فصلنامه مدیریت و پژوهش‌های دفاعی

۹۷

سال بیست و یکم
پاییز ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۹/۲۷
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۲/۰۶
صص: ۹۸-۷۳

شاپا چاپی: ۶۱۲۱-۲۰۰۸
الکترونیکی: ۵۲۱۸-۲۶۴۵

مدل ارزیابی مدیریت تخلیه اضطراری جمعیت در مکان های پر ازدحام جمعیتی

محمدعلی نکویی[۱] | پرویز جعفری فشارکی[۲] | محدثه حامدی[۳]

چکیده

برنامه‌ریزی و مدیریت بحران سوانح احتمالی با تاکید بر رویکردهای مهمی مانند تخلیه اضطراری در اماکن فرودگاهی دارای درخور توجه است. هدف این مقاله، شناسایی عوامل موثر برتخلیه اضطراری، بررسی وضعیت فعلی فرودگاه، شناسایی گلوگاه ها و ارزیابی تاثیر گلوگاه های خطرزا در مسیرو محاسبه زمان می باشد.روش پژوهش ازنوع توصیفی- تحلیلی، از نظر حل مساله ترکیبی می باشد . جمع آوری اطلاعات میدانی و اسنادی انجام گرفته است. جامعه آماری شامل ۵۳ نفر از متخصصان می‌باشد. از نمونه‌گیری تصادفی و از فرمول کوکران استفاده شده است. بعد از انجام مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای، مصاحبه و تکمیل پرسشنامه عوامل موثر بر تخلیه اضطراری شناسایی شده و سپس مدل سازی سناریو شرایط فعلی و دو مدل A و B در نرم‌افزار Any Logic انجام شده است. در مدل A زمان نسبت به A1 کاهش یافته است، در واقع در مدل A ، ۲۴۵۰ نفر در ۵۲ دقیقه محل را ترک می کنند و در مدل A1 در ۷۵ دقیقه محل را ترک می‌کنند. در مدل B زمان نسبت به B1 کاهش یافته است، در مدل B، ۲۴۵۰ نفر در ۶۲ دقیقه محل را ترک می کنند و در مدل B1 در ۷۵ دقیقه محل را ترک می‌کنند در مدل شرایط فعلی مشهود است که روند حرکت به کندی صورت گرفته و گره هایی ایجاد شده است؛ لذا ضرورت اصلاح ساختارسالن را خاطر نشان می سازد. با مقایسه بین دو مدل متوجه می شویم که زمان در مدل A کاهش بیشتری دارد و می‌توان حذف گیت های ورودی را در اولویت اول راهبردهای تخلیه و بعد از آن حذف اتاقک‌های فروش بلیط درراهروی مسبر تردد مسافران تازه از هواپیما پیاده شده قرار داد. پژوهش‌های پیشین صرفا یا نگاه شرایط فعلی به مساله تخلیه اضطراری در بررسی مبحث تاب‌آوری وارد شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: مدل ارزیابی؛ تخلیه اضطراری؛ جمعیت؛ ازدحام

DOR: 20.1001.1.20086121.1401.21.97.3.2

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. نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری مدیریت بحران دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران mmoh.h000@yahoo.com

مقدمه

تخلیه بهینه و موثر اماکن پر ازدحام جمعیتی تاثیر مهم و اساسی در کاهش آسیب ها دارد. اگر بخشی از جمعیت بر اثر شرایطی مانند مسدود شدن مسیرها و یا عدم انتخاب خروجی مناسب نتوانند به موقع موقعیت پر خطررا ترک کنند؛ ممکن است بر اثر پیامدهای بحران دچار آسیب شوند. در کنار عامل تهدید، رفتار هراس آور افراد می‌تواند سبب خسارات جانی و مالی گردد البته بی نظمی در هنگام فرایند تخلیه امری طبیعی است. درکنار خسارت مستقیم تهدید، پیش بینی‌های لازم برای تخلیه اضطراری در طراحی و ارزیابی بسیاری از سازه‌های عمومی نیز مورد توجه مناسب و کافی قرار نگرفته است. لذا بایستی مراکز عمومی پر جمعیت طراحی مناسب و موثری جهت تخلیه داشته باشند(ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹) در اماکن کم ازدحام می‌توان کارایی یک طرح تخلیه را با آزمایش عملی بررسی نمود ولی در اماکن پرجمعیت تر قابل اجرا نیستند و لذا برای این گونه اماکن از مدل‌سازی برای پیش‌بینی تاثیر سناریوهای مختلف تخلیه اضطراری استفاده می‌شوند. در دهه‌های اخیر، استفاده از مدل‌ها برای مدیریت شرایط اضطراری و خطرناک در شرایط و حالات مختلف توسعه یافته است. این مدل‌ها بر ناممکن‌ها غلبه نموده‌اند (کوجولسکی و همکاران[1]،۲۰۱۴). عامل مؤثّری که بر نتایج یک طرح شبیه سازی تخلیه ی اضطراری تأثیر گذار است، زمان است. ها و لیکوترافیتیس[2](۲۰۱۸). آمار و ارقام بدست آمده از تحقیقات تجربی نشان می‌دهد که در طول تخلیه اضطراری معمولاً فاجعه دلیل اصلی تلفات نبوده است و احساس وحشت ایجاد شده علت اصلی تلفات است. فانگو تویل[3] (۲۰۱۶) به این علت، در بسیاری از شبیه ساز ها جنبه ها ی استرس در نظر گرفته شده است. ترس و هراس ایجاد شده در میان مردم در مواقع اضطراری می تواند پیامد های منفی برروی خروج جمعیت از یک ساختمان و زمان تخلیه داشته باشد. مشاهدات میدانی نشان می دهد که زمانی که چنین عواطفی در میان مردم پخش می‌شود، مردم هم دیگر را هل داده یا پایمال می‌کنند. همان‌طور که اکثر مردم برای خروج یک‌باره از ساختمان تلاش دارند، این امر باعث مسدود شدن مسیرهای خروجی و ایجاد ازدحام در جلوی درب‌ها می‌گردد. در طول شرایط اضطراری، به‌دلیل فشار زمان و فقدان اطلاعات، یک فرد

1. Kuligowski, 2014
2. Ha & Lykotrafitis, 2018
3. Fang & Tawil, 2016

به طور طبیعی دچار ترس و وحشت شده و این امر درتخلیه و سرعت حرکت وی تاثیر می‌گذارد. به عبارت دیگر، صرف نظر از ماهیت شرایط اضطراری، حالات و عواطف فرد بستگی به درک وضعیت و محیط دارد، حتی اگر چنین تصور شود که این درک نادرست یا گمراه کننده باشد.

اداراکات گوناگون افراد در شرایط اضطراری در میزان اضطراب روانیشان تاثیر گذار بوده و سبب اتخاذ تصمیم‌های متفاوت می گردد. حتی در شرایط اضطراری، رفتارهای آسیب زا افراد می‌تواند رخ دهد، و باعث بر انگیختگی عواطف جمعیت گردد، هشدار نامناسب، مبارزه با دسته ها، رویارویی بین افراد خشمگین و نیروی پلیس وغیره سبب اضطراب می گردد. در واقع، در سطح گروه های جمعیتی، رفتار ناسازگرانه می‌تواند رخ دهد۷. پلاچینو و تربولاتو[1](۲۰۱۵). در موارد اضطراری، رفتار جمعیت در برخی از موارد خاص دارای ویژگی ها ی مشترک بوده و با هم همسو می باشند. در این موارد مشاهده شده که افراد جهت نجات جان خود به طرف درب ها ی خروجی هجوم آورده و باعث فشار آوردن به هم دیگر می‌شوند. شارما و لهاگونکار[2](۲۰۱۷) و بوگاسی و شین[3] (۲۰۱۷) استراتژی های تخلیه بهینه در کاهش تلفات مهم است. وانگ و ایکسیو[4](۲۰۲۱) ظرفیت فضای طراحی شده یکی از مهم ترین عامل های تاثیرگذار در بحران ازدحام جمعیت است و این بحران معمولاً در شمار بحران های با منشأ انسانی طبقه بندی می‌شوند. استیل در بررسی های خود سه دلیل را برای بحران های ازدحام جمعیت شناسایی کرده است، بر این اساس، بحران ها به سبب طراحی نادرست فضا اطلاعات نادرست و مدیریت نادرست رخ می دهند . به نظر می‌رسد که عوامل بروز بحران های جمعیتی منشأ مدیریتی، کالبدی فضایی، و رفتاری دارند. ویژگی‌های محیطی و ساختمانی بر کیفیت و چگونگی تخلیه اضطراری اثر می گذارد. خروجی‌ها از عوامل مهم ساختمانی در تخلیه اضطراری هستند. در خروجی‌ها آنچه بسیار بااهمیت است خروج موثر و در دسترس بودن خروجی‌ها است. وجود گوشه و زاویه در مسیرهای عبوری بر سرعت حرکت افراد اثرمی گذارد و سرعت حرکت را کند می نماید. به عنوان نمونه، دایاس و همکاران معتقدند که نرخ جریان جمعیت افراد در مسیری با پیچ ۹۰ درجه ۲۱/. درصد کاهش می یابد. ساکنان فضا بیش تر از مسیرهای آشنا و ملموس و

1. Plachino & Tribulato,2015
2. Sharma & Lohgaonkar, 2017
3. Basougi & Shin,2017
4. Wang & Xu,2021

ورودی های اصلی استفاده می کنند. گلوگاه ها و تنگناها بر جریان حرکت جمعیت افراد اثر می گذارند ودر واقع سرعت حرکت افراد ارتباطی معکوس با عرض های معابر دارد. پس از عبور افراد از تنگناها، سرعتشان زیاد تر می شود. حرکت گروه های افراد قبل، درون و بعد از تنگناها متفاوت است (دیاس و همکاران، ۲۰۱۲). حرکت، مفهومی کلیدی در شناخت این مخاطره 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 مخاطره ازدحام جمعیت می‌کند (ارژنگی و عسگری، ۱۳۹۸). مکان های پر تراکم به دلیل رفتار های اجتماعی جاری در آن وکاربری خاصشان با مسائل پیچیده ای در هنگام تخلیهٔ اضطراری مواجه می‌گردند که مثلا در رخداد آتش سوزی نصب کپسول های اطفای حریق به تنهایی نمی‌تواند منجر به پاسخ‌گویی اثرمند و کاهش تلفات و مجروحان در هنگام بحران و تخلیه ایمن شود. تعامل ویژگی های انسانی با محیط است که نحوهٔ تخلیه پس از رخداد بحران را رقم می زند و در نظر نگرفتن ویژگی های کالبدی و رفتاری و تعامل این دو با یکدیگر در هنگام فرار پس از حادثه در برنامه های تخلیه سبب می شود تا مدل های موجود به اندازهٔ کافی کارآمد نباشند. تحرک و سکون جمعیت در اماکن پر تراکم ممکن است منجر به آسیب های ایمنی و امنیتی به تخلیه اضطراری هنگام وقوع حوادث گردد. لذا نادیده گرفتن ابعاد خطرزا، اعم از ساختاری و رفتار افراد در در اماکن پر تراکم حادثه ای بزرگ تر را ایجاد می نماید. در این صورت، بحران ناشی از ازدحام افراد تشدید می گردد و تلفات بیشتری رخ می دهد. لذا، تخلیه اضطراری امن با کمترین حجم تلفات و آسیب‌های وارده از اصلی ترین اهداف تخلیه اضطراری در بحران به شمار است. در سناریوی‌های بحران دو متغیر محیط و رفتار در دنیای واقعی وجود دارد . این دو عامل از مهم ترین عوامل در شبیه‌سازی تخلیه اضطراری هستند که بر یکدیگر اثر گذار می باشند. لذا، در ابتدا تخلیه و رفتار افراد در هنگام فرار و ویژگی های محیطی بررسی می گردد. تخلیه اضطراری امن در اماکن پر تراکم از مهم ترین و اصلی ترین برنامه های مدیریت بحران است. تخلیه اضطراری در در اماکن پر تراکم می‌تواند منجر به بحران ازدحام گردد و تخلیه ایمن بدون در نظر گرفتن مخاطرات ناشی از گره های جمعیتی مقدور نیست. یکی از تأثیرگذارترین عوامل ویژگی های شخصیتی افراد است. تفاوت میان رهبران و دنبال کنندگان در هنگام وقوع بحران و فرار اولین تمایز آن است. دومین ویژگی مهم، میزان تاب

آوری افراد در برابر ترس است. افزایش ترس گنجایش جمعیت را جهت پردازش مناسب اطلاعات از بین برده و افراد را با وضعیت ناآشنا مواجه می سازد. سومین ویژگی، اعتقاد به اثربخشی توسط هر فرد است که بر انتخاب ها و تلاش های افراد تأثیرگذار است.

برنامه‌ریزی و مدیریت بحران و سوانح احتمالی با تاکید بر رویکردهای بنیادینی مانند تخلیه اضطراری جمعیت در اماکن فرودگاهی به عنوان مراکز حمل و نقل، دارای اهمیت بسیار بالا و درخور توجه است. غفلت از این مراکز در امور مربوط به مدیریت مخاطرات در بخش‌های مختلف می‌تواند تلفات و خسارات جبران‌ناپذیری را برجای بگذارد. بنابراین، اولویت‌بندی و نگاه ویژه مدیران و برنامه ریزان به این مراکز در طرح‌های خرد و کلان مدیریت بحران مساله بسیار حساس و با اهمیت است. از سوی دیگر با توجه به قرار گرفتن شهر تهران در زمره شهرهایی که امکان بروز و تاثیرات مخرب بحران‌هایی همچون زلزله، آتش‌سوزی و... در آنها زیاد است ایمنی فرودگاه های آن نیز یکی از مولفه‌هایی است که ارتباط تنگاتنگی با توسعه پایدار دارد. شناسایی موانع در مسیر تخلیه اضطراری و ارزیابی وضعیت تاثیر این گلوگاه ها در مسیر خروج، محاسبه زمان تخلیه مسافرین، عوامل موثر برتخلیه اضطراری فرودگاه و گلوگاه‌های موجود وشناسایی نقاط خطرپذیر در شرایط تخلیه اضطراری از ضروریات تامین ایمنی فرودگاه ها است و از اهداف کلی این تحقیق می‌باشد. به طور خلاصه میتوان گفت هدف از انجام پژوهش حاضر عبارت است از:

۱- شناسایی متغیرهای مؤثر در تخلیه اضطراری در شرایط اضطراری

۲- بررسی سناریو شرایط فعلی، شناسایی گلوگاه‌های موجود و نقاط خطرپذیر در شرایط تخلیه اضطراری ، بررسی مدل حذف گیت های ورود و حذف اتاق های فروش بلیط در سالن شماره دو فرودگاه در مسیر افراد تازه از هواپیما پیاده شده در کاهش و یا افزایش زمان تخلیه اضطراری.

در این تحقیق با رویکردی گسترده به بررسی حالات گوناگون مساله در حالت شرایط فعلی بدون ایجاد تغییرات در ساختار فرودگاه و سناریوهای گوناگون و مقایسه با شرایط فعلی با رویکرد شبیه‌سازی نموده ایم و این از مزایای این تحقیق نسبت به تحقیقات گذشته است که از ابعاد شرایط فعلی و سناریوسازی گوناگون به مساله پرداخته و نگاه محض به مبحث تخلیه اضطراری ندارد .

مبانی نظری

شرایط اضطراری

شرایط اضطراری رفتارهایی متفاوت از شرایط عادی دارند. در شرایط عادی، داخل یک مرکز به تدریج و تقریبا منظم در یک بازه زمانی نسبتا گسترده خارج می شوند، ولی در موقعیت‌های اضطراری، افراد سعی می کنند در زمان کوتاهی از مکان فرار کنند. اضطراب و هول شدن برای عبور از خروجی‌ها و دسترسی به آن‌ها باعث بروز رفتار های پرخاشگرانه و متفاوت باشرایط عادی می گردد. رفتار از حالت نوع دوستی فاصله گرفته و به حالت خودخواهانه نزدیک‌تر می‌شود. روش‌های ذکر شده برای مدل‌سازی رفتار افراد برای وضعیت های شرایط نرمال و پر خطر متفاوت خواهد بود. هلبینگ و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی با ذکر شریط به دو دسته‌ی عادی و شرایط ترس و وحشت؛ ویژگی‌های زیر را برای شریط وحشت و ترس بر می‌شمارند (هلبینگ[1]،۲۰۰۲). درک و فهمیدن سرشت و ذات اورژانسی رفتار جمعیت در یک وضعیت اضطراری بسیار ضروری بوده به‌طوری که آن بر دیگر جنبه‌های شبیه‌سازی مقدم می‌باشد. رفتار جمعیت جنبه‌ای پیچیده‌ای است و بهتر است در سه سطح مورد بررسی قرار گیرد (چو[2] و همکاران، ۲۰۱۱).

