



## ارزیابی مهندسی ریسک حریق با استفاده از روش (FRAME) در یک مجتمع آموزشی

پروین سپهر<sup>۱</sup>، هادی آذریان<sup>۲</sup>، علی پورچنگیز<sup>۳</sup>، محبوبه اسحاقی<sup>۴</sup>\*

### چکیده

مقدمه: مطالعه حاضر، ریسک حریق را با استفاده از نرم‌افزار ارزیابی ریسک حریق برای مهندسين (FRAME) در یک مجتمع آموزشی مورد ارزیابی قرار داده و راهکارهای مؤثر جهت کاهش سطح ریسک و افزایش ایمنی پیشنهاد نمود.

روش بررسی: در این مطالعه کاربردی، ارزیابی ریسک حریق با استفاده از نرم‌افزار FRAME در سه جنبه ساختمان و محتویات، ساکنین و فعالیت‌ها به صورت جداگانه انجام شد. بر اساس معیارهایی از جمله کاربردی و منطقی بودن راهکارهای مداخله‌ای، سعی گردید بیش‌ترین سطح حفاظتی حریق را برای محیط آموزشی مورد مطالعه کسب نمود. داده‌های مورد نیاز از طریق بررسی و پایش شرایط مجتمع، مراجعه به مستندات و اندازه‌گیری پارامترها، پرسشنامه نظارتی، چک‌لیست و با توجه به اطلاعات مورد نیاز در دستورالعمل اجرایی FRAME جمع‌آوری گردید؛ سپس در نرم‌افزار FRAME مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: یافته‌های ارزیابی ریسک نشان داد سطح ریسک کلی مجتمع در دو بعد ساکنین ( $R=2/7$ ) و فعالیت‌ها ( $R=3/8$ ) در حد نامطلوب بوده است؛ البته بعضی از واحدها از جمله آزمایشگاه، کتابخانه و واحدهای پارتیشن‌بندی نیز در بعد ساختمان دارای ریسک بالا بوده‌اند ( $R>1$ ). با در نظر گرفتن بعضی از معیارها و عوامل مؤثر در نرم‌افزار، راهکارهای پیشگیرانه برای مداخله و بهبود شرایط ارائه شد. یافته‌های مطالعه نشان داد سطوح کلی ریسک با ارائه راهکارها در هر سه جنبه، کاهش چشمگیری داشته و به سطح مطلوب رسیده است ( $R<1$ ).

نتیجه‌گیری: یافته‌ها نشان داد نرم‌افزار FRAME قابلیت ارزیابی و تعیین سطح ریسک به صورت کمی را دارد و راهکارهای کنترلی مناسبی جهت بهبود ایمنی حریق ساختمان را با در نظر گرفتن تهدیدها و فرصت‌های موجود ارائه نماید.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی ریسک حریق برای مهندسين، سطح ریسک، محیط آموزشی

### مقاله پژوهشی



تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۱۵

### ارجاع:

سپهر پروین، آذریان هادی، پورچنگیز علی، اسحاقی محبوبه. ارزیابی مهندسی ریسک حریق با استفاده از روش (FRAME) در یک مجتمع آموزشی. بهداشت کار و ارتقاء سلامت ۱۳۹۹؛ ۴(۲): ۱۳۰-۱۴۲.

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی محیط کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> کارشناس، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران  
<sup>۳</sup> کارشناس، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران  
<sup>۴</sup> استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران  
 \* (نویسنده مسئول: Esaghij@gmail.com)



## مقدمه

حوادث مرتبط با آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از مسائل بحرانی با پیامدهای مخرب در ساختمان‌ها محسوب می‌شود که تهدیدی جدی را برای امنیت افراد، دارایی‌های، فعالیت‌ها و محیط‌زیست ایجاد می‌نماید (۱). بر اساس آمار حریق ایالات‌متحده آمریکا در سال ۲۰۱۱، ۱۳۸۹۵۰۰ آتش‌سوزی گزارش گردید که سبب ۳۰۰۵ مرگ، ۱۷۵۰۰ جراحت و ۱۱/۷ بیلیون دلار آسیب‌های مالی گردید که بیش‌تر در محیط‌های مسکونی رخ داده است (۲). بر اساس آمار منتشرشده در سال ۲۰۱۴، ۶۲ درصد از حوادث آتش‌سوزی در کانادا را آتش‌سوزی ساختمان تشکیل می‌دهد (۱). همچنین، در طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۹، موسسه حریق ایالات‌متحده گزارش نمود سالانه به‌طور متوسط ۱۸۳۰ حریق ساختمانی در مناطق مسکونی و محیط‌های درمانی اتفاق می‌افتد که به‌طور متوسط سبب ۶ مرگ، ۴۶ آسیب و ۸/۴ میلیون دلار خسارت می‌شود (۳).

طبق پایگاه داده (National Fire Incident Reporting System) NFIRS در سال ۲۰۱۶، ۴۷۵۵۰۰ حریق مرتبط با ساختمان در ایالات‌متحده آمریکا گزارش گردید که سبب ۲۹۵۰ مرگ، ۱۲۷۷۵ آسیب و ۷/۹ بیلیون دلار آسیب به دارایی‌ها گردید (۴). بر اساس اطلاعات این پایگاه، ۴۰۰۰ مورد آتش‌سوزی در محیط‌های آموزشی مدارس گزارش شد که سبب تخریب ۷۵ مورد ساختمان و ۶۶/۱ میلیون دلار آسیب مالی گردید (۵). همچنین، در طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۱، اداره آتش‌نشانی ایالات‌متحده، به‌طور متوسط ۴۹۸۰ حریق ساختمانی در محیط‌های آموزشی را به‌صورت سالانه گزارش نمود که به‌طور متوسط سبب یک مرگ، ۷۰ جراحت و ۷۰ میلیون دلار خسارت مستقیم به دارایی‌ها گردید. محیط‌های آموزشی در این مطالعه به ساختمان‌های دانشگاه، مراکز آموزش بزرگ‌سالان و مدارس اشاره دارد (۶).

آتش‌سوزی در محیط‌های آموزشی ازجمله مدارس کشور، مستبب مرگ و سوختگی ده‌ها معلم و دانش‌آموزان بوده است. یکی از بزرگ‌ترین حوادث آتش‌سوزی در محیط آموزشی

کشور، آتش‌سوزی در مدرسه‌ی دخترانه‌ی انقلاب اسلامی روستای شین‌آباد پیرانشهر (۱۳۹۱) است، این حادثه به دلیل رعایت نمودن استانداردهای فنی رخ داد، که منجر به فوت یک دانش‌آموز و سوختگی ۲۸ دانش‌آموزان دیگر شد. آتش‌سوزی در مدرسه‌ی روستای سفیلان در لردگان استان چهارمحال بختیاری (۱۳۸۳)، از دیگر مواردی است که منجر به سوختگی بالای ۴۰ درصد ۱۳ تن از دانش‌آموزان گردید. حادثه‌ی مشابه در مدرسه‌ی شهید رحیمی درودزن از شهرستان مرودشت در استان فارس (۱۳۸۵) رخ داد که منجر به سوختگی شدید ۸ دانش‌آموز دوم دبستان گردید. همچنین، آتش‌سوزی خوابگاه شبانه‌روزی در چاه رحمان استان سیستان و بلوچستان (۱۳۸۹) و دبیرستان شبانه‌روزی وابسته به دانشگاه چابهار (۱۳۹۰) نیز به ترتیب منجر به فوت یک و چهار دانش‌آموز گردید (۷). موارد ذکرشده، نمونه‌هایی از آتش‌سوزی ساختمان‌ها در محیط‌های آموزشی را بازگو می‌نماید؛ که پیامدهای بحرانی آن، نگران‌کننده و قابل تأمل می‌باشد.

با توجه به موارد ارائه‌شده، مبحث حریق به‌عنوان یکی از خطرات اصلی در کلیه‌ی ساختمان‌ها ازجمله در محیط‌های آموزشی محسوب می‌شود و حائز اهمیت می‌باشد. ضروری است پیشگیری، ارزیابی و حفاظت از حریق با استفاده از روش‌های مستمر و مدون موردبررسی قرار بگیرد و بیش از گذشته با مداخله‌ی جدی در این موضوع به دنبال راه‌کارهایی بود تا ضمن پیش‌گیری از بروز حریق در هنگام مواجهه با آتش‌سوزی غافل‌گیر نشده و میزان آسیب‌های جانی و خسارت‌های مالی را به‌طور محسوسی کاهش داد و امنیت بیش‌تری را برای حفظ جان افراد و دارایی‌ها فراهم نمود. با توجه به اهمیت موضوع، بایستی با توجه به الگوها و استانداردهای ملی و بین‌المللی، در این زمینه گام‌های برداشته شود. با استفاده از این الگوها و استانداردها، می‌توان مشخص نمود آیا پتانسیل بروز حریق در ساختمان مورد مطالعه وجود دارد و سطح ریسک حریق در محیط در چه سطحی می‌باشد.



از عملکرد ایمنی حریق، نیازمند ارائه راهکارهای مقبول می‌باشند (۱۱). مطالعات Sun و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد ارزیابی سطح ریسک حریق ساختمان‌ها دارای اهمیت می‌باشد و در اغلب ساختمان‌ها روش کارآمد و قابل اطمینان برای فرایند تخلیه‌ی ایمن افراد وجود ندارد (۱۴). بنابراین نیاز است با استفاده از روش‌های مناسب به ارزیابی ریسک حریق و ارائه اقدامات احتیاطی برای ایمن نمودن محیط پرداخت.

نرم‌افزار ( Fire Risk Assessment Method for Engineering) FRAME توسط یک مهندس سوئیسی (M Gretener) در اوایل دهه شصت میلادی باهدف ارزیابی ریسک حریق طراحی شد. این روش برای ارزیابی ریسک حریق توسط مهندسين پایه‌گذاری شد که امکان ارزیابی حریق نظام‌مند را بر اساس شدت ترکیب، احتمال وقوع و شدت حریق را امکان‌پذیر می‌سازد. در این روش، میزان ایمن بودن و حفاظت ساختمان برای محتویات و اموال آن، ساکنین و برای فعالیت‌هایی که در داخل ساختمان انجام می‌شود به‌طور جداگانه و با توجه به فاکتورهای اثرگذار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این روش می‌تواند برای ارزیابی ریسک‌های حریق در ساختمان‌های موجود، ساختمان‌های جدید و در هر فضای بسته مورد استفاده قرار بگیرد؛ به‌صورت کمی، عملی، جامع و شفاف میزان مطلوبیت حفاظت و اقدامات کنترلی برای دارایی‌هایی که در داخل ساختمان وجود دارد، فعالیت‌هایی که در داخل ساختمان انجام می‌شود و برای افراد که در داخل ساختمان ساکن می‌باشند را مشخص خواهد نمود (۱۵). یکی از مزایای روش مذکور، ارائه اطلاعات به‌صورت کمی و با دقت مناسب هست و از نظر زمان نیز تا حدودی مقرون‌به‌صرفه است. ارزیابی ریسک حریق به‌صورت کیفی برای اماکن کوچک و با پیچیدگی کم و در مواردی که احتمال حریق در آن‌ها کم باشد آسان می‌باشد و قادر به شرح کلی بوده و نتایج دقیقی را ارائه نخواهد داد. در مقابل روش‌های کمی برای ساخت‌وسازهای بزرگ‌تر و پیچیده‌تر مناسب می‌باشند. در این روش، مقادیر زیادی از داده‌ها نیاز بوده و محاسبات، دارای پیچیدگی بیشتری می‌باشد (۱۶-۱۷).

بر اساس مطالعات انجام‌شده، استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک به‌عنوان یکی از راهکارهای مؤثر در تعیین سطوح مختلف ریسک با توجه به خطرات با پتانسیل آسیب‌رسانی مطرح می‌باشند (۸). چارچوب مدیریت ریسک ISO 31000، ارزیابی و واکاوی ریسک و ارائه راهکارهای کنترلی ریسک را به‌عنوان یکی از عوامل مهم در مدیریت ایمنی تأکید می‌نماید. بنابراین، واکاوی ریسک به‌عنوان پایه‌ای برای مدیریت ریسک حریق قلمداد می‌شود (۹). درواقع، ارزیابی دقیق و جامع ریسک حریق یک فرایند نظام‌مند برای بررسی خطرات بالقوه و تخمین ریسک ناشی از این خطرات در ساختمان‌ها می‌باشد که می‌تواند ذی‌نفعان را با میزان سطح ریسک حریق آگاه سازد (۱۰) و در مورد سطح ریسک حریق قضاوت داشت و برای تعیین اینکه آیا باید اقدامات مناسب مدیریت ریسک را انجام داد، تصمیم‌گیری نمود.

تحقیقات زیادی در مورد ارزیابی ریسک حریق در ساختمان‌ها به‌خصوص در ساختمان‌های مسکونی صورت گرفته است (۹-۱۱). مطالعه‌ی Guanquan و همکاران (۲۰۰۸)، یک چارچوب ارزیابی ریسک برای ارزیابی خطر حریق ساختمان باهدف ایمنی جان افراد ارائه نمودند. در این مطالعه احتمال و پیامدهای مربوط به سناریوی حریق برای واکاوی سناریوهای احتمالی حریق با توجه به تأثیر سامانه‌های حفاظت حریق بر گسترش حریق استفاده گردید (۱۲). ارزیابی ریسک حریق با استفاده از روش مهندسی ایمنی حریق ساختمان توسط Wade و همکاران (۱۹۹۶) مطرح گردید. این روش به‌طور ترجیحی برای استفاده توسط افراد با دانش و باتجربه در زمینه‌ی رفتار حریق و ساختمان توسط موسسه پلی‌تکنیک Worcester در ایالات‌متحده طراحی گردید. اجزای اصلی این روش شامل ارزیابی احتمال وقوع آتش‌سوزی، احتمال توقف خودکار و احتمال توقف دستی توسط سامانه آتش‌نشانی بوده است (۱۳). با استفاده از این روش، ارزیابی اثربخشی راهکارهای کنترلی حریق موجود در ساختمان‌های بلند انجام شد و یافته‌ها نشان داد ساختمان‌های مورد مطالعه برای دستیابی به سطح مناسبی



در مجموع، هدف کلی از ارزیابی ریسک حریق، شناسایی و مشخص نمودن میزان سطح ریسک در ساختمان مورد مطالعه و ارائه‌ی اطلاعات به مدیریت، جهت تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی صحیح منابع و امکانات می‌باشد. با توجه به اهمیت محیط‌های آموزشی و وجود خطرات با پتانسیل ریسک بالا، مطالعه‌ی حاضر در نظر دارد با بررسی مهم‌ترین فاکتورهای اثرگذار در ایمنی حریق، ریسک حریق را به‌صورت کاربردی و با استفاده از نرم‌افزار FRAME در یک مجتمع آموزشی مورد ارزیابی قرار دهد. این مطالعه مشخص می‌نماید سطح کل ریسک حریق در محیط آموزشی مورد مطالعه به چه میزان می‌باشد و چه پیامدهایی را می‌توان انتظار داشت. درک صحیح از شرایط موجود و سطح ریسک، می‌تواند کمک نماید بر اساس مؤلفه‌های مطرح‌شده در نرم‌افزار، بیش‌ترین سطح حفاظتی را با ارائه‌ی راهکارهای عملی و منطقی برای محیط مورد مطالعه کسب نمود.

#### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به‌صورت مطالعه توصیفی- تحلیلی- مقطعی بوده که در نیمه دوم سال ۱۳۹۶ تا سه ماه اول ۱۳۹۷ در یک مجتمع آموزشی انجام‌شده است. در ابتدا یک بررسی میدانی از فضای مورد مطالعه صورت گرفت. کلیه‌ی واحدها و فضاهای این مجتمع از جمله آزمایشگاه‌های آموزشی و پژوهشی، کتابخانه، انبار مواد شیمیایی، انبارها، واحدهای تأسیساتی، اتاق‌های آموزشی و خدماتی جزء واحدهای مطالعه بوده است. سپس به بررسی و پایش شرایط محل مورد مطالعه از لحاظ تجهیزات ایمنی حریق پرداخته شد و میزان امکانات و بار حریق مورد بررسی قرار گرفت. در ارزیابی ریسک حریق در مجتمع آموزشی نیازمند داده‌های کافی از فضای مورد ارزیابی می‌باشد تا سطح ریسک مشخص گردد. جهت جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، پرسشنامه نظارتی و چک‌لیست با توجه به اطلاعات مورد نیاز در دستورالعمل اجرایی FRAME تدوین گردید. اطلاعات مورد نیاز سه حیطة زیر را شامل شده که هر یک دارای زیرمجموعه می‌باشند.

**الف- سؤالات مرتبط با ساختمان:** نوع کاربری ساختمان، موقعیت ساختمان (از لحاظ جغرافیایی و ساختمان‌های مجاور، کل زیربنای ساختمان، ارتفاع ساختمان و ساختمان از نظر بار ثابت حریق)، سیستم گرمایشی، منبع انرژی، وضعیت تأسیسات الکتریکی، امکانات خروجی و سایر موارد.

**ب- سؤالات مرتبط با فعالیت:** فعالیت اصلی، فرعی، موقت، دائم و سایر موارد که در محیط مورد مطالعه انجام می‌شود.

**ج- سؤالات مرتبط با ساکنین:** به خصوصیات افراد ساکن در فضای مورد مطالعه از جمله قابلیت تحرک افراد، تعداد افراد موجود در واحد (نفر)، تشکیلات آتش‌نشانی و سایر موارد اشاره دارد.

**جمع‌آوری داده‌ها:** فاکتورهای زیادی به‌عنوان داده‌های مطالعه در محاسبه سطح ریسک بایستی جمع‌آوری شوند. داده‌ها با حضور در واحدهای مورد مطالعه و استفاده از چک‌لیست جمع‌آوری گردید. داده‌ها از طریق مشاهده، مصاحبه، مراجعه به مستندات و مدارک موجود و اندازه‌گیری بعضی از پارامترها به دست آمد.

**واکاوی داده‌ها:** پس از جمع‌آوری و ثبت داده‌های مرتبط با ارزیابