آینده‌پژوهی دفاعی، سال هفتم، شماره ۲۷، زمستان ۱۴۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳

از صفحه ۷ تا صفحه ۳۴

شبیه‌سازی تخلیهٔ اضطراری جمعیت در هنگام وقوع بحران با رویکرد سناریو محور (بررسی موردی: سالن شماره دو فرودگاه مهرآباد)

محمدعلی نکویی[۱]

پرویز جعفری فشارکی[۲]

محدثه حامدی[۳*]

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

هدف از انجام این مقاله، مدل‌سازی متغیرها و سناریوهای مؤثر بر تخلیهٔ اضطراری در هنگام وقوع بحران‌هایی مانند جنگ و زلزله است. جامعه آماری شامل ۵۴ نفر از متخصصان، هیأت علمی و دانشجویان تحصیلات تکمیلی است. روش پژوهش از نوع توصیفی– تحلیلی می‌باشد. روش نمونه‌گیری تصادفی و از فرمول کوکران استفاده شده است. بر اساس نرم-افزارهای Any Logic،Wizard و Anp تحلیل‌ها انجام شده است. ۸ سناریو با حداکثر دو عامل ناسازگار برای مدل-سازی در Any Logic در نظر گرفته شده است. سناریو بحرانی‌تر بدست آمده از شبیه‌سازی انتخاب شده و راهکارها در نرم‌افزار Anp بررسی شدند. پژوهش‌های پیشین سناریوهای شبیه‌سازی شده را با روش علمی تبیین نکرده‌اند. برای انتخاب راهکارها و سناریوها از تکنیک‌های تصمیم‌گیری استفاده و با شبیه‌سازی ترکیب نموده‌ایم. زمان تخلیه در سناریو پنجم از بقیه سناریوها بیشتر است و این سناریو را بحرانی‌تر در نظر گرفتیم. نتایج Anp نشان داد معیارهای اضافه نمودن درب و برداشتن موانع با وزن‌های ۰/۲۸۷ و ۰/۲۶۲ بالاترین رتبه را گرفته‌اند. با توجه به وزن‌های نرمال‌شده در زیرمعیارها، در معیار زمان، زمان فرار در راهروها و پله‌ها (با وزن ۰/۶۵)، در هزینه، بعد اجرایی (با وزن ۰/۶۰۸)، در قابلیت اجرا، قابلیت هدایت عملیات (با وزن ۰/۸)، در تأثیرات محیطی، تأثیر بر عموم (با وزن ۰/۷۰۵) و در ضمانت تردد، وضعیت مدیریت ترافیک (با وزن ۰/۷۵۶) بالاترین رتبه را گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی:

تخلیهٔ اضطراری، بحران، سناریو ویزارد، شبیه‌سازی، انی لاجیک، تحلیل شبکه.

---

[۱] استادیار گروه مدیریت بحران، دانشکده پدافند غیرعامل دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران، ایران.

[۲] استادیار گروه مدیریت بحران، دانشکده پدافند غیرعامل دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

[۳] دانشجوی دکتری گروه مدیریت بحران، دانشکده پدافند غیرعامل دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

[*] نویسنده مسئول: Email: mmoh.h000@yahoo.com

CC BY NC ND

DOI: 10.22034/DFSR.2023.557627.1625

مقدمه

از جمله برنامه‌ها و اقدامات مدیریت بحران در فاز کاهش آسیب‌پذیری‌ها در هنگام جنگ و بحران‌های طبیعی عملیات تخلیه می‌باشد. تخلیهٔ اضطراری پاسخ فوری و هماهنگ به بلایا می‌باشد (Perry, 2003). تخلیهٔ اضطراری در واقع از نخستین مراحل مدیریت بحران به‌شمار می‌رود که باید در کم‌ترین زمان ممکن انجام شود؛ چرا که سرعت در جابه‌جا کردن آسیب دیدگان، می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش مرگ‌ومیر ناشی از وقوع مخاطره داشته باشد (Ozderma, 2007). عامل مؤثّری که بر نتایج یک طرح شبیه‌سازی تخلیهٔ اضطراری تأثیرگذار است، زمان است (Ha, 2018). آمار و ارقام بدست آمده از تحقیقات تجربی نشان می‌دهد که در طول تخلیهٔ اضطراری معمولاً فاجعه دلیل اصلی تلفات نبوده است و احساس وحشت ایجاد شده علت اصلی تلفات است (Fang, 2016). به این علت، در بسیاری از شبیه‌سازها جنبه‌های استرس در نظر گرفته شده است (Plachino, 2015). در موارد اضطراری، رفتار جمعیت در برخی از موارد خاص دارای ویژگی‌های مشترک بوده و با هم همسو می‌باشند. در این موارد مشاهده شده که افراد جهت نجات جان خود به طرف درب‌های خروجی هجوم آورده و باعث فشار آوردن به هم دیگر می‌شوند (Sharma, 2017)(Basougi, 2017). استراتژی‌های تخلیهٔ بهینه در کاهش تلفات در صورت ایجاد حوادث بسیار مهم است (Wang, 2021). ظرفیت فضای طراحی شده یکی از مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار در بحران ازدحام جمعیت است و این بحران معمولاً در شمار بحران‌های با منشأ انسانی طبقه‌بندی می‌شوند. استیل در بررسی‌های خود سه دلیل را برای بحران‌های ازدحام جمعیت شناسایی کرده است، بر این اساس، بحران‌ها به سبب طراحی نادرست فضا اطلاعات نادرست و مدیریت نادرست رخ می‌دهند. به نظر می‌رسد که عوامل بروز بحران‌های جمعیتی منشأ مدیریتی، کالبدی فضایی و رفتاری دارند. حرکت، مفهومی کلیدی در شناخت این مخاطرهٔ است و پاسخ به دو پرسش که آیا فضای کافی برای جمعیت وجود دارد؟ آیا فضای مورد نظر مناسب است یا خیر؟ کمک شایانی در کاهش مخاطرهٔ ازدحام جمعیت می‌کند (ارژنگی، ۱۳۹۸).

دنیای امروز سرشار از عدم قطعیت‌ها و دچار دگرگونی‌های سیاسی و امنیتی هست، به عنوان مثال شرکت‌های صنعتی و مشاوره‌ای، بسیاری از رویکردهای شناسایی مشکلات و چالش‌های بالقوه آینده را توسعه داده‌اند (کشاورز ترک، ۱۳۹۶). روندهای نوظهور و مؤلفه‌های فناورانه، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی بسیار زیادی بر آینده اثر می‌گذارند. برخی از این مؤلفه‌ها دارای عدم قطعیت زیاد و برخی دیگر تا حدودی قابل پیش‌بینی‌اند. مؤلفه‌های دارای

عدم قطعیت بالا، تصمیم گیری را برای مدیران در حوزه‌های ذیربط، پیچیده و دشوار می‌سازد (رضایان و همکاران، ۱۳۹۶).

برنامه‌ریزی سناریو یکی از ابزارهای استراتژی بوده و یکی از رایج‌ترین ابزارهای مورد استفاده در توسعهٔ استراتژی می‌باشد. برنامه‌ریزی سناریو یکی از تکنیک‌های آینده‌نگاری استرتژیک است که از دیگر فنون متفاوت می‌باشد چرا که به بررسی عدم قطعیت می‌پردازد نه ریسک. تسوکاس و شفرد بیان می‌کنند که برنامه‌ریزی سناریو با آن دسته از عوامل محیطی سروکار دارد که ذخیره دانشی‌اش برای شناخت اقدام و پایه‌اش جهت پیش‌بینی وقایع مهم در مقایسه با دیگر فنون آینده‌نگاری مانند پیش‌بینی، استدلال قیاسی و برنامه‌ریزی اقتضایی ناچیز است. در تمام روش‌شناسی‌های موجود منبع توسعهٔ سناریو، شامل ارزیابی محیط خارجی کلان می‌باشد (Slaughter, 1993). برنامه‌ریزی سناریو می‌تواند به عنوان یک تمرین حسی در نظر گرفته شود که در طی آن مدل‌های ذهنی به چالش کشیده می‌شوند زیرا سناریوهای آینده اطلاعات پیچیده ساخته می‌شوند و می‌تواند شامل یادگیری از گذشته و بررسی عدم قطعیت‌های اساسی در مورد آینده باور پذیر باشند (سلیمانی و دیگران، ۱۳۹۹).

مکان‌های پرتراکم به دلیل رفتارهای اجتماعی جاری در آن و کاربری خاصشان با مسائل پیچیده‌ای در هنگام تخلیهٔ اضطراری مواجه می‌گردند که مثلاً در رخداد آتش‌سوزی نصب کپسول‌های اطفای حریق به تنهایی نمی‌تواند منجر به پاسخ‌گویی اثرمند و کاهش تلفات و مجروحان در هنگام بحران و تخلیه ایمن شود. تعامل ویژگی‌های انسانی با محیط است که نحوهٔ تخلیه پس از رخداد بحران را رقم می‌زند و در نظر نگرفتن ویژگی‌های کالبدی و رفتاری و تعامل این دو با یکدیگر در هنگام فرار پس از حادثه در برنامه‌های تخلیه سبب می‌شود تا مدل‌های موجود به اندازهٔ کافی کارآمد نباشند. هدف این پژوهش شناسایی راهبردهای تخلیهٔ اضطراری جمعیت در آینده با رویکرد سناریونویسی و شبیه‌سازی عامل بنیان و تحلیل شبکه است. بدین منظور ابتدا کلیه عوامل تأثیرگذار در راهبرد مدیریت تخلیهٔ اضطراری جمعیت را با رویکردی جامع، شناسایی و در نظر گرفته، سپس تأثیرگذاری متقابل هر یک از این عوامل بر یکدیگر با روش سناریو ویزارد مشخص می‌شود؛ بنابراین سناریوهای محتمل و یا قوی توسط متخصصان و خبرگان بررسی گردیده و پس از شبیه‌سازی و انتخاب سنایو بحرانی‌تر (عامل افزایش زمان تخلیه معیار انتخاب سناریو بحرانی‌تر است)، راهبردهای درخور با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه تجویز می‌گردد. اهداف پژوهش عبارتند از: ۱- شناسایی عوامل مؤثر در انتخاب راهبرد تخلیهٔ اضطراری جمعیت، ۲- شناسایی سناریوهای مختلف برای راهبردهای

تخلیهٔ اضطراری جمعیت، ۳- شناسایی راهبردهای مناسب تخلیهٔ اضطراری جمعیت بر اساس سناریوهای ارائه شده.

درواقع پژوهش حاضر به تدوین سناریوهای عوامل مؤثر بر تخلیهٔ اضطراری با استفاده از نرم‌افزار سناریو ویزارد می‌پردازد؛ لذا، با پژوهش‌های صورت گرفته از نظر روش‌شناسی، محتوا و محدوده مورد مطالعه تفاوت دارد. رویکرد ترکیبی که در این مقاله استفاده شده، از مزایای این تحقیق نسبت به تحقیقات گذشته است. تخلیهٔ اضطراری جمعیت نیز از موضوعاتی است که چندان به آن پرداخت نشده و تعداد محدودی از مقالات به بررسی تخلیهٔ اضطراری پرداخته‌اند.

مبانی نظری و پیشینه‌های پژوهش

مبانی نظری

اندیشیدن درباره‌ی آینده برای کارها و اقدامات کنونی انسان امری ضروری است. واکنش بدون اندیشیدن به آینده امکان‌پذیر است، اما کنش امکان‌پذیر نیست؛ چرا که عمل نیاز به پیش‌بینی دارد. بدین ترتیب، تصویرهای آینده پیشران‌ها یا اقدامات فعلی هستند؛ بنابراین، آینده امری است که مردم بتوانند آن را با اقدامات هدفمند خود طراحی کرده و شکل دهند. مردم برای آن که خردمندانه عمل کنند، باید نسبت به پیامدهای اقدامات خود و دیگران آگاهی و شناخت کافی داشته باشند (حسینی و مظفری، ۱۳۹۵). سناریونویسی به عنوان یکی از روش‌های آینده‌پژوهی، ابزاری برای تحلیل سیاست‌ها و شناخت شرایط، تهدیدات، فرصت‌ها، نیازها و ارزش‌های برتر آینده است (بنیاد توسعهٔ فردا، ۱۳۸۴). برنامه‌ریزی بر پایه‌ی این سناریوها، یک ابزار مؤثر برنامه‌ریزی راهبردی برای برنامه‌ریزی بلندمدت در شرایط نامشخص است. این به ما کمک می‌کند تا با راهبرد مطلوب و مؤثر، اقدام به تدوین طرح‌ها برای موقعیت‌های غیرمنتظره و انتخاب مسیر درست و مناسب مربوط به مسائل کنیم (زالی، ۱۳۹۰).

بعضی حوادث طبیعی و غیرطبیعی شرایطی را به وجود می‌آورند که تخلیهٔ سریع یک منطقه را اجتناب ناپذیر می‌سازند. هرچند در بروز حوادث طبیعی افراد نقشی ندارند، اما می‌توانند با برنامه‌ریزی خسارات ناشی از آن را بکاهند. کشورهای جهان غرب پذیرفته‌اند که تلاش بیهوده‌ای را برای حذف یا کنترل آنها رها کرده و به جای آن بیاموزند با استفاده از برنامه‌های اضطراری مدون و کاربردی با حوادث زندگی کرده و بحران را مدیریت نمایند. انسان‌ها در طی سال‌ها خطرات بسیاری را ایجاد نموده‌اند. مانند انتشار رادیواکتیو نیروگاه‌های هسته‌ای (نیروگاه هسته‌ای چرنوبیل روسیه در سال ۱۹۸۶)، و پخش مواد سمی کارخانجات موادشیمیایی (کارخانه پوپال هند در سال ۱۹۸۴). مهم‌ترین عامل تخلیهٔ اضطراری ایمن مدت کل زمان تخلیه و همچنین بازده خروجی است که تحت تأثیر میزان تراکم در خروجی‌ها و راهروها قرار

دارد. در هنگام وقوع بحران با توجه به تراکم بالای خروجی‌ها و ظرفیت محدود، ازدحام در این نقاط ایجاد می‌گردد و موجب افزایش برخورد بین افراد شده و سبب کاهش بازده این معابر خروج می‌شود. فشارها، موجب بروز مصدومیت برای علی‌الخصوص افراد سالمند و کودکان می‌شود. تحرک و سکون عابرین در اماکن پر تراکم سبب آسیب‌های جانی و مالی می‌گردد. نادیده گرفتن ابعاد خطرزا، حادثه‌ای بزرگ‌تر از خود حادثه را ایجاد می‌نماید. در سناریوهای بحران دو متغیر محیط و رفتار وجود دارد. این دو از مهم‌ترین عوامل در شبیه‌سازی تخلیهٔ هستند که بر یکدیگر اثرگذار می‌باشند. تفاوت میان رهبران و دنبال‌کنندگان در هنگام فرار اولین ویژگی رفتاری است. دومین ویژگی، تاب‌آوری در برابر اضطراب است. افزایش ترس گنجایش را جهت پردازش از بین برده و جمعیت را با وضعیت غیر قابل شناسایی مواجه می‌سازد. سومین، اعتقاد به اثربخشی است که بر انتخاب و تلاش فرد اثرگذار است (Manely and Kim, 2018).

مکان‌یابی مسیرهای خروجی بایستی براساس محاسبه دقیق بازه‌های زمانی خروج باشد و ابعاد درب‌های خروجی متناسب با حجم افراد در زمان بحران بایستی پیش‌بینی گردد. این درحالی است که اطلاعات مربوط به بحران‌ها در دسترس نیست و سناریوهایی که سبب خسارت ساختمان‌ها می‌شود، پیش‌بینی نشده است. تخلیهٔ جمعیت با سنجش انسان‌محور اجازه می‌دهد رفتار افراد در زمان واقعی نظارت گردد و پایه‌ای برای کنترل جمعیت در زمان واقعی را فراهم می‌نماید؛ بنابراین انسان و زمان و محیط سه محور اساسی تخلیهٔ جمعیت را تشکیل می‌دهند. در این بین، نقش طراحان معماری در تخلیهٔ جمعیت، طراحی مناسب فضاهای خروج برای به حداقل رساندن زمان تخلیه در زمان حادثه با هدف حفظ جان انسان‌ها می‌باشد (ضرغامی، ۲۰۲۰).

یک مدل شبیه‌سازی گونه‌ای از پدیده‌ها یا سیستم‌های دینامیک را نشان می‌دهد که می‌تواند مسایل موجود در سازمان را بیش از آنکه تبدیل به مشکل شوند، نشان دهد. به طور کلی شبیه‌سازی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که به علت پیچیدگی سیستم مورد نظر، استفاده از روش‌های تحلیل غیرعملی است (ایجابی و همکاران، ۱۳۹۱).

متخصصان به شیوه‌های مختلف تجربی، محاسبات عددی و یا شبیه‌سازی‌های کامپیوتری سعی در اندازه‌گیری و سنجش زمان تخلیهٔ واقعی و مقایسهٔ آن با زمان لازم برای خروج دارند. اما آنچه که این موضوع را تا حدی پیچیده می‌نماید، پیش‌بینی رفتار جمعیت در شرایط اضطراری می‌باشد (Sheeba, 2019). در شرایط اضطراری ناشی از بلایای طبیعی، حوادث تروریستی، حوادث فنی یا اقدامات عمدی و غیرعمدی، همواره نجات جان انسان‌ها در اولویت

اول قرار دارد. بسیاری از مطالعات اخیر بر تأثیر خصوصیات فـردی جمعیـت در حـال تخلیـه از ساختمان‌ها بر فرآیند تخلیهٔ جمعیت تاکید دارند (Bernardini, 2019). تخلیهٔ امن، چالشی مهم برای افراد با توانایی‌های گوناگون می‌باشد. بررسی حوادث نشان می‌دهـد کـه افـراد، رفتارهـای منحصر به فردی مانند تمایل به حرکت به سوی افراد و مکان‌های آشـنا، کمـک بـه غریبـه‌ها و افراد معلول و یا حفظ گروه‌گرایی و کمک به افراد خـانواده، از خـود اجـرا می‌نماینـد (Gerges, 2018).

پیشینه‌های پژوهش

کیا و همکاران[1] (۲۰۲۲) در مقاله‌ای تحت عنوان بهینه‌سازی چند هدفه تطبیقی برای تخلیهٔ اضطراری در ایستگاه‌های مترو به بررسی اثربخشی و کاربرد رویکرد متا مدل مبتنی بر Light GBMپرداخته‌اند و از الگوریتم‌های بهینه‌سازی یکپارچه Light GBM و NSGA-III برای ارزیابی خودکار تخلیه در شرایط خاص استفاده نموده‌اند. نتایج نشان داده است که ایستگاه مترو مورد مطالعه در زمانی که حجم مسافر کم است می‌تواند با موفقیت مسافران را تخلیه کند. اما در صورت وجود حجم بالاتر (بیش از ۱۰۰۰)، احتمال شکست آن بسیار زیاد است. شاچو و همکاران[2] (۲۰۲۲) در مقاله‌ای، تخلیهٔ عابران پیاده ناهمگن را در شرایط حملهٔ تروریستی بررسی نموده‌اند و زمان تخلیه و تلفات در سناریوهای مختلف تجزیه و تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد که عابران پیاده باید هنگام اجتناب از تروریست، باید به صورت مناسب به سمت خروجی فرار کنند. رفتار توده‌وار تأثیر منفی بر تخلیه دارد که احتمالاً تلفات زیادی را به همراه خواهد داشت. با توجه به الگوی معمولی فرار عابران پیاده تحت حمله تروریستی، عملکرد تخلیه زمانی که خروجی در وسط باشد بهتر از گوشه است. علاوه بر این، عرض خروجی تأثیر بسیاری بر تخلیه دارد. تعداد و سرعت تروریست‌ها تأثیر بسزایی در مرگ عابران پیاده دارد. علاوه بر این، تلفات عابران پیاده نیز ارتباط نزدیکی با مواضع اولیه تروریست‌ها دارد. ایکسیا نگسیا و همکاران[3] (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای، با استفاده از دو روش شبیه‌سازی Pathfinder و GCF به بررسی تخلیهٔ اضطراری سالمندان پرداخته‌اند. از طریق مقایسه دو روش، می‌توان دریافت که نتایج شبیه‌سازی Pathfinder با نتایج تجربی سازگارتر است. با افزایش نسبت سالمندان، زمان تخلیه مورد نیاز طولانی‌تر می‌شود. زمان تخلیه اتاق

1. Kia et al
2 Shuchao et al
3 Xiangxia et al
4 Xiaoxia et al

فرعی که به خروجی طبقه نزدیک‌تر است طولانی‌تر است. جریان جمعیت با ۱۰۰٪ سالمند ۲۶٪/۷۲ کمتر از جمعیت با ۰٪ سالمند خواهد بود. با نزدیک شدن مانع به خروجی، راندمان کاهش می‌یابد. قرار دادن یک مانع در فاصله بیش از ۵ متر از خروجی می‌تواند اثرات آن را کاهش دهد. در مقایسه با بزرگسالان، سالمندان منطقه‌ای با تراکم بالاتر در مقابل مانع تشکیل می‌دهند. مانع موجود در راهرو می‌تواند فشار چگالی خروجی را مهار کند و زمانی که به خروجی نزدیک‌تر است تأثیرش بیش‌تر است. به همین ترتیب، سرعت عابرپیاده در خروجی با تراکم کم‌تر، بیش‌تر می‌شود. ایکسیا و همکاران (۲۰۲۲) درمقاله‌ای با هدف سناریوی تخلیهٔ مسافران در ایستگاه مترو در شرایط آتش‌سوزی‌های متعدد، روش برنامه‌ریزی مسیر مبتنی بر بهینه‌سازی چندهدفه را با استفاده از الگوریتم NSGA-II و Pathfinder بررسی نمودند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که درجهٔ بهینه‌سازی کلی مسیر می‌تواند به ۱۲/۸٪ برسد، زمانیکه پارامترهای کنترل قوی زمان و ریسک ۳۰ باشند. این روش می‌تواند برای هدایت تخلیهٔ مسافران در ایستگاه‌های مترو تحت چندین منبع خطر و بهبود شاخص ایمنی افراد استفاده شود. لیم و همکاران[1] (۲۰۲۲)، در مقاله‌ای با استفاده از مدل ca[2] به بررسی شبیه‌سازی تخلیه با موانع پرداخته‌اند. طراحی مدل براساس توزیع جمعیت و موقعیت درب و موانع برای بدست آوردن بهترین موقعیت درب انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد موقعیت بهینه برای خروجی جهت کاهش زمان در مرکز رستوران است. زمان تخلیه با یک درب خروجی در مقایسه با دو درب زمان افزایش می‌یابد. وانگ و همکاران[3] (۲۰۲۰)، بر اساس الگوریتم پیشنهادی شبیه‌سازی آتش‌سوزی را در فرودگاه بایون با تعداد افراد متعدد و درب‌های مختلف، انجام داده و زمان تقریبی تخلیه را تعیین نموده و هدفشان ارزیابی ظرفیت تخلیه بوده است. به این نتیجه رسیده‌اند که توزیع خروجی‌های فرودگاه با تعداد زیاد افراد خطرناک است. بنابراین دو خروجی جدید طراحی نموده‌اند. در هر دو سناریو، زمان تخلیه با تراکم بالا افزایش می‌یابد. تفاوت بین این دو سناریو در این است که وقتی افراد کمی هستند (۰ تا ۱۵۰ نفر)، تفاوت در زمان تخلیه زیاد نیست. زمانیکه تعداد افراد زیاد است، تفاوت زمان تخلیه آشکار است. وقتی تعداد افراد ۴۰۰ تا ۵۰۰ نفر باشد، طرح اصلاح‌شده زمان تخلیه طرح اولیه را نزدیک به ۵ ثانیه کوتاه می‌کند. ژانگ و همکاران[4] (۲۰۲۰)، فرآیند تخلیهٔ دانش‌آموزان کلاس را با مدل‌سازی مورد

[1] lim et al
[2] Cellar automaton
[3] Wang et al
[4].Zhang et al

بررسی قرار دادند. آنها برخی ویژگی‌های حرکت مانند سرعت در صف حرکتی را مطالعه نمودند.

زو و همکاران[1] (۲۰۱۶)، با مدل‌سازی یک کلاس درس مشتمل بر ۹۸ دانشجو به بررسی تأثیر موانع موجود در کلاس و راهروی کنار میزها و صندلی‌ها بر روند تخلیه پرداختند و دریافتند برخورد دانشجویان با یکدیگر اغلب در محل تقاطع راهروها اتفاق می‌افتد نه جلوی درب خروجی. گیورگداس و همکاران[2](۲۰۱۵)، در آزمایشی که در یک کلاس درس انجام دادند یک سیستم پیش‌بینی‌کننده را مطرح نمودند که در طی فرآیندهای تخلیهٔ عابرین‌پیاده عمل نموده و مانع از شکل‌گیری فضاهایی با تراکم بالا می‌گردد. ضرغامی و ریسمانیان (۱۳۹۸)، به این نتیجه رسیدند افزایش تعداد درب‌ها تأثیر بسزایی در کاهش زمان دارد و در صورت افزایش یک درب به دو درب زمان تخلیه از ۳۲ به ۴۷ درصد کاهش می‌یابد. در این تحقیق با رویکردی گسترده به بررسی حالات گوناگون مسأله در حالات فعلی و بهینه، سناریوهای منتخب را شبیه‌سازی نموده و بر اساس تحلیل شبکه به بررسی راهکارها پرداخته‌ایم. برای انتخاب راهکارها و سناریوها از تکنیک‌های تصمیم‌گیری استفاده نموده‌ایم و این دیدگاه را با شبیه‌سازی ترکیب نموده‌ایم. درادامه به بررسی روش‌شناسی پژوهش، تجزیه و تحلیل یافته‌ها، نتیجه‌گیری و پیشنهادها خواهیم پرداخت.

روش‌شناسی پژوهش

رویکرد پژوهشی این پژوهش کمی و کیفی است. براساس هدف کاربردی، از نظر زمان جزو پژوهش‌های آینده‌گرا، از نوع پیمایشی و در سطح اکتشافی صورت می‌پذیرد زیرا به دنبال شناسایی و کشف آینده‌ها و سناریوهای ممکن برای آن هستیم و می‌خواهیم بر مبنای سناریو مطلوب به تدوین راهبرد بپردازیم. هدف این پژوهش شناسایی راهبردهای تخلیهٔ اضطراری جمعیت با رویکرد سناریونویسی و شبیه‌سازی عامل بنیان و تحلیل شبکه است. در روش میدانی بنا به موضوع از فنون مختلف چون مصاحبه، پرسشنامه استفاده شده است. داده‌های کیفی از طریق پرسشنامه باز و مصاحبه و بررسی منابع و داده‌های کمی و وزن‌دهی پرسشنامه دلفی بدست آمده‌است. در پردازش داده‌ها از تکنیک دلفی، تحلیل اثرات متقابل و سناریونویسی و در تحلیل داده‌های کیفی از سناریو ویزارد استفاده شده است.

[1] Zhu et al
[2] Georgoudas et al

بعضی از آینده‌پژوهان بر این باور بودند که پیش‌بینی یک اتفاق به صورت مجزا و بدون در نظر گرفتن رخداد سایر رویدادهای کلیدی و تأثیرگذار غیرواقع‌بینانه است. رویکرد تحلیل تأثیرات متقابل در پاسخ به این نیاز توسعه‌یافته است. این رویکرد در واقع رویکرد اصلاح شده تحلیل تأثیرات متقابل بر روندها براساس احتمال به وقوع پیوستن آن‌ها می‌باشد (علی زاده و همکاران، ۱۳۹۷). روش تدوین سناریوها با رویکرد تحلیل تأثیرات متقابل در ۸ گام مشخص با توجه به این تحقیق بدین شرح می‌باشد: ۱- تعریف و مشخص نمودن موضوع و دوره زمانی مدنظر برای تحلیل: آینده تخلیهٔ اضطراری جمعیت در بازه زمانی مشخص، ۲- تشخیص شاخص‌های راهنمای کلیدی: میزان تراکم جمعیت، پله‌ها و آسانسور، موانع مسیر و تعداد و باز و بسته بودن درب‌ها، سن افراد، جنسیت، عامل ترس در سه دسته احتیاط، سرعت و برخورد به دیگران، ۳ – پیش‌بینی تغییرات شاخص‌های راهنمای کلیدی: در این گام هرکدام از این شاخص‌ها بر اساس اطلاعات بدست آمده از تغییرات گذشته و حال به سمت آینده گسترده می‌شوند. سری‌های زمانی در این گام استفاده می‌شود. پیش‌بینی مستقل درباره میزان تراکم جمعیت، وضعیت پله‌ها و آسانسور، موانع مسیر و تعداد درب‌ها، سن افراد، جنسیت، عامل ترس در سه دسته احتیاط، سرعت و برخورد به دیگران درصورت وقوع بحران بررسی می‌شود، ۴- تشخیص و تبیین رویداد های تأثیرگذار: دراین مرحله مصاحبه‌هایی با نخبگان صورت پذیرفته و تکنیک دلفی برای تشخیص رویدادهای تأثیرگذار آینده در شاخص‌ها تعیین شده استفاده می‌شود، ۵- احتمال‌دهی به رخداد رویدادها: دراین گام افق زمانی مورد نظر به دوره‌های زمانی کوتاه‌تر تقسیم می‌شود، احتمال تجمعی مربوط به هرکدام از رخدادها مشخص شده تا قبل از پایان دوره‌های بررسی شده بدست می‌آید. وقوع بحران و به تبع آن افزایش ترس، افزایش سرعت و افزایش تراکم جمعیت، ۶- تخمین تأثیرات رویدادها به روندها: دراین گام تأثیرات هرکدام از رویدادها بر روش شاخص‌های تعیین شده تخمین زده می‌شود، ۷- تشکیل ماتریس تأثیر متقابل و در نهایت به اجرا گذاشتن مدل تهیه شده.

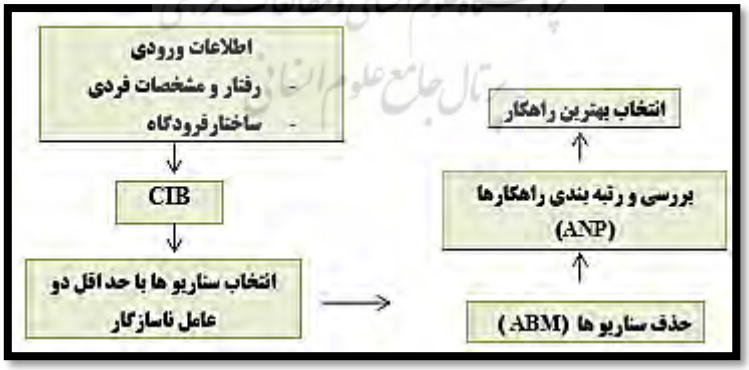
درمرحله ۷ پس از تدوین شاخص‌ها پرسشنامه اثرات متقابل طراحی شده است. شاخص‌ها و مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تخلیهٔ اضطراری بر اساس مرور ادبیات و پیشینه شناسایی شده است. به علت این که شاخص‌های شناسایی شده در مبانی نظری زیاد و پراکنده است و به منظور شناسایی متغیرهای اصلی، ادغام و غربال‌گری برای کاهش مؤلفه‌ها و بومی‌سازی آن‌ها، بر اساس نظر خبرگان به واسطه اعمال محدودیت‌های وزنی انجام می‌شود. بدین منظور پرسشنامه‌ای (سوالات حاوی متغیرهای مؤثر بر تخلیهٔ اضطراری در شرایط اضطراری) طراحی شد و ۵۴ پرسشنامه در اختیار نخبگان حیطهٔ تخلیهٔ اضطراری و استادان دانشگاهی در حوزه

مدیریت بحران و پدافند غیرعامل قرار گرفت. تمام پرسشنامه‌ها به صورت کیفی و بر اساس طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت از فوق‌العاده با اهمیت تا بی‌اهمیت قید شده است. در نظرسنجی مرحله نخست، مدل مفهومی ارائه شده همراه با زیرمعیارهای مؤثر، به اعضای گروه خبره ارسال شد و میزان موافقت آنها با هرکدام از عوامل و نظراتشان لحاظ شد. سپس پرسشنامه دوم تهیه و همراه با دیدگاه قبلی هر فرد و میزان اختلاف آنها با دیدگاه سایر خبرگان مجدداً به اعضای گروه خبره ارسال شد. در مرحله دوم اعضای گروه خبره با توجه به دیگر اعضا به سوالات پاسخ دادند با توجه به دیدگاه‌های ارائه شده در مرحله اول و مقایسه آن با نتایج این مرحله، درصورتی که اختلاف بین نظرات خبرگان در دو مرحله کمتر از حد آستانه ۰/۲درصد بود، فرآیند نظرسنجی متوقف شد. همچنین از بین عوامل اشاره شده آنهایی که میانگین غیرفازی شده نظرات خبرگان برای آن‌ها کمتر از ۸ باشد از مدل مفهومی تحقیق حذف شد. در این مرحله ۱۴ عامل مردود و متوقف شد و ۶ عامل باقی ماند، با توجه به نتایج حاصل از پرسشنامه سوم، میزان اختلاف نظر خبرگان در مرحله دوم و سوم کمتر از ۰/۲درصد بوده و لذا نظرسنجی در این مرحله از خبرگان متوقف شد و از آنجا که میانگین غیرفازی شده نظرات خبرگان بالاتر از ۸ به دست آمد، همه متغیرهای باقیمانده مورد پذیرش قرار گرفت. بنابراین در طی ۳ مرحله نظرسنجی از ۲۰ شاخص، ۱۴ شاخص از مدل مفهومی سنجش حذف و مدل نهایی با ۶ شاخص مؤثر (جدول۱)، ارائه شد. پس از شناسایی و تدوین شاخص‌ها و پارامترهای تخلیه نیز از پرسشنامه اثرات متقابل طراحی شد.

باتوجه به اینکه از نرم‌افزار میک‌مک و سناریو ویزارد برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده می‌شود، نوع پرسشنامه به صورت ماتریس اثرات متقابل و به پیمایش نظرات کارشناسان و متخصصان است. برای شناسایی عوامل کلیدی توسط نرم‌افزار میک‌مک، پس از شناسایی عوامل تأثیرگذار در تخلیهٔ اضطراری، پرسشنامه تأثیرات متقابل طراحی شد. در واقع پس از انتخاب عوامل کلیدی، هریک از عوامل به وضعیت‌های مختلف طبقه‌بندی شده و این وضعیت‌ها برای تمام عوامل کلیدی به صورت ماتریسی در اختیار متخصصان قرار گرفته است. روایی آن توسط اساتید گروه مدیریت بحران به صورت مصاحبه‌ای انجام شد. جامعه آماری تحقیق ۵۴ نفر از کارشناسان و متخصصان حوزه مدیریت بحران و پدافند غیرعامل است. وزن‌دهی این پرسشنامه به صورت مقایسه‌ای زوجی و میزان ارتباط متغیرها با اعداد بین صفر تا سه سنجیده می‌شود. پس از تکمیل پرسشنامه توسط جامعه آماری، از ۵۴ پرسشنامه مذکور میانگین‌گیری شد و در قالب یک فایل اکسل وارد نرم‌افزار میک‌مک شد و عوامل کلیدی استخراج شد، سپس وضعیت‌های احتمالی مختلفی برای هرکدام از عوامل کلیدی در نظرگرفته شد و در قالب

پرسشنامه، اثرات متقابل طراحی شد (وزن‌دهی این پرسشنامه به صورت مقایسه‌ای زوجی و میزان ارتباط متغیرها به صورت طیفی از اعـداد ۳ تـا ۳- سنجیده می‌شود). روایی این پرسشنامه نیز توسط اساتید به صورت مصاحبه‌ای انجام گرفت و سپس پرسشنامه به وسیله جامعه آماری تکمیل شد و از طریق قابلیت Ensemble در نرم‌افزار سناریو ویزارد، پرسشنامه‌ها در نرم‌افزار وارد شد.

در این نوع پرسشنامه، وضعیت‌ها می‌توانند تأثیرگذاری منفی را نشان دهند و اعداد بین ۳ الی ۳- می‌باشد. سناریوهای سازگار بدست آمده از مرحله ۸ برای مدل‌سازی در نرم‌افزار Any Logic در نظر گرفته می‌شوند. نتایج شبیه‌سازی ۸ سناریو به ترتیب ارائه می‌شود. با توجه به نتایج شبیه‌سازی، سناریوی بحرانی انتخاب می‌شود. به منظور کاهش مدت زمان و افزایش تعداد خروج افراد، راهکارها در نرم‌افزار Anp رتبه‌بندی می‌گردد. محدوده مطالعه این پژوهش سالن شماره دو فرودگاه مهرآباد است. فرودگاه مهرآباد یکی از بزرگ‌ترین فرودگاه‌های کشور است که در غرب تهران واقع شده است. به علت وجود مرکزیت سیاسی و بیشترین تعداد ادارات حجم زیادی از مسافران در شهر تهران تردد می‌کنند. فرودگاه دارای ۴ ترمینال است و با انتقال ۱۸ میلیون نفر مسافر در سال بالاترین رتبه رادر کشور دارد. با بررسی آمار پروازهای این فرودگاه در۲۴ ساعت حدود ۵۰۰۰۰ هزار نفر مسافر جابه‌جا می‌شوند که در هرساعت ۲۰۰۰ است. در بررسی کالبدی سالن شماره دو مشخص شد بعضی از راهروها و پله‌های فرودگاه بسیار باریک است و دارای دو درب ورود و دو درب خروجی می‌باشد. موانع در نظر گرفته شده سالن شماره ۲ فرودگاه شامل صندلی‌های مجاور به درب‌های ورودی و خروجی و گیت‌های بازرسی، فروشگاه‌های باز وflower box ها می‌باشد. در ادامه مدل تحقیق (شکل ۱) آمده است.



شکل (۱) مدل تحقیق

تجزیه و تحلیل داده‌ها

- **تدوین وضعیت‌های محتمل پیشران‌های کلیدی**

در سناریونویسی بر مبنای عوامل پیشران، به تعریف وضعیت‌های محتمل برای تبیین آینده تخلیهٔ اضطراری نیاز است. تحلیل دقیق شرایط پیش‌رو و وضعیت‌های احتمالی لازمهٔ اصلی تدوین سناریوها است. جدول ۱ وضعیت‌های محتمل عوامل کلیدی تخلیهٔ اضطراری را که این عوامل با استفاده از مطالعه کتب، اسناد، مقالات و نظرسنجی روش دلفی در سه مرحله رفت و برگشت پرسشنامه بدست آمده را نشان می‌دهد.

جدول(۱) عوامل کلیدی در بهبود تخلیه اضطراری جمعیت

نام اختصاری	عوامل کلیدی	وضعیت‌های محتمل
A	تراکم جمعیت	A1: کم‌تر از حد استاندارد
		A2: در حد استاندارد
		A3: بیش‌تر از حد استاندارد
B	وضعیت پله‌ها	B4: استفاده از راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور
		B5: استفاده از راه‌پله، پله‌برقی
		B6: استفاده از راه‌پله
C	موانع مسیر	C7: افزودن یک درب خروجی
		C8: همه ورودی و خروجی‌های باز
		C9: یکی ازخروجی‌ها یا اتاق کنترل بسته
D	سن افراد	D 10: بزرگسال
		D11: خردسال
		D12: کهن‌سال
E	ترس و وحشت	E13: احتیاط
		E14: سرعت
		E15: برخورد به دیگران
F	جنسیت	F16: مرد
		F17: زن
		F18: معلول

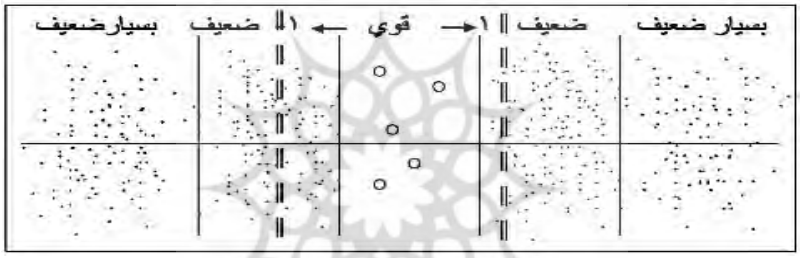
مأخذ: مطالعات نویسندگان (Liu,2020; Bernardini,2019; Zhu,2011; wan,201 ;wang,2021)

- **تهیه و تحلیل سبد سناریوهای احتمالی در آینده**

۱۶ وضعیت محتمل برای ۶ عامل پیشران طراحی شده است. تعداد وضعیت‌های محتمل هر عامل بر اساس میزان پیچیدگی شرایط در ۳ حالت تعریف شده است. با طراحی وضعیت‌ها و تهیه ماتریس متقاطع پرسشنامه فراهم و متخصصان این حوزه مشارکت در پرکردن آن نمودند. آنان

با طرح این سؤال که اگر هر یک از ۱۶ حالت رخ دهد چه تأثیری بر وقوع و یا عدم وقوع سایر حالت‌ها خواهد گذاشت، به تکمیل پرسشنامه بر اساس وزن‌دهی بین ۳ تا ۳- پرداخته و میزان تأثیرگذاری هر کدام از وضعیت‌ها را بر سیستم مشخص‌کردند. بر اساس داده‌های وارد شده، سناریوهای زیر استخراج شده است:

۲ سناریو با سازگاری زیاد، ۸ سناریو با حداکثر دو عامل ناسازگار (سناریوهای باورکردنی) و ۵۱ سناریو با سازگاری ضعیف از نرم‌افزار سناریو ویزارد حاصل شد. از آنجا که ۲ سناریو با بیشترین سازگاری (بسیارقوی) همیشه در عمل اتفاق نمی‌افتند، ۸ سناریو با حداکثر دو عامل ناسازگار در نظر گرفته شده است. آنچه به نظر منطقی می‌رسد و میان سناریوهای با وضعیت محدود شده قوی و سناریوهای گسترده ضعیف قرار دارد، سناریو با عدد سازگاری ۱ است. فاصله عدد ۱ نشانگر گسترش محدوده سناریوهای قوی به میزان ۱ به جهت سناریوهای ضعیف است که در شکل ۱ نمایش داده شده است.

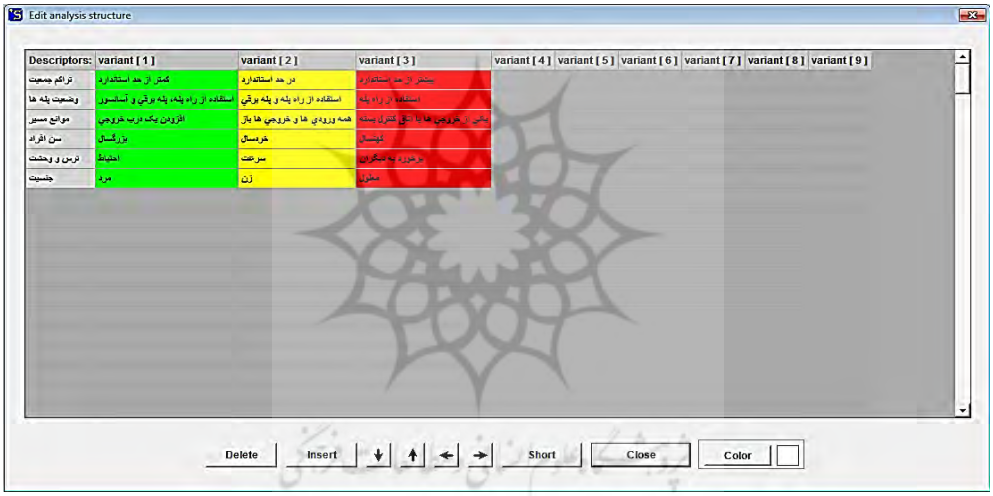


شکل (۲) نحوه انتخاب سناریوهایی با سازگاری یک از میان انبوه سناریوها، مأخذ(رالی، ۱۳۸۸)

نرم‌افزار سناریو ویزارد از میان وضعیت‌های محتمل و متعدد آینده تخلیهٔ اضطراری سالن شماره ۲ فرودگاه مهرآباد احتمال وقوع ۸ سناریو را بیش از سایر سناریوها دانسته و احتمال وقوع سایر سناریوها را در خیلی‌کم ارزیابی کرده است. سناریوها از ارتباط دوسویه بین حالت‌های عوامل در ارتباط حالت‌های عوامل دیگر استخراج شده است. بررسی اولیه سناریوهای ۸گانه حاکی از سیطره نسبی تعداد وضعیت‌های ایستا (ادامه روند موجود) است. در ادامه برای تحلیل وضعیت‌های تخلیهٔ اضطراری همه سناریوهای محتمل مورد تحلیل قرار می‌گیرد. شکل۲ ماتریس صفحه سناریو است و حالات ممکن را برای هر سناریو و پارامترهای مهم نشان می‌دهد. برای تسهیل در درک شرایط صفحه سناریو و وزن شرایط مطلوب و نامطلوب، این صفحه براساس وضعیت‌های عوامل کلیدی در سه وضعیت تقسیم و با رنگ‌های مشخص (جدول ۱) تعریف شده است.

جدول (۲) تعریف مفهوم رنگ‌ها، اعداد و وضعیت‌ها در صفحه سناریو

امتیاز	رنگ	وضعیت	ویژگی
۳	سبز	مطلوب	تراکم کم‌تر از حد استاندارد، استفاده از راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور، افزودن یک درب خروجی، گروه سنی بزرگسال، احتیاط، گروه جمعیتی مرد.
۱	زرد	بینابین(ایستا)	تراکم در حد استاندارد، استفاده از راه‌پله، پله‌برقی، همه ورودی و خروجی‌ها باز، گروه سنی خردسال، سرعت، گروه جمعیتی زن.
-۳	قرمز	بحرانی	تراکم بیش‌تر از حد انتظار، استفاده از راه‌پله، یکی از خروجی‌ها یا اتاق کنترل بسته، گروه سنی کهنسال، برخورد به دیگران و نسبتی از گروه جمعیتی معلول.



شکل (۳) ورود پارامترهای موثر در تخلیه اضطراری و حالت‌های مختلف آنها

در جدول ۲، مفهوم خاص صفحه سناریوها از طریق تبدیل حالت‌ها با عنوان‌های مطلوب تا بحرانی صورت گرفته است تا وضعیت تخلیهٔ اضطراری را برای هر سناریو و پارامترهای مهم به صورت واضح نشان دهد.

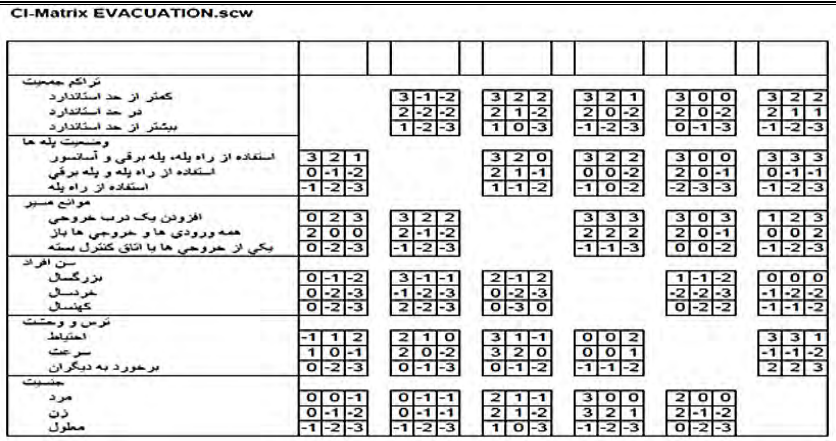
جدول(۳) وضعیت عوامل به تفکیک هر سناریو براساس طیف۳ گانه از مطلوب تا بحرانی

سناریوها	تراکم جمعیت	وضعیت پله‌ها	موانع مسیر	سن افراد	ترس و وحشت	جنسیت
سناریواول	بحرانی	مطلوب	مطلوب	مطلوب	بحرانی	مطلوب
سناریودوم	بحرانی	مطلوب	بینابین	مطلوب	بحرانی	مطلوب
سناریوسوم	بحرانی	بینابین	بینابین	مطلوب	بحرانی	مطلوب

سناریوها	تراکم جمعیت	وضعیت پله‌ها	موانع مسیر	سن افراد	ترس و وحشت	جنسیت
سناریوچهارم	بحرانی	بینابین	بحرانی	مطلوب	بحرانی	مطلوب
سناریوپنجم	بحرانی	مطلوب	بحرانی	مطلوب	بحرانی	مطلوب
سناریوششم	بحرانی	مطلوب	بینابین	مطلوب	بحرانی	مطلوب
سناریوهفتم	بحرانی	مطلوب	بینابین	مطلوب	بحرانی	مطلوب
سناریوهشتم	بحرانی	مطلوب	بحرانی	مطلوب	بحرانی	مطلوب

تفسیر سناریوهای منتخب و محتمل تخلیهٔ اضطراری با حداکثر ۲ عامل ناسازگار

با توجه به تدوین پیشران‌های کلیدی، جهت تدوین سناریوهای تخلیهٔ اضطراری با استفاده از پیشران‌های مشخص شده، از سناریو ویزارد استفاده شده است، این نرم‌افزار بر اساس ارتباط آینده محتمل پیشران‌ها با یکدیگر، آینده‌های مختلفی را براساس روش سناریونگاری و با انجام محاسبات پیچیده مشخص می‌نماید، در سنجش ارتباط آینده‌های محتمل از یک ماتریس استفاده می‌شود. سوال محوری در هنگام پرکردن ماتریس این است که اگر پیشران A در آینده اتفاق بیفتد چه تأثیری بر وقوع و یا عدم وقوع وضعیت پیشران B خواهد گذاشت. شکل شماره ۱، ماتریس تأثیرات در نرم‌افزار سناریو ویزارد را نشان می‌دهد که بر اساس این روش (تأثیر آینده‌های محتمل بر یکدیگر) با استفاده از پیشران‌های معرفی شده به نرم‌افزار سناریو ویزارد مشخص گردیده است. به این ترتیب بر اساس تأثیرات مثبت و منفی آینده‌های محتمل بر یکدیگر سناریوهای مختلف محتمل‌الوقوع شناسایی شده و بر اساس ارتباطات مثبت و منفی آینده‌ها با یکدیگر به هر سناریو امتیازاتی براساس مجموع امتیازات مثبت و منفی داده شده است. طبق نتایجی که از امتیازات محاسبه شده در نرم‌افزار به دست آمد، ۸ سناریو که درجدول شماره ارائه شده‌اند به عنوان سناریوهای دارای بیشترین امتیاز در این سنجش هستند و سناریوی اول بر اساس جمع امتیازها و سازگاری‌ها با امتیاز (۶۰) به عنوان سناریوی برتر معرفی و انتخاب شده است. از این سناریو محتمل‌الوقوع مطلوب در ارائه راهکارها استفاده خواهد شد.



شکل (۴) ماتریس وزن‌های پارامترهای مورد مطالعه

جدول(۴) تدوین سناریوهای تخلیهٔ اضطراری جمعیت سالن شماره دو فرودگاه مهرآباد

عدد سناریو	Consistency value	Incons Descript	Total impact score	تراکم	وضعیت پله ها	موانع مسیر	سن افراد	جنسیت	ترس
۱	-۲	۱	۶۰	بیشتر از حد معمول (۵۰۰۰۰ نفر)	امکان استفاده از راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور	عدم وجود مانع در ورودی‌ها و خروجی‌ها و اتاق کنترل سالم یک درب اضافه شده است.	سن افراد شامل ۷۰ درصد بزرگسال (۱۵ تا ۵۰ سال)	۸۰ درصد مسافران آقایان هستند.	لحاظ شده است
۲	۰	۰	۵۷	بیشتر از حد معمول (۵۰۰۰۰ نفر)	امکان استفاده از راه‌پله، پله‌برقی	عدم وجود مانع در ورودی‌ها و خروجی‌ها و اتاق کنترل سالم	سن افراد شامل ۷۰ درصد بزرگسال (۱۵ تا ۵۰ سال)	۸۰ درصد مسافران آقایان هستند.	لحاظ شده است
۳	-۱	۱	۴۶	بیشتر از حد معمول (۵۰۰۰۰ نفر)	امکان استفاده از راه‌پله	عدم وجود مانع در ورودی ها و خروجی‌ها و اتاق کنترل سالم	سن افراد شامل ۷۰ درصد بزرگسال (۱۵ تا ۵۰ سال)	۸۰ درصد مسافران آقایان هستند.	لحاظ شده است

عدد سناریو	Consistency value	Incons Descript	Total impact score	تراکم	وضعیت پله ها	موانع مسیر	سن افراد	جنسیت	ترس
۴	-۱	۱	۵۳	بیشتر از حد معمول (۵۰۰۰۰ نفر)	امکان استفاده از راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور	درب‌های خروجی مسدودشده، تخلیه افراد تنها از طریق اتاق‌های کنترل و بازرسی (ورودی) امکان‌پذیر است	سن افراد شامل ۷۰ درصد بزرگسال (۱۵ تا ۵۰ سال)	۸۰ درصد مسافران آقایان هستند.	لحاظ شده است
۵	-۱	۱	۶۰	بیشتر از حد معمول (۵۰۰۰۰ نفر)	امکان استفاده از راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور	خروجی به صورت کامل تخریب و مسدود شده است. تخلیه افراد تنها از طریق اتاق‌های کنترل و بازرسی (ورودی) امکان‌پذیر است (تنها ورودی‌های بازشو قابل تردد می‌باشند)	سن افراد شامل ۷۰ درصد بزرگسال (۱۵ تا ۵۰ سال)	۸۰ درصد مسافران آقایان هستند.	لحاظ شده است
۶	۰	۰	۵۶	بیشتر از حد معمول (۵۰۰۰۰ نفر)	امکان استفاده از راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور	درب‌های خروجی مسدود شده، تخلیه افراد تنها از طریق اتاق‌های کنترل و بازرسی	سن افراد شامل ۷۰ درصد بزرگسال (۱۵ تا ۵۰ سال)	۸۰ درصد مسافران آقایان هستند.	لحاظ شده است

عدد سناریو	Consistency value	Incons Descript	Total impact score	تراکم	وضعیت پله ها	موانع مسیر	سن افراد	جنسیت	ترس
						(ورودی) امکان پذیر است			
۷	-۱	۱	۴۵	بیشتر از حد معمول (۵۰۰۰۰ نفر)	امکان استفاده از راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور	عدم وجود مانع در ورودی‌ها و خروجی‌ها و اتاق کنترل سالم	سن افراد شامل ۷۰ درصد بزرگسال (۱۵ تا ۵۰ سال)	۸۰ درصد مسافران آقایان هستند.	لحاظ شده است
۸	-۱	۲	۵۰	بیشتر از حد معمول (۵۰۰۰۰ نفر)	امکان استفاده از راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور	اتاق های کنترل و بازرسی مسدود شده و یک در خروجی افزوده شده است.	سن افراد شامل ۷۰ درصد بزرگسال (۱۵ تا ۵۰ سال)	۲ درصد مسافران مسافران زن یا مرد (معلول) هستند.	لحاظ شده است

گروه‌بندی و تحلیل سناریوهای منتخب

سناریوهای گروه اول: حاکم بودن بهترین شرایط ممکن

سناریو اول بهترین و مطلوب‌ترین شرایط ممکن برای تخلیهٔ اضطراری جمعیت است. در این سناریو حالت بحرانی از همه سناریوها کم‌تر و عامل متمایزکنندهٔ آنها تفاوت در میزان حالات مطلوب و ایستا است. به علاوه، از نظر فراوانی بیشترین تعداد وضعیت مطلوب را در بین سناریوهای دیگر دارد. تفاوت سناریو اول با دیگر سناریوها در افزودن یک درب خروجی اضطراری می‌باشد. دراین سناریو مانعی در ورودی‌ها و خروجی‌ها نمی‌باشد و اتاق کنترل سالم است.

سناریوهای گروه دوم: روند تغییرات بسیار کند و آرام، حفظ وضع موجود

در این گروه ۷ سناریو مشاهده می‌شود که شامل سناریوهای دوم تا هشتم است. در این گروه عوامل متمایزکننده سناریوها با سناریو اول تفاوت در میزان حالت‌های مطلوب، ایستا و بحرانی است. مقایسهٔ درصد فراوانی حالت مطلوب و بحران این گروه با سناریو اول نشان دهنده وضعیت

تقریباً ایستا در آینده تخلیهٔ اضطراری جمعیت است. میزان اثرگذاری‌های این گروه تفاوت زیادی با اثرگذاری سناریوهای گروه اول دارد.

بررسی وضعیت عوامل کلیدی در ترکیب سناریوها

اگر شرایط مطلوب، ایستا و بحرانی را با امتیازهای طیفی از نمرات (۳ تا ۳-) در هر عامل کلیدی و برای کل سناریوهای ۸گانه جمع کنیم، میانگین آنها نشان دهنده وضعیت کلی هر عامل در آینده تخلیهٔ اضطراری خواهد بود. براساس محاسبات انجام شده در بین عوامل پیشران که وضعیت بحرانی دارند، تراکم جمعیت و ترس با میانگین امتیاز ۳- و ۲/۶- بدترین شرایط در رتبه‌بندی عوامل ۶گانه پیشران دارد. با افزایش تراکم جمعیت ترس در هنگام وقوع بحران تشدید می‌گردد. در واقع در هنگام وقوع رخداد عامل تراکم سبب هم‌افزایی وحشت می‌گردد. وضعیت پله‌ها، سن افراد و جنسیت بهترین شرایط و بیشترین اثرگذاری را درتخلیهٔ اضطراری دارد و سپس موانع مسیر. در جدول۴ رتبه‌بندی عوامل کلیدی بر اساس میزان شرایط مطلوب تا بحرانی و در جدول ۵ تفسیر سناریوها آورده شده است.

جدول (۵) رتبه‌بندی عوامل کلیدی بر اساس میزان شرایط مطلوب تا بحرانی

عامل کلیدی	وضعیت عوامل کلیدی در ترکیب سناریوها	میانگین
تراکم جمعیت	۱۸-	۳-
وضعیت پله‌ها	۱۸	۳
موانع مسیر	۳	۰/۵
سن افراد	۱۸	۳
جنسیت	۱۸	۳
ترس و وحشت	۱۶-	۲/۶-

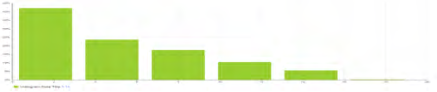
جدول (۶) تفسیر سناریوها در خروجی نرم‌افزار Any Logic

سناریو اول	سناریو دوم
در این سناریو بیشترین تراکم جمعیت در درب ورودی و در مرتبه بعدی در درب خروجی فرودگاه است. سکوهای گیت از نظر تراکم جمعیت در رده سوم هستند که‌بخش اعظم این جمعیت برای خروج از درب خروجی استفاده می‌کند و به دلیل بیشترین فاصله تا نقطه خروج، آخرین افرادی هستند که امکان خروج از فرودگاه را در زمان بحران پیدا می‌کنند و در نتیجه بیشترین خطر متوجه جمعیت واقع در این‌بخش است. همه درب‌هایی ورودی و خروجی سالم هستند میزان درصد تخلیهٔ افراد در زمان بلافاصله پس از شروع بحران حداکثر	تفاوت این سناریو با سناریو اول در این است که اتاق‌های کنترل و بازرسی مسدود شده و تردد تنها از طریق درب‌های خروجی (ثابت و بازشو) امکان‌پذیر است. اما تراکم جمعیت در حد معمول می‌باشد. بیشترین تراکم در مسیر راه خروجی و جنب فروشگاه باز محصولات وجود دارد. در مرتبه دوم تراکم جمعیت دربخش درب ورودی و گیت‌های بازرسی دیده می‌شود زیرا تمامی جمعیتی که به تازگی از درب ورودی وارد شده‌اند، به دلیل مسدود شدن این درب‌ها مجبور به حرکت به سمت درب‌های

است. موانع تأثیری در گره جمعیتی نداشته و باگذر زمان افراد بیرون رفته‌اند. یک نقطه در قسمت ورودی گیت گره جمعیتی دارد.	خروجی هستند. تراکم جمعیت در جلو آسانسورها و سالن مسافران تازه از هواپیما پیاده شده، متوسط تا کم است.
سناریو سوم در این سناریو نیز مانند سناریو دوم اتاق‌های کنترل و بازرسی مسدود شده و تردد تنها از طریق ۲ درب خروجی بازشو امکان پذیر است و تراکم جمعیت در حد معمول می‌باشد. در این حالت ۷ نقطه تراکم جمعیتی وجود دارد که به دلیل وجود موانع است و بیشترین تراکم در مسیر خروجی وجود دارد. در مرتبه دوم تراکم جمعیت دربخش درب ورودی و گیت‌ها دیده می‌شود زیرا تمامی جمعیتی که به تازگی از درب ورودی وارد شده‌اند، به دلیل مسدود شدن این درب‌ها مجبور به حرکت به سمت درب‌های خروجی هستند. تراکم جمعیت در جلو آسانسورها و سالن مسافران تازه از هواپیما پیاده شده متوسط تا کم است.	سناریو چهارم در این سناریو تراکم جمعیت در حد معمول است و تفاوت آن با سناریوهای قبل در این است که درب‌های خروجی مسدود شده و خروج از طریق درب‌های ورودی و اتاق بازرسی امکان‌پذیر است. به دلیل وجود موانع در مسیر ۴ نقطه تراکم جمعیتی در داخل فرودگاه اتفاق می‌افتد که پرتراکم‌ترین مکان، نزدیک درب ورودی و اتاق بازرسی است تمام مسیرهای منتهی به این درب تراکم جمعیت بالایی دارند. پرجمعیت‌ترین مسیر در قسمت بعد از گیت‌های بازرسی و نزدیک فضای انتظار مسافران بر روی صندلی‌ها می‌باشد که بیشترین نقطه ترافیکی نیز در همین منطقه رخ می‌دهد.
سناریو پنجم این سناریو همانند سناریوی چهارم می‌باشد و مطابق شکل درب‌های خروجی کاملا مسدود شده‌اند و خروج تنها از طریق درب‌های ورودی بازشو اتاق کنترل و بازرسی امکان‌پذیر است. در این سناریو موانع باعث تشکیل ۵ نقطه جمعیتی می‌شود. بیشترین تمرکز جمعیت همانند سناریو چهارم جلو درب ورودی و اتاق بازرسی است. این زمان نسبت به سناریوهای دیگر بالاتر است زیرا خود اتاق بازرسی دارای گیت است که از سرعت خروج افراد می‌کاهد و زمان مورد نیاز خروج افراد را افزایش می‌دهد.	سناریو ششم این سناریو در واقع سناریو شماره ۱ طبقه اول می‌باشد که در آن درب‌های ورودی و خروجی هر دو بدون مانع و قابل استفاده هستند، اما تراکم جمعیت بیش از حدمعمول است. ۵ نقطه تراکم جمعیتی به دلیل وجود موانع حین خروج افراد تشکیل می‌گردد. بیشترین تراکم جمعیت در درب‌های ورودی و خروجی رخ می‌دهد. زمان سناریو نسبت به سناریو قبل کم‌تر است. افراد باید از طبقه اول با پله‌برقی یا آسانسور به طبقه همکف بیایند که این امر بر سرعت خروج افراد تأثیر منفی دارد.
سناریو هفتم این سناریو در واقع سناریو دوم طبقه اول می‌باشد که در آن کلیه ورودی‌ها، خروجی‌ها، اتاق‌های کنترل و بازرسی، راه‌پله و آسانسور به جز رمپ‌های جنب سالن منتهی به باند فرودگاه قابل تردد می‌باشد. تراکم جمعیت بیش از حد معمول است. ۵ نقطه تراکم جمعیتی به دلیل وجود موانع حین خروج افراد تشکیل می‌گردد. بیشترین تراکم جمعیت در درب خروجی اصلی رخ می‌دهد. زمان این سناریو (۷۳ دقیقه) نسبت به سناریوهای دیگر کم‌تر است زیرا یک درب خروجی افزوده شده که زمان مورد نیاز خروج افراد را کاهش می‌دهد. افراد باید از طبقه اول به پله‌برقی یا آسانسور به طبقه همکف بیایند که بر سرعت خروج تأثیر منفی دارد. ۲ درصد افراد معلول هستند	سناریو هشتم در این سناریو تمام مسیرهای در طبقه اول و خروجی‌های منتهی به باند فرودگاه قابل تردد می‌باشد. تراکم زیاد است. افرادی که از هواپیما پیاده شده و در قسمت نقاله بار در انتظار تحویل بار می‌باشند از طریق خروجی‌های اصلی در طبقه همکف تخلیه شده و افراد طبقه اول قبل و بعد از اتاق‌های بازرسی می‌بایست از طریق مسیرهای باند و رمپ‌ها تخلیه گردند. تراکم در درب خروجی اصلی، گیت‌های بازرسی، اطراف نوار نقاله و flower box است. زمان سناریو نسبت به سناریو قبل بیشتر است زیرا راه‌پله، پله‌برقی و آسانسور مسدود شده است. ۲ درصد افراد معلول هستند که این بر سرعت

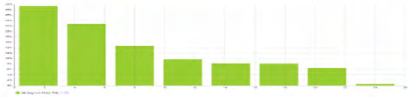
که بر سرعت خروج افراد تأثیر منفی دارد.	خروج تأثیر منفی دارد.

در ادامه هیستوگرام و نمودارهای خطی درصد تخلیه افراد در ۸ سناریو شبیه‌سازی شده آمده است. در هیستوگرام‌ها، محور افقی، زمان بر حسب دقیقه (مدت زمان شروع بحران تا خروج مسافر) و عمودی درصد افراد تخلیه شده از زمان شروع بحران (زمان شبیه‌سازی) را نشان می‌دهند. در نمودارهای خطی نیز محور افقی زمان بر حسب دقیقه و محور عمودی تعداد افراد تخلیه شده از زمان شروع بحران را نشان می‌دهد.

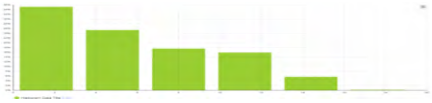


شکل (۵) سناریو اول (زمان: ۵. ۱۵)

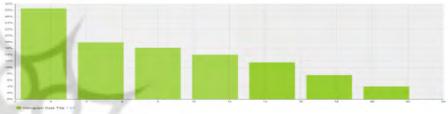
شکل (۶) سناریو دوم (زمان: ۶. ۶۴)



شکل (۷) سناریو سوم (زمان ۵. ۷۲)

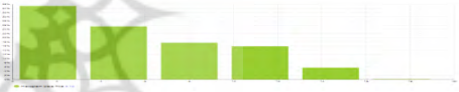


شکل (۸) سناریو چهارم (زمان ۷. ۸۵)

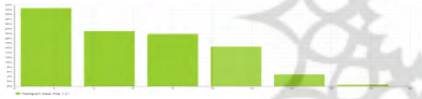


شکل (۹) سناریو پنجم (زمان ۷. ۹۳)

شکل(۱۰) سناریو ششم (زمان ۵. ۵۱)



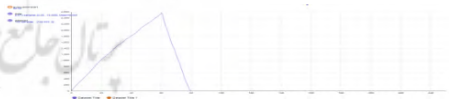
شکل (۱۱) سناریو هفتم (زمان ۵. ۷۲)



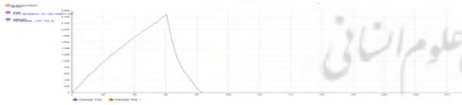
شکل(۱۲) سناریو هشتم (زمان ۵. ۹۷)

شکل (۱۳) سناریو اول (زمان تخلیه ۷۵)

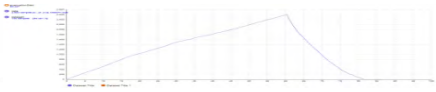
شکل (۱۴) سناریو دوم (زمان تخلیه ۷۶)



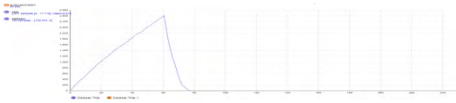
شکل(۱۵) سناریو سوم (زمان تخلیه ۸۰)



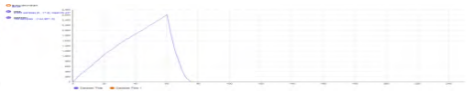
شکل (۱۶) سناریو چهارم(زمان تخلیه ۷۰)



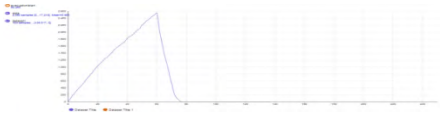
شکل(۱۷) سناریو پنجم (زمان تخلیه۸۴)



شکل (۱۸) سناریو ششم (زمان تخلیه ۷۷)



شکل (۱۹) سناریو هفتم (زمان تخلیه۷۳)



شکل (۲۰) سناریو هشتم (زمان تخلیه ۷۸)

در جدول ۷ مقایسه تعداد افراد و زمان مورد نیاز جهت خروج آمده است.

جدول(۷) مقایسه تعداد خروج افراد، زمان مورد نیاز جهت خروج افراد و زمان شبیه‌سازی

عدد سناریو	تعداد خروج افراد در دقیقه ۶۰	زمان مورد نیاز جهت خروج افراد	زمان شبیه‌سازی
۱	۲۶۵۰	۷۵	۵ /۱۵
۲	۲۷۲۰	۷۶	۶ /۶۴
۳	۲۵۷۰	۸۰	۵ /۷۲
۴	۱۵۰۰	۷۰	۸ /۷۵
۵	۲۶۰۰	۸۴	۷ /۹۳
۶	۲۶۰۰	۷۷	۵ /۵۱
۷	۲۶۱۰	۷۳	۵ /۷۲
۸	۲۵۸۰	۷۸	۵ /۹۷

سناریو پنجم به دلیل وجود گیت‌های بازرسی و خروج افراد از طریق درب های به نسبت سناریوهای دیگر بحرانی‌تر و تردد افراد (۲۶۰۰ نفر) در زمان ۸۴ دقیقه صورت می‌گیرد. به منظور کاهش زمان از مدل ANP و برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و Super Decision استفاده شده است. مقادیر شاخص‌های توصیفی در جدول ۸ آورده شده است.

جدول (۸) مقادیر شاخص‌های توصیفی متغیرهای مربوط به عوامل مؤثر بر تخلیه اضطراری

متغیر	تعداد	میانگین	میانه	مد	انحراف معیار	مینیمم	ماکزیمم
اضافه نمودن درب‌ها	۱۶۰	۴/۳۱	۴/۵	۵	۰/۷۴	۲	۵
برداشتن موانع مسیر	۱۶۰	۳/۵	۳/۷۵	۴	۰/۸	۲	۵
طراحی مناسب مسیرها	۱۶۰	۳/۲۷	۳	۳	۰/۸۶	۲	۴/۶۷
اعلام به موقع تخلیه	۱۶۰	۳/۲۲	۳	۲/۶۷	۰/۸۴	۲	۵
وجود تجهیزات ویژه	۱۶۰	۳/۱۳	۳/۲۵	۳/۲۵	۰/۷۵	۲	۵

در جدول ۹ معیارها و زیرمعیارهای عوامل مؤثر بر تخلیهٔ اضطراری آورده شده است:

جدول (۹) معیارها و زیرمعیارهای مربوط به عوامل مؤثر بر تخلیه اضطراری جمعیت

علامت اختصار	معیارها	زیرمعیارها	علامت اختصار
A	زمان	زمان فرار در راهروها و پله‌ها	a1
		زمان فرار در سالن انتظار	a2
B	هزینه	زمان پاسخ برای شروع طرح اضطراری	a3
		بعد اجرایی هزینه	b1
		کاهش خسارات مالی	b2
		کاهش خسارات جانی	b3
C	قابلیت اجرا	توانایی نظارت و پیشگیری از خطرات احتمالی	c1
D	قابلیت تشخیص	قابلیت هدایت عملیات نجات	c2

علامت اختصار	معیارها	زیرمعیارها	علامت اختصار
		قابلیت تشخیص در حین حادثه	d1
E	دسترسی آسان	دسترسی آسان حین حادثه	e1
F	وسعت فضایی حادثه	وسعت فضایی حادثه	f1
G	خسارت	خسارت	g1
H	سطح آمادگی	سطح آمادگی	h1
I	اطمینان فرد	اطمینان فرد	i1
J	تأثیرات محیطی	تأثیر بر روی ترافیک	j1
		تأثیر بر عموم	j2

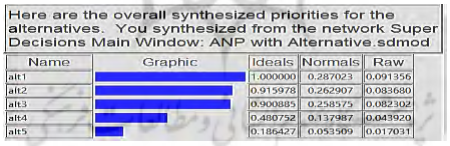
جدول ۱۰ مقایسه تمام معیارها و زیرمعیارها در زیر نشان داده شده است:

جدول (۱۰) وزن معیارها و زیرمعیارها و گزینه‌ها با توجه به هدف

نام	وزن نرمال در هر شاخه	وزن کلی
زمان	/۱۶۴۲۳	/۵۲۲۷۳
هزینه	/۴۶۲۶	/۱۴۷۲۳
قابلیت اجرا	/۲۳۷۷۶	/۷۵۶۷۶ .
قابلیت تشخیص	/۱۱۷۳۸	/۰۳۷۳۶۱
دسترسی آسان	/۱۰۹۷۹	۰/۳۴۹۴۵ .
وسعت فضایی حادثه	/۰۴۴۵۱	/۰۱۴۱۶۸
خسارت	/۰۳۳۵۶	/۰۱۰۶۸۲
سطح آمادگی	/۱۱۶۷۸	/۰۳۷۱۷
اطمینان فرد	/۰۶۴۹۷	/۰۲۰۶۷۹
تأثیرات محیطی	/۰۳۲۳۲	/۰۱۰۲۸۶
ضمانت تردد	/۰۳۲۴۴	/۰۱۰۳۲۶
زمان فرار در راهروها و پله‌ها	/۶۵۴۹۶	/۰۰۴۴۳۱۱
زمان فرار در سالن انتظار	/۱۲۹۰۵	/۰۰۸۷۳۱
زمان پاسخ برای شروع طرح اضطراری	/۲۱۵۹۸	/۰۴۶۱۱۲
بعد اجرایی هزینه	/۶۰۸۴۴	/۰۰۸۹۵۸
کاهش خسارات مالی	/۰۸۱۰۳	/۰۰۱۱۹۳
کاهش خسارات جانی	/۳۱۰۵۳	/۰۰۴۵۷۲
توانایی نظارت و پیشگیری از خطرات احتمالی	/۹۹۴۹	/۰۱۶۱۰۱
قابلیت هدایت عملیات نجات	/۸۰۰۵۱	/۰۶۴۶۰۸
قابلیت تشخیص در حین حادثه	۱	/۴۱۳۸۷
دسترسی آسان حین حادثه	۱	/۰۴۵۲۹۲
وسعت فضایی حادثه	۱	/۰۱۴۱۶۸
خسارت	۱	/۰۱۰۶۸۲

نام	وزن نرمال در هر شاخه	وزن کلی
سطح آمادگی	۱	./۰۳۷۱۷
اطمینان فرد	۱	./۰۲۰۶۷۹
تأثیر بر روی ترافیک	./۲۴۹۰۹	./۰۰۳۰۲۵
تأثیر بر عموم	./۷۰۵۹۱	./۰۰۷۲۶۱
وضعیت جریان ترافیک	./۲۴۳۵۱	./۰۰۵۰۳۴
وضعیت مدیریت ترافیک	./۷۵۶۴۹	./۰۱۵۶۳۹
اضافه نمودن درب‌ها	./۲۸۷۲	./۹۱۳۵۶
برداشتن موانع مسیر	./۲۶۲۹۱	./۸۳۶۸
طراحی مناسب مسیرها	./۲۵۸۵۸	./۸۲۳۰۲
اعلام به موقع تخلیه	./۱۳۷۹۹	./۴۳۹۲
وجود تجهیزات ویژه	./۰۵۳۵۱	./۱۷۰۳۱

با توجه به مقایسه گزینه‌ها مشاهده می‌شود اضافه نمودن درب‌ها و حذف موانع (شکل ۲۰) با وزن‌های ۰/۲۸۷ و ۰/۲۶۲ بالاترین و وجود تجهیزات با وزن ۰/۰۵۳ کمترین رتبه را دارد. با توجه به وزن‌های نرمال شده در معیار زمان، زیرمعیار زمان فرار (با وزن ۰/۶۵)، در معیار هزینه، بعد اجرایی هزینه (با وزن ۰/۶۰۸)، در معیار قابلیت اجرا، قابلیت هدایت عملیات (با وزن ۰/۸)، در معیار تأثیرات محیطی، تأثیر بر عموم (با وزن ۰/۷۰۵) و در معیار ضمانت تردد، وضعیت مدیریت ترافیک (با وزن ۰/۷۵۶) بالاترین رتبه را به خود اختصاص داده‌اند.


Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Super Decisions Main Window: ANP with Alternative.sdmod

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
alt1		1.000000	0.287023	0.091356
alt2		0.915978	0.262907	0.083680
alt3		0.900885	0.258575	0.082302
alt4		0.480752	0.137987	0.043920
alt5		0.186427	0.053509	0.017031

شکل(۲۱) اولویت بندی نهایی گزینه‌ها

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

طراحی رویکردهای تخلیه برای یک فرودگاه در هنگام وقوع جنگ و حمله نظامی پیچیده و فوق‌العاده چالش‌برانگیز است، به غیر از تعداد بی‌شمار متغیرهای مختلف که باید در نظر گرفته شوند. دراین تحقیق با رویکردی گسترده به بررسی حالات گوناگون مسأله در حالات فعلی و بهینه، سناریوهای منتخب را شبیه‌سازی نموده است. نتایج شبیه‌سازی نشان داده است سناریو پنجم بحرانی‌تر و تردد افراد در مدت زمان بیش‌تری صورت می‌گیرد. نتایج تحلیل شبکه نشان می‌دهد دو پارامتر استفاده از دو درب اضطراری و حذف موانع بالاترین رتبه را به خود

اختصاص داده است. بنابراین اضافه نمودن درب‌ها و برداشتن موانع مسیر بیشترین تأثیر را درکاهش زمان تخلیهٔ اضطراری جمعیت دارند.

به منظور کاهش مدت زمان و افزایش تعداد خروج افراد، راهکارهایی اعم از الف- استفاده از دو درب اضطراری در ضلع شمالی ساختمان و مابین اطلاعات پرواز و اتاق پلیس ب- حذف موانعی همچون فروشگاه باز، Flower Box ج- حذف یکی از اتاقک‌های پلیس جنب ورودی اصلی به داخل فرودگاه و در نظرگرفتن دو درب اضطراری در آن قسمت یا در نظر گرفتن این دو درب در کنار این اتاقک پیشنهاد می‌گردد. پیشنهاد برای تحقیقات آتی این است که می‌توان راهکارهای منتخب Anp را مجدد شبیه‌سازی نمود و تأثیر آن در زمان تخلیه و تعداد خروج مورد بررسی قرار داد. با استفاده از الگوریتم‌های بهبود یافته عدم برخورد عامل‌ها در محیط و یادگیری تقویتی را برای مسائل با ویژگی‌های مارکو ارائه داد.

قدردانی

از راهنمایی‌های استاد راهنمای محترم "جناب دکتر محمدعلی نکویی" و همچنین از "ریاست محترم فرودگاه مهرآباد تهران" جهت همکاری با این پروژه کمال تقدیر و تشکر را دارم.

منابع

- ارژنگی، سولماز. (۱۳۹۸). به سوی تدوین چارچوب عملیاتی شبیه‌سازی تخلیهٔ اضطراری جمعیت بازارهای تاریخی هنگام آتش‌سوزی، *فصلنامهٔ علمی پژوهشی معماری و شهرسازی*. ۲۹(۸۶): ۱۱۹-۱۰۱.
- ایجابی، ابراهیم. ، قاضی، حسن. و ملک محمدی، حجت. (۱۳۹۱). تصمیم گیری و تصمیم‌سازی به کمک مدل‌های شبیه‌سازی ۱۳۹۱). *فصلنامه علوم و فنون نظامی*. ۸(۲۲): ۶۶-۵۱.
- بزاززاده، مهدی.، داداشپور، هاشم. و مطوف، شریف. (۱۳۹۳). بررسی و تحلیل عوامل کلیدی مؤثر بر توسعه منطقه‌ای با رویکرد آینده‌نگاری منطقه‌ای، *مجله برنامه‌ریزی فضایی*. ۴(۲): ۲۳-۱۶ .
- حسینی، سیدرضا.، مظفری، مهدی. (۱۳۹۵). آینده‌پژوهی، راهکاری برای ارتقای صنعت گردشگری در ایران. *چهارمین کنفرانس بین المللی حسابداری و مدیریت (با رویکرد علوم پژوهشی نوین)*. مرکز همایش‌های سازمان مدیریت صنعتی.
- رضایان قیه باشی، احد.، پور عزت، علی اصغر. و سرمست، بهرام. (۱۳۹۶). ارائه چارچوبی برای مطالعه شگفتی سازهای نظامی- دفاعی پیشروی جمهوری اسلامی ایران، *فصلنامه آینده پژوهی دفاعی*. ۲(۷): ۱۲۸-۱۰۳.

- زالی، نادر. (۱۳۹۰). آینده نگاری راهبردی و سیاست‌گذاری منطقه‌ای با رویکرد سناریونویسی، *فصلنامهٔ مطالعات راهبردی*. ۴(۱۳): ۹۹-۱۳.
- زیاری، کرامت الله. ، ربانی، طاها و موچشی، رامین. (۱۳۹۶). *آینده‌پژوهی پارادایمی نوین در برنامه‌ریزی با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری*. چاپ اول. تهران: *انتشارات دانشگاه تهران*.
- سلیمانی، عباس پور. ، پور عزت، علی اصغر و اسماعیلی گیوی، محمد رضا. (۱۳۹۹). تصویرپردازی از آینده سازمان تأمین اجتماعی ایران از طریق سناریو پردازی، *فصلنامه آینده پژوهی دفاعی*. ۵(۱۷): ۱۱۷-۹۳.
- ضرغامی، اسماعیل.، ریسمانیان، مهدی. (۱۳۹۸). تأثیر متغیرهای معماری بر زمان تخلیهٔ کلاس درس در شرایط اضطراری. *مجله مطالعات محیطی هفت حصار*. ۳۰(۸): ۶۸-۵۹.
- عابدی جعفری، حسن.، سلمانی و داود، رادمند. (۱۳۸۹). بررسی نیازهای منابع انسانی برنامهٔ پنجم توسعه: رویکردی آینده‌پژوهشی، *فصلنامهٔ راهبرد*. ۱۹ (۵۶): ۳۶۴-۳۴۵.
- کشاورزترک، محسن.، مقیمی، سید محمد ابویی.، اردکان، محمد. و عیوضی، محمد رحیم. (۱۳۹۹). ارائه چارچوب آینده نگاری شرکتی مبتنی بر سناریوپردازی در راستای ارتقای مدیریت نوآوری (مورد مطالعه: صنایع هوا و فضا). *فصلنامه آینده پژوهی دفاعی*. ۲(۵): ۸۲-۵۵.
- مینایی، حسین. و هادی نژاد، فرهاد. (۱۳۹۹). روند پژوهی تهدیدهای آمریکا علیه جمهوری اسلامی ایران، *فصلنامه علمی پژوهشی آینده پژوهی دفاعی*. ۳(۸): ۲۸-۷.

- Alizadeh, A. , Vahidi Motlagh, v. & Nazmi, A. (2018). Scripting or planning based on scenarios. *Future think tank journalist*, 11 (39): 61-90.
- Bernardini, G. , Lovreglio, R. & Quagliarini, E. (2019). Proposing behavior-oriented strategies for earthquake emergency evacuation. Italy and Japan. *Safety Science*, 116 (24) 295–309.
- Busogi, M. , Shin, D. (2017). Weighted affordance-based agent modeling and simulation in emergency evacuation. *Saf*. Sci , 96 (12): 209-227.
- Chow, W. , (2011). Simulation of emergency evacuation in the arrival hall of a crowded airport. *The Hong Kong Polytechnic University*, 11 (1): 32-48.
- Eng, L. , Aik, W. (2012). Simulating Evacuations with Obstacles. Journal of Applied Mathematics , 8, (23): 23-34.
- Fahy, R. , Proulxm, G. (2001). Toward Creating a Database on Delay Times to Start Evacuation and Walking Speeds for Use in Cvacuation Modelling. human Behavior in fire, 8 ,(6): 175-193.
- Fang, J. , Tawil, E. (2016). Leader-follower model for agent based simulation. Saf. Sci, 83 (1): 209-227.
- Georgoudas, I. , Sirakoulis, C. (2015). An anticipative crowd management system. *IEEE Systems Journal*, 5(1): 56-67.

- Gerges, M. , Penn, S. , Moore, D. , Boothman, C. , & Liyanage, C. (2018). Multi-storey residential buildings. *International Journal of Building Pathology*. 22 (5): 25-38.
- Glenn, C. , (2009). Introduction to the Futures Research Methods Series. *Futures Research Methodology*, 10 (3): 32-45
- Ha, V. , Lykotrafitis, G. (2012). Agent-based modeling of a multi-room multi-floor building. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391 (8): 40-51.
- Heliövaara, S. , Korhonen, T. (2012). Counter_ow model for agent-based simulation. *Building Environ*, 48 (8): 165-173.
- Kia, g. , liamo, g. (2022). Adaptive multi-objective optimization for emergency evacuation at metro stations. Reliability Engineering & System Safety, 219(23): 65-37.
- Manley, M. , Kim, Y. (2018). Modeling emergency evacuation of individuals with disabilities (exitus): An agent-based public decision support. *Expert Syst*, Appl, 39 (9): 8300-8311.
- Neaupane, K. , Piantanakulchai, M. (2006). Analytic network process model for landslide hazard zonation, *Engineering*. 48 (85): 281–294.
- Pluchino, S. , Tribulato, G. (2015). Agent-based model for pedestrians' Evacuation after a blast integrated with a human behavior model. *In Proc*, 39 (9): 1506-1517.
- Sharma, S. , Lohgaonkar, S. (2010). Simulation of agent behavior in a goal _nding application, in Proc. *IEEE SoutheastCon (SoutheastCon), Concord, NC*, 8 (2): 424-427.
- Sheeba, A. , Jayaparvathy, R. (2019). Performance modeling of an intelligent emergency evacuation system in buildings on accidental fire occurrence. *Safety Science*. 74 (85): 196–205.
- Shuchao, C. , Jialong, Q. Xiaolian, L. & Jie, Ni. (2020). Evacuation simulation considering the heterogeneity of pedestrian under terrorist attacks. International Journal of Disaster Risk Reduction, 79 (6): 56-69.
- Slaughter, R. , (1993). future concepts. *future*, 3 (24): 289-314.
- Stamatopoulou, I. , Sakellariou, I. (2012). agent-based behavior and simulation of crowd behavior in emergency evacuation. *In2012 IEEE 24th International Conference on Tools with Artificial*.
- Wang, F. , Xu, X. (2021). Simulation Research on Fire Evacuation. *Journal of Applied Mathematics*, 1 (2): 122–130.
- Xiangxia R. , Yanghui, Hu. (2022). Simulation of building evacuation with different ratios of the elderly considering the influence of obstacle position. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 604 (7): 87-103.
- Xiaoxia, Y. , Rui, Z. & Yongxing, L. (2022). Passenger Evacuation Path Planning in Subway Station Under Multiple Fires Based on Multiobjective Robust Optimization. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23 (6): 96-109.

- Yi, W., Özdamar, W. (2018). A dynamic logistics coordination model for evacuation. *European journal of operational research*, 7 (8): 1177-1193.
- Zali, N., F, Atrian. (2016). The development of regional tourism development scenarios based. *Journal of Spatial managemen*, 9 (8): 107-131.
- Zhang, J., Song, W. (2008). Experiment and multi-grid modeling of evacuation. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387 (23): 5901-5909.
- Zhu, K., Yang, Y & Shi, Q. (2016). Study on evacuation of pedestrians from a room with multi-obstacles considering the effect of aisles. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 7 (8): 31- 69.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی