مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۴۰۳، سال ۱۱، شماره ۴ : ۴۲۲-۴۴۲

شناسایی و رتبه‌بندی عوامل حیاتی مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر کرج با استفاده از تلفیق روش‌های ANP-DEMATEL

سید حسین موسوی[۱]،سهیل سبحان اردکانی[۲]*، سیدعلی جوزی[۳]

[۱]کارشناس ارشد مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه و فن‌آوری‌های نوین، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲]دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

[۳]دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰

چکیده

زمینه و هدف: از آن‌جا که اطفای حریق در ساختمان‌های بلندمرتبه به تجهیزات و تخصص ویژه‌ای نیاز دارد و با ریسک‌های فراوانی برای ساکنان و امدادرسانان همراه است؛ لذا، این عملیات به یکی از معضلات ایمنی در کلان‌شهرها تبدیل شده است. از این‌رو، این پژوهش با هدف شناسایی و رتبه‌بندی عوامل حیاتی مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر کرج انجام شد.

مواد و روش ها: در اجرای این پژوهش توصیفی-کاربردی، پس از تعیین معیارهای اصلی تحقیق شامل: "مقررات آتش‌نشانی"، "آموزش ایمنی حریق"، "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات"، "بررسی حوادث پیشین"، "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت" و همچنین "سرعت عملیات نجات"، نسبت به طراحی پرسش‌نامه و توزیع آن بین ۱۰ نفر از آتش‌نشانان با سابقه شهر کرج در حوزه ایمنی حریق و ساختمان اقدام، و اولویت‌بندی و وزن‌دهی نهایی معیارها با استفاده از تلفیق روش‌های ANP-DEMATEL در نرم‌افزار سوپر دسیژن انجام شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که معیار "سرعت عملیات نجات" با وزن نهائی برابر با ۰/۲۲۲ اولویت اول را به‌خود اختصاص داده است. از طرفی، معیار "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات" به‌عنوان تأثیرگذارترین معیار، از بیش‌ترین تعامل با سایر معیارها برخوردار بود. همچنین، معیار "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت" به‌عنوان تأثیرپذیرترین معیار شناخته شد. این در حالی است که زیرمعیار "عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان با هدف سوددهی بیش‌تر" با وزن نهائی برابر با ۰/۰۶۱ از اولویت اول در بین زیرمعیارها برخوردار بود.

نتیجه گیری: به‌منظور بالارفتن سرعت عملیات اطفای حریق بهتر است ایستگاه‌های آتش‌نشانی به تعداد کافی در بخش‌های مختلف شهر مستقر باشند و در عین حال مسیرهای ویژه‌ای برای تردد در مراکز شلوغ شهری برای ماشین‌آلات آتش‌نشانی درنظر گرفته شود. ضمن آن‌که لازم است تجهیزات و فناوری‌های به‌روز دنیا در خصوص اطفای حریق ساختمان‌های بلندمرتبه مورد استفاده قرار گیرند و سرمایه‌گذاری کافی در این خصوص انجام پذیرد. در عین حال باید نظارت کافی در مراحل ساخت‌وساز اعم از طراحی و استفاده از مصالح مقاوم در برابر حریق اعمال شود.

واژه های کلیدی: ایمنی حریق، ساختمان بلندمرتبه، سرعت عملیات نجات، تصمیم‌گیری چندمعیاره، ایران

* دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
نویسنده مسئول: s_sobhan@iauh.ac.ir شماره تماس: ۰۸۱۳۴۴۸۱۶۶۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

مقدمه

آتش‌سوزی یکی از مهم‌ترین رویدادهای تأثیرگذار در هر سه مقولهٔ ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست است که می‌تواند در زمانی کوتاه، دارایی و سلامتی افراد را با خطر مواجه کند[1]. وقوع حوادث حریق و انفجار همه ساله خسارت‌های مالی، جانی و محیط‌زیستی فراوانی را متوجه کشورهای مختلف جهان از جمله ایران می‌کند. از طرفی، هم‌زمان با پیشرفت فناوری‌های نوین، ساختمان‌های سر به فلک کشیده هر روز از گوشه و کنار شهرها بیرون می‌آیند که هر کدام از آن‌ها کانون تمرکز جمعیت و ثروت قابل توجهی هستند و در صورت بروز حوادثی از قبیل آتش‌سوزی در این ساختمان‌ها، خسارت‌های غیرقابل جبرانی حادث خواهند شد. لذا، این موضوع توجه به ایمنی حریق آسمان‌خراش‌ها را به‌عنوان یکی از وظایف مدیران شهری ضروری کرده است[2]. بدیهی است که هرچه ارتفاع ساختمان‌ها بیش‌تر باشد، با افزایش تعداد طبقات و تراکم جمعیت و تجهیزاتِ داخل آن‌ها، هنگام رخداد آتش‌سوزی، چالش‌های بیش‌تری گریبان‌گیر آتش‌نشانان خواهد بود، چراکه با توجه به تراکم سکونت در منازل مسکونی و محیط‌های اداری یا تجاریِ چنین ساختمان‌هایی، آتش می‌تواند به‌سرعت در آن گسترش پیدا کند[3]. ضمن آن‌که حفظ جان افراد در ساختمان‌های بلند به‌طور قطع نسبت به ساختمان‌های دیگر هم سختی بیش‌تری دارد و هم نیروی بیش‌تری را می‌طلبد، چراکه دسترسی به طبقات بالایی برای نیروهای امدادی از دشواری بیش‌تری برخوردار خواهد بود. همه این دلایل باعث می‌شود رعایت ضوابط ایمنی حریق در ساختمان‌های بلندمرتبه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد[4].

امروزه، وقایع گذشته در ایران از جمله حریق و ریزش ساختمان پلاسکو (بلندترین ساختمان تجاری در ایران) در سال ۱۳۹۵، بیش از پیش، توجه مدیران و کارشناسان سازمان آتش‌نشانی را به مدیریت ایمنی و ریسک حریق ساختمان‌های بلندمرتبه جلب کرده است[5]. در مناطق مختلف کلان‌شهر کرج نیز تعداد بسیاری ساختمان بلند‌مرتبه و برج وجود دارد که علی‌رغم ثبت سوابق ناگوار بروز آتش‌سوزی در آن‌ها، بر اساس گزارش‌های سازمان آتش‌نشانی همچنان در هیچ‌کدام از مراحل طراحی، ساخت و نظارت این ساختمان‌ها، مقررات و اصول ایمنی حریق، آن‌چنان که باید و شاید مورد توجه قرار نمی‌گیرد که این مسأله می‌تواند در آینده به تکرار یک غم‌نامه همچون پلاسکو منجر شود. بنابراین، به‌منظور حفاظت از ساکنین چنین بناهایی و برنامه‌ریزی و آمادگی برای مقابله با حریق در آن‌ها، ابتدا باید عوامل مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در این اماکن شناسایی و بررسی شوند تا بتوان با اولویت‌بندی عوامل، سوگیری مناسبی در راستای اجرای سیاست‌های حفاظتی و نظارتی آتی انجام و بدین صورت جان و مال شهروندان از گزند آسیب‌های احتمالی حفظ شود.

تاکنون در خصوص شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه چندین مطالعه در ایران و سایر کشورها انجام شده است. در پژوهشی که با هدف بررسی نقش اجرای سیستم‌های اعلام و اطفای حریق در ساختمان‌های بلندمرتبه در کاهش آتش‌سوزی انجام شد، نتایج نشان‌داد که آشناکردن مردم با ضوابط و دستورالعمل‌های حریق و دادن اطلاعات در مورد اثرات زیان‌آور حریق و آگاهی‌رسانی نسبت به روش‌های مطلوب ایمنی حریق ساختمان‌های بلند، نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت کنترل حریق در ساختمان‌های بلند دارد[6]. از طرفی، در پژوهشی که با هدف بررسی ایمنی در برابر آتش‌سوزی ساختمان‌های بلندمرتبه بتنی شهر بوشهر با تاکید بر عملکرد راه‌پله و آسانسور انجام شد، نتایج نشان داد که طراحی ساختمان و پلان راه‌پله‌ها نقش تعیین کننده‌ای در سرعت تخلیه ساکنان در مواقع وقوع آتش‌سوزی دارد[7]. همچنین، عادلی‌زاده و شبیری (۲۰۱۹)[5] در پژوهشی که با هدف شناسایی ریسک‌های حریق برای ساختمان‌های بلندمرتبه انجام شد، گزارش کردند که "ریسک عوامل فاجعه‌ساز"، "ریسک تجهیزات ایمنی حریق در ساختمان"، "ریسک تیپ اطفای حریق"، "ریسک وضعیت مدیریت

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

ایمنی حریق"، "ریسک رفتار انسانی"، "ریسک عملکرد حریق ساختمان" و "ریسک تخلیه ایمن در مواقع حریق"، ریسک‌های اصلی در زمینه حریق ساختمان‌های بلندمرتبه هستند. به‌علاوه، در پژوهشی که با هدف بررسی متغیرهای مؤثر بر طراحی مسیرهای تخلیه اضطراری ساختمان‌های بلندمرتبه در برابر آتش‌سوزی بر اساس روش معادلات ساختاری MICMAC و تحلیل ANP انجام شد، نتایج نشان داد که طراحی مسیر خروج اضطراری در ساختمان زمانی می‌تواند در بحران آتش‌سوزی مؤثر واقع شود که جانمایی آن‌ها در مسیرهای اصلی عبور و مرور باشد و قرار دادن مسیرهای تخلیه اضطراری در کنج‌ها و گوشه‌های ناخوانای ارتباطی موجب بی‌استفاده ماندن و ترس از استفاده مسیرهای تخلیه اضطراری در زمان بحران می‌شود[8].

از دیگر سو، در پژوهشی که با هدف بررسی نحوه پیشگیری؛ شناسایی و اطفای حریق در ساختمان‌های بلندمرتبه انجام شد، نتایج نشان داد که ایمنی حریق ساختمان‌های بلندمرتبه به ترتیب تحت‌تأثیر "مهندسی سازه‌ای ساختمان"، "مهارت‌های رفتاری ساکنین"، "سیستم هشدار و خاموش‌کردن آتش" و "طراحی ایمنی" قرار دارد[9]. در پژوهشی دیگر، گلوبرمن (۲۰۲۰)[10] با بررسی رفتارهای ایمنی حریق در میان ساکنان ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی در هاوایی، گزارش کرد که "نگرش نسبت به ایمنی در برابر حریق"، "وجود فرهنگ ایمنی حریق"، "توانایی ادراک‌شده برای آمادگی در برابر آتش‌سوزی"، "قصد و انگیزه آماده‌سازی" و "رفتارهای آمادگی در برابر آتش‌سوزی ساکنان" در مدیریت حریق این ساختمان‌ها بسیار تأثیرگذار هستند. همچنین، پریرا و آلیس (۲۰۲۲)[11] گزارش کردند که "رعایت اصول ایمنی آتش‌سوزی" و پایبندی به مقررات آتش‌سوزی ساختمان"، "آموزش آتش‌نشانان"، "طراحی مناسب و ایمن ساختمان" و "تجزیه و تحلیل مسیر تخلیه اضطراری" می‌تواند به مدیریت بهتر حریق‌های احتمالی در ساختمان‌های مرتفع سریلانکا کمک کند. علاوه بر این، در پژوهشی که با هدف بررسی عوامل حیاتی مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه در شارجه امارات انجام شد، نتایج نشان داد که "عوامل مدیریتی"، "عوامل انسانی" و "عوامل فنی" بر ایمنی ساختمان‌های بلندمرتبه تأثیر دارند و "مقررات آتش‌نشانی"، "مقررات ساخت و اجرا"، "بررسی حوادث پیشین"، "سرعت عملیات نجات"، "رفتار انسانی"، "تعمیر و نگهداری مناسب"، "آموزش اصول آتش‌نشانی"، "طراحی ساختمان"، "دانش حریق"، "نوع مواد قابل احتراق" و "فرهنگ‌سازی ایمنی آتش‌سوزی" نیز به‌عنوان اثرگذارترین زیرمعیارهای این حوزه معرفی شدند[12].

طبق آمارهای موجود، نیمی از مرگ‌ومیرهای ناشی از حریق در ایران در ساختمان‌های بلند روی می‌دهد که خود در ترکیب با مشکلات موجود در حوزه‌های ایمنی و پیشگیری، با ضعف در آموزش ایمنی مرتبط است[13]. طبق آخرین سرشماری‌ها، در شهر کرج بیش‌تر از ۲۵۰۰۰۰ ساختمان با ارتفاع پنج تا ۱۷ طبقه وجود دارد که از آن جمله می‌توان به مهرادمال واقع در عظیمیه با ۲۵ طبقه، برج رونیکا واقع در مهرشهر با ۱۹ طبقه، برج تجاری طالقانی واقع در مرکز شهر با ۱۶ طبقه، نیکامال واقع در خیابان بهشتی با ۱۵ طبقه و ساختمان شهرداری کرج واقع در مرکز شهر با ۱۳ طبقه اشاره کرد. این آمار لزوم توجه به مقوله ایمنی حریق در چنین سازه‌هایی را نمایان ساخته و خود بیان‌گر اهمیت و ضرورت اجرای این پژوهش است. لذا، این پژوهش با هدف شناسایی و رتبه‌بندی عوامل حیاتی مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر کرج با استفاده از تلفیق روش‌های ANP-DEMATEL در سال ۱۴۰۲ انجام یافت.

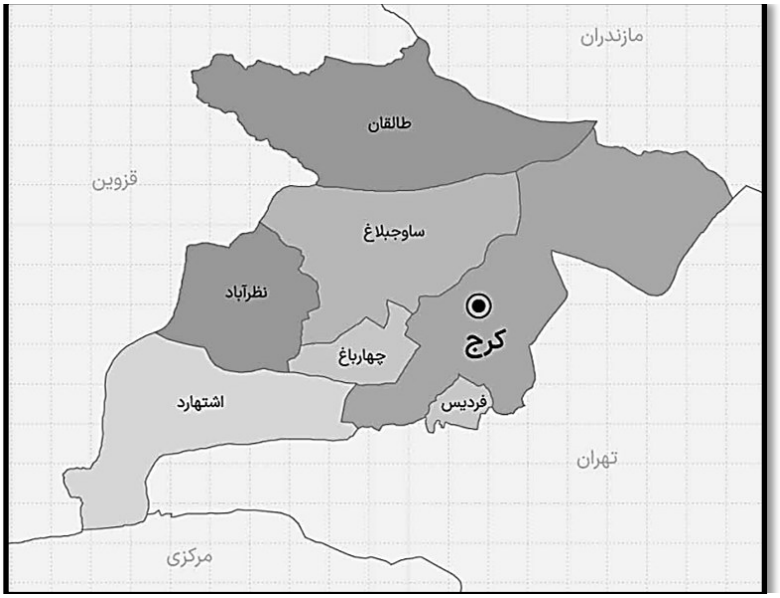
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

مواد و روش‌ها

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

کرج یکی از شهرستان‌های شرقی استان البرز است که پرجمعیت‌ترین شهرستان این استان و چهارمین شهرستان پرجمعیت ایران است. جمعیت این شهر برطبق آخرین سرشماری نفوس و مسکن، نزدیک به ۱/۶ میلیون نفر برآورد شده است. کرج در ۳۶ کیلومتری غرب تهران، در کرانه غربی رود کرج و در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز گسترده شده است. موقعیت جغرافیایی شهر کرج در شکل ۳-۱ نمایش داده شده است[۱۴]:



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی شهر کرج

روش اجرای پژوهش

در اجرای این پژوهش توصیفی-کاربردی، پس از انجام مطالعه‌های کتابخانه‌ای، نسبت به طراحی مدل مفهومی پژوهش با الگو گرفتن از پژوهش عمر و همکاران (۲۰۲۳)[۱۲] اقدام و بر این اساس، جامعه مورد مطالعه و حجم نمونه تعیین، و پس از آن پرسش‌نامه‌های دلفی (Delphi)، پرسش‌نامه طیف ۹ درجه ساعتی مقایسات زوجی و پرسش‌نامه تعیین روابط درونی دیمتل (DEMATEL) به‌منظور گردآوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای آزمون فرضیه‌ها طراحی و توزیع شدند. پردازش اطلاعات حاصل نیز با استفاده از روش ANP-DEMATEL انجام شد. بر این اساس، در مرحله اول با استناد به مدل مفهومی پژوهش نسبت به رتبه‌بندی ۶ معیار اصلی و ۳۴ زیرمعیار مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر کرج (جدول ۱) و تعیین روابط درونی میان آن‌ها اقدام شد.

پس از آن، معیارها و زیرمعیارها به‌عنوان پیش‌فرض در پرسش‌نامه اولیه دلفی به خبرگان ارائه شده و با اختصاص امتیاز از یک تا ۱۰ به هر یک از زیرمعیارها توسط خبرگان، نسبت به غربال آن‌ها اقدام شد.

در گام سوم، نسبت به محاسبه روابط درونی میان معیارهای اصلی تعیین‌شده در مرحله قبل با استفاده از تکنیک دلفی اقدام شد.

سپس، معیارهای نهایی و نیز زیرمعیارهای مشخص‌شده در گام دوم هر یک به‌طور مجزا، دو به دو با طیف ۹ درجه ساعتی مقایسه شده و وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

به‌دست آمد. پس از آن، وزن حاصل از مقایسه‌های زوجی و اوزان به‌دست آمده در دیمتل توسط نسخه ۳.۲ نرم‌افزار سوپردسیژن (Super Decision) ادغام شده و از این طریق، وزن نهایی زیرمعیارها به‌دست آمد. دسته‌بندی ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به‌هم در جدول ۲ آورده شده است.

جامعه آماری

جامعه آماری این پژوهش شامل افراد خبره و کارشناس حوزه مربوطه بودند که بر اساس روش نمونه‌گیری هدفمند و با درنظر گرفتن محدودیت‌های پژوهش، تعداد ۱۰ نفر از خبرگان و صاحب‌نظران سازمان آتش‌نشانی فردیس همگی با بیش‌تر از ۱۰ سال سابقه کار در زمینه مورد پژوهش؛ به‌عنوان جامعه مورد بررسی در این مطالعه انتخاب شدند.

بررسی روائی و پایائی داده‌ها

در این پژوهش، برای بررسی پایایی پرسش‌نامه دلفی با استفاده از ویرایش ۲۰ نرم‌افزار SPSS نسبت به محاسبه ضریب توافق (هماهنگی) کندال اقدام شد. بدین صورت که برای هر مرحله دلفی به‌صورت جداگانه، مقدار ضریب توافق کندال محاسبه شد و در مواردی که مقادیر این ضریب از ۰/۳۰ بزرگ‌تر و سطح معناداری از ۰/۰۵ کوچک‌تر بود؛ نتیجه گرفته شد که نظرات خبرگان در هر یک از مراحل دلفی با یکدیگر توافق دارد[۱۵].

از سوی دیگر، برای به‌دست آوردن پایایی پرسش‌نامه مقایسات زوجی از محاسبه مقدار نرخ ناسازگاری استفاده شد. بدین‌صورت که در صورت کوچک‌تر بودن نرخ ناسازگاری از ۰/۱۰۰، نتیجه گرفته شد که نظرات خبرگان با یکدیگر سازگار هستند.

روش و ابزار پردازش داده‌ها

در این پژوهش، معیارهای تأثیرگذار بر اطفای حریق ساختمان‌های بلندمرتبه شامل: "مقررات آتش‌نشانی"، "آموزش ایمنی حریق"، "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات"، "بررسی حوادث پیشین"، "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت"، و "سرعت عملیات نجات" با استفاده از روش ANP رتبه‌بندی شدند و سپس، روابط درونی بین معیارهای مذکور به‌کمک روش تصمیم‌گیری دیمتل تعیین شدند. پس از آن، این دو روش با یکدیگر در نرم‌افزار سوپردسیژن ادغام و رتبه نهایی زیرمعیارها استخراج شدند.

جدول ۱. معیارها و زیرمعیارهای پژوهش

ردیف	معیار	زیرمعیار
۱	مقررات آتش‌نشانی	فراگیر بودن و قابل اجرا بودن در همه ساختمان‌ها با توجه به امکانات موجود
۲		همسویی با اهداف بهبود مستمر کنترل حریق
۳		برخورداری از شرایط و قابلیت تحقیق و توسعه
۴		مشخص بودن برنامه‌های امداد و نجات
۵		بازرسی دوره‌ای و منظم ساختمان به‌لحاظ ایمنی
۶		وجود ساختار صدور گواهی‌نامه ایمنی بر اساس معیارهای دقیق و مشخص
۷		وجود مقررات سخت‌گیرانه برخورد با متخلفین
۸	آموزش ایمنی حریق	برنامه‌ریزی و اجرای آموزش آتش‌نشانان
۹		ارزیابی اثربخشی آموزش‌های ایمنی حریق
۱۰		ارتقای آگاهی ساکنین ساختمان نسبت به علل و عواقب آتش‌سوزی
۱۱		آموزش نحوه استفاده از تجهیزات اطفای‌حریق به ساکنین
۱۲		برخورداری از خط‌مشی و رویه مناسب مدیریت ایمنی حریق

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

۱۳	سیاست‌ها و مدیریت	برخورداری از روش و طرحی برای مقابله با شرایط اضطراری
۱۴	تجهیزات	نظارت بر سیستم‌های ایمنی و مدیریت ریسک‌های موجود
۱۵		مدیریت زمان و هزینه‌ها در مقابله با حریق
۱۶		استفاده از تجهیزات متناسب با ساختمان‌های منطقه در ایستگاه‌های آتش‌نشانی
۱۷		نگهداری پیشگیرانه تجهیزات الکتریکی و سیستم‌های هشداردهنده
۱۸	بررسی حوادث پیشین	بررسی حوادث توسط متخصصین سازمان آتش‌نشانی
۱۹		بررسی حوادث توسط متخصصین قضایی و شرکت‌های بیمه
۲۰		جمع‌آوری و ثبت داده‌های مناسب برای بررسی حوادث توسط مراجع ذی‌صلاح
۲۱		تخصیص نیروی کافی و کارکنان مجرب برای بررسی حوادث پیشین
۲۲		واضح بودن رویه‌ها و روش‌های بررسی حوادث حریق
۲۳	نگرش پیمانکاران در	عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان با هدف سوددهی بیش‌تر
۲۴	طراحی و ساخت	توجه به ایمنی حریق در مراحل طراحی
۲۵		توجه به تراکم جمعیتی ساختمان و راه‌های خروج اضطراری
۲۶		استفاده از مصالح عایق حریق در مراحل ساخت
۲۷		نگاه به ایمنی حریق به‌عنوان یک الزام دولتی
۲۸		کنترل مباحث ایمنی حریق از سوی شرکت‌های مشاور
۲۹	سرعت عملیات نجات	به کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات مدرن و مناسب
۳۰		تمرین و مانورهای کافی آتش‌نشانان
۳۱		شرایط ترافیکی مساعد منطقه
۳۲		توزیع جغرافیایی متناسب و منطقی ایستگاه آتش‌نشانی
۳۳		تعداد کافی نیروهای آتش‌نشان
۳۴		ساختارهای سریع گزارش‌دهی وقوع حریق

جدول ۲. ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به‌هم بر اساس مقیاس ۹ درجه ساعتی

مقدار عددی	درجه اهمیت در مقایسه دو به دو
۱	ترجیح یکسان
۲	یکسان تا به‌نسبت مرجح
۳	به‌نسبت مرجح
۴	به‌نسبت تا قویاً مرجح
۵	قویاً مرجح
۶	قویاً تا بسیار قوی مرجح
۷	ترجیح بسیار قوی
۸	بسیار تا بی‌اندازه مرجح
۹	بی‌اندازه مرجح

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

یافته‌ها

نتایج غربال‌گری زیرمعیارها

نتایج تکنیک دلفی برای غربال زیرمعیارها و دست‌یابی به زیرمعیارهای نهایی و همچنین نتایج محاسبه ضریب هماهنگی کندال برای بررسی هماهنگی دیدگاه کارشناسان در مرحله اول دلفی به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. بر این اساس، مقادیر ضریب هماهنگی کندال بزرگ‌تر از ۰/۳۰ و سطح معناداری کوچک‌تر از ۰/۰۰۱ نشان داد که کارشناسان در مرحله اول دلفی کاملاً با هم توافق داشته‌اند.

از طرفی، زیرمعیارهای "همسویی با اهداف بهبود مستمر کنترل حریق" و "نگاه به ایمنی حریق به‌عنوان یک الزام دولتی" توسط خبرگان از پرسش‌نامه مرحله دوم دلفی حذف شد که بر این اساس، تعداد زیرمعیاری مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر کرج به ۳۲ مورد کاهش یافت.

با توجه به عدم تغییر زیرمعیارها در مرحله دوم تکنیک دلفی، می‌توان اذعان داشت که اجماع گروهی حاصل‌شده، و این مرحله به‌منزله مرحله نهایی تلقی شد (جدول ۵). از طرفی، مقادیر ضریب توافق کندال بزرگ‌تر از ۰/۳۰ و سطح معناداری کوچک‌تر از ۰/۰۰۱ توافق کامل کارشناسان در مرحله نهایی تکنیک دلفی را نشان داد (جدول ۶).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

جدول ۳. خلاصه نتایج مرحله اول تکنیک دلفی

معیار	زیرمعیار	کارشناس ۱	کارشناس ۲	کارشناس ۳	کارشناس ۴	کارشناس ۵	کارشناس ۶	کارشناس ۷	کارشناس ۸	کارشناس ۹	کارشناس ۱۰	میانگین
مقررات آتش‌نشانی (C1)	فراگیر و قابل اجرا بودن در همه ساختمان‌ها با توجه به منابع موجود	۵	۷	۹	۷	۷	۹	۹	۷	۷	۷	۷/۴۰
	همسویی با اهداف بهبود مستمر کنترل حریق	۷	۵	۸	۵	۷	۷	۷	۶	۷	۵	۶/۴۰
	برخورداری از شرایط و قابلیت پژوهش و توسعه	۷	۴	۸	۸	۷	۹	۷	۸	۸	۷	۷/۳۰
	مشخص بودن سازوکارهای امداد و نجات	۹	۹	۸	۳	۹	۷	۹	۹	۷	۷	۷/۷۰
	بازرسی دوره‌ای و منظم ساختمان به‌لحاظ ایمنی	۷	۹	۹	۷	۸	۷	۸	۶	۹	۶	۷/۶۰
	وجود سازوکار صدور گواهی‌نامه ایمنی بر اساس معیارهای دقیق و مشخص	۹	۹	۷	۷	۹	۷	۹	۹	۹	۹	۸/۴۰
	وجود مقررات سخت‌گیرانه برخورد با متخلفین	۷	۷	۹	۹	۹	۸	۸	۹	۸	۷	۸/۱۰
آموزش ایمنی حریق (C2)	برنامه‌ریزی و اجرای آموزش آتش‌نشانان	۷	۵	۷	۹	۷	۷	۹	۹	۷	۷	۷/۴۰
	ارزیابی اثربخشی آموزش‌های ایمنی حریق	۵	۷	۹	۸	۹	۷	۷	۷	۸	۷	۷/۴۰
	ارتقای آگاهی ساکنین ساختمان نسبت به علل و عواقب آتش‌سوزی	۹	۷	۴	۸	۸	۷	۹	۷	۸	۸	۷/۵۰
	آموزش نحوه استفاده از تجهیزات اطفای‌حریق به ساکنین	۹	۹	۹	۸	۳	۹	۷	۹	۹	۷	۷/۹۰
سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات (C3)	برخورداری از خط‌مشی و رویه‌ی مناسب مدیریت ایمنی حریق	۶	۸	۶	۹	۹	۶	۷	۹	۸	۵	۷/۳۰
	برخورداری از روش و طرحی برای مقابله با شرایط اضطراری	۵	۷	۹	۸	۹	۷	۷	۷	۸	۷	۷/۴۰
	نظارت بر سیستم‌های ایمنی و مدیریت ریسک‌های موجود	۹	۷	۴	۸	۸	۷	۹	۷	۸	۸	۷/۵۰
	مدیریت زمان و هزینه‌های در مقابله با حریق	۵	۷	۹	۸	۹	۷	۷	۷	۸	۷	۷/۴۰
	استفاده از تجهیزات متناسب با ساختمان‌های منطقه در ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۹	۷	۴	۸	۸	۷	۹	۷	۸	۸	۷/۵۰
	نگهداری پیشگیرانه تجهیزات الکتریکی و سیستم‌های هشداردهنده	۹	۶	۵	۸	۹	۶	۶	۷	۹	۷	۷/۲۰
بررسی حوادث پیشین (C4)	بررسی حوادث توسط متخصصین سازمان آتش‌نشانی	۷	۷	۷	۷	۹	۹	۹	۸	۸	۵	۷/۶۰
	بررسی حوادث توسط متخصصین قضایی و شرکت‌های بیمه	۷	۷	۷	۵	۷	۹	۷	۸	۸	۷	۷/۲۰
	جمع‌آوری و ثبت داده‌های مناسب برای بررسی حوادث توسط مراجع ذی‌صلاح	۸	۸	۹	۸	۴	۷	۹	۷	۸	۷	۷/۵۰
	تخصیص نیروی کافی و کارکنان مجرب برای بررسی حوادث پیشین	۷	۹	۹	۷	۸	۷	۸	۶	۹	۶	۷/۶۰
	واضح بودن رویه‌ها و روش‌های بررسی حوادث حریق	۹	۹	۷	۷	۹	۷	۹	۹	۹	۹	۸/۴۰

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت (C5)	عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان با هدف سوددهی بیش‌تر	۷	۷	۹	۹	۸	۸	۹	۸	۹	۸	۷/۱۰
	توجه به ایمنی حریق در مراحل طراحی	۵	۷	۹	۸	۹	۷	۷	۷	۸	۷	۷/۴۰
	توجه به تراکم جمعیتی ساختمان و راه‌های خروج اضطراری	۹	۷	۴	۸	۸	۷	۹	۷	۸	۸	۷/۵۰
	استفاده از مصالح عایق حریق در مراحل ساخت	۹	۹	۹	۸	۳	۹	۷	۹	۹	۷	۶/۹۰
	نگاه به ایمنی حریق به‌عنوان یک الزام دولتی	۶	۸	۶	۹	۷	۶	۷	۶	۸	۵	۶/۷۰
	کنترل مباحث ایمنی حریق از سوی شرکت‌های مشاور	۷	۷	۹	۹	۹	۸	۸	۵	۷	۷	۷/۶۰
سرعت عملیات نجات (C6)	به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات مدرن و مناسب	۷	۸	۷	۹	۷	۸	۸	۷	۷	۸	۷/۶۰
	تمرینات و مانورهای کافی آتش‌نشانان	۹	۸	۴	۷	۹	۷	۸	۷	۹	۸	۷/۶۰
	شرایط ترافیکی مساعد منطقه	۹	۷	۸	۷	۸	۶	۹	۶	۹	۷	۷/۶۰
	توزیع جغرافیایی متناسب و منطقی ایستگاه آتش‌نشانی	۷	۷	۹	۷	۹	۹	۹	۹	۷	۷	۸/۰۰
	تعداد کافی نیروهای آتش‌نشان	۹	۹	۹	۸	۸	۹	۸	۹	۷	۹	۸/۵۰
	سازوکارهای سریع گزارش‌دهی وقوع حریق	۹	۸	۹	۷	۷	۷	۸	۷	۷	۸	۷/۹۰

جدول ۴. مقادیر ضریب توافق کندال در مرحله اول تکنیک دلفی

	تعداد گویه	تعداد کارشناسان	درجه آزادی	کای- اسکوئر	ضریب کندال	سطح معناداری
مرحله اول	۳۴	۱۰	۳۳	۶۲/۸	۰/۳۱۹	۰/۰۰۱

جدول ۵. خلاصه نتایج مرحله نهایی تکنیک دلفی

معیار	زیرمعیار	کارشناس ۱	کارشناس ۲	کارشناس ۳	کارشناس ۴	کارشناس ۵	کارشناس ۶	کارشناس ۷	کارشناس ۸	کارشناس ۹	کارشناس ۱۰	میانگین
مقررات آتش‌نشانی (C1)	فراگیر و قابل اجرا بودن در همه ساختمان‌ها با توجه منابع موجود	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۱۰	۹	۹/۶۰
	برخورداری از شرایط و قابلیت پژوهش و توسعه	۹	۷	۱۰	۸	۹	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۹	۹/۰۰
	مشخص بودن سازوکارهای امداد و نجات	۹	۸	۱۰	۸	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹/۳۰
	بازرسی دوره‌ای و منظم ساختمان به‌لحاظ ایمنی	۱۰	۸	۱۰	۹	۹	۸	۸	۸	۹	۱۰	۷/۷۰
	وجود سازوکار صدور گواهی‌نامه ایمنی بر اساس معیارهای دقیق و مشخص	۱۰	۸	۱۰	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۹	۱۰	۹/۴۰

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

	وجود مقررات سختگیرانه برخورد با متخلفین	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۹	۸	۹	۸	۹	۰/۱۹
آموزش ایمنی حریق (C2)	برنامه‌ریزی و اجرای آموزش آتش‌نشانان	۸	۱۰	۹	۱۰	۸	۹	۱۰	۱۰	۸	۰/۲۹
	ارزیابی اثربخشی آموزش‌های ایمنی حریق	۸	۹	۱۰	۸	۵	۸	۱۰	۱۰	۱۰	۰/۶۷
	ارتقای آگاهی ساکنین ساختمان نسبت به علل و عواقب آتش‌سوزی	۱۰	۷	۱۰	۹	۵	۸	۹	۱۰	۱۰	۰/۷۷
	آموزش نحوه استفاده از تجهیزات اطفای حریق به ساکنین	۱۰	۱۰	۷	۸	۹	۸	۱۰	۹	۸	۰/۷۷
سیاست‌ها و مدیریت	برخورداری از خط‌مشی و رویه‌ی مناسب مدیریت ایمنی حریق	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۹	۱۰	۷	۰/۳۹
تجهیزات (C3)	برخورداری از روش و طرحی برای مقابله با شرایط اضطراری	۱۰	۸	۹	۱۰	۷	۹	۹	۱۰	۸	۰/۹۷
	نظارت بر سیستم‌های ایمنی و مدیریت ریسک‌های موجود	۱۰	۵	۵	۱۰	۸	۹	۹	۸	۷	۰/۷۰
	مدیریت زمان و هزینه‌ها در مقابله با حریق	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۷	۹	۹	۱۰	۹	۰/۳۹
	استفاده از تجهیزات متناسب با ساختمان‌های منطقه در ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۹	۸	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۹	۱۰	۹	۰/۳۹
	نگهداری پیش‌گیرانه تجهیزات الکتریکی و سیستم‌های هشداردهنده	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۰/۶۹
بررسی حوادث پیشین	بررسی حوادث توسط متخصصین سازمان آتش‌نشانی	۱۰	۹	۱۰	۸	۹	۱۰	۱۰	۹	۶	۰/۶۹
(C4)	بررسی حوادث توسط متخصصین قضایی و شرکت‌های بیمه	۹	۱۰	۸	۹	۱۰	۹	۸	۸	۸	۰/۱۹
	جمع‌آوری و ثبت داده‌های مناسب برای بررسی حوادث توسط مراجع ذی‌صلاح	۸	۸	۱۰	۸	۱۰	۷	۸	۸	۱۰	۰/۸۷
	تخصیص نیروی کافی و کارکنان مجرب برای بررسی حوادث پیشین	۸	۸	۱۰	۸	۹	۸	۹	۱۰	۸	۰/۸۷
	واضح بودن رویه‌ها و روش‌های بررسی حوادث حریق	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۹	۸	۸	۱۰	۸	۰/۶۹
نگرش پیمانکاران در طراحی و	عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان با هدف سوددهی بیش‌تر	۱۰	۹	۱۰	۷	۱۰	۹	۸	۹	۱۰	۰/۱۹
ساخت (C5)	توجه به ایمنی حریق در مراحل طراحی	۹	۱۰	۸	۸	۸	۹	۷	۱۰	۹	۰/۷۷
	توجه به تراکم جمعیتی ساختمان و راه‌های خروج اضطراری	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۸	۹	۸	۱۰	۸	۰/۱۹
	استفاده از مصالح عایق حریق در مراحل ساخت	۱۰	۹	۱۰	۸	۹	۸	۱۰	۷	۹	۰/۶۷
	کنترل مباحث ایمنی حریق از سوی شرکت‌های مشاور	۸	۸	۱۰	۸	۱۰	۷	۸	۸	۱۰	۰/۸۷
سرعت عملیات نجات (C6)	به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات مدرن و مناسب	۸	۸	۱۰	۸	۹	۸	۹	۸	۹	۰/۸۷
	تمرین و مانورهای کافی آتش‌نشانان	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۹	۸	۸	۸	۹	۰/۹۰
	شرایط ترافیکی مساعد منطقه	۱۰	۹	۱۰	۷	۱۰	۹	۸	۱۰	۹	۰/۱۹
	توزیع جغرافیایی متناسب و منطقی ایستگاه آتش‌نشانی	۹	۱۰	۸	۸	۸	۹	۷	۱۰	۹	۰/۷۷
	تعداد کافی نیروهای آتش‌نشان	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۸	۹	۸	۱۰	۸	۰/۱۹

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

سازوکارهای سریع گزارش‌دهی وقوع حریق	۱۰	۹	۱۰	۸	۹	۸	۹	۱۰	۷	۹	۸٪

جدول ۶. مقادیر ضریب توافق کندال در مرحله نهایی تکنیک دلفی

	تعداد گویه	تعداد کارشناسان	درجه آزادی	کای- اسکوئر	ضریب کندال	سطح معناداری
مرحله نهایی	۳۲	۱۰	۳۱	۵۳/۸۶	۰/۳۹۶	۰/۰۰۰

نتایج محاسبه روابط درونی میان معیارهای اصلی

در این پژوهش، برای محاسبه ارتباط‌های متقابل بین معیارهای اصلی تحقیق از تکنیک دیمتل استفاده شد که ماتریس ارتباطات داخلی حاصل از این تکنیک، هم رابطه علی و معلولی بین عوامل، و هم اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها را نشان داد.

مرحله ۱- نتایج محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (M)

بدین منظور، نسبت به محاسبه میانگین حسابی ساده نظرات کارشناسان اقدام و ماتریس ارتباط مستقیم یا M تشکیل شد که نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷. نتایج ماتریس ارتباط مستقیم

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	جمع سطرها
C1	۰	۳/۰۰	۳/۲۰	۳/۹۰	۳/۹۰	۳/۳۰	۱۷/۳
C2	۳/۳۰	۰	۳/۳۰	۳/۵۰	۳/۶۰	۳/۵۰	۱۷/۲
C3	۳/۸۰	۳/۵۰	۰	۳/۸۰	۴/۰۰	۳/۶۰	۱۸/۷
C4	۳/۷۰	۳/۸۰	۳/۶۰	۰	۳/۴۰	۳/۲۰	۱۷/۷
C5	۳/۷۰	۳/۸۰	۳/۷۰	۲/۸۰	۰	۲/۹۰	۱۶/۹
C6	۳/۴۰	۳/۷۰	۳/۰۰	۲/۴۰	۳/۳۰	۰	۱۵/۸
جمع ستون‌ها	۱۷/۹۰	۱۷/۸۰	۱۶/۸۰	۱۶/۴۰	۱۸/۲۰	۱۶/۵۰	

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

مرحله ۲- نتایج محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم نرمال (N = K × M)

بدین منظور، ابتدا جمع همه سطرها و ستون‌ها محاسبه شد که در این ماتریس، معکوس بزرگترین عدد سطر و ستون K را تشکیل می‌دهد. با استناد به جدول ۷، بزرگ‌ترین عدد برابر با ۱۸/۷ بود که همه مقادیر جدول برای حصول به ماتریس نرمال (جدول ۸) بر معکوس این عدد ضرب شد.

$$K = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^{n} a_{ij}} = \frac{1}{18.7} = 0.050$$

⇨ N = ۰/۰۵۰ × M

جدول ۸. نتایج ماتریس نرمال‌شده

N	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	۰	۰/۱۶۰	۰/۱۷۰	۰/۲۱۰	۰/۲۱۰	۰/۱۸۰
C2	۰/۱۸۰	۰	۰/۱۸۰	۰/۱۹۰	۰/۱۹۰	۰/۱۹۰
C3	۰/۲۰۰	۰/۱۹۰	۰	۰/۲۰۰	۰/۲۱۰	۰/۱۹۰
C4	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۱۹۰	۰	۰/۱۸۰	۰/۱۷۰
C5	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۰	۰/۱۵۰	۰	۰/۱۶۰
C6	۰/۱۸۰	۰/۲۰۰	۰/۱۶۰	۰/۱۳۰	۰/۱۸۰	۰

مرحله ۳- نتایج محاسبه ماتریس ارتباط کامل

برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل (T)، ابتدا ماتریس همانی (I) تشکیل و پس از کسر ماتریس همانی از ماتریس نرمال، نسبت به معکوس کردن ماتریس حاصل اقدام شد. در نهایت، ماتریس نرمال در ماتریس معکوس ضرب شد که نتیجه نهایی در جدول ۹ آورده شده است.

$$T = N \times (I - N)^{-1}$$

جدول ۹. نتایج ماتریس ارتباط کامل

T	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	۱/۹۴	۲/۰۶	۱/۹۸	۱/۹۷	۲/۱۴	۱/۹۶
C2	۲/۰۸	۱/۹۲	۱/۹۸	۱/۹۵	۲/۱۲	۱/۹۵
C3	۲/۲۴	۲/۲۱	۱/۹۶	۲/۰۹	۲/۲۸	۲/۰۹
C4	۲/۱۴	۲/۱۳	۲/۰۴	۱/۸۴	۲/۱۶	۱/۹۹
C5	۲/۰۷	۲/۰۶	۱/۹۷	۱/۹۰	۱/۹۳	۱/۹۱
C6	۱/۹۴	۱/۹۴	۱/۸۴	۱/۷۸	۱/۹۷	۱/۶۷
جمع ستون‌ها	۱۲/۴۰	۱۱/۳۳	۱۱/۷۶	۱۱/۵۳	۱۲/۵۹	۱۱/۵۷

مرحله ٤- نتایج نمایش نقشه روابط شبکه

برای تعیین نقشه روابط شبکه (Network Relation Map, NRM)، نسبت به محاسبه شدت آستانه اقدام شد. بدین منظور، فقط روابطی که مقادیر آن‌ها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگ‌تر بود، در NRM نمایش داده شدند. بر این اساس، همه مقادیر ماتریس T که کوچک‌تر از آستانه بودند برابر با صفر به‌دست آمده و این خود نشان داد که آن رابطه را نمی‌توان علی در نظر گرفت. نتایج نشان داد که شدت آستانه برابر ۲/۰۱ است. بر این اساس، الگوی روابط معنی‌دار در جدول ۱۰ و از طرفی، الگوی روابط علی معیارها نیز در جدول ۱۱ آورده شده‌اند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

جدول ۱۰. نتایج بررسی الگوی روابط معنی‌دار معیارهای اصلی

C6	C5	C4	C3	C2	C1	FINAL
*	۲/۱۴	*	*	۲/۰۶	*	C1
*	۲/۱۲	*	*	*	۲/۰۸	C2
۲/۰۹	۲/۲۸	۲/۰۹	*	۲/۲۱	۲/۲۴	C3
*	۲.۱۶	*	۲/۰۴	۲/۱۳	۲/۱۴	C4
*	*	*	*	۲/۰۶	۲/۰۷	C5
*	*	*	*	*	*	C6

جدول ۱۱. نتایج بررسی الگوی روابط علی معیارهای اصلی

D-R	D+R	R	D	نماد معیار
-۰/۳۵	۲۴/۴۵	۱۲/۴۰	۱۲/۰۵	C1
-۰/۳۵	۲۴/۳۲	۱۲/۳۳	۱۱/۹۸	C2
۱/۱۱	۲۴/۶۳	۱۱/۷۶	۱۲/۸۷	C3
۰/۷۷	۲۳/۸۳	۱۱/۵۳	۱۲/۲۰	C4
-۰/۷۵	۲۴/۴۳	۱۲/۵۹	۱۱/۸۴	C5
-۰/۴۳	۲۲/۷۱	۱۱/۵۷	۱۱/۱۴	C6

در جدول ۱۱، جمع عناصر هر سطر (D) نشان‌دهنده میزان تاثیرگذاری آن معیار بر سایر معیارهای مدل است. بر این اساس، معیار "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات" از بیش‌ترین تاثیرگذاری برخوردار بوده است. جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نیز بیان‌گر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عوامل سیستم است که بر این اساس، معیار "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت" از بیش‌ترین میزان تاثیرپذیری برخوردار بوده است. از طرفی، بردار افقی (D + R)، میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم را نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر، هرچه مقدار D + R عاملی بیش‌تر باشد، بدین مفهوم است که آن عامل تعامل بیش‌تری با سایر عوامل سیستم داشته است. بر این اساس، معیار "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات" از بیش‌ترین تعامل با سایر معیارهای مورد مطالعه برخوردار بود. بردار عمودی (D - R)، قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، مقادیر مثبت D - R نشان‌دهنده آن است که متغیر مدنظر یک متغیر علی است و مقادیر منفی نیز بیان‌گر متغیر معلول بودن آن است. بر این اساس، معیارهای "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات" و "بررسی حوادث پیشین"، متغیر علی، و معیارهای "مقررات آتش‌نشانی"، "آموزش ایمنی حریق"، "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت" و "سرعت عملیات نجات" نیز، متغیر معلول، هستند.

نتایج تعیین وزن معیارهای اصلی

در این پژوهش، برای تعیین وزن معیارهای اصلی، ابتدا این معیارها بر اساس هدف به‌صورت زوجی توسط خبرگان مقایسه شدند. با توجه به این‌که از نظر بیش‌تر از یک فرد خبره استفاده شد، مقادیر با استفاده از تکنیک میانگین هندسی و نرمال‌سازی و در نهایت بردار ویژه محاسبه شدند. بر این اساس، اعداد حاصل، ضریب اهمیت هر یک از معیارهای اصلی را نشان دادند که نتایج محاسبه‌ها در جدول ۱۲ آورده شده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

جدول ۱۲. نتایج اولویت‌بندی معیارهای اصلی بر اساس هدف

	مقررات آتش‌نشانی	آموزش ایمنی حریق	سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات	بررسی حوادث پیشین	نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت	سرعت عملیات نجات	میانگین هندسی	بردار ویژه
مقررات آتش‌نشانی	۱	۰/۲۱۷	۰/۱۹۲	۰/۲۴۶	۰/۲۸۸	۰/۳۴۲	۰/۳۱۷	۰/۰۴۸
آموزش ایمنی حریق	۴/۶۱	۱	۱/۰۳	۱/۱۱	۱/۰۹	۰/۷۸۱	۱/۲۸	۰/۱۹۳
سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات	۵/۲۰	۰/۹۷۵	۱	۱/۵۱	۱/۴۱	۰/۷۴۳	۱/۴۱	۰/۲۱۳
بررسی حوادث پیشین	۴/۰۶	۰/۹۰۰	۰/۶۶۴	۱	۲/۱۶	۰/۶۱۳	۱/۲۲	۰/۱۸۳
نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت	۳/۴۷	۰/۷۱۲	۰/۷۱۲	۰/۴۶۳	۱	۰/۷۹۴	۰/۹۳۰	۰/۱۴۰
سرعت عملیات نجات	۲/۹۳	۱/۲۸	۱/۳۵	۱/۶۳	۱/۲۶	۱	۱/۴۸	۰/۲۲۲

نتایج بردار ویژه بیان‌گر آن است که معیارهای "سرعت عملیات نجات"، "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات"، "آموزش ایمنی حریق"، "بررسی حوادث پیشین"، "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت" و "مقررات آتش‌نشانی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۲۲، ۰/۲۱۳، ۰/۱۹۳، ۰/۱۸۳، ۰/۱۴۰ و ۰/۰۴۸ به‌ترتیب اولویت‌های اول تا ششم را به‌خود اختصاص دادند.

همچنین، مقادیر نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده برابر با ۰/۰۲۰ (کوچک‌تر از ۰/۱۰۰) نشان داد که مقایسه‌های انجام شده قابل اعتماد بوده است.

نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارها

نتایج مقایسه زوجی زیرمعیارهای "مقررات آتش‌نشانی" نشان داد که "فراگیر بودن و قابل اجرا بودن در همه ساختمان‌ها با توجه منابع موجود" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۲۷ اولویت اول، زیرمعیار "مشخص بودن سازوکارهای امداد و نجات" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۲۶ اولویت دوم، زیرمعیار "بازرسی دوره‌ای و منظم ساختمان به‌لحاظ ایمنی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۹۰ اولویت سوم، زیرمعیار "برخورداری از شرایط و قابلیت تحقیق و توسعه" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۷۲ اولویت چهارم، زیرمعیار "وجود سازوکار صدور گواهی‌نامه ایمنی بر اساس معیارهای دقیق و مشخص" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۰۰ اولویت پنجم و زیرمعیار "وجود مقررات سختگیرانه برخورد با متخلفین" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۸۶ اولویت آخر را به‌خود اختصاص دادند.

به‌علاوه، مقادیر نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده برابر با ۰/۰۶۵ (کوچک‌تر از ۰/۱۰۰) نشان داد که مقایسه‌های انجام شده قابل اعتماد بوده است.

نتایج مقایسه زوجی برای تعیین اولویت زیرمعیارهای "آموزش ایمنی حریق" نشان داد که زیرمعیار "برنامه‌ریزی و اجرای آموزش آتش‌نشانان" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۳۱۵، زیرمعیار "ارتقای آگاهی ساکنین ساختمان نسبت به علل و عواقب آتش‌سوزی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۵۵، زیرمعیار "ارزیابی اثربخشی آموزش‌های ایمنی حریق" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۴۰ و زیرمعیار "آموزش نحوه استفاده از تجهیزات اطفای حریق به ساکنین" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۹۰ به‌ترتیب اولویت‌های اول تا آخر را به‌خود اختصاص دادند.

از طرفی، مقادیر نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده برابر با ۰/۰۵۰ (کوچک‌تر از ۰/۱۰۰) نشان داد که مقایسه‌های انجام شده قابل اعتماد بوده است.

نتایج مقایسه زوجی برای تعیین اولویت زیرمعیارهای "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات" نشان داد که زیرمعیار "استفاده از تجهیزات متناسب با ساختمان‌های منطقه در ایستگاه‌های آتش‌نشانی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۷۳ اولویت اول، زیرمعیار "نگهداری پیشگیرانه تجهیزات الکتریکی و سیستم‌هایی هشداردهنده" با وزن نرمال‌شده

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

برابر با ۰/۱۸۴ اولویت دوم، زیرمعیار "مدیریت زمان و هزینه‌ها در مقابله با حریق" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۵۰ اولویت سوم، زیرمعیار "نظارت بر سیستم‌های ایمنی و مدیریت ریسک‌های موجود" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۴۲ اولویت چهارم، زیرمعیار "برخورداری از روش و طرحی برای مقابله با شرایط اضطراری" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۲۸ اولویت پنجم و زیرمعیار "برخورداری از خط‌مشی و رویه مناسب مدیریت ایمنی حریق" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۲۴ اولویت آخر را به‌خود اختصاص دادند.

همچنین، مقادیر نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده برابر با ۰/۰۲۶ (کوچک‌تر از ۰/۱۰۰) نشان داد که مقایسه‌های انجام شده قابل اعتماد بوده است.

نتایج مقایسه زوجی برای تعیین اولویت زیرمعیارهای "بررسی حوادث پیشین" نشان داد که زیرمعیار "بررسی حوادث توسط متخصصین قضایی و شرکت‌های بیمه" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۴۶ اولویت اول، زیرمعیار "بررسی حوادث توسط متخصصین سازمان آتش‌نشانی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۳۷ اولویت دوم، زیرمعیار "جمع‌آوری و ثبت داده‌های مناسب برای بررسی حوادث توسط مراجع ذی‌صلاح" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۳۵ اولویت سوم، زیرمعیار "تخصیص نیروی کافی و کارکنان مجرب برای بررسی حوادث پیشین" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۹۹ اولویت چهارم، و زیرمعیار "واضح بودن رویه‌ها و روش‌های بررسی حوادث حریق" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۸۳ اولویت آخر را به‌خود اختصاص دادند.

علاوه بر این، مقادیر نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده برابر با ۰/۰۹۸ (کوچک‌تر از ۰/۱۰۰) نشان داد که مقایسه‌های انجام شده قابل اعتماد بوده است.

نتایج مقایسه زوجی برای تعیین اولویت زیرمعیارهای "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت" نشان داد که زیرمعیار "عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان با هدف سوددهی بیش‌تر" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۳۶۷ اولویت اول، زیرمعیار "توجه به تراکم جمعیتی ساختمان و راه‌های خروج اضطراری" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۶۶ اولویت دوم، زیرمعیار "توجه به ایمنی حریق در مراحل طراحی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۳۲ اولویت سوم، زیرمعیار "استفاده از مصالح عایق حریق در مراحل ساخت" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۷۰ اولویت چهارم، و زیرمعیار "کنترل مباحث ایمنی حریق از سوی شرکت‌های مشاور" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۶۵ اولویت آخر را به‌خود اختصاص دادند.

همچنین، مقادیر نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده برابر با ۰/۰۹۶ (کوچک‌تر از ۰/۱۰۰) نشان داد که مقایسه‌های انجام شده قابل اعتماد بوده است.

نتایج مقایسه زوجی برای تعیین اولویت زیرمعیارهای "سرعت عملیات نجات" نشان داد که زیرمعیار "به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات مدرن و مناسب" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۲۱ اولویت اول، زیرمعیار "شرایط ترافیکی مساعد منطقه" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۸۴ اولویت دوم، زیرمعیار "تمرینات و مانورهای کافی آتش‌نشانان" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۸۰ اولویت سوم، زیرمعیار "تعداد کافی نیروهای آتش‌نشان" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۶۹ اولویت چهارم، زیرمعیار "توزیع جغرافیایی متناسب و منطقی ایستگاه آتش‌نشانی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۳۸ اولویت پنجم، و زیرمعیار "سازوکارهای سریع گزارش‌دهی وقوع حریق" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۰۸ اولویت آخر را به‌خود اختصاص دادند.

از طرفی، مقادیر نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده برابر با ۰/۰۵۹ (کوچک‌تر از ۰/۱۰۰) نشان داد که مقایسه‌های انجام شده قابل اعتماد بوده است.

نتایج اولویت‌بندی زیرمعیارها با تکنیک ANP

برای تعیین اولویت نهائی معیارهای مدل با تکنیک ANP، نسبت به محاسبه "سوپرماتریس اولیه (ناموزون)"، "سوپرماتریس موزون" و در نهایت "سوپرماتریس حد"

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

اقدام شد که نتایج اولویت‌بندی نهائی زیرمعیارها بر اساس "سوپرماتریس حد" در جدول ۱۳ آورده شده است.

جدول ۱۳. نتایج اولویت‌بندی نهائی زیرمعیارها

معیار	زیرمعیار	وزن نهایی	رتبه‌بندی نهایی
مقررات آتش‌نشانی	فراگیر بودن و قابل اجرا بودن در همه ساختمان‌ها با توجه منابع موجود	۰/۰۳۸۰	۱۱
	برخورداری از شرایط و قابلیت تحقیق و توسعه	۰/۰۲۸۸	۲۰
	مشخص بودن سازوکارهای امداد و نجات	۰/۰۳۷۸	۱۲
	بازرسی دوره‌ای و منظم ساختمان به‌لحاظ ایمنی	۰/۰۳۱۸	۱۶
	وجود سازوکار صدور گواهی‌نامه ایمنی بر اساس معیارهای دقیق و مشخص	۰/۰۱۶۷	۲۸
	وجود مقررات سخت‌گیرانه برخورد با متخلفین	۰/۰۱۴۴	۲۹
آموزش ایمنی حریق	برنامه‌ریزی و اجرای آموزش آتش‌نشانان	۰/۰۴۲۲	۵
	ارزیابی اثربخشی آموزش‌های ایمنی حریق	۰/۰۳۲۱	۱۵
	ارتقای آگاهی ساکنین ساختمان نسبت به علل و عواقب آتش‌سوزی	۰/۰۳۹۳	۷
	آموزش نحوه استفاده از تجهیزات اطفای حریق به ساکنین	۰/۰۵۳۷	۲
سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات	برخورداری از خط‌مشی و رویه مناسب مدیریت ایمنی حریق	۰/۰۲۰۷	۲۶
	برخورداری از روش و طرحی برای مقابله با شرایط اضطراری	۰/۰۲۱۴	۲۵
	نظارت بر سیستم‌های ایمنی و مدیریت ریسک‌های موجود	۰/۰۲۳۷	۲۳
	مدیریت زمان و هزینه‌ها در مقابله با حریق	۰/۰۲۵۱	۲۲
	استفاده از تجهیزات متناسب با ساختمان‌های منطقه در ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۰/۰۴۵۶	۳
	نگهداری پیشگیرانه تجهیزات الکتریکی و سیستم‌های هشداردهنده	۰/۰۳۰۸	۱۷
بررسی حوادث پیشین	بررسی حوادث توسط متخصصین سازمان آتش‌نشانی	۰/۰۳۸۹	۸
	بررسی حوادث توسط متخصصین قضایی و شرکت‌های بیمه	۰/۰۴۰۳	۶
	جمع‌آوری و ثبت داده‌های مناسب برای بررسی حوادث توسط مراجع ذی‌صلاح	۰/۰۳۸۵	۱۰
	تخصیص نیروی کافی و کارکنان مجرب برای بررسی حوادث پیشین	۰/۰۳۲۶	۱۴
	واضح بودن رویه‌ها و روش‌های بررسی حوادث حریق	۰/۰۱۳۶	۳۰
نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت	عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان با هدف سوددهی بیش‌تر	۰/۰۶۱۳	۱
	توجه به ایمنی حریق در مراحل طراحی	۰/۰۳۸۷	۹
	توجه به تراکم جمعیتی ساختمان و راههای خروج اضطراری	۰/۰۴۴۴	۴
	استفاده از مصالح عایق حریق در مراحل ساخت	۰/۰۱۱۷	۳۱
	کنترل مباحث ایمنی حریق از سوی شرکت‌های مشاور	۰/۰۱۰۹	۳۲
سرعت عملیات نجات	به‌کارگیری ماشین آلات و تجهیزات مدرن و مناسب	۰/۰۳۶۹	۱۳
	تمرینات و مانورهای کافی آتش‌نشانان	۰/۰۳۰۱	۱۹
	شرایط ترافیکی مساعد منطقه	۰/۰۳۰۷	۱۸
	توزیع جغرافیایی متناسب و منطقی ایستگاه آتش‌نشانی	۰/۰۲۳	۲۴
	تعداد کافی نیروهای آتش‌نشان	۰/۰۲۸۲	۲۱
	سازوکارهای سریع گزارش‌دهی وقوع حریق	۰/۰۱۸	۲۷

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

بر این اساس:

زیرمعیار "عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان با هدف سوددهی بیش‌تر" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۶۱۳ اولویت اول، زیرمعیار "آموزش نحوه استفاده از تجهیزات اطفای حریق به ساکنین" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۵۳۷ اولویت دوم، زیرمعیار "استفاده از تجهیزات متناسب با ساختمان‌های منطقه در ایستگاه‌های آتش‌نشانی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۴۵۶ اولویت سوم، زیرمعیار "توجه به تراکم جمعیتی ساختمان و راه‌های خروج اضطراری" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۴۴۴ اولویت چهارم، زیرمعیار "برنامه-ریزی و اجرای آموزش آتش‌نشانان" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۴۲۲ اولویت پنجم، زیرمعیار "بررسی حوادث توسط متخصصین قضایی و شرکت‌های بیمه" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۴۰۳ اولویت ششم، زیرمعیار "ارتقای آگاهی ساکنین ساختمان نسبت به علل و عواقب آتش‌سوزی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۳۹۳ در اولویت هفتم، زیرمعیار "بررسی حوادث توسط متخصصین سازمان آتش‌نشانی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۳۸۹ اولویت هشتم، زیرمعیار "توجه به ایمنی حریق در مراحل طراحی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۳۸۷ اولویت نهم، زیرمعیار "جمع‌آوری و ثبت داده‌های مناسب برای بررسی حوادث توسط مراجع ذیصلاح" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۳۸۵ اولویت دهم، ... و زیرمعیار "کنترل مباحث ایمنی حریق از سوی شرکت‌های مشاور" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۱۰۹ اولویت آخر را به‌خود اختصاص دادند.

بحث

افزایش جمعیت و شیوه امروزی زندگی در کلان‌شهرها، شهر را به توسعه عمودی، و شهروندان را به زندگی در ساختمان‌های بلندمرتبه سوق داده است. از طرفی، وقوع حوادث و سوانحی همچون آتش‌سوزی، جزء اجتناب‌ناپذیر زندگی بشری است. بدون تردید حفظ جان افراد در این نوع ساختمان‌ها از اهمیت و در عین حال دشواری فراوانی برخوردار است که می‌تواند به‌علت دسترسی بسیار سخت به طبقات بالایی و دشواری انجام عملیات امداد و نجات باشد. لذا، توجه به عوامل حیاتی مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه ضروری است. بلندمرتبه‌سازی یکی از پدیده‌های قرن ۲۱ در صنعت ساختمان و شهرسازی است که روز به روز در حال گسترش است[۱۶] و از آن‌جایی که ساختمان‌های بلندمرتبه تعداد زیادی جمعیت را در خود جای می‌دهند، توجه ویژه به مقوله ایمنی در برابر آتش‌سوزی در آن‌ها بسیار حائز اهمیت است و لذا، تأمین ایمنی این بناها نیازمند انجام برنامه‌ریزی و مدیریت ایمنی است. از این‌رو، علی‌رغم پیشنهاد رویکردهایی چون عدم تخلیه و محافظت در محل، استفاده از طبقات پناه و فضاهای پناه‌گیری و به‌کارگیری آسانسورها، همچنان یکی از اصلی‌ترین موضوعات مورد توجه مرتبط با ساختمان‌های بلندمرتبه انجام تخلیه اضطراری ایمن و به‌موقع ساکنان از طریق راه‌پله هاست[۲۰-۱۷].

زمانی که در ساختمان‌های بلندمرتبه حریق رخ می‌دهد، عملیات امداد و نجات بسیار دشوار و حساس خواهد بود و این مسأله جان و مال افراد را تهدید می‌کند[۲۱]. در کشور ایران تجهیزات و ضوابط ایمنی و آتش‌نشانی، متناسب با گسترش ساختمان‌های بلند توسعه نیافته است[۵] و بر همین اساس و طبق آمارهای موجود، نیمی از مرگ و میرهای ناشی از حریق در ایران در ساختمان‌های بلند روی می‌دهد که خود تحت تاثیر مشکلات موجود در حوزه های ایمنی، پیشگیری و همچنین ضعف در آموزش ایمنی است[۱۳]. طبق آمار موجود، در شهر کرج بیش‌تر از ۲۵۰۰۰ ساختمان با ارتفاع پنج تا ۱۷ طبقه وجود دارد که هر کدام می‌تواند با ریسک مواجهه با آتش‌سوزی مواجه باشد. لذا، این پژوهش با هدف شناسایی و رتبه‌بندی عوامل حیاتی مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر کرج با استفاده از روش تلفیقی ANP-DEMATEL انجام یافت. بدین منظور، ۶ معیار و ۳۴ زیرمعیار انتخاب و نسبت به غربال‌گری زیرمعیارها با استفاده از نظر ۱۰ نفر آتش‌نشان با سابقه شهر

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

کرج طی دو مرحله دلفی اقدام شد که نخبگان با حذف دو زیرمعیار در نهایت ۳۲ زیرمعیار را برای اجرای این پژوهش انتخاب کردند. نتایج نشان داد که معیار "سرعت عملیات نجات" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۲۲ اولویت اول، معیار "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۲۱۳ اولویت دوم، معیار "آموزش ایمنی حریق" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۹۳ اولویت سوم، معیار "بررسی حوادث پیشین" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۸۳ اولویت چهارم، معیار "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۱۴۰ اولویت پنجم و معیار "مقررات آتش‌نشانی" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۴۸ اولویت آخر را به‌خود اختصاص دادند. از طرفی، نتایج ترکیب تکنیک‌های ANP و DEMATEL نشان داد که از بین ۳۲ زیرمعیار، زیرمعیار "عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان با هدف سوددهی بیش‌تر" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۶۱۳ واجد اولویت اول، و زیرمعیار "کنترل مباحث ایمنی حریق از سوی شرکت‌های مشاور" با وزن نرمال‌شده برابر با ۰/۰۱۰۹ اولویت آخر را به‌خود اختصاص دادند.

در این خصوص، لیو و همکاران (۲۰۱۲) با تحلیل عاملی دلایل آتش‌سوزی ساختمان‌های بلندمرتبه و اقدامات حفاظتی در برابر حریق، گزارش کردند که معیار "ایمنی و پیشگیری" از درجه اول اهمیت در مدیریت حریق برخوردار است[۲۲]. فلاحی و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تأثیر زمان تخلیه در برنامه‌ریزی مدیریت ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی در راستای کاهش آسیب‌پذیری، اذعان داشتند که "زمان تخلیه" و عوامل اثرگذار بر آن از جمله "تعداد متصرفان در ساختمان و در هر طبقه"، "تراکم افراد در راه‌پله"، "سرعت حرکت افراد"، "تعداد طبقات ساختمان"، "تعداد راه‌پله‌های ساختمان" و "عرض مؤثر راه‌پله" نقش مهمی در نجات جان افراد در هنگام آتش‌سوزی دارد و با کاهش دادن این زمان و تسریع فرآیند تخلیه و خروج اضطراری از طریق آموزش و ایجاد آمادگی در ساکنان و حتی کاربرد آسانسورها می‌توان در مدت زمان کوتاه‌تری جان افراد بیش‌تری را نجات داد. لذا، این پژوهشگران پیشنهاد دادند که توجه به عامل زمان در طراحی معماری مسیر خروج در آیین‌نامه‌های ساختمانی باید الزامی شود[۲۰]. سجادی مهر (۲۰۲۳)[۹] در پژوهشی که با هدف بررسی نحوه پیشگیری، شناسایی و اطفای حریق در ساختمان‌های بلندمرتبه همدان انجام شد، نتیجه گرفت که برای ایمنی حریق ساختمان‌های بلندمرتبه، معیارهای "عوامل مرتبط با مهندسی سازه‌ای ساختمان" و "عوامل مهارت‌های رفتاری ساکنین" به‌ترتیب از اولویت‌های اول و دوم برخوردار بوده‌اند. حال آن‌که در این پژوهش معیار "سرعت عملیات نجات" از بیش‌ترین اولویت برخوردار بود. این در حالی است که پریرا و آلیس (۲۰۲۲)[۱۱] با مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌های مرتفع سریلانکا برای مدیریت ریسک آتش‌سوزی، معیارهای "رعایت اصول ایمنی آتش‌سوزی"، "پایبندی به مقررات آتش‌سوزی ساختمان"، "آموزش آتش‌نشان"، "طراحی مناسب و ایمن ساختمان" و "تجزیه و تحلیل مسیر تخلیه اضطراری" را مهم‌ترین عوامل تأثرگذار بر ایمنی حریق ساختمان‌های بلندمرتبه معرفی کردند که با پژوهش حاضر همخوانی دارد. از طرفی، سانگ و همکاران (۲۰۲۲)[۲۳] با بررسی طراحی‌های جدید ایمنی آتش‌سوزی ساختمان‌های بلندمرتبه در چین، معیار "چگونگی طراحی ساختمان‌های بلندمرتبه" را در ایمنی آتش‌نشانی این ساختمان‌ها مؤثر دانستند. همچنین، کومار و همکاران (۲۰۲۳)[۲۴] با ارزیابی ایمنی آتش‌سوزی برای افراد سالمند ساکن ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه در هند، همانند پژوهش حاضر با تأکید بر معیار "آموزش آتش‌نشانان"، تمرینات و مانورهای کافی آتش‌نشانان برای نجات افراد مسن و کم‌توان را به‌عنوان معیاری مهم درنظر گرفته و همچنین بر لزوم توجه به معیار "طراحی ساختمان‌ها" تاکید کردند. از دیگر سو، عمر و همکاران (۲۰۲۳)[۱۲] با بررسی عوامل حیاتی مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر شارجه امارات، معیارهای "مقررات آتش‌

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

نشانی"، "مقررات ساخت و اجرا"، "بررسی حوادث پیشین"، و "سرعت عملیات نجات" را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه معرفی کردند که با پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. در پژوهشی دیگر، وو و لین (۲۰۲۴) با ارزیابی ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های مسکونی مرتفع در ویتنام با تاکید بر دانش و آگاهی ساکنان، در دسترس بودن امکانات ایمنی آتش‌سوزی و به‌علاوه اثربخشی مدیریت ایمنی آتش‌سوزی گزارش کردند که هرچند بیش‌تر ساکنان از دانش اولیه در مورد ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه برخوردار بودند، اما آمادگی آن‌ها برای مواجهه با یک رویداد آتش‌سوزی کافی نبود[۲۵].

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش که با هدف شناسایی و رتبه‌بندی عوامل حیاتی مؤثر بر ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه شهر کرج انجام یافت نشان داد که معیار "سرعت عملیات نجات" اولویت اول را در بین معیارها به‌خود اختصاص داده است و از این‌رو، چنان‌چه عملیات امدادرسانی به ساختمان‌های بلندمرتبه دچار حریق با سرعت مناسبی انجام نشود، حریق گسترش یافته و شانس و موفقیت امدادرسانی به ساکنان ساختمان و اطفای حریق را کاهش می‌دهد. همچنین، معیار "سیاست‌ها و مدیریت تجهیزات" به‌عنوان تأثیرگذارترین معیار از بیش‌ترین تعامل با سایر معیارها برخوردار بود؛ لذا، می‌توان اذعان داشت که هرگونه تلاش و موفقیتی در زمینه مدیریت حریق ساختمان‌های بلندمرتبه، پیوندی نزدیک با سیاست‌هایی دارد که به‌لحاظ تدارک تجهیزات ایمنی حریق در این ساختمان‌ها درنظر گرفته می‌شود که همین موضوع لزوم سختگیری‌های بیش‌تر در این زمینه و نیز نظارت بیش‌تر بر تناسب تجهیزات با ساختمان را نمایان می‌سازد. از طرفی، معیار "نگرش پیمانکاران در طراحی و ساخت" به‌عنوان تأثیرپذیرترین معیار شناخته شد؛ لذا، اگر در روند ساخت و طراحی ساختمان‌ها، بینش و نگرش مناسبی در خصوص اهمیت رعایت نکات ایمنی حریق مدنظر گرفته نشود، مقدمه‌ای برای شدت گرفتن ریسک بروز حریق و ناایمن شدن ساختمان فراهم می‌آید. به‌علاوه، در اولویت قرارگرفتن زیرمعیار "عدم استفاده از مصالح بی‌کیفیت و ارزان به‌منظور سوددهی بیش‌تر" را می‌توان با این موضوع مرتبط دانست که چنان‌چه برای کاهش هزینه‌های ساخت از مواردی ضروری همچون مصالح استاندارد چشم‌پوشی شود و یا کیفیت فدای قیمت شود؛ می‌توان انتظار داشت که در شرایط بحرانی، ساختمان مقاومت مناسبی در برابر حریق از خود نشان ندهد. اجرای این پژوهش با محدودیت‌هایی از جمله محدودیت زمانی اجرای پژوهش؛ استفاده از ابزار پرسش‌نامه به‌عنوان ابزار اصلی گردآوری داده‌ها که می‌تواند با اعمال نظر شخص پاسخگو بر اساس سود و منفعت شخصی وی مواجه باشد و محدود بودن دامنه اجرای پژوهش به آتش‌نشانی کرج مواجه بود. لذا، ضمن توصیه به اجرای پژوهش مشابه در مقوله ایمنی آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلندمرتبه در سایر استان‌ها، برگزاری دوره‌های آموزشی برای پیمانکاران به‌منظور آشنایی آن‌ها با تمهیدات مناسب برای چگونگی پیشگیری از آتش‌سوزی، و همچنین تعلیق فعالیت، عدم اعطای گواهی پایان کار و جریمه ساختمان‌هایی که ضمن استفاده از مصالح بی‌کیفیت، از مصالح ضدحریق استفاده نمی‌کنند، برای ارتقای ایمنی ساختمان‌های بلندمرتبه در برابر حریق پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست مصوب واحد الکترونیکی دانشگاه آزاد اسلامی با کد ۵۰۳۳۲۹۳۰۰۶۹۰۷۶۴۲۱۶۰۲۵۱۶۲۸۲۷۲۰۵ است که بدین‌وسیله نویسندگان از حوزه معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه برای فراهم کردن امکانات اجرای مطالعه سپاسگزاری می‌کنند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

References

1. Khakkar S, Ranjbarian M, Khodakarim S, et al. Evaluation of fire risk in commercial complexes of district 12 of Tehran and its relationship with their structural and usage characteristics. J Health Saf Work 2020; 10(3): 273-89 (In Persian).
2. Shakir I, Jasim MA, Weli SS. High rise buildings: Design, analysis, and safety: An overview. Int J Archit Eng Technol 2021; 8: 1-13.
3. Hosseini S, Davarzani M. Survey the rules and fire safety in the design of high-rise residential buildings based on topic 3 of the national building regulations. Fifth International Conference and Exhibition of Fire and Urban Safety, Sharif University of Technology 2022; 9 p (In Persian).
4. Kodur V, Kumar P, Rafi MM. Fire hazard in buildings: Review, assessment and strategies for improving fire safety. PSU Research Review, 2020; 4(1): 1-23.
5. Adelizadeh M, Shobeiri SM. Identifying fire risks for high-rise buildings: A factor analysis approach. J Saf City 2019; 2(6): 6-11 (In Persian).
6. Hosseini M, Mirakbari SF. The role of fire alarm and fire extinguisher systems in high-rise buildings in reducing fires. Third National Conference on Urban Fire Service & Safety, Tehran Municipality 2019; 16 p (In Persian).
7. Rostami F, Dastgheibi SM, Jokar S, et al. Fire safety of high-rise buildings with emphasis on the performance of stairs and elevators, a case study: a concrete building in city of Bushehr. 4th Comperhensive Conference on Disaster Management & HSE, 2018; 13 p (In Persian).
8. Bahrami V, Etessam I, Shacheragi A. A Review of the factors influencing the design of mmergency evacuation routes for high-rise buildings against fire based on MICMAC structural equation method and ANP analysis. J Sustain Archit Urban Des 2021; 8(2): 67-80 (In Persian).
9. Sadjadimehr SS. Fire in high-rise buildings, prevent; identification and extinguishment. The First International Conference on Architecture, Civil Engineering, Earth Sciences and Healthy Environment. 2023; 20 p (In Persian).
10. Glauberman G, Fire safety behaviors among residential high-rise building occupants in Hawai ‘i: A qualitative study. Hawai'i J Health Soc Welfare, 2020; 79(8): 249.
11. Perera L, Allis C. Fire Safety Performance of High-rise buildings in Sri Lanka. The SLIIT International Conference on Engineering and Technology, 2022; PP. 69-78.
12. Omar M, Mahmoud A, Abdul Aziz SAB. Critical factors affecting fire safety in high-rise buildings in the Emirate of Sharjah, UAE. Fire 2023; 6(2): 68.
13. Moradi A. The effect of education and public participation in the management of urban incidents (Fire in a high-rise building). J New Res Approach Manage Account 2023; 6(87): 1718-30 (In Persian).
14. Mehrifar Y, Abasi M, Samimi K, et al. Determination of key safety performance indicators using Delphi Method: A case study on Electricity Distribution Company in Alborz Province. J Health Saf Work 2023; 13(2): 289-308 (In Persian).
15. Valizadeh H, Sobhanardakani S, Kargari N. Prioritization of the effectiveness factors on the safety education for employees of the Fardis Fire Protection Organization using Multi-Criteria Decision-Making Model. J Environ Health Eng 2024; 11(3): 268-86 (In Persian).
16. Jahanshahi Javaran M, Panahi B. Identifying and ranking the risks involved in the construction projects of high-rise buildings of Mashhad. J Eng Constract Manage 2019; 3(4): 43-52 (In Persian).
17. Barney G. Vertical transportation in tall buildings. Elevator World 2003; 51(5): 66-75.
18. Lay S. Alternative evacuation design solutions for high- rise buildings. Struct Des Tall Spec Buildings 2007; 16(4): 487-500.
19. Liao YJ, Liao GX, Lo SM. Influencing factor analysis of ultra-tall building elevator evacuation. Procedia Eng 2014; 71: 583-590.
20. Fallahi A, Hafezi MR, Omidkhah A. The effect of evacuation time on fire safety management planning in two high-rise residential buildings. 2019; 11(25): 125-36 (In Persian).
21. Ghuge HG, Kulkarni RA, Kulkarni UR, et al. Fire rescue system for high rise building. In 2019 5th International Conference on Computing, Communication, Control and Automation, IEEE 2019; pp. 1-5.
22. Liu X, Zhang H, Zhu Q. Factor analysis of high-rise building fires reasons and fire protection measures. Procedia Eng 2012; 45: 643-648.
23. Song LZ, Zhu J, Liu ST, et al. Recent fire safety design of high-rise buildings. J Urban Dev Manage 2022; 1(1): 50-7.
24. Kumar A, Khar, R, Sankat S, et al. Fire safety assessment for older adults in high-rise residential buildings in India: a comprehensive study. Int J Build Pathol Adapt 2023; 41(3): 625-46.
25. Vu M, Lin S-Y. Empirical assessment of fire safety in high-rise residential buildings in Vietnam and residents’ knowledge and awareness regarding fire safety. Fire Safety J 2024; 146: 104162.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]

Journal of Environmental Health Engineering, August 2024; Vol.11, No. 4: 422- 442

Identifying and Ranking of Critical Factors Affecting on Fire Safety in High-Rise Buildings in city of Karaj using the ANP-DEMATEL Integrated Approach

Seyed Hossein Mousavi[1], Soheil Sobhanardakani[2*], Seyed Ali Jozi[3]

1. M.Sc. in Health, Safety & Environment, Department of Environmental Science, College of Basic Sciences and Modern Technologies, Electronic Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Ph.D. in Environmental Science, Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
3. Ph.D. in Environmental Science, Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Email: s_sobhan@iauh.ac.ir

Received: 14 July 2024, Accepted: 1 October 2024

ABSTRACT

Background: Since firefighting in high-rise buildings requires special equipment and expertise and is associated with many risks for residents and rescuers; the firefighting of these buildings has become one of the safety problems in megacities. Therefore, this study was conducted to identifying and ranking of critical factors affecting on fire safety in high-rise buildings in city of Karaj using the ANP-DEMATEL integrated approach.

Methods: In this descriptive study, six criteria including: 'firefighting regulations', 'fire safety training', 'policies and equipments management', 'review of previous incidents', 'attitudes of contractors in design and construction', as well as the 'speed of rescue operations' and 32 sub-criterias were identified from the similar studies and their screened using the Delphi technique. Then the criteria and sub-criteria of each criterion were subjected to pair wise comparisons and weighting. The internal relationships between the criteria were determined using DEMATEL technique; also, the final prioritization and weighting of the results were done using ANP and DEMATEL via the Super Decisions software. In so doing, 10 experts of Karaj Fire Protection Organization were selected in a non-probabilistic way to respond.

Results: Based on the results obtained, 'speed of rescue operations' criterion with a final weight of 0.222 had assigned the first priority among the others. On the other hand, 'policies and equipments management' criterion, as the most influential criterion, has had the most interaction with other criterias. Also, the 'attitudes of contractors in design and construction' criterion was recognized as the most effective criterion. This is despite the fact that 'not using low-quality and cheap materials with the aim of more profit' sub-criterion with a final weight of 0.061 had the first priority among the sub-criterias.

Conclusion: In conclusion, it can be acknowledged that in order to increase the speed of operations, it is better to have enough fire stations in different parts of the city, and at the same time, special routes for traffic in crowded city centers should be considered for fire engines. At the same time, it is necessary to use the latest equipment and technologies in the world regarding the fire extinguishing of high-rise buildings and make sufficient investment in this regard. At the same time, there should be sufficient supervision in the construction stages, including the design and use of fire-resistant materials.

Keywords: Fire safety, High-rise buildings, Speed of rescue operations, MCDM approach, Iran

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2025-06-07]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.422]