ازدحام جمعیت

با افزایش تراکم افراد، تخلیهٔ اضطراری و فرار از خطر و رفتن به مکانی امن می تواند منبع بحران دیگری شود، به طوری که نه تنها به مکان امن و بدون خطر نمی‌رسند؛ دچار آسیب و تلفات می‌شوند. برای اینکه جمعیت مورد نظر را داشته باشیم، باید در محیطی ناآشنا، بدون آنکه ازقبل بر اساس ارزشها و هنجارها در مورد آن اطلاعی داشته یا تصمیم‌گیری کرده باشند، گرد هم آیند و به صورتی هماهنگ از نظر اجتماعی رفتار کنند (کای و همکاران[3]،۲۰۱۵).

ظرفیت مکان طراحی شده یکی از موثر ترین عامل‌های تاثیرگذار در بحران فشردگی 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

1. Helbing & Farkas ,2002
2. Chu & Pan & Law,2011
3. Kah & Phooi Kai,2015

اساس، بحران‌ها به سبب طراحی نادرست فضا (اشتباه محاسباتی محاسبهٔ فضا و جریان جمعیت)، اطلاعات نادرست (تأثیر اثر خارجی بر رفتار) و مدیریت نادرست رخ می‌دهند. به نظر می‌رسد که عوامل بروز بحران های جمعیتی منشأ مدیریتی، کالبدی فضایی و رفتاری دارند ولی خطر ازدحام جمعیت از ترکیب جمعیت و فضا ایجاد می‌شود که با تعداد در متر مربع نشان داده می‌شود. بخشی از این مخاطره در ارتباط با فضا (فضا، طراحی فضا، پیچیدگی طرح) قابل توضیح است، هر چند تحرک، ابعاد، و درک از خطر نیز اهمیت دارد. بنابراین تراکم اعم از ایستاده و یا در حرکت، مفهومی کلیدی در شناخت این مخاطره است و پاسخ به دو پرسش که آیا فضای کافی برای جمعیت وجود دارد؟ آیا فضای موردنظر مناسب است یا خیر؟ کمک شایانی در کاهش مخاطره ازدحام جمعیت می‌کند. فرآیند این بحران، عواملی نظیر رعب و وحشت و هیجان، شرایط مکانی، زمانی و اطلاعاتی سبب می‌شود شرایط برای خروج دشوار شود (عسگری زاده و همکاران،۱۳۹۶).

بر اساس نظر هل بینگ و همکارانش ترس دارای ویژگی هایی است، نظیر سرعت حرکت بیشتر از معمول، برخورد فیزیکی، حرکت ناهماهنگ هنگام عبور از مسیرهای تنگ و باریک، ایجاد شلوغی، بسته شدن ، کاهش فرار زیر دست و پا مانده به منزلهٔ مانع ، دنبال کردن رفتار یکدیگر. با وجود مطالعات زیاد در مورد پیچیدگی رفتارافراد در هنگام وقوع بحران ، هنوز سوالات بسیار است؛ اما دسته‌ای از محققین نتایج مطالعاتشان را در محور نظریه‌های رفتاری هنگام وقوع بحران عرضه کرده‌اند (هلبینگ[1]،۲۰۰۲).

تخلیه اضطراری

تخلیه بهینه مراکز پر ازدحام جمعیتی تاثیر مهمی در کاهش آسیب ها دارد. اگر بخشی از جمعیت بر اثر شرایطی مانند مسدود شدن مسیر و یا عدم انتخاب خروجی مناسب نتوانند به موقع محل حادثه را ترک کنند؛ ممکن است بر اثر پیامدهای بحران آسیب ببینند. در کنار عامل تهدید، رفتار وحشت‌زده جمعیت به نوبه خود می‌تواند باعث تلفات شود؛ البته هرج و مرج در تخلیه تا حدودی امری طبیعی است (ژانگ[2]،۲۰۰۹). درکنار خسارت مستقیم بحران، پیش بینی‌های لازم برای تخلیه اضطراری در طراحی و ارزیابی بسیاری از مکان های عمومی مورد توجه و دقت

1. Helbing & Farkas ,2002
2. Zhang & Chan & Ukkusuri,2009

مناسب قرار نگرفته است. لذا بسیاری بایستی مراکز عمومی پر جمعیت از طراحی مناسبی جهت تخلیه دارا باشند. یک طرح تخلیه مناسب باید به خوبی به استفاده کنندگان شامل مدیریت، کارکنان و مراجعه کنندگان متناسب با نقشی که در فرآیند تخلیه دارند، آموزش داده شود. برنامه ریزی تخلیه اضطراری قبل از وقوع بحران انجام می‌شود و می‌تواند، به‌صورت احتیاطی عمل نماید (کاتر[1]،۲۰۰۳). غالبا هدف از تخلیه اضطراری، انتقال کلیه در معرض خطر به منطقه مناسب در زمانی کم و با کمترین میزان آسیب است. مدت زمان سپری شده از زمان بروز بحران تا افراد آخرین فرد از مکان خطر، زمان تخلیه کل تعریف می‌شود. درنتیجه این زمان وابسته به زمان تخلیه آخرین نفر از کم توان می‌باشد. زمانی بعد از شروع فرایند تخلیه، نرخ تخلیه افراد به مقدار بیشینه (ظرفیت خروج) می‌رسد (طوقی و همکاران،۱۳۹۴).

تخلیهٔ اضطراری مناسب و امن در مراکز پر ازدحام از مهم‌ترین برنامه‌های کاهش بلایا است. تخلیه در مراکز بزرگ و پرجمعیت می‌تواند منجر به بحران ازدحام گردد و تخلیهٔ ایمن بدون در نظر گرفتن مخاطرهٔ ازدحام جمعیت امکان پذیر نیست. ویژگی‌های شخصیتی یکی از تأثیرگذارترین است. اولین آن تمایز میان رهبران و دنبال‌کنندگان هنگام فرار است. در آتش-سوزی بیشتر دنبال کننده به سیگنال‌های خطر پاسخ نمی‌دهند و منتظر اقدام سایرین هستند. دومین ویژگی، سطح تاب آوری در برابر استرس است افزایش استرس می‌تواند ظرفیت را برای پردازش اطلاعات از بین ببرد و آن ها با وضعیت نا ملموس مواجه گردند. سومین ویژگی، اعتقاد به تاثیر گذاری خود فرد است که بر انتخاب‌هایش اثر گذار است.

شبیه‌سازی تخلیه اضطراری

مطالعات در حیطه شبیه‌سازی در سه دسته کلان، متوسط، و جزئی تقسیم بندی می گردند. این شبیه‌سازی‌ها پویا هستند و مدلی بصری از رفتار و حرکت جمعیت نشان می‌دهند. مدل‌های شبیه‌سازی جمعیت را در دو دسته مدل‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی تقسیم می‌شود که با روش های نوین با رایانه شبیه‌سازی می گردند. مدل در واقع نمایشی هدفمند است و به منظور حل مسئله و پاسخ به سوالات پیرامون یک سیستم یا بخشی از آن ایجاد می‌شود و تدوین مدل به پژوهشگر یاری می‌دهد تا بتواند چگونگی کارکرد سیستم را توضیح داده و الگو ها ی رفتاری را

1. Cutter,2003

در پاسخ به تغییرات پیش‌بینی کند. مدل های ماکروسکوپیک متمرکز بر کل سیستم و رفتارهای کلانی جمعیت است. درعوض، مدل های میکروسکوپیک مبین سطوح فردی رفتارها، عمل ها و تصمیمات افراد و تعاملاتشان با یکدیگر است. در تحقیقات موجود استفاده همزمان مدل های کلان و خرد توصیه می شود؛ زیرا اطلاعات ارزشمندی درباره الگوی رفتاری افراد قابل استخراج است که منجر به ظهور پدیده خاصی در کل سیستم می شود. به بیان دیگر، مدل سازی نحوه حرکت و رفتار هر عامل کمک می کند که اطلاعات حرکت کل جمعیت را به دست آوریم. یکی دیگر از دسته بندی هایی که در این مورد و برای انتخاب مسیر خروج انجام شده شامل سریع ترین و بهترین مسیر، کوتاه ترین مسیر ، مسیر تعریف شده کاربر و مسیر مشروط می باشد به طور مثال شرایط آتش سوزی یا رفتار دیگر ساکنان، این انتخاب مسیر معمولا دارای یک تابع است که اجازه می دهد تا اشخاص، اگر نیاز است، تغییر مسیر خود را انتخاب کنند. در شبیه سازی برای توصیف و تحلیل رفتار سیستم واقعی به طرح سوالات اگر آنگاه پرداخته می‌شود و به بهبود سیستم ها ی موجود و طراحی سیستم ها ی جدید می انجامد. هلیوارا و کارونن[1](۲۰۱۹). شبیه‌سازی فرآیند طراحی مدل سیستم واقعی و انجام آزمایش برای درک رفتار و ارزیابی استراتژی‌های مختلف در محدوده مجموعه معیارهای بررسی شده است (کیم و کو[2]،۲۰۱۲). در دنیا نرم‌افزارهای بسیار برای شبیه‌سازی تخلیه اضطراری وجود دارد که هر یک مختص مطالعه وجه خاصی از تخلیه است. به طور مثال، پیشگامان در شبیه‌سازی تخلیه اضطراری بیشتر تمرکزشان بر محدودیت‌های فضایی ثابت محیط ساختمان با هدف بهینه‌سازی حرکت تخلیه شوندگان و به حداقل رساندن زمان تخلیه است. این تمرکز به ویژه برای مدل‌هایی مانند EVACNET 4 Sim، Exit و EESAPE است که در آن ها ساختار اتصال ساختمان به مثابه یک شبکه ثابت طراحی شده اند. با این حال، این فرض که دسترسی فضایی درون ساختمان ها می‌توانند به راحتی در یک وضعیت اضطراری آتش سوزی تخریب شود، همچنان باقی می ماند. به طور مثال خروجی هایا مسیر ها ممکن است به علت شرایط خاص (مانند دود یا شعله های آتش) مسدود شوند. در مدل هایی مانند ، STEPS وEvac در دسترس بودن پویای خروجی هایا مسیر ها در شرایط اضطراری مورد نظر است. به علاوه، برای نشان دادن شرایط محیطی قابل اعتماد، شبیه

1. Helivara & Korhonen,2019
2. Kim & KOO, 2012

ساز های آتش با مدل تخلیه همراه شده اند. در پایان قرن بیستم، تفسیر ایمنی ساختمان از فناوری به دیدگاه رفتاری تغییر یافت. یکی از این نرم‌افزار ها که در شبیه‌سازی قابلیت عمل تحت مقولات کالبدی و رفتاری را دارد، نرم‌افزار شبیه‌سازی انی لاجیک است. این نرم‌افزار قدرتمندترین شبیه‌سازی در زمینه‌های مختلف استفاده می شود و بر روی سامانه عامل‌های Mac OS ، Linux ، Windows قابل نصب است. در دنیای مدرن شبیه‌سازی سه روش مشخص برای مدل سازی مبتنی بر شبیه‌سازی هست که در هر روش سطح خاصی از خلاصه سازی استفاده می شود. این سه روش، که با نرم‌افزار انی لاجیک نیز پشتیبانی می شوند، شامل پویایی سیستم، گسسته پیشامد وعامل بنیان است نرم‌افزار Any Logic قابلیت استفاده و ترکیب روش‌های مدل‌سازی را ارائه نموده است تا بتوان اجتماعی از نقش‌ها را در فضای واحدی بررسی و تحلیل کرد (ژو، یانگ و شی[1]، ۲۰۱۶).

پیشینه تحقیق

کیا و همکاران[2] (۲۰۲۲) در مقاله ای تحت عنوان بهینه سازی چند هدفه تطبیقی برای تخلیه اضطراری در ایستگاه های مترو به بررسی اثربخشی و کاربرد رویکرد متا مدل مبتنی بر Light GBMپرداخته اند و از الگوریتم های بهینه سازی یکپارچه Light GBM و NSGA-III برای ارزیابی خودکار تخلیه در شرایط خاص استفاده نموده اند. 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[3] (۲۰۲۲) در مقاله ای، تخلیه عابران پیاده ناهمگن را در شرایط حمله تروریستی بررسی نموده اند و زمان تخلیه و تلفات در سناریو های مختلف تجزیه و تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد که عابران پیاده باید هنگام اجتناب از تروریست، باید به صورت مناسب به سمت خروجی فرارکنند. رفتار توده وار 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 تاثیر بسیاری بر تخلیه دارد. تعداد و

1. Zhu, Yang & Shi,2016
2. Kia et al
3. Shuchao et al

سرعت تروریست ها تاثیر بسزایی در مرگ عابران پیاده دارد. علاوه بر این، تلفات عابران پیاده نیز ارتباط نزدیکی با مواضع اولیه تروریست ها دارد. ایکسیا نگسیاو همکاران[1] (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای، با استفاده از دو روش شبیه‌سازی Pathfinder و GCF به بررسی تخلیه اضطراری سالمندان پرداخته اند. 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 فرعی که به خروجی طبقه نزدیک‌تر است طولانی تر 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 می دهند. مانع موجود در راهرو می‌تواند فشار چگالی خروجی را مهار کند و زمانی که به خروجی نزدیک تر است تاثیرش بیش تر است. به همین ترتیب، سرعت عابر پیاده در خروجی با تراکم کم تر، بیش تر می شود. ایکسیا و همکاران[2] (۲۰۲۲) درمقاله‌ای با هدف سناریوی تخلیه مسافران در ایستگاه مترو در شرایط آتش‌سوزی‌های متعدد، روش برنامه ریزی مسیر مبتنی بر بهینه‌سازی چند هدفه را با استفاده از الگوریتم NSGA-II و Pathfinder بررسی نمودند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که درجه بهینه سازی کلی مسیر می‌تواند به ۱۲/۸٪ برسد، زمانی که پارامتر های کنترل قوی زمان و ریسک ۳۰ باشند. این روش می‌تواند برای هدایت تخلیه مسافران در ایستگاه های مترو تحت چندین منبع خطر و بهبود شاخص ایمنی افراد استفاده شود. لیم و همکاران[3] (۲۰۲۲)، در مقاله ای با استفاده از مدل ca[4] به بررسی شبیه‌سازی تخلیه با موانع پرداخته‌اند. طراحی مدل براساس توزیع جمعیت و موقعیت درب و موانع برای به‌دست آوردن بهترین موقعیت درب انجام شده است. نتایج نشان می دهد 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[5] (۲۰۲۰) ، بر اساس الگوریتم پیشنهادی شبیه‌سازی آتش‌سوزی را در فرودگاه بایون با تعداد افراد متعدد و درب های مختلف، انجام داده و زمان تقریبی تخلیه را تعیین نموده و هدفشان ارزیابی

1. Xiangxia et al
2. Xia et al
3. lim et al
4. Cellar automaton
5. Wang et al

ظرفیت تخلیه بوده است. به این نتیجه رسیده اند که توزیع خروجی های فرودگاه با تعداد زیاد افراد خطرناک است. بنابراین دو خروجی جدید طراحی نموده اند. 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. زمانی که تعداد افراد زیاد است، تفاوت زمان تخلیه آشکار است. وقتی تعداد افراد ۴۰۰ تا ۵۰۰ نفر باشد، طرح اصلاح شده زمان تخلیه طرح اولیه را نزدیک به ۵ ثانیه کوتاه می‌کند. وان و همکاران[1] (۲۰۱۱) ، در مطالعه‌ای به بررسی تخلیه در ترمینال فرودگاه با مدل های تخلیه[2] پرداخته اند. هر دو مدل برای مطالعه تخلیه در فضا های بزرگ و پیچیده هندسی با تراکم بالا به کار گرفته می‌شوند. چهار سناریو در مناطق شلوغ ارزیابی شد تا زمان تخلیه در آتش سوزی و شرایط عادی مشخص شود. نتایج نشان داده است گره‌های جمعیتی در اطراف پله ورودی رخ داده است . درب‌های خروجی با عرض مناسب روشی برای کاهش زمان است. وسایلی مانند علائم خروج باید در قسمت های خرده فروشی و سالن ورود ارائه شود.

میرسعیدی و شمسی (۱۳۹۸) به تبیین عوامل موثر بر تخلیه اضطراری ساختمان درآتش سوزی پرداختند. در این پژوهش ویژگی‌های انسانی مؤثر بر تخلیه اضطراری شامل سرعت، شیوه تصمیم گیری و ... بررسی شده ا ند. همچنین عوامل ساختمانی و طراحی تاثیرگذار بر تخلیه اضطراری در دو دسته ابعاد فضا ها و موقعیت فضاها قرار گرفته ا ند که هریک بر اساس استا ندارد ها دارای و یژگی هایی می باشند. درجه عملکرد پاسخ به آتش در جریان آتش‌سوزی در یک ساختمان به عواملی چون ویژگی‌های انسانی، ویژگی‌های آتش و ویژگی های ساختمان وابسته است. نتایج نشان می‌دهد درجه عملکرد پاسخ به آتش در جریان آتش‌سوزی در یک ساختمان به عواملی چون ویژگی‌های انسانی، ویژگی‌های آتش و ویژگی‌های ساختمان وابسته است. ارژنگی (۱۳۹۸) به تدوین چارچوب عملیاتی شبیه‌سازی تخلیهٔ اضطراری جمعیت بازارهای تاریخی هنگام آتش سوزی پرداخته است. نتایج مدلی را ارایه داده که محور اصلی آن را زمان تشکیل می‌دهد و مؤلفه های انسانی و فضایی در آن در طول زمان تخلیه مد نظر است. مردانی و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله ای تحت عنوان به کارگیری شبیه سازی در ارزیابی تخلیه اضطراری ایستگاه مترو مشهد پرداخته اند. نتایج تحقیق نشان داده است زمان تخلیه این ایستگاه حداکثرپانزده دقیقه است و

1. Wan,2011
2. SIMULE, BuildingEXODUS

نیازاست شرایط به گونه ای مهیاگردد که طی این پانزده دقیقه امکان تخلیه ایمن برای ایستگاه فراهم شودویابخشی به عنوان رفوژتعبیه گردد. هدف از انجام پژوهش حاضر عبارت است از مدل ارزیابی مدیریت تخلیه اضطراری جمعیت در سالن شماره دو فرودگاه با توجه به بررسی سناریو شرایط فعلی و بررسی مدل حذف گیت های ورود و حذف اتاق های فروش بلیط در این پژوهش. همچنین پاسخ به دو پرسش که آیادر شرایط فعلی بدون ایجاد تغییرات در ساختار فرودگاه فضای کافی برای عبور جمعیت از گیت های ورودی و مسیرها وجود دارد؟ آیا در فضای موردنظر گلوگاه های ایجاد کننده گره های جمعیتی وجود دارد و یا خیر؟ کمک شایانی در کاهش مخاطره ازدحام جمعیت می کند.

روش و مدل تحقیق

رویکرد پژوهشی این پژوهش کمی و کیفی است . براساس هدف کاربردی، از نظر زمان جزو پژوهش های آینده گرا، از نوع پیمایشی و در سطح اکتشافی صورت می پذیرد زیرا به دنبال شناسایی و کشف آینده ها و سناریو های ممکن برای آن هستیم و میخواهیم بر مبنای سناریو های ممکن به بررسی تاب آوری فرودگاه بپردازیم . در روش میدانی بنا به موضوع از فنون مختلف چون مصاحبه، پنل خبرگان و پرسشنامه (۵۳ پرسشنامه بین نخبگان حیطهٔ تخلیه اضطراری و استادان دانشگاهی به عنوان جامعه آماری) استفاده شده است. داده های کیفی ازطریق پرسشنامه باز و مصاحبه و بررسی منابع و داده های کمی و وزن دهی پرسشنامه دلفی بدست آمده و در پردازش داده ها از تکنیک دلفی استفاده شده است است. روش پژوهش در ۲ مرحله زیر ارایه می گردد.

۱- شناسایی و تدوین عوامل مؤثر بر تخلیه اضطراری

بدین ترتیب پس از بررسی مبانی نظری در مورد متغیرهای تحقیق و جمع‌بندی به کمک تحلیل منطقی و استدلال عقلی، گویه‌های اولیه‌ای از عوامل مؤثر بر تخلیه اضطراری شناسایی و برای برای مدل سازی در نرم‌افزار Any Logic در نظر گرفته می‌شوند.

۲- شبیه‌سازی در مدل شرایط فعلی و دو مدل A و B در نرم‌افزار Any Logic

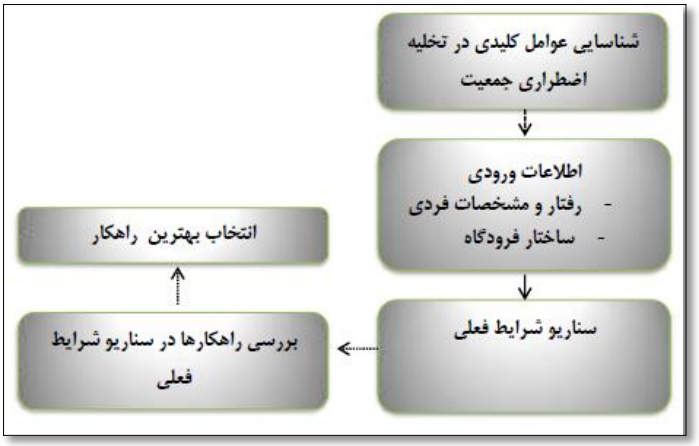
جامعه پژوهش در این مدل شامل دو گروه جنسیتی از افراد (زن و مرد) درسه طیف کودکان، بزرگسالان و سالخوردگان می باشد. رفتار افراد را از آغاز شروع بحران تا تخلیه کامل جمعیت با

سرعت های مختلف برای سنجش «رفتار» جمعی نشان می دهد . با توجه نتایج شبیه‌سازی در دو مدل A و مدل B آمده است. در مدل A از طریق مصاحبه های عمیقی که با متخصصان و دست اندرکاران و برداشت های میدانی انجام شده است رفع گیت های ورود و حذف اتاق های فروش بلیط در دو نقطه D و C درمسیر حرکت افراد تازه از هواپیما پیاده شده پیشنهاد شده است. این دو نقطه نقاط گلو گاهی در مسیر تردد افراد می باشند.وجود گوشه و زاویه در مسیر حرکت بر جریان و سرعت حرکت اثرمی گذارد و سرعت حرکت را کند می کند وحرکت جمعیت قبل، درون، و بعد از گلوگاه ها متفاوت است. ازآنجا که هدف نهایی مقایسه زمان تخلیه در سناریو های شرایط فعلی و دو مدل A و B است و زمان پیش از حرکت تاثیری بر مقایسه نتایج ندارد لذا زمان پیش از حرکت صفر در نظر گرفته شده است. در شرایط بحران مانند زلزله یا آتش سوزی متوسط سرعت راه رفتن هر شرکت کننده به عنوان از ضریب خاموشی است و ضریب کاهش دید و یا سرعت به علت بحران و یا دود است. براساس مطالعات برای کودکان ، بزرگسالان و سالخوردگان سرعت حرکتی میانگینی که باید متناسب با حرکت این افراد باشد به ترتیب ۶/. و ۸ /۰ و ۴۵/. در نظر گرفته شده است (فریدلوف و رانچی[1]،۲۰۱۳). در شرایط عادی با بررسی آمار پرواز ها و تعداد مسافران در مدل معمول تراکم مسافران در مدل ۲۰۰۰ هزار نفر در هر ساعت در نظر گرفته شده است و در این دو مدل تراکم ۲۰۰۰ نفر درنظرگرفته شده است. دراین مرحله با توجه به نتایج شبیه‌سازی و مقایسه زمان های کل تخلیه، سناریو بحرانی تر مشخص و زمان های تخلیه فرودگاه در حالات مختلف بررسی می شود.

فرودگاه مهرآباد یکی از بزرگترین فرودگاه های کشور است که در غرب تهران واقع شده است. محدوده مطالعه این پژوهش سالن شماره دو فرودگاه مهرآباد است. به علت وجود مرکزیت سیاسی و بیشترین تعداد ادارات حجم زیادی از مسافران در شهر تهران تردد می کنند. فرودگاه مهرآباد دارای ۴ ترمینال است و با انتقال ۱۸ میلیون نفر مسافر در سال بالا ترین رتبه را در کشور دارد. با بررسی آمار پرواز های این فرودگاه در۲۴ ساعت حدود ۵۰۰۰۰ هزار نفر مسافر جا بجا می‌شوندکه در هرساعت ۲۰۰۰ است. در بررسی کالبدی سالن شماره دو مشخص شد بعضی از راهرو ها و پله های فرودگاه بسیار باریک است و دارای دو درب ورود و دو درب خروجی می باشد. موانع در نظر گرفته شده سالن شماره ۲ فرودگاه شامل صندلی های مجاور به درب های

1. Fridolf & Ronchi ,2013

ورودی و خروجی و گیت های بازرسی، فروشگاه های باز و flower box ها می‌باشد. در ادامه در شکل ۱ مدل پژوهش آمده است.



شکل۱. مدل پژوهش

یافته‌ها

جدول ۱ هر یک از عوامل کلیدی در تخلیه اضطراری جمعیت را نشان می دهد که با نظرسنجی روش دلفی به دست آمده است.

جدول۱. عوامل کلیدی در بهبود تخلیه اضطراری جمعیت

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

نام اختصاری	عوامل کلیدی	وضعیت‌های محتمل
A	تراکم جمعیت	A1: کم تر از حد استاندارد
		A2 : در حد استاندارد
		A3: بیش تر از حد استاندارد
B	وضعیت پله ها	B4 :استفاده از راه پله، پله برقی و آسانسور
		B5: استفاده از راه پله، پله برقی
		B6: استفاده از راه پله
C	موانع مسیر	C7 : افزودن یک درب خروجی
		C8: همه ورودی و خروجی‌ها باز
		C9 : یکی ا زخروجی‌ها یا اتاق کنترل بسته

جدول۱. عوامل کلیدی در بهبود تخلیه اضطراری جمعیت

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

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

سناریو در نظر گرفته برای شبیه‌سازی و مقایسه آن با دو مدل الف و ب، سناریو با شرایط دسترسی های فعلی و مطلوب می باشد. در این سناریو در صورت وقوع بحران امکان استفاده از راه پله ، پله برقی و آسانسور وجود دارد و همچنین مانعی در ورودی ها و خروجی ها وجود ندارد و اتاق کنترل سالم است. این سناریو بهترین و مطلوب ترین شرایط ممکن برای تخلیه اضطراری جمعیت است. زیرا در این سناریو مدل بحرانی درنظر گرفته نشده است.

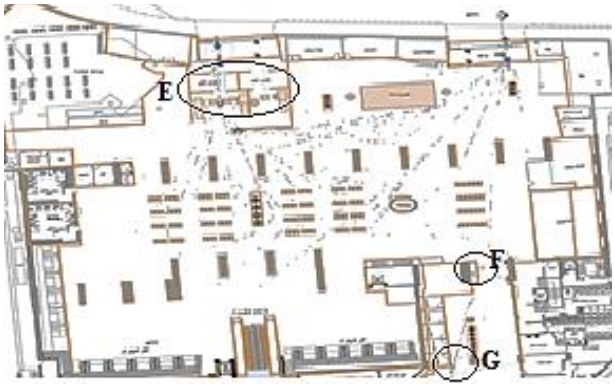
نتایج شبیه‌سازی سناریو شرایط فعلی و دو مدل A و B در نرم‌افزار Any Logic

دراین بخش هیستوگرام های درصد تخلیه افراد و نمودار های خطی ارایه می گردد. نتایج شبیه‌سازی سناریو شرایط فعلی در ۲ مدل A- مدل با حذف گیت های ورودی و مدل B- حذف اتاق های فروش بلیط در دو نقطه D وC نقشه ساختمان در محیط نرم‌افزارAny Logic در ادامه به ترتیب ارائه می شود. از آنجایی که سناریو شرایط فعلی مدل‌های بحرانی اش نسبت به وضعیت عوامل به تفکیک در بین دیگر سناریو ها کم تر است و مدل مطلوب تری است برای شبیه‌سازی انتخاب شده است. در مورد هر سناریو، اجزاء محیط شبیه‌سازی شده، نمای محیط شبیه‌سازی شده، هیستوگرام درصد افراد تخلیه شده بر حسب زمان پس از شروع بحران، و نمودار خطی مربوط به تعدد افراد تخلیه شده از زمان شروع بحران به همراه توضیحات مربوطه ارائه می گردد. در تمام نمودار های هیستوگرام ارائه شده در این پژوهش، محور افقی، زمان بر حسب دقیقه (مدت زمان شروع بحران تا خروج مسافر) و محور عمودی درصد افراد تخلیه شده از زمان شروع بحران را نشان می دهند. در نمودار های خطی نیز محور افقی زمان بر حسب دقیقه (زمان شبیه‌سازی) و محور

عمودی تعداد افراد تخلیه شده از زمان شروع بحران را نشان می دهد. برای بررسی وضعیت سناریوها، ابتدا مدل ۶۰ دقیقه اجرا می‌شود تا مسافران وارد فرودگاه شوند و وضعیت فرودگاه به مدل یک روز عادی در آید. پس از گذشت ۶۰ دقیقه از اجرای مدل، بحران ایجاد می‌گردد و وضعیت خروج مسافران و زمان لازم برای خروج آن ها در سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد.

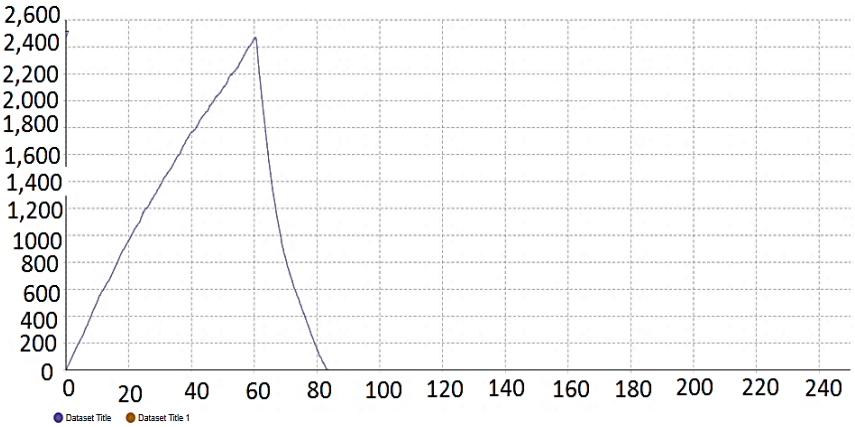
نتایج مدل‌سازی تخلیه اضطراری در سناریو شرایط فعلی

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 که بخش اعظم این جمعیت برای خروج از درب خروجی استفاده می‌کند و به دلیل بیشترین فاصله تا نقطه خروج، آخرین نفراتی هستند که امکان خروج از فرودگاه را در زمان بحران پیدا می‌کنند و در نتیجه بیشترین خطر متوجه جمعیت واقع در این بخش از فرودگاه است. شکل ۲ وضعیت اجزاء مدل سناریو شرایط فعلی طبقه همکف را با نمایش نقاط گره های جمعیتی (گلوگاه‌های پر خطر) گیت ورودی(E) وفروش بلیط (F و G) نشان می‌دهد. در این شکل درب های ورودی و خروجی با فلش مشخص گردیده‌اند که بر حسب سناریو همه درب‌های ورودی و خروجی سالم هستند و تراکم جمعیت همان مقدار واقعی روزمره فرودگاه (۲۰۰۰ نفر در هر ساعت) است و سرعت برای سه رده سنی سرعت در شرایط وقوع بحران است تا میزان تاب‌آوری فرودگاه با توجه به شرایط فعلی ساختار فرودگاه و تراکم جمعیت معمول بررسی شود. میزان درصد تخلیه در زمان بلافاصله پس از شروع بحران حداکثر است. موانع تاثیری در ایجاد گره جمعیتی نداشته و باگذر زمان به راحتی به بیرون فرودگاه رفته‌اند. یک نقطه در قسمت ورودی گیت تنها نقطه‌ای است که گره جمعیتی دارد.



شکل۲. وضعیت اجزاء مدل سناریو شرایط فعلی طبقه همکف با نمایش نقاط گیت ورودی(E) وفروش بلیط(F و G)

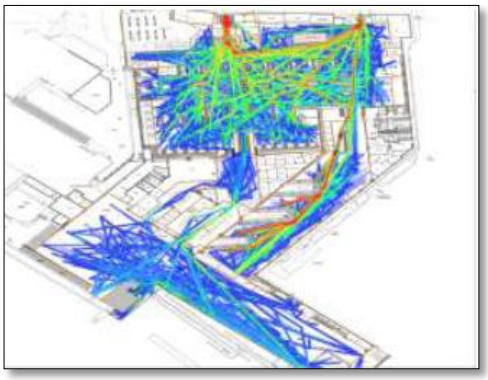
شکل (۳) نمودار تعداد افراد تخلیه شده بر حسب زمان بعد از شروع بحران و شکل (۴) هیستوگرام درصد تخلیه افراد بر حسب زمان بعد از شروع بحران، نقشه حرارتی در شکل (۵) و(۶) نقشه حرارتی **تراکم جمعیتی** و شکل ۷ **وضعیت اجزاء مدل را بدون مشخص نمودن نقاط پرخطر را** در سناریو شرایط فعلی بدون ایجاد تغییرات در طبقه همکف **نشان می‌دهد.**



شکل ۳. نمودار خطی سناریو شرایط فعلی

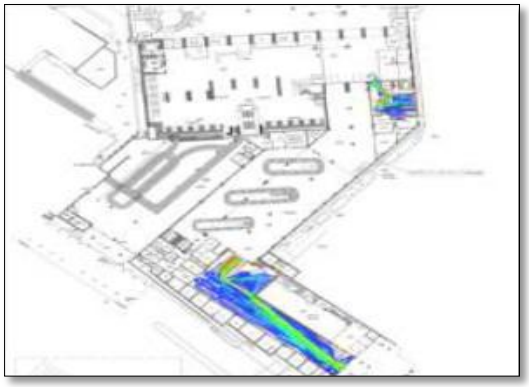
شکل ۴. هیستوگرام سناریو شرایط فعلی (زمان تخلیه ۵/۱۵ دقیقه)

در این سناریو تعداد خروج افراد در دقیقه ۶۰، ۲۶۵۰ نفر؛ زمان مورد نیاز جهت خروج افراد ۷۵ دقیقه و زمان شبیه‌سازی ۵/۱۵ دقیقه است. شکل نقشه حرارتی تراکم جمعیتی را نشان می‌دهد (رنگ قرمز نقاط بسیار پرتراکم و پر خطرجمعیتی را نشان می‌دهد) شکل وضعیت اجزاء مدل سناریو شرایط فعلی طبقه همکف را نشان می‌دهد.



شکل ۵. نقشه حرارتی (بخش اعظم فرودگاه)

شکل ۶. وضعیت اجزاء مدل سناریو شرایط فعلی طبقه همکف



شکل ۷. نقشه حرارتی (مسافران از هواپیما پیاده شده)

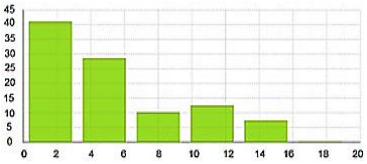
مدل سازی تخلیه اضطراری در مدل A و B

در این بخش به تأثیر متغیرهایی اعم از، رفع گیت های ورود(مدل A) و حذف اتاق های فروش بلیط در دو نقطه D و C (مدل B) پرداخته شده است. از جدول ۴ می‌توان نتیجه گرفت که در مدل A زمان نسبت به A^1 (مدل بدون تغییرات) کاهش یافته است، در واقع در مدل A ، ۲۴۵۰ نفر در ۵۲ دقیقه محل را ترک می کنند و در مدل A^1 نیز همین تعداد نفر در ۷۵ دقیقه محل را ترک می کنند . دلیل افزایش زمان در مدل A1 به این دلیل است که گیت های ورود حذف نشده است. همچنین در مدل B زمان نسبت به B^1 (مدل بدون تغییرات) کاهش یافته است، در واقع در مدل B ، ۲۴۵۰ نفر در ۶۲ دقیقه محل را ترک می کنند و در مدل B^1 نیز همین تعداد نفر در ۷۵

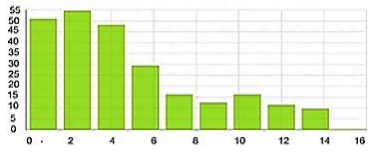
دقیقه محل را ترک می کنند . دلیل افزایش زمان در مدل B^1 به این دلیل است که اتاق های فروش بلیط در دو نقطه D و C حذف نشده است. این دو نقطه با توجه به شکل مشهود است نقاط گلو گاهی در مسیر تردد افراد است و گره های جمعیتی در این نقاط ایجاد شده است؛ زیرا وجود گوشه و زاویه در مسیر حرکت بر جریان و سرعت حرکت اثرمی‌گذارد و سرعت حرکت را کند می کند وحرکت جمعیت قبل، درون، و بعد از گلوگاه ها متفاوت است. درشکل ۷ و۸ **جزییات مدل A و مدل B** ، شکل ۹ و ۱۰ **هیستوگرام ها**، شکل ۱۱ و ۱۲ **نمودار های خطی** و در شکل ۱۳ و ۱۴ **نقشه های حرارتی آمده است.** در جدول ۲ مقایسه زمان تخلیه در دو مدل A ، B انجام شده است.

شکل ۷. مدل A . حذف گیت‌های ورودی

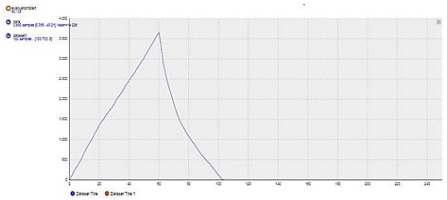
شکل ۸. مدل B. حذف اتاق های فروش بلیط در دو نقطهC و d



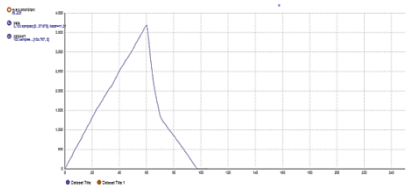
شکل ۹. هیستوگرام مدل A (زمان ۳/۱۷)



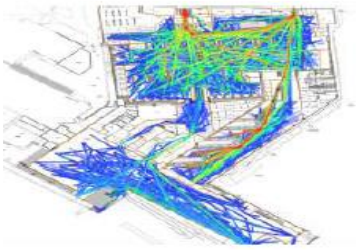
شکل ۱۰. هیستوگرام مدل B (زمان ۴,۲۳)



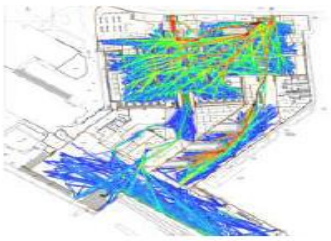
شکل ۱۱. نمودار خطی مدل A



شکل ۱۲. نمودار خطی مدل B



شکل ۱۳. نقشه حرارتی تراکم خروج درمدل A



شکل ۱۴. نقشه حرارتی تراکم خروج در مدل B

جدول ۲. زمان تخلیه و شبیه‌سازی و تعداد افراد در ۳ مدل شرایط فعلی، B , A

سناریو ها پارامترها	سناریو شرایط فعلی	مدل A	سناریو شرایط فعلی	مدل B
تعداد افراد خارج شده	۲۴۵۰	۲۴۵۰	۲۴۵۰	۲۴۵۰
زمان تخلیه	۷۵	۵۲	۷۵	۶۲
زمان شبه سازی	۵/۱۵	۳/۱۷	۵/۱۵	۴/۲۳

نتیجه‌گیری

فرودگاه‌های هواپیمایی به‌دلیل رفتارهای اجتماعی جاری در آن وکاربری خاصشان با مسائل پیچیده‌ای در هنگام تخلیهٔ اضطراری مواجه می گردند و پاسخ به این مساله که فضای کافی برای جمعیت وجود دارد و همچنین فضای موردنظر مناسب است یا خیر کمک شایانی در کاهش مخاطره ازدحام جمعیت می کند. رویکرد پژوهشی این پژوهش کمی و کیفی است. تعامل ویژگی های انسانی با محیط است که نحوهٔ تخلیه پس ازوقوع بحران را شکل می دهد و در نظر نگرفتن ویژگی و رفتاری و تعامل این دو با یکدیگر در هنگام فرار پس از بحران سبب می گردد مدل های تخلیه مناسب نباشند. ازاین رو این پژوهش به دنبال ارایه مدلی است که بتواند فضا و جریان جمعیت را شبیه‌سازی نماید و اهداف پژوهش اعم از شناسایی متغیرهای مؤثر در تخلیه اضطراری و بررسی سناریو شرایط فعلی و مدل حذف گیت های ورود و حذف اتاق های فروش بلیط را برآورده نماید. با استفاده از نتایج می توان عملکرد فضا را در تخلیه و تنگناهای تخلیه را شناسایی نمود. به منظور بررسی تاب آوری فرودگاه، در گام اول هر یک از عوامل کلیدی در تخلیه اضطراری به دست آمده است. سناریو شرایط مطلوب سناریو با دسترسی های فعلی برای شبیه‌سازی در نرم‌افزار در نظر گرفته شده و سپس با دو مدل شبیه‌سازی شده A و B مقایسه گردیده

است. در سناریو شرایط مطلوب در صورت وقوع بحران امکان استفاده از راه پله ، پله برقی و آسانسور وجود دارد و همچنین مانعی در ورودی ها و خروجی ها وجود ندارد و اتاق کنترل سالم است. این سناریو بهترین و مطلوب ترین شرایط ممکن برای تخلیه اضطراری جمعیت است. زیرا در این سناریو مدل بحرانی درنظر گرفته نشده است. در مدل A زمان نسبت به A^1 (مدل بدون تغییرات) کاهش یافته است، در واقع در مدل A ، ۲۴۵۰ نفر در ۵۲ دقیقه محل را ترک می‌کنند و در مدل A^1 نیز همین تعداد نفر در ۷۵ دقیقه محل را ترک می کنند . دلیل افزایش زمان در مدل A^1 به این دلیل است که گیت های ورود حذف نشده است. همچنین در مدل B زمان نسبت به B1 (مدل بدون تغییرات) کاهش یافته است، در واقع در مدل B ، ۲۴۵۰ نفر در ۶۲ دقیقه محل را ترک می کنند و در مدل B1 نیز همین تعداد نفر در ۷۵ دقیقه محل را ترک می کنند . دلیل افزایش زمان در مدل B^1 به این دلیل است که اتاق‌های فروش بلیط در دو نقطه D و C حذف نشده است. با مقایسه بین دو مدل A و B متوجه می‌شویم که زمان در مدل A کاهش بیشتری دارد و می‌توان حذف گیت‌های ورودی را در اولویت اول راهبردهای تخلیه اضطراری در سالن شماره دوم فرودگاه قرار داد و بعد از آن حذف اتاقک های فروش بلیط درراهروی مسبر تردد مسافران تازه از هواپیما پیاده شده. اکثر پژوهش‌های پیشین صرفا یا نگاه شرایط فعلی به مساله تخلیه اضطراری در بررسی مبحث تاب‌آوری وارد شده‌اند. لذا این پژوهش به سناریوسازی‌های گوناگون از حالات مختلف پرداخته است. همچنین تعداد محدودی از مقالات به بررسی تخلیه اضطراری پرداخته اند مخصوصا با رویکرد ترکیبی که در این مقاله استفاده شده است . مدل این پژوهش که محور اصلی آن را زمان تشکیل می دهد ومولفه‌های انسانی و فضایی در آن در طول زمان تخلیه مد نظر است، می‌تواند مدلی مناسب برای تخلیهٔ اضطراری اماکن پر ازدحام مانند فرودگاه ها باشد. این مدل ها، بسته به اهداف شبیه‌سازی و موضوع، امکان توسعه و تغییر دارد. به منظور کاهش مدت زمان لازم و افزایش تعداد خروج جهت تخلیه اضطراری شبیه‌سازی رفتار، با توجه به نتایج پژوهش راهکارهای زیر را می‌توان پیشنهاد نمود:

عدم تناسب عرض درب ورود و خروج با ظرفیت انتقال دبی ورودی و خروجی افراد سبب ایجاد گره‌های جمعیتی و انسداد مسیر می‌گردد به طوری که با ایجاد ترافیک جمعیتی در درب‌ها

سبب تلفات انسانی علی‌الخصوص در کودکان و سالمندان و کند شدن زمان تخلیه می‌گردد. لذا عریض‌تر نمودن گیت‌های ورودی متناسب با حجم مسافران می‌توان از آسیب‌ها جلوگیری نماید.

طراحی دو مسیر خروجی و دو مسیر ورودی برای تقسیم جمعیت به چند گروه.

قرار گرفتن عناصر غیرسازه‌ای در مواقع بحران در مسیر عبور و تمایل افراد به خروج سریع، سبب کندی درحرکت و ایجاد گره های جمعیتی می‌گردد. لذا در بررسی صورت گرفته از سالن شماره دو می‌توان پیشنهاد نمود اتاقک‌های فروش بلیط را در نقاط C وD در مسیر ارتباطی و تردد افراد تازه از هواپیما پیاده شده برای خروج از سالن شماره دو فرودگاه مهر آباد حذف نمود یا میتوان در طراحی جدید این اتاقک ها را طوری طراحی نمود تا با ایجاد عقب نشینی مناسب در مسیر رفت و آمد افراد نباشد.

انتقال اتاقک ها به نقاط کم تردد سالن و دور از موانع و صندلی ها (مانند ضلع شمالی ساختمان) که در مسیر عبوری افراد نباشد.

برای همگن نمودن سرعت افراد و در نظر گرفته ویژگی‌های رفتاری و حرکتی افراد گوناگون می‌توان مسیرهای خروجی افراد جوان و افراد مسن و ناتوان را تفکیک نمود.

فهرست منابع

زیاری، کرامت الله.، ربانی، طاها .، موچشی ، رامین. (۱۳۹۶). آینده پژوهی پارادایمی نوین در برنامه‌ریزی با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران

علیزاده، ع.، وحیدی مطلق، و. و نظمی، ع. (۱۳۹۷) برنامه‌ریزی بر اساس سناریوها .اتاق فکر آینده، ۱۱، (۳۹): ۶۱-۹۰.

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 .

حسینی، سیدرضا .، مظفری،مهدی. (۱۳۹۵). آینده پژوهی، راهکاری برای ارتقای صنعت گردشگری در ایران، چهارمین کنفرانس بین المللی حسابداری و مدیریت. مرکز همایش های سازمان مدیریت صنعتی:۱۰-۱زالی، نادر.(۱۳۹۰). آینده نگاری راهبردی و سیاست گذاری منطقه‌ای با رویکرد سناریونویسی، فصلنامهٔ مطالعات راهبردی، سال چهاردهم، ۴ (۱۳): ۹۹-۱۳.

زیاری، کرامت‌الله.، ربانی، طاها.، موچشی ، رامین. (۱۳۹۶). آینده پژوهی پارادایمی نوین در برنامه ریزی با تأکید بر برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای. چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران

ضرغامی، اسماعیل.، ریسمانیان، مهدی. (۱۳۹۸). تأثیر متغیرهای معماری بر زمان تخلیه کلاس درس در شرایط اضطراری. مجله مطالعات محیطی هفت حصار. ۳۰(۸): ۶۸-۵۹ .

طوقی، مصطفی، اکبرزاده.، مصطفی.، اکبرزاده،علی.، صبوحانیان،علی(۱۳۹۴). ارزیابی معابر پیاده از منظرتخلیه اضطراری مطالعه موردی: مجموعه اداری اصفهان، فصلنامه مطالعات شهری، ۵ (۱۷) : ۵- ۱۴.

عسگری زاده، زهرا.، رفیعیان، مجتبی.، داداش پور ،هاشم .(۱۳۹۶). بررسی نقش ادراک ریسک مردم بر رفتارهای کاهش ریسک زلزله در شهر تهران،دو فصلنامه مدیریت بحران.۶(۲): ۵۷-۶۸.

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: 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.

Chu M. L.,. Pan, X and K. Law.(2011). ``Incorporating social behaviours in egress simulation,'' in Proc. Int. Workshop Comput. Civil Eng., Miami, FL, USA, Jun: 544_551.

Cutter, SL .(2003). disasters, and emergency management. Transactions in GIS. 7(4):439-46.

Eng , L., Aik, W. (2012). Simulating Evacuations with Obstacles. Journal of Applied Mathematics , 8, (23): 23-34.

Dias, C. & M. Sarvi & N. Shiwakoti & M. Burd. (2012). Turning Angle Effect on Emergency Egress. In Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board, 23(12) 120-127.

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.

Fridolf K ; Ronchi E , Movement speed and exit choice in smoke tunnels .Fire Safety Journal ,2013,59 (8-21).

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, Jerome C. (2009). Introduction to the Futures Research Methods Series. Futures Research Methodology.10, (3) :32-45

Georgoudas, I., Sirakoulis, C . (2015). An anticipative crowd management system . IEEE Systems Journal, 5(1): 56-67.

Helbing, D., Farkas, L., Vicsek, L.(2000). Simulating Dynamic Features of Escape Panic. in Nature. 407(487-490).

Helbing, D., Farkas, I. J., Molnár, P. and Vicsek, T. (2002). Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations.. In M. Schreckenberg and S. Deo Sarma (Eds.), Pedestrian and Evacuation Dynamics,81(5): 21–58.

Kamely, M. (2016). Passive Defense Requirements in Designing Subway Stations Using Delphi Technique. Journal of Urban Research and Planning, Eighth Year.8. (28): 45-60.

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 Envi- ron , 48 (8): 165-173.

Kai Li Lim, Kah Phooi Seng(2015). Uninformed path finding: A new approach ", Elsevier, Expert Systems with Applications.42(5): 2722-2730.

Koo , J. Kim , Y., and Kim , B.-I. ." Estimating the impact of residents with disabilities on the evacuation in a high-rise building: A simulation study, Simul. Model.". Pract. Theory, 2012 , vol. 24, 2012, 71_83.

Kuligowski, E. (2016). Computer Evacuation Models for Buildings ,in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. NewYork,9:2152-2180.

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 .

Stamatopoulou, I., Sakellariou, I. (2012). agent-based 97ehavior and simulation of crowd 97ehavior in emergency evacuation. In2012 IEEE 24th International Conference on Tools with Artificial . 1, : 1133-1138.

Slaughter, R. A. (1993). future concepts. future, 3, 289-314.

Tang, T ., Chen, L. (2015). An evacuation model accounting for elementary students' individual properties. Physica A: Statistical Mechanics And its Applications, 11(3): 430 - 440.

Wang, F., Xu, X. (2021). Simulation Research on Fire Evacuation. Journal of Applied Mathematics 1, (2): 122–130.

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 management ,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.

Liu, Y., Yuan, T. (2020). Analysis and Simulation of crowd in Airport Multiple Transport Modes . International Conference on Aviation Safety and Information Technology .ACM.DL.digital library : 36–41.

Perry, R., Lindell, M. (2003). Preparedness for emergency response: guidelines for the emergency planning. Disasters, 23,(15): 336--350

Wan, C., Candy, M. (2011). Simulation of emergency evacuation. The Hong Kong Polytechnic University.32-3.