهری می‌تواند مناطق شهری را به شکلی مناسب و بهینه ساماندهی کند (ذوالفقاری و کرکه ابادی، ۱۳۹۲: ۲۰). در چنین شرایطی می‌توان گفت که سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت بحران نقشی اساسی خواهد داشت. به‌نحوی که می‌تواند مکان دقیق رخداد و حادثه را شناسایی و کوتاه‌ترین و مناسب‌ترین مسیر را در سریع‌ترین زمان ممکن برای امداد رسانی مشخص می‌کند (بازرگانی و امیرفخریان، ۱۳۹۶: ۳۶). در این راستا اهمیت و ضرورت تحقیق از آنجا ناشی می‌شود که در صورت وقوع حوادث ناگهانی و بعد از آن، دسترسی مستقیم به تمام نقاط آسیب‌پذیر امکان‌پذیر نیست و اگر برنامه‌ریزی مناسبی انجام نگیرد، هرج‌ومرج، هزینه و اتلاف وقت، به وجود می‌آید و در این صورت ممکن است جان افراد بسیاری به خطر بیفتد و تخلیه و هدایت مردم در مسیرهای بهینه برای دستیابی به مناطق امن مشکل و سخت گردد. از این‌رو به دلیل لزوم تسریع تخلیه منطقه در معرض خطر، وجود یک طرح مسیریابی بهینه و کارآمد می‌تواند در شهر حادثه‌خیز سقز بسیار ارزشمند باشد. شهر سقز به‌عنوان دومین شهر بزرگ استان کردستان یکی از ۵ شهر زلزله‌خیز استان محسوب می‌گردد. گسل‌های موجود در محدوده شهر سقز در طول و امتداد رودخانه (چم ولیخان) و گسل سنته با راستای شمال شرقی - جنوب شرقی و طول نزدیک به ۵۰ کیلومتر در شرق سقز است که بر اساس نقشه سائزموکتونیک و زمین‌لرزه‌هایی که در گذشته رخ داده است؛ امکان وقوع زمین‌لرزه‌هایی با شدت زیاد نیز در شهر سقز وجود دارد. همین‌طور وقوع سیل در سال‌های اخیر که خود منجر به آسیب دیدن بخش زیادی از منازل مسکونی مناطق آسیب‌پذیر مرکز شهر و همچنین واحدهای صنفی و خدماتی شده است و باید خاطرنشان کرد که این شهر با قدمتی چندین هزارساله دارای بافت فرسوده قابل‌توجهی است. بافت قدیمی و فرسوده این شهر به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر، منطبق بر بخش

مرکزی شهری می‌باشند و بر اساس آمار مصوب راه و شهرسازی سال ۱۳۹۳ بالغ بر ۲۹۰ هکتار می‌باشند (به نقل از فرماندار شهرستان سقز، ۱۳۹۳). لازم به ذکر است که از ویژگی‌های بافت‌های فرسوده ریزدانی، نفوذناپذیری، مصالح کم‌دوام (خشت و گل)، عدم رعایت اصول ساخت‌وساز، رشد ارگانیک و قدمت بالا است، بنابراین با آسیب جدی این بافت‌ها، کل سیستم شهر می‌تواند با مشکل جدی روبرو گردد. بدین منظور تحقیق حاضر سعی دارد با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی بهترین مسیرهای امداد رسانی به هنگام حوادث ناگهانی را مشخص سازد و سعی در پاسخگویی به سؤالات زیر برآید:

- مهم‌ترین مؤلفه‌ها در امداد رسانی به هنگام حوادث ناگهانی در شهر سقز کدام‌اند؟
- مطلوب‌ترین مسیرهای امداد رسانی جهت تخلیه اضطراری جمعیت به هنگام حوادث ناگهانی در شهر سقز کدام‌اند؟

در همین راستا چارچوب نظری تحقیق حاضر بدین شرح تنظیم شده است:

آسیب‌پذیری به عنوان یکی از مفاهیم کلیدی در مدیریت بحران، به میزان حساسیت و تأثیرپذیری یک منطقه یا جامعه از مخاطرات طبیعی اطلاق می‌شود (صادقی و جوان، ۱۴۰۴: ۱۵۵). درباره آسیب‌پذیری دیدگاه‌های مختلفی مطرح شده است. آسیب‌پذیری به عنوان شرایط متحمل شدن خسارت (انسانی، فیزیکی، اقتصادی، طبیعی و اجتماعی) ناشی از یک رویداد مخاطره‌آمیز تعریف شده (دادبود و زنگی آبادی، ۱۳۹۹: ۲۷۲)، که حساسیت و شکنندگی یک جامعه را افزایش می‌دهد (سرور و کاشانی اصل، ۱۳۹۴: ۹۲). در این میان بعد کالبدی محسوس‌ترین بخش است. از نظر فنی، آسیب‌پذیری کالبدی نشان‌دهنده درجه از دست دادن یک عامل خاص یا مجموعه‌ای از عوامل است که در منطقه تحت تأثیر خطر اتفاق می‌افتد (Bera, 2020: 2). آسیب‌پذیری کالبدی، بیشتر بر قرارگیری عناصر کالبدی در معرض آسیب در عرصه‌های مکانی دلالت دارد. این نوع آسیب‌پذیری به‌طور اساسی متأثر از مکتب برنامه‌ریزی کاربری اراضی، مهندسی و معماری است. آسیب‌پذیری فیزیکی تابع مسائلی نظیر (سن، نوع طراحی، نوع و کیفیت مصالح، کیفیت اجزا و ...) است (مهدوی و هزاریان، ۱۳۹۶: ۳۱) و ابعاد کالبدی مؤثر بر میزان آسیب‌پذیری را می‌توان به شرح ذیل تقسیم نمود: ساختار و بافت شهر، کاربری اراضی و تأسیسات و زیرساخت‌های شهری (امین زاده و عادل، ۱۳۹۳: ۷). امکان بروز خطرات و بلایای طبیعی و غیرطبیعی در مناطق آسیب‌پذیر، ضرورت توجه به تخلیه سریع و ایمن را در این مناطق با در نظر گرفتن مدل‌ها و راهکارهای ویژه مطرح ساخته و با در نظر گرفتن روش‌ها و مدل‌های جدید امکان سازمان‌دهی مجدد مسیرهای حمل‌ونقل مناطق آسیب‌پذیر به‌نگام تخلیه فراهم شده است (Bretschneider & Kimms, 2011: 523). تخلیه برای کاهش خسارات جانی و مالی مورد نیاز است و اگر مسیرهای بهینه جهت تخلیه جمعیت مناطق آسیب‌پذیر از قبل شناسایی شوند امکان تخلیه سریع‌تر و ایمن‌تر فراهم شده و خطرات جانی و مالی را نیز کاهش می‌دهد (Chen et al, 2020: 1). تخلیه اضطراری مناطق آسیب‌پذیر به محدودیت‌های مکانی و زمانی به‌منظور تخلیه ایمن و کارآمدتر، با در نظر گرفتن شبکه حمل‌ونقل محلی و منطقه‌ای و دسترسی به پناهگاه‌های از پیش تعیین شده و یا موقت اشاره دارد (Strader et al, 2019: 5). تخلیه اضطراری برای محافظت از جمعیت ساکن در مناطق شهری در برابر حوادث خطرناکی مانند آتش‌سوزی، زلزله، طوفان و حوادث صنعتی امری ضروری است و می‌توان گفت که مدیریت اضطراری مؤثر بسیار وابسته به دانش کافی در مورد مسیرهای پرتراфик به‌منظور تخلیه اضطراری است (Brachman & Dragicevic, 2014: 15) و در کشورهایی همچون ایران، تجربیات مخاطرات طبیعی در بافت‌های آسیب‌پذیر نشان می‌دهد که مسیریابی بهینه جمعیت در این مناطق به هنگام حوادث ناگهانی بسیار حائز اهمیت است. پژوهش‌هایی که در راستای پژوهش مورد بررسی انجام شده است را می‌توان به شرح زیر بیان نمود.

برناردینی^۱ و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی به نام سیستم پویای هدایت عابر پیاده جهت تخلیه اضطراری ایمن‌تر در مسیرهای شهری، تأثیر عوامل اصلی محیطی و ایمنی را بر رفتار عابرین پیاده، مسیرها، احتمال انسداد خیابان‌ها،

