نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

الزامات و راهکارهای طراحی معماری برای کاهش خطرات جانی ساختمان‌های بلندمرتبه‌ی مسکونی در سوانح غیرمترقبه

مهدی ریسمانیان[1]؛ اسماعیل ضرغامی[2*]

۱- دانشجوی دکترای معماری
۲- دکترای معماری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

دریافت دست‌نوشته: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱؛ پذیرش دست‌نوشته: ۱۴۰۰/۰۷/۰۹

واژگان کلیدی

ساختمان‌های بلندمرتبه
شرایط اضطراری
تخلیه‌ی جمعیت
بالکن محصور

چکیده

رشد روزافزون جمعیت و افزایش قیمت زمین در شهرهای بزرگ سبب افزایش تعداد ساختمان‌های بلندمرتبه‌ی مسکونی در سال‌های اخیر شده است. این ساختمان‌ها به علت عواملی نظیر تعداد زیاد جمعیت ساکن، احتمال خواب بودن افراد، ارتفاع زیاد و غیره از چالش‌های فراوانی برای تخلیه‌ی جمعیت در شرایط اضطراری و حریق برخوردارند. در پژوهش حاضر ابتدا الزامات تخلیه‌ی ساختمان از منظر طراحی معماری در آیین‌نامه‌های حریق در شش کشور آمریکا، ژاپن، فرانسه، ایران، انگلستان و استرالیا و چالش‌های مربوطه مورد بررسی قرار گرفته است. سپس مؤلفه‌های معماری خروج اضطراری شناسایی و مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین بررسی شش تیپ از واحدهای مسکونی شهرک اکباتان تهران مشخص نمود احتمال مسدود شدن مسیر فرار واحدهای مسکونی بسیار زیاد است. با توجه به پیشرفت‌های فناوری برای نجات افراد در سال‌های اخیر و با در نظر گرفتن این اصل که هدف ایمنی، نجات جان «همه‌ی» افراد است، طراحی و اجرای «بالکن‌های محصور» در تمامی واحدها و با گنجایش افراد ساکن در آن واحد، یک نیاز اساسی و ضرورت طراحی در ساختمان‌های بلندمرتبه‌ی مسکونی است.

۱- مقدمه

در میان انبوه نیازهایی که یک ساختمان می‌تواند برای ساکنان خود برآورده سازد، تأمین امنیت جانی ساکنان، بدون شک مهم‌ترین هدف یک ساختمان و یک سرپناه بوده و هست. اگرچه در سال‌های اخیر رشد تکنولوژی ساخت، کشف مصالح جدید و افزایش تجربه‌ی بشری در مواجهه با خطرات مختلفی که ساکنین یک بنا را تهدید می‌نماید، کمک مؤثری در کاهش میزان و شدت خطرات داشته است اما مشکلات و خطرات جدیدی مانند وقوع حوادث تروریستی، افزایش ارتفاع ساختمان‌ها، افزایش جمعیت ساختمان‌ها و وجود منابع فراوان انرژی در ساختمان‌ها مانند گاز و برق امنیت جانی افراد را تهدید می‌کند.

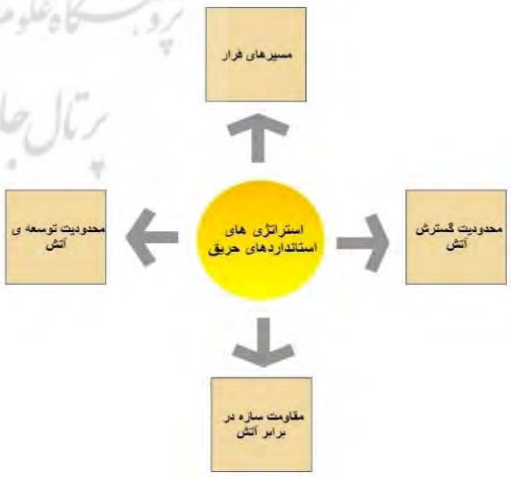
در حال حاضر همه‌ی کشورهای دنیا برای افزایش سطح ایمنی ساختمان‌ها از مقررات استانداردها، دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های تخصصی مختلفی استفاده می‌کنند. مقررات ایمنی ساختمان‌ها در کشورهای مختلف اگرچه تفاوت‌های آشکاری با یکدیگر دارند اما همواره فرار افراد از ساختمان و تخلیه‌ی افراد و رسیدن به یک منطقه‌ی امن را به‌عنوان یک ضرورت در طراحی ساختمان‌ها مد نظر قرار می‌دهند. بیشتر استانداردهای رایج در دنیا به‌صورت

* نویسنده مسؤل: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران؛ رایانامه: ezarghami@sru.ac.ir
پژوهش حاضر مستخرج از پایان‌نامه‌ی نویسنده‌ی اول مقاله است.

دستورالعمل‌های تجویزی می‌باشند که با استفاده از داوری‌های تجربی به‌دست‌آمده و در هنگام بروز حوادث مختلف در طول تاریخ و مطالعات پس از حادثه، این استانداردها و مقررات مورد بازبینی قرار گرفته و معمولاً سخت‌گیرانه‌تر می‌گردند.

در کدها و دستورالعمل‌های مرتبط با حریق، چهار استراتژی مشترک در همه‌ی کشورها قابل شناسایی می‌باشد. این چهار استراتژی شامل محدودیت توسعه‌ی آتش (*Limitation of the development of fire*) ، مقاومت سازه در برابر آتش (*Fire resistance of structure*)، محدودیت گسترش آتش (*Limitation of spread of fire*) و الزامات مرتبط با راه‌های فرار می‌باشد (*Scape routes*) (شکل ۱)؛ اما با وجود این اشتراکات کلی، تفاوت‌های زیادی در کاربرد و سطوح الزامات و همچنین در توضیحات و جزئیات الزامات وجود دارد که بیشتر این اختلافات و تنوع‌ها در الزامات مرتبط با مسیرهای فرار و تخلیه‌ی ساختمان می‌باشد. از سویی دیگر بیشترین چالش‌ها در هنگام طراحی معماری نیز در بخش الزامات مربوط به مسیرهای فرار ایجاد می‌شود که محدودیت‌های فراوانی را برای یک طراح ایجاد می‌کند و حتی تا اندازه‌ای موضوع استقلال طراحان و فرصت‌های نوآوری را به‌شدت به مخاطره می‌اندازد.

پژوهش حاضر ابتدا الزامات تخلیه‌ی ساختمان و راهکارهای معماری مرتبط جهت افزایش ایمنی ساختمان‌ها در آیین‌نامه‌های شش کشور آمریکا، ژاپن، فرانسه، ایران،



شکل ۱- استراتژی‌های مشترک حریق در استانداردها و کدهای مختلف

انگلستان و استرالیا شناسایی گردیده است. از آنجا که هدف اصلی و اولیه تخلیه‌ی جمعیت و استراتژی مسیرهای فرار در استانداردهای حریق تمامی کشورهای دنیا نجات جان «تمامی» افراد ساکن در آن ساختمان می‌باشد اما به نظر می‌رسد آیین‌نامه‌های موجود یک حداقل ریسک را پذیرفته‌اند. سپس در بخش بعدی مؤلفه‌های خروج اضطراری سنتی و راهکارهای نوین شناسایی، تقسیم‌بندی و مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و مشخص گردید که مؤلفه‌های سنتی تخلیه‌ی جمعیت مانند راه‌پله و آسانسور همچنان بیشترین تأثیر را در تخلیه‌ی جمعیت دارند اما از چالش‌های مختلفی نیز برخوردارند و پیشرفت‌های جدید در پی نجات جان افراد از طریق پنجره و بالکن‌ها می‌باشد. با در نظر گرفتن جمیع موارد پیشنهاد استفاده از بالکن‌های محصور در ساختمان‌های بلندمرتبه‌ی مسکونی به‌عنوان یک راهکار کارآمد و ضروری پیشنهاد گردیده است.

۲- الزامات تخلیه ساختمان در کدها و استانداردهای موجود

وجود مقررات ساختمانی تقریباً به چهار هزار سال پیش یعنی قوانین حمورابی که به دستور شاه بابل نوشته شده است، باز می‌گردد. مطابق با این قانون در صورتی‌که خانه‌ای ویران شود و صاحب آن خانه بمیرد، سازنده‌ی آن خانه به اعدام محکوم می‌گردد و اگر در اثر آن حادثه پسر صاحب‌خانه کشته شود، پسر سازنده باید کشته شود. همچنین اگر در اثر تخریب به اموال صاحب‌خانه ضرر و زیانی وارد می‌شد سازنده‌ی بنا ملزم به جبران خسارت می‌شد *(Ching & Winkel, 2018)*. این موضوع تاریخی از این جهت اهمیت دارد که نتایج احتمالی طراحی و اجرای ساختمان‌ها می‌تواند در آینده‌ی زندگی طراحان، سازندگان و استفاده‌کنندگان از بنا مؤثر باشد و این امر باید مطابق با استانداردها و قوانین صورت پذیرد. بنابراین شاید بتوان کلی‌ترین اهداف و دلایل وجودی مقررات ساختمانی را محافظت از سلامتی، ایمنی و رفاه عمومی جامعه تلقی کرد.

الزامات تخلیه‌ی ساختمان و راه‌های فرار در استانداردهای آتش معمولاً پنج پارامتر اصلی معماری شامل تعداد مسیرهای خروج، حداکثر مسافت سفر، طول راهروهای بن‌بست، فاصله‌ی

خروجی‌ها و طول مسیر مشترک سفر را شامل می‌گردند که با تفصیل بیشتر در این بخش مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۲-۱- تعداد راه‌های خروج

در آیین‌نامه‌ها و استانداردهای طراحی، تعداد مسیرهای خروج عموماً به‌وسیله‌ی تعداد افراد ساکن در ساختمان یا ارتفاع و تعداد طبقات ساختمان محدود شده است. در کشور استرالیا اگر ساختمان بیش از شش طبقه یا ارتفاع مؤثر بیش از ۲۵ متر داشته باشد، باید حداقل دو خروجی داشته باشد. در ژاپن، ساختمان‌های بیش از پنج طبقه نیازمند دو خروجی می‌باشند و ساختمان‌های با طبقات کمتر از پنج نیز بسته به مساحت آنها ممکن است دو یا یک خروجی داشته باشند. در کشورهای دیگر، حداقل تعداد راه فرار با توجه به تعداد افراد ساکن در ساختمان در نظر گرفته شده است. در این میان شاید بتوان گفت مبحث سه مقررات ملی ایران یکی از سخت‌گیرانه‌ترین آیین‌نامه‌های جهان است که دو مسیر خروج را تقریباً در همه‌ی شرایط، ضروری می‌داند.

محدودیت در نظر گرفته شده در تعداد خروج با این هدف اصلی است که حتی اگر یکی از راه‌های فرار توسط دود، گرما و یا مواد سمی حاصل از اشتعال مسدود شود، استفاده از مسیر دیگر میسر باشد (*The Building Regulations 2013, Aporoved Document B, 2013*) با این حال، این هدف فقط با طراحی و اجرای دو مسیر فرار حاصل نمی‌شود. راه فرار معمولاً از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول شامل ناحیه‌ای محافظت نشده از آتش‌سوزی، مانند یک اتاق قابل سکونت، و منطقه حفاظت شده برای مدت‌زمان کوتاه مانند راهرو است. قسمت دیگر آن منطقه کاملاً محافظت شده مانند راه‌پله و راهرو با موانع دود است.

۲-۲- حداکثر طول مسیر پیمایش

برای ساماندهی مسیرهای فرار، یکی از اساسی‌ترین شروط لازم می‌تواند محدود نمودن حداکثر طول مسیر پیمایش باشد. در اکثر کشورها، حداکثر فاصله سفر تقریباً ۴۰-۶۰ متر است. به‌طور معمول در استرالیا و فرانسه حداکثر مسافت سفر نباید بیش از ۴۰ متر باشد. در ژاپن به‌جز ساختمان فروشگاه‌ها، حداکثر مسافت سفر نباید بیشتر از ۵۰ متر (در ساختمان‌های تا ۱۴ طبقه) باشد و اگر دیوار و سقف اتاق‌های قابل سکونت و راهروها با مواد غیر قابل احتراق پوشانده شود، این طول می‌تواند تا ۱۰ متر افزایش یابد. در ایالات متحده آمریکا حداکثر مسافت مسافر نباید در ساختمان‌های بدون سیستم آبپاش از ۶۰ متر تجاوز کند و نباید در ساختمان هایی که توسط سیستم آبپاش محافظت می شوند بیش از ۷۶ متر باشد (به‌استثنای ساختمان‌های اداری). در آمریکا حداکثر فاصله سفر بسته به نوع کاربری ساختمان متفاوت است. به‌عنوان‌مثال، حداکثر مسافت سفر در ساختمان اداری که توسط سیستم آبپاش محافظت می‌شود نباید بیشتر از ۹۱ متر باشد. در کشور ایران نیز نوع تصرف و وجود یا عدم وجود شبکه‌ی بارنده در حداکثر طول سفر تأثیرگذار بوده و این طول در محدوده‌ی ۶۰ تا ۹۱ متر می‌باشد.

دو دلیل اصلی برای محدود نمودن حداکثر طول مسیر پیمایش وجود دارد. هدف اولیه و اصلی از این محدودیت می‌تواند کوتاه نمودن زمان سفر باشد. بدیهی است که هر چه طول مسیر پیمایش کوتاه‌تر باشد زمان خروج افراد کاهش یافته و در نتیجه سطح ایمنی افزایش می‌یابد؛ اما دلیل دوم این محدودیت کاهش فاصله‌ی دید افراد در فضاهای آکنده از دود است. در شرایطی که دود ناشی از آتش‌سوزی وارد راهروهای خروج می‌گردد قدرت دید افراد و در نتیجه سرعت حرکت آنها کاهش می‌یابد. به علت گرما و جرم حجمی کمتر ابتدا این دود در نزدیکی سقف از غلظت بیشتری برخوردار می‌باشد و به‌مرور قسمت‌های پایین‌تر راهرو را نیز فرا می‌گیرد. همین موضوع باعث می‌گردد که گاهی اوقات افراد برای فرار از میان دود مجبور شوند به‌صورت نیم‌خیز یا چهار دست‌وپا حرکت کنند. محدودیت دید در راهروهای آکنده از دود ممکن است تشخیص مکان خروج را برای افراد در حال فرار مشکل سازد. این موضوع برای تصرف‌هایی که افراد با ساختمان آشنا نیستند از اهمیت بیشتری برخوردار است. در سال‌های اخیر تحقیقاتی در خصوص تأثیر تابلوهای راهنما و یا علائم صوتی برای کمک به چنین شرایطی صورت پذیرفته است.

۲-۳- حداکثر مسیر مشترک سفر

مسیر مشترک سفر بخشی از دسترس خروج است که متصرفان باید طی کنند تا به محلی برسند که از آنجا، دو

مسیر مجزا و در جهت مختلف برای رسیدن به دو خروج جداگانه وجود دارد. این مسیر مشترک باید در محاسبه‌ی مسافت مجاز تردد در نظر گرفته شود. محدودیت طول مسیر مشترک سفر یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های مرتبط با مسیر خروج است. طول مسیر مشترک سفر در تمامی کشورها دارای محدودیت است. در استرالیا مسیر مشترک سفر نباید به‌طورکلی بیش از ۲۰ متر باشد که یک‌دوم طول حداکثر مسافت سفر است. در ژاپن، محدودیت مسیر مشترک سفر به‌عنوان نیمی از حداکثر طول مسیر پیمایش در نظر گرفته می‌شود. در ایالات متحده آمریکا و ایران، مسیر مشترک سفر بسته به نوع کاربری ساختمان و اینکه آیا ساختمان توسط سیستم آبپاش محافظت می‌شود متفاوت است. در فرانسه این طول برای همه‌ی ساختمان‌ها حداکثر ۳۰ متر است و در کشور انگلستان نیز بستگی به نوع تصرف و تعداد خروج بین ۱۸٫۹ تا ۴۵٫۱۸ متر متفاوت است.

دو راه خروج باید از یکدیگر فاصله داشته باشند تا در صورت مسدود شدن یکی از آنها افراد بتوانند از راه جایگزین خارج شوند. با این حال، فراهم نمودن دو مسیر کاملاً مستقل برای فرار از هر نقطه از ساختمان امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین لازم است طول مشخصی از مسیر مشترک سفر مجاز باشد تا افراد پس از طی آن مسیر به محل انتخاب راه خروج برسند. طبیعی است که اگر حادثه در مسیر مشترک اتفاق بیافتد و این مسیر مسدود گردد راه خروج دیگری وجود ندارد؛ بنابراین هرچه این مسیر کوتاه‌تر باشد ساختمان از امنیت بیشتری برخوردار است.

۲-۴- راهروهای بن‌بست

طول راهروهای بن‌بست در استانداردهای مختلف دارای محدودیت است. این محدودیت با هدف جلوگیری از ورود افراد به راهروهای بن‌بست و بازگشت به عقب و یا جلوگیری از گرفتار شدن افراد در دود در راهروهای بن‌بست است؛ بنابراین طول راهروهای بن‌بست باید به اندازه کافی کوتاه باشد تا به‌راحتی تشخیص داده شود که هیچ خروجی وجود ندارد. در ژاپن و فرانسه، راهروهای بن‌بست نباید در هیچ نوع تصرفی از ۱۰ متر تجاوز کند. در ایالات متحده آمریکا، راهروهای بن‌بست محدودتر است و در اکثر کاربری‌ها حدود ۶٫۱ متر البته در صورت استفاده از سیستم بارنده، در هتل، فروشگاه و ساختمان‌های اداری تا ۱۵ افزایش می‌یابد. کشور ایران نیز تقریباً وضعیتی مشابه با کشور آمریکا دارد. این محدودیت در کشور استرالیا بین ۶ تا ۲۰ متر و در انگلستان بین ۹ تا ۱۸ متر است. مطمئناً هیچ مسیر بن‌بستی از منظر ایمنی مطلوب نیست اما اگر هیچ راهروی بن‌بستی مجاز نباشد، برنامه‌ریزی ساختمان بسیار محدود خواهد شد. طول راهروهای بن‌بست به‌جز کشورهای ژاپن و فرانسه در سایر کشورها بر اساس نوع تصرف متفاوت است. این طول می‌تواند به پارامترهای مختلفی مانند تعداد افرادی که از راهرو استفاده می‌کنند و یا به عرض راهرو مرتبط باشد. تفاوت این محدودیت در کشورهای مختلف زیاد بوده و در کاربری‌های مسکونی بین حداقل و حداکثر استاندارد ۴۰٪ اختلاف وجود دارد.

۲-۵- فاصله بین خروج‌ها

فاصله‌ی بین خروج‌ها در یک طبقه در ساختمان‌هایی که بیش از یک خروج الزامی است نیز دارای محدودیت‌هایی می‌باشد. این محدودیت فاصله از آن جهت است که افراد توزیع شده در یک سطح دسترسی سریع‌تری به خروج پیدا کنند. این محدودیت در کشور آمریکا و ایران با نسبتی از بزرگ‌ترین قطر آن طبقه تعریف شده و وجود شبکه بارنده نیز در مقدار آن تأثیرگذار است. این محدودیت در کشور فرانسه حداقل ۱۰ و حداکثر ۲۸ متر می‌باشد و در استرالیا بین ۹ الی ۶۰ متر متناسب با نوع کاربری متفاوت است.

۳- مؤلفه‌های خروج اضطراری و چالش‌های مرتبط با آنها

مؤلفه‌های خروج اضطراری را می‌توان به دو دسته‌ی اصلی اجزای خروج عمودی و اجزای خروج افقی تقسیم‌بندی نمود. مؤلفه‌های خروج عمودی یک عامل حیاتی برای روند تخلیه ساختمان هستند *(Ronchi & Nilsson, 2013)* اما هر مؤلفه دارای ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود است که ممکن است روند تخلیه را تحت تأثیر قرار دهد. چند مؤلفه مهم به شرح زیر است.

۳-۱- پله

استفاده از پله‌ها در زمان تخلیه اضطراری آتش یک روش سنتی

و ایمن است. برخی از فاکتورهای مهم طراحی پله‌ها شامل تعداد پله، عرض، طول، موقعیت، شیب، ظرفیت و سیستم تهویه آن است *(Bellido, Quiroz, Panizo, & Torero, 2009)*. البته فاکتورهای رفتاری و فیزیکی ساکنان مانند جنسیت، وجود افراد معلول، خستگی ساکنان، جریان متقابل آتش‌نشانان و غیره در هنگام استفاده از پله نیز بر روند تخلیه تأثیرگذار است که خارج از موضوع بحث حاضر می‌باشد. تحقیقات زیادی بر سرعت حرکت افراد بر روی پله‌ها صورت گرفته است. توجه به این نکته بسیار حائز اهمیت است که سرعت متوسط انسان هنگام حرکت از پله‌ها از ۰/۵۲ تا ۰/۶۲ متر بر ثانیه است و برای کودکان و افراد مسن به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۴۳ متر بر ثانیه است *(Kuligowski et al., 1839)*. این سرعت کم روند تخلیه را کند کرده و باعث افزایش تراکم افراد در ورودی پله‌ها می‌گردد. همچنین افرادی که از ویلچر استفاده می‌کنند نیز ممکن است راه‌پله اصلی را مسدود کرده و زمان تخلیه را به مقدار قابل‌توجهی افزایش دهند.

۳-۲- آسانسور تخلیه

استفاده از آسانسور به علت سرعت بالای جابجایی از اهمیت فراوانی برخوردار است. در حادثه برج‌های دوقلوی آمریکا حدود ۳۰۰۰ نفر توسط آسانسورها نجات پیدا کردند *(Huang, Chen, & Yuan, 2014)*. برخی مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از آسانسور می‌تواند تا ۳۶٪ زمان تخلیه ساختمان را کاهش دهد *(Luo & Wong, 2006)*. اگرچه بسیاری از استانداردها و کدهای حریق به علت وجود فشار منفی و ایجاد مکش در هنگام آتش‌سوزی استفاده از آسانسورها را ممنوع کرده‌اند اما تکنولوژی‌های جدید با ایجاد فشار مثبت استفاده از آن را امکان‌پذیر نموده‌اند *(Faruki & Murah, 2019)*. در برخی از استانداردهای جدید نیز مانند *NFPA101 (Association, 2017)* و *European standard European Standards EN 81 (for Lifts EN81-50, 2020)* استفاده از آسانسور در شرایط و موقعیت‌های خاص مجاز و توصیه شده است. برخی از چالش‌های استفاده از آسانسور در شرایط اضطراری حریق عبارتند از:

- اختلال در منبع تغذیه اضطراری
- تصمیم‌گیری در خصوص مکان و تعداد ایستگاه‌های آسانسور
- تصمیم‌گیری در خصوص زمان توقف‌ها
- محدود بودن فضای کابین
- ورود گرما، دود و شعله به داخل شفت آسانسور

۳-۳- فضای پناه‌دهی

فضای پناه‌دهی فضایی است که در مقابل حریق به میزان مشخصی مقاومت می‌نماید و به‌منظور پناه گرفتن موقت افراد تا رسیدن نیروهای نجات یا موقعیت مناسب برای خروج از ساختمان استفاده می‌شود *(Compilation Office, 2016)*. اگرچه فضای پناه‌دهی مکان امنی برای افراد با توانایی کمتر و معلولان است که تا رسیدن کمک‌های بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد اما عموماً به دلیل ملاحظات اقتصادی در تمام طبقات پیش‌بینی و اجرا نمی‌گردد و تنها برخی از طبقات دارای چنین فضایی بوده و ساکنین بقیه طبقات باید یک مسیر عمودی را برای رسیدن به آن طی کنند. همچنین باز هم به دلیل ملاحظات اقتصادی، این فضا برای گنجایش درصدی از کل افراد ساکن در ساختمان طراحی و اجرا می‌گردد و ظرفیت لازم برای همه‌ی ساکنان را ندارد. بدیهی است در صورت وجود آسانسورهای تخلیه در شرایط حریق، این آسانسورها باید در طبقاتی که فضای پناه‌دهی اجرا گردیده است به میزان کافی توقف داشته باشند تا افراد معلول و کم‌توان فرصت کافی برای استفاده از آسانسور را پیدا کنند.

۳-۴- پل‌های هوایی

پل‌های هوایی در واقع یک ابزار معماری برای تخلیه‌ی افقی ساکنین ساختمان در شرایط اضطراری است *(Moon, 2019)*. ایده اصلی استفاده از پل‌های هوایی جلوگیری از به دام افتادن سرنشینان در سطح مشخصی در صورت قطع مؤثر اتصال ساختمان به زمین است. بدیهی است استفاده از این تکنیک تنها در صورتی امکان‌پذیر است که دو یا چند ساختمان بلندمرتبه در مجاورت یکدیگر قرار گرفته باشند. پل‌های هوایی عموماً در امتداد راه‌پله‌ها و آسانسورها برای دستیابی سریع به ارتباطات عمودی می‌باشد.

طراحی اولین پل هوایی در بنای *Ponte dei Sospiri* و در شهر ونیز توسط معمار آنتونیو کانتین اجرا گردید *(Marks, 2019)*. در سال‌های اخیر از این تکنیک در

ساختمان‌های دیگر مانند برج‌های پتروناس در کشور مالزی، مرکز تجارت جهانی یودا در کشور چین و ساختمان انجمن سی‌ال‌دی در شهر پکن نیز استفاده شده است *(Antony Wood & Safarik, 2019)* (شکل۲). استفاده از پل هوایی می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در برنامه‌ریزی ساختمان داشته باشد زیرا طبقه اتصال به لابی‌های ساختمان تبدیل می‌شود *(A Wood, 2003)*. در حال حاضر کمبود دانش در مورد اثربخشی پل‌های آسمانی در هنگام تخلیه وجود دارد و مطالعات بیشتری مربوط به استفاده از آنها در ترکیب با سایر اجزای خروج مورد نیاز است*(Ronchi & Nilsson, 2013)*.

شکل ۲- پل‌های هوایی (الف) ساختمان انجمن سی‌ال‌دی، پکن، چین، ۲۰۰۲ (ب) مرکز تجارت جهانی یودا، ژنگژو، چین، ۲۰۰۱ (ج) برج‌های پتروناس، کوالالامپور، مالزی، ۱۹۹۸

۳-۵- تکنیک‌های نوین خروج اضطراری

در سال‌های اخیر بسیاری اختراعات و راه‌حل‌های جدید و نوآورانه توسط افراد، شرکت‌ها و مؤسسات برای تخلیه‌ی افراد از ساختمان‌ها در شرایط ارائه گردیده است *(A Wood, 2007)*. اگرچه تقریباً هیچ‌کدام از این ایده‌ها در استانداردهای حریق موجود لازم‌الاجرا نشده است اما بسیاری از این شرکت‌ها ادعا دارند که محصولات خود را در ساختمان‌های زیادی به اجرا درآورده‌اند. این تکنیک‌های جایگزین تخلیه‌ی جمعیت را می‌توان به چهار دسته‌ی سرسره‌های فرار، ناودان‌های فرار، اطاقک‌های فرار و تجهیزات نوین آتش‌نشانی تقسیم‌بندی نمود.

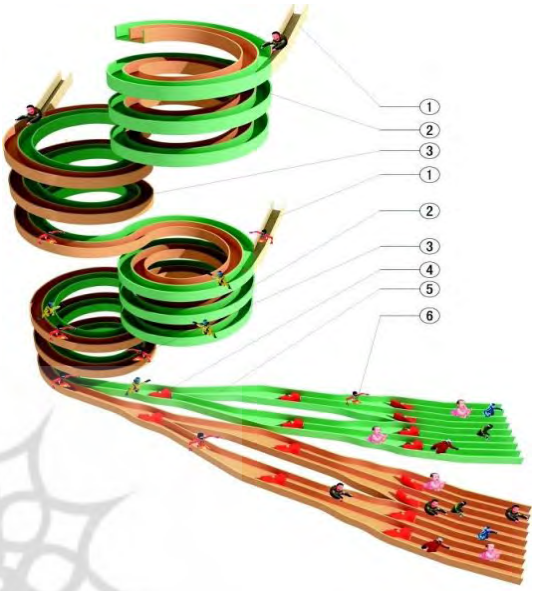
۳-۵-۱- سرسره‌های فرار

سرسره‌های فرار یکی از ایده‌هایی است که محققان و مخترعان ادعا می‌کنند می‌تواند کمک شایانی به تخلیه‌ی افراد در شرایط اضطراری بکند. یک مزیت سرسره‌های فرار این است که به کاهش زمان تخلیه کمک می‌کند زیرا افراد بدون داشتن نیروی الکتریکی و قدرت جسمی، از جمله افراد دارای اختلال حرکتی، می‌توانند به‌سرعت به طبقه‌ی همکف بروند. با این حال باید در نظر داشت که مسائلی مانند اصطکاک افراد و بدنه‌ی آسانسور، فضایی که آسانسور باید در آن نصب گردد و تهویه‌ی فضای نصب سرسره، میزان مقاومت فضای نصب در برابر آتش و طراحی محل‌های ورود و خروج افراد، از چالش‌های این سیستم می‌باشند. یک نمونه از طراحی‌های موفق سرسره‌های فرار توسط شین ژانگ پیشنهاد شده است *(Zhang, 2017)* که دارای سرسره‌ی مارپیچ و دریچه‌ی انتقال است (شکل ۳).

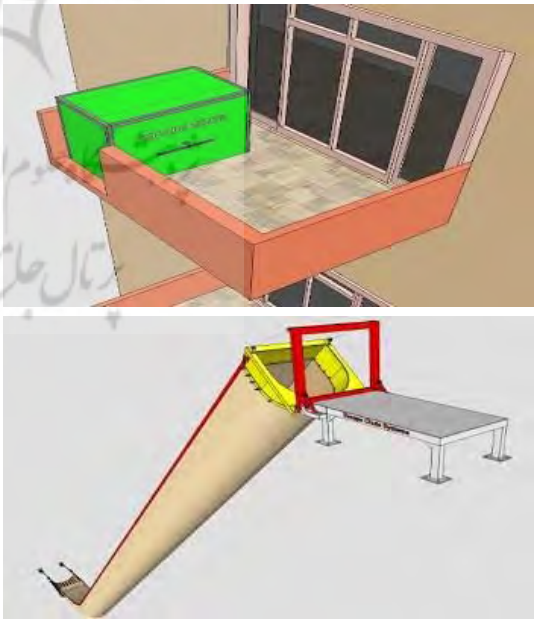
۳-۵-۲- ناودان‌های فرار

ناودان‌های فرار عموماً به شکل کانال و از جنس پارچه مقاوم در برابر آتش هستند. این وسیله معمولاً دارای شیب نسبتاً تندی می‌باشد که باعث کاهش زمان تخلیه و همچنین عدم نیاز به فضای زیاد است. مزیت دیگر ایده‌ی ناودان فرار این است که در شرایط عادی فضای چندانی اشغال نمی‌کند و به‌صورت جمع شده در نزدیکی راه‌پله یا در بالکن‌ها قرار می‌گیرد تا در مواقع اضطراری باز شده و مورد استفاده قرار

گیرد. معمولاً برای فرود راحت‌تر، در انتهای ناودان یک بالشتک نرم گنجانده شده است. یک نمونه از این ناودان‌ها که توسط یک شرکت استرالیایی طراحی شده در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۳- ایده سرسره‌ی فرار برای تخلیه‌ی جمعیت توسط شین ژانگ



شکل ۴- ناودان فرار مستقر در بالکن، منبع www.escape-chute-systems.com

۳-۵-۳- تجهیزات کنترل سقوط (*CDD*)

تجهیزات کنترل سقوط (*Controlled Descent Devices*) متشکل از سیستم‌های کابلی و جلیقه‌های ایمنی است. در سیستم‌های کنترل سقوط قلاب‌ها و قرقره‌هایی طراحی شده است که معمولاً در کنار پنجره‌ها و یا بالکن‌ها نصب می‌شود تا فرود ایمن و کنترل شده‌ی افراد را تضمین نماید. همچنین چکش برای شکستن شیشه در صورت لزوم پیش‌بینی گردیده است. اگرچه استفاده از این سیستم می‌تواند ایمنی افراد را تضمین نماید اما استفاده از آن برای افراد معلول و کم‌توان یا ناتوان می‌تواند مشکل باشد. همچنین مطالعاتی در خصوص رفتار استفاده افراد از این سیستم‌ها و امکان ترس افراد در هنگام استفاده از آن صورت نگرفته است. در شکل ۵ یک نمونه از سیستم‌های کنترل سقوط محصول کشور کره جنوبی نمایش داده شده است.

شکل ۵- سیستم کنترل سقوط، منبع http://www.escaperescue.com

۳-۵-۳- اطاقک‌های فرار (*PRS*)

سیستم امداد و نجات چند سکویی یا اطاقک‌های فرار (*Platform Rescue Systems*) در بالای سقف نصب می‌شود و اطاقک‌های آنها در راستای افقی و عمودی بر روی نمای ساختمان حرکت می‌کند و از بالکن‌ها و پنجره‌ها قادر

به سوار کردن افراد است. این سیستم‌ها با نیروی برق عمل می‌کنند و قادرند تعداد افراد زیادی را جابجا نمایند. ظاهراً ایده‌ی سیستم‌های اتاق فرار از آنچه در صنعت کشتیرانی اعمال می‌شود یعنی «قایق های نجات ایمنی» برداشت شده است. این سیستم‌ها از امنیت و سرعت بالاتری نسبت به سایر تکنولوژی‌های جدید برخوردار است هرچند هزینه نصب و نگهداری آن نیز به‌مراتب بیشتر است. در شکل ۶ یک نمونه از اطاقک‌های فرار نمایش داده شده است.

شکل ۶- نمونه اتاقک فرار،
منبع http://www.escaperescue.com

۳-۵-۴- تجهیزات نوین آتش‌نشانی

تجهیزات آتش‌نشانی نیز مانند هر صنعت دیگری در سال‌های اخیر از رشد چشم‌گیری برخوردار بوده برخی از ایده‌های نو در این زمینه به عمل تبدیل شده و برخی هنوز در حد ایده باقی مانده است. آتش‌نشانان می‌توانند با استفاده از بالگرد به نجات افراد سانحه دیده از طریق بام یا بالکن‌ها بپردازند. اگرچه استفاده از بالگرد به دلیل تلاطم هوا و تجدید نیروی ناشی از دود و گرما برای فرود و عملیات نجات بسیار خطرناک است و توصیه نمی‌شود همچنین ظرفیت انتقال افراد نیز دارای محدودیت است. پله‌های امداد و نجات آتش‌نشانان نیز از دیگر وسایل تخلیه می‌باشد که با محدودیت ارتفاع همراه است. یکی دیگر از ایده‌هایی که اخیراً توسط مخترعین روسی شرکت دهیر سانسات ارائه شده است ماشین آتش‌نشانی آینده نام دارد. این ماشین قادر است در میان ترافیک از بین سایر ماشین‌ها حرکت کرده و به‌سرعت خود را به محل حادثه برساند. سپس می‌تواند تا ارتفاع بسیار زیادی به سمت بالا حرکت کرده و ضمن اطفاء حریق به تخلیه‌ی افراد از طریق بالکن‌ها بپردازد (شکل ۷).

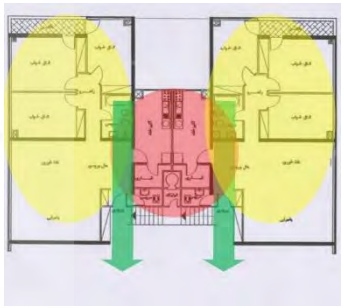
شکل ۷- ایده‌ی کامیون آتش‌نشانی آینده، ترکیب هم‌زمان اطفاء حریق و تخلیه‌ی جمعیت،
منبع: www.techstartups.com

۴- بحث و نتیجه‌گیری

با بررسی استانداردهای حریق موجود می‌توان به این نتیجه رسید که تخلیه‌ی جمعیت در شرایط اضطراری امری ضروری می‌باشد و این امر باید از طریق بخش‌های سه‌گانه‌ی راه‌های خروج صورت پذیرد که شامل راهروها، راه‌پله‌ها و شیب‌راه‌ها می‌باشند؛ بنابراین اگر آتش‌سوزی در داخل یک واحد شروع شود، استفاده از درب خروج برای فرار امکان‌پذیر نیست. اگر راهروهای مرتبط نیز انباشته از دود باشند همین مشکل وجود دارد؛ بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به اینکه امکان طراحی دو مسیر فرار برای همه‌ی نقاط یک ساختمان عملی نیست لذا قانون‌گذاران در این بخش یک حداقل آسیب‌پذیری را پذیرفته‌اند؛ و در طراحی معماری فرض را بر از بین رفتن یا آسیب دیدن افراد حداقل یک واحد ساختمانی نهاده است.

این موضوع که در واحدهای مسکونی معمولاً آشپزخانه در نزدیکی خروجی واحدها و فضای تقسیم جانمایی می‌گردد و با در نظر گرفتن پتانسیل بالای ریسک آشپزخانه، احتمال قطع مسیر خروج یک واحد مسکونی بیشتر می‌گردد. جهت بررسی بیشتر موضوع شش نمونه از آپارتمان‌های مسکونی شهرک اکباتان تهران مورد بررسی قرار گرفت که قرار گرفتن راهروی خروج در کنار آشپزخانه و احتمال مسدود شدن مسیر فرار و محبوس شدن ساکنان در سایر فضاهای مسکونی را به اثبات می‌رساند (شکل ۸). در این تصویرها آشپزخانه به‌عنوان یک فضای با احتمال خطر بالا با رنگ قرمز، مسیر خروج با رنگ سبز و سایر فضاهای یک واحد مسکونی که احتمال گیر افتادن افراد در هنگام حریق وجود دارد با رنگ زرد مشخص شده است.

بدیهی است که هدف اصلی بحث ایمنی حریق و تخلیه‌ی جمعیت در مرحله‌ی اول نجات جان «همه‌ی» انسان‌هاست. همچنین مطالعات و تجربیات گذشته نشان داده است که پله‌ها در ترکیب با آسانسورهای تخلیه بیشترین کارآیی را در روند تخلیه جمعیت داشته و دارند اما در بسیاری از حوادث گذشته اگرچه اکثر جمعیت توسط پله‌ها و آسانسورها به نقاط ایمن رسیده‌اند اما تعدادی از افراد نتوانسته‌اند به مسیرهای فرار دسترسی پیدا کنند. از سویی دیگر بررسی‌ها نشان داد که بسیاری از راهکارهای جدید نجات افراد می‌تواند از طریق بالکن‌ها انجام پذیرد و آینده‌ی تجهیزات و فناوری‌ها در راستای دستیابی آتش‌نشانان به ارتفاع‌های بیشتر از طریق بالکن‌ها و یا خلق و اجرای تجهیزاتی برای انتقال افراد از بالکن‌ها به مناطق امن می‌باشد؛ بنابراین می‌توان این نظریه را مطرح نمود که وجود بالکن‌های مقاوم در برابر حریق در ساختمان‌های بلندمرتبه‌ی مسکونی در موقعیتی متناسب با مسیر خروج و فضاهای پرخطر و با گنجایش تعداد افراد واحد، امری لازم و ضروری است.

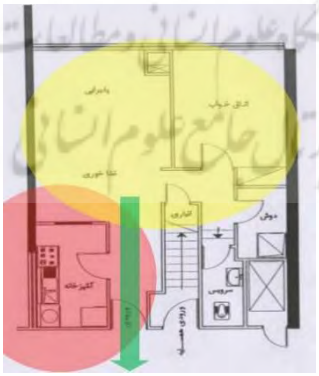


آپارتمان سه‌خوابه تیپ D
شهرک اکباتان، فاز یک

آپارتمان سه‌خوابه تیپ C
شهرک اکباتان، فاز یک

آپارتمان دوخوابه تیپ F
شهرک اکباتان، فاز یک

آپارتمان دوخوابه تیپ A
شهرک اکباتان، فاز دو



آپارتمان یک‌خوابه تیپ ب-۲
شهرک اکباتان، فاز دو

آپارتمان یک‌خوابه تیپ الف-۱
شهرک اکباتان، فاز دو

شکل ۸- شش نمونه از واحدهای مسکونی شهرک اکباتان و بررسی احتمال قطع شدن مسیر خروج از واحدها، ناحیه قرمز رنگ فضای آشپزخانه با پتانسیل آتش‌سوزی بالا، ناحیه‌ی سبز رنگ مسیر خروج افراد و ناحیه زرد رنگ مناطقی که احتمال گیر افتادن افراد در صورت آتش‌سوزی را نشان می‌دهد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه‌ی منحصربه‌فردی در خصوص لزوم و تأثیر استفاده از بالکن در طراحی معماری ساختمان‌های بلندمرتبه جهت ایمنی و تخلیه‌ی افراد در شرایط اضطراری صورت نگرفته است و مطالعات گذشته بیشتر بر تأثیرات این فضا بر مصرف انرژی *(Ribeiro, Ramos, & Flores-Colen, 2020)* و مسائل اقلیمی مرتبط *(Izadyar, Miller, Rismanchi, & Garcia-Hansen, 2020)*، تأثیر بالکن بر کاهش صدای مزاحم *(El (Lee, Kim, Jeon, & Song, 2007) Dien & Woloszyn, 2004)* و همچنین تنوع و کارکردهای متفاوت آن در اقلیم‌ها *(Su & Hsieh, 2019)* و فرهنگ‌های مختلف *(Khotbehsara et al., 2018)*، متمرکز بوده است.

کاتارینا ریبیرو و همکاران *(Ribeiro et al., 2020)* در مطالعات خود نشان دادند که با توجه به ریخت‌شناسی و سیستم مرزی سه نوع فضای بالکن را می‌توان تعریف نمود (شکل۹):

شکل ۹- ریخت‌شناسی انواع بالکن بر اساس مطالعات ریبیرو

- بالکن باز: این بالکن‌ها دارای یک سیستم باز نسبت به فضای بیرون هستند *(Mossé, 2018)*.
- بالکن محصور: این بالکن‌ها دارای یک سیستم بسته نسبت به فضای داخل و خارج هستند *(Hilliaho, Köliö, Pakkala, Lahdensivu, & Vinha, 2016)*.
- بالکن حذف شده: این بالکن‌ها دارای یک سیستم باز نسبت به فضای داخلی هستند *(Kim & Kim, 2010)*.

اگرچه مطالعات ریبیرو با تأکید بر جنبه‌های مرتبط با انرژی در ساختمان‌ها صورت گرفته است اما می‌توان از تقسیم‌بندی ریخت‌شناسی بالکن در مطالعات آنها در حوزه‌ی مورد بحث استفاده نمود. بر این اساس بالکن‌های محصور (از منظر حریق) که بتوانند به میزان لازم تا رسیدن نیروی امداد و نجات یا استفاده افراد از وسایل و تجهیزات فرار و رسیدن آنها به نقطه ایمن، این مکان را از نظر دما، دود و میزان گازهای سمی در شرایط مطلوب و ایده‌آل نگه دارد می‌توانند یک راهکار مناسب و ضروری در طراحی معماری برای نجات جان همه‌ی افراد ساختمان در ساختمان‌های بلندمرتبه‌ی مسکونی باشد.

ایده‌ی بالکن‌های ایمن نسبت به فضای پناه‌دهی که در اکثر استانداردهای دنیا دیده شده است دارای مزیت‌های زیر است:

- فضای پناه‌دهی یک مکان تک‌عملکردی است که صرفاً در شرایط اضطراری استفاده می‌گردد درحالی‌که بالکن ایمن یک فضای چند عملکردی است و در تمام طول سال مورد استفاده‌های گوناگون قرار می‌گیرد.
- فضای پناه‌دهی گنجایش همه‌ی جمعیت یک ساختمان بلندمرتبه را ندارد درحالی‌که بالکن‌های ایمن همه‌ی افراد ساکن در ساختمان را پوشش می‌دهد.
- فضای پناه‌دهی صرفاً در برخی طبقات طراحی می‌گردد لذا افراد کم‌توان و معلول برای دستیابی به آن دچار مشکل می‌گردند درحالی‌که دسترسی به یک بالکن امن بسیار راحت است.
- فضای پناه‌دهی جزء مشاعات ساختمان‌ها محسوب می‌گردد بنابراین حفظ و نگهداری آن هزینه و انرژی مضاعفی را طلب می‌کند درحالی‌که بالکن‌های ایمن

این‌گونه نیستند.

- فضای پناه‌دهی به افراد گیر افتاده در آتش و در داخل واحدها کمک نمی‌کند درحالی‌که بالکن ایمن می‌تواند این افراد را به نقطه ایمن هدایت کند.
- کمک آتش‌نشانان به افرادی که در فضای پناه‌دهی مستقر شده‌اند از طریق آسانسورها و راه‌پله‌ها صورت می‌گیرد که می‌تواند جریان‌های حرکتی متقابل ایجاد نموده و موجب اختلال در روند تخلیه‌ی جمعیت گردد درحالی‌که با نجات افراد از طریق بالکن ایمن این معضل ایجاد نمی‌گردد.

۵- جمع‌بندی

در این مطالعه با بررسی الزامات مرتبط با تخلیه‌ی جمعیت ساختمان‌های بلندمرتبه‌ی مسکونی در استانداردها و کدهای موجود حریق مشخص گردید که استراتژی‌های مرتبط با مسیرهای فرار بیشترین ارتباط را با حوزه‌ی طراحی معماری دارند و به موضوعاتی از قبیل تعداد راه‌های خروج، حداکثر طول مسیر پیمایش، حداکثر مسیر مشترک سفر، طول راهروهای بن‌بست و همچنین فاصله‌ی بین خروج‌ها می‌پردازند. این بررسی نشان داد که چالش‌ها و تفاوت‌های زیادی در استانداردهای کشورهای مختلف در این حوزه وجود دارد و استانداردهای موجود نمی‌توانند خروج ایمن همه‌ی افراد ساکن در ساختمان را تضمین نمایند.

در بخش سوم این تحقیق نیز مؤلفه‌های مختلف خروج اضطراری از ساختمان‌ها و چالش‌های هرکدام از این مؤلفه‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفت. این مؤلفه‌ها شامل پله‌ها، آسانسورهای تخلیه، فضای پناه‌دهی، پل‌های هوایی و تکنیک‌های جدید خروج اضطراری هستند که هرکدام از این مؤلفه‌ها خود دارای مزایا و معایبی هستند. مطالعات نشان می‌دهد که تکنیک‌ها و تجهیزات جدید سعی در نجات اضطراری افراد از طریق پنجره‌ها و بالکن‌های واحدها دارند.

در بخش چهارم این پژوهش نیز شش واحد مسکونی از شهرک اکباتان شهر تهران به‌عنوان نمونه‌ی موردی انتخاب و مشخص گردید که قرارگیری آشپزخانه به‌عنوان یک پتانسیل خطر آتش‌سوزی در کنار مسیر خروج افراد از واحدها احتمال قطع مسیر خروج افراد از واحدها و دسترسی آنها به مسیرهای خروج افقی و عمودی را افزایش می‌دهد. با در نظر گرفتن جمیع موارد مطروحه این نظریه قوت می‌گیرد که «طراحی و ایجاد بالکن‌های محصور و ایمن در تمامی واحدهای مسکونی که گنجایش تمامی افراد آن واحد را داشته باشند به‌عنوان یگانه راه‌حل نجات افرادی است که مسیر دسترسی آنها به مسیرهای سنتی خروج مانند راه‌پله و آسانسور دچار اختلال شده است». با این حساب بالکن‌ها در کنار تمامی مزایای خود از قبیل تنظیم نور طبیعی، کنترل صدای مزاحم، بهینه‌سازی مصرف انرژی، افزایش پایداری زیست‌محیطی و غیره می‌توانند در بحث ایمنی نیز به‌عنوان یک ابزار معماری کاملاً ضروری و مفید نقش ایفا نمایند.

پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آینده مطالعات کامل‌تری در خصوص جانمایی مطلوب بالکن‌های ایمن با توجه به جدول زمانی استفاده از بخش‌های مختلف یک واحد مسکونی، ظرفیت، ابعاد و اندازه‌ی بالکن‌های ایمن و همچنین شرایط مرزی بالکن‌ها و مصالح مناسب برای مقاومت لازم در برابر حریق صورت پذیرد.

۶- مراجع

[1] Association, N. F. P. (2017). *NFPA 101: Life Safety Code 2018*. National Fire Protection Association.

[2] Bellido, C., Quiroz, A., Panizo, A., & Torero, J. L. (2009). Performance assessment of pressurized stairs in high rise buildings. *Fire Technology*, *45*(2), 189–200.

[3] Ching, F. D. K., & Winkel, S. R. (2018). *Building Codes Illustrated: A Guide to Understanding the 2018 International Building Code*. John Wiley & Sons.

[4] Compilation Office. (2016). *National Building Regulations of Iran, The third issue* (7th ed.). Tehran: Road, Housing and Urban Development Research Center.

[5] El Dien, H. H., & Woloszyn, P. (2004). Prediction of the sound field into high-rise building facades due to its balcony ceiling form. *Applied Acoustics*, *65*(4), 431–440.

[6] *European standard for Lifts EN81-50*. (2020). BSI Standards Publication.

[7] Faruki, T., & Murah, B. J. (2019, June 6). *Elevator group management for occupant evacuation*. Google Patents.

[8] Hilliaho, K., Köliö, A., Pakkala, T., Lahdensivu, J., & Vinha, J. (2016). Effects of added glazing on Balcony indoor temperatures: Field measurements. *Energy and Buildings*, *128*, 458–472.

[9] Huang, L., Chen, T., & Yuan, H. (2014). Simulation study of evacuation in high-rise buildings. *Transportation Research Procedia*, *2*, 518–523.

[10] Izadyar, N., Miller, W., Rismanchi, B., & Garcia-Hansen, V. (2020). A numerical investigation of balcony geometry impact on single-sided natural ventilation and thermal comfort. *Building and Environment*, 106847.

[11] Khotbehsara, E. M., Purshaban, F., Nasab, S. N., Daemei, A. B., Yakhdani, P. E., & Vali, R. (2018). Traditional climate responsible solutions in iranian ancient architecture in humid region. *Civil Engineering Journal*, *4*(10), 2502–2512.

[12] Kim, G., & Kim, J. T. (2010). Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea. *Building and Environment*, *45*(2), 287–294.

[13] Kuligowski, E. D., Peacock, R. D., Reneke, P. A., Wiess, E., Hagwood, C. R., Overholt, K. J., … Hoskins, B. L. (1839). Movement on stairs during building evacuations. *NIST Technical Note*, *122*.

[14] Lee, P. J., Kim, Y. H., Jeon, J. Y., & Song, K. D. (2007). Effects of apartment building facade and balcony design on the reduction of exterior noise. *Building and Environment*, *42*(10), 3517–3528.

[15] Luo, M., & Wong, K. H. (2006). Evacuation strategy for super highrise building. *Proceedings of 5th Annual Seminar on Tall Building Construction and Maintenance*.

[16] Marks, P. (2019). What Builders These Mortals Be: Puck's View of the Brooklyn Bridge. *American Periodicals: A Journal of History & Criticism*, *29*(1), 43–62.

[17] Moon, K. S. (2019). Conjoined Tower Structures for Mile-High Tall Buildings. *International Journal of High-Rise Buildings*, *8*(1), 29–36.

[18] Mossé, A. (2018). Gossamer timescapes: a design-led investigation into electro-active and light responsive textiles for the home. *Smart Materials and Structures*, *27*(7), 74009.

[19] Ribeiro, C., Ramos, N. M. M., & Flores-Colen, I. (2020). A Review of Balcony Impacts on the Indoor Environmental Quality of Dwellings. *Sustainability*, *12*(16), 6453.

[20] Ronchi, E. P., & Nilsson, D. (2013). Assessment of total evacuation systems for tall buildings: Literature Review. *Quincy, MA: Fire Protection Research Foundation*.

[21] Su, Y.-M., & Hsieh, C.-J. (2019). The Influence of Balcony Greening of High-Rise Buildings on Urban Wind and Thermal Environment: A Case of an Ideal City. *International Summer School-Conference "Advanced Problems in Mechanics,"* 213–221. Springer.

[22] *The Building Regulations 2013, Aporoved Document B*. (2013). HMSO.

[23] Wood, A. (2003). Pavements in the Sky: The Use of the Skybridge in Tall Buildings, paper accepted for the CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction)/CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Heritage). *International Conference on Tall Buildings, Kuala Lumpur*.

[24] Wood, A. (2007). Alternative forms of tall building evacuation. *Proceedings of: AEI/NIST Conference on High-Rise Building Egress. National Institute of Standards and Technology Conference,'Symposium on High-Rise Building Egress'. McGraw-Hill Auditorium, New York, USA.*

[25] Wood, Antony, & Safarik, D. (2019). Skybridges: A History and a View to the Near Future. *International Journal of High-Rise Buildings*, *8*(1), 1–18.

[26] Zhang, X. (2017). Study on rapid evacuation in high-rise buildings. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *20*(3), 1203–1210.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نشریه‌ی علمی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

Architectural Design Requirements and Tactics to Reduce the Risk of Death in Unforeseen Accidents in High-Rise Residential Buildings

Mahdi. Rismaniyan - Esmaeil. Zarghami *

Abstract

Rising population growth and increasing land prices in large cities have led to an increase in the number of high-rise residential buildings in recent years. These buildings have many challenges to evacuate the population in case of emergency and fire due to factors such as a large number of residents, the possibility of people sleeping, high height, etc. In the present study, the evacuation requirements and the related challenges of the building from the perspective of architectural design have been investigated in fire regulations in six countries: USA, Japan, France, Iran, England, and Australia. Then, the emergency exit components were identified and evaluated. Also, the study of six types of residential units in the Ekbatan town of Tehran revealed that the possibility of blocking the escape route of residential units is very high. Therefore, considering the technological advances to save people in recent years and taking into account the principle that the goal of safety is to save the lives of "all" people, it is proposed to design and implement enclosed balconies in all units and with the capacity of that unit's resident, investigated and required in the fire codes.

Keywords: High-rise buildings, Emergency, Crowd evacuation, Enclosed balcony

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* Corresponding author:Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran; ezarghami@sru.ac.ir