نشریه‌ی علمی-پژوهشی شهر ایمن
JOURNAL OF RESILIENT CITY
(JRC)

شناسایی ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند: یک رویکرد تحلیل عاملی

مصطفی عادلی‌زاده[1*]؛ سید محمد شبیری[2]
۱- گروه آموزش محیط زیست، دانشگاه پیام‌نور ، صندق پستی ۴۶۹۷- ۱۹۳۹۵،تهران، ایران
۲- استاد گروه آموزش محیط زیست، دانشگاه پیام‌نور ، صندق پستی ۴۶۹۷- ۱۹۳۹۵،تهران، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۹؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۱۵

واژگان کلیدی
ریسک حریق
ساختمان‌های بلند
تحلیل عاملی اکتشافی
تحلیل عاملی تأییدی

چکیده

وقوع حریق در ساختمان‌های بلند ممکن است باعث خسارت زیادی به اموال و تلفات جانی شود. بنابراین شناخت ریسک‌های حریق یک گام مهم به‌منظور حفظ ایمنی حریق در ساختمان‌های بلند است. در این راستا، هدف اصلی این مطالعه شناسایی ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند است. پژوهش حاضر بر اساس هدف یک تحقیق کاربردی و به‌لحاظ روش اجرا یک تحقیق توصیفی- اکتشافی است. جامعه آماری تحقیق همه ایستگاه‌های آتش‌نشانی استان تهران است که فرماندهان عملیات حریق این ایستگاه‌ها به‌عنوان واحد تحلیل آماری انتخاب شدند. ریسک‌های فرعی حریق برای ساختمان‌های بلند بر اساس مطالعه عمیق ادبیات گذشته استخراج شدند و سپس به‌منظور شناسایی و تأیید ریسک‌های اصلی حریق از تحلیل عاملی اکتشافی و تحلیل عاملی تأییدی استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که هفت ریسک اصلی به نام‌های «ریسک عوامل فاجعه‌ساز»، «ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان»، «ریسک تیپ اطفاء حریق»، «ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق»، «ریسک رفتار انسانی»، «ریسک عملکرد حریق ساختمان» و «ریسک تخلیه ایمنی حریق» شناسایی و تأیید شدند. مطالعه حاضر می‌تواند ادبیات نظری درباره ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند را گسترش داده و بینش عمیقی درباره مجموعه‌ای از دستورالعمل‌های حفاظت از ایمنی حریق در ساختمان‌های بلند برای مهندسان حریق و آتش‌نشان‌ها فراهم سازد.

* تهران؛ فلکه سوم تهرانپارس؛ خیابان ۱۹۶ شرقی؛ خیابان ۱۳۷؛ کوچه ۲۰۴ شرقی ولی عصر؛ پلاک ۱۸۷؛ شماره همراه: ۰۹۱۲۷۹۲۴۹۴۳ رایانامه: *Adeli_mostafa@yahoo.com*

۱- مقدمه

حریق یکی از مهم‌ترین خطراتی است که می‌تواند مکان‌های مختلفی از جمله ساختمان‌های بلند را تهدید کند (*Li et al., 2018*). شناخت ریسک‌های حریق و پیشگیری از وقوع حوادث ناگوار ناشی از حریق در ساختمان‌های بلند امری ضروری است (*Zhang et al., 2016*). افزایش آمار وقوع حوادث ناشی از حریق در ساختمان‌های بلند و شناخت بیشتر ریسک‌های حریق موجب روند تکامل روش‌های حفاظت در برابر حریق شده است (*Sun & Luo, 2014*). وقایع گذشته در ایران از جمله ریزش ساختمان پلاسکو در ۳۰ دی ۱۳۹۵ (بلندترین ساختمان تجاری در ایران) توجه مدیران و کارشناسان سازمان آتش‌نشانی را به مدیریت ایمنی و ریسک حریق مکان‌های سرپوشیده به‌خصوص ساختمان‌های بلند جلب کرده است (*NFSI, 2018*). آمارها نشان می‌دهد نیمی از مرگ‌های ناشی از حریق در داخل ساختمان‌های بلند اتفاق می‌افتد. در سال ۱۳۹۷، تعداد ۹۸۶۲۴ حریق در ایران گزارش شد که به مرگ ۲۱۵۸ نفر و حدود ۴ میلیارد دلار خسارت مالی منجر شد. همچنین ۵ مورد از ۱۸ حریق بزرگ برای ساختمان‌های بلند رخ داده است که به‌طور مجموع باعث خسارتی معادل ۱۹۸۰ میلیون دلار شده است (*NFSI, 2018*).

حفظ ایمنی حریق در ساختمان‌های بلند نیازمند تعیین و درک ریسک‌های حریق برای این ساختمان‌ها است (*Liu et al., 2017*). به‌عبارتی شناسایی ریسک‌های حریق و آگاهی از اهمیت آنها می‌تواند تا حد زیادی حوادث و خسارات جانی و مالی ناشی از آن در ساختمان‌های بلند را کاهش دهد (*Wei et al., 2018*). بر این اساس، سازمان آتش‌نشانی ایران قصد دارد به‌منظور حفاظت از حریق برای ساختمان‌های بلند، ریسک‌های حریق را شناسایی کند و اقدامات ایمنی لازم را قبل از هرگونه حادثه حریق پیش‌بینی نماید (*NFSI, 2018*).

به‌طور کلی، بررسی‌ها نشان می‌دهد که اگرچه مطالعات مختلفی ریسک‌های حریق در ساختمان‌های بلند را ارزیابی کردند، اما اکثر آنها فاقد یک مجموعه جامع از ریسک‌های حریق هستند. دلیل این امر آن است که مطالعات مربوطه بیشتر بر ارزیابی ریسک حریق ساختمان‌های بلند تأکید دارند و تمرکز اصلی آنها بر شناسایی ریسک‌های حریق نیست. بر اساس استدلال قاسمی و والمحمدی[1] (۲۰۱۸)، مطالعه عمیق تحقیقات گذشته و شناسایی و دسته‌بندی عوامل مؤثر بر یک موضوع خاص می‌تواند بینش عمیق‌تری را نسبت به آن موضوع ایجاد کند. اکثر تحقیقات گذشته ریسک‌های حریق را از طریق تجربه جمعی (اجماع نظر) خبرگان شناسایی کردند (*Liu et al., 2012; Li et al., 2016; Liu et al., 2017; Li et al., 2018; Wei et al., 2018*). با این وجود، این مهم است بیان شود که تکیه بر تجربه جمعی افراد حرفه‌ای تنها هنگامی‌که نمونه فراوان برای یادگیری وجود دارد مطلوب است. به‌عبارتی، در شرایط فنی، این موضوع زمانی که نمونه کافی از فضای شکست وجود دارد مطلوب خواهد بود. این در حالی است که تجربه‌های متعدد زیادی در ایران یافت نمی‌شود. بنابراین، یک مجموعه جامع از ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند نمی‌تواند بر اساس تجربه جمعی شناسایی شود. بر این اساس، این مطالعه یک مجموعه جامع از ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند را بر اساس بررسی عمیق مطالعات مربوطه شناسایی می‌کند. در این راستا، هدف اصلی این مطالعه شناسایی ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند و تعیین میزان اثربخشی آنها است. بنابراین، دو سوال اصلی این مطالعه به شرح زیر است:

۱- ریسک‌های اصلی حریق برای ساختمان‌های بلند کدام‌اند؟

۲- اثربخشی هریک از ریسک‌های اصلی شناسایی‌شده برای ساختمان‌های بلند ایران چگونه است؟

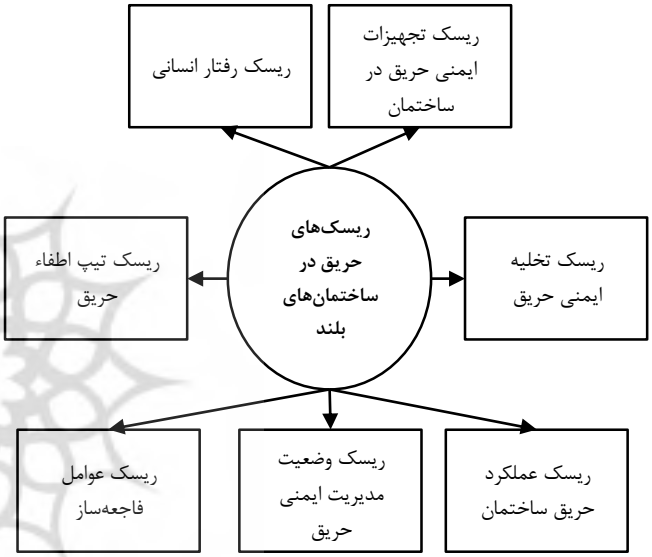
۲- چهارچوب نظری تحقیق

۲-۱ ریسک حریق در ساختمان‌های بلند

واتس و هال[2] (۲۰۰۲) بیان می‌کنند که ریسک بدون آگاهی اتفاق می‌افتد و عواقب ناخواسته و ناگواری را برای سلامتی بشر، اموال یا محیط دارد. ریسک حریق به‌عنوان احتمال وقوع حریق ناخواسته در یک وضعیت نامعلوم تعریف می‌شود (*Meacham, 2002*). تحلیل ریسک حریق ساختمان می‌تواند به‌عنوان یک فرایند در نظر گرفته شود که شامل «درک و شناسایی»، «ارزیابی» و «کنترل» ریسک حریق در یک ساختمان و پیامدهای ناخواسته‌ای که ممکن است رخ دهد است (*Liu et al., 2012*). اولین گام این فرآیند شناسایی ریسک‌های حریق

1. Ghasemi and Valmohammadi
2. Watts & Hall

ساختمان است. اگر در این مرحله ریسک‌های حریق به‌خوبی و تا حد ممکن کامل شناسایی شوند، مراحل بعدی تحلیل ریسک با قابلیت اطمینان بیشتری انجام خواهد شد (*Yu et al., 2016*). در این مطالعه، بررسی عمیق مطالعات گذشته نشان داد که می‌توان ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند را در ۷ ریسک اصلی و ۳۹ ریسک فرعی دسته‌بندی کرد. مدل مفهومی تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌طور کلی ریسک‌های اصلی حریق شناسایی‌شده برای ساختمان‌های بلند در این مطالعه به شرح ذیل است:



شکل ۱- مدل مفهومی تحقیق

۱-۱-۲ ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان[1]

تجهیزات ایمنی حریق به «حفاظت حریق فعال» در ساختمان‌های بلند اشاره دارد (*Bontempi et al., 2013; Weng and Liu, 2017*). بررسی‌های گذشته نشان می‌دهند که تجهیزات ایمنی حریق یکی از مهم‌ترین ریسک‌های حریق در ساختمان‌های بلند است. لی و همکاران[2] (۲۰۱۸) بیان می‌کنند که تجهیزات ایمنی حریق باید قابلیت انجام همه مراحل اعلام و اطفاء حریق را دارا باشند. این تجهیزات شامل سیستم خاموش‌کننده حریق، سیستم کنترل دود، آسانسور حریق، سیستم آب‌پاش اتوماتیک، سیستم شیر آتش‌نشانی حریق، سیستم اعلان حریق و سیستم پیوند حریق و سیستم ارتباط و انتشار اضطراری حریق است. سیستم خاموش‌کننده حریق مجموعه اقداماتی است که برای مقابله با حریق به‌صورت خاموش کردن، کنترل کردن و هدایت کردن حریق انجام می‌گیرد (*Ma and Guo, 2012*). هدف از سیستم مدیریت و تخلیه دود، حفظ ایمنی افراد است (*Wei et al., 2018*). این سیستم‌ها می‌توانند کیفیت هوای مورد نیاز برای نفس کشیدن افراد را تا زمان ترک محل حریق یا هر مکان پر از دود دیگر تضمین نمایند (*Weng and Liu, 2017*). در صورتی‌که دود و گازهای ناشی از حریق در طبقات مختلف ساختمان پراکنده شده و کنترل نشوند موجب خطرات جانی و مالی بیشتر می‌شوند. در بخش‌های مختلفی از ساختمان مانند پله‌ها، راهروها و کابین آسانسورها بایستی از تجمع دود جلوگیری نمود زیرا هنگامی‌که افراد با ترس و هرج و مرج در حال خروج هستند وجود دود ممکن است باعث کاهش دید و خفگی آنها شود (*Bontempi et al., 2013; Li et al., 2016*).

آسانسورهای حریق در عملیات امدادرسانی توسط نیروهای امدادگر به افراد محصور، به‌ویژه افرادی که به علت کهولت سن، ناتوانی یا معلولیت جسمی توانایی واکنش سریع یا استفاده از پلکان‌های اضطراری را ندارند، کمک می‌کنند و کارایی عملیات تخلیه افراد را افزایش می‌دهند (*Bontempi et al., 2013; Li et al., 2018*). سیستم‌های آبپاش اتوماتیک یک شبکه منظم و خودکار متشکل از لوله‌های آب‌پاش و دیگر وسایل لازم جهت پاشیدن مستقیم آب روی آتش هستند (*Chow et al., 2002; Hu, 2016*). سیستم شیر آتش‌نشانی حریق بخشی از سیستم توزیع آب شهری است که آب را مستقیماً از لوله‌های اصلی آب شهری دریافت می‌کند (*Abdul Hafeez and Hassanain, 2005*). شیرهای هیدرانت برای تهیه آب مورد نیاز اطفاء حریق در داخل و خارج از ساختمان‌های بلند تعبیه می‌شوند (*Hassanain, 2009*). سیستم اعلان حریق و سیستم پیوند حریق متشکل از ارتباط تنگاتنگ دستگاه‌های کنترل هشداردهنده ساختمان با شرایط خطرناک و اضطراری و دریافت اطلاعات مربوط به شرایط و ارسال به نزدیک‌ترین ایستگاه آتش‌نشانی است (*Wang and Liu, 2010; Wei et al., 2018*). این سیستم، ایستگاه‌های دستی، حسگرها و آب‌سنج‌ها را کنترل می‌کند. این سیستم ابتدا سیگنال‌های حریق را توسط حسگر دریافت می‌کند و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه

1. Risk of Fire Safety Equipment in Building (RFSEB)

2. Li et al

آن را پردازش می‌کند. در نهایت، سیستم صوتی فعال می‌شود و آلارم شنیده می‌شود. سیستم ارتباط و انتشار اضطراری حریق یک تلفن دوطرفه است که معمولاً در ساختمان‌های بلند استفاده می‌شود. مرکز فرمان شامل واحد کنترل با گوشی اصلی برای استفاده از فرماندهان آتش‌نشانی است. سپس گوشی‌های متعددی در بخش‌های مختلف ساختمان به‌منظور برقراری ارتباط بین آتش‌نشانان و مرکز فرمان قرار دارند (*Hassanain, 2010; Li et al., 2018*). باتوجه به مباحث فوق‌الذکر، «ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان» می‌تواند به‌عنوان یکی از ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند مورد توجه قرار گیرد.

۲-۱-۲ ریسک تخلیه ایمنی حریق[1]

تخلیه ایمنی حریق بیانگر آن است که به هنگام وقوع حریق در یک ساختمان چقدر قابلیت تخلیه ایمن وجود دارد (*Abdul Hafeez and Hassanain, 2005*). این قابلیت ارتباط مستقیمی با شرایط مناسب پله‌ها و مسیرهای تخلیه، شاخص دستورالعمل تخلیه و قابلیت اطمینان برنامه اقتضایی تخلیه دارد (*Sanni-Anibire and Hassanain, 2015; Li et al., 2016; Li et al., 2018*). راه‌پله سازه‌ای است که برای ارتباط دو سطح غیر همسطح در ساختمان به‌کار می‌رود و از اجزای کوچکتری به نام پله ساخته شده است (*Sanni-Anibire and Hassanain, 2015*). آسانسور، پله برقی، راهروها و پله‌های اضطراری سایر مسیرهای تخلیه هستند که باید مطابق با استاندارد و دستورالعمل تخلیه ایمن باشند زیرا در شرایط بحرانی کمک شایانی به تخلیه سریع افراد می‌کنند و خسارات مالی و جانی را کاهش می‌دهند (*Wei et al., 2018; Li and Zhu, 2018*). شاخص دستورالعمل تخلیه بر اساس جریان عبور جمعیت از یک نقطه از مسیر خروج تعیین می‌شود و شامل «مدت زمان خروج»، «تعداد نفرات» و «ظرفیت خروجی‌ها» است (*Sanni-Anibire and Hassanain, 2015; Li et al., 2016*). قابلیت اطمینان به احتمال اینکه یک سیستم بدون وقوع خرابی به وظایف تعیین‌شده با محدودیت‌های تعیین‌شده در شرایط کارکردی مشخص عمل کند، اشاره دارد. بنابراین «قابلیت اطمینان برنامه اقتضایی تخلیه» احتمال موفقیت در برنامه تخلیه افراد در هنگام حریق را نشان می‌دهد (*Abdul Hafeez and Hassanain, 2005; Li et al., 2018*). به‌طور کلی، بحث فوق نشان می‌دهد که ریسک تخلیه ایمنی حریق می‌تواند به‌عنوان یک ریسک حریق برای ساختمان‌های بلند در نظر گرفته شود.

۲-۱-۳ ریسک عملکرد حریق ساختمان[2]

عملکرد حریق ساختمان به «حفاظت حریق منفعل» در ساختمان‌های بلند اشاره دارد. بررسی‌های مربوطه نشان می‌دهند که عملکرد حریق ساختمان می‌تواند یکی از مهم‌ترین ریسک‌های حریق در ساختمان‌های بلند باشد (*De Silva et al., 2016*). حفاظت حریق منفعل شامل آن دسته از اقداماتی است که از ایجاد و تشدید خسارات ناشی از حریق پیشگیری کرده یا احتمال آنها را کاهش می‌دهد (*Grace Cheng et al., 2004; Wei et al., 2018*). مهم‌ترین این اقدامات شامل «طرح‌بندی کلی ساختمان» (معماری ساختمان)، «مقاومت حریق مواد ساختمان» و «جداسازی منطقه دود و محفظه حریق» است. سازه ساختمان متشکل از منطقه جغرافیایی، نقشه ساختمان، موقعیت اتاق‌ها و آسانسور، راهروها، درهای خروج و امکانات موجود در ساختمان است (*Hassanain, 2009; Ma and Guo, 2012*). «مقاومت حریق مواد ساختمان» نشان‌دهنده توانایی اجزای ساختمان جهت جلوگیری از گسترش حریق از فضای محل وقوع به فضاهای مجاور است (*De Silva et al., 2016; Weng and Liu, 2017*). اصطلاح «مقاومت در برابر حریق» لزوماً فقط به قابلیت اشتعال مواد اشاره ندارد بلکه بر پایداری و عایق بودن در برابر حرارت و حریق تأکید دارد (*Wei et al., 2018*). عبدل حافظ و حسنیان[3](۲۰۰۵) بیان می‌کنند که هریک از مصالح ساختمانی باید با این فرض استفاده شود که چقدر می‌تواند در برابر حریق‌های احتمالی و حرارت مقاوم باشد و از انتقال و گسترش حرارت و حریق به فضاهای درونی یا بیرونی جلوگیری کند. «جداسازی منطقه دود و محفظه حریق» یکی دیگر از فعالیت‌های اساسی برای حفاظت حریق منفعل است. هنگامی‌که یک ساختمان دچار حریق می‌شود دود، گاز، حرارت و شعله‌های آتش در داخل ساختمان منتشر می‌شوند. بر این اساس، لازم است باتوجه به کاربری و ابعاد هر ساختمان فضابندی مناسب ایجاد شود که با نصب مواد

1. Fire Safety Evacuation Risk (FSER)
2. Rikk of Building'FFire Perfornnn ce (RBFP)
3. Abdul Hafeez and Hassanain

حریق‌بند در آنها می‌توان از مقاومت مطلوب در برابر حریق اطمینان ایجاد کرد. همچنین، راه‌های ارتباطی و فضاهای پنهان نظیر شفت‌ها، محل عبور کابل‌ها و لوله‌ها، فضاهای بین دیوارها و نماهای خارجی ساختمان باید به نحوی طراحی شوند که از گسترش حریق جلوگیری شود (*Hassanain, 2010; Ma and Guo, 2012; Weng and Liu, 2017*). باتوجه به موارد فوق، ریسک عملکرد حریق ساختمان می‌تواند به‌عنوان یک ریسک حریق برای ساختمان‌های بلند باشد.

۲-۱-۴ ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق[1]

وقوع حریق‌های فاجعه‌بار نشان می‌دهد که چگونه ساختمان‌های بلند می‌توانند چالش‌های واقعی برای آتش‌نشان‌ها در تخلیه ساکنین ایجاد نمایند. بنابراین، مدیریت ایمنی حریق در ساختمان‌های بلند به‌منظور حفظ ریسک مهندسی حریق در محدوده مجاز بسیار مهم است (*Weng and Liu, 2017; Wei et al., 2018*). بررسی ادبیات مربوطه نشان می‌دهد که مدیریت ایمنی حریق شامل «سیستم مسئولیت ایمنی حریق»، «اجرای قوانین و مقررات پیشگیری حریق»، «بازرسی ایمنی حریق»، «قابلیت اضطرار حریق» و «نگهداری پیشگیرانه تسهیلات کنترل حریق» است. به‌طور معمول در سیستم مسئولیت ایمنی حریق در ساختمان همه مالکان و به‌ویژه مدیر ساختمان مسئول ایمنی حریق هستند. مدیر ساختمان باید ریسک‌های حریق در ساختمان را با کمک کارشناسان حریق شناسایی کرده و از حریق‌های احتمالی و خسارات جانی و مالی جلوگیری کند (*Weng and Liu, 2017; Wei et al., 2018*). «دفتر مقررات ملی ساختمان» قوانین و دستورالعمل‌های مختلفی را برای ساختمان‌های بلند باتوجه به نوع کاربری ساختمان، منطقه جغرافیایی و بسیاری از موارد دیگر وضع کرده است (*Li et al., 2018*). بازرسی ایمنی حریق باید توسط بازرسان پیشگیری از حریق انجام شود. این بازرسان بر اساس توانایی ایجاد انگیزه در مردم و دانش فنی مربوط به پیشگیری از حریق توسط «سازمان آتش‌نشانی» انتخاب می‌شوند. بازرسان مسئولیت نظارت منظم بر ساختمان، بررسی قوانین و مقررات پیشگیری از حریق و آموزش ساکنین ساختمان را بر عهده دارند (*Weng and Liu, 2017; Li et al., 2018*). قابلیت اضطرار حریق یک برنامه از پیش تعیین‌شده است که هدف آن ارائه اطلاعات پیشگیری از حریق و اقدامات قابل انتظار در شرایط اضطراری است (*Wei et al., 2018*). این برنامه باید شامل همه مراحل مقابله با حریق (یعنی از شناسایی شرایط تا انتقال به محیط امن) و الزامات روش‌ها و عملیات پیشگیری برای همه افرادی که در مدیریت شرایط اضطراری نقش دارند، باشد (*Weng and Liu, 2017; Li et al., 2018*). «نگهداری پیشگیرانه تسهیلات کنترل حریق» به مجموعه فعالیت‌ها و روش‌های منظم و دوره‌ای اطلاق می‌شود که به بررسی وضعیت موجود، به‌روزرسانی و حفظ تجهیزات پیشگیری از حریق در شرایط اضطراری اشاره دارد (*Abdul Hafeez and Hassanain, 2005*). دی‌سیلوا و همکاران[2] (۲۰۱۶) بیان می‌کنند که این تجهیزات باید به‌طور دوره‌ای و سیستماتیک بازرسی شوند. به‌طور کلی، بحث فوق نشان می‌دهد که ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق می‌تواند به‌عنوان یک ریسک حریق برای ساختمان‌های بلند در نظر گرفته شود.

۲-۱-۵ ریسک عوامل فاجعه‌ساز[3]

بررسی ادبیات مربوط به حریق نشان می‌دهد که وقوع حریق و تشدید آن می‌توانند ناشی از عوامل مختلفی از جمله «سیستم توزیع، حفاظت رعد و برق و اتصال زمین»، «تراکم ساکنین»، «بار حریق داخلی ساختمان»، «دکوراسیون داخلی»، «ارتفاع ساختمان»، «عمر مفید ساختمان»، «محیط خارجی»، «تجهیزات الکتریکی» و «مواد و اشیاء سریع الاشتعال و منفجره در ساختمان» باشند. فقدان «سیستم حفاظت رعد و برق» یکی از عوامل وقوع حریق در ساختمان‌های بلند است (*De Silva et al., 2016*). هنگامی‌که ابرها حرکت می‌کنند دارای بارهای الکتریکی مثبت و منفی می‌شوند و به‌دنبال مکانی هستند که بار الکتریکی خود را تخلیه کنند. در مسیر حرکت، به «ساختمان‌های بلند»، «درختان بلند» یا «مکان‌های مرتفع» که تجمع بار الکتریکی در آنجا بیشتر است می‌رسند و تخلیه بار را انجام می‌دهند. به‌منظور جلوگیری از ریسک حریق ناشی از صاعقه، نصب یک «سیستم حفاظت رعد و برق و اتصال زمین» در ساختمان‌های بلند برای تخلیه بار الکتریکی صاعقه الزامی است (*Hu, 2016; Weng and Liu, 2017*). تراکم ساکنین به

1. Risk of Fire Safety Management Status (RFSMS)
2. De Silva et al
3. Risk of Catastrophic Factors (RCFs)

معنای نسبت جمعیت ساکن به مساحت یک مترمربع زمین است که با واحد «نفر بر مترمربع» اندازه‌گیری می‌شود (*Bahr, 2014*). مسلماً هرچه تراکم ساکنین بیشتر باشد، تخلیه ساختمان هنگام وقوع حریق سخت‌تر است (*Sanni-Anibire and Hassanain, 2015*). بار حریق ساختمان به مقدار کل انرژی حرارتی آزادشده از مواد سوختنی موجود در یک ساختمان گفته می‌شود که به دو دسته بار حریق داخلی و خارجی تقسیم‌بندی می‌شود (*Bahr, 2014*). به مقدار انرژی حرارتی آزادشده از مواد تشکیل‌دهنده سازه ساختمان بار حریق داخلی می‌گویند. همچنین بار حریق خارجی به مقدار انرژی حرارتی آزادشده از همه اشیاء و مواد سوختنی که در داخل ساختمان وجود دارد، اشاره می‌کند (*Weng and Liu, 2017*). دکوراسیون داخلی به‌معنای طراحی هماهنگ و یکپارچه برای به تصویر کشیدن رنگ‌ها، اثاثیه و سایر اشیاء در یک اتاق یا ساختمان است. به دلیل اینکه در اکثر موارد، جنس دکوراسیون داخلی از مواد قابل اشتعال است، بنابراین به‌منظور جلوگیری از ریسک حریق در ساختمان‌های بلند باید از مواد غیرقابل اشتعال یا ایمن‌تر نسبت به حریق در دکوراسیون داخلی استفاده شود (*Weng and Liu, 2017*).

«ارتفاع ساختمان» به فاصله مرتفع‌ترین نقطه ساختمان از سطح گذر اصلی اشاره دارد و هرچه ارتفاع ساختمان بیشتر باشد، نیاز به تجهیزات پیشرفته‌تر برای اطفاء حریق و توجه به مدیریت ایمنی حریق بیشتر است (*Ma and Guo, 2012*). بر اساس مقررات ملی ساختمان، عمر مفید ساختمان به مدت زمانی که ساختمان برای سکونت مناسب است، اشاره دارد و به دو عامل «ساختاری» و «مواد» تقسیم‌بندی می‌شود. عامل ساختاری شامل نوع خاک، فندانسیون، شرایط آب و هوایی و جغرافیایی منطقه، کاربری ساختمان و نوع اسکلت سازه (از جمله آجری، گلی، بلوکی، بتنی و فلزی) است. عامل مواد به کیفیت، نحوه نگهداری و بهره‌برداری از مصالح ساختمانی اشاره دارد (*Weng and Liu, 2017; Wei et al., 2018*). محیط خارجی به هر چیز خارج از ساختمان که ممکن است سبب حریق در ساختمان شود، اطلاق می‌شود (*Weng and Liu, 2017*). بررسی‌ها نشان می‌دهند که بسیاری از حریق‌ها از اطراف ساختمان‌های بلند شروع می‌شنود و به داخل ساختمان وارد می‌شوند (*Wei et al., 2018*). تجهیزات الکتریکی شامل هر وسیله‌ای است که با الکتریسیته کار می‌کند و عدم توجه به استفاده ایمن از این تجهیزات سبب ایجاد جرقه و در نهایت ایجاد حریق می‌شود (*Hu, 2016*). بر اساس مباحث فوق، ریسک عوامل فاجعه‌ساز می‌تواند به‌عنوان یکی از ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند مورد توجه قرار گیرد.

۶-۱-۲ ریسک تیپ اطفاء حریق[1]

از آنجایی‌که نوع حریق‌ها و واکنش متقابل نسبت به آنها بسیار متفاوت است، بنابراین تیپ اطفاء حریق باید توانایی و تخصص لازم را در اطفاء انواع حریق داشته باشد (*Wei et al., 2018*). برای دستیابی به این توانایی، ریسک‌هایی مانند «خط حریق»، «قابلیت کمک‌رسانی تیپ حریق محلی»، «امکانات تخلیه آتش‌نشانی»، «تجهیزات آتش‌نشانی»، «تعداد آتش‌نشان‌ها»، «تجربه آتش‌نشان‌ها» و «دسترس‌پذیری ایستگاه آتش‌نشانی» باید در نظر گرفته شوند. «خط حریق» راهی است که فقط ماشین‌های آتش‌نشانی اجازه عبور از آن را دارند و توجه به الزامات خاصی از جمله «ترافیک محلی»، «چراغ راهنمایی» و «عرض خیابان‌ها» برای طراحی خط حریق ضروری است (*Weng and Liu, 2017*). به دلیل حساسیت بالای حرفه آتش‌نشانی، سطح قابلیت و توانایی کارکنان باید بیشتر از مشاغل دیگر باشد. قابلیت کمک‌رسانی تیپ حریق محلی، کارایی آتش‌نشان‌ها را در حریق نشان می‌دهد (*Weng and Liu, 2017*). ما و گائو[2](۲۰۱۲) بیان می‌کنند که قابلیت‌های اصلی آتش‌نشان‌های تیپ حریق شامل تخصص فنی در زمینه حریق، شجاعت و ریسک‌پذیری، خونسردی و کار تیمی هستند. «امکانات تخلیه آتش‌نشانی و تدارکات خروج» به همه اقدامات و تجهیزاتی اشاره دارند که برای خارج کردن افراد از ساختمانی که دچار حریق شده است استفاده می‌شوند (*Chu et al., 2007*). تجهیزات آتش‌نشانی شامل کپسول آتش‌نشانی، هیدرانت، آچار آتش‌نشانی، جعبه آتش‌نشانی، قرقره آتش‌نشانی (هوزریل) است که برای اطفاء حریق مورد نیاز هستند (*Wei et al., 2018*).

چو و همکاران[3](۲۰۰۷) اشاره می‌کنند که تعداد آتش‌نشان‌های موجود در ایستگاه‌های آتش‌نشانی نکته‌ای بسیار مهم است که

1. Risk of Firefighting Brigade (RFB)
2. Ma and Guo
3. Chu et al

با برنامه‌ریزی نیروی انسانی به‌شیوه‌ای صحیح می‌توان خسارات ناشی از حریق را کاهش داد. باتوجه به نوع تیپ ایستگاه آتش‌نشانی و نوع و تعداد خودرو عملیاتی موجود در هر ایستگاه، برای یک شیفت کاری حداقل تعداد ۱۵ نفر نیروی عملیاتی بر اساس استانداردهای موجود در نظر گرفته شده است. بنابراین یک ایستگاه آتش‌نشانی برای سه شیفت کاری در یک روز، نیاز به ۴۵ نفر نیروی عملیاتی دارد (*NFSI, 2018*). مسئولیت عملیات به عهده فرمانده عملیات است که از افراد باتجربه در تیپ آتش‌نشانی انتخاب می‌شود. تجربه و دانش فرمانده یکی از عوامل مؤثر در توانایی اطفاء حریق توسط تیپ حریق است (*Wei et al., 2018*). وی و همکاران[1] (۲۰۱۸) بیان می‌کنند که دسترس‌پذیری ایستگاه آتش‌نشانی در نقاط مختلف شهری در کاهش خسارات ناشی از حریق بسیار مؤثر است. به‌منظور تعیین بهترین موقعیت مکانی، ایستگاه‌های آتش‌نشانی باید بر اساس معیارهای مختلفی از جمله شعاع پوششی، تراکم جمعیت، نزدیکی به معابر و کاربری اراضی جایابی شوند. به‌طور کلی، بحث فوق نشان می‌دهد که ریسک توانایی اطفاء حریق تیپ می‌تواند به‌عنوان یک ریسک حریق برای ساختمان‌های بلند باشد.

۲-۱-۷ ریسک رفتار انسانی[2]

ریسک رفتار انسانی به همه ریسک‌های حریقی که می‌توانند ناشی از رفتار انسان باشند، اشاره دارد (*Li et al., 2018*). بررسی ادبیات مربوطه نشان می‌دهد که «آموزش»، «آگاهی»، «فرهنگ» و «تعهد و مسئولیت‌پذیری» ساکنین ساختمان درخصوص مدیریت ایمنی حریق می‌توانند به‌طور قابل ملاحظه‌ای ریسک حریق را کاهش دهند. وی و همکاران (۲۰۱۸) اشاره می‌کنند که آموزش ایمنی حریق به ساکنین ساختمان‌های بلند اهمیت بسیاری دارد. آموزش حفاظت عمومی درباره حریق دو جنبه دارد که عبارتند از (*Wei et al., 2018*): «پیشگیری» و «واکنش در برابر حریق». ساکنین باید تشویق شوند و یاد بگیرند که چگونه به هنگام وقوع حریق عمل کنند تا در صورت گسترش حریق اثرات خطرناک آن به حداقل برسند. باهر[3] (۲۰۱۴) استدلال می‌کند که آگاهی ساکنین ساختمان در خصوص مدیریت ایمنی حریق کلید رفتارهای درست و منطقی در برابر حریق است. سازمان آتش‌نشانی می‌تواند در توسعه آموزش و آگاهی مردم درباره حفاظت ایمنی حریق نقش بااهمیتی داشته باشد. سانی‌انیبیر و حسنیان[4] (۲۰۱۵) متذکر می‌شوند که سازمان آتش‌نشانی می‌تواند در جهت ارتقاء دانش و اطلاعات مردم درباره فرهنگ ایمنی حریق و اهمیت نصب و نگهداری سیستم‌های اطفاء حریق اقدام نماید. اگر توجه به حفاظت ایمنی در فرهنگ و رفتار ساکنین ساختمان‌های بلند نهادینه شود، آنگاه می‌توان ریسک حریق را به اندازه قابل توجهی مدیریت کرد (*Sanni-Anibire and Hassanain, 2015*). زمانی می‌توان ادعا کرد که تلاش‌ها برای سازماندهی و نهادینه کردن ایمنی حریق مؤثر هستند که ساکنین ساختمان‌های بلند در مقابل مدیریت ایمنی حریق متعهد و مسئولیت‌پذیر باشند (*Weng and Liu, 2017*). بر اساس مطالب فوق‌الذکر، ریسک رفتار انسانی می‌تواند به‌عنوان یکی از ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند مورد توجه قرار گیرد.

۲-۲ پیشینه تحقیق

یو و همکاران[5] (۲۰۱۲) طی یک مطالعه موردی در چین درباره ریسک طراحی ساختمان و تخلیه ساکنین در هنگام حریق بحث کردند. شین و هوانگ[6] (۲۰۱۳) معتقد هستند که شناسایی ریسک‌های حریق در ساختمان‌های بلند می‌تواند نقشی حیاتی در مدیریت ایمنی حریق ایفا کند. لی و همکاران[7] (۲۰۱۶) رفتار موانع حریق در ساختمان‌های بلند در کانادا را بررسی کردند. لیو و همکاران[8] (۲۰۱۷) بیان می‌کنند که شناسایی ریسک حریق در ساختمان‌های بلند بسیار پیچیده است زیرا با مواردی از جمله افزایش تراکم افراد، عدم دسترسی سریع به فضای خارج و تأخیر در تخلیه ساکنین مواجه است و این موارد باعث افزایش تلفات می‌شوند. لیو و همکاران (۲۰۱۷) ۵ ریسک اصلی و ۲۱ ریسک فرعی را بر اساس یک مدل سلسله مراتبی تعیین کردند و سپس اهمیت ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند را مشخص کردند. آخرین تحقیق پیشگام در این زمینه توسط لی

1. Wei et al
2. Human Behavior Risk (HBR)
3. Bahr
4. Sanni-Anibire and Hassanain
5. Yu et al
6. Xin and Huan
7. Li et al
8. Liu et al

و همکاران (۲۰۱۸) انجام شد که ۳ ریسک اصلی و ۱۵ ریسک فرعی را معرفی کردند. همچنین وی و همکاران (۲۰۱۸) بر اساس ۵ ریسک اصلی و ۱۶ ریسک فرعی، نمره ریسک حریق ۱۰ ساختمان بلند را در چین ارزیابی کردند. جدول ۱ ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند در تحقیقات گذشته را نشان می‌دهد.

جدول ۱- بررسی ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند در تحقیقات گذشته

ریسک‌های حریق / نویسندگان (سال)	ریسک عوامل فاجعه‌ساز	ریسک تجهیزات ایمنی حریق	ریسک تیم اطفاء حریق	ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق	ریسک رفتار انسان	ریسک عملکرد حریق ساختمان	ریسک تخلیه ایمنی حریق
Hassanain (1998)		❋					❋
Marchant (2000)		❋				❋	❋
Chow et al. (2002)		❋					
Subramaniam (2004)		❋	❋				❋
Grace Cheng et al. (2004)						❋	
Abdul Hafeez and Hassanain (2005)	❋	❋	❋			❋	❋
Chu et al. (2007)			❋				❋
Hassanain (2009)	❋	❋	❋			❋	❋
Hassanain (2010)		❋				❋	
Wang and Liu (2010)		❋	❋	❋	❋	❋	
Ma and Guo (2012)	❋	❋	❋			❋	❋
Bontempi et al. (2013)		❋					
Bahr (2014)	❋				❋		
Sanni-Anibire and Hassanain (2015)	❋					❋	❋
Hu (2016)	❋	❋					
Li et al. (2016)		❋				❋	❋
De Silva et al. (2016)						❋	
Liu et al. (2017)		❋					
Weng and Liu (2017)	❋						
Wei et al. (2018)	❋	❋	❋		❋		❋
Li et al. (2018)		❋	❋	❋		❋	❋
Li and Zhu, (2018)							❋
Sheeba and Jayaparvathy (2019)		❋					❋

۳- روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر بر اساس نتیجه یا هدف یک تحقیق کاربردی است و به‌لحاظ روش اجرا یک تحقیق توصیفی- اکتشافی است. این تحقیق به‌لحاظ شیوه جمع‌آوری داده‌ها پیمایشی است و بر اساس روش تحلیل داده‌ها، تحقیق حاضر از نوع کمّی است (*Patton, 2002*). جامعه آماری تحقیق همه ایستگاه‌های آتش‌نشانی استان تهران است که فرماندهان عملیات حریق این ایستگاه‌ها به‌عنوان واحد تحلیل آماری انتخاب شدند. دلیل انتخاب استان تهران این است که بیشترین ساختمان‌های بلند و حریق‌های اتفاق‌افتاده در ایران در این استان است. ۱۸۹ ایستگاه آتش‌نشانی در استان تهران وجود دارد که شامل ۵۶۷ فرمانده در تیپ حریق ایستگاه‌ها برای سه شیفت کاری است. باتوجه به مؤمنی و فعال‌قیومی (۲۰۱۳)، برای تعیین اندازه نمونه از فرمول کوکران در جامعه محدود استفاده شد که در معادله (۱) نشان داده شد ($n = 310$). از سوی دیگر، آذر و همکاران[1] (۲۰۱۲) بیان می‌کنند که برای انجام تحلیل عامل اکتشافی باید حداقل ۵ نمونه برای هر متغیر مشاهده‌شده وجود داشته باشد. حجم نمونه محاسبه‌شده ($n = 310$) نشان می‌دهد که هیچ نگرانی در مورد انجام تحلیل عامل اکتشافی وجود ندارد. باتوجه

1. Azar et al

به همگنی اعضاء واحد تحلیل (*Patton, 2002*)، نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد.

$$n = \frac{N \times z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \times \sigma^2}{\varepsilon^2(N-1) + z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \times \sigma^2}$$
$$= \frac{567 \times 1.96^2 \times 0.667}{0.05^2 \times (567-1) + 1.96^2 \times 0.667} \cong 310 \quad (1)$$

در این مطالعه، برای بررسی ادبیات نظری و استخراج ریسک‌های فرعی از روش کتابخانه‌ای استفاده شد. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از روش میدانی و ابزار پرسشنامه محقق‌ساخته استفاده شد. پرسشنامه تحقیق شامل دو بخش عمومی و تخصصی است. بخش عمومی شامل مشخصات دموگرافیک پاسخ‌دهندگان است (جدول ۲). بخش تخصصی شامل ۳۹ سؤال مربوط به ریسک‌های فرعی حریق برای ساختمان‌های بلند است که به‌وسیله مقیاس پنجگانه لیکرت با طیف از ۱ (بسیار کم) تا ۵ (بسیار زیاد) اندازه‌گیری شدند. طی فرآیند جمع‌آوری داده‌ها، ۴۰۰ پرسشنامه به‌وسیله ایمیل به فرماندهان ارسال شد و از آنها خواسته شد که طی دو ماه پاسخ دهند. در نهایت، ۳۶۱ پرسشنامه مفید برای تحلیل آماری جمع‌آوری شد که میزان نرخ پاسخ‌دهی ۹۰/۲۵ درصد است.

جدول ۲- توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان

ویژگی جمعیت شناختی	سطوح	فراوانی	درصد فراوانی	درصد فراوانی تجمعی
سن	کمتر از ۳۰ سال	۱۴۹	۴۱/۲۷	۴۱/۲۷
	بین ۳۰ تا ۴۰ سال	۱۰۷	۲۹/۶۴	۷۰/۹۱
	بین ۴۱ تا ۵۰ سال	۷۱	۱۹/۶۷	۹۰/۵۸
	بیشتر از ۵۰ سال	۳۴	۹/۴۲	۱
تحصیلات	کارشناسی و پایین‌تر	۲۵۱	۶۹/۵۳	۶۹/۵۳
	کارشناسی ارشد	۹۴	۲۶/۰۳	۹۵/۵۶
	دکتری	۱۶	۴/۴۴	۱
تجربه کاری	کمتر از ۱۰ سال	۱۰۹	۳۰/۱۹	۳۰/۱۹
	بین ۱۰ تا ۱۵ سال	۱۲۶	۳۴/۹۰	۶۵/۰۹
	بین ۱۶ تا ۲۰ سال	۸۸	۲۴/۳۸	۸۹/۴۷
	بیشتر از ۲۰ سال	۳۸	۱۰/۵۳	۱

در این مطالعه، یک بررسی عمیق از مطالعات قبلی به‌منظور استخراج ریسک‌های فرعی حریق برای ساختمان‌های بلند انجام شد. سپس، به‌منظور شناسایی ساختار و ماهیت ریسک‌های اصلی حریق و تعیین اعتبار ابزار اندازه‌گیری از تحلیل عامل اکتشافی با نرم‌افزار SPSS استفاده شد (*Zientek, 2008*). بریس و همکاران[1] (۲۰۰۹) اظهار می‌کنند که تحلیل عاملی اکتشافی یک روش آماری چندمتغیره شناخته‌شده برای دستیابی به اهداف علمی از جمله کاهش داده، شناسایی ساختار و اندازه‌گیری اعتبار پرسشنامه است. در نهایت، باتوجه به ماهیت پیش‌بینی‌کننده سازه‌های تحقیق، تحلیل عاملی تأییدی بر اساس روش حداقل مربعات جزئی[2] (PLS) با نرم‌افزار SmartPLS برای بررسی میزان سازگاری بین ریسک‌های نظری و تجربی به‌کار برده شد (*Azar et al., 2012*). شموئلی و کوپیوس[3] (۲۰۱۱) اشاره کردند که مدل‌های پیش‌بینی‌کننده نقش مهمی را در ارزیابی، انتخاب و توسعه نظریه‌ها و ابزارها ایفا می‌کنند، زیرا مدل‌های پیش‌بینی‌کننده با مدل‌های نظری و تجربی سازگار هستند و می‌توانند اعتبار سازه‌های مدل‌های اکتشافی را بهتر تعیین کنند. به‌عبارتی، تحلیل عاملی تأییدی به‌منظور تعیین توانایی سازگاری مدل عاملی از پیش تعریف‌شده (نتیجه تحلیل عامل اکتشافی) با مجموعه داده‌های مشاهده‌شده استفاده شد (*Henseler et al., 2016*). تحلیل عاملی تأییدی یک روش آزمون تئوری است که یک مدل عاملی از پیش تعیین‌شده را مورد بررسی قرار می‌دهد (*Azar et al., 2012; Henseler et al., 2016*).

۴- یافته‌های تحقیق

۴-۱ تحلیل عاملی اکتشافی

1. Brace et al
2. Partial Least Squares (PLS)
3. Shmueli and Koppius

نتایج تحلیل عاملی اکتشافی در جدول ۳ نشان می‌دهند که داده‌های تحقیق و تعداد نمونه برای انجام تحلیل عاملی و شناسایی ساختار مدل عاملی مناسب هستند ($KMO \geq 0.6 , Sig \leq 0.05$). یافته‌ها نشان دادند که ارزش اشتراک استخراجی همه ریسک‌های فرعی بالاتر از ۰/۵ است (جدول ۳)، بنابراین ریسک‌های فرعی استخراج‌شده توانایی تبیین واریانس کل مدل مورد نظر را دارند (*Thompson, 2004*). بر اساس پیشنهاد بریس و همکاران (۲۰۰۹)، در این مطالعه ۷ ریسک اصلی (عامل) به‌وسیله روش تحلیل مؤلفه اصلی و چرخش واریماکس با نرمال‌سازی کیسر استخراج شدند که تقریباً ۶۲/۵ درصد از واریانس کل ریسک حریق برای ساختمان‌های بلند را تبیین می‌کنند (جدول ۳). جدول ۴ ریسک‌های اصلی شناسایی‌شده، درصد واریانس تبیین‌شده توسط هر ریسک اصلی و بارهای عاملی ریسک‌های فرعی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- نتایج تحلیل عاملی اکتشافی

شاخص KMO	آزمون کرویت بارتلت			اشتراک استخراجی ریسک‌های فرعی	تعداد ریسک‌های اصلی استخراج‌شده	واریانس تبیین شده بعد از چرخش (درصد)
	χ^2	درجه آزادی	سطح معناداری (Sig)			
۰/۷۴۷	۴۰۷۳/۸۳۵	۷۴۱	۰/۰۰۰	بیشتر از ۰/۵	۷	۶۲/۴۷۸

جدول ۴- ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند

ریسک‌های اصلی/ کد اصلی	کد	ریسک‌های فرعی	بار عاملی	درصد واریانس تبیین‌شده	منبع
ریسک عوامل فاجعه‌ساز	RCF1	ارتفاع ساختمان	۰/۷۶۵	۱۲/۵۵۶	(Abdul Hafeez and Hassanain, 2005; Hassanain, 2009; Ma and Guo, 2012; Bahr, 2014; Sanni-Anibire and Hassanain, 2015; Hu, 2016; Weng and Liu, 2017; Wei et al., 2018)
	RCF2	تراکم ساکنین	۰/۷۱۱		
	RCF3	بار حریق داخلی ساختمان (بارهای حریق زنده و مرده)	۰/۶۷۴		
	RCF4	نگهداری مواد سریع الاشتعال در ساختمان	۰/۶۶۹		
	RCF5	سیستم‌های توزیع، حفاظت رعد و برق و اتصال زمین (ارت)	۰/۶۰۶		
	RCF6	عمر مفید ساختمان	۰/۵۵۴		
	RCF7	محیط خارجی	۰/۵۲۳		
	RCF8	تجهیزات الکتریکی و تأسیساتی	۰/۵۱۴		
	RCF9	دکوراسیون داخلی	۰/۴۱۱		
ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان	RFSEB1	سیستم خاموش‌کننده حریق	۰/۷۲۷	۱۰/۷۴۳	(Hassanain, 1998; Wong et al.,1999; Marchant, 2000; Chow et al., 2002; Subramaniam, 2004; Abdul Hafeez and Hassanain, 2005; Hassanain, 2009; Hassanain, 2010; Wang and Liu, 2010;
	RFSEB2	سیستم کنترل دود	۰/۶۴۵		
	RFSEB3	آسانسور (بالابر) حریق	۰/۵۶۶		

	RFSEB4	سیستم آب‌پاش اتوماتیک	۰/۵۴۷		Ma and Guo, 2012; Bontempi et al., 2013; Li et al., 2016; Hu, 2016; Liu et al., 2017; Li et al., 2018; Wei et al., 2018; Sheeba and Jayaparvathy, 2019)
	RFSEB5	سیستم شیر اطفاء حریق (داخلی و خارجی)	۰/۵۴۳		
	RFSEB6	سیستم اعلان حریق (زنگ هشداردهنده) و سیستم پیوند حریق	۰/۴۸۰		
	RFSEB7	سیستم ارتباط و انتشار اضطراری حریق	۰/۴۵۳		
ریسک تیپ اطفاء حریق	RFB1	خط حریق (مسیر حریق)	۰/۶۲۱	۹/۸۸۷	(Subramaniam, 2004; Abdul Hafeez and Hassanain, 2005; Chu et al., 2007; Wang and Liu, 2010; Ma and Guo, 2012; Wei et al., 2018)
	RFB2	قابلیت کمک‌رسانی تیپ حریق محلی	۰/۶۰۹		
	RFB3	امکانات تخلیه تیپ حریق	۰/۵۶۴		
	RFB4	تجهیزات تیپ حریق	۰/۵۴۰		
	RFB5	تعداد آتش‌نشانان	۰/۴۶۷		
	RFB6	تجربه آتش‌نشانان	۰/۴۲۴		
	RFB7	دسترس‌پذیری ایستگاه آتش‌نشانی	۰/۴۱۳		
	RFB8	توانایی تهویه در عملیات اطفاء حریق	۰/۴۰۱		
ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق	RFSMS1	سیستم مسئولیت ایمنی حریق	۰/۷۴۹	۹/۱۱۰	(Wang and Liu, 2010; Li et al., 2018)
	RFSMS2	اجرای قوانین و مقررات پیشگیری حریق	۰/۶۸۴		
	RFSMS3	بازرسی ایمنی حریق و وضعیت مقررات (از جمله مشخص بودن تابلوها و علائم خروج اضطراری، تعیین فضای امن در ساختمان و ...)	۰/۶۳۹		
	RFSMS4	قابلیت یا برنامه اضطرار حریق (مانند فعال شدن سیستم روشنایی اضطراری در مسیر خروج از ساختمان)	۰/۴۶۲		
	RFSMS5	نگهداری پیشگیرانه تجهیزات کنترل حریق	۰/۴۶۱		
ریسک رفتار	HBR1	آموزش ایمنی حریق به	۰/۶۱۳	۸/۸۳۱	(Wang and Liu, 2010; Bahr, 2014; Sanni-

انسان		ساکنین			Anibire and Hassanain, 2015; Li et al., 2018)
	HBR2	آگاهی ساکنین درباره مدیریت ایمنی حریق	۰/۵۹۵		
	HBR3	فرهنگ ایمنی ساکنین	۰/۵۸۴		
	HBR4	تعهد و مسئولیت‌پذیری ساکنین درخصوص مدیریت ایمنی حریق	۰/۵۶۸		
ریسک عملکرد حریق ساختمان	RBFP1	طرح کلی یا معماری ساختمان	۰/۷۴۳	۶/۸۹۹	(Marchant, 2000; Grace Cheng et al., 2004; Abdul Hafeez and Hassanain, 2005; Hassanain, 2009; Hassanain, 2010; Wang and Liu, 2010; Ma and Guo, 2012; De Silva et al., 2016; Li et al., 2016; Li et al., 2018)
	RBFP2	مقاومت حریق مواد ساختمان	۰/۷۳۹		
	RBFP3	جداکننده منطقه دود و محفظه حریق	۰/۶۸۹		
ریسک تخلیه ایمنی حریق	FSER1	پله‌ها و مسیرهای تخلیه	۰/۶۲۷	۶/۶۴۰	(Hassanain, 1998; Marchant, 2000; Subramaniam, 2004; Abdul Hafeez and Hassanain, 2005; Chu et al., 2007; Hassanain, 2009; Ma and Guo, 2012; Sanni-Anibire and Hassanain, 2015; Li et al., 2016; Li et al., 2018; Wei et al., 2018; Li and Zhu, 2018; Sheeba and Jayaparvathy, 2019)
	FSER2	شاخص دستورالعمل تخلیه (مانند تعداد و ظرفیت خروجی‌ها)	۰/۴۸۶		
	FSER3	قابلیت اطمینان برنامه اقتضایی تخلیه	۰/۴۵۷		

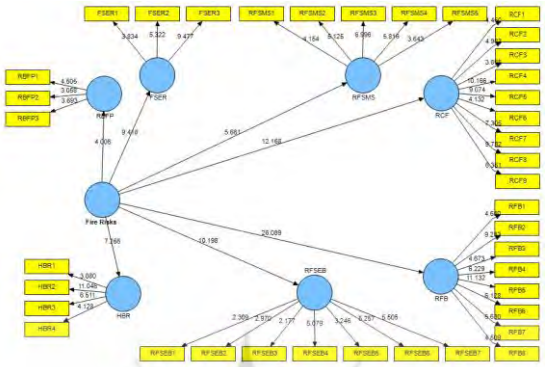
۴-۲ تحلیل عاملی تأییدی

تحلیل عاملی تأییدی بر اساس PLS شامل دو بخش اندازه‌گیری و ساختاری است که نتایج آن در شکل‌های ۲ و ۳ و جدول ۵ ارائه شده است. بخش اندازه‌گیری شامل دو مفهوم روایی و پایایی است (*Hair et al., 2014*). در این مطالعه از روایی محتوا و روایی سازه استفاده شد. طبق پیشنهاد باتور و باتور (۲۰۱۰)، پرسشنامه طراحی‌شده توسط پنج نفر از اساتید دانشگاه و پنج فرمانده عملیات حریق برای ارزیابی روایی صوری تأیید شد. روایی سازه شامل روایی همگرا و روایی واگرا است که از طریق مدل اندازه‌گیری به‌دست می‌آید (*Azar et al., 2012*). روایی همگراییِ ریسک‌های شناسایی‌شده با استفاده از میانگین واریانس استخراج‌شده[۲۶](AVE) بررسی شد که بر اساس پیشنهاد هییر و همکاران[۲۷](۲۰۱۴) AVE همه آنها بیشتر از ۰/۵ است (جدول ۵). روایی واگرایی از طریق شاخص فورنل-لارکر[۲۸]ارزیابی گردید (*Hair et al., 2014*). نتایج حاصله در جدول ۵ حاکی از آن است که AVE هرریسک بیشتر از بالاترین مربع ضریب همبستگی آن ریسک با سایر ریسک‌ها است، بنابراین روایی واگرایی ریسک‌های شناسایی‌شده تأیید می‌شود. از طرفی، پایایی همه ریسک‌های شناسایی‌شده با استفاده از شاخص‌های آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی ارزیابی شد (*Hair et al., 2014*) که بیشتر از ۰/۷ است (جدول ۵).

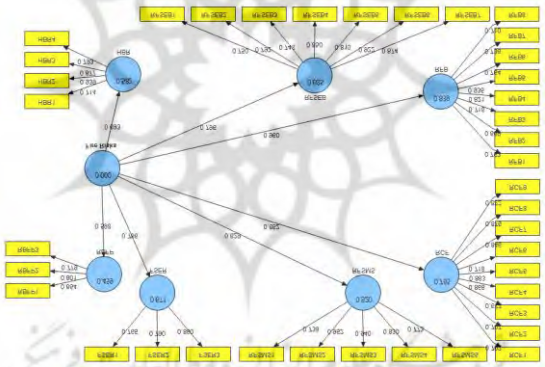
در بخش ساختاری، نتایج جدول ۵ نشان می‌دهند که مقدار آماره t همه ریسک‌های شناسایی‌شده بیشتر از ۱/۹۶ است که حاکی از برازش مناسب آنها است (*Hair et al., 2014*). همچنین بر اساس پیشنهاد هشیم و سانی[۲۹](۲۰۰۸)، ضریب مسیر (بار عاملی) همه ریسک‌های اصلی و ریسک‌های فرعی

6 . Average Variance Extracted (AVE)
7 . Hair et al
8 . Fornell-Larcker
9 . Hashim and Sani

مربوط به آنها بیشتر از ۰/۴ است که نشان می‌دهد اثربخشی ریسک‌های مورد نظر تأیید می‌شود (جدول ۵). به‌عنوان مثال، مقدار آماره t ریسک عوامل فاجعه‌ساز بیشتر از ۱/۹۶ (t − value = 12.168) است، بنابراین اثربخشی ریسک عوامل فاجعه‌ساز در این مطالعه تأیید می‌شود. همچنین مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده ریسک عوامل فاجعه‌ساز برابر با ۰/۷۶۵ است که نشان می‌دهد ریسک عوامل فاجعه‌ساز می‌تواند تقریباً ۷۶/۵ درصد از کل واریانس ریسک حریق در ساختمان‌های بلند را تبیین و پیش‌بینی کند.



شکل ۲- مقدار آماره t در تحلیل عاملی تأییدی



شکل ۳- مقدار ضریب تعیین تعدیل‌شده و ضریب مسیر در تحلیل عاملی تأییدی

جدول ۵- نتایج تحلیل عاملی تأییدی

ریسک اصلی		ریسک عوامل فاجعه‌ساز (۱)	ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان (۲)	ریسک تیم اطفاء حریق (۳)	ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق (۴)	ریسک رفتار انسان (۵)	ریسک عملکرد حریق ساختمان (۶)	ریسک تخلیه ایمنی حریق (۷)
مدل اندازه‌گیری	AVE (روایی همگرا)	۰/۶۲۴	۰/۶۷۷	۰/۶۳۸	۰/۷۲۴	۰/۶۹۷	۰/۶۵۹	۰/۶۵۰
	AVE جذر	۰/۷۹۰	۰/۸۲۳	۰/۷۹۹	۰/۸۵۱	۰/۸۳۵	۰/۸۱۲	۰/۸۰۶

		ضریب همبستگی بین ریسک‌های اصلی شناسایی‌شده							مدل ساختاری			
آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	ضریب مسیر	ضریب تعیین تعدیل‌شده	سطح معناداری (t)	نتیجه
۰/۸۴۲	۰/۹۰۳	--	۰/۲۹۴	۰/۳۰۱	۰/۲۷۳	۰/۲۷۱	۰/۲۵۵	۰/۳۱۹	۰/۸۵۲	۰/۷۶۵	۱۲/۱۶۸	تأیید شد
۰/۸۴۸	۰/۹۰۹	--	--	۰/۱۷۶	۰/۳۸۴	۰/۲۱۹	۰/۳۲۷	۰/۲۴۸	۰/۷۹۶	۰/۶۸۵	۱۰/۱۹۸	تأیید شد
۰/۸۳۷	۰/۹۰۰	--	--	--	۰/۲۴۳	۰/۱۹۶	۰/۱۴۸	۰/۲۰۵	۰/۹۶۰	۰/۸۳۹	۲۶/۰۸۹	تأیید شد
۰/۸۴۵	۰/۹۰۵	--	--	--	--	۰/۳۳۴	۰/۲۲۴	۰/۲۸۱	۰/۶۲۹	۰/۵۲۰	۵/۶۶۱	تأیید شد
۰/۷۰۱	۰/۸۶۵	--	--	--	--	--	۰/۳۵۲	۰/۲۷۲	۰/۶۹۳	۰/۵۸۲	۷/۲۵۶	تأیید شد
۰/۷۲۸	۰/۷۹۳	--	--	--	--	--	--	۰/۲۶۱	۰/۵۹۸	۰/۴۵۹	۴/۰۰۶	تأیید شد
۰/۷۱۹	۰/۷۸۳	--	--	--	--	--	--	--	۰/۷۸۶	۰/۶۷۱	۹/۴۱۸	تأیید شد

۵- بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

امروزه ایمنی حریق یکی از بزرگترین چالش‌ها برای ساختمان‌های بلند محسوب می‌شود و خسارات جانی و مالی ناشی از حریق در این ساختمان‌ها از دلایل اهمیت این موضوع است. مطالعات گذشته نشان می‌دهند که بررسی ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند هنوز هم برای دانشگاهیان و مهندسان حریق مورد توجه است و فقدان یک دستورالعمل حفاظت ایمنی حریق برای ساختمان‌های بلند یک موضوع مهم و اساسی است. در این راستا، تعیین ریسک‌های حریق برای

ساختمان‌های بلند می‌تواند مهم‌ترین پیش‌نیاز برای تدوین دستورالعمل موردنظر باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد برخلاف تحقیقات گذشته (*Hassanain, 2010; Weng and Liu, 2017; Li et al., 2016; Liu et al., 2017; Li et al., 2018; Wei et al., 2018*)، این تحقیق توانسته است ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند را به‌صورت نسبتاً جامعی شناسایی کرده و به‌صورت خوب تعریف‌شده دسته‌بندی کند. همچنین، به بهترین دانش از نویسندگان، چنین تحقیقی در زمینه ایرانی یافت نشد.

به‌لحاظ تئوریکی، این مطالعه بیشتر به درک ادبیات درباره ریسک حریق برای ساختمان‌های بلند کمک می‌کند. مقایسه یافته‌های ما با سایر مطالعات مربوطه نشان می‌دهد که ریسک‌های پیشنهادی بر اساس بررسی عمیق ادبیات گذشته و با استفاده از تکنیک‌های آماری معتبر شناسایی و دسته‌بندی شدند. این در حالی است که در مطالعات گذشته، ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند بر اساس تجربیات کارشناسان شناسایی شدند و در اکثر موارد دسته‌بندی مفهومی خوب تعریف‌شده‌ای ارائه نشده است (*Hassanain, 2010; Weng and Liu, 2017; Li et al., 2016; Liu et al., 2017; Li et al., 2018; Wei et al., 2018*). باتوجه به قاسمی و والمحمدی (۲۰۱۸)، ما اعتقاد داریم که شناسایی ریسک‌های یک موضوع خاص بر اساس حوزه‌های عملکردی خوب تعریف‌شده، می‌تواند به درک، ارزیابی و کاهش ریسک‌ها کمک کند. بر این اساس، این تحقیق می‌تواند بینش عمیقی جهت مدیریت ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند را ارائه دهد.

نتایج حاصله نشان می‌دهند که هفت ریسک حریق برای ساختمان‌های بلند شناسایی شدند که عبارتند از: «ریسک عوامل فاجعه‌ساز»، «ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان»، «ریسک تیپ اطفاء حریق»، «ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق»، «ریسک رفتار انسانی»، «ریسک عملکرد حریق ساختمان» و «ریسک تخلیه ایمنی حریق». همچنین نتایج تحلیل عاملی تأییدی حاکی از آن است که هفت ریسک شناسایی‌شده در جامعه تحقیق اثربخش و معتبر هستند. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که «ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان» یکی از ریسک‌های حریق شناسایی‌شده برای ساختمان‌های بلند است. حفاظت حریق منفعل بر سیستم‌های اعلام و اطفاء حریق متمرکز است. در واقع، وجود سیستم‌های اعلام حریق می‌تواند به روش‌های مختلفی دود، حریق، گاز منوکسید کربن و دیگر شرایط بحرانی را تشخیص داده و به‌صورت صوتی و تصویری آن را اعلام کند. در نهایت، به‌منظور جلوگیری از انتشار حریق می‌توان از سیستم‌های اطفاء حریق استفاده کرد که شامل سرد کردن، خفه کردن، از بین بردن مواد قابل اشتعال و کنترل واکنش‌های زنجیره‌ای است. به‌طور کلی، برای انتخاب سیستم‌های اعلام یا اطفاء حریق باید به ساختار ساختمان توجه کرده و بر اساس نوع استفاده، هدف و استاندارد ساختمان‌ها نمونه مناسب را انتخاب نمود.

«ریسک تخلیه ایمنی حریق» به‌عنوان یکی دیگر از ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند شناسایی شد که شامل پله‌ها و مسیرهای تخلیه، شاخص دستورالعمل تخلیه (مانند تعداد و ظرفیت خروجی‌ها) و قابلیت اطمینان برنامه اقتضایی تخلیه است. در مرحله طراحی ساختمان، راه‌های خروج باید بر اساس ویژگی‌هایی از جمله تعداد ساکنین، تعداد پله‌های متوالی، عرض و ارتفاع پله، نور، دسترسی، نگهداری و ایمنی مورد توجه قرار گیرند. سانی‌انیبیر و حسنیان (۲۰۱۵) بیان می‌کنند که راه‌های خروج باید مطابق استاندارد و مقررات ملی ساختمان طراحی شوند.

دیگر ریسک شناسایی‌شده «ریسک عملکرد حریق ساختمان» است. حسنیان (۲۰۰۹) استدلال می‌کند که یکی از مهم‌ترین مسائل مربوط به ایمنی حریق در ساختمان‌های بلند، حفاظت حریق منفعل در برابر حرارت زیاد ناشی از حریق است. حفاظت حریق منفعل به این دلیل حایز اهمیت است که ساختمان تحت تأثیر حرارت بالا مقاومت خود را از دست ندهد و افراد با اطمینان کامل از پایداری ساختمان از مسیرهای خروجی تعبیه‌شده خارج شوند. همچنین یافته‌ها نشان دادند که یکی دیگر از ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند «ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق» است. مدیریت ایمنی حریق به کلیه فعالیت‌های تأثیرگذار بر ایمنی حریق جهت پیشگیری از بروز حوادث جانی و خسارات مالی و بهبود عملکرد ایمنی حریق اشاره دارد. اجرای قوانین و مقررات پیشگیری حریق و نظارت کامل بر آن می‌توانند تا حد زیادی از ایجاد حریق جلوگیری کنند. این قوانین و مقررات باید بر کلیه عواملی که می‌تواند به ایجاد و تشدید حریق منجر شود، اعمال شود. این عوامل شامل سیستم روشنایی اضطراری، مسیرهای خروج و تجهیزات کنترل حریق و غیره است.

دیگر نتایج حاکی از آن است که «ریسک رفتار انسانی» یکی از

ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند است. یافته‌های پژوهش نشان دادند که آموزش ایمنی حریق به ساکنین ساختمان‌های بلند به‌تنهایی قادر به تأمین سطح ایمنی قابل قبول در برابر حریق نیست و باید آگاهی‌های لازم درباره مدیریت ایمنی حریق با فرهنگ ایمنی ساکنین عجین شوند به‌طوری‌که تعهد و مسئولیت‌پذیری درخصوص مدیریت ایمنی حریق را ایجاد کنند. در نهایت، دیگر ریسک‌های شناسایی‌شده عبارتند از «ریسک عوامل فاجعه‌ساز» و «ریسک تیپ اطفاء حریق» که توسط مطالعات چو و همکاران (۲۰۰۷)، ما و گائو (۲۰۱۲)، باهر (۲۰۱۴)، ونگ و لیو (۲۰۱۷) و وی و همکاران (۲۰۱۸) پشتیبانی می‌شوند.

به‌طور کلی، یافته‌های تحقیق حاضر نشان می‌دهند که مدیران سازمان آتش‌نشانی به‌منظور تأیید مجوزهای لازم برای ساخت ساختمان‌های بلند باید بر ریسک‌های شناسایی‌شده تمرکز کنند. به‌عبارتی، عدم توجه به ریسک‌های تعیین‌شده، احتمال افزایش خسارات جانی و مالی ناشی از حریق را در ساختمان‌های بلند افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، یافته‌های ما ادبیات مربوط به ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند را از طریق اثربخشی این ریسک‌ها در زمینه جامعه ایرانی گسترش می‌دهد، در حالی‌که مطالعات گذشته در سایر زمینه‌ها به ریسک‌های محدودی اشاره می‌کنند (*Wang and Liu, 2010; Hassanain, 2010; Bontempi et al., 2013; Weng and Liu, 2017; Li et al., 2016; Liu et al., 2017; Li et al., 2018; Wei et al., 2018; Sheeba and Jayaparvathy, 2019*). نتایج حاصله می‌توانند به‌منظور کاهش ریسک حریق در ساختمان‌های بلند استفاده شوند و کاهش هزینه‌ها و خسارات جانی را در بلندمدت به همراه داشته باشند.

پژوهش حاضر به‌طور قابل توجهی برای دانشگاهیان و مهندسان حریق اهمیت دارد. سهم اصلی این مطالعه تعیین ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند است. به‌لحاظ تئوریکی، این تحقیق ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلند را توسعه داده است که می‌تواند به شناخت و رفتار محققان آکادمیک در خصوص ریسک حریق برای ساختمان‌های بلند کمک کند. بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهند که ریسک‌های حریق بر اساس مفاهیم خوب تعریف‌شده دسته‌بندی نشدند و نیز شناسایی این ریسک‌ها بر اساس تجربیات و نظر کارشناسان انجام شده است که این امر می‌تواند جامعیت ریسک‌های شناسایی‌شده را با تردید مواجه کند. در این راستا، بررسی عمیق مطالعات گذشته و به‌کارگیری رویکردهای آماری معتبر برای شناسایی و تأیید ریسک‌های حریق، این تحقیق را از سایر مطالعات گذشته مجزا کرده و اعتبار نتایجش را تقویت می‌کند. از طرفی به‌لحاظ عملی، ریسک‌های شناسایی‌شده می‌توانند بر دیدگاه‌های مهندسان حریق و آتش‌نشانان مؤثر باشند و بینش‌های مفیدی را درباره ریسک‌های حریق در ساختمان‌های بلند به آنها ارائه دهند. درک این ریسک‌ها توسط آتش‌نشان‌ها کمک می‌کند تا آنها با دانش و خرد بیشتری درخصوص پیشگیری و اطفاء حریق در ساختمان‌های بلند تصمیم بگیرند و عمل کنند. در نهایت، می‌توان پیشنهادات ذیل را به‌منظور پیشگیری از ریسک‌های شناسایی‌شده توصیه کرد.

- تجهیزات ایمنی حریق از جمله سیستم‌های اعلان حریق، اسپرینکلرها، کپسول‌های آتش‌نشانی و شیرهای آتش‌نشانی باید در محل مناسب در ساختمان نصب شوند و به‌صورت دوره‌ای بازرسی و تست شوند (مربوط به ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان و ریسک وضعیت مدیریت ایمنی حریق).
- باتوجه به اینکه در هنگام حریق، ساکنین ساختمان‌های بلند اغلب از طریق خروجی اصلی یعنی آسانسور خارج می‌شوند، بنابراین ایمن‌سازی آسانسورها در برابر حریق ضروری است (مربوط به ریسک تخلیه ایمنی حریق).
- به‌منظور ساخت ساختمان‌های بلند حتماً از سازه‌های بتنی استفاده شود. همچنین سازه‌های فولادی از طریق «پوشش‌های رنگ مقاوم در برابر حریق»، «پوشش‌های معدنی مقاوم در برابر حریق» و «غلاف‌های بتنی احاطه‌کننده مقاطع سازه‌های فولادی» مقاوم‌سازی شوند (مربوط به ریسک عملکرد حریق ساختمان).
- پیشنهاد می‌شود که مقاومت سیم اتصال به زمین باید کم و مقطع آنها کافی باشد زیرا می‌تواند جریان بیشتری را بدون خطر به زمین هدایت نماید. همچنین، اگر احتمال دارد سیم اتصال به زمین آسیب ببیند باید آن را به شیوه مکانیکی محافظت کرد (مربوط به ریسک عوامل فاجعه‌ساز).
- پیشنهاد می‌شود که مانورهای مختلفی جهت ارتقاء توانایی و قابلیت‌های اطفاء تیپ حریق انجام شوند (مربوط به ریسک تیپ اطفاء حریق).
- برگزاری دوره‌های آموزشی ایمنی حریق برای ساکنین

ساختمان‌های بلند (مربوط به ریسک رفتار انسانی)

در پایان، محدودیت اصلی تحقیق حاضر مربوط به تعمیم‌پذیری نتایج حاصله است که به‌منظور بهره‌گیری از نتایج تحقیق در زمینه‌های مختلف باید احتیاط شود. همچنین باتوجه به ریسک‌های شناسایی‌شده، توصیه می‌شود که محققان آتی بر مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها برای حفاظت از ایمنی حریق در ساختمان‌های بلند تمرکز کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

Abdul Hafeez, M. and Hassanain, M. A. (2005), "Fire safety evaluation of restaurant facilities", *Structural Survey*, Vol 23 No 4, pp. 298-309.

Azar, A., Ghommzadeh, R., &Ghanavaii, M. (2012), "*Path-structural modeling in management: Smart PLS Application",* Tehran: Publishing Knowledge Look.

Bahr, O. (2014), "A Study on the Conservativeness of ISO Standard Fire in Office Buildings", *Journal of Structural Fire Engineering*, Vol 5 No 1, pp. 35-46.

Bontempi, F., Giuliani, L. and Gentili, F. (2013), "Structural Response of Steel High Rise Buildings to Fire: System Characteristics and Failure Mechanisms", *Journal of Structural Fire Engineering*, Vol 4 No 1, pp. 9-26.

aaace, N., ee mp, R., & Sneggar, R. (2009), "*SPSS for Psychologists: A Guide to Data Analysis using SPSS for Windows*", ee w oo kk Paggnave Macmllnnn

Chow, W. K., Chong, H. W. and Wong, L. T. (2002), "Sprinkler systems: code review in high-rise buildings use", *Facilities*, Vol 20 No 11/12, pp. 374-385.

Chu, G. Q., Chen, T., Sun, Z. H. and Sun, J. H. (2007), "Probabilistic risk assessment for evacuees in building fires", *Building and Environment*, Vol 42 No 3, pp. 1283-1290.

De Silva, N., Ranasinghe, M. and De Silva, C. R. (2016), "Risk analysis in maintainability of high-rise buildings under tropical conditions using ensemble neural network", *Facilities*, Vol 34 No 1/2, pp. 2-27.

Ghasemi, B., & Valmohammadi, C. (2018). Developing a measurement instrument of knowledge management implementation in the Iranian oil industry. *Kybernetes*, *47*(10), 1874-1905.

Grace Cheng, W. Y., Cheng, C. X., Lo, S. M. and Fang, Z. (2004), "A view on the means of fire prevention of ancient Chinese buildings – from religious belief to practice", *Structural Survey*, Vol 22 No 4, pp. 201-209.

aa rr, F.F., Huss – .T. ., ii ng , n. M., & Saeeedt, M. (2014), "*A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling*", Thouaand aa k , AA Sage.

aa hhmm, R.A., & Sani, A.M. (2008), "A oo nfmmatory Factor Analysis of Newly Integrated Multidimensional School nn gagemen Sca"""", *Malaysian Journal of Learning and Instruction (MJLI)*, Vol 5, pp. 21-40.

Hassanain, M. A. (1998), "Fire safety in the design and operation of student housing facilities", *Structural Survey*, Vol 26 No 1, pp. 55-62.

Hassanain, M. A. (2009), "Approaches to qualitative fire safety risk assessment in hotel facilities", *Structural Survey*, Vol 27 No 4, pp. 287-300.

Hassanain, M. A. (2010), "Preventive measures for mitigating fire risks in big box retail facilities", *Structural Survey*, Vol 28 No 3, pp. 189-196.

Henseler, J., Hubona, G. and Ray, P. A. (2016), "Using PLS path modeling in new technology research: updated guidelines", *Industrial Management & Data Systems*, Vol 116 No 1, pp. 2-20.

Hu, Y.-N. (2016), "Research on the Application of Fault Tree Analysis for Building Fire Safety of Hotels", *Procedia Engineering*, Vol 135 No, pp. 524-530.

Li, J.-J. and Zhu, H.-Y. (2018), "A Risk-based Model of Evacuation Route Optimization under Fire", *Procedia Engineering*, Vol 211 No, pp. 365-371.

Li, S.-Y., Tao, G. and Zhang, L.-J. (2018), "Fire Risk Assessment of High-rise Buildings Based on Gray-FAHP Mathematical Model", *Procedia Engineering*, Vol 211 No, pp. 395-402.

Li, X., Sun, X.-Q., Wong, C.-F. and Hadjisophocleous, G. (2016), "Effects of Fire Barriers on Building Fire Risk - A Case Study Using CUrisk", *Procedia Engineering*, Vol 135 No, pp. 445-454.

Liu, F., Zhao, S., Weng, M. and Liu, Y. (2017), "Fire risk assessment for large-scale commercial buildings based on structure entropy weight method", *Safety Science*, Vol 94 No, pp. 26-40.

Liu, X., Zhang, H. and Zhu, Q. (2012), "Factor Analysis of High-Rise Building Fires Reasons and Fire Protection Measures", *Procedia Engineering*, Vol 45 No, pp. 643-648.

Ma, Q. and Guo, W. (2012), "Discussion on the Fire Safety Design of a High-Rise Building", *Procedia Engineering*, Vol 45 No, pp. 685-689.

Marchant, E. W. (2000), "Fire safety systems – interaction and integration", *Facilities*, Vol 18 No 10/11/12, pp. 444-455.

Meacham, B.J. (2002). *"Building fire risk analysis, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering",* National Fire Proccdion Assocoooo, Qunncy, MA, 5−153.

SSS I.n(201Bs,dnDDatrroRkcAsAmlnn"—d oo admnnvvvvvvwmanagemen , aa ii"na – and Safeyy"Serveee ofAaan (NFSI), Iran.

PI=e8, M.... (2002), "*Qualitative evaluation and research methods* (3dd"", Thouaand aa k , AA Sage Pubiicaiio s, Inc.

Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B. and Podsakoff, N. P. (2012), "Sources of method bias in social science research and recommendations on how to control it", *Annual Review of Psychology*, Vol 63 No 2, pp. 539-569.

Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y. and Podsakoff, N. P. (2003). "Common method biases in behavioral research: a critical review of the literature and recommended remedies". *Journal of Applied Psychology,* Vol 88 No 5, pp. 879-903.
Sanni-Anibire, M. O. and Hassanain, M. A. (2015), "An integrated fire safety assessment of a student housing facility", *Structural Survey,* Vol 33 No 4/5, pp. 354-371.
Sheeba, A. A. and Jayaparvathy, R. (2019), "Performance modeling of an intelligent emergency evacuation system in buildings on accidental fire occurrence", *Safety Science,* Vol 112 No, pp. 196-205.
Shmueli, G., & Koppius, O. (2011). Predictive analytics in information systems research, *MIS Quarterly,* Vol 35 No 3, pp. 553-572.
Subramaniam, C. (2004), "Human factors influencing fire safety measures", *Disaster Prevention and Management: An International Journal,* Vol 13 No 2, pp. 110-116.
Sun, J., Hu, L. and Zhang, Y. (2013), "A review on research of fire dynamics in high-rise buildings", *Theoretical and Applied Mechanics Letters,* Vol 3 No 4, pp. 042001.
Wang, S. and Liu, G. (2010), "Automatic fire alarm and fire control linkage system in intelligent buildings," *2010 International Conference on Future Information Technology and Management Engineering*, Changzhou (9-10 Oct. 2010), pp. 321-323.
Watts, J.M., and Hall, J.R. (2002), *"Introduction to fire risk analysis, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering",* National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1-5.
Wei, Y.-Y., Zhang, J.-Y. and Wang, J. (2018), "Research on Building Fire Risk Fast Assessment Method Based on Fuzzy comprehensive evaluation and SVM", *Procedia Engineering,* Vol 211 No, pp. 1141-1150.
Wong, L. T., Chong, H. W. and Chow, W. K. (1999), "Problems of the retrofit installation of sprinkler systems in old high-rise buildings: a case study", *Facilities,* Vol 17 No 3/4, pp. 112-119.
Xin, J. and Huang, C. (2013), "Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management", *Fire Safety Journal,* Vol 62 No, pp. 72-78.
Yu, Y., Ma, N., Peng, Y., Lv, X., Niu, F. and Du, X. (2016), "Fire risk analysis based on one-dimensional model in nuclear power plant", *Annals of Nuclear Energy,* Vol 94 No, pp. 409-414.
ii en(((, L. R.)(2008), "xx ploaatoyy and oo nfmmmmcry Facoo Analy deaaaandnng Concep and Appiicaii"n"", *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal,* Vol 15 No 4, pp. 729-734.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی