



Investigating the Effect of Crowd Behavioral Patterns on the Safe Evacuation of High-rise Residential Buildings

M. Rismanian¹ & E. Zarghami²

1. Ph.D. candidate, Department of Architecture and Urban Planning, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran. Email: m.rismanian@sru.ac.ir

2. Full Professor, Department of Architecture and Urban Planning, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran. Email: ezarghami@sru.ac.ir

Abstract

Background and objective: Crowd behavior patterns in emergencies can affect the evacuation process. Familiarity with these behavioral approaches not only for designers of densely populated urban spaces (such as high-rise buildings, hospitals, public transportation stations, sports stadiums, cinemas, and theaters, etc.) to predict the behavior and movement of the population in hazardous conditions and calculate the actual evacuation time. Comparing it with the standards required to evacuate people is an obligation and a necessity, but for managers and space users, for efficient management in critical situations (such as earthquakes, fires, bombings, and terrorist operations, etc.) is inevitable.

Method: In this study, based on documentary studies, four different theories and approaches on population behavior in emergencies have been identified, and then by designing different scenarios and physical and behavioral simulations using hydraulic model, the impact of population behavioral approaches on the time of the total evacuation of a high-rise residential building in Tehran with 17th, 19th, 21st, 23rd, and 25th floors was examined and compared. To validate the data, the simulations were reviewed using pathfinder software based on the agent-based model.

Findings: A review of previous studies revealed four patterns of population behavior in emergencies, including mass panic, affiliation approach, normative approach, and social identity approach. According to the simulated results of the scenarios, the behavioral pattern of mass panic has the most negative impact on the evacuation process, and the normative approach is at the opposite point. On average, in communities operating based on mass panic behavior in an emergency, the total evacuation time of the building is 77.6% longer than the evacuation time of communities acting on a normative approach. It was also found that behavioral patterns that reduce building evacuation time significantly impact the evacuation process in taller buildings.

Conclusion: Accumulations of people with the behavioral phenomena of mass panic will cause human catastrophes, although progressive and humanitarian social behaviors such as helping strangers and people with disabilities do not necessarily reduce emergency evacuation time. Because the number of floors of a high-rise building directly relates to the impact of its occupants' behavioral patterns on the evacuation process, citizenship training and determining evacuation management strategies will significantly reduce the evacuation time of a high-rise building and increase emergency safety.

Keywords: Crowd behavior, Emergencies, Crowd evacuation, Safe evacuation

► **Citation (APA 6th ed.):** Rismanian M, Zarghami E. (2021, Autumn). Investigating the Effect of Crowd Behavioral Patterns on the Safe Evacuation of High-rise Residential Buildings. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 11(3), 287-298.

بررسی تأثیر الگوهای رفتاری جمعیت در شرایط اضطراری بر تخلیه ایمن ساکنان در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی^۱

مهدی ریسمانیان^۱ و اسماعیل زرغامی^۲

۱- دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران. m.rismanian@sru.ac.ir

۲- استاد، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) ezarghami@sru.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: الگوهای رفتاری جمعیت در شرایط اضطراری می‌توانند روند تخلیه جمعیت را تحت تأثیر قرار دهند. آشنایی با این رویکردهای رفتاری نه تنها برای طراحان فضاهای پرجمعیت شهری مانند ساختمان‌های بلند مرتبه، بیمارستان‌ها، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی، استادیوم‌های ورزشی، سالن‌های سینما و تئاتر و غیره جهت پیش‌بینی نحوه رفتار و حرکت جمعیت در شرایط خطر و محاسبه زمان تخلیه واقعی و مقایسه آن با استانداردهای لازم برای تخلیه افراد، یک التزام و ضرورت می‌باشد، بلکه برای مدیران و بهره‌برداران از فضا، جهت مدیریت کارآمد در شرایط بحرانی مانند زلزله، آتش‌سوزی، بمب‌گذاری و عملیات تروریستی و غیره، امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

روش: در این پژوهش ابتدا بر اساس مطالعات اسنادی چهار نظریه و رویکرد مختلف در موضوع رفتار جمعیت در شرایط اضطراری شناسایی گردیده است و سپس با طراحی سناریوهای مختلف و شبیه‌سازی فیزیکی و رفتاری افراد با استفاده از مدل هیدرولیکی، میزان تأثیر رویکردهای رفتاری جمعیت بر زمان تخلیه کامل یک ساختمان مسکونی بلند مرتبه در شهر تهران با تعداد طبقات ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۵ بررسی و مقایسه گردید. برای اعتبارسنجی داده‌ها، شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم‌افزار pathfinder بر اساس مدل عامل‌محور مورد بررسی مجدد قرار گرفته‌اند.

یافته‌ها: با بررسی مطالعات گذشته مشخص گردید که چهار الگوی رفتاری جمعیت در شرایط اضطراری شامل وحشت توده‌ای، وابستگی، هنجاری و هویت اجتماعی وجود دارند. مطابق نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی سناریوها، الگوی رفتاری وحشت توده‌ای بیشترین تأثیر منفی بر روند تخلیه جمعیت را دارا می‌باشد و رویکرد هنجاری در نقطه مقابل آن قرار دارد. به طور میانگین، در جامعه‌ای که بر اساس رفتار وحشت توده‌ای در شرایط اضطراری عمل می‌کنند، زمان تخلیه کامل ساختمان ۷۷٫۶ درصد بیشتر از زمان تخلیه جامعه‌ای می‌باشد که بر اساس رویکرد هنجاری رفتار می‌کنند. همچنین مشخص گردید الگوهای رفتاری که زمان تخلیه ساختمان را کاهش می‌دهند، در ساختمان‌های بلندتر تأثیر بیشتری بر روند تخلیه دارند.

نتیجه‌گیری: تجمعی از افراد با پدیده‌های رفتاری وحشت توده‌ای، باعث بروز فاجعه‌های انسانی خواهند شد، لیکن رفتارهای اجتماعی پیشرو و انسان‌دوستانه مانند کمک به غریبه‌ها و افراد ناتوان و کم‌توان نیز، به طور قطع، سبب کاهش زمان تخلیه در شرایط اضطراری نمی‌گردد. از آنجاکه تعداد طبقات یک ساختمان بلند مرتبه ارتباط مستقیمی بر میزان تأثیر الگوهای رفتاری ساکنان آن بر روند تخلیه دارد، آموزش‌های شهروندی و تعیین استراتژی‌های مدیریت تخلیه، تأثیر فراوانی بر کاهش زمان تخلیه یک ساختمان بلند مرتبه و افزایش ایمنی در شرایط اضطراری خواهد داشت. **واژگان کلیدی:** رفتار جمعیت، شرایط اضطراری، تخلیه جمعیت، ساختمان‌های بلند مرتبه

◀ **استاد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** ریسمانیان، مهدی؛ زرغامی، اسماعیل. (پاییز، ۱۴۰۰). بررسی تأثیر الگوهای رفتاری جمعیت در شرایط اضطراری بر تخلیه ایمن ساکنان در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، ۱۱ (۳)، ۲۸۷-۲۹۸.

مقدمه

ساختمان‌های مسکونی بلند مرتبه -ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۲۵ متر (ان اف پی ای^۲ ۱۰۱، ۲۰۱۸)- به دلایلی مانند تراکم زیاد افراد، محدودیت دسترسی آتش‌نشانی در ارتفاع، وجود افراد با ویژگی‌های مختلف جسمی و رفتاری و احتمال خواب بودن افراد در زمان وقوع حادثه از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

بسیاری از مطالعات اخیر بر تأثیر خصوصیات فردی جمعیت در حال تخلیه از ساختمان‌ها بر روند تخلیه جمعیت تأکید دارند (ساهین^۳ و همکاران، ۲۰۱۹) (برناردینی^۴ و همکاران، ۲۰۱۹). این در حالیست که تخلیه ایمن از ساختمان، چالشی واقعی برای افراد با توانایی‌ها و رفتارهای متفاوت می‌باشد (جرج و همکاران^۵، ۲۰۱۸). از طرف دیگر، بررسی حوادث گذشته نشان می‌دهد که جمعیت‌ها در شرایط اضطراری، رفتارهای منحصر به فردی مانند تمایل به حرکت به سوی افراد و مکان‌های آشنا، کمک به غریبه‌ها و افراد معلول و کم‌توان و یا حفظ گروه‌گرایی و کمک به افراد خانواده، از خود به نمایش می‌گذارند. بدیهی است که رفتارهای برآمده از جمعیت می‌تواند اثرات متفاوتی در روند تخلیه جمعیت در شرایط اضطراری داشته باشد.

بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان تأثیر رویکردهای متفاوت رفتاری جمعیت بر روند تخلیه کامل به مطالعه یک ساختمان مسکونی بلند مرتبه با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری خواهد پرداخت. مسأله اصلی پژوهش، میزان و نحوه تأثیر رفتارهای برخاسته از جمعیت بر زمان و روند تخلیه در شرایط اضطراری خواهد بود. بدیهی است که برای دستیابی به این هدف، ابتدا باید مشخص نمود که در حوادث پیشین، جمعیت‌های در حال فرار چه الگوهای رفتاری را به نمایش گذاشته‌اند. نتایج این تحقیق می‌تواند به کاهش خطرات جانی و افزایش ایمنی ساختمان‌ها و شهرها در شرایط اضطراری کمک نموده و مورد استفاده سازمان‌ها و ارگان‌های مرتبط با آموزش‌های شهروندی قرار گیرد.

مبانی نظری: دانش و آگاهی از شیوه و رفتار انسان‌ها در

تخلیه جمعیت در شرایط اضطراری مانند آتش‌سوزی و دود، خرابی زیرساخت‌ها و تسهیلات، از بین رفتن سیستم‌های گاز یا آب یا برق، پتانسیل مواجهه با مواد خطرناک، ترور، خشونت و یا ورود افراد مسلح، خطر بمب‌گذاری و غیره، از موضوعات جدیدی می‌باشد که در سال‌های اخیر، ذهن مدیران و طراحان معماری و شهرسازی و محققان این حوزه‌ها را به خود مشغول نموده است. تخلیه 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 تخلیه جمعیت را تشکیل می‌دهند.

در این بین، نقش طراحان معماری در تخلیه جمعیت، طراحی مناسب فضاهای خروج برای به حداقل رساندن زمان تخلیه در زمان حادثه با هدف حفظ جان انسان‌ها می‌باشد (ضرغامی، ۲۰۲۰). در این راستا، متخصصان به شیوه‌های مختلف تجربی، محاسبات عددی و یا شبیه‌سازی‌های کامپیوتری سعی در اندازه‌گیری و سنجش زمان تخلیه واقعی و مقایسه آن با زمان لازم برای خروج دارند. اما آنچه که این موضوع را تا حدی پیچیده می‌نماید، پیش‌بینی رفتار جمعیت در شرایط اضطراری می‌باشد؛ لذا در این مقاله سعی خواهد شد رویکردهای مختلف محققین این حوزه در باب رفتار جمعیت در شرایط اضطراری شناسایی گردد و در ادامه با طراحی سناریوهای گوناگون، نقش و تأثیر پدیده‌های رفتاری مختلف جمعیت در شرایط اضطراری بر روند تخلیه افراد در یک ساختمان بلند مرتبه مسکونی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

بررسی‌ها نشان می‌دهد حوادث فاجعه‌آمیز در ساختمان‌ها باعث خسارات مالی فراوان و از بین رفتن جان انسان‌ها می‌گردد (شیبا و همکاران^۱، ۲۰۱۹). افزایش مکان‌های تجمعی مانند استادیوم‌های ورزشی، سالن‌های نمایش، مراکز خرید، ساختمان‌های بلند مرتبه و غیره، جان انسان‌ها را بیشتر در معرض خطرات قرار داده است. این در حالی است که در یک شرایط اضطراری ناشی از بلایای طبیعی، حوادث تروریستی، حوادث فنی یا اقدامات عمدی و غیرعمدی، همواره نجات جان انسان‌ها در اولویت اول قرار دارد. در این بین

2. NFPA 101: Life Safety Code 2018

3. C. Şahin, J. Rokne, and R. Alhajj, 2019

4. G. Bernardini, R. Lovreglio, and E. Quagliarini, 2019

5. M. Gerges, S. Penn, D. Moore, C. Boothman, and C. Liyanage

1. A. A. Sheeba and R. Jayapavathy, 2019

و اندیشه‌ها به سمت تعیین شده توسط هیپنوتیزم کننده متمایل شده‌اند و جمعیت تمایل دارد این افکار را به اعمال تبدیل کند. سیم^۳ در ۱۹۸۰ بیان نمود که مفهوم وحشت اغلب به عنوان یک روش برای سرزنش جمعیت پس از یک فاجعه استفاده می‌گردد. به عنوان نمونه، در «جمعیت وحشت‌زده که منجر به خرد کردن و مرگ شد»، در حقیقت، کلمه «وحشت»، خود، به طور متداول حاوی نکات منفی می‌باشد و فرضیه‌هایی در خصوص ماهیت غیرمنطقی و خودخواهانه رفتارهای جمعیت در شرایط اضطراری را تقویت می‌نماید (سیم، ۱۹۸۰).

این نوع نگرش به رفتار جمعیت که در فاصله سال‌های ۱۸۷۱ تا ۱۹۶۸ حاکم بود امروزه تحت عنوان نظریه وحشت توده‌ای یا وحشت گله‌ای شناخته می‌شود. در واقع، نظریه وحشت توده‌ای به عنوان نمونه مطرح می‌کند؛ زمانی که خطر اصلی فیزیکی قریب‌الوقوع می‌باشد، اما مسیرهای فرار محدود هستند، یعنی زمانی که افراد احساس می‌کنند تسخیر شده‌اند، به احتمال خیلی زیاد وحشت به وجود می‌آید که سبب رفتارهای فرار از جمله هل دادن، لگد مال کردن و خرد کردن می‌گردد.

(هلینگ^۴ و ویسک، ۲۰۰۰)، ۸ ویژگی تجمع در شرایط اضطراری را شامل موارد زیر می‌داند:

- افراد به طور قابل توجهی سریع‌تر از مواقع عادی حرکت می‌کنند یا سعی می‌کنند حرکت کنند.
- تعاملات بین افراد فیزیکی‌تر از شرایط طبیعی می‌باشد، به عنوان نمونه، افراد شروع به فشار دادن و تنه زدن می‌کنند.
- حرکات غیر هماهنگ می‌گردند، به‌ویژه هنگامی که از یک مسیر خیلی باریک حرکت می‌کنند.
- فشرده‌گی باعث ایجاد فشارهای مخاطره‌آمیز جمعیت می‌گردد.
- مسدود شدن و اثر کمائی در خروجی‌ها رخ می‌دهد. همان‌طور که جمعیت بزرگ و پرتراکم به طرف یک خروجی باریک حمله می‌کنند - به دنبال فرار با بیشترین سرعت ممکن - مسیر خروجی مسدود می‌گردد و جمعیت در پشت آن به شکل قوس در می‌آید.
- فرار توسط افراد افتاده یا مجروح که به عنوان «موانع» عمل

هنگام خطر و بلایای طبیعی و شرایط اضطراری نه تنها به مدیران و سیستم‌های امنیتی در کنترل مطلوب شرایط کمک می‌کند، بلکه قدرت پیش‌بینی طراحان و معماران را جهت طراحی‌های آرمانی افزایش می‌دهد. فیلسوف و مورخ فرانسوی آدلف تاین^۱ پس از جنگ فرانسه و پروس در سال ۱۸۷۱ اولین مطالعات را در خصوص روان‌شناسی جمعیت انجام داد و گوستاو لی بون^۲ این چارچوب را در سال ۱۸۹۸ توسعه داد و ادعا کرد که جمعیت فرانسه در طول قرن نوزدهم، از اساس، جمعیتی هیجانی و غیرمعقول بود که به راحتی توسط متخلفان تحت تأثیر قرار می‌گیرند (استات، ۲۰۰۹). به اعتقاد وی عناصر ناهمگونی که این نوع جمعیت را تشکیل می‌دهند، یک موجود جدید را خلق می‌کنند؛ یک واکنش شیمیایی از نوعی که خواص جمعیت را تغییر می‌دهد. در این باره او معتقد است: "تجمع تحت شرایط خاصی ایجاد شده است و تنها در آن شرایط ویژگی‌های جدیدی از افراد را که بسیار متفاوت از ویژگی‌های فردی آن‌ها می‌باشد، ارائه می‌دهد. احساسات و ایده‌های همه افراد در تجمع، یک مسیر و یک جهت به خود می‌گیرد و شخصیت آگاهانه خودشان ناپدید می‌گردد. ذهن جمعی شکل گرفته بی‌تردید گذرا می‌باشد، اما ویژگی‌های بسیار مشخصی را تعریف می‌کند."

لی بن چند ویژگی از آنچه که او به نام "سازمان" یا "روان‌شناسی" جمعیت می‌نامد را چنین مطرح می‌کند (لی بن، ۱۸۹۸):

۱. مخفی شدن یا ناپدید شدن شخصیت آگاه و ظهور شخصیت ناخودآگاه (همانند "وحدت ذهنی"): این فرآیند با احساس قدرت شکست‌ناپذیر و وصف‌ناپذیری همراه می‌باشد که به افراد اجازه می‌دهد غرایزی که تحت کنترلش بوده‌اند را رها سازند، یعنی فردیت ضعیف شده و ناخودآگاه، دست بالا را دارد.
۲. واگیری به این معنی که در یک جمعیت، هر احساس و عمل، مُسری می‌باشد و به اندازه‌ای مُسری است که یک فرد به راحتی علاقه شخصی خود را فدای منافع جمعی کند.
۳. مسخ شدن به مثابه نتیجه یک حالت هیپنوتیزم: همه احساسات

3. Sime, J. D, 1980

4. Helbing, I. Farkas, & T. Vicsek, 2000

1. Adolphe Taine

2. Gustave Le Bon

می‌کنند، آهسته می‌گردد.

- افراد تمایل دارند که گله‌ای رفتار کنند، یعنی آن چیزی که افراد جمعیت انجام می‌دهند را دنبال می‌نمایند.
 - مسیرهای جایگزین یا خروجی‌ها، به طور معمول، نادیده گرفته می‌شوند و یا به طور ناکارآمد مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- بررسی‌ها نشان می‌دهند در دهه‌های پایانی قرن بیستم، انتقادات از نظریه وحشت توده‌ای شروع شده است. در سال ۱۹۶۸، دکتر کارل جی کوچ^۱ در مقاله خود تحت عنوان «رفتار جمعی: بررسی بعضی از کلیشه‌ها» بسیاری از کلیشه‌های نظری کلاسیک را مورد بررسی و تصحیح قرارداد و پس از آن دیگر دانشمندان علوم اجتماعی بسیاری از انتقادات وی را تأیید کرده‌اند (کوچ، ۱۹۶۰). منتقدان تئوری وحشت توده‌ای این نظریه را به دلیل نادیده گرفتن برخی رفتارهای جمعیتی، عدم برخورداری از حمایت تجربی مستمر، جانب‌دارانه عمل نمودن و نادیده گرفتن اقدامات نظارتی بر رفتار جمعیت، نقض شده می‌دانستند. جانسون^۲ ادعا نمود که اعضای جمعیت، در کنار نگرانی جمعی، رفتارهای کمک‌کننده را نیز نشان می‌دهند (جانسون، ۱۹۸۷). به عنوان نمونه اکثریت جمعیت له شده در کنسرتی در سینسیناتی در سال ۱۹۷۹، در واقع لگدکوب نشدند، بلکه سعی کردند به یکدیگر کمک کنند. دروری و همکارانش^۳ به این نتیجه رسیدند که اگر وحشت ایجاد گردد، معمولاً به افراد محدود می‌شود تا اینکه در میان جمعیت گسترش یابد (دروری و کوکینگ، ۲۰۰۷) و در واقع پدیده مسری بودن در نظریه وحشت توده‌ای را نقض نمودند. چرتکوف و کوشیگیان^۴ نیز متوجه شدند که در اکثر شرایط اضطراری، رفتارهای جمعیتی نسبتاً سازمان‌یافته باقی می‌مانند (چرتکوف و کوشیگیان، ۱۹۹۹). در پی انتقادات از نظریه وحشت توده‌ای، دو نظریه جدید دیگر تحت عناوین نظریه وابستگی و نظریه هنجاری شکل گرفته است. هر دوی این نظریات تأکید می‌کنند که در شرایط اضطراری یا تخلیه، رفتارهای جمعیت به گرایش‌های غیرمنطقی و خودخواهانه کاهش نمی‌یابند، بلکه تا حدی کاهش می‌یابند که جمعیت، گروه‌گرایی خود را حفظ نماید. مدل وابستگی بیان می‌دارد هنگامی که افراد با

شرایط اضطراری یا تهدید مواجه می‌شوند، «رفتار وابسته» را نشان می‌دهند (ماوسون^۵، ۱۹۷۸). به عنوان نمونه، افراد برای حرکت، به مکان‌های آشنا (ترجیح دادن مسیر آشنای همیشگی تا خروج از مسیر اضطراری) و به طرف افراد آشنا تحریک می‌شوند (سیم، ۱۹۸۳) (سیم، ۱۹۸۵). نزدیکی به مکان‌ها و افراد آشنا اثر آرام‌کننده‌ای دارد که باعث کاهش غرایز فرار و زد و خورد می‌گردد. مطالعات تخلیه نشان می‌دهد که گروه‌های خانوادگی در شرایط اضطراری شکسته نمی‌شوند، بلکه تلاش می‌کنند تا با هم باشند و به عنوان یک گروه متحد گردند (کرنول و همکاران، ۲۰۰۱) (کرنول، ۲۰۰۳). مردم ترجیح می‌دهند تا تخلیه را به تأخیر بیندازند تا همه اعضای گروه بتوانند با هم خارج شوند (ونگر و همکاران، ۱۹۹۸).

مدل هنجاری بیان می‌کند که رفتار در شرایط اضطراری هنوز هم توسط قوانین اجتماعی مشابه در شرایط عادی تنظیم می‌گردد. برخی از این مطالعات نشان می‌دهند که نقش‌های اجتماعی، سازمانی، مکانی و مسئولیت‌ها تغییر نمی‌کنند (بست، ۱۹۷۸) (کانتر و همکاران، ۱۹۸۰) (دونالد و کانتر، ۱۹۹۲). به عنوان نمونه، مطالعات آتش‌سوزی در کلوپ بورلی^۶ در سال ۱۹۷۷ مشخص می‌کرد که زنان به‌طور کلی از مردان بیشتر کمک دریافت می‌کنند، درحالی‌که مردان بیشتر از زنان پیشنهاد کمک کردن می‌دهند (جانسون و جانستون^۷، ۱۹۹۴) و اینکه زنان معمولاً از مصدومین، پشتیبانی عاطفی می‌کنند؛ درحالی‌که مردان سعی در مبارزه با آتش دارند (جانستون و جانسون، ۱۹۸۹).

دروری و کوکینگ معتقد هستند در هر دو نظریه وابستگی و هنجاری، رفتار کمک به غریبه‌ها مورد بررسی قرار نگرفته است و این موضوع را از نواقص آن نظریات می‌دانند. آن‌ها بیان می‌دارند: «آنچه مورد نیاز می‌باشد روشی است که بتواند هماهنگی و همکاری در میان جمعیت غریبه‌ها و اجتماعی بودن در شرایط اضطراری (مانند مواردی که به غریبه‌ها کمک می‌گردد) را توضیح

5. Mawson, 1978

6. B. E Aguirre, Wenger, & Vigo, 1998

7. Best, R. L, 1978

8. Canter, D, Breaux, J., & Sime, J, 1980

9. Donald, I., & Canter, D, 1992

10. Beverly Hills Supper Club

11. Johnson, Norris R, Feinberg, W. E., & Johnston, D. M, 1994

1. Couch, C. J, 1968

2. Norms R Johnson, 1987

3. Drury & Cocking, 2007

4. Chertkoff & Kushigian, 1999

دهد (دروری و کوکینگ، ۲۰۰۷). بنابراین آن‌ها مدل هویت اجتماعی را مطرح نمودند که این مدل نشان می‌دهد تجربه مشترکی از تهدید یا شرایط اضطراری ممکن است یک جمعیت فیزیکی را به یک جمعیت روان‌شناختی با یک هویت اجتماعی مشترک تبدیل کند. کوکی در این زمینه بیان می‌دارد: فاجعه‌ها می‌توانند یک حس "فقدان ما" ایجاد کنند که سبب یک پیوند مشترک از همبستگی میان شرکت‌کنندگان می‌گردد، به نحوی که همکاری و نوع دوستی به جای رفتار خودخواهانه غالب گردد (کوکینگ و همکاران، ۲۰۰۹).

در مجموع، طی بررسی‌های انجام‌شده پیشین می‌توان چهار رویکرد متفاوت رفتار جمعیت در شرایط اضطراری را مطابق با جدول ۱، شناسایی و تقسیم‌بندی نمود. بدون شک هر یک از رویکردهای رفتاری چهارگانه فوق‌الذکر، سبب بروز پدیده‌های رفتاری گوناگونی مانند نزدیکی به افراد آشنا، عدم استفاده از مسیرهای ناآشنا، حفظ نظم و فاصله، کمک یا عدم کمک به غریبه‌ها و غیره می‌گردد که در بخش بعدی تأثیر این رویکردهای رفتاری بر زمان تخلیه جمعیت بررسی می‌گردد.

جدول ۱: رویکردها و نظریات موجود در باب رفتار ازدحام در شرایط اضطراری

عنوان نظریه	عنوان لاتین	دوره تاریخی	ویژگی‌های کلی	نظریه پردازان
نظریه وحشت توده‌ای	Theories of mass panic	۱۸۷۱-۱۹۶۸	از بین رفتن شخصیت فردی و مسخ شدن در جمعیت. به وجود آمدن وحشت و بروز رفتارهای غریزی مانند هل دادن، لگد کردن و غیره. واگیری رفتارهای ناخودآگاه در زمان کوتاه در جمعیت.	Le Bon, Sime, Taine
نظریه وابستگی	Affiliation approach	۱۹۶۸-۲۰۰۷	رفتارهای خودخواهانه و غیرمنطقی تا حدی است که گروه‌گرایی جمعیت حفظ گردد. افراد تمایل به حرکت به سمت افراد و مکان‌های آشنا دارند. مردم ترجیح می‌دهند که تخلیه به تأخیر افتاده اما همه اعضای گروه با هم خارج شوند.	Mawson, Cornwell, Wenger
نظریه هنجاری	Normative approach	۱۹۶۸-۲۰۰۷	رفتارهای خودخواهانه و غیرمنطقی تا حدی است که گروه‌گرایی جمعیت حفظ گردد. قوانین اجتماعی در شرایط اضطراری مطابق با شرایط عادی می‌باشد. در شرایط اضطراری نقش‌های اجتماعی، سازمانی، مکانی و مسئولیت‌ها تغییر نمی‌کنند.	Canter, Best, Aguirre
نظریه هویت اجتماعی	Social identity approach	۲۰۰۷ تا کنون	قوانین اجتماعی در شرایط اضطراری تغییر می‌کنند. در شرایط اضطراری پیوندهای همبستگی جدید به وجود می‌آید. تجربه مشترک تهدید باعث پدید آمدن هویت اجتماعی جدید در یک جمعیت فیزیکی می‌گردد.	Drury, Cocking

روش

در پژوهش حاضر برای شبیه‌سازی حرکتی افراد در هنگام تخلیه جمعیت از مدل هیدرولیکی استفاده شده است. مدل هیدرولیکی یک ابزار تحلیلی برای ارزیابی زمان تخلیه برای یک ساختمان مشخص (یا یک جزء خروج) می‌باشد. این مدل برآوردی سریع از عملکرد خروج و همچنین مبنایی برای ارزیابی دقیق‌تر سناریوهای مختلف تخلیه (مانند ساختمان‌هایی با ارتباطات پیچیده، ساکنان با جمعیت‌های مختلف و غیره) را ارائه می‌دهد. در این مطالعه، زمان تخلیه برای یک ساختمان بلندمرتبه مسکونی با استفاده از تقریب

مرتبه دوم مدل هیدرولیک به دست می‌آید. فرض بر این است که همه سرنشینان هم‌زمان خروج می‌کنند و فقط از راه‌پله در تخلیه استفاده می‌گردد.

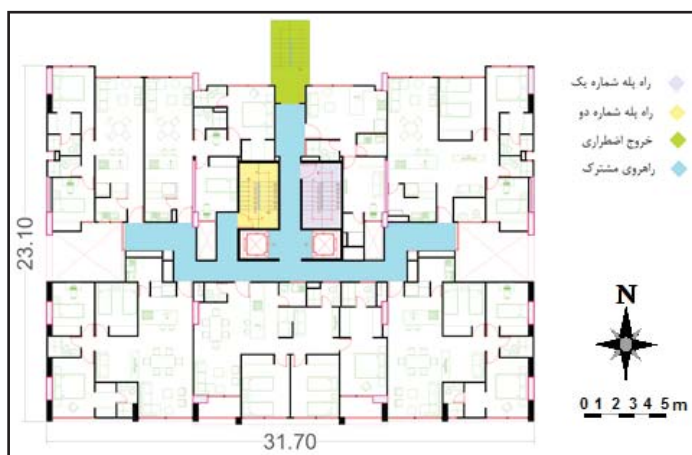
برای ردیابی جریان خروج در ساختمان، ظرفیت جریان عبوری از طریق سه نقطه عبور، یعنی راهروها، درها و راه‌پله‌ها بر اساس معادلات زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Speed: } S = k \cdot a \cdot kD$$

$$\text{Specific Flow: } F_s = SD$$

$$\text{Calculated Flow: } F_c = F_s \cdot W_e$$

متر می‌باشد. از آنجاکه برابر مبحث سوم مقررات ملی ایران و همه استانداردهای بین‌المللی استفاده از آسانسورهای معمولی در شرایط اضطراری ممنوع می‌باشد، لذا در این پژوهش نیز از آسانسورها به منظور تخلیه عمودی استفاده نشده است.



شکل ۱: ساختمان بلند مرتبه‌ی مسکونی مورد مطالعه با دو راه پله‌ی اصلی و یک خروجی اضطراری

در این بررسی فاصله به‌روزرسانی فرمان و ضریب حداقل سرعت جریان به ترتیب ۰.۱ ثانیه و ۰.۱ در نظر گرفته می‌شوند. فاصله به‌روزرسانی فرمان هرچند وقت یکبار (در زمان شبیه‌سازی) محاسبات برنامه را به‌روز می‌کند. هرچه این مقدار بیشتر باشد، شبیه‌سازی سریع‌تر اجرا می‌گردد. با این وجود، از دقت شبیه‌سازی کاسته می‌گردد زیرا بر مهارت‌های تصمیم‌گیری افراد در انتخاب مسیر تخلیه تأثیر می‌گذارد. کمترین ضریب دبی، در مواقعی که افراد تصمیم می‌گیرند در هنگام وجود صف درها از کدام در استفاده کنند، استفاده می‌گردد. یک مقدار غیر صفر، همیشه جریان نزدیک درب را نشان می‌دهد و بنابراین مانع تعویض درب توسط سرنشینان در هنگام پایین آمدن سرعت جریان می‌گردد (ارگ، ۲۰۱۹). این موضوع، شبیه‌سناریوی واقعی در حین تخلیه می‌باشد. موقعیت اولیه ساکنان در هر طبقه به طور تصادفی در ابتدای تجزیه و تحلیل تعیین می‌گردد. اگرچه افراد غیر معلول و معلول از سرعت‌های متفاوتی متناسب با توانایی‌های شخصی خود در هنگام فرار برخوردار می‌باشند، اما در شبیه‌سازی‌های تخلیه بر اساس بررسی‌های صورت‌گرفته در مانورهای تخلیه، از اعداد میانگین برای سرعت افراد جمعیت استفاده می‌گردد. در این پژوهش بر

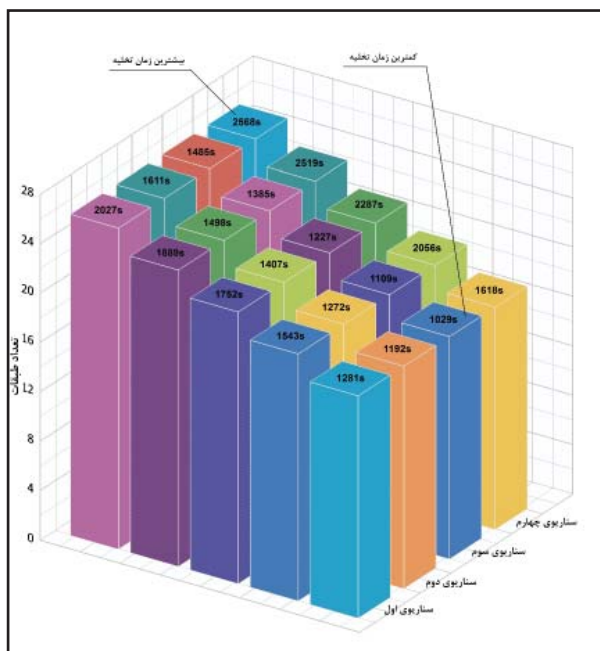
در رابطه‌های فوق، D تراکم جمعیت افراد در واحد سطح را نشان می‌دهد، We عرض مؤثر مؤلفه خروج است، a و k مقادیر ثابتی هستند که در کتابچه راهنمای SFPE تعریف شده‌اند (هورلی، ۲۰۱۵). مؤلفه خروج با کمترین قابلیت جریان (F_c) روند تخلیه را کنترل می‌کند.

زمان (t_p) مورد نیاز یک جمعیت (P) برای عبور از یک نقطه در مسیر خروج با جریان محاسبه شده (F_c) توسط رابطه $t_p = P/F_c$ محاسبه می‌گردد.

برای اعتبارسنجی داده‌های این پژوهش، شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم‌افزار pathfinder که تست‌های آزمون مؤلفه‌ها برای صحت اعتبارسنجی را با موفقیت طی نموده است، مورد بررسی مجدد قرار گرفته‌اند. همچنین برای سنجش پایایی مدل استفاده شده، هر سناریو مجدداً تکرار گردیده است.

مطالعه موردی: به‌منظور شبیه‌سازی رفتار جمعیت در شرایط اضطراری یک ساختمان مسکونی بلند مرتبه در شهر تهران شامل ۱۱ طبقه مسکونی، یک طبقه پارکینگ در همکف و یک طبقه پارکینگ در تراز منفی یک انتخاب گردید. علل اصلی انتخاب ساختمان مذکور به‌عنوان نمونه موردی را می‌توان رعایت الزامات مبحث سه مقررات ملی ساختمان در طراحی و اجرا، متناسب بودن ارتفاع ساختمان متناظر با تعاریف جهانی و ملی از ساختمان‌های بلند مرتبه، وجود راه‌پله اضطراری در خارج از ساختمان و همچنین متعارف بودن شکل مستطیلی، مساحت و ارتفاع ساختمان در شهر تهران که سبب تعمیم بیشتر نتایج خواهد گردید، عنوان نمود. مورد مطالعه در هر طبقه دارای ۷ واحد مسکونی می‌باشد که از طریق راهروهای مشترک به دو راه‌پله اصلی و آسانسورها دسترسی دارند (شکل ۱). در انتهای مسیر افقی تخلیه، یک مسیر تخلیه اضطراری نیز پیش‌بینی گردیده است. تعداد افراد ساکن در هر طبقه بر اساس مبحث سوم مقررات ملی ایران ۱۸.۶ نفر در هر مترمربع در نظر گرفته شده است. همچنین بر اساس آمارهای موجود از میزان معلولیت در کشور ایران، دو درصد از افراد ساکن در ساختمان مورد مطالعه معلول در نظر گرفته شده‌اند و به‌صورت تصادفی در ساختمان توزیع شده‌اند. ارتفاع تمامی طبقات ساختمان نیز ۳.۴

pathfinder برای کنترل روایی مدل شبیه سازی گردید. نتایج به دست آمده از نرم افزار pathfinder، ۹۳ درصد همبستگی با نتایج پژوهش حاضر داشت، که نشان از روایی همگرایی مدل مورد استفاده در این مطالعه دارد. همچنین سناریوهای طراحی شده جهت ارزیابی پایایی مورد بازآزمایی قرار گرفتند. میزان همبستگی نتایج ۰٫۹۸ بود که نشان داد مدل از پایایی بازآزمایی خوبی برخوردار می باشد. در سناریوی اول شبیه سازی تخلیه، رفتار افراد بر مبنای رویکرد نظریه وابستگی^۵ طراحی و برنامه ریزی شده است. بر اساس این نظریه، افراد تمایل به حرکت به سمت افراد و مکان های آشنا دارند به همین دلیل در این سناریو فرض شده است که تنها ۲۰ درصد افراد از مسیر خروج اضطراری استفاده می کنند و ۸۰ درصد افراد تمایل به استفاده از مسیرهای نا آشنا را ندارند. همچنین از آنجا که مبتنی بر رویکرد رفتاری مذکور، رفتارهای خودخواهانه و غیرمنطقی تا حدی است که گروه گرایی جمعیت حفظ گردد و مردم ترجیح می دهند که تخلیه به تأخیر افتاده اما همه اعضای گروه با هم خارج شوند؛ لذا در این سناریو، افراد ناتوان و کم توان توسط نزدیک ترین فرد خانواده خود حمایت می شوند تا به محل ایمن انتقال یابند. نتایج این سناریو در شکل ۳ مشخص گردیده است.



شکل ۲: زمان تخلیه کامل ساختمان در چهار سناریوی رفتاری جمعیت در شرایط اضطراری

اساس دستورالعمل های کتابچه راهنمای SFPE، حداکثر سرعت افراد (بدون مانع) مطابق با جدول ۲ در نظر گرفته شده است (هورلی^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین سرعت حرکت افراد به طور خودکار در طول شبیه سازی بر اساس تراکم جمعیت و مشخصات هندسی اجزای خروجی تنظیم می گردد.

جدول ۲: حداکثر سرعت افراد بدون معلولیت و افراد معلول در مسیرهای بدون مانع

مسيرهای بدون مانع	حداکثر سرعت در مسيرهای افقی (m/s)	حداکثر سرعت در راه پله (m/s)
افراد دارای معلولیت	۰٫۷۰	۰٫۲۸
افراد بدون معلولیت	۱٫۱۹	۰٫۴۷

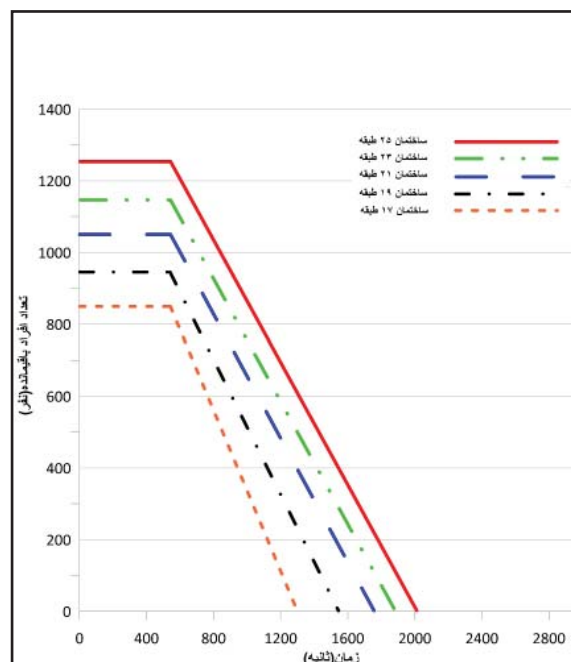
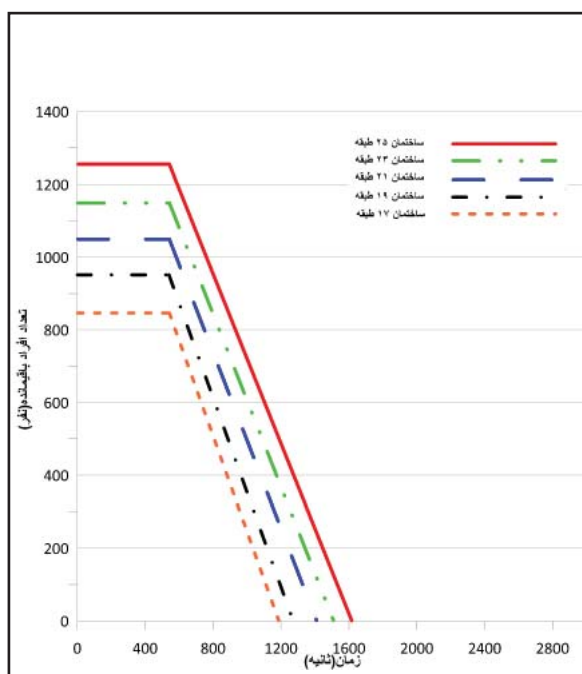
زمان پیش از تخلیه یعنی زمانی که افراد متوجه خبر می شوند تا هنگامی که شروع به فرار می کنند نیز در محاسبات تخلیه جمعیت حائز اهمیت می باشد (لیو و همکاران^۲، ۲۰۲۰). تاکنون پژوهش های مختلفی جهت تخمین و اندازه گیری زمان پیش از تخلیه انجام گرفته است. دلایل این تأخیر معمولاً یافتن فرزندان یا حیوانات خانگی، جمع آوری وسایل شخصی، لباس پوشیدن و یا جدی نگرفتن هشدارهای خطر گزارش شده است (پیکوک و همکاران^۳، ۲۰۱۷). در این پژوهش، زمان تخلیه در همه سناریوها بر اساس مطالعه سلطانزاده و همکاران به طور متوسط، ۳۶۰ ثانیه لحاظ گردیده است (سلطانزاده و همکاران^۴، ۲۰۱۸).

یافته ها

در پژوهش حاضر، چهار رویکرد رفتاری جمعیت در شرایط اضطراری در یک ساختمان مسکونی با تعداد طبقات ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۵ واقع در شهر تهران توسط مدل هیدرولیکی شبیه سازی گردیده است. در مجموع ۲۰ مدل مختلف شبیه سازی شده است که نتایج زمان تخلیه کامل ساختمان در سناریوهای مختلف در شکل ۲ ارائه شده است. سناریوهای طراحی شده مجدداً با استفاده از نرم افزار

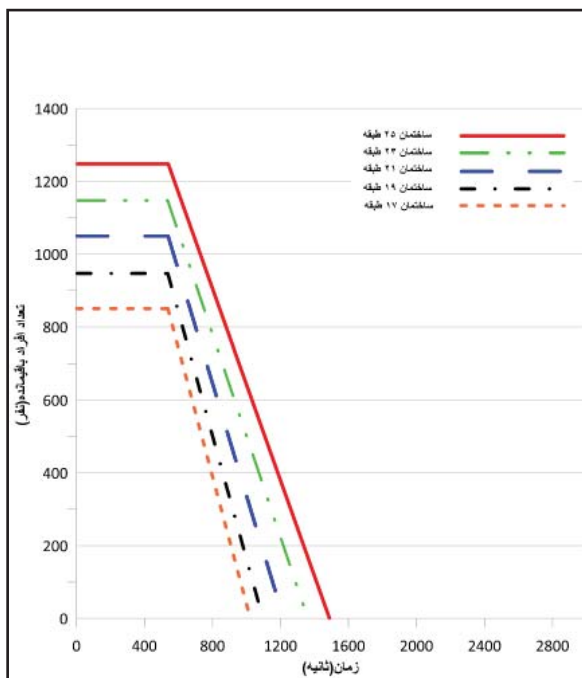
1. Hurley et al., 2015
2. Liu, Y., Zhang, Z., & Mao, Z, 2020
3. Peacock, R. D., Reneke, P. A., Kuligowski, E. D., & Hagwood, C. R, 2017
4. Soltanzadeh, A., Alaghmandan, M., & Soltanzadeh, H., 2018

فرار از همه مسیرهای خروج استفاده می‌کنند و منعی برای استفاده از مسیرهای ناآشنا وجود ندارد. نتایج این پدیده رفتاری در تخلیه نمونه مسکونی مورد مطالعه، در شکل ۵ ارائه گردیده است.



شکل ۳: مقایسه تعداد افراد باقیمانده در ساختمان در ساختمان‌های ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۵ طبقه در سناریوی اول بر اساس رویکرد رفتاری وابستگی (Affiliation Approach)

شکل ۴: مقایسه تعداد افراد باقیمانده در ساختمان در ساختمان‌های ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۵ طبقه در سناریوی دوم بر اساس تئوری رفتاری هویت اجتماعی (Social Identity)



شکل ۵: مقایسه تعداد افراد باقیمانده در ساختمان در ساختمان‌های ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۵ طبقه در سناریوی سوم بر مبنای نظریه هنجاری (Normative Approach)

سناریوی دوم بر اساس تئوری رفتاری هویت اجتماعی طراحی گردیده است. در این رویکرد، قوانین اجتماعی در شرایط اضطراری تغییر می‌کنند و پیوندهای همبستگی جدیدی بین افراد و گروه‌ها به وجود می‌آید و تجربه مشترک تهدید، باعث پدید آمدن هویت اجتماعی جدید در یک جمعیت فیزیکی در حال فرار می‌گردد. مطابق با این نظریه رفتاری در سناریوی دوم، افرادی از سایر واحدها و طبقات برخلاف مسیر حرکت فرار برای کمک به افراد ناتوان و کم‌توان حرکت می‌کنند تا آن‌ها را به منطقه ایمن منتقل نمایند. در این سناریو ساکنان ساختمان از دو راه پله اصلی و خروج اضطراری به صورت هم‌زمان استفاده می‌کنند. شکل ۴ تعداد ساکنان باقیمانده در ساختمان را به عنوان تابعی از زمان بر اساس تئوری رفتاری هویت اجتماعی مشخص می‌کند.

در سناریوی سوم، روند تخلیه جمعیت بر مبنای نظریه هنجاری^۲ رفتار جمعیت مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس این تئوری، رفتارهای خودخواهانه و غیرمنطقی تا حدی می‌باشد که گروه‌گرایی جمعیت حفظ گردد. بنابراین در این سناریو نیز همانند سناریوی اول، نزدیک‌ترین افراد خانواده به افراد ناتوان و کم‌توان برای فرار از خطر کمک می‌کنند. اما در این حالت افراد بر اساس تخمین خود از زمان

1. Social Identity
2. Normative Approach

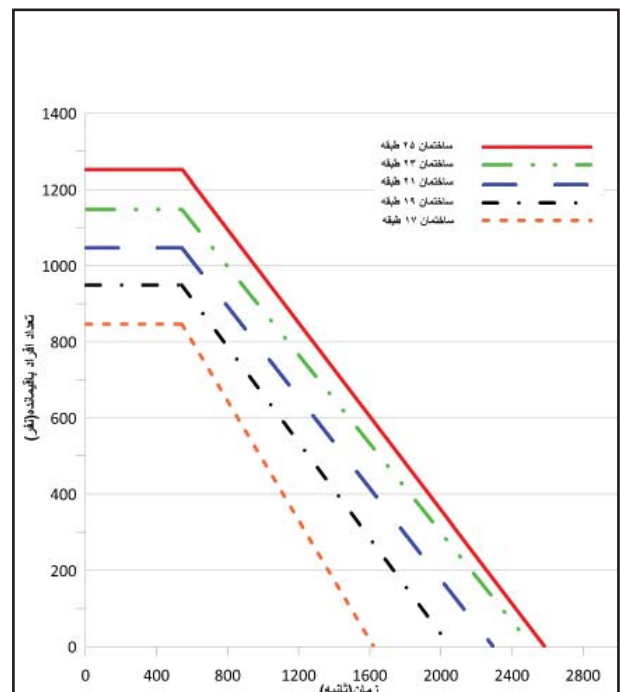
سناریوی چهارم، تأثیر رویکرد وحشت توده‌ای^۱ بر روند تخلیه جمعیت در شرایط اضطراری را مورد بررسی قرار می‌دهد. از بین رفتن شخصیت فردی و مسخ شدن در جمعیت، به وجود آمدن وحشت و بروز رفتارهای غریزی مانند هل دادن و لگد زدن و واگیری رفتارهای ناخودآگاه در زمان کوتاه در جمعیت، از ویژگی‌های بارز رفتاری چنین جمعیت‌هایی می‌باشد. در شبیه‌سازی رفتاری این پدیده هیچ‌کس به افراد دارای معلولیت حرکتی کمک نمی‌کنند و آن‌ها ناچارند خود به تنهایی از خطر فرار کنند. بدیهی است که سرعت کمتر این افراد و ابعاد ویلچرها سبب ازدحام در راهروها، ورودی‌ها و راه‌پله‌ها خواهد شد و این ازدحام ضمن کم کردن سرعت تخلیه باعث مصدومیت و حتی مرگ افراد در اثر له شدن و لگد مال شدن خواهد شد. همچنین در این سناریو فقط ۲۰ درصد افراد از مسیر خروج اضطراری استفاده می‌کنند. شکل ۶ نتایج حاصل از شبیه‌سازی رفتاری رویکرد وحشت توده‌ای را نمایش می‌دهد.

تخلیه در چهار سناریوی طراحی شده مشخص نمود که نوع رفتار کاربران فضا در مواجهه با حادثه، تأثیر فراوانی بر زمان تخلیه و حفظ جان انسان‌ها خواهد داشت. مطابق نتایج به دست آمده به طور میانگین، در جامعه‌ای که بر اساس رفتار وحشت توده‌ای در شرایط اضطراری عمل می‌کند، زمان تخلیه کامل ساختمان ۷۷٫۶ درصد بیشتر از زمان تخلیه جامعه‌ای است که بر اساس رویکرد هنجاری رفتار می‌کنند. این میزان تأثیر در طبقات مختلف مورد مطالعه از حدود ۵۷ درصد تا ۸۶ درصد متغیر می‌باشد؛ بنابراین رفتار جوامعی که از مدل وحشت توده‌ای تبعیت می‌کنند زمان تخلیه ساختمان‌ها را به شدت افزایش داده و باعث بروز فجایع انسانی خواهد شد. این مدل رفتاری که در سناریوی شماره چهار مورد سنجش واقع گردید، بیشترین زمان تخلیه کامل ساختمان یعنی ۲۵۶۸ ثانیه را به خود اختصاص داده است. بروز پدیده رفتاری وحشت توده‌ای در شرایط اضطراری نه تنها باعث افزایش زمان تخلیه کامل ساختمان خواهد شد، بلکه به دلیل رفتارهای ناهنجار مانند هل دادن و لگد مال کردن می‌تواند تعداد مصدومان و کشته‌های حادثه را افزایش دهد. شاهد این موضوع می‌تواند حادثه مکه در سال ۱۳۹۴ باشد که باعث کشته شدن ۴۱۷۳ نفر از زائران خانه خدا گردید (نیو و گان^۲، ۲۰۲۱) (وانومو و همکاران^۳، ۲۰۲۰).

با بررسی نتایج پژوهش مشخص گردید که عدم استفاده از مسیرهای اضطراری و ناآشنا می‌تواند بیشترین تأثیر را در افزایش زمان تخلیه کامل ساختمان و همچنین ایجاد ازدحام در سایر مسیرهای خروج داشته باشد. این مورد رفتاری در سناریوهای یک و چهار استفاده شده و باعث افزایش زمان تخلیه نسبت به دو سناریوی دیگر شده است.

پارامتر رفتاری دیگری که می‌تواند باعث افزایش زمان تخلیه گردد، حرکت برخلاف جهت جریان جمعیت برای کمک به افراد کم‌توان و ناتوان می‌باشد. با مقایسه سناریوی دو و سه می‌توان نتیجه گرفت که این پدیده رفتاری می‌تواند زمان تخلیه را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. کمک به غریبه‌ها اگرچه یک مزیت اخلاقی محسوب می‌گردد، اما ضمن کند کردن زمان تخلیه باعث اختلال در روند حرکتی افراد و ازدحام و مصدومیت سایر افراد نیز خواهد شد؛

شکل ۶: مقایسه تعداد افراد باقیمانده در ساختمان در ساختمان‌های ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۵ طبقه در سناریوی چهارم بر اساس رویکرد وحشت توده‌ای افراد در شرایط اضطراری (Theories of mass panic)



شکل ۶: مقایسه تعداد افراد باقیمانده در ساختمان در ساختمان‌های ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۵ طبقه در سناریوی چهارم بر اساس رویکرد وحشت توده‌ای افراد در شرایط اضطراری (Theories of mass panic)

نتایج حاصل از شبیه‌سازی دینامیک جمعیت و محاسبه زمان

نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از مرور متون تخصصی، چهار رویکرد رفتاری جمعیت در هنگام حادثه و شرایط اضطراری مشتمل بر نظریه وحشت توده‌ای، نظریه وابستگی، نظریه هنجاری و نظریه هویت اجتماعی در هنگام حادثه و شرایط اضطراری شناسایی گردید و سپس تأثیر برخی از مهم‌ترین پدیده‌های رفتاری آن‌ها بر زمان تخلیه یک ساختمان بلند مرتبه مسکونی، با استفاده از مدل هیدرولیکی در چهار سناریوی متفاوت مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سناریوهای طراحی شده بر اساس الگوهای رفتاری جمعیت با استفاده از نرم‌افزار pathfinder و مدل عامل محور، مجدداً بررسی و اعتبارسنجی گردیدند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی جمعیت مشخص نمود زمان تخلیه کامل ساختمان در جامعه‌ای که بر اساس رفتار وحشت توده‌ای در شرایط اضطراری عمل می‌کند ۷۷٫۶ درصد بیشتر از زمان تخلیه جامعه‌ای می‌باشد که افراد آن بر اساس رویکرد هنجاری رفتار می‌کنند. این میزان تأثیر در طبقات مختلف مورد مطالعه، از حدود ۵۷ درصد تا ۸۶ درصد متغیر است. مدل رفتاری وحشت توده‌ای که در سناریوی شماره چهار مورد سنجش واقع گردید، بیشترین زمان تخلیه کامل ساختمان یعنی ۲۵۶۸ ثانیه را به خود اختصاص داده است و کمترین زمان تخلیه کامل ساختمان یعنی ۱۰۲۹ ثانیه مربوط به سناریوی سوم یعنی نظریه هنجاری می‌باشد.

بنابر نتایج حاصل از شبیه‌سازی رفتاری نظریه‌های مورد بحث می‌توان اذعان داشت که پدیده‌های رفتاری برآمده از نظریات چهارگانه رفتار جمعیت در شرایط اضطراری به شدت بر افزایش یا کاهش زمان تخلیه ساختمان‌ها و در نتیجه، ایمنی و سلامت افراد ساکن تأثیرگذار است. در این میان تجمعی که پدیده‌های رفتاری تئوری وحشت توده‌ای از خود نشان می‌دهند، بیشترین تأثیر را در افزایش زمان تخلیه دارد و بدون شک باعث بروز فاجعه‌های انسانی خواهند شد. کمترین زمان تخلیه مربوط به ساختمان‌هایی می‌باشد که ساکنان آن از مدل رفتاری هنجاری برخوردارند که دلیل این موضوع را می‌توان در استفاده از مسیرهای ناآشنا دانست. همچنین نتایج پژوهش مشخص نمود که برخی پدیده‌های رفتاری مانند کمک به افراد غریبه بر خلاف جریان حرکتی افراد در رویکردهای

لذا طراحان معمار باید ضمن بررسی استراتژی‌های مختلف خروج این افراد، راهکارهای دیگری مانند پناهگاه‌های ایمن، استفاده از راهکارهای مدیریتی مانند مدیریت مرحله‌ای و یا خروج اضطراری از بالکن توسط انواع تجهیزات مدرن را بررسی نمایند.

با مقایسه الگوی رفتاری وحشت توده‌ای و الگوی هنجاری (شکل ۶ و شکل ۵) مشخص می‌گردد که اختلاف زمان تخلیه بین ساختمان ۱۷ طبقه و ۲۵ طبقه در الگوی وحشت توده‌ای بیشتر از الگوی هنجاری می‌باشد. افزایش طبقات ساختمان از ۱۷ طبقه به ۲۵ طبقه در ساختمانی که ساکنان آن رفتار وحشت توده‌ای از خود بروز می‌دهند باعث افزایش ۵۸ درصدی زمان تخلیه شده است. این در حالی است که همین افزایش طبقه در ساختمانی با رفتارهای هنجاری ساکنان آن، ۴۴ درصد زمان تخلیه کامل ساختمان را افزایش داده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که الگوهای رفتاری که زمان تخلیه ساختمان را افزایش می‌دهند (مانند الگوی وحشت توده‌ای) در ساختمان‌های با ارتفاع بیشتر تأثیر قابل ملاحظه‌تری بر روند تخلیه ایجاد می‌کنند. از این حیث، لزوم اهمیت و توجه به پدیده‌های رفتاری ساکنان ساختمان‌های بلند مرتبه جهت افزایش ایمنی در شرایط اضطراری بیشتر مشخص می‌گردد.

تمرکز مطالعه محدود به مقایسه پارامترهای رفتاری جمعیت بر کارایی عملکرد خروج می‌باشد. در این بررسی عملکرد اجزای خروج مانند آسانسور، طبقه پناهگاه و غیره مورد توجه قرار نگرفته است. این مطالعه همچنین به موضوع نوع، شدت و مکان خطر نپرداخته است. نحوه تخلیه در نظر گرفته شده در این مطالعه محدود به تخلیه کامل می‌باشد که در آن تصور می‌گردد همه ساکنان ساختمان به طور هم‌زمان تخلیه می‌شوند. اجرای سایر استراتژی‌های تخلیه مانند تخلیه مرحله‌ای یا تأخیری و تأثیر این حالت‌ها بر زمان تخلیه در یک ساختمان بلند مرتبه می‌تواند در مطالعات آینده در نظر گرفته شود. این پژوهش همچنین ضمن تأکید بر لزوم شناخت طراحان، معماران و برنامه‌ریزان فضاهای پرجمعیت از پدیده‌های رفتاری جوامع ساکن در آن‌ها برای پیش‌بینی و ارائه راهکارهای لازم جهت تخلیه افراد در شرایط اضطراری پیشنهاد می‌کند تأثیر مدیریت تخلیه، استراتژی‌های تخلیه و آموزش‌های لازم به ساکنین در تعامل با رفتار تجمع و فضای انسان‌ساخت، در مطالعات آینده مورد بحث و بررسی قرار گیرند.

- Cornwell, B. (2003). Bonded fatalities: Relational and ecological dimensions of a fire evacuation. *The Sociological Quarterly*, 44(4), 617–638. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1111/j.1533-8525.2003.tb00528.x>
- Cornwell, B., Harmon, W., Mason, M., Merz, B., & Lampe, M. (2001). Panic or Situational Constraints? The Case of the M/V Estonia. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, 19(1), 5–26. <http://www.ijmed.org/articles/475/>
- Couch, C. J. (1968). Collective behavior: An examination of some stereotypes. *Social Problems*, 15(3), 310–322. <https://academic.oup.com/socpro/article-abstract/15/3/310/1662502>
- Donald, I., & Canter, D. (1992). Intentionality and fatality during the King's Cross underground fire. *European Journal of Social Psychology*, 22(3), 203–218. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ejsp.2420220302>
- Drury, J., & Cocking, C. (2007). *The mass psychology of disasters and emergency evacuations: A research report and implications for practice*. Brighton: University of Sussex. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/7368129>
- Gerges, M., Penn, S., Moore, D., Boothman, C., & Liyanage, C. (2018). Multi-storey residential buildings and occupant's behaviour during fire evacuation in the UK. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*.
- Helbing, D., I. Farkas, & T. Vicsek. (2000). Simulating dynamic features of escape panic. *Nature*, 407, 487–490. <https://www.nature.com/articles/35035023?free=2>
- Hurley, M. J., Gottuk, D. T., Hall Jr, J. R., Harada, K., Kuligowski, E. D., Puchovsky, M., ... WIECZOREK, C. J. (2015). *SFPE handbook of fire protection engineering*. Springer. 244-245.
- Johnson, Norms R. (1987). Panic at "The Who concert stampede": an empirical assessment. *Social Problems*, 34(4), 362–373. <https://academic.oup.com/socpro/article-abstract/34/4/362/1645971>
- Johnson, Norris R, Feinberg, W. E., & Johnston, D. M. (1994). Microstructure and panic: The impact of social bonds on individual action in collective flight from the Beverly Hills Supper Club fire. *Disasters, Collective Behavior and Social Organizations*, 168–189.
- Johnston, D. M., & Johnson, N. R. (1989). Role extension in disaster: Employee behavior at the Beverly Hills Supper Club fire. *Sociological Focus*, 39–51. <https://www.jstor.org/stable/20831497>
- Le Bon. (1898). *The Psychology of Peoples*. The Macmillan Co. 146-147
- Liu, Y., Zhang, Z., & Mao, Z. (2020). Analysis of influencing factors in pre-evacuation time using Interpretive Structural Modeling. *Safety Science*, 128, 104785. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092575352030182X>
- Mawson, A. R. (1978). Panic behavior: A review and a new hypothesis. Paper presented at the 9th World Congress

وابستگی و هویت اجتماعی- با وجود تعالی اخلاقی- می‌تواند باعث پدیدآمدن نتایج و آثار معکوس و افزایش زمان تخلیه و در نتیجه افزایش مرگ و میر و مصدومیت انسان‌ها گردند.

نتایج این پژوهش همچنین مشخص کرد که تأثیر الگوهای رفتاری برآمده از جمعیت در ساختمان‌های مرتفع‌تر بیشتر است. الگوی وحشت توده‌ای که بیشترین زمان تخلیه ساختمان‌ها را دارا می‌باشد، با افزایش ارتفاع از ۱۷ طبقه به ۲۵ طبقه با افزایش ۵۸ درصدی زمان تخلیه مواجه می‌گردد. این در حالی است که با افزایش همین تعداد طبقات در ساختمانی با الگوی رفتاری هنجاری ساکنان آن، زمان تخلیه کامل ساختمان ۴۴ درصد رشد خواهد داشت. این موضوع در مدیریت شهری و آموزش‌های شهروندی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد و نگاه ویژه ارگان‌های مرتبط مانند شهرداری‌ها و سازمان پدافند غیرعامل به مقوله آموزش شهروندی در ساختمان‌های بلند مرتبه را می‌طلبد.

منابع

- Aguirre, B. E, Wenger, D., & Vigo, G. (1998). A test of the emergent norm theory of collective behavior. *Sociological Forum*, 13, 301–311. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1022145900928>
- Aguirre, Benigno E. (2005). Emergency Evacuations, Panic, and Social Psychology. *Psychiatry: Interpersonal and Biological Processes*, 68(2), 121–129. <https://guilfordjournals.com/doi/abs/10.1521/psyc.2005.68.2.121>
- Bernardini, G., Lovreglio, R., & Quagliarini, E. (2019). Proposing behavior-oriented strategies for earthquake emergency evacuation: a behavioral data analysis from New Zealand, Italy and Japan. *Safety Science*, 116, 295–309.
- Best, R. L. (1978). Reconstruction of a Tragedy: The Beverly Hills Supper Club Fire, Southgate, Kentucky, May 28, 1977. *National Fire Protection Association (NFPA)*. 182-183
- Canter, D., Breaux, J., & Sime, J. (1980). Domestic, multiple occupancy, and hospital fires. *Fires and Human Behaviour*, 8, 117–136.
- Chertkoff, J. M., & Kushigian, R. H. (1999). Don't panic: The psychology of emergency egress and ingress. Praeger Publishers. 215-217
- Cocking, C., Drury, J., & Reicher, S. (2009). The psychology of crowd behaviour in emergency evacuations: Results from two interview studies and implications for the Fire and Rescue Services. *The Irish Journal of Psychology*, 30(1–2), 59–73. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03033910.2009.10446298>

41. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027249448380019X>
- Sime, J. D. (1985). Movement toward the familiar: Person and place affiliation in a fire entrapment setting. *Environmental Behavior*, 17, 697–724. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0013916585176003>
- Soltanzadeh, A., Alaghmandan, M., & Soltanzadeh, H. (2018). Performance evaluation of refuge floors in combination with egress components in high-rise buildings. *Journal of Building Engineering*, 19, 519–529. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710217303212>
- Stott, C. (2009). Crowd psychology and public order policing: an overview of scientific theory and evidence. Submission to the HMIC Policing of Public Protest Review Team (<http://Content.Yudu.Com/Library/A1vpaw/HMCICSubmissionCrowd/Resources/1.Htm>). <http://www.workingwithcrowds.com/wp-content/uploads/2018/05/Dr>
- Vanumu, L. D., Laxmikant, K., & Rao, K. R. (2020). Human stampedes at mass gatherings: An overview. *Collective Dynamics*, 5, 502–504. <https://collective-dynamics.eu/index.php/cod/article/view/A83>
- Zarghami, E., & Rismanian, M. (2020). Impact of architectural variables on evacuation time of a classroom in emergencies. *Iauh-Hafthesar YR - 2020*, pp. 59-68 K1-: Emergency Evacuation K1-Classroom K. Retrieved from <http://hafthesar.iauh.ac.ir/article-1-785-fa.html>
- of Sociology. Uppsala, Sweden. August. https://www.researchgate.net/publication/314523565_Panic_behavior_a_review_and_a_new_hypothesis
- NFPA. (2018). National Fire Protection Association (NFPA). NFPA 101: Life Safety Code.
- Niu, L., & Guan, H. (2021). The Mechanism of Crowd Stampede Based on Case Statistics through SNA Method. *Tehnički Vjesnik*, 28(2), 548–555. <https://hrcak.srce.hr/255825>
- Org, S. of F. P. E. 113017182910 info@ sfpe., & Engineers, S. of F. P. (2019). Integrating Human Behavior Factors into Design. *SFPE Guide to Human Behavior in Fire*, 3–11. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-94697-9_2
- Peacock, R. D., Reneke, P. A., Kuligowski, E. D., & Hagwood, C. R. (2017). Movement on stairs during building evacuations. *Fire Technology*, 53(2), 845–871. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10694-016-0603-5>
- Şahin, C., Rokne, J., & Alhajj, R. (2019). Human behavior modeling for simulating evacuation of buildings during emergencies. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 528, 121432. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2019.121432>
- Sheeba, A. A., & Jayaparvathy, R. (2019). Performance modeling of an intelligent emergency evacuation system in buildings on accidental fire occurrence. *Safety Science*, 112, 196–205. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2018.10.027>
- Sime, J. D. (1980). The concept of panic. In D. Canter (Ed.), *Fires and Human Behaviour*. Chichester : Wiley. 212-213
- Sime, J. D. (1983). Affiliative behaviour during escape to building exits. *Journal of Environmental Psychology*, 3, 21–