نشریّهٔ مطالعات نواحی شهری، دانشگاه شهیدباهنرکرمان
سال اوّل، شمارهٔ ۱، زمستان ۱۳۹۳

مدل بهینهٔ تخلیهٔ اضطراری جمعیّت پس از حادثه در اماکن شهری با استفاده از الگوریتم ژنتیک (مطالعهٔ موردی منطقهٔ ۳ شهر کرمان)*

دکترحسین غضنفرپور**
استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید باهنر کرمان
محدثه حامدی
دانشجوی دکتری مدیریت بحران پژوهشگاه مهندسی بحران‌های طبیعی شاخص پژوه
سمیرا حسن زاده
دانشجوی دکتری مدیریت بحران پژوهشگاه مهندسی بحران‌های طبیعی شاخص پژوه

چکیده:
توسعهٔ شهرنشینی و وجود بلایای طبیعی و انسان‌ساز و اثرگذاری آن ها بر روند توسعه و پیشرفت کلان‌شهرها و ارائهٔ راهکارهای بدیع و بهینه برای حفظ جان انسانها بسیار ضروری است. ارائهٔ مدلی پویا برای تخلیهٔ اضطراری جمعیّت در زمانی کوتاه، افزایش سرعت و کیفیت ارائهٔ خدمات، هنگام و بعد از بحران، از اهمیّت زیادی برخوردار است. هدف تحقیق شناسایی و یافتن بهترین مسیر، جهت تخلیهٔ جمعیّت در مواقع اضطراری است. مسئلهٔ اساسی تحقیق این است که به علت عدم پیش‌بینی قبل از حادثه، تخلیهٔ اضطراری پر از حادثه با مشکلات اساسی روبرو می‌شود. روش تحقیق در این پژوهش توصیفی- تحلیلی است. به منظور شناسایی شاخص‌ها و معیارهای مؤثر جهت تخلیهٔ اضطراری، از نظرات کارشناسان و جهت رتبه‌بندی معیارها از نرم افزار Expert Choice در GIS و از الگوریتم ژنتیک به‌دلیل سادگی و سرعت بالای آن جهت تحلیل در شبکه‌های با ابعاد بالا، برای رسیدن به نقاط امن، استفاده شده است. برای آماده سازی داده های لایه های اطلاعاتی مربوط به معابر و بلوکهای شهری، همچنین عرض معابر از پایگاه داده GIS شهرداری کرمان استفاده شده است. نتایج تحقق نشان می‌دهد که روش پیشنهادی ضمن در نظر گرفتن تراکم جمعیّت و عرض معابر، کوتاه‌ترین مسیر برای رسیدن به نقاط امن را می‌یابد. بنابراین می‌توان بطورمؤثری از آن برای تخلیهٔ اضطراری استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تخلیهٔ اضطراری، الگوریتم ژنتیک، منطقهٔ ۳ شهر کرمان، مدل بهینه

*دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۶/۱۸ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۱/۶
** نشانی پست الکترونیک نویسندهٔ مسئول: ma1380@uk.ac.ir

۱-مقدّمه

کشور ایران به لحاظ قرارگرفتن در کمربند زلزله خیز «آلپ – هیمالیا»، از نواحی بسیار فعّال و لرزه خیز جهان محسوب می شود (مارتینی، ۱۹۹۸: ۱۹۹-۱۸۷) بطوری‌که مطابق با کاتالوگ زمین‌لرزه‌های تاریخی، حداقل ۴۵۰ زمین‌لرزهٔ بزرگ از ۶۰۰ سال قبل از میلاد در ایران گزارش شده است (بربریان، ۱۹۹۹: ۱۳۹-۱۲۰؛ وامبرایس،۱۹۸۲: ۲۸۲-۲۷۳). تقریباً ۶۸ درصد شهرهای کشور در حریم یک تا ۳۰ کیلومتری گسل‌ها قرار گرفته‌اند. تنها ۶/۳ درصد سکونتگاه‌های شهری ایران در فواصل بیش از ۵۰ کیلومتری گسل‌ها واقع شده‌اند (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۳۶).

امروزه با توجه به رشد و توسعهٔ شهرنشینی و وجود بلایای طبیعی و انسان‌ساز و اثرگذاری آن‌ها بر روند توسعه و پیشرفت کلا نشهرها، ارائهٔ راهکاری بدیع و بهینه برای حفظ جان انسا نها به عنوان بالاترین ارزش در هنگام بحرا ن ها ضروری است و معرفی مدلی پویا برای تخلیهٔ اضطراری جمعیّت در زمان کوتاه، مدیریت صحنه و افزایش سرعت دهی و کیفیّت ارائهٔ خدمات،هنگام و بعد از بحران‌ها ضروری به نظر می-رسد(عبدالغنی،۲۰۱۴). ازجمله برنامه‌ها و اقدامات مدیریت بحران در فاز کاهش آسیب‌پذیری‌ها، عملیات تخلیه می‌باشد. تخلیهٔ اضطراری، پاسخ فوری و هماهنگ به بلایا می باشد. تخلیه، جزء حیاتی مدیریت اضطراری، برای انتقال جمعیّت از مناطق مخاطره‌آمیز به نقاط امن است (پری، ۲۰۰۳).

تخلیّهٔ اضطراری در واقع از نخستین مراحل مدیریت بحران به شمار می رود که باید در کمترین زمان ممکن انجام شود؛ چراکه سرعت در جابه جا کردن آسیب دیدگان، می تواند تأثیر بسزایی در کاهش مرگ ومیر ناشی از وقوع حادثه داشته باشد (یای و همکاران، ۲۰۰۷ : ۱۱۹۳-۱۱۷۷).

تخلیهٔ اضطراری جمعیّت در بحران‌هایی مانند زلزله، در جهت کاهش تلفات انسانی و افزایش سرعت امداد رسانی بسیار حائز اهمیت می‌باشد، و از این‌رو حرکت دادن جمعیّت به سمت خارج از ناحیهٔ در معرض خطر، با حداکثر سرعت ممکن از اقدامات اساسی در مدیریت بحران به شمارمی‌آید(عبدالغنی،۲۰۱۴). از آنجا که حوادث غیر منتظره از عدم قطعیت بالایی برخوردار است، تخلیهٔ موثر می‌تواند به عنوان مهم‌ترین ابزار در جهت نجات جان انسان‌ها عمل نماید.

این مقاله، مدلی بهینه را جهت مسیریابی تخلیهٔ اضطراری جمعیّت با بهره گیری از فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP ، ارائه داده است که در آن با بررسی پارامترهای مؤثر در مسیرهای تخلیه در مواقع بحران، معیارها و پارامترهای مسیر با تشکیل ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی، اولویت‌بندی می‌شوند. همچنین به منظور بهینه‌سازی مسیرهای پویا برای تخلیه شدگان و تخصیص این مسیرها از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

با گسترش روز افزون جوامع و رشد جمعیّت ، نیاز به صرفه‌جویی و یافتن روش هایی برای به حداقل رساندن زمان و هزینه در انجام امور صنعتی ، عمرانی و غیره هر روز بیشتر ضرورت پیدا می کند .جهت رسیدن به این مقصود ، روش‌های بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند .منظور از روش‌های بهینه‌سازی ، روش‌هایی است که می توان توسط آن‌ها با حداقل زمان و هزینه به نتیجه مطلوب رسید (لاپورت، ۲۰۰۲). زلزله می‌تواند در مدت زمان کوتاهی خسارات و تلفات بسیار گسترده‌ای بر جای بگذارد. آنچه که از این پدیده یک فاجعه می‌سازد، عدم پیشگیری از تأثیر آن و عدم آمادگی جهت پاسخ مناسب به آن است. در خلال قرن گذشته، بیش از یک هزار زلزلهٔ مخرب در هفتاد کشور جهان به وقوع پیوسته و جان بیش از ۱/۵۳ میلیون نفر را گرفته و خسارات مادی فراوانی نیز به بار آورده است. ۸۰ درصد از تلفات ناشی از این زلزله ها، در ۶ کشور گزارش شده است که یکی از آنها ایران می باشد. واقع شدن ایران بر روی کمربند زلزله خیز «آلپ – هیمالیا» موجب شده است که زمین لرزه به عنوان یکی از زیانبارترین بلایا در کشور مطرح شود. به طوری که از هر ۱۵۳ زلزله مخربی که در دنیا اتفاق افتاده، ۱۷/۶ درصد آن مربوط به ایران بوده است(طالب،۱۳۸۰).

با پیشرفت‌های انجام شده در فناوری سامانهٔاطلاعات جغرافیایی (GIS) و دست-یابی به اطلاعات مناسب از شبکهٔ معابر و خیابان‌ها ،امروزه تجزیه و تحلیل مسائل مربوط به حمل و نقل و جابه‌جایی افراد در طول شبکهٔ معابر در محیط GIS،بسیار مورد توجه قرار گرفته است(ارکوت،۱۹۹۶: ۲۸-۲۲ و ژان ،۱۹۹۸: ۷۳-۶۵). پژوهشگران بسیاری در مورد مسألهٔ مدیریت بحران ناشی از بلایای طبیعی ، مانند زمین لرزه، طوفان و... فعالیت کرده‌اند (اردکانی،۱۹۹۲ولیندل۲۰۰۲). در این گونه فعالیت ها ، یافتن کوتاهترین مسیر، بیشتر به عنوان نقطهٔ آغاز حل مسأله و اطلاعات ورودی برای انجام پردازش ها سطوح بالاتر مانند مسألهٔ تخلیهٔ اضطراری، مطرح می باشد.

افزایش ایمنی، امنیت، کاهش تلفات جانی و خسارات مالی شهروندان در برابر مخاطرات و سوانح از اهداف و اقدامات بسیار مهم در مدیریت بحران شهری می باشد. تعیین و بهینه ساختن شبکه ای کار آمد و با تاب آوری بالا از مسیرها برای تخلیهٔ اضطراری مناطق سانحه دیده به محل های ایمن در کمترین زمان ممکن از بخش های بسیار مهم در فاز پیش از بروز سانحه در چرخهٔ مدیریت بحران می‌باشد. لذا برنامه ریزان و مدیران شهری بایستی در فاز پیش از بروز بحران، راهکارهای بهینه برای تخلیهٔ اضطراری، نجات و امداد رسانی در مناطق شهری را پیش بینی نمایند و برای این امر، شبکه راه‌های اضطراری ایمن جهت تخلیه اضطراری ساکنان مناطق سانحه دیده، شناسایی شده و اقدامات لازم در راستای بهینه ساختن آنها صورت گیرد. شناخت شهر، شناسایی مسیرهای درون شهری و تعیین مناطق ایمن برای اسکان اضطراری به هنگام بروز سوانح و از همه مهمتر شناسایی و بهینه ساختن مسیرهای تخلیهٔ اضطراری و ثبت این اطلاعات بر روی نقشه‌های مورد استفاده در ستاد مدیریت بحران از مهم ترین بخشهای طرح تخلیهٔ اضطراری در مناطق شهری در فاز پیش از بروز زلزله می‌باشد (گنجه ای و همکاران ،۱۳۹۱).

سؤال اساسی تحقیق این است که آیا با استفاده از AHP و الگوریتم ژنتیک می توان تخلیه جمعیّت را به شکل مناسبی انجام داد؟

این مقاله، به دنبال ارائهٔ مدلی جدید جهت مسیریابی بهینهٔ تخلیهٔ اضطراری جمعیّت با بهره گیری از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP والگوریتم ژنتیک به منظور تعیین بهترین، آسا نترین و ایمن‌ترین مسیر تخلیهٔ اضطراری جمعیّت در منطقهٔ ۳ شهر کرمان می باشد.

تخلیهٔ امن، فرایندی است که طی آن شهروندان هنگام وقوع زلزله و خطرات ناشی از آن یا احتمال وقوع خطر، محل سکونت خود را ترک کرده و تا زمان رفع خطر به مدت ۷۲ ساعت در مراکز تخلیه اضطراری مستقر شوند. (بالایی لنگرودی، ۱۳۹۰).

تخلیّهٔ اضطراری، درواقع از نخستین مراحل مدیریت بحران به شمار می‌رود که باید در کمترین زمان ممکن انجام شود؛ چراکه سرعت در جابه جا کردن آسیب دیدگان، می-تواند تأثیر بسزایی در کاهش مرگ ومیر ناشی از وقوع مخاطره داشته باشد. تخلیهٔ اضطراری جمعیّت در بحرا نهایی مانند زلزله، در جهت کاهش تلفات انسانی و افزایش

سرعت امدادرسانی بسیار حائز اهمیّت می‌باشد و از اینرو حرکت دادن جمعیّت به سمت خارج از ناحیهٔ در معرض خطر با حداکثر سرعت ممکن از اقدامات اساسی در مدیریت بحران به شمارمی آید(عبدالغنی، ۲۰۱۴).

لازم به ذکر است یکی از مهمترین عوامل در کاهش خطر زلزله، وجود آمادگی قبلی جامعه برای برخورد باپدیدهٔ زلزله می باشد.این آمادگی برای برخورد با سانحه، عبارت از داشتن برنامهٔ مشخص قبلی و برنامه ریزی است(کاوی،۱۹۹۷: ۲۷۱).

در طول دهه‌های اخیر، استفاده از مدل‌های مختلف برای مدیریت موقعیت‌های اضطراری در شرایط و حالات مختلف مطرح شده است. این مدل ها بر مشکلات و ناممکن ها غلبه نموده اند.تخلیه های هزینه بر و واقعی محیط های گوناگون همانند انواع ساختمان ها،اماکن رفاهی،انواع حمل و نقل و...) که اجازهٔ پیشگیری و مدیریت را برای ایمنی افراد ایجاد می نماید؛ انجام می دهند.مدل‌های تخلیهٔ اضطراری، سناریوهای مختلفی را از طریق توجه بر ویژگی های فیزیکی سناریو ها شبیه سازی وبهینه‌سازی می نمایند.(جین وهمکاران،۲۰۰۸)

در اغلب موارد در تخلیهٔ اضطراری ، هرج و مرج امری عادی است. افراد مضطرب و به‌دنبال نجات جان خود می‌باشند؛ در حالی که امنیت و توجه به محیط پیرامونشان را از دست خواهند داد.اگر برنامه‌های تخلیهٔ اضطراری، بصورت مناسب برای این اماکن ایجاد شده باشد می‌توان با سرعت زیاد جمعیّت را از نقاط حادثه، تخلیه کرد.

واگنر و همکاران (۲۰۱۴)، مدل شبیه‌سازی کامپیوتری را برای تخلیهٔ جمعیّت، در جایی که فاجعهٔ آتش اتفاق می افتد و عملکرد تخلیه را تحت سناریو های چند گانه بلایا، مورد مطالعه قرار می دهند. در حالی که تلاش پژوهشگرها بر توسعهٔ سیستم عامل شبیه سازی به منظور بررسی اثر طرح تخلیه برای نزدیک شدن به طرح های مطلوب تخلیه متمرکز است.

علیزاده (۲۰۱۱)، مدل ماشینی سلولی دینامیکی را برای شبیه‌سازی فرایند تخلیه در فضاهای با موانع ارائه نموده است. در این مدل پارامترهای اساسی مانند روانشناسی انسانی ، قرار دادن خروجی‌ها در عرض‌های خود و موقعیت موانع را در نظر می‌گیرد این مدل نشان می‌دهد که توزیع اولیهٔ جمعیّت، نقش مهمی در نتایج به دست آمده دارد .نتایج مشابه در پژوهش علیزاده نشان داد که توزیع چگالی موضعی از عبور و مرور می تواند بر عملکرد تخلیه، تأثیر قابل توجهی داشته باشد.

شارما (۲۰۰۹)، سیستم Avatar Sim را که یک سیستم چند عامله برای شبیه سازی اضطراری سناریوهای تخلیه می‌باشد، معرفی نمود.این مدل پارامترهای رفتاری گوناگون را مانند استرس، خشم، و وحشت که در تخلیهٔ اضطراری به شکل واقعی ایجاد می شود، در نظر می‌گیرد.

جانسون و همکاران (۲۰۰۷)، از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی موقعیت موانع برای رسیدن به تخلیهٔ کارامد استفاده نمودند.

پارک و همکاران (۲۰۰۹)، الگوریتم بهینهٔ مسیریابی را برای سیستم‌های تخلیه مطرح نمودند. اطلاعات شبکه که بصورت فضاهای قابل حرکت در ساختمان‌ها بود، برای تعیین مسیر بهینه مورد استفاده قرار گرفته است.

کپولینا (۲۰۰۶)، مدلسازی بهینهٔ چند مرحله‌ای رابرای تخلیه، ارائه نمود. این مدل روش جستجوی تصادفی برای تعیین مسیرهای تخلیه در اماکن پر از ازدحام است. از این مدل شبیه سازی برای ثبت تراکم در طول مسیر استفاده می گردد.با این حال، فرض این مدل بر این است که تنها مجموعه ای از مسیرهای تخلیه از پیش تعریف شده، می‌توانند توسط تخلیه شدگان مورد استفاده قرار بگیرند، با گزینه‌های مسیریابی بی‌نهایت، برای فضاهای باز، محدود می گردد. بعلاوه این مدل برای مطالعهٔ اماکن با فضای بسیار بزرگ، واضح و شفاف، نمی‌باشد.

کمپس و همکاران (۲۰۰۰)، روش ابتکاری را برای شناسایی تعداد مشخص مسیرهای مستقل بهینه جهت تخلیهٔ نواحی تحت بحران ارائه دادند. هدف نهایی بهینه‌سازی مجموع نسبت ظرفیت به زمان سفر برای مسیرهای کاندید بوده است.کمپس و همکاران، روش K-Shortest Path را در تخلیهٔ اضطراری ارائه نموده است. در این مدل مسیر بهینه بر اساس ظرفیت بیشتر و مدت زمان کوتاهتر نسبت به سایر مسیرها انتخاب می شود.

طالعی و همکاران (۱۳۹۰)، در تحقیق خود بر روی شبکهٔ معابر منطقهٔ ۷ تهران در مورد مسیریابی بهینه در زمان اضطراری، روشی را با استفاده از الگورتیم دایجسترا برای مسیریابی ارائه نمودند. با استفاده از این الگوریتم، می‌توان مسیرهای بهینهٔ مورد نیاز برای تخلیه، استفاده نمود.

شرالی و همکاران (۱۹۹۱)، مدل مکان یابی پناهگاهها و ارائهٔ الگوریتم مناسب جهت برنامه‌ریزی تخلیه، تحت شرایط سیل و طوفان را مورد بررسی قرار دادند . آنها ضمن بررسی اهمیّت مکان پناهگاهها در مناطق تحت تأثیر سیل یا طوفان، زمان مورد نیاز جهت انتقال تخلیه شوندگان به مناطق امن را بررسی نمودند.

پژوهش حاضر پس از بررسی مدل‌های بهینه‌سازی برنامه های تخلیه و تحقیقاتی را که تاکنون دربارهٔ تخلیهٔ اضطراری انجام شده؛ مد نظر قرار داده است. بسیاری از تحقیقات انجام شده صرفا از طریق روش های شبیه‌سازی، در محیط‌های شبیه‌سازی شده صورت گرفته است. این پژوهش به دنبال بررسی عملیات تخلیهٔ اضطراری با استفاده از روشهای ابتکاری در کاربری های بزرگ از لحاظ مساحت و تراکم جمعیّتی بسیار بالا در محیط واقعی می‌باشد.

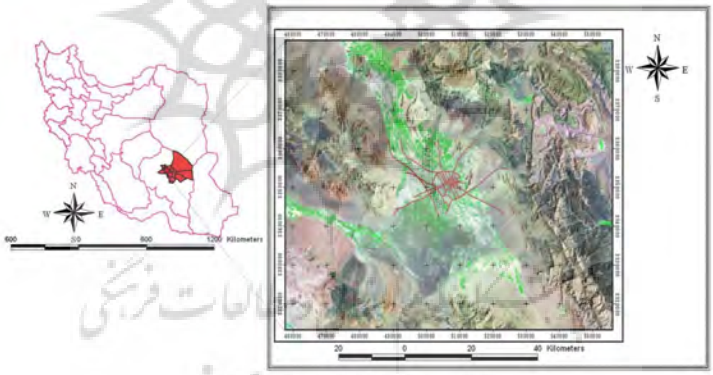
۲- داده‌ها و روش شناسی

در پاره‌ای از مسائل که به مسائل NP معروفند، فضای حالت مسئله چنان بزرگ است که رسیدن به جواب مسئله در مدت زمان قابل قبول با استفاده از روش‌های جستجوی معمولی غیر ممکن است. از این رو نیاز به روشهایی است که بتواند در بخشهای مختلف فضای موردنظر، حرکت کرده و بتواند عمل جستجو را انجام دهد. این روشها، جستجوی هیوریستیکی یا ابتکاری نامیده می‌شوند. این الگوریتم‌ها بر مبنای تصادف عمل کرده وجستجوی فضا را به صورت موازی انجام می‌دهند و می‌توانند به سمت بهینگی‌های سراسری مسئله حرکت کنند (مطیع قادر،۱۳۸۹). از این‌رو، در این مقاله از الگوریتم ژنتیک به دلیل سادگی و سرعت بالای آن جهت تحلیل در شبکه‌های با ابعاد بالا، برای تعیین مسیربهینه، برای رسیدن به نقاط امن استفاده می‌شود. برای آماده سازی داده‌ها، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به معابر و بلوک‌های شهری و همچنین فضاهای مناسب برای تخلیهٔ اضطراری به همراه اطلاعات جمعیّتی بلوک‌های شهری و همچنین عرض معابر شهری ازپایگاه داده GIS جمع‌آوری شده است. همچنین از نرم افزارExpert choice ، جهت اولویت‌بندی وشناسایی معیارهای مؤثر در مسیریابی بهینهٔ تخلیهٔ اضطراری استفاده شده است.

۲-۱- محدودهٔ مورد مطالعه

شهر کرمان در جنوب شرق ایران، در محدوده‌ای با طول جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۷ درجه تا ۵۷ درجه و ۷ دقیقه شمالی واقع شده است. دارای جمعیّت ۵۳۸۱۹۷ نفر می‌باشد و بزر گترین شهر در جنوب شرق کشور است. این شهر با ارتفاع ۱۷۰۰ متر از سطح دریا در حاشیهٔ شمال شرقی دشت کرمان قرار گرفته است.

در بین شهرهای ایران، شهر کرمان به دلیل وسعت زیاد وشرایط خاص جغرافیایی و تکتونیکی بر روی گسل‌های نسبتاً زیاد و اصلی قرار گرفته است و متأسفانه به دلیل وقوع زلزله های بسیارشدید با تلفات انسانی بسیار بالا، یکی از مناطق فعال و زلزله خیز ایران بشمار می رود لذا به این دلیل درسالهای اخیر از جهت مطالعات لرزه‌خیزی، مورد توجه قرار گرفته است. موقعیت گسل های شهر کرمان در برابر زلزله، در نقشهٔ زمین‌شناسی شکل(۱) دیده می‌شود. (حسن زاده و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۸۲)



شکل ۱- موقعیت شهر کرمان بر روی تصویر ماهواره‌ای

۳- بحث

۳-۱- شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مسیر بهینهٔ تخلیهٔ اضطراری در AHP

از آنجا که AHP ، تکنیکی برای انجام اولویت بندی(تعیین درجه اهمیت) با روش علمی قوی به منظور تصمیم گیری است، در این مقاله، این فرایند جهت تصمیم گیری و اولویت بندی و انتخاب مسیرهای تخلیهٔ اضطراری انتخاب شده است.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروفترین فنون تصمیم گیری چندمنظوره است(قدسی پور، ۱۳۸۱ :۵۸)

همچنین این روش یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این تکنیک امکان محاسباتی کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند (ناصری نیک، ۱۳۸۵: ۸) .

فرایندشناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مسیر بهینهٔ تخلیهٔ اضطراری عبارتند از:

۱. مشخص نمودن پارامتر های مؤثر در تعیین مسیرهای تخلیهٔ اضطراری.
۲. کاربرد روش سلسله مراتبی جهت تحلیل وزن نسبی پارامتر های مؤثر.
۳. وزن دهی ساده برای شناسایی شاخص مناسب بودن.
۴. تعیین معیار های مؤثر و ضروری در تعیین مسیر های بهینه.

با توجه به نظرات کارشناسان مدیریت بحران شهر کرمان، شاخص عرض معابر، عدم تراکم جمعیّت، امکان گریز از موقعیت های خطر ناک و دسترسی به مناطق امن، در هنگام وقوع زلزله و بلایای دیگر می تواند عبور و مرور وسایل نقلیهٔ امدادی را تسهیل نماید. همچنین معیار فضای باز برای انتقال افراد از جمله معیار های بسیار مهم در تعیین و شناسایی مسیرهای بهینه جهت تخلیهٔ اضطراری می‌باشد. در شناسایی مسیرهای تخلیه، تأثیر سه عامل با اهمیّت یعنی عرض معابر، تراکم جمعیّت و فضاهای باز، مورد تحلیل قرار گرفته و اولویت هر یک نسبت به دیگری تعیین گردیده است.

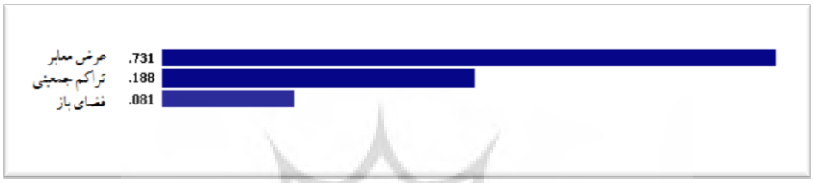
برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها روشهای مختلفی وجود دارد که معمول‌ترین آنها «مقایسهٔ دودویی» است. در این روش، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه و درجهٔ اهمیّت هر یک از آنها نسبت به دیگری مشخص می‌شود (جدول۱).

جدول۱- مقایسهٔ دودویی معیارها

تناسب پارامتر	ارزش
پارامتر Aدر مقایسه با پارامترB ارزش یکسانی دارد.	۱
پارامتر Aدر مقایسه با پارامترB ارزش متوسط دارد.	۳
پارامتر Aدر مقایسه با پارامترB ارزش زیادی دارد.	۵
پارامتر Aدر مقایسه با پارامترB ارزش نسبتاً زیادی دارد.	۷
پارامتر Aدر مقایسه با پارامترB ارزش خیلی زیادی دارد.	۹
ارزش های مابین	۸،۶،۴،۲

(مأخذ: باون، ۱۹۹۰)

این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است.تصمیم گیرنده یا تحلیل‌گر مستقیماً بر مبنای اهمیّت نسبی هر معیارمورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در معیار آن خصیصه یک مقدار نهایی برای هر معیار بدست می آید.پس از آن که مقدار های هر معیار مشخص شد، معیارهایی که بیشترین مقدار را داشته باشند،مناسب ترین معیار برای هدف مورد نظر خواهند بود. با استفاده از نرم‌افزار Export Choice مقایسات زوجی لایه ها انجام می‌گیرد (شکل۲).



شکل ۲- نمودار محاسبهٔ وزن‌ها درExpert choice (مأخذ: نگارندگان)

نسبت توافق CR، وزن‌ها را محاسبه کرده و اگر CR<۱ باشد، مقایسه‌ها قابل قبول است و وزن‌ها را استخراج می‌کنیم. (شهابی، ۱۳۸۸: ۹). در مطالعهٔ صورت گرفته CR برابراست با ۰/۰۶ که نشان دهندهٔ قابل قبول بودن نسبت توافق می‌باشد.

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌گردد به ترتیب، معیار عرض معابر با وزن ۰/۷۳۱ در بالاترین اولویت، تراکم جمعیّتی با میزان ۰/۱۸۸ در اولویت دوّم و معیار فضای باز با میزان ۰/۰۸۱در اولویت سوّم قرار دارد.

جدول۲- وزن معیارها

معیارها	عرض معابر	تراکم جمعیّت	فضای باز	وزن نهایی
عرض معابر	۱	۵	۷	۰/۲۱۷
تراکم جمعیّت	۰/۲	۱	۳	۰/۱۰۲
فضای باز	۰/۱۴	۰/۳۳	۱	۰/۴۶
مجموع				۱

(مأخذ: نگارندگان)

۳-۲- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک، با الهام از مفاهیم علم زیست شناسی همچون وراثت، جهش، انتخاب طبیعی و ترکیب، بر مبنای جستجوی تصادفی ساختار یافته، است. استفاده از الگوریتم ژنتیک، زمان رسیدن به یک جواب قابل قبول را نسبت به سایر روش ها تا حد قابل قبولی کاهش می دهد (گولدبرگ، ۱۹۸۹).

این روش بر اساس فرایند بیولوژیکی زاد و ولد در جوامع طبیعی استوار می‌باشد. الگوریتم‌های ژنتیک در زمینهٔ استخراج عوارض، بسیار مؤثر و با ثبات عمل می‌کنند (پال و همکاران، ۱۹۹۴: ۲۷۱-۲۶۱). الگوریتم ژنتیک، تکنیکی است که از تکامل ژنتیکی و اصول انتخاب طبیعی داروین به عنوان الگوی حل مسئله استفاده می کند. قانون انتخاب طبیعی بیانگر این مسئله است که تنها گونه هایی از یک جمعیّت می توانند نسل خود را ادامه بدهند که بهترین خصوصیات را داشته باشند و این خصوصیات برتر به نسل‌های بعد منتقل خواهد شد و گونه هایی که دارای این خصوصیات برتر نیستند، به تدریج و در طی زمان از بین می روند (بریانت، ۲۰۰۰).

الگوریتم ژنتیک شامل مراحل زیر می شود:

۱. انتخاب و ایجاد جامعه اولیه
۲. محاسبه میزان شایستگی هر فرد در جامعه
۳. انتخاب افراد از جامعه بر اساس میزان شایستگی
۴. تولید مثل بر اساس فرایند تلفیق ژنی و جهش ژنی

۳-۳- چارچوب مدلسازی پژوهش

در این مقاله علاوه بر در نظر گرفتن کوتاه ترین مسیر برای رسیدن به نقطه امن،تراکم جمعیّت و عرض معابر را هم در نظر می گیریم.چون همیشه یافتن کوتاهترین مسیر نمی تواند بهترین انتخاب باشد.از آنجا که ممکن است در معابر با عرض متفاوت تراکم جمعیّت به اندازه ای باشد که نتوان در زمان کوتاه از آن عبور کرد، بنابراین در این مقاله دو هدف دنبال می شود. ابتدا تعدادی از کوتاهترین مسیرها را با فرمول (۱) بدست می آوریم و سپس با توجه به مسیرهایی که شناسایی شده است، تراکم جمعیّت و عرض معابر هم در نظر گرفته می شوند و مسیری انتخاب می شود که هر دو هدف را برآورده کند.

$$\min(\sum_{j=1}^{s}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p_i-p_i)^2})$$ (رابطهٔ ۱)

ه در آن $p=(p_1,p_2,\ldots,p_n)$ و $q=(q_1,q_2,\ldots,q_n)$ دو نقطهٔ در فضای اقلیدسی n بعدی است.j شمارنده معابر و S تعداد کل نقاط شامل معابر، نقطهٔ اسیب دیده و نقطهٔ امن می‌باشد.

پس از یافتن بهترین مسیرها توسط الگوریتم ژنتیک، به انتخاب کاربر تعدادی از مسیرهای بهینه شامل اولین بهترین مسیر، دومین بهترین مسیرو...انتخاب می شوند. حال تابع هدف زیر برای انتخاب مسیر بهینهٔ نهایی در نظر گرفته می‌شود:

$$\min\left(\sum_{i=1}^{n} L_i + \sum_{j=1}^{n} W_j T_j\right)$$ (رابطهٔ ۲)

که در آن n تعداد معابری است که در یک مسیر بهینه بدست آمده است.L_i طول معبر با برچسب iاست..T_j وW_j به ترتیب نشان دهندهٔ تراکم جمعیّت در معبر با برچسبj و عرض معبر با برچسب j هستند.البته کاربر در استفاده از این فرمول برای انتخاب بهترین مسیر می تواند برای هر یک از فاکتورهای مسیر بهینه(کوتاهتر) و تراکم، یک وزن قرار دهد و با توجه به اهمیت هر یک از آنها تابع بهینه را به شکل زیر تغییر دهد.

$$\min\left(k_1\sum_{i=1}^{n} L_i + k_2\sum_{j=1}^{n} W_j T_j\right)$$ (رابطهٔ ۳)

که در آن k1و k2 مشخص کنندهٔ درجهٔ اهمیّت می باشند و مجموع آنها ۱است.یعنی داریم:

$$\sum(k_1 + k_2)=1$$ (رابطهٔ ۴)

از آنجا که پارامترهای در نظر گرفته شده در مسئله از یک جنس نیستند،برای ترکیب آنها در فرمول‌ها ابتدا باید آنها را نرمال سازی کرد و واحد یکسانی برای ترکیب وزن دار آنها مشخص کرد.بنابراین تمامی پارامترها به یک مقدار نرمال شده، تقسیم شده و سپس ترکیب می‌شوند.

۳-۴- روش پیشنهادی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

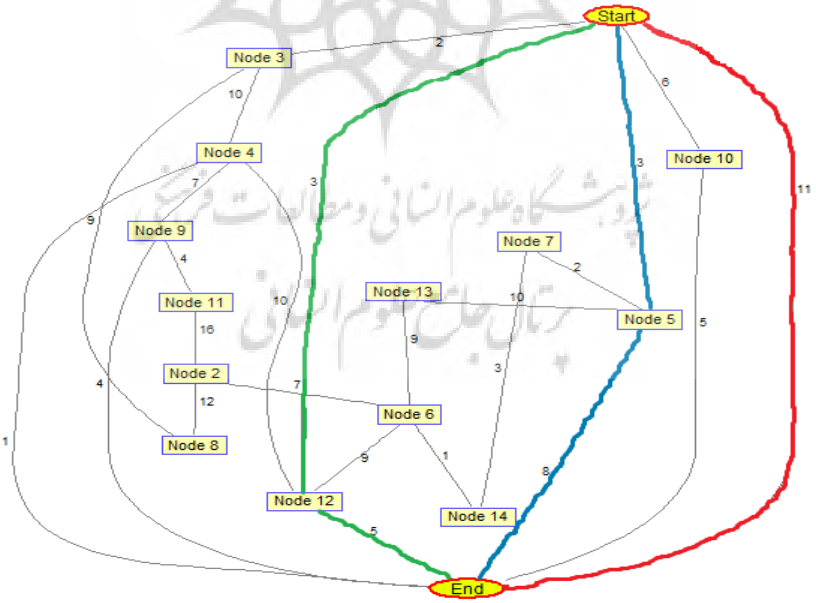
فرایند مسیریابی، شامل انتخاب مسیر بهینه در شبکهٔ معابر یعنی بهینه ترین مسیری که در این مقاله معیار آن کوتاه تر بودن مسیر است به طوری که:

۱. مسیر دارای تراکم جمعیّت پایین با توجه به عرض معابر موجود در مسیر باشد.

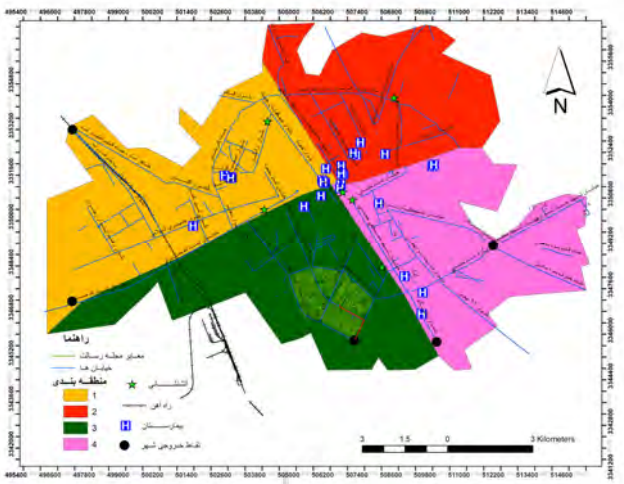
۲. مسیر به صورت یکطرفه باشد،یعنی از مبدأ شروع و به مقصد خاتمه یابد و نیازی به برگشت به مبدأ نباشد.

در شبکه‌های بزرگ، مسیریابی و انتخاب مسیر بهینه پیچیده می‌شود. در شبکه‌ای که ما برای مسئله در نظر گرفته‌ایم، می‌توان نقاط امن و آسیب دیده و معابر را بعنوان گره-های گراف در نظر گرفت. هر بلوک آسیب‌دیده بعنوان رأس شروع و نواحی امن مجاور بعنوان رئوس پایانی در گراف می باشد. با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تمامی مسیرهای بهینه برای رسیدن به نقطهٔ امن را پیدا می‌کنیم و در مرحلهٔ بعد با توجه به تراکم مسیرها، مناسب‌ترین ناحیهٔ امن مشخص می‌شود.

به منظور بررسی کارایی روش پیشنهادی، ابتدا یک شبکهٔ فرضی با ۱۵ گره در نظر گرفته شده است. در آن نقطهٔ مبدأ و مقصد مشخص شده‌اند.برای یافتن مسیر بهینه، تمامی یالها جستجو می شوند و ۳ مسیر با کمترین هزینه مشخص می‌شود. در یک شبکهٔ واقعی پس از یافتن بهترین مسیرها، مسیری که از نظر تراکم جمعیّت مناسب‌تر است بعنوان مسیر بهینه انتخاب می‌شود. شکل (۴) شبکهٔ فرضی را با بهترین مسیرها که به ترتیب با رنگ‌های سبز، آبی و قرمز مشخص شده‌اند، نشان می‌دهد.



شکل۴- شبکهٔ فرضی مسیر بهینه در منطقهٔ ۳ شهر کرمان



شکل۵- مسیر یابی بهینهٔ تخلیهٔ اضطراری در منطقهٔ ۳ شهر کرمان

در آزمون مسیریابی در شبکهٔ واقعی، یک نقطهٔ آسیب‌دیده شروع و یک ناحیهٔ امن مجاور آن که در شکل (۶) به ترتیب با start و end مشخص شده، در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۳ مسیر بهینه تعیین شده اند که در بین آنها مسیری که با رنگ قرمز مشخص شده است، بهترین مسیر بین نقطهٔ آسیب‌دیده و نقطهٔ امن می باشد که تراکم جمعیّت در آن با توجه به عرض معابر کمتر و طول آن هم کوتاه است.

شکل۶- مسیر یابی بهینه در محیط واقعی در محدودهٔ مورد مطالعه

۴- نتیجه گیری

برای تعیین مسیرهای بهینه، جهت تخلیهٔ اضطراری با استفاده از نظرات کارشناسان سازمان‌های متولی مدیریت بحران، معیارهای مهم عرض معابر، تراکم جمعیّت و فضاهای باز در نظر گرفته شد. نتایج ماتریس مقایسات زوجی نشان می‌دهند که معیار عرض معابر با وزن ۰/۷۳۱ در بالاترین اولویت ، تراکم جمعیّتی با میزان ۰/۱۸۸ در اولویت دوّم و معیار فضای باز با میزان ۰/۰۸۱ در اولویت سوّم قرار دارد. در شبکه‌های بزرگ، مسیریابی و انتخاب مسیر بهینه پیچیده می‌شود و در شبکه‌ای که ما برای مسئله در نظر گرفته‌ایم، می‌توان نقاط امن و آسیب‌دیده و معابر را بعنوان گره‌های گراف در نظر گرفت. به منظور تعیین مسیر بهینه، شبکه ای فرضی با ۱۵ گره در نظر گرفته شده که در آن نقطه مبدا و مقصد مشخص شده است .برای یافتن مسیر بهینه تمامی یالها جستجو و ۳ مسیر با کمترین هزینه مشخص شده است .در یک شبکهٔ واقعی پس از یافتن بهترین مسیرها، مسیری که از نظر تراکم جمعیّت مناسبتر است بعنوان مسیر بهینه انتخاب می شود. لذا بهترین مسیردرمحیط واقعی برای تخلیه اضطراری در منطقهٔ ۳ شهر کرمان، حدفاصل چهارراه دانشگاه آزاد به سمت میدان رسالت می باشد که با سه گزینه انتخاب گردیده. گزینهٔ اوّل به دلیل عرض معابر، بهترین مسیر برای تخلیهٔ اضطراری می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که روش پیشنهادی ضمن در نظر گرفتن تراکم جمعیّت و عرض معابر، کوتاه‌ترین مسیر برای رسیدن به نقاط امن را یافته است .بنابراین می‌توان بطور مؤثری از آن برای تخلیه اضطراری استفاده کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست منابع

۱- بالایی لنگرودی، بهروز. (۱۳۹۰). **ارزیابی آسیب‌پذیری شبکه در برابر زلزله.** مطالعهٔ موردی منطقهٔ ۱۰ شهرداری تهران. پایان نامهٔ کارشناسی ارشد مدیریت سوانح،دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.

۲- باون، اندرا. (۱۹۹۰). **قضاوت ذهنی و محیط زیست، تجزیه و تحلیل داده‌ها در کامپیوتر**. محیط زیست و سیستم شهری، شمارهٔ ۱۴.

۳- حسن زاده، رضا. عباس نژاد، ایمان. (۱۳۸۵). **ریز پهنه‌بندی درجهٔ ۲ و ارزیابی اثرات زلزله بر شهر کرمان با استفاده از GIS**. چکیده مقالات دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳ تا ۱۵ شهریورماه، ص ۲۸۲.

۴- زمرّدیان، محمّدجعفر. (۱۳۸۱). **ژئومورفولوژی ایران**. انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.

۵- شهابی، هیمن. (۱۳۸۸). **نقش عوامل ژئومورفیک در مکان‌یابی دفن مواد زائد شهر سقز با استفاده از مدلهای GIS و فناوری سنجش از دور**. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی به راهنمایی دکتر علیرضا قراگزلو، دانشگاه تبریز.

۶- طالب، مهدی. (۱۳۸۰). **شیوهٔ سکونت‌گزینی و گونه‌های مساکن روستایی**. انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.

۷- طالعی و همکاران. (۱۳۹۰). **مسیریابی بهینه در محیط GIS برای تخلیهٔ اضطراری آسیب‌دیدگان از حوادث ناگهانی**. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شمارهٔ ۸۷.

۸- قدسی‌پور، سیدحسن. (۱۳۸۱). **مباحثی در تصمیم‌گیری چندمعیاره**. دانشگاه امیر کبیر، تهران.

۹- گنجه‌ای، سجاد. امیدوار، بابک. ملک‌محمدی، بهرام. نوروزی خطیری، خدیجه. (۱۳۹۱). **جایگاه و اهمیّت تعیین و طراحی راه های تخلیهٔ اضطراری مناطق سانحه دیده به محل های اسکان موقت از دیدگاه مدیریت بحران**. دومین همایش مدیریت بحران در صنعت ساختمان، سازه‌های زیرزمینی و شریان‌های حیاتی، اصفهان.

۱۰- مطیع قادر، حسن. میرمهدی، ایمان. (۱۳۸۹). **مروری بر برخی از روشهای بهینه‌سازی هوشمند**، نشر شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی شبستر.

۱۱- ناصری نیک، سیدرضا. (۱۳۸۵). **رتبه‌بندی فاکتورهای مهم در ارزیابی شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از تکنیک AHP**. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد دانشکدهٔ معارف اسلامی و مدیریت، دانشگاه امام صادق (ع)، تهران.

12- Abdelghany, A., Abdelghany, K., & Mahmassani, H., (2014). **A hybrid approach formodeling crowd dynamics in large-scale pedestrian facilities**. Transportation Research: Part A (submitted for publication.
13- Amberayses, N. N., and Melville, C. P., (1982). **A History of Persian Earthquake Cambridge university Press.and safety of the environment and transport**. Lecture Notes in Computer Science and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B, 8025, pp: 373–382.
14- Alizadeh, R., (2011). **A dynamic cellular automaton model for evacuation process with obstacles**. Safety Science, No.49(2), pp: 315-323.
15- Ardekani, S.A., (1992). **A Decision Tool for Transportation Operations Following Urban Disasters**. Final Report, Arlington, National Science Foundation, the University of Texas at Arlington
16- Berberian, M. ,Yeats. R. S., (1999). **Patterns of historical earthquake rupture in the Iranian Plateau**. Bull. Seismol. Soc. Am. No.89, pp:120-139.
17- Bryant, Kylie., (2000). **Genetic Algorithm and the Traveling Salesman Problem**. Hervey Mudd college.
18- Camps, V.B.G., DeSilva, P.A.L., Netto, P.O.B., (2000). **Evacuation transportation planning: A method of identify optimal independent routes**.
19- Cepolina, E., (2005). **A methodology for defining bulding evacuation routes**. Civil engineering and Environmental systems. No. 22(1), pp: 29-47.
20- Erkut, E., (1996). **The Road Not Taken**, ORMS Today, Vol.23, pp: 22-28.
21- Goldberg, D.E., (1989). **Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine learning**. Addison- Wesley.
22- Johnsson, A., Helbing, D., (2007). **Pedestrian flow optimization with a genetic algorithm based on Boolean grids**. In pedestrian and evacuation dynamics 2005, Springer, pp: 267-272.
23- Laporte, G, Palekar, U., (2002). **Some applications of the clustered travellingsalesman problem**. Journalof the Operational Research Society.
24- Lindell, M.K. and Prater, C.S., (2002). **Development of a Decision Support System for Evacuation Management**. The First International Conference on Debris-Flow Disaster Mitigation Strategy, Taipei, Taiwan.
25- Martini, P. M., Hessami, K., Pantosi, D., Addezio, G., Alinaghi, H., GhaforyAshtiani, M., (1998). **A geologyic contribution to the evaluation of sesmic potential of the kahrizak fault (Tehran, Iran)**. Tectonophysics, No.287, pp: 187-199.

26- Park, I., Jong, G., Park, S., Lee. (2009). **Time-dependent optimal routing in microscale emergency situation**. Publication of the Tenth International Conference on Mobile data Management: System, Services and Middleware, pp:714-719.
27- Pal, S.K., Bhandar, D., Kundu, M.K., (1994). **Genetic algorithms for optimal image enhancement**. Pattern Recognition Lettrs, No.15, pp:261-271.
28- Perry, R.W., Lindell, M.K., (2003). **Preparedness for emergency response**.
29- Wagner, N., Agrawal, V., (2014). **An agent-based simulation system for concert venue crowd evacuation modeling in the presence of a fire disaster**. Expert system with applications, No.41(6), pp: 2807-2815.
30- Yi, W., Özdamar, L., (2007). **A Dynamic Logistics Coordination Model for Evacuation and Support in Disaster Response Activities**, European Journal of Operational Research Vol.179, No. 3, pp: 1177-1193.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی