فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ هشتم، شمارهٔ اوّل، بهار ۱۳۹۷
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK) Quarterly, Vol. 8, No. 1 (Spring 2018)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۸

تبیین عوامل موثر بر تخلیه اضطراری ساختمان درآتش سوزی*

لیلا میرسعیدی[۱] و آزاده شمس[۲]

۱. استادیار گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران، lmirsaeedy@yahoo.com

۲. کارشناس ارشد معماری، دانشکده هنر و معماری دانشگاه یزد، یزد، ایران،Shamsiarch@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: هنگام وقوع حادثه، زمان نقشی تعیین کننده در نجات جان انسان‌ها دارد؛ ازاین رو ضروری است در بناها امکانات اضطراری و مبادی ورود و خروج متناسب با نوع بنا تعبیه شود. هرچند استانداردهایی در زمینه طراحی امن ساختمان وجوددارد؛ اما مکان‌یابی صحیح مبادی گریز از خطر در ساختمان باید بر اساس محاسبه دقیق بازه‌های زمانی خروج مشخص گردد و ابعاد ورودی‌های اضطراری متناسب با حجم تردد استفاده‌کنندگان در زمان بحران پیش‌بینی شود. در برخی کشورها با انجام مانورهایی جهت آمادگی قبل از خطر، رفتار کاربر در فضاهای معماری در زمان بحران ارزیابی می‌شود. این امر، موجب رفع نواقص در طراحی پلان‌های موجود می‌شود، اما از آن جایی که این مانورها نیازمند صرف هزینه و زمان است، در کشور ما اجرای چنین عملیاتی در بسیاری از پروژه‌ها انجام نمی‌شود. امروزه مهندسان مشاور بر پایه ضوابط و استانداردهایی اقدام به طراحی ساختمان‌ها می‌کنند که قبل از اجرا توسط سازمان‌های ذی‌ربط مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ اما به نظر می‌رسد ارزیابی کاربرد مؤثر این ضوابط، بدون توجه به تخمین زمان‌های تخلیه کامل نباشد. فرار سریع و عملیات نجات در ساختمان‌هایی با ساختار داخلی پیچیده و تعداد محدودی نقاط دسترسی به سطح خیابان امری مشکل است. به دست آوردن شیوه‌ای در ارزیابی کارآیی ضوابط در تأمین امکان تخلیه افراد در مدت زمان لازم نقش مهمی در بالا بردن سطح توان سازمان‌های ذی‌ربط در سنجش کارکرد مجموعه ساختمانی در هنگام بحران ایفا خواهد کرد.

هدف این پژوهش بررسی عوامل تأثیرگذار بر تخلیه خروج اضطراری و فرار از آتش در ساختمان‌ها است.

روش: این تحقیق از نوع مروری و روش تحقیق به صورت توصیفی- تحلیلی با بررسی پژوهش‌های پیشین و اسناد مکتوب، با هدف جمع‌آوری عوامل مؤثر بر تخلیه اضطراری ساختمان در مواقع بحران به ویژه هنگام آتش‌سوزی است.

یافته‌ها: به طور کلی می توان عوامل مهمی را در تأثیرآتش بر انسان و نجات یافتن در هنگام آتش‌سوزی بیان کرد. درجه عملکرد پاسخ به آتش در جریان آتش‌سوزی در یک ساختمان به عواملی چون ویژگی‌های انسانی، ویژگی‌های آتش و ویژگی‌های ساختمان وابسته است.

نتایج: در این پژوهش ویژگی‌های انسانی مؤثر بر تخلیه اضطراری شامل سرعت،شیوه تصمیم گیری و ... بررسی شده اند.همچنین عوامل ساختمانی و طراحی تاثیرگذار بر تخلیه اضطراری در دو دسته ابعاد فضاها و موقعیت فضاها قرار گرفته اند که هریک بر اساس استانداردها دارای ویژگی‌هایی می باشند.

واژه‌های کلیدی: تخلیه اضطراری، راه‌های خروج، استاندارد، آتش‌سوزی، ساختمان.

◀**استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** میرسعیدی، لیلا؛ شمس، آزاده (بهار، ۱۳۹۷)، تبیین عوامل موثر بر تخلیه اضطراری ساختمان درآتش سوزی. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۸* (۱)، ۴۲-۵۳.

Identifying the Effective Factors on Emergency Evacuation the Buildings in the case of Fire

Leila mirsaeedie[1] & Azadeh shamsi[2]

1. Assistant Professor, Department of Architecture, Gonbad-e-Kavoos Branch, Azad University, Gonbad-e-Kavoos, Iran
2. Master in Architecture, Faculty of Art and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

Background and objective: In any incidents, every minute is vital to survive human lives; so installing emergency facilities, proper entrances and exists is a necessity in constructions. Although there are standarsds in construction's safe design but also proper location for escape in buildings based on exact calculation of time and volume of people in the case of crisis should be considered. In many countries, but not in Iran, manouvers carried out in order to prepare in the case the incidents to eliminate faults in architectural designs and plans, which need time and money. Now a days, consulting engineers design buildings based on standards which considered by concerned organizatios. For effective application of the standards the complete evacuation time should be considered as well. The complex plans and limit access to streets make difficult the evacuation and rescue. Achieving an approach to evaluate the effective standards in order to evacuate a building in a right time has an important role in capabilites of concerned organizations in crisis.

The objective of the paper is considering effective elemnts in evacuation the buildings in fire.

Method: This study is based on descriptional-analytic method. Previous researches in this field are used in order to identify the effective factors in buildings' evacuation in crisis especially in fire.

Findings: There are importatnt elements in rescue from fire; an operation during the fire depends on factors such as human characteristics, fire and building featurs.

Results: The effective human characteristics in evacuation such fastness, decision making and so on are studied. Constructional eslements and plans are categorized based on spaces and location which have especial standards.

Keywords: Emergency Evacuation, Fire Exit, Standards, Fire, Building.

▶**Citation (APA 6th ed.):** Izady H. (2018, Spring). Identifying the Effective Factors on Emergency Evacuation the Buildings in the case of Fire. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 8*(1), 42-53.

۱. این مقاله برگرفته از پژوهشی با عنوان «طراحی راه‌های خروج اضطراری برای خروج از ساختمان در طول تخلیه اضطراری آتش (نمونه موردی یک مدرسه دولتی در تهران)» است، که با حمایت مادی و معنوی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام شده است.

مقدمه

هنگام وقوع حادثه هر دقیقه از زمان نقشی حیاتی در نجات جان انسان‌ها دارد؛ ازاین رو در ساختمان‌ها باید تعداد متناسب مبادی ورودی و خروجی پیش‌بینی شود. اگرچه استانداردهایی در زمینه طراحی امن ساختمان وجود دارد؛ اما مکان‌یابی صحیح مبادی فرار در ساختمان باید براساس محاسبه دقیق تخمین زمان خروج صورت گرفته و ابعاد ورودی‌های اضطراری متناسب باحجم تردد کاربران در زمان بحران پیش‌بینی شود. انجام مانورهای مواقع خطر در بعضی کشورها رایج است که سهم مهمی در ارزیابی چگونگی رفتار کاربر در فضاهای معماری در زمان بحران داشته و موجب شناسایی و رفع نواقص طراحی پلان‌های موجود می‌شود. به این ترتیب قبل از وقوع حادثه نقاط و حادثه‌آفرین پلان شناسایی و رف، و میزان خسارات کاهش می‌یابد ازآن جا که مانورها مستلزم صرف زمان و هزینه‌اند، درکشور ما اجرای چنین عملیاتی به ندرت انجام می‌شود. بنابراین بررسی چگونگی کارآیی استانداردهای به کار رفته در طراحی مستلزم هزینه زیاد است.

راه دیگر شبیه‌سازی رفتارکاربر در چنین مواقعی در نمونه شبیه‌سازی شده از فضاهای واقعی است؛ پروژه حاضر در صدد ارائه شیوه‌ای با این هدف است.

امروزه مهندسان مشاور بر پایه ضوابط و استانداردهایی اقدام به طراحی ساختمان می‌کنند، که قبل از اجرا توسط سازمان‌های مسئول مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ ازجمله سازمان آتش‌نشانی که به وسیله کنترل نقشه‌ها قبل از ساخت از رعایت ضوابط و مقررات در طرح‌ها اطمینان حاصل می‌کند. اما به نظر می‌رسد ارزیابی کاربرد مؤثر این ضوابط بدون توجه به پیش‌بینی زمان تخلیه کاربر کامل نباشد. فرار سریع و عملیات نجات در ساختمان‌هایی با ساختار داخلی پیچیده و نقاط دسترسی محدود به سطح خیابان و نیز وجود افراد با سنین مختلف و متفاوت، امری مشکل است. اطلاعات حوادث قبلی نیز معمولا در دسترس نیست که بتواند به تخمین نسبی از زمان‌های تخلیه منتهی شود؛ بنابر این سناریوهای کاهش تلفات ناشی از حادثه اغلب ناشناخته باقی می‌ماند. به دست آوردن شیوه‌ای در ارزیابی کارآیی ضوابط در تأمین امکان تخلیه افراد درمدت زمان لازم، نقشی به سزا در ارتقای سطح توان سازمان‌های ذی‌ربط در سنجش کارکرد مجموعه ساختمانی در موارد بحران دارد. ایمنی آتش در ساختمان به کمک تحقیق، طراحی و مدیریت میسر گردیده و دامنه مطالعاتی آن بسیار وسیع و شامل رشته‌های گوناگون است. برای دستیابی به ایمنی ساختمان از آتش از روش‌های شناسایی عوامل به وجود آورنده، دلایل رشد و شیوه‌های کنترل آتش استفاده می‌شود.

پیشینه

به کمک مرور پژوهش‌های مشابه در مطالعات تخلیه اضطراری ساختمان درآتش‌سوزی می‌توان چارچوب مناسبی جهت بررسی دقیق این موضوع فراهم آورد. تخلیه ساختمان در قرن بیستم آغاز شد، هنگامی که تمرکز اصلی بر حرکت مردم در راهروها، پله‌ها و درب‌ها بود. چند محقق، از جمله براکسما، هبیچد، میلینسکی، پردتدچنسکی، فرون، پائولس[1] اطلاعات دقیقی در مورد تراکم ساکنین و سرعت سفر جمع‌آوری کردند و یافته‌هایشان تأثیر عمده‌ای بر رویکرد فعلی به مقررات ساختمان ایمنی آتش در سراسر جهان گذاشت. به طور خاص، یافته‌هایشان به حداقل عرض راه پله تخلیه، حداکثر ظرفیت دبی جریان برای خروجی‌های آتش، تعداد خروجی های آتش مورد نیاز و سایر راه حل‌های خاص معماری منجرشده است. در پایان قرن بیستم، تفسیر ایمنی آتش ساختمان از فناوری به یک چشم‌انداز رفتاری تغییر کرد. به عنوان مثال، سایم ۱۹۹۹، ۲۰۰۱ مدل زمان پاسخ فرار [2] افراد را معرفی کرد. این رویکرد جنبه‌های نظری ایمنی ساختمان در آتش(معماری، مهندسی) و رفتار انسان در طول تخلیه(روانشناسی،مدیریت امکانات) را یکپارچه کرد(کوبز، هلسلوت و رایس[3]، ۲۰۱۰).

بیش از چهار دهه است که رفتار کاربر ساختمان به صورت تجربی مورد مطالعه قرار گرفته است. روش‌های ارزیابی به کار رفته، در ابتدا مبتنی بر مشاهده مستقیم، عکس‌ها و فیلم‌های زمان گذشته بود. پس از آن مدل‌های شبیه‌سازی پیشنهاد شد. با اینکه اکثر مدل‌های عابر پیاده پیشتر فرموله شدند؛ اولین روش مدل‌سازی که برای باز تولید الگوهای فضا – زمانی حرکت مناسب به نظر می‌رسد توسط هندرسون پیشنهاد شد. وی حدس زد جمعیت‌های

1. Pauls, Fruin., Predtetschenski, Milinski., Habicht &Braaksma.
2. ORSET.
3. Kobes,Margrethe., Helsloot, Ira., Post,Jos G., de Vries, Bauke.

عابر پیاده رفتاری مشابه به گازها و یا مایعات دارند که تا حدی می‌تواند تایید شود، اما یک نظریه واقع‌بینانه حرکت مایع یا گاز برای عابرین باید شامل اصلاحاتی با توجه به فعل و انفعالات خاص باشد(یعنی مانورهای اجتناب از سایر افراد و کاهش سرعت). در نهایت، تحقیقات عابر پیاده به طور عمده بر مدل‌های مبتنی بر عامل جمعیت عابر پیاده، تمرکز دارد که در نظر گرفتن مسائل هماهنگی‌های محلی را ممکن می سازد(لیم[1]،۲۰۱۲).

مدل‌های تخلیه، شامل محاسبات مهندسی، دستی و ابزارهای محاسباتی است که برای بررسی سطح ایمنی ساختمان در طول تخلیه استفاده می‌شود. طراحی ساختمان و رفتار ساکنین در نتایج به دست آمده از این مدل‌ها، از جمله نتایج زمان تخلیه موثراست. (به عنوان مثال، چه مدت تخلیه ساختمان توسط ساکنین طول می‌کشد).

مدل‌های تخلیه با محاسبه زمان تخلیه ساکنین برای ساختمان چه مدت طول می‌کشد، کمیت عملکرد تخلیه را تعیین می‌کند. به منظور ایجاد این محاسبه، مدل برای شبیه‌سازی دو چیز تلاش می‌کند:

۱) اقداماتی که مردم انجام می‌دهند

۲) مدت زمانی که انجام هر عمل طول می‌کشد.

افزون بر زمان کل تخلیه ساختمان، مدل‌های تخلیه زمان پاکسازی کف و محل نقاط ازدحام در سراسر ساختمان را نیز ارائه می‌کنند. با این حال به دلیل عدم وجود داده‌ها و نظریه‌های رفتار / عمل ساکنین، مدل‌های تخلیه به طور قابل توجهی فرایند تخلیه را ساده کردند و تمرکز بر این است که انجام یک نوع عمل چه مدت به طول می‌انجامد: حرکت ساکنین از مواضع اولیه خود به خارج از ساختمان. به عبارت دیگر، مدل‌های تخلیه در حال حاضر عمدتا برحرکت تخلیه هدفمند کارکنان تمرکز دارند و انجام رفتارهای اضافی را که ممکن است تخلیه امن را به تأخیر بیندازد، شبیه‌سازی نمی‌کنند.

جون ژانگ، ویگوسانگ، ژانگ ژو[2] در مقاله‌ای باعنوان «آزمایش و مدل‌سازی چند شبکه‌ای از تخلیه از یک کلاس[3]» به شرح پیشینه مدل‌سازی رفتارهای عابر پیاده در تخلیه می‌پردازند.

در طول چند سال گذشته، برخی از جریان‌های عابر پیاده توسط مدل‌های تخلیه مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است: مدل اتوماتای سلولی، مدل نیروی اجتماعی، مدل شبکه‌ای گاز ازگرایش اتفاقی عابرین و مدل میانگین زمینه.کرشنر و همکاران، با استفاده از مدل ماشین سلولی با به کاربردن رویکرد بیونیک، انواع مختلف رفتارهای عابر پیاده را از منظم تا وحشت مطالعه کردند و یک وابستگی غیر یکسان از زمان تخلیه بر جفت ثابت یافتند. هلبینگ و همکاران ویژگی‌های دینامیکی فرار با وحشت را با استفاده از مدل نیروی اجتماعی و با توجه به ویژگی‌های وحشت درفرار، مانند گرفتگی عابرین در خروجی‌ها مورد مطالعه قرار دادند.

موراماتسو و همکاران جریان عابرین در یک زیرگذر را با استفاده از مدل شبکه گاز (LG) مورد مطالعه قرار دادند. تاجیما و همکاران نشان دادندکه اگر چگالی بالاتر از آستانه باشد، انسداد رفت و آمد در جریان کانال‌های یک جهته با تنگنا رخ می‌دهد(ژانگ، سانگ و ژو، ۲۰۰۸).

ونگ و همکاران با استفاده از مدل شبکه کوچک، قانون مبتنی بر نیروی توزیع در مدت زمان جریان تخلیه و نیز طول مدت انسداد با سرعت پیاده‌روی مطلوب را پیدا کردند.(که آن هم یک نوع مدل چند شبکه ای است).

هلبینگ روند تخلیه یک کلاس درس را با استفاده از آزمایش و شبیه‌سازی در مدل شبکه گاز مورد مطالعه قرار داده است. ایزوب و همکاران آزمایش جریان مقابل عابر پیاده را انجام داده و نشان دادند که زمان رسیدن به دست آمده از آزمایش با شبیه‌سازی سازگار است.

ناگایی جریان دانش‌آموزانی که در تمام طبقات حرکت می‌کردند و فرآیندهای تخلیه را بررسی کرد. کرتز[4]یک آزمایش گذر عابر پیاده از تنگنا انجام داد و یک کاهش خطی از شار معین را با افزایش عرض نشان داد تا زمانی که تنها یک نفر در یک زمان می‌تواند عبور کند و یک مقدار ثابت برای بزرگی عرض تنگنا به دست آورد.

فروکاوا و همکاران آزمایش‌هایی انجام دادند و رفتار تخلیه

1. Lim,Eng Aik.
2. Zhang, Jun., Song, Weiguo.,Xu, Xuan .
3. Experiment and multi grid modeling of evacuation from a class room
4. Kretz.

گروهی از افراد مسن را با استفاده از مردم عادی باز تولید کردند که «شبیه ساز سالمندان از طریق مسنجر» نامیده می‌شود.

سوشیا و همکاران[1] یک سری از آزمایش‌های تخلیه را در گروه ۲۰ تا ۲۴ نفری دانشجویان (از جمله کاربران صندلی چرخدار با یک کمک) در مسیرهای راه رفتن انجام دادند.

اتانابه و همکاران به منظور واضح کردن اصول حاکم بر جهت و سرعت افراد در یک جمعیت متراکم؛ آزمایشی بر روی رفتار جریان تخلیه جمعیت در یک راه پله (با استفاده از ۵۰ نفر) انجام دادند.آکی زوکی[2] با توجه به شرایط نوری، تراکم دود و دقت بصری افراد، مطالعه تجربی بر سرعت راه رفتن در مسیر فرار ایجادکردند(ژانگ، سانگ و ژو، ۲۰۰۸).

روش

پژوهش حاضر یک پژوهش مروری است و سعی در بررسی و تبیین عوامل مؤثر بر تخلیه اضطراری ساختمان دارد، از این رو روش تحقیق از نوع توصیفی- تحلیلی بوده و با بررسی پژوهش‌های پیشین و اسناد مکتوب، جمع‌آوری عوامل مؤثر بر تخلیه اضطراری ساختمان در مواقع بحران به ویژه در آتش‌سوزی مورد نظر است. در نوشتار حاضر تاکید بر بررسی و مرور مهمترین عوامل موثر بر تخلیه اضطراری ساختمان از جمله عوامل انسانی و همچنین بخشی از عوامل ساختمانی به عنوان عوامل طراحی و معماری است.

تخلیه اضطراری ساختمان در آتش سوزی

ضوابط موجود در زمینه ایمنی ساختمان‌ها در برابر آتش راهکارهای مناسبی پیش روی معماران جهت طراحی ایمن قرار می‌دهد؛ اما همچنان جای خالی بررسی‌هایی در ضوابط ایمنی وجود دارد. به این مسئله که آیا کاربران ابنیه با ویژگی‌های جسمانی و رفتاری متفاوت، می‌توانند در زمان مناسب ساختمان را ترک کرده و به محل امن بروند، نیز کمتر پرداخته شده‌است (http://news.mrud.ir) .

به طور کلی می‌توان عوامل مهمی را در تأثیر آتش بر انسان و نجات آن در هنگام آتش‌سوزی بیان کرد. سه عامل تعیین کننده درجه عملکرد پاسخ به آتش در جریان آتش سوزی در یک ساختمان به شرح زیر است:

الف-ویژگی‌های انسانی: شامل ویژگی‌های فردی، شخصیت، دانش و تجربه، قدرت مشاهده، قدرت قضاوت، قدرت حرکت، ویژگی‌های اجتماعی، وابستگی(به عنوان مثال خانواده)،کار، نقش/ مسئولیت، ویژگی‌های موقعیتی، اطلاع، موقعیت فیزیکی، آشنایی با مسیرتخلیه

ب- ویژگی‌های آتش: شامل ویژگی‌های ادراکی، ویژگی‌های بصری، ویژگی بو، ویژگی‌های قابل شنیدن، ویژگی‌های مشهود نرخ رشد آتش، عملکرد دود، میزان سمیت،حرارت

ج-ویژگی‌های ساختمانی: شامل ویژگی‌های مهندسی، ظاهرساختمان، تأسیسات، مصالح، محفظه، اندازه ساختمان، ویژگی‌های موقعیتی نقطه تمرکز، تراکم افراد، سهولت پیداکردن مسیر، تیم سازی تخلیه، نگهداری.

در نوشتار حاضر، به دلیل تاثیر بیشتر عوامل انسانی و عوامل طراحی راههای خروج و دسترسی، تاکید بر بررسی و مرور عوامل انسانی و همچنین بخشی از عوامل ساختمانی به عنوان عوامل طراحی و معماری است.

مراحل فرار در تخلیه اضطراری

ارزیابی زمان می‌تواند در تشخیص مقدار زمان مورد نیاز هنگام تخلیه و نیز دیگر مواردی باید فرار وی داشته باشیم، مفید و موثر واقع شود. شناخت مراحل فرار در مدل زمان‌سنجی تخلیه سودمند است. در ادامه به ذکر مراحل فرار پرداخته شده است.

مرحله هشدار و آگاه سازی

این پیغام‌ها جهت آگاهی مردم در مورد شرایط اضطراری و سایر موارد مربوط به تخلیه داده می‌شود.

بازخورد افراد نسبت به آژیر خطر: هنگام بروز حادثه همگام با صدای آژیر، عکس‌العمل‌هایگوناگونی می‌تواندشکل گیرد. مطالعات گوناگونی روی بازخورد انسان به حریق یا آژیر حریق انجام شده است. این مطالعات نشان داده است که افراد بیشتر بازخورد فورینسبت به آژیر حریق نشان نمی‌دهند، به جای آن ممکن است برای کسب اطلاعات بیشتر با دیگران تماس بگیرند و یا ارزیابی غلطی از وضعیت بنمایند و یا حتی آژیر خطر را نادیده بگیرند. مطالعه آتش‌سوزی‌های پیشین نشان می‌دهد که

1. Tsuchiya .
2. Akizuki.

اشتباهات مردم و عدم اطلاع کافی از محیط بیش از دستپاچگی و وحشت‌زدگی باعث تلفات می‌شود. در جاهایی که برنامه واضح تخلیه وجود دارد یا دستورالعمل و علامت‌های روشن و واضح موجود باشد مردم از آن تبعیت خواهند کرد. گنجاندن آژیر حریق و شبکه تشخیص حریق در سیستم ایمنی ساختمان، کمک مهمی به عکس‌العمل سریع ساکنان بوده و آن ها را به واکنش جدی تشویق خواهد کرد. آموزش نیز اهمیت بسیاری در عکس‌العمل صحیح ساکنان و یا اعضای ساختمان خواهد داشت.

مرحله جابجایی و تخلیه

نظام ایمنی حریق در ابنیه، اصوای را برای جابجایی مردم از منطقه‌ای که در معرض خطر است، به حاشیه امن پیش‌بینی کرده است. بر اساس این اصول ایمنی فاکتورهایی چند به شرح ذیل برای انجام تخلیه مؤثر الزامی است: وسعت ناحیه‌ای که باید تخلیه شود، تعداد مردمی که باید تخلیه شوند، زمانی که در اختیار داریم، ظرفیت سیستم‌های حمل و نقل. در فرایند طراحی باید مسیرهای تخلیه اولیه و ثانویه جهت مناطقی که تحت تأثیر خطر خواهند بود، در نظر گرفته شود. مسیرهای تخلیه باید با توجه به نقشه آن منطقه طراحی شود، تا اطمینان حاصل گردد که مسیرهای انتخاب شده از هر نظر مناسب هستند. نتیجه فرایند بررسی نقشه این است که هر عامل بالقوه‌ای که در کند کردن جابجایی اثر دارد، شناسایی نماید. شناسایی سریع این موارد در زمان طراحی باعث می‌شود که مسیرهای فرعی و جایگزین در نظر گرفته شود (استولارد و آبرامز، ۱۳۸۷).

مراحل جابجایی و تخلیه (فرار) به چهار مرحله مشخص تقسیم می‌شود:

- مرحله اول، فرار از اتاق یا محل شروع حریق؛
- مرحله دوم، فرار از طریق مسیر تردد تا رسیدن به در خروجی نهایی یا راه پله نجات و یا یک اتاق مجاور به عنوان پناهگاه. مرحله دوم تخلیه می تواند فقط شامل تخلیه به یک منطقه امن (پناهگاه) در همان طبقه باشد؛
- مرحله سوم، فرار از طبقه خود به طبقه همکف؛
- مرحله چهارم، فرار نهایی از طبقه همکف.

در ساختمان‌های خیلی پیچیده که در آن‌ها عملیات تخلیه مرحله‌بندی شده است، توضیح مراحل به شرح زیر است. در مرحله اول اطمینان حاصل آید که خارج شدن از اتاق مبدا که ساکنان آن در کمترین زمان ممکن ، از وقوع حریق ، مطلع خواهند شد. در اتاق های بزرگ لازم است که دو در خروجی وجود داشته باشد، به طوری که ساکنان در هر حالتی خیلی دور از در خروجی نباشد. حداکثر مسافتی را که آن‌ها برای خروج از اتاق باید طی کنند، مسافت مرحله اول گفته می شود. (استولارد وآبرامز،ص ۹۷، ۱۳۸۷).

مرحله دوم مرحله خروج از محل حادثه است، که عبارت است از ترک منطقه و یا محلی که در آن آتش شروع شده است. این مرحله معمولا با استفاده از مسیر تردد که به بیرون و یا راه‌پله‌های اضطراری و یا به یک منطقه مجاور (به عنوان پناهگاه) منتهی می‌شود، صورت می‌گیرد. لازم است ساکنان به یک محل امن دور از محل وقوع حریق بروند. طراح باید تقسیم بندی ساختمان را طوری انجام دهد که تمام ساکنان، قبل از آن که دود و آتش آن‌ها را از پای درآورد، وقت کافی برای فرار از محل استقرار خود داشته باشند. در نتیجه اکثر مقررات ساختمانی، مسافت فرار را با استفاده از تجربیات گذشته تعیین می‌کنند. معمول‌ترین عددی که برای زمان فرار به کار برده می‌شود، ۲/۵ دقیقه است و از این رقم در طراحی استفاده می‌گردد. طراح یکی از دو راه را می‌تواند انتخاب نماید، یا باید اقدام به تحلیل کامل تمامی مکان‌های ممکن حریق و انواع حریق نموده و گسترش آن‌ها را شبیه سازی نماید و اثر آن را روی ساکنان بررسی کند؛ و یا از اصول اولیه ایمنی حریق کمک گرفته و تخمین مناسبی از احتمال خطر جانی و مدت زمان ممکن فرار بنماید. رقم اولیه ۶۰ متر، یک برآورد محافظه‌کارانه از مسافتی است که یک فرد سالم می‌تواند یک راهرو بدون مانع را در عرض یک دقیقه طی نماید. در انتخاب مسافت قابل عبور در مدت زمان یک دقیقه، در واقع تأکید بر این است که در حالت مطلوب فرار بین مرحله اول و دوم به وسیله ساکنان باید در مدت یک دقیقه پس از دیدن حریق و یا شنیدن زنگ خطر کامل گردد(استولارد وآبرامز،ص ۱۰۱، ۱۳۸۷).در جدول (شماره ۱) نوع ساختمان و فواصلی که باید طی شود، آورده شده است.

جدول ۱. نوع ساختمان و فواصلی که باید طی شود (استولارد و آبرامز،ص ۱۰۳، ۱۳۸۷)

نوع ساختمان	مسافت(متر)		
	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم
ادارت ، اماکن تجاری ، مدارس	۱۰	۲۰	۳۰

در این فرایند نسبت مسافت‌های مرحله اول به دوم را، یک دوم در نظر می‌گیرند. فرار مرحله یک، یعنی از اتاق اقامت معمولا فقط در یک جهت امکان پذیر است، ازاین رو ارقام داده شده برای این مرحله بر مبنای یک مسیر است. اما به محض خارج شدن از اتاق، طراح باید مسیرهای جایگزین در نظر بگیرد؛ به طوری که ساکنان بتوانند در احتراز از حریق در جهات دیگر فرار کنند. بدین ترتیب مسافت‌های مرحله دوم بر این فرضیه استوار است که راه‌های فرار متعددی وجود دارد و آن مسافتی درست است که به راه خروج نزدیک‌تر باشد.

مرحله سوم: فرار از طبقه خود به طبقه همکف است. اما این مرحله همواره ضروری یا قابل توصیه نیست. شاید عاقلانه‌تر این باشد که در یک قسمت دیگر ساختمان، که از منطقه آتش به وسیله دیوارهای فضابندی جدا شده است، پناه گرفت. پناه گرفتن در ساده ترین حالت بدین معنی است که فرد ناتوان و یا کسانی که دارای قدرت تحرک کافی نیستند، باید تنها مسافتی کوتاه در درون ساختمان را طی کنند، تا به یک منطقه محافظت شده برسند و در آن جا در صورتی که آتش مهار نشده باشد، منتظر عملیات تخلیه شوند. پناهگاه‌های آتش را در هر طبقه در مجاورت راه‌پله‌ها یا آسانسورها در نظر می‌گیرند. در مناطق دیگر، ساختمان را به مناطق محافظت شده کوچکتر تقسیم می‌کنند، این تقسیم‌بندی هم به محدود و محصور کردن حریق کمک می‌کند و هم می‌تواند به عنوان یک پناهگاه مورد استفاده قرار گیرد.

در مرحله سوم با فرار از منطقه اقامت که در آن آتش‌سوزی شروع شده است، افرادی که در طبقات فوقانی ساختمان ساکن هستند، می‌خواهند خود را به طبقه همکف برسانند و این فرار عمودی را مرحله سوم می نامند. حتی اگر نقشه فرار شامل برنامه‌های پناه گرفتن در طبقه خود باشد، فرار عمودی به عنوان آخرین چاره باید در نظر گرفته شود. مشخصه مهم مرحله سوم فرار این است که آن عده که خود را به این مرحله رسانده‌اند، در حقیقت از خطر حریق دورمانده‌اند، آن‌ها قادرند بدون مواجه شدن با خطر آتش سوزی، از یک مسیر امن ساختمان را ترک کنند. در ساختمان‌های بزرگتر تخلیه را مرحله‌بندی می‌کنند، به طوری که تمامی ساکنان ،به طور همزمان به راه پله‌ها نرسند.

مرحله چهارم: فرار نهایی در طبقه همکف، در این مرحله فرار از پای راه پله‌ها به بیرون ساختمان صورت می‌گیرد .تمامی پله‌ها نباید منتهی به یک نقطه از طبقه همکف گردند، در این صورت یک حادثه در این محل می‌تواند منجر به بسته شدن همزمان تمامی راه‌های فرار گردد. خروجی نهایی و طرح بیرونی یک ساختمان نیز باید در برنامه‌ریزی فرار در نظر گرفته شود. باید خروج از ساختمان و گرفتن فاصله امن از ساختمان به راحتی مقدور باشد. در برنامه‌ریزی باید حجم جمعیتی که می‌خواهند از ساختمان فرار کنند، در نظر گرفته شود (استولارد و آبرامز،ص۱۰۸، ۱۳۸۷).

عوامل موثر بر تخلیه اضطراری ساختمان

الف) عوامل انسانی: عوامل انسانی نقش مهمی در تخلیه اضطراری دارند. عوامل انسانی مورد بحث عبارتند از: سن و جنس کاربران، فضا و نوع کاربر، ویژگی‌های آن‌ها مانند سرعت تصمیم‌گیری، سرعت حرکت در بخش‌های مختلف راه خروج و مانند آن؛ در تحقیقات بسیاری ویژگی‌های کاربران و اثر آن بر تخلیه اضطراری مورد بررسی قرار گرفته است. در پژوهشی در سال۲۰۱۷ عوامل انسانی در تخلیه اضطراری ساختمان های بلند مسکونی مورد مطالعه قرار گرفته است که بر اساس نتایج آن عاملی مانند دانش و مهارت مواجهه با آتش از سوی ساکنان بسیار مهم است.(گرگز و همکاران ،۲۰۱۷)درمطالعات مختلفی به تاثیر عوامل فرهنگی بر تخلیه اضطراری پرداخته شده است از جمله با مقایسه شهروندان عربستان سعودی و آمریکا مسایلی مانند تفاوت در زمان واکنش و زمان قبل از حرکت و تشخیص بررسی شده است. (المجمج،اسکورینکو،میچام،۲۰۱۷)

تمام مدل‌های تخلیه در مورد ویژگی‌های کارکنان، اقدامات آن‌ها در طول تخلیه، تأخیری که ممکن است رخ دهد و سرعت حرکت انواع مختلف ساکنین نیاز به اطلاعات دارند. توسعه یک پایگاه داده گسترده برای مدل‌های تخلیه ضروری است، برخی از داده‌های مورد بررسی ازاین قبیل‌اند:

زمان پیش از حرکت: مردم هنگام آگاه شدن از وضعیت اضطراری،

واکنش سریع از خود نشان نمی‌دهند، لذا زمان اتلاف میان زمانی که به مردم برای نخستین بار درباره یک حادثه هشدار داده می‌شود و زمانی‌که آنها شروع به ترک محل می‌کنند، شامل زمانی است که افراد برای تخلیه آماده می‌شوند.

سرعت راه رفتن: تعیین سرعت حرکت افراد بر روی انواع مختلفی از سطوح، بالا و پایین پله‌ها، در تراکم مختلف ازدحام و برای افراد با طیف وسیعی از توانایی فیزیکی درنظرگرفته می‌شود.

ویژگی‌های کاربران فضا: ویژگی‌های متفاوت افراد دچار حادثه که در مدت زمان تخلیه درگیر می‌شوند، بر روند زمان ترک ساختمان تأثیر می‌گذارد. مواردی چون سن، جنس، میزان آشنایی و آموزش و غیره. این نکته نیز برای محاسبه تفاوت در کنش و واکنش در میان مردم دارای اهمیت است.

اثر انسداد بر مسیر سفر: که می‌تواند موجب تأخیر در خروج شود.

– تصمیم برای انتخاب خروجی‌ها: مسیرهای سفر را تعیین می‌کند و زمان سفر را تحت تاثیر قرار می‌دهد(فاهی[1]، ۲۰۰۵).

زمان پیش از حرکت[2]: زمان پیش از حرکت شامل زمان پس از اعلام یا آشکار شدن نشانه حادثه و پیش از شروع حرکت متصرفان بنا، به سوی مبادی خروج است. این زمان از دو بخش تشکیل شده است: زمان تشخیص و زمان پاسخ.

زمان قبل از حرکت، به عنوان مدت زمان سپری شده بین هشدار دهنده و لحظه‌ای که دانش آموزان شروع به حرکت می‌کنند، تعریف شده است. دانش آموزان در کلاس درس به طور معمول درحال تحصیل هستند. درنتیجه، پس از شنیدن زنگ برخی از دانش آموزان طبق عادت به جای فرار سریع شروع به مرتب کردن وسایل خود می‌کنند. افزون بر این، به خوبی مشخص شده است که تفاوت آشکاری بین زمان واکنش در میان مردم وجود دارد. در این مورد نیز، به نظر می‌رسد زمان پیش از حرکت برای دانش آموزان تفاوت‌های زیادی دارد. ساختمان‌هایی مانند کلاس درس، تئاتر و غیره، موانع به نسبت بیشتری نسبت به دیگر ساختمان‌ها دارند. پیش از آن‌که یک عابر به راهرو برسد، باید عابر پیاده مقابلش را دنبال کند، یا صبر کند. در چنین شرایطی معمولا نمی‌توان پیشی گرفت. بدین ترتیب در نظر گرفتن تأثیر از زمان قبل از حرکت، در تخلیه امری مهم و ضروری است(ژانگ، سانگ و ژو، ۲۰۰۸).

تعریف دیگر این واژه این است که هنگام پاسخ اولیه، یا زمانی برای شروع که می‌تواند اینچنین تعریف شود:هنگامی‌که یک متصرف متوجه اتفاق غیر معمولی می‌شود، تا زمانی‌که برای خروج از بنا یا یافتن پناهگاه تصمیم می‌گیرد .داده‌ها برای زمان تأخیر متنوع بوده و عوامل زیادی بر آن موثرند. نوع بنا(تصرف) یکی از این موارد است و می‌تواند به صورت: کاربری‌های اداری، تجاری، فضاهای تفریحی عمومی، مدارس و بیمارستان‌ها دسته‌بندی شود.

با توجه به مطالعات انجام شده، میانگین زمان‌های قبل از حرکت با توجه به نوع ساختمان بیش از ۱۲۰ ثانیه است. زمان‌های قبل از حرکت در محدوده ۵۴۰- ۰ ثانیه است که از حوادث آتش‌سوزی که در آن انواع مختلف افراد حضور دارند جمع آوری شد. با توجه به این متوسط زمان‌های قبل از حرکت در انواع مختلف ساختمان‌ها، یافت شد که این زمان قبل از حرکت در مکان‌های سرگرمی عمومی، دفاتر، مغازه‌ها و مکان‌های تجاری، مدارس، بیمارستان‌ها و خرده فروشی‌های بزرگ کاهش می‌یابد.

با توجه به آزمایش‌های انجام شده در ساختمان‌های آپارتمانی، مشخص شده که سیستم زنگ خطر بیشترین تأثیر را در زمان قبل از حرکت دارد، که بین ۱۵۰ تا ۵۸۲ ثانیه متغیر است. حداقل زمان وقتی رخ داده که سیستم‌های اعلام حریق، دو مرحله در داخل هر آپارتمان نصب شده و حداکثر زمانی بوده که سیستم‌های اعلام حریق مرکزی تک مرحله بر روی دیوار راهرو نصب شده بود ثبت شد.

سرعت حرکت

سرعت حرکت عامل مهمی است که در مدل‌های تخلیه به کار گرفته می‌شود و با عوامل بسیاری تغییر می‌کند. مانند انواع حرکت، شرایط حرکت، انواع متصرفان و انواع مکان‌ها. اقدامات متعددی برای تخمین سرعت حرکت یک فرد معمولی صورت گرفته است و بیشتر به رقم ۶۰ تا ۸۰ متر در دقیقه رسیده‌اند. در نتیجه شاید بتوان به عنوان یک الگوی خام عدد ۶۰ متر در دقیقه را برای سرعت حرکت یک انسان با توانایی معمولی در نظر گرفت. طراح باید ارزیابی کند که چه نسبت از ساکنان قادر خواهند بود تا بر طبق برنامه از آتش بگریزند. شاید مناسب باشد که در طرح‌های خیلی

1. fahy
2. pre-movement time

بزرگ از مدل‌سازی‌های رایانه‌ای استفاده شود. در طراحی ساختمان فرودگاه استانستد، شرکت اوآروب و شرکاء طبق قرارداد یک طرح ایمنی حریق برای فرودگاه ارائه شد. این شامل یک مدل رایانه‌ای برای نشان دادن گسترش دود ناشی از یک حریق استاندارد در داخل ترمینال می‌شد که در آن طیفی از افراد با توان حرکت متفاوت از هم قرار داشتند. این مدل قادر است که امکان رد شدن آخرین فرد ناتوان از خروجی را قبل از آن‌که دود سیاه تمام محوطه را در بر گیرد، بررسی نماید. سرعت حرکت بر اساس عوامل مؤثر بر آن در جدول(شماره۲) آمده است.

جدول ۲. سرعت حرکت افراد براساس برخی عوامل موثر برسرعت(شی، ژی و چنگ[1] ،۲۰۰۹)

عوامل موثر		سرعت m/s	محدوده m/s
نوع حرکت	حرکت آزاد		۱/۲ -۱/۸
	حرکت خروج		۰/۸ -۱/۵
شرایط حرکت در راهروها و ...	آهسته	۱/۴	
	بهینه	۰/۷۰	
	متوسط	۰/۳۹	
	فشار	۰/۱۰	
نوع مکان	مکان عمومی		۰/۵۱ -۱/۲۷
	بلند مرتبه	۱/۰۵	۰/۵۷ -۱/۲
	آپارتمان	۰/۹۵	۱۱۲-۰،۵۶
نوع افراد	کودکان	۱/۰۸	
	زنان	۱/۰۴	
	مردان	۱/۰۵	
	بزرگسالان	۱/۰۴	
	زنان مسن	۱/۲۴	
	مردان مسن	۱/۳۰	
	سالمندان	۱/۲۷	

جدول(شماره۳) سرعت سفردر پله با تراکم سرنشینان مختلف را نشان می‌دهد. این آزمایش بر روی پله با شیب۳۲ گرادیانت، گرفته شده است که ارتفاع و عرض پله ۰/۱۷ و ۰/۲۷ متر بود. فاصله بین میله ها ۱/۳۴ متر و فاصله از دیوار به میله ۷/۵ سانتیمتر بود.

جدول ۳. سرعت راه رفتن روی پله براساس ویژگی‌های کاربران (شی، ژی و چنگ ، ۲۰۰۹)

عوامل		میانگین زمان پیش ازحرکت	محدوده	انحراف معیار	تعداد
تعداد عملیات قبلی	کوچکتر مساوی۱	۵۶/۹	۱۴۱-۸	۳۸/۴	۶۲
	۲	۷۱	۱۶۷-۱۴	۳۱/۶	۱۲۱
	بزرگتر مساوی ۳	۱۰۴	۲۰۰-۱۷	۳۴/۴	۴۱
سطح اعلان	بدون اعلان	۶۴/۸	۲۰۰-۱۰		۱۱۹
	اعلان بوسیله دانش آموزان	۹۱/۶	۱۹۶-۳۸		۲۲
	اعلان بوسیله کارکنان	۸۱/۴	۱۴۷-۸		۸۷
تاخیر عملیات	اطلاع دادن به دیگران	۱۰		۳	
	اطلاع به آتش نشانی	۳۰		۹	
	انفعال	۶۰		۱۸	
	جمع آوری متعلقات	۳۰		۹	
	تلفن زدن به دیگران	۳۰		۹	
	باز یا بستن در و پنجره ها	۵		۱/۵	
	خاموش کردن تجهیزات	۲۰		۶	
	نجات	۳۰		۹	
	لباس پوشیدن	۶۰		۱۸	
	بیدار شدن	۶۰		۱۸	

درجدول(شماره۴) عوامل موثر در سرعت بالا و پایین رفتن از پله آورده شده است.

سرعت حرکت در پله‌ها را می‌توان در دو مورد بررسی کرد: بالارفتن و پایین آمدن. سرعت پایین آمدن کمی سریعتر از بالارفتن است، اما تفاوت خیلی محسوس نیست. به طور کلی، سرعت حرکت در پله ها از ۰/۴۰ تا ۱/۰۵ متربر ثانیه است.حداقل زمانی رخ می‌دهد که شیب پایین پله ۴۵ است. حداکثر زمانی رخ می‌دهد که ارتفاع و عرض به ترتیب ۰/۱۷ متر و ۰/۳۳ متر است. مشابه به وضعیت سرعت راه رفتن، طیف وسیعی از سرعت سفر کارکنان معلول در پله‌ها وجود دارد، که دامنه ۰/۱۰ تا ۱/۸۳ متربر ثانیه، گسترده تر از افراد طبیعی است.

1. Shi, Long., Qiyuan Xie, Xudong Cheng

جدول ۴. عوامل موثر در سرعت بالا و پایین رفتن از پله)شی، ژی و چنگ ، ۲۰۰۹)

عوامل موثر		سرعت (متر/ثانیه)	
		بالارفتن ازپله	پایین رفتن ازپله
تراکم کاربر(نفر/ مترمربع)	یکی یکی		۱
	۲/۵ ۲/۴		۰/۸۸
	۲/۲		۰/۸۲
	۱/۵	۰/۵۷	۰/۹۱
	۱/۵	۰/۷۶	
	۲	۰/۷۲	
	یکی یکی	۰/۸۰	
شرایط حرکت سفر	پایین	۰/۸۰	۱/۰۰
	بهینه	۰/۴۰	۰/۵۰
	میانه روی	۰/۲۲	۰/۲۸
	فشرده شدن	۰/۱۰	۰/۱۳
سن کاربر	آقایان ۳۰ >	۰/۶۷	۱/۰۱
	۳۰-۵۰	۰/۶۳	۰/۸۶
	۵۰ >	۰/۵۱	۰/۶۷
	خانم ها ۳۰ >	۰/۶۳۵	۰/۷۵۵
	۳۰-۵۰	۰/۵۹۰	۰/۶۵۵
	۵۰ >	۰/۴۸۵	۰/۵۹۵
نوع کاربر	بچه ها	۰/۲۹	۰/۳۱
	خانم های سالمند	۰/۲۷	۰/۲۶ ۰/۲۸
	آقایان سالمند	۰/۲۸	۰/۲۹

تاثیردود بر سرعت راه رفتن

تحقیقات زیادی در اندازه‌گیری سرعت راه رفتن در شرایط عادی در ساختمان‌های مختلف برای تعداد زیادی از مردم متمرکز شده است. در مقابل، تحقیقات بسیار کمی با تمرکز بر سرعت راه رفتن در محیط‌های پر از دود انجام شده است. برایان، به عنوان مثال، نشان می‌دهد که ۶۲٫۷ درصد از جمعیت در مطالعه از میان دود عبورکردند و ۲۹/۲درصد در نهایت عقب‌نشینی کردند. به طور مشابه، اظهار داشت که ۵۹/۶ درصد از جمعیت ازدود، عبورکردند و ۲۶ درصد برای برخی از دلایل بازگشتند. تمایل به حرکت از میان دود در طول تخلیه، افزون بر این، در مطالعات اخیر تایید شده است. با این حال، هنوز مجموعه داده‌های در دسترس به سرعت در محیط‌های پر از دود سیگار راه رفتن کمیاب است. در همان زمان، ارزیابی آتش مهندسی ایمنی RSET به خصوص در سیستم‌های حمل و نقل زیرزمینی شامل طراحی برای تخلیه در دود است .[1] اطلاعات موجود در سرعت راه رفتن در دود را می توان در محاسبات خروج در راه ارایه کرد. دو روش اصلی به شرح زیر وجود دارد:

- برای استفاده از کاهش سرعت راه رفتن آزادانه مردم به عنوان تابعی از چگالی دود (یا دید)
- برای استفاده از کاهش مطلق سرعت راه رفتن به عنوان یک تابع از چگالی دود یا دید. هر دو این روش ها مستلزم آن است که داده های موجود برای ارتباط توصیف کاهش سرعت به صورت تابعی از چگالی دود مورد استفاده قرار گیرد. متوسط سرعت راه رفتن هر شرکت کننده به عنوان تابعی از ضریب خاموشی [2]همراه با خط رگرسیون خطی و مرزهای پیش بینی برای منحنی برازش ست (سطح اطمینان ۹۵ درصد) (فریدلف،آندره، نیلسون و فرانتتزیچ[3]، ۲۰۱۳).

ویژگی‌های کاربران فضا

بخش مهمی از امکانات نرم افزار، امکان وارد کردن ویژگی‌هایی ازکاربران فضاست که بر روی سرعت فرار تأثیر می‌گذارد. با توجه به مدل نیروی اجتماعی، حرکت پیاده بر اساس تمایل به رسیدن به مقصد، و نیز تأثیر محیط بر روی آن تعیین می‌شود که به برخی از موارد پرداخته می شود:

متغیرهای فیزیکی افراد: عرض شانه و قد به‌عنوان یکی از شاخص‌ها درنظرگرفته می‌شود.

---

۱. اولین و احتمالا بیشتر ین منبع، پژوهش در سرعت راه رفتن در دود توسط جین انجام شد .این شامل ۱۰ شرکت کننده مرد است که ازمیان یک راهرو ۲۰ متری پر از دود یا محرک (تولید شده توسط سوختن چوب) و یا دود nonirritant (تولید شده توسط سوختن نفت سفید) حرکت آموزش داده شد، با ضرایب خطر مختلف از حدود ۰٫۳ تا ۱٫۵متر .این مطالعه نشان داد همبستگی منفی بین سرعت راه رفتن و ضریب خاموشی، وجوددارد، سرعت راه رفتن با افزایش چگالی دود کاهش می یابد. این نتایج در یک مطالعه شامل ۳۱ شرکت کننده اند: ۱۴ مرد، عمدتا دانش آموزان، و ۱۷ نفر زن، عمدتا زنان خانه دار .

با وجود این واقعیت که دو مطالعه قبلی درسال ۱۹۷۰ انجام شد، مطالعات کمی ازآن زمان به منظور تایید اعتبار نتایج انجام شده است. استثنائات شامل مطالعات رایت، کوک و وبر و کلاه خود و همکاران. Wright, Cook and Webber and Galea به دلیل داده های محدود، نتایج ارایه شده توسط جین و یامادا به طور معمول در محاسبات خروجی استفاده می شود. این امر باعث خطر آشکار از انتشار عدم قطعیت در تجزیه و تحلیل مهندسی است.

2. extinction coefficient

3. Fridolf,Karl, Kristin Andree, Daniel Nilsson and Hakan Frantzich

میزان آشنایی افراد با مسیرهای تردد: در اکثر ساختمان‌ها ضروری است که مسیرهای تردد و فرار را امتحان نمود تا نقطه‌ای که در آن بیشترین تردد صورت می‌گیرد، تعیین شود. در یک ساختمان غریب و نا آشنا، در صورت بروز حریق مردم به طور ناخودآگاه سعی خواهند کرد از راهی که آمده‌اند، فرار کنند؛ حال اگر مسیر فرار از حریق در جهت مخالف راه ورود باشد مشکل خواهد بود که آن‌ها را قانع و یا متوجه این موضوع کرد. بنابراین راه‌های معمول تردد و خروجی‌های ساختمان را باید همیشه جزو راه‌های فرار حریق در نظر گرفت. از طراحی و ساختن راه‌های فرار ویژه که جزو مسیرهای تردد روزانه نیست ، حتی‌الامکان باید خودداری گردد.(محافظت ساختمان)

تعداد افرادی که خروجی آشنا و خروجی اضطراری را انتخاب می‌کنند تقریبا یکسان است. قابل ذکر است که بسیاری از افراد نزدیکترین خروجی را انتخاب می‌کنند.

عوامل مؤثر بر تصمیم برای انتخاب خروجی‌ها و انسداد مسیر

در این بخش رفتار کاربران فضا مورد ارزیابی قرار گرفته است. نرم‌افزار در شبیه‌سازی رفتار کاربران عواملی را در نظر می‌گیرد که در ادامه به برخی از موارد اشاره می‌شود:

- **جریان پیوسته کاربران به سمت خروج:** هر کاربر می‌تواند رفتار بقیه افراد را در اطرافش، به ویژه جلوتر از خودش ارزیابی کند. برای مثال، یک کاربر، فرد جلویی را که نزدیک است، دنبال خواهد کرد و در همان زمان و مطابق با وی حرکت به جلو و یا توقف دارد و در نتیجه جریان عابرین در داخل راهرو به سمت خروج پیوسته می‌شود.
- **صف:** از ضبط ویدیو، مشاهده می‌شود که کاربران به سختی در خط افقی یا عمودی با همسایگان خود می‌ایستند.
- **خروج انحصاری:** خروجی، که از طریق آن دو فرد با موفقیت می‌توانند با توجه به عرض شانه عبور کنند، گاهی تنها در انحصار یک عابر پیاده قرار می‌گیرد. در این شرایط از عرض خروجی به طورمناسب استفاده نخو.اهد شد.
- **تأثیر عامل ترس و وحشت و شوک:** در مطالعه، برای بررسی ترس و وحشت و شوک از عامل روانی بی صبری در مدل نیروی اجتماعی استفاده می‌شود. بروز این عامل در رفتار کاربران به نحوی موجب تأخیر زمانی در واکنش می‌شود.

ب)عوامل طراحی: نقش طراحی معماری در تخلیه اضطراری

به گزارش پایگاه خبری وزارت راه و شهرسازی، بر اساس نتایج یک پژوهش، معماری ساختمان رابطه مستقیمی با مدیریت اصولی بحران در زمان آتش‌سوزی دارد و توجه به تعداد، ابعاد و موقعیت راه‌های خروج در معماری ساختمان‌ها به ویژه در اماکن عمومی حیاتی است(http://news.mrud.ir). اماکن شهری با ارائه راهکارهایی می‌توانند در شرایط بحران آمادگی لازم جهت پایداری و ادامه فعالیت خود را داشته باشند. برخی از این راهکارهای که در طراحی معماری باید به آن توجه شود در زیر بیان شده است: (حسینی و کاملی، ۱۳۹۱)

- شاخص و خوانا بودن مسیر ورودی و خروجی و ایجاد خروجی‌های اضطراری متعدد در طبقات؛
- ابعاد راه پله‌ها برای تسهیل خروج اضطراری به خصوص برای فضاهای پر خطر وسیع‌تر از اندازه استاندارد معمول باشد.
- خروج اضطراری برای طبقات همکف تا دوم از طریق پنجره ممکن باشد.
- کف مسیرهای حرکتی لغزنده نباشد.
- درب‌ها به سمت خارج باز شوند.
- فضاهای حساس(آزمایشگاه، کتابخانه، تاسیسات) در زیرزمین یا در نهایت سطح همکف بنا شود.
- استفاده از مصالح مقاوم در برابر حریق در ساخت فضاهای پرخطر

جدول ۵. عوامل طراحی موثر بر راه های خروج و فرار از آتش (بختیاری، زمانی، قاسم زاده و تسنیمی،۱۳۸۹،ص ۱۰ تا۱۶)

عوامل موثر بر طراحی راه های فرار	نوع و تصرف ساختمان
	زمان تخلیه
	محتویات ساختمان
	فاصله تردد
	تعداد، عرض و موقعیت راه خروج
	محافظت راه پله ها
	درهای مسیر خروج و عرض آن ها
	روشنایی مسیر خروج و روشنایی اضطراری
	سیستم های کشف و اعلام حریق
	سیستم های خودکار اطفاء.
	ارتفاع ساختمان
	مساحت کف طبقه یا فضای حریق
	حجم ساختمان یا فضای حریق

عوامل موثر بر فضا بندی آتش در طراحی ساختمان	ایجاد فضاهای کاملا محافظت شده برای سهولت در فرار ایمن افراد
	جداسازی تصرف های گوناگون و خطر پذیری های متفاوت از یکدیگر
	جداسازی فضاهای ارتباطی
	تامین و محافظت پناهگاه های موقت در ساختمان
	محدود کردن حریق در کف محل وقوع ، به خصوص در ساختمان های مرتفع
	تامین فضاهای دسترسی برای آتش نشانان
	ارتفاع ساختمان
	مساحت کف طبقه یا فضای آتش
	محل قرارگیری اجزای ساختمانی

بخش اعظم عوامل طراحی در قالب ضوابط و استانداردهای طراحی در کشورهای مختلف تدوین شده‌اند.این ضوابط حداقل‌های لازم را برای تخلیه اضطراری سریع و ایمن ارائه می‌دهند. در ایران مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و راهنمای آن و همچنین آیین‌نامه حفاظت از آتش و دستورالعمل‌های سازمان آتش‌نشانی ضوابط لازم‌الاجرا را در پیشگیری، ایمنی و تخلیه اضطراری در هنگام آتش سوزی ارائه کرده است.

بر اساس مرور مطالعات پیشین به طورخلاصه عوامل معماری موثر در زمان تخلیه را می توان در زیرگروه های ابعاد فضاها و موقعیت فضاها جمع بندی کرد.این عوامل در جدول(شماره۶) ارائه شده اند.

جدول۶. عوامل معماری موثر در زمان تخلیه

عوامل معماری موثر در زمان تخلیه	
ابعاد فضاها	بلندترین طول هرفضایی که احتمال دارد فردی را درخودجای دهد.
	عرض تمامی راهروها به ویژه راهروهای دسترسی به پله فرار
	توجه به عدم مسدودشدن هر قسمت از مسیردسترسی به پله های خروج اصلی و اضطراری
	عرض درب ها وگذرگاه های تخلیه که می تواند موجب ایجاد تنگنا شود
	عرض پله های اصلی وفرعی
موقعیت فضاها	موقعیت خروجی ها نسبت به یکدیگر شامل (فاصله مکانی وزاویه قرارگیری خروجی ها)
	موقعیت خروجی ها نسبت به سایرفضاها
	موقعیت قرارگیری درب خروج کلاس ها نسبت به راهروهای دسترسی

نتیجه گیری

عوامل مهمی را می‌توان در حوادث متأثر از آتش بر آدمی و نجات یافتن آن‌ها در هنگام آتش سوزی بیان کرد. عملکرد پاسخ به آتش در جریان آتش‌سوزی در یک ساختمان به عواملی چون؛ ویژگی‌های انسانی، ویژگی‌های آتش و ویژگی‌های ساختمانی بستگی دارد. در این پژوهش عوامل مؤثر بر تخلیه خروج اضطراری ساختمان بر اساس پژوهش‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفته است. در حوزه عوامل انسانی برخی از داده‌های به دست آمده به زمان پیش از حرکت، سرعت حرکت افراد و ویژگی‌های مختلف کاربران فضا(از جمله سن،جنس،میزان آشنایی با فضا ، تراکم کاربران فضا و همین طور عوامل فرهنگی) بستگی دارد. هر یک از این عوامل تأثیر افزایش یا کاهشی در زمان تخلیه اضطراری دارند که به تفصیل در این نوشتار مورد بررسی قرار گرفتند.البته این داده‌ها برای زمان تأخیر بسیار متنوع بوده و برای تصرف‌های مختلف متفاوت است. در کنار عوامل انسانی و عوامل مربوط به آتش، عوامل ساختمانی نیز بسیار مهم هستند و در صورت طراحی مناسب ساختمان برای تخلیه اضطراری، زمان تخلیه به شدت کاهش یافته و با تخلیه سریع و ایمن جان بسیاری از افراد نجات خواهد یافت.

در این پژوهش ویژگی‌های ساختمانی و عوامل تأثیرگذار در رابطه با کاهش زمان تخلیه و خروج اضطراری در دو دسته ابعاد فضاها و موقعیت فضاها دسته‌بندی شده‌اند. از یک سو ابعاد و فاصله مسیرهای دسترسی در تخلیه ایمن بسیار مؤثر است که در این خصوص در کشورهای مختلف ضوابط و استانداردهای حداقلی وجود دارد. از سوی دیگر موقعیت خروجی‌ها بسیار مهم است. از جنبه طراحی نیز عوامل کالبدی به عوامل مؤثر بر طراحی راه‌های فرار و عوامل مؤثر بر فضابندی آتش در طراحی ساختمان دسته‌بندی شده استا که هریک دارای ویژگی‌هایی هستند.

در مجموع مهمترین عوامل مورد بررسی در رابطه با نقش طراحی معماری در تخلیه اضطراری در این پژوهش توجه به تعداد، ابعاد و موقعیت راه خروج، خوانایی مسیرهای ورود و خروج، نوع مصالح، جهت بازشوی درب‌ها و جانمایی فضاهای حساس در طبقات زیرزمین یا نهایتا همکف است که همه مواردی هستند که باید در طراحی معماری ساختمان‌ها به خصوص ساختمان‌هایی با

کاربری‌های عمومی مورد توجه قرار گیرند.

از آنجا که جزئیات طراحی این عوامل به طور کامل وابسته به نوع تصرف ساختمان و استانداردهای مربوط به آن و سایر ویژگی‌ها همچون جمعیت است، از این رو دقت نظر در این عوامل، مجالی بیش از این می‌طلبد و می‌تواند بر حسب نوع کاربری در پژوهش‌های بعدی انجام شود. از دیگر سوی مطالعات مورد استفاده، به‌ویژه در حوزه عوامل انسانی، به شکل تجربی یا شبیه‌سازی در زمینه‌های فرهنگی و اجتماعی متفاوتی انجام شده‌اند و نتایج آن به طبیع تفاوت‌هایی با شرایط موجود در ایران خواهد داشتو لذا انجام مطالعات دقیق به صورت تجربی در شرایط ایران و تدقیق زمان‌ها و مراحل تخلیه اضطراری ساختمان می‌تواند به عنوان پژوهش‌های کاربردی و ضروری از سوی سازمان‌های مرتبط و پژوهشگران انجام شود.

منابع

- استولارد، پاول؛ آبرامز، جان(۱۳۸۷)؛ اصول ایمنی حریق در ساختمان‌ها؛ ترجمه عبدالصمد زرین قلم؛ سعید بختیاری؛ تهران: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

-بختیاری، سعید؛ مجید زمانی ،سهیل؛ قاسم‌زاده، مسعود؛ تسنیمی، عباسعلی(۱۳۸۹)؛ راهنمای آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش؛ تهران: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره گ-۴۴۵، چاپ دوم.

-حسینی، سیدبهشید؛ کاملی، محسن(۱۳۹۴)؛ معیارهای پدافند غیر عامل در طراحی معماری ساختمان‌های جمعی شهری، معماری و شهرسازی آرمان شهر، شماره۱۵.

http:// armanshahrjournal.com/article_33640_98a896d0c3fa586fdb4f82b04ace753d.pdf

- Almejmaj, Majed, Jeanine LM Skorinko, Brian J. Meacham, (2017), The effects of cultural differences between the us and saudi arabia on emergency evacuation—Analysis of self reported recogntion/reaction times and cognitive state, Case Studies in Fire Safety 7 (2017) 1–7.

- Fahy, R. (2005).available data and input in to models , MD, Peacock, R. D. Kuligowski, E. D., Workshop on Building Occupant Movement During Fire Emergencies, NIST SP 1032, Gaithersburg, pages 62-67. fire.nist.gov/bfrlpubs/fire05/PDF/f05023.pdf.

-Fridolf,Karl., Andree, Kristin., Nilsson, Daniel., & Frantzich, Hakan.(2013). The impact of smoke on walking speed,vol.2,pp 955 – 965. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com(.

- Gerges, Michael, Mohammad Mayouf, Peter Rumley, David Moore, (2017) “Human behaviour under fire situations in high-rise residential building”, International Journal of Building Pathology and

Adaptation, Vol. 35 Issue: 1, pp.90-106, https://doi.org/10.1108/IJBPA-09-2016-0022

Kobes,M.,Helsloot,I.,Post,J.G., & deVries,B.(2010). Building safety and human behaviour in fire, A literature review. Fire Safety Journal.Vol 45, Issue 1, pp1–11. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379711209001167.

Lim., E,A.(2012). Microscopic dynamics of a large-scale pedestrian evacuation model,International journals of the physical science vol.7(2),pp.182-190. www.academicjournals.org/journal/IJPS/article-abstract/C8E8EAA14696

Shi, L., Xie, Q.,Cheng, X., & Zhang, R.(2009). Developing a database for emergency evacuation model, Building and Environment, Vol. 44, Issue 8, Pages 1724-1729. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230800276X.

Zhang,J., Song, W., Xu, X.(2008).Experiment and multi grid modeling of evacuation from a class room ,Physica A: Statistical Mechanics and its Applications.Vol. 387, Issue 23, pp 5901–5909. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437109008693.

http://news.mrud.ir