شرایط ازدحام در مسیرها، وجود خطرات احتمالی، دید بصری و سایر ویژگی‌ها را در نظر گرفته است؛ که نتایج نشان داده است سطح ایمنی افراد بهنگام استفاده از سیستم Speed Guides افزایش یافته است. ژائو^۱ و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی با عنوان ارزیابی ریسک مخاطرات شهری و دسترسی به امداد و نجات جهت تخلیه جمعیت سه مدل کمی برای تجزیه و تحلیل خطرات احتمالی، قابلیت دسترسی برای عملیات نجات و تأثیر بالقوه تخلیه انبوه در مناطق آسیب پذیر ارائه داده است. ماکسیم^۲ و همکاران (۲۰۱۹)، پژوهشی با عنوان توسعه مدل‌های آماری جهت بهبود کارایی تخلیه اضطراری جمعیت مناطق آسیب پذیر باهدف بررسی تأثیرات طیف گسترده‌ای از عوامل مختلف (از جمله ویژگی‌های مسیر تخلیه، شرایط رانندگی و ویژگی‌های ترافیکی) در مناطق آسیب پذیر تلاهاسی انجام داده‌اند؛ که نتایج نشان داد که سن، جنسیت، اختلالات بینایی، تعداد خطوط و پیشروی در مسیرها ممکن است بر توانایی رانندگی افراد در طول روند تخلیه اضطراری مناطق آسیب پذیر تأثیر بگذارد. کاکو^۳ و همکاران (۲۰۲۰)، تحقیقی با عنوان بهترین روش ممکن جهت تخلیه جمعیت مناطق آسیب پذیر انجام داده است؛ که در این پژوهش با استفاده از تجزیه و تحلیل موضوعی، مضامین مربوط به برنامه ریزی، احداث و مدیریت مراکز تخلیه برای ساکنین مناطق آسیب پذیر ژاپن را مورد بررسی قرار دادند؛ و یافته‌های پژوهش نشان داده است که آموزش و تمرین‌های لازم برای کلیه ذینفعان شرکت کننده جهت تخلیه، عملیاتی ضروری است. رحمان^۴ و همکاران (۲۰۲۱)، تحقیقی با عنوان مدل سازی تخلیه اضطراری جمعیت با استفاده از GIS و سنجش از دور؛ مطالعه موردی شمال شرقی بنگلادش انجام دادند که در این پژوهش از مدل‌های تخصیص مکانی (LAM)، شبکه عصبی لونیگ-مارکوارت (LM-BP)، شبکه‌های عصبی زنجیره تصمیم (DT) و روش تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) برای شناسایی توزیع بهینه مکانی مراکز تخلیه اضطراری (EEC) مانند مدارس، کالج‌ها، بیمارستان‌ها و ایستگاه‌های آتش نشانی برای بهبود برنامه ریزی تخلیه اضطراری منطقه سیلپت در شمال شرقی بنگلادش استفاده شد؛ که نتایج نشان داد که EEC های موجود به طور مطلوب توزیع نشده‌اند و بعضی از مناطق توسط EEC ها به اندازه کافی سرویس دهی نشده‌اند. در این راستا توزیع مناسب EEC ها به منظور تخلیه اضطراری جمعیت می‌تواند به کاهش تلفات جانی، تلفات مالی و بهبود عملکرد تخلیه اضطراری جمعیت کمک کند. لیو^۵ و همکاران (۲۰۲۱)، تحقیقی با عنوان تخلیه جمعیت و مدیریت اضطراری به هنگام حوادث انجام دادند. در این تحقیق، محققان تخلیه جمعیت و مدیریت اضطراری را بر اساس داده‌های مستخرج از مطالعات کتابخانه‌ای و با استفاده از رویکردهای کتاب سنجی مربوطه مورد تحلیل قرار دادند؛ و پژوهش در سه مرحله صورت پذیرفته است؛ در مرحله اول تجزیه و تحلیل استنادی مدنظر بوده، در وهله بعدی یافته‌های سایر محققان مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و در وهله آخر مکان‌های پیشنهادی جهت تخلیه جمعیت، شناسایی و جهت مطالعات آینده پیشنهاد داده شده است. طالعی و همکاران (۱۳۹۰)، در پژوهشی بانام مسیریابی بهینه در محیط GIS برای تخلیه اضطراری، از الگوریتم دایجسترا برای تخلیه اضطراری آسیب دیدگان در مسیرهای بهینه استفاده کردند؛ و به صورت واقعی در شبکه معابر شهری واقع در منطقه ۷ تهران مورد آزمون قرار دادند. حسابی و ذوقیان (۱۳۹۴)، تحقیقی با عنوان مسیریابی بهینه امداد رسانی به مصدومان زلزله انجام دادند که از مدل سه بعدی و با به کارگیری پارامترهای ارتفاع و قدمت ساختمان‌ها، مسافت و عرض معابر هر مسیر، بهترین مسیر از میان مسیرهای پیشنهادی انتخاب کرده‌اند. دادبود و زنگی آبادی (۱۳۹۹)، تحقیق با عنوان آسیب پذیری کالبدی بافت مرکز و پیرامون شهر گرگان در برابر زلزله انجام دادند و نتایج نشان داده است که مصالح ساختمانی و تعداد طبقات بیشترین تأثیر را در آسیب پذیری بافت کالبدی مناطق شهری گرگان داشته‌اند. شریفی و همکاران (۱۴۰۲)، مقاله‌ای با عنوان ارائه الگوی تخلیه اضطراری و مکان یابی اسکان مناطق یک و سه اصفهان با رویکرد پدافند غیرعامل انجام دادند؛ که برای تحلیل از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های تصمیم گیری چند معیاره ویکور و AHP بهره برده است و نتایج نشان داده است که معیارهای تأثیر گذار بر مکان یابی،

1. Zhao

2. Maxim

3. Kako

4. Rahman

5. Liu

موقعیت شیب پراهمیت‌ترین و معیار دسترسی به مجتمع‌های خدمات رفاهی کم‌اهمیت‌ترین تشخیص داده شده‌اند. با بررسی تحقیق‌های انجام شده، مشخص می‌گردد که چالش اصلی در مدیریت تخلیه اضطراری، هدایت مردم در مسیرهای بهینه برای دستیابی به مناطق امن موردنظر است. از این رو به دلیل لزوم تسریع تخلیه منطقه خطر، وجود یک الگوی مناسب و کارآمد مسیریابی بهینه می‌تواند بسیار ارزشمند باشد؛ اما آنچه باعث تمایز تحقیق حاضر از سایر تحقیق‌ها شده را می‌توان به شرح زیر عنوان کرد: پژوهش حاضر برخلاف سایر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، سعی داشته است ضمن مشخص‌سازی سطح آسیب‌پذیری محلات شهر سقز و رتبه‌بندی آنها، اقدام به مسیریابی مناسب جهت تخلیه اضطراری جمعیت به هنگام حوادث ناگهانی با استفاده از تحلیل شبکه در محیط GIS بکند که در سایر تحقیق‌ها به آن توجه نشده است.

روش شناسی

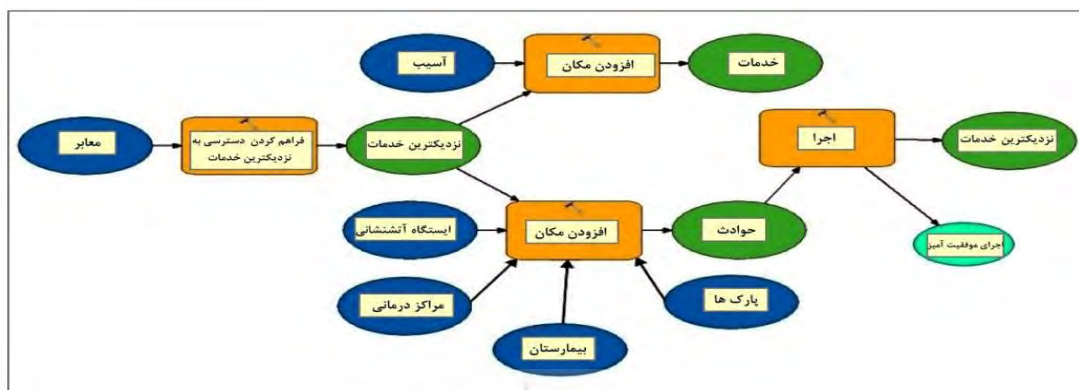
پژوهش حاضر به روش توصیفی - تحلیلی انجام شده است و اطلاعات موردنیاز از طریق کتابخانه‌ای (طرح‌های تفصیلی، جامع شهری، آمارنامه‌ها) و برداشت میدانی اخذ گردیده است. در این پژوهش سطح تحلیل و ارزیابی محله- است و به منظور ارزیابی بافت‌های کالبدی آسیب‌پذیر از ۲ معیار و ۱۳ شاخص به شرح ذیل استفاده شده است (جدول ۱):

جدول ۱. شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش

ابعاد	متغیر
کالبدی درونی	(X ₁) اسکلت چوبی - (X ₂) مصالح آجر و چوب - (X ₃) ریزدانی - (X ₄) تراکم نفر در واحد مسکونی - (X ₁₀) واحدهای مسکونی آپارتمانی - (X ₁₁) واحدهای مسکونی معمولی
	(X ₅) دسترسی به شریان‌های اصلی و فرعی - (X ₆) فاصله از معابر با عرض کمتر از ۶ متر - (X ₇) فاصله از جایگاه‌های سوخت - (X ₈) دسترسی به کاربری‌های درمانی و بیمارستان - (X ₉) فاصله از رودخانه و وضعیت شیب منطقه - (X ₁₂) دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی - (X ₁₃) دسترسی به پارک
کالبدی بیرونی	

در این راستا جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل وزن دهی SAW، تحلیل سلسله مراتبی Ahp و تحلیل شبکه استفاده شده و پس از آن به منظور مدل‌سازی مسیرهای بهینه ترسیم شده با مدل تحلیل شبکه در بافت‌های کالبدی آسیب‌پذیر، از مدل بیلدر استفاده شده است (شکل ۱). به طوری که از مدل تصمیم‌گیری Saw، به منظور رتبه‌بندی محلات ۲۲ گانه شهر سقز استفاده شده است که پس از تعیین ضریب اهمیت ۱۳ شاخص انتخاب شده، با استفاده از روش‌های ریاضی مرسوم، ضریب اهمیت هر یک از گزینه‌ها به دست آورده شده و بیشترین تعداد آن‌ها به عنوان گزینه بهینه در نظر گرفته می‌شود. این روش شامل چهار مرحله است: گام اول: کمی کردن ماتریس تصمیم‌گیری، گام دوم: بی‌مقیاس‌سازی خطی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری؛ گام سوم: ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده در اوزان شاخص‌ها و گام چهارم: انتخاب بهترین گزینه بوده است. روش تحلیل شبکه از عناصر به هم پیوسته‌ای همچون خطوط و نقاط تشکیل شده است که معابر و مسیرهای شهری را از یک مکان به مکان دیگر نشان داده و این مسیرها به صورت عوارض خطی، نقش اساسی و مهم را در جابجایی درون شهری برخوردارند. به همین دلیل نتایج حاصل از این نوع تحلیل از درجه اطمینان بسیار برخوردار می‌باشند (بهشتی فر، ۱۳۹۱: ۴۵) و به صورت یک فرآیند سلسله مراتبی ۴ مرحله‌ای است. در مرحله اول: بعد از وارد شدن به محیط GIS با استفاده از ابزار Network Analyst دستور Network Analyst Closest Facility را فعال کرده و بافت‌هایی که بیشترین میزان آسیب‌پذیری کالبدی را دارا بوده به عنوان نقاط مبدأ معرفی شده‌اند. نقاطی که به هنگام حوادث ناگهانی بیشترین مصدومان در آن پیش‌بینی شده‌اند، بر اساس نقاط قدمت بنا، اسکلت بنا و نوع مصالح بوده است. مرحله دوم: تعیین مراکز درمانی، بیمارستانی، ایستگاه‌های آتش‌نشانی و پارک‌ها به عنوان نقاط مقصد است. در این مرحله هدف یافتن بهترین مسیر، سریع‌ترین مسیر، کوتاه‌ترین مسیر و همچنین مسیری است که کمترین هزینه را در دسترسی به خدمات دربرداشته باشد. مرحله سوم: در این

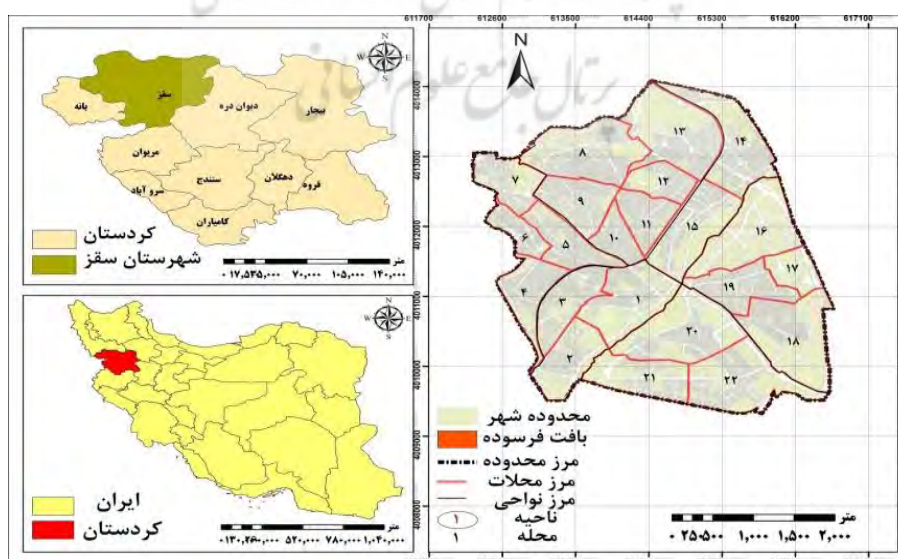
مرحله هدف تعیین موانع است در این مرحله در امتداد پدیده‌های خطی، ملاک‌های مختلفی مانند وجود کاربری‌های ناسازگار، عرض معابر کمتر از ۶ متر و نزدیکی به رودخانه به عنوان موانع شناسایی و انتخاب شده‌اند. در این مرحله فرض بر این است که مسیرهایی که دارای عرض معابر کمتر از ۶ متر و بیشترین کاربری‌های ناسازگار و نزدیک به رودخانه می‌باشند موجب ریزش پل و یا مسدود شدن مسیرها شده و امداد رسانی به مصدومین را با مشکل مواجه می‌کند و عملاً عبور از این مسیرها غیرممکن خواهد بود. مرحله چهارم: (اجرای روش تحلیل شبکه)، در مرحله آخر بعد از مشخص ساختن نقاط مبدأ و مقصد و بر اساس زمان تعریف شده و محدودیت دسترسی‌ها، مسیرهای بهینه جهت امداد رسانی، به منظور تخلیه اضطراری جمعیت بهنگام حوادث ناگهانی تعیین می‌شود.



شکل ۱. فلوچارت شماتیک مدل‌سازی مسیریابی بهینه امداد رسانی در بافت‌های کالبدی آسیب‌پذیر به منظور تخلیه اضطراری جمعیت بهنگام حوادث ناگهانی (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۲)

قلمرو جغرافیایی پژوهش

شهر سقز دومین شهر بزرگ استان کردستان است که با دارا بودن فاصله ۱۸۰ کیلومتری از مرکز استان، دارای موقعیت جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی بوده و در ارتفاعی نزدیک به ۱۴۸۷ متر از سطح دریا قرار گرفته است. شهر سقز طبق سرشماری ۱۳۹۵ دارای جمعیتی نزدیک به ۱۶۵/۲۵۸ نفر است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). این شهر با مساحتی معادل ۱۵/۹۸۲/۴۶۳ مترمربع، مساحتی معادل با ۱۲/۴۹ درصد کل استان را به خود اختصاص داده است (حیدری، ۱۳۹۱: ۷۱).



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهر سقز (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

یافته‌ها و بحث

رتبه‌بندی با تکنیک Saw

مدل مجموع ساده وزنی، یعنی Saw، یکی از ساده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخه است و برای استفاده از این روش، مراحل زیر طی شده است:

تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

در این مرحله، ماتریس تصمیم‌گیری به صورت سطر و ستون با ۱۳ شاخص در ۲۲ محله تشکیل می‌شود هر شاخص در ماتریس به صورت مجموع بیان شده است (جدول ۲).

جدول ۲. ماتریس تصمیم‌گیری

محلات	X _۱	X _۲	X _۳	X _۴	X _۵	X _۶	X _۷	X _۸	X _۹	X _{۱۰}	X _{۱۱}	X _{۱۲}	X _{۱۳}
۱	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۱۰/۸۰	۷۷	۰/۵۶	۱/۲۸	۸۶/۶۸	۰/۰۰	۹۰/۷۹	۵/۵۲	۹۸/۷۱	۹۸/۷۰
۲	۶۴/۱۵	۶۹/۲۵	۲۷/۸۰	۳۴/۷۰	۹۴/۴۳	۵۸	۱۰۰	۹۱/۶۴	۹۹/۹۰	۹۶/۲۰	۱۷/۹۶	۶۵/۷۳	۳۴/۲۱
۳	۲۵/۰۰	۲۶/۸۶	۳۷	۴۴/۶۰	۱۰۰	۲۰	۳۳/۳۰	۱۰۰	۷۰/۲۰	۹۴/۰۱	۳۹/۶۲	۱۰۰	۲۱/۰۱
۴	۰/۰۰	-۳۰/۸۲	۲۱/۵۰	۶۰/۰۲	۴۳/۱۲	۱۰	۳/۵۵	۸۷/۰۶	۷۹/۸۰	۹۵/۶۹	۵۳/۷۱	۵۸/۱۹	۱۱/۰۹
۵	۱۳/۳۴	۰/۱۳	۲۷/۹۰	۶۸/۸۰	۱۰۰	۲۳	۵۳/۴۰	۹۵/۲۹	۲۸/۸۰	۹۲/۱۳	۵۵/۴۱	۱۰۰	۹۰/۷۱
۶	-۵۲/۸۷	-۱۸/۰۲	۱۲/۳۰	۷۳/۹۰	۳۴/۰۹	۸	۷۴/۴۱	۲۴/۲۷	۷۸/۹۰	۹۸/۹۵	۴۰/۶۲	۱۰۰	۸۶/۹۶
۷	۱/۹۷	۱۵/۰۱	۲۵/۳۰	۳۴/۶۰	۱۰۰	۳۶	۷۸/۷۴	۰/۰۴	۷۸/۵۰	۹۶/۸۳	۲۴/۸۲	۹۶/۸۵	۷۴/۴۲
۸	-۱/۰۵	۴۱/۳۹	۲۴/۱۰	۶۰/۰۲	۴۴/۳۴	۵۲	۸۰/۵۳	۶۱/۹۰	۱۰۰	۹۲/۹۴	۱۰۳/۲۹	۷۹/۵۰	۱۷/۴۳
۹	-۲/۰۴	۵۵/۸۱	۳۲/۲۰	۷۰/۷۰	۹۲/۴۹	۴۵	۷۳/۶۶	۵۲/۷۴	۹۱/۲۰	۹۲/۴۶	۵۹/۶۷	۱۰۰	۷۹/۷۸
۱۰	-۲۲/۱۰	۳۵/۹۷	۲۴/۹۰	۷۱/۹۰	۱۰۰	۴۳	۸۴/۵۲	۷۸/۷۲	۵۵/۵۰	۹۴/۱۱	۲۹/۹۲	۱۰۰	۴۲/۹۲
۱۱	-۱۱/۱۵	-۱۵/۱۸	۲۶/۸۰	۶۷/۳۰	۱۰۰	۲۷	۹۹/۹۵	۱۰۰	۵۶/۲۰	۹۵/۷۴	۴۸/۰۱	۵۴/۵۶	۵/۲۰
۱۲	-۱۴/۳۹	-۱۴/۴۳	۲۵/۳۰	۵۷/۳۰	۱۰۰	۳۰	۹۸/۴۳	۱۰۰	۴۰/۱۰	۹۷/۸۲	۳۶/۲۸	۲۹/۹۵	۰/۰۰
۱۳	-۱۴/۵۴	-۲۵/۷۶	۴۰/۶۰	۴۶/۱۰	۹۵/۱۱	۱۱	۶۷/۵۷	۸۶/۸۸	۴۸/۸۰	۹۶/۳۴	۸۶/۷۳	۱/۷۹	۰/۰۰
۱۴	-۱۴/۴۶	۳۵/۴۹	۲۶/۳۰	۵۲	۹۲/۰۶	۳۲	۷۴/۵۶	۴۱/۸۲	۳۵/۹۰	۹۳/۱۴	۷۲/۹۴	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۵	۱۱/۵۱	۲۰/۹۳	۲۹	۲۸/۸۰	۷۸/۹۹	۲۶	۶۶/۲۹	۷۷/۴۶	۵/۶۰	۹۶/۳۲	۳۹/۱۵	۲۹/۱۰	۲۴/۱۸
۱۶	-۰/۲۵	۰/۰۶	۵	۱	۲۵/۴۰	۰/۰۷	۵/۵۰	۲/۳۵	۵/۵۰	۹۰/۹۰	۰/۵۳	۳	۳۵/۵۴
۱۷	۰/۰۱	-۱۰	۱۵	۲/۵۰	۲۰/۴۰	۱۰/۸۰	۱۰/۲۰	۵/۴۰	۳۰/۵۰	۹۹/۰۳	۲/۹۳	۴	۳۸/۴۰
۱۸	-۷/۰۸	-۳۴/۱۰	۴۱/۶۰	۳۹/۱۰	۵۲/۵۲	۷	۲۰/۳۲	۱۷/۹۶	۳۵/۵۰	۹۵/۰۲	۸۷/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۰
۱۹	-۱۵/۴۴	-۲۵/۹۰	۲۹/۴۰	۸۱/۳۰	۵۰	۹	۲۹/۷۹	۷۲/۸۴	۲۰/۲۰	۹۲/۹۷	۷۵/۷۳	۰/۰۰	۵۴/۸۰
۲۰	۴۴/۸۰	-۲/۵۶	۳۸/۸۰	۴۲/۱۰	۸۲/۲۲	۴۷	۵۵/۲۴	۳۴/۵۳	۲۸/۷۰	۷۴/۹۶	۵۸/۵۷	۹/۵۶	۸۲/۸۰
۲۱	۷۵/۰۸	۶۸/۱۹	۳۸/۳۰	۴۹/۳۰	۷۰/۴۷	۷۷	۶۰	۵۸/۲۳	۹۵/۵۰	۹۵/۵۶	۲۲/۹۹	۲/۲۹	۶۸/۴۵
۲۲	۷۹/۲۰	۷۰	۳۰/۳۰	۵۴/۴۰	۷۵/۹۷	۸۳	۸۱/۴۰	۶/۲۹	۹۹/۹۰	۹۰/۳۲	۴۰/۷۲	۰/۰۰	۵۸/۶۴
جمع	۱۵۹/۶۹	۲۶۲/۳۳	۵۷۹/۳۲	۱۰۵۱/۲۴	۱۶۲۸/۶۱	۶۵۵/۴۳	۱۲۵۲/۶۴	۱۲۸۲/۱۰	۱۱۸۵/۲۰	۲۰۸۴/۹۰	۹۸۳	۱۰۴۳/۲۳	۹۲۵/۲۴

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم‌گیری

برای بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم در روش Saw از روش خطی استفاده شده است. در این مرحله شاخص‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شوند و برای شاخص‌هایی که جنبه مثبت داشته باشند از رابطه ۱ و شاخص‌هایی که جنبه منفی داشته باشند از رابطه ۲ استفاده می‌شود.

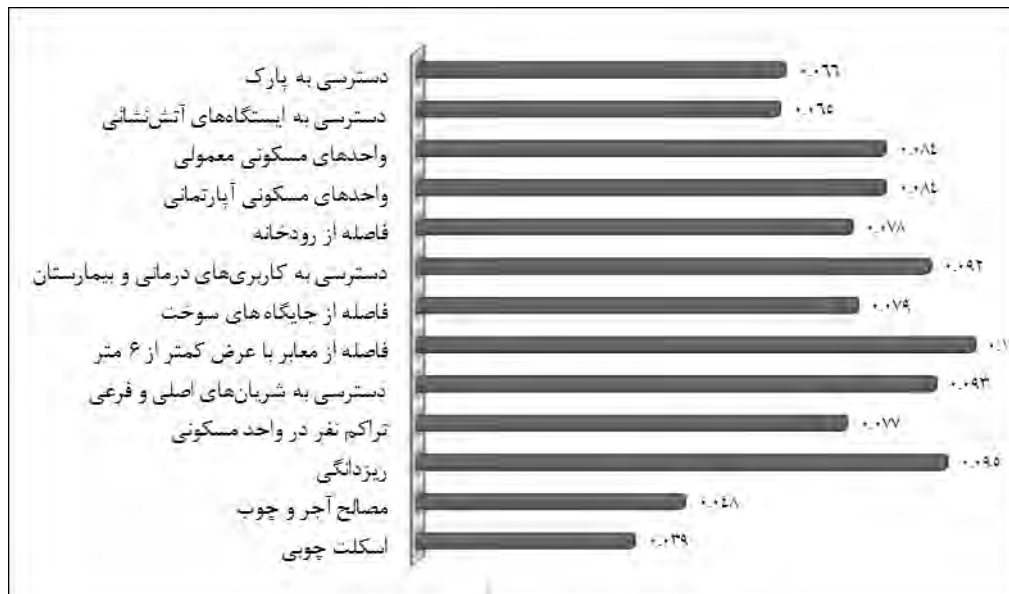
$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}} \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$n_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}} \quad \text{رابطه ۲:}$$

در شاخص‌های مثبت پژوهش (افزایشی) هرچه از بافت‌های آسیب‌پذیر و ناکارآمد دورتر و فاصله بیشتری داشته باشیم بهتر و مناسب‌تر است و منظور از شاخص‌های منفی؛ شاخص‌هایی است که هرچه فاصله کمتر باشد بهتر است؛ مانند دسترسی به شریان‌های اصلی و فرعی، دسترسی به پارک‌ها، مراکز درمانی و بیمارستان، ایستگاه‌های آتش‌نشانی.

ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده در وزن شاخص‌ها

وزن هر یک از معیارهای به‌دست‌آمده با مدل سلسله مراتبی در تک‌تک لایه‌ها ضرب می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. نمودار مقایسه زوجی شاخص‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

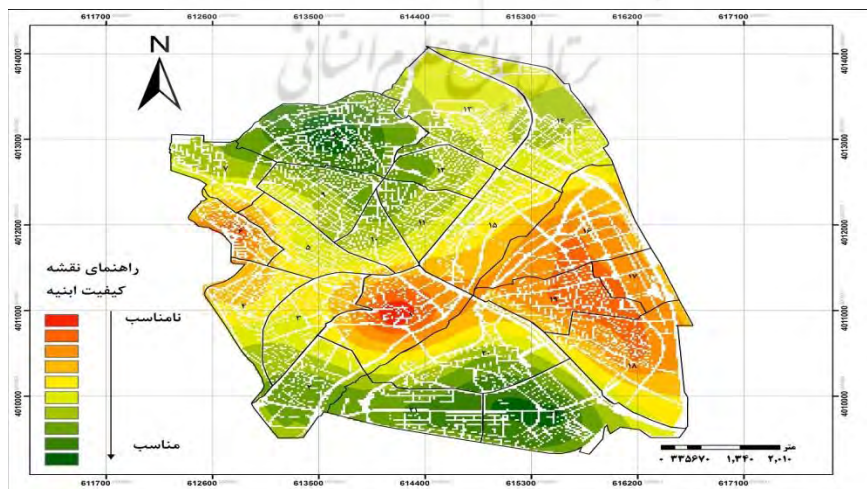
انتخاب بهترین گزینه

در این روش به استاندارد کردن داده‌ها نیازی نیست، زیرا مبنای کار بر اساس رتبه‌های تخصیص داده‌شده به هریک از گزینه‌ها است. مطابق رابطه (۴) در روش Saw گزینه‌ای انتخاب می‌شود که حاصل جمع مقادیر بی‌مقیاس شده وزنی آن بیش از سایر گزینه‌ها باشد و جدول شماره (۳) رتبه‌بندی محلات را بر اساس نتایج حال از مدل ساو نشان می‌دهد.

$$V_{aj} = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^K W_k \cdot R_k (f_k(a_t))$$

رابطه ۴:

لذا مطابق رتبه‌بندی تکنیک Saw محلات ۱ (بازار)، ۶ (تپه مالان)، ۱۸ (بهارستان بالا)، ۱۹ (بهارستان پایین)، ۱۶ و ۱۷ (تازه آباد) که در قسمت مرکز، شمال شرقی و جنوب غربی شهر قرار گرفته‌اند با آسیب‌پذیری کالبدی بالا و از نقاط ناامن و باکیفیت ابنیه پایین در برابر حوادث ناگهانی می‌باشند.



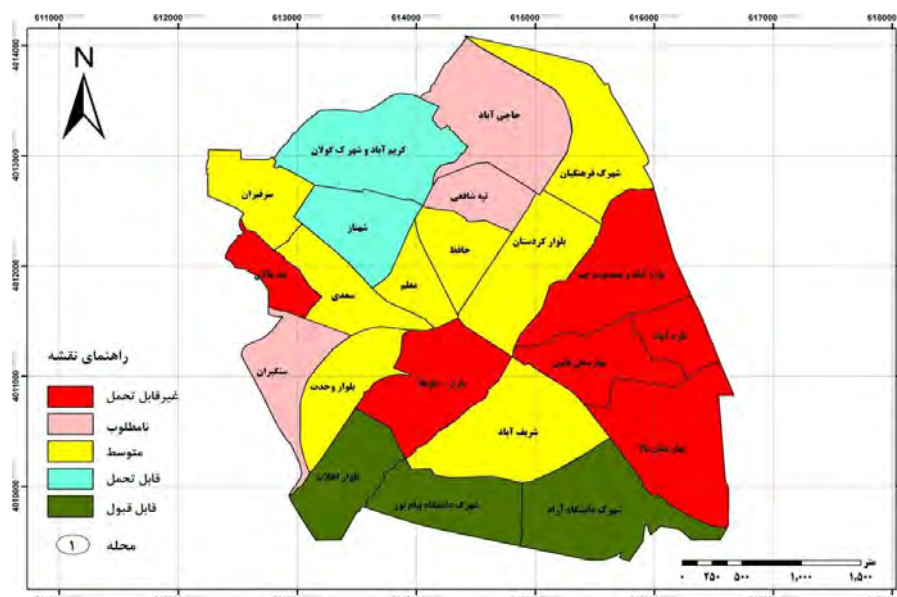
شکل ۴. نقشه کیفیت ابنیه در نرم‌افزار GIS (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

در محله ۱ (بازار و ناوقه لا) (با جمعیتی بالغ بر ۳۲۹۰ نفر) باوجود قرارگیری امکان تاریخی (مسجد دومناره، مسجد شیخ مظهر، مسجد دیمه کالان و منزل کمانگر) ریزدانی، عدم دسترسی مناسب به کاربری‌ها، سازگار نامناسب کاربری‌ها و عرض معابر نامناسب منجر به کاهش امنیت و عدم دسترسی مناسب ساکنین و گردشگران شده است که خود لزوم مسیریابی بهینه به‌منظور دسترسی مناسب ساکنین و گردشگران را مطرح ساخته است. در محلات ۱۶ و ۱۷ (تازه‌آباد و محدوده اطراف رودخانه) (با جمعیتی بالغ بر ۷۷۴ نفر) که در شرق شهر قرار گرفته است. به لحاظ دسترسی به خدمات، دسترسی به مسیرهای اصلی، فاصله از رودخانه و کیفیت ابنیه در وضعیت نامناسبی قرار دارد. محلات ۱۸ (بهارستان بالا) (با جمعیتی بالغ بر ۹۶۸۷ نفر) و ۱۹ (بهارستان پایین) (با جمعیتی بالغ بر ۱۰۷۷۱ نفر) که هرچند بیشترین جمعیت محلات را به خود اختصاص داده‌اند ولی اکثریت ساکنین این محلات ساکن روستاهای هم‌جوار شهر سقز بوده‌اند و به علت نفوذناپذیری، جنس نامناسب مصالح، نظارت پایین ساخت‌وساز، دسترسی نامناسب به پارک و کاربری‌های آتش‌نشانی امکان سرمایه‌گذاری کاهش‌یافته که خود لزوم بازآفرینی در آینده و مسیریابی بهینه در کوتاه‌مدت را مطرح می‌کند. در شکل شماره ۵ توزیع فضایی آسیب‌پذیری کالبدی محلات شهر سقز نشان داده‌شده است.

جدول ۳. رتبه‌بندی محلات ۲۲ گانه شهر سقز بر اساس مدل Saw

رتبه	امتیاز	محلات
۱	۰/۰۰۹۶	۱۶
۲	۰/۰۱۳۹	۱۷
۳	۰/۰۲۰۴	۱۸
۴	۰/۰۲۶۲	۶
۵	۰/۰۲۹۰	۱
۶	۰/۰۲۹۲	۱۹
۷	۰/۰۳۱۰	۴
۸	۰/۰۳۴۱	۱۳
۹	۰/۰۳۷۵	۱۲
۱۰	۰/۰۴۱۳	۱۴
۱۱	۰/۰۴۲۷	۱۱
۱۲	۰/۰۴۲۹	۱۵
۱۳	۰/۰۴۸۷	۷
۱۴	۰/۰۵۳۲	۱۰
۱۵	۰/۰۵۴۹	۲۰
۱۶	۰/۰۵۵۵	۵
۱۷	۰/۰۵۷۹	۳
۱۸	۰/۰۶۱۱	۸
۱۹	۰/۰۶۱۹	۹
۲۰	۰/۰۸۰۹	۲
۲۱	۰/۰۸۱۲	۲۲
۲۲	۰/۰۸۱۳	۲۱

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲



شکل ۵. رتبه‌بندی آسیب‌پذیری کالبدی محلات شهر سقز در ۵ طیف در نرم‌افزار GIS (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

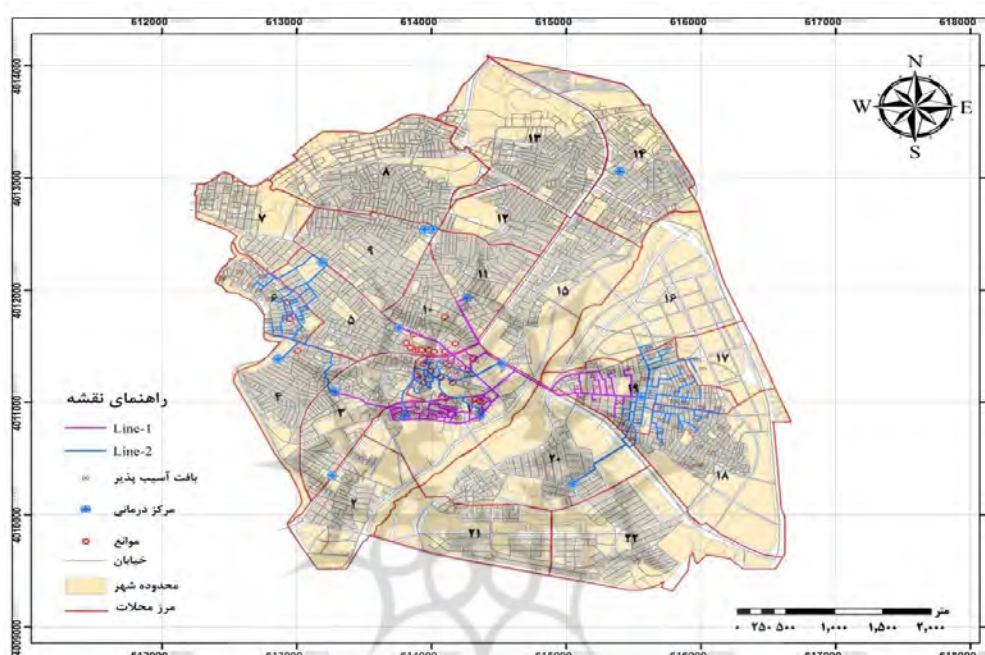
مسیریابی بهینه امداد رسانی در بافت‌های کالبدی آسیب‌پذیر با استفاده از مدل تحلیل شبکه

برحسب هدف پژوهش که مسیریابی بهینه امداد رسانی در بافت‌های کالبدی آسیب‌پذیر محلات شهر سقز است می‌توان گفت که یافتن کوتاه‌ترین و نزدیک‌ترین مسیر یکی از مهم‌ترین قابلیت‌های ابزار تحلیل شبکه است. در این پژوهش سعی شده است تا نزدیک‌ترین مراکز درمانی، بیمارستان، ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌عنوان نقاط امن و قابلیت امداد رسانی شناسایی و با در نظر گرفتن موانع و محدودیت‌ها بهترین مسیر برای دسترسی و تخلیه اضطراری به این نقاط امن مشخص شود.

مسیرهای پیشنهادی امداد رسانی و دسترسی به مراکز درمانی

در این پژوهش تعداد مراکز بهداشتی-درمانی شهر سقز (مراکز بهداشتی درمانی: شریف‌آباد، شهید افشاری، خاتم الانبیا، محله ۴، شماره ۹، شهید رجایی، مرکز بهداشت سقز، بهزیستی، مرکز تندرستی و سلامت جسمانی-فوریت‌های پزشکی محلات ۹ و ۳-پایگاه اهدای خون و مرکز بهبود بیماران) که امکان امداد رسانی از طریق این مراکز وجود دارد، ۱۴ مرکز تشخیص داده شده است و دسترسی به هریک از این مراکز بدین‌صورت است که در محله ۱ به دلیل قرار گرفتن مراکز درمانی بهبود بیماران، مرکز تندرستی و سلامت جسمانی و پایگاه اهدای خون، تخلیه اضطراری جمعیت به هنگام بحران، با طی کردن مسافت ۲ دقیقه سریع‌تر و بهتر فراهم شده است. در مسیر ۱ به‌منظور دسترسی به مرکز بهبود بیماران می‌توان با عبور از مسیرهای فرعی به سمت خیابان ۲۲ بهمن حرکت کرده و سپس وارد بلوار هفت‌تیر شد و از مسیرهای اصلی خیابان ملت و خیابان امام نیز می‌توان وارد بلوار هفت‌تیر شده و به این مرکز دسترسی پیدا کرد. در مسیر ۲ نیز می‌توان از مسیرهای فرعی وارد خیابان کودک شده و به این مرکز دسترسی پیدا کرد؛ و به‌منظور دسترسی به مرکز تندرستی و سلامت جسمانی و پایگاه اهدای خون نیز می‌توان از مسیرهای اصلی خیابان امام و خیابان ملت به این مراکز دسترسی پیدا کرد و در مسیر ۲ با حرکت به سمت خیابان ۲۲ بهمن وارد مسیر فرعی کوچه رهنما ۳ شده و از این طریق امکان دسترسی به پایگاه اهدای خون فراهم می‌شود و از مسیر فرعی کوچه ارجمندی نیز به مرکز تندرستی و سلامت جسمانی دسترسی پیدا کرد؛ و به‌منظور دسترسی به مرکز بهداشت سقز واقع در محله ۱۱ و شبکه بهداشت واقع در محله ۵ می‌توان در مسیر ۱ از مسیرهای اصلی خیابان حافظ و خیابان شهدا جهت دسترسی سریع‌تر و بهتر استفاده کرد؛ و تخلیه اضطراری جمعیت واقع در محله ۶ از طریق دسترسی به مراکز بهزیستی و مرکز بهداشت واقع در محله ۴ امکان‌پذیر است. بدین‌صورت که این دسترسی از طریق مسیر ۲ صورت می‌گیرد. همچنین

به‌منظور دسترسی به مرکز بهداشت شماره ۴ می‌توان با عبور از مسیرهای فرعی محله ۶ به سمت خیابان کارگر حرکت کرده و سپس وارد مسیر فرعی کوچه شریف شد و همین‌طور به‌منظور دسترسی به مرکز بهزیستی می‌توان با عبور از مسیرهای فرعی به سمت مسیرهای بیدگل و یا ۱۲ متری توان بخشی حرکت کرده و به این مرکز دسترسی پیدا کرد و به‌منظور دسترسی به فوریت‌های پزشکی محله ۳ نیز با عبور از مسیرهای فرعی محله ۶ و حرکت به سمت خیابان کارگر، وارد مسیر فرعی کوچه حاج کمالی شده و می‌توان به این مرکز دسترسی پیدا کرد. در مسیر ۲ از طریق مسیرهای فرعی واقع در محله ۱۸ و ۱۹ نیز می‌توان وارد مسیر خیابان زاهدی و سپس کوچه دکتر خالدي شده و به مرکز درمانی شریف‌آباد که در محله ۲۰ واقع شده دسترسی پیدا کرد. دسترسی به مرکز درمانی شهید افشاری واقع در محله ۱۹ نیز در مسیر ۱ از طریق حرکت به سمت بلوار تیر و ورود به مسیرهای خیابان بهارستان، کوچه رهنما، خیابان یاسر صورت می‌گیرد و در مسیر ۲ نیز با حرکت به سمت خیابان یاسر می‌توان به این مرکز دسترسی پیدا کرد (شکل ۶).

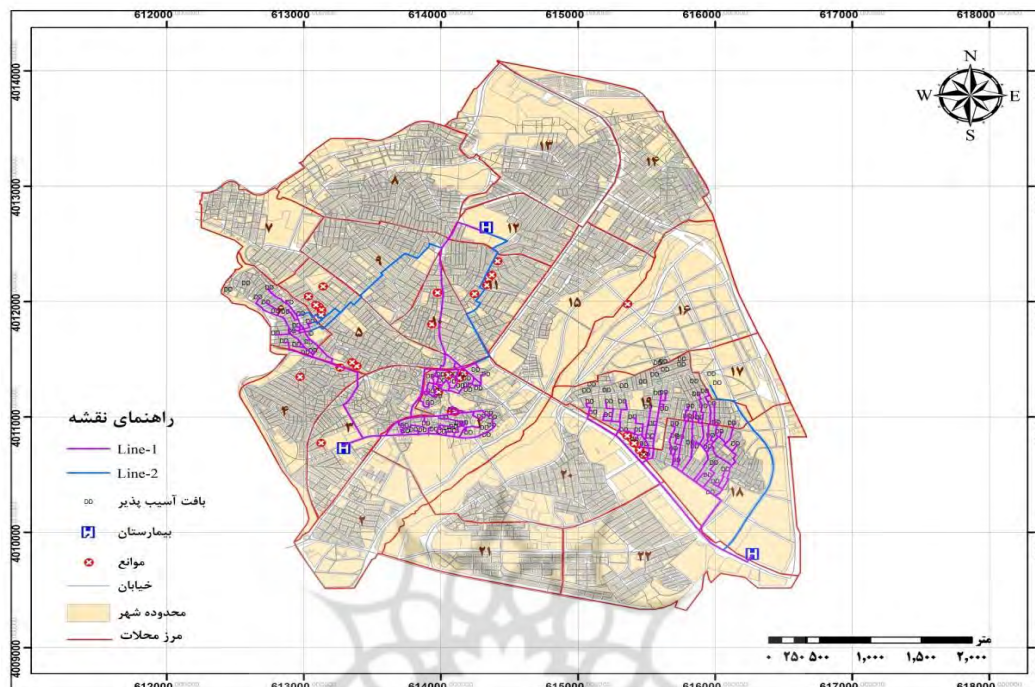


شکل ۶. مسیرهای بهینه امداد رسانی و دسترسی به مراکز درمانی

مسیرهای پیشنهادی امداد رسانی و دسترسی به بیمارستان

در این پژوهش تعداد بیمارستان‌های شهر سقز ۳ بیمارستان است که در محلات ۳، ۱۲ و ۱۸ واقع شده‌اند امداد رسانی از طریق این مراکز بدین صورت است که؛ به‌منظور دسترسی به بافت‌های فرسوده محله ۱ و تخلیه اضطراری جمعیت به هنگام بحران در مسیر ۱ با عبور از مسیرهای فرعی و گذر از مسیرهای خیابان امام، خیابان ملت به سمت خیابان ۲۲ بهمن حرکت کرده، سپس وارد مسیرهای خیابان معلم و خیابان خلفای راشدین شده و در مسیر خیابان پزشک امکان دسترسی به بیمارستان تأمین اجتماعی واقع در محله ۱۲ فراهم می‌شود و همین‌طور در مسیر ۱ دسترسی به بیمارستان امام خمینی واقع در محله ۳ از طریق مسیر خیابان ملت و با طی کردن مسافت ۴ دقیقه امکان پذیر است. در مسیر ۲ به‌منظور تخلیه اضطراری جمعیت واقع در محله ۱، از سمت خیابان ۲۲ بهمن به سمت بلوار حافظ حرکت کرده و با عبور از این بلوار وارد مسیر فرعی کوچه ریزان ۳ شده، سپس با طی کردن مسیر از رضوان ۱ وارد مسیر کوچه ترانه و با گذر از این مسیرهای فرعی وارد خیابان پزشک می‌شویم. به‌منظور تخلیه اضطراری جمعیت واقع در محله ۶ نیز در مسیر ۱ می‌توان با عبور از مسیرهای فرعی وارد خیابان کارگر شده و با گذر از این خیابان وارد خیابان رسالت و سپس خیابان شهرداری شده و بدین صورت امکان دسترسی به بیمارستان امام خمینی

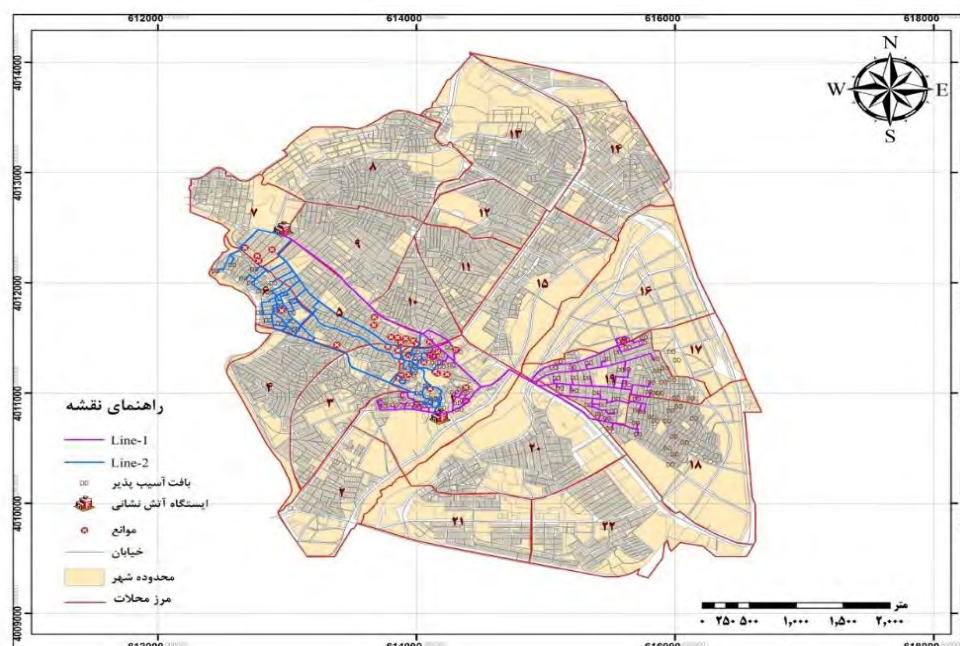
واقع در محله ۳ فراهم می‌شود و در مسیر ۲ نیز می‌توان با گذر از مسیرهای فرعی وارد خیابان شهدا شده و سپس با عبور از خیابان متقی و کوچه فرمهر وارد مسیر اصلی خلفای راشدین شده و در مسیر خیابان پزشک امکان دسترسی به بیمارستان تأمین اجتماعی واقع در محله ۱۲ فراهم می‌شود و در محلات ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ نیز در مسیر ۱ و مسیر ۲ با گذر از مسیرهای فرعی وارد مسیر اصلی بلوار هفت‌تیر شده و بدین‌صورت امکان دسترسی به بیمارستان واقع در محله ۱۸ فراهم می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷. مسیرهای بهینه امداد رسانی و دسترسی به بیمارستان‌ها

مسیرهای پیشنهادی امداد رسانی و دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی

تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهر سقز ۲ ایستگاه است که در محلات ۱ و ۷ واقع شده است. به‌منظور تخلیه اضطراری جمعیت در مسیر ۱ با عبور از مسیرهای فرعی محله ۱ و طی کردن مسافت ۴ دقیقه می‌توان با ورود به مسیر خیابان ملت به ایستگاه آتش‌نشانی واقع در محله ۱ دسترسی پیدا کرد؛ و در محلات ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ با عبور از مسیرهای فرعی وارد مسیر اصلی بلوار هفت‌تیر شده و با گذر از این مسیر و ورود به خیابان ملت می‌توان به ایستگاه آتش‌نشانی شماره ۱ دسترسی پیدا کرد و در مسیر ۲ با عبور از مسیرهای فرعی محله ۶ وارد مسیرهای فرعی خیابان سعدی، خیابان فخر رازی یا خیابان کارگر شده و با عبور از این مسیرها و ورود به خیابان ۲۲ بهمن، از مسیرهای فرعی محله ۱ گذر کرده و با ورود به خیابان ملت می‌توان به ایستگاه آتش‌نشانی محله ۱ دسترسی پیدا کرد. برای دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی محله ۷ می‌توان در مسیر ۱ با عبور از مسیرهای فرعی محله ۱ وارد مسیر اصلی خیابان آزادی شده و سپس با عبور از این مسیر و ورود به مسیر اصلی خیابان شهدا به این ایستگاه آتش‌نشانی دسترسی پیدا کرد. در مسیر ۲ می‌توان با عبور از مسیرهای فرعی محله ۶ وارد مسیر اصلی خیابان منتظری شده و سپس با ورود به خیابان فخر رازی و عبور از کوچه اندیشه ۲ وارد خیابان شهدا شده و به این ایستگاه دسترسی پیدا کرد (شکل ۸).

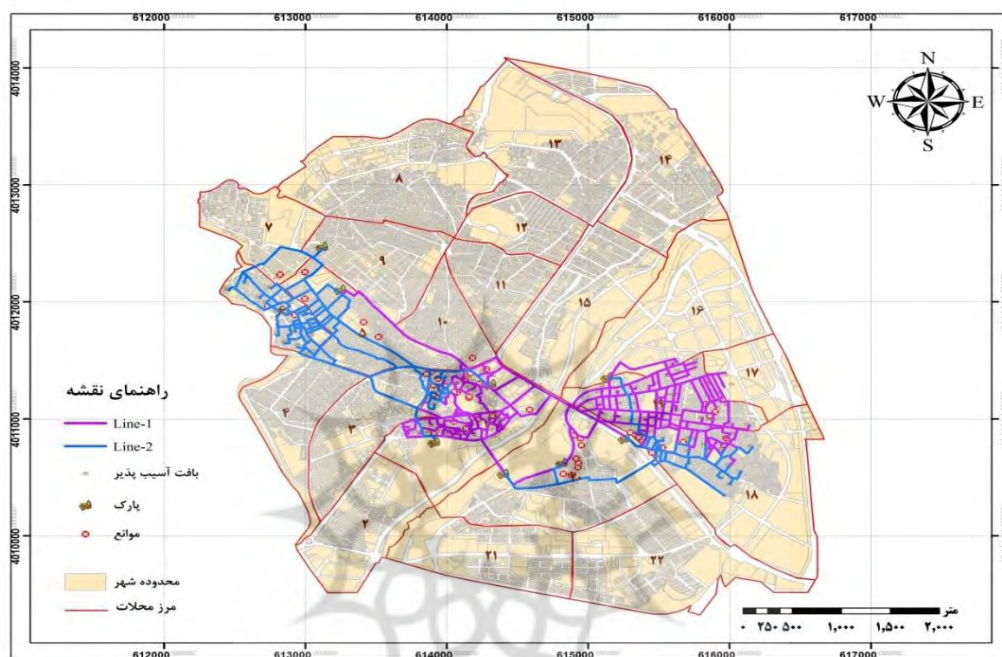


شکل ۱. مسیرهای بهینه امدادرسانی و دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی

مسیرهای پیشنهادی امدادرسانی و دسترسی به پارک

تعداد پارک‌های شهر سقز ۸ پارک است که دسترسی به هر یک از پارک‌های مذکور به‌منظور تخلیه اضطراری جمعیت به شرح زیر است: برای دسترسی به پارک شکوفه که در محله ۵ واقع شده است می‌توان در مسیر ۱ از طریق خیابان شهدا به آن دسترسی پیدا کرد و در مسیر ۲ از طریق مسیرهای فرعی خیابان ۱۶ متری توان‌بخشی و ۱۶ متری شکوفه امکان دسترسی به سایر بافت‌های فرسوده واقع در محله ۶ وجود دارد. بدین‌صورت که از بافت مرکزی محله ۱ با طی کردن مسافت ۳ دقیقه امکان دسترسی به این پارک وجود دارد؛ و برای دسترسی به پارک‌های واقع در محله ۹ نیز می‌توان در مسیر ۲ از طریق مسیر فرعی کوچه فرهنگ ۲ به آن دسترسی پیدا کرد. بدین‌صورت که می‌توان از طریق خیابان منتظری به‌طرف کوچه لاله ۴ و سپس از مسیر اصلی خیابان شهدا به‌طرف کوچه فرهنگ رفت و یا می‌توان از خیابان منتظری به سمت کوچه بیدگل و در نهایت از طریق مسیر اصلی خیابان شهدا به سمت کوچه فرهنگ حرکت کرد. همچنین به‌منظور دسترسی به پارک کودک واقع در بافت مرکزی شهر می‌توان در مسیر ۱ از طریق خیابان شهدا به آن دسترسی پیدا کرد و یا به‌منظور امدادرسانی می‌توان از مسیر آزادی به سمت مسیرهای اصلی خیابان ملت و خیابان امام حرکت کرده و سپس به سایر مسیرهای فرعی واقع در بافت مرکزی محله ۱ دسترسی پیدا کرد و در مسیر ۲ می‌توان با گذر از خیابان آزادی به سمت خیابان ۲۲ بهمن حرکت کرده و سپس به سایر مسیرهای فرعی واقع در بافت مرکزی محله ۱ دسترسی پیدا کرد و به‌منظور تخلیه اضطراری جمعیت محله ۶ و دسترسی به پارک کودک، می‌توان از خیابان ۲۲ بهمن به سمت خیابان‌های سعدی، فخر رازی و کارگر حرکت کرده و از طریق این سه مسیر اصلی به بافت‌های فرسوده واقع در محله ۶ دسترسی پیدا کرد. به‌منظور دسترسی به پارک مولوی که در محله ۱ واقع شده است می‌توان در مسیر ۱ با گذر از بلوار دانشجو به سمت خیابان کرفتو حرکت کرده و به این پارک دسترسی پیدا کرد. در مسیر ۲ به‌منظور دسترسی محله ۶ به پارک مولوی می‌توان با حرکت به سمت خیابان کارگر و سپس خیابان امام وارد مسیر فرعی رهنما ۳ شده و از این مسیر به پارک مولوی دسترسی پیدا کرد. دسترسی به پارک کوثر نیز در مسیر ۱ با حرکت به سمت خیابان‌های آزادی، ملت، امام و سپس خیابان کرفتو امکان‌پذیر است. همچنین می‌توان از سمت خیابان کرفتو به سمت خیابان دانشجو حرکت کرده و وارد مسیر اصلی بلوار هفت‌تیر شد و سپس به سایر مسیرهای فرعی واقع در محله ۱۹ دسترسی پیدا کرد و در مسیر ۲ نیز با عبور از خیابان زاهدی به مسیرهای فرعی خیابان عمار و سپس کوچه انتظامی دسترسی پیدا کرده و از این طریق به سایر بافت‌های فرسوده واقع در محلات

۱۸ و ۱۹ دسترسی پیدا کرد و برای دسترسی به پارک لاله واقع در محله ۲۰ نیز می‌توان در مسیر ۱ از طریق مسیر اصلی بلوار هفت‌تیر با طی کردن مسافت ۳ دقیقه به مسیرهای فرعی کوچه رهنما، خیابان بهارستان، خیابان یاسر و خیابان کشاورز که در محلات ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ واقع شده‌اند دسترسی پیدا کرد و به‌منظور دسترسی به پارک واقع در محله ۱۶ نیز می‌توان از طریق مسیرهای فرعی کوچه رهنما، خیابان بهارستان، خیابان یاسر و خیابان کشاورز که در محلات ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ واقع شده‌اند به سمت کوچه بهار ۴ حرکت کرده و به این پارک دسترسی پیدا کرد و همین‌طور در مسیر ۱ با عبور از بلوار هفت‌تیر و در مسیر حرکت به سمت میدان ماموستا همین به سایر مسیرهای واقع در محله ۱ دسترسی پیدا کرد و می‌توان در مسیر ۲ از طریق کوچه خودیاری به سمت کوچه ارغوان ۲ حرکت کرده و سپس با گذر از کوچه بهرنگ به این پارک دسترسی پیدا کرد (شکل ۹).



شکل ۹. مسیرهای بهینه امداد رسانی و دسترسی به پارک‌ها

در بحث کالبدی روستاهای ساحلی شهرستان رشت، شاخص‌های جمعیت، تغییرات اراضی کشاورزی، تعداد شاغلین، خدمات عمومی، خدمات اقامتی، خانه‌های دوم، تحولات قیمت زمین، خدمات پذیرایی مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که ذکر گردید، جمعیت روستا بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال و ۱۳۹۰ به ترتیب دارای ۶۷۹ نفر و تعداد خانوار، ۲۱۶ بوده است. بعد خانوار در این سال‌ها به ترتیب برابر ۳/۵، ۳/۱ نفر در هر خانوار است. در روستای امیر بکنده جمعیت موجود روستا بر اساس آمار سرشماری سال ۱۳۹۰، ۳۱۶ نفر، ۱۰۴ خانوار با بعد ۳ نفر در خانوار است.

نتیجه‌گیری

مسیریابی بهینه بخش مهم و قابل‌توجهی از مدیریت بحران در محلات با آسیب‌پذیری بالا است؛ و این مسیریابی نقش حیاتی در عملیات‌های امداد رسانی دارد و می‌تواند جمعیت را به مسیرها و نقاط امن هدایت نماید. در این پژوهش ابتدا به‌منظور تعیین محلات با آسیب‌پذیری کالبدی بالا، ۱۳ شاخص در سطح محلات ۲۲ گانه شهر سقز مورد ارزیابی قرار گرفتند که با انجام تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی انجام‌شده از طریق مدل Saw، محلات ۱، ۶، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ که در قسمت مرکز، شمال شرقی و جنوب غربی شهر قرار گرفته‌اند با آسیب‌پذیری کالبدی بالا و از نقاط ناامن در برابر

حوادث ناگهانی می‌باشند. در این محلات مصالح ساختمانی منطبق با استانداردها به‌کاررفته نشده و اماکن مقاوم‌سازی لازم را ندارند. این ناپایداری ابنیه و ساختمان‌ها، تهدیدی بزرگ برای جان ساکنان این محلات و چالش اساسی برای هدایت مردم در مسیرهای بهینه برای دستیابی به نقاط امن، در مواقع اضطراری خواهد بود و می‌توان گفت که جنس مصالح و ترکیب این مصالح می‌تواند ازجمله فاکتورهای مهم در برابر هرگونه بحران احتمالی ازجمله بحران طبیعی باشد، میزان ریزدانی بالا به‌ویژه در محلات ۱۹ و ۱۸ موجب نابسامانی در هم‌جواری‌ها و افزایش آسیب‌پذیری کالبدی این محلات شده است. در محله ۶ نیز که در شیب تند، ساخت‌وساز انجام‌شده است؛ لزوم ضوابط و مقررات ساخت‌وساز اصولی و مقاوم را ضروری ساخته است و محله ۱۸، با داشتن تراکم جمعیتی بالا و کاربری‌های ناسازگار، خارج از محدوده عملیاتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌باشند. در این محلات عرض کم معابر و ثابت نبودن مقطع عرضی و همچنین استفاده از پله در طراحی شبکه راه‌ها، نفوذپذیری و دسترسی ساکنان به معابر را در مواقع اضطراری با مشکل روبرو خواهد کرد. بعد از شناسایی محلات با آسیب‌پذیری کالبدی بالا، دسترسی به مسیرهای بهینه در بافت‌های آسیب‌پذیر برای بهره‌مندی از خدمات مناسب بهنگام تخلیه و امداد رسانی مشخص شده است و در امتداد پدیده‌های خطی، با در نظر گرفتن ملاک‌های مختلفی مانند وجود کاربری‌های ناسازگار، فاصله از رودخانه به‌عنوان موانع شناسایی و انتخاب‌شده‌اند. نتایج حاصل از مسیریابی و دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مراکز درمانی، بیمارستان‌ها و پارک‌ها نشان داد که دسترسی به مراکز مربوطه به ترتیب با طی کردن مسافت‌های ۴ دقیقه، ۲ دقیقه، ۴ دقیقه و ۳ دقیقه از طریق خیابان‌های؛ ملت، بلوار هفت‌تیر و شهدا برای رسیدن به ایستگاه‌های آتش‌نشانی و امکان دسترسی به مسیرهای خیابان ۲۲ بهمن، خیابان ملت، خیابان امام، خیابان حافظ، خیابان شهدا، بلوار تیر و خیابان بهارستان برای رسیدن به مراکز درمانی و از طریق مسیرهای؛ خیابان امام، خیابان ملت، خیابان ۲۲ بهمن، خیابان معلم، خیابان خلفای راشدین، خیابان پزشک، خیابان کارگر، خیابان رسالت، خیابان شهرداری و بلوار هفت‌تیر امکان دسترسی سریع‌تر و راحت‌تر به بیمارستان‌ها و همچنین مسیرهای خیابان شهدا، خیابان آزادی، خیابان ملت، خیابان امام، خیابان دانشجو، خیابان کرفتو و بلوار هفت‌تیر امکان دسترسی و امداد رسانی بهتری را به پارک‌ها فراهم می‌کند. با توجه به اینکه این مسیرها پرتردد و خطوط ویژه برای عبور و مرور می‌باشند حتی باوجود حجم ترافیک بالا در این مسیرها، سرعت عبور افزایش می‌یابد و زمان برای تخلیه اضطراری افراد و آسیب دیدگان کاهش خواهد یافت. لذا به‌منظور تخلیه اضطراری جمعیت ساکن در محلات با آسیب‌پذیری کالبدی بالا پیشنهاد می‌گردد که؛ معابر با عرض کمتر از ۶ متر در محلات ۱، ۶، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ تعریض گردند و بهسازی سایر معابر نیز بسته به حجم سفر و عملکرد شبکه‌ای آن به‌منظور افزایش دسترسی شهروندان به خدمات موردنیاز و همچنین کاهش دادن ترافیک و انتقال سریع نیروهای امداد (به‌هنگام حوادث غیرمترقبه) به محل حادثه جهت کمک‌های امدادی انجام شود و در بن‌بست‌ها و کوچه‌های با عرض کم این محلات می‌توان از نیروی آموزش‌دیده انسانی برای انتقال مجروحین به سمت ماشین‌های امداد استفاده کرد و بهسازی واحدهای مسکونی به‌ویژه در محلات ۱، ۱۸ و ۱۹ توسط مالکین با پشتیبانی و حمایت بخش عمومی و دولتی در دستور کار قرارگیرد و باید خاطرنشان کرد که فرایند احیا نباید منجر به از بین رفتن هویت این محلات شود. مداخله در این محلات باید به‌گونه‌ای باشد که ارزش‌های ساختاری و ویژگی‌های کالبدی و همچنین ماهیت آن حفظ شود و از سوی دیگر ضمن حفظ بافت تاریخی واقع در محله ۱، این بافت تاریخی باید بتواند به‌عنوان یک بافت زنده و فعال به حیات خود ادامه دهد. این پژوهش می‌تواند برای نهادهای امدادی همچون سازمان آتش‌نشانی، فوریت‌های پزشکی، اورژانس، نیروی نظامی و برای پژوهشگران و تصمیم‌گیرندگان و خط‌مشی‌گذاران نیز کمک‌کننده و قابل‌استفاده باشد. همچنین این پژوهش برای شرکت‌های تاکسی‌رانی، اتوبوس‌رانی و شرکت‌های توزیع‌کننده انواع کالاها می‌تواند به‌صرفه و مفید باشد، که با مشخص شدن کوتاه‌ترین مسیر ممکن بین تمام نقاط اصلی محلات، ضمن خدمات‌دهی مناسب در مواقع اضطراری، امکان انتقال افراد و مصدومین نیز فراهم می‌شود.

منابع

- امین‌زاده، بهرام و عادل، زینب. (۱۳۹۳). سنجش میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در مواقع بروز بحران زلزله. هویت شهر، ۲۰(۸)، ۵-۱۶.
- بازرگان، مهدی و امیرفرخ‌بان، مصطفی. (۱۳۹۶). مسیریابی بهینه خودروهای امدادی در زمان وقوع حوادث با استفاده از الگوریتم مسیریابی در GIS مطالعه موردی: شهر مشهد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۲(۳)، ۳۵-۵۱.
- بهشتی‌فر، جاسم. (۱۳۹۱). تحلیل توزیع فضایی- مکانی خدمات بهداشتی- درمانی و مکان‌گزینی بهینه آن (نمونه موردی: مراکز درمانی و بیمارستانی شهر جهرم). پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
- جمالی، حسین؛ بشیری، مهدی و توکلی مقدم، رضا. (۱۳۹۳). بررسی و حل مسئله امدادسانی دوسطحی نقاط آسیب‌دیده از بحران، دو فصلنامه مدیریت بحران، ۸، ۵-۲۲.
- حسائی، حامد و ذوقیان، عباس. (۱۳۹۴). مسیریابی بهینه امدادسانی به مصدومان زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و مدل سه‌بعدی منطقه حادثه‌دیده. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۶(۱)، ۱۸۱-۱۹۰.
- حیدری، اکبر. (۱۳۹۱). تحلیل فضایی-کالبدی توسعه آبی شهر سقز با تأکید بر شاخص‌های رشد هوشمند شهری با استفاده از مدل آنتروپی شانون. مجله جغرافیا و توسعه شهری، ۲، ۶۸-۹۴.
- حیدری‌فر، محمدرئوف و محمودی، عبدالله. (۱۴۰۰). تحلیل آسیب‌پذیری کاربری اراضی شهری جواهرود در برابر زلزله با استفاده از تحلیل شبکه و سیستم اطلاعات جغرافیایی. پژوهش‌های جغرافیایی/انسانی، ۵۳(۱)، ۱۱۹-۱۳۷.
- دادبود، عبدالرضا و زنگی آبادی، علی. (۱۳۹۹). تحلیل تطبیقی آسیب‌پذیری کالبدی بافت مرکز و پیرامون شهر گرگان در برابر زلزله. مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۰(۳۸)، ۲۷۱-۲۸۴.
- ذوالفقاری، اکرم و کرکه آبادی، زینب. (۱۳۹۲). مسیریابی هوشمند اکیپ‌های امدادی با استفاده از الگوریتم تئوری بازی‌های نمونه موردی: شهر سمنان. مهندس حمل و نقل، ۵(۱)، ۱۹-۳۲.
- سرور، هوشنگ و کاشانی اصل، امیر. (۱۳۹۴). ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهر اهر در برابر بحران زلزله. فصلنامه آمایش محیط، ۳۴، ۷۷-۱۰۸.
- سلیمی سبحان، محمدرضا، عینالی، جمشید، جوان، فرهاد، و هاشمی، معصومه. (۱۳۹۷). مکان‌یابی سکونتگاه‌های روستایی جدید با ملاحظات پدافند غیرعامل (مورد مطالعه: شهرستان قروه). پژوهشنامه جغرافیایی انتظامی، ۶(۲۳)، ۱۳۵-۱۵۸.
- سماکوش، جعفر، عزمی، آئیز؛ رمضان زاده، مهدی و نوری، مجتبی. (۱۴۰۰). بررسی میزان تاب‌آوری ساکنین نواحی روستایی استان کرمانشاه در مواجهه با بلایای طبیعی. فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۱(۱)، ۲۴-۳۷.
- شریفی، سید محمدرضا؛ خادم‌الحسینی، احمد؛ جلالی فراهانی، غلامرضا؛ گندمکار، امیر و مدیری خلیل‌آبادی، مهدی. (۱۴۰۲). تحلیل فضایی مکان‌یابی اسکان موقت در شهر اصفهان با رویکرد پدافند غیرعامل. مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۱۸(۳)، ۲۱-۳۶.
- صادقی، حجت و جوان، فرهاد. (۱۴۰۳). ارزیابی روستاهای گردشگری ایران از لحاظ آسیب‌پذیری ژئوفیزیکی با استفاده از سناریوهای فازی. پژوهش‌های روستایی، ۱۵(۴)، ۸۵-۱۰۰.
- صادقی، حجت و جوان، فرهاد. (۱۴۰۴). آسیب‌پذیری روستاهای گردشگری ایران از لحاظ مخاطره زمین لغزش با استفاده از GIS. جغرافیا (نشریه انجمن جغرافیایی ایران)، ۲۳(۸۴)، ۱۵۳-۱۷۰.
- طالعی، محمد؛ سعادت سرشت، محمد؛ منصوریان، علی و احمدیان، سمیه. (۱۳۹۰). مسیریابی بهینه در محیط GIS برای تخلیه اضطراری آسیب‌دیدگان از حوادث ناگهانی. پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۷۸، ۸۳-۱۰۰.
- فلاحی، علیرضا و اسدی، سعیده. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کالبدی بافت کهن کرمان در برابر زلزله احتمالی با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش آنتروپی. فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۶(۲)، ۱۴۹-۱۵۹.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). آمار جمعیت شهر سقز.
- مهدوی، داوود و هزاربان، الهام. (۱۳۹۶). ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری کالبدی سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان یزد). نشریه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۲(۴)، ۲۷-۴۵.
- یوسفی، حامد؛ شمسایی زفرقندی، فتح‌الله و هاشمی فشارکی، جواد. (۱۳۹۸). شناسایی نقش و ظرفیت سامانه مترو در تخلیه اضطراری شهر تهران و ارائه راه‌کارهای مدیریت بحران. نشریه علمی پدافند غیرعامل، ۱۱(۲)، ۱-۱۴.
- Abdelghany, A., Abdelghany, K., Mahmassani, H. (2014). A hybrid approach for modeling crowd dynamics in large-scale pedestrian facilities. *Transportation Research: Part A submitted for publication*, 1-17.

- Apte, A. (2009). *Humanitarian Logistics: a new field of research and action*. Foundations and Trends in Technology. Information and Operations Management.
- Bera, S., Guru, B., Oommen, T. (2020). Indicator-based approach for assigning physical vulnerability of the houses to landslide hazard in the Himalayan Region of India. *Journal Pre-proof*, 20, 1-38.
- Bernardini, G., Santarelli, S., Quagliarini, E., D'Orazio, M. (2017). Dynamic guidance tool for a safer earthquake pedestrian evacuation in urban systems, Computers. *Environment Systems*, 65, 151-161.
- Bretschneider, S., Kimms, A. (2011). a basic mathematical model for evacuation problems in urban areas. *Transportation Research Part a*, 45, 523-539.
- Brachman, M. L., Dragicevic, S. (2014), a spatially explicit network science model for emergency evacuations in an urban context, Computers, *Environment and Urban Systems*, 44, 15-26
- Chen, J., Pei, T., Li, M., Song, C., Ma, T., Lu, F., Lung Shaw, Sh. (2020). An enhanced model for evacuation vulnerability assessment in urban areas, Computers. *Environment Systems*, 84, 1-12.
- Kako, M., Steenkamp, M., Ryan, B., Arbon, P., Takada, Y. (2020). Best practice for evacuation centres accommodating vulnerable populations: A literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46, 1-17.
- Liu, J., Chen, Y., Chen, Y. (2021). Emergency and disaster management-crowd evacuation research. *Journal of Industrial Information Integration*, 21, 1-12.
- Maxim, A., Olumide, F., Eren Erman, O., Ren, M., Walter, R., Thobias, S. (2019). Development of statistical models for improving efficiency of emergency evacuation in areas with vulnerable population. *Reliability Engineering and System Safety*, 182, 233-249.
- Rahman, M., Chen, N., Islamc, M.M., Dewan, A., Pourghasemi, H.R., Muhammad Ali Washakhf, R., Nepal, N., Tian, Sh., Faiz, H., Alam., M, Ahmed, N. (2021). Location-allocation modeling for emergency evacuation planning with GIS and remote sensing: A case study of Northeast Bangladesh. *Geoscience Frontiers*, 12 (3), 1-16.
- Strader, S., Ash, K., Wagner, E., Sherrod, Ch. (2019). Mobile home resident evacuation vulnerability and emergency medical service access during tornado events in the Southeast United States. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 1-43.
- Yi, W., Özdamar, L., (2007). A Dynamic Logistics Coordination Model for Evacuation and Support in Disaster Response Activities. *European Journal of Operational Research*, 179(3), 1177-1193.
- Zhao, Q., Han, L., Luo, N. (2018). A proposed semi-quantitative framework for comprehensive risk assessment of urban hazard installations considering rescue. *accessibility and evacuation vulnerability, Safety Science*, 110, 192-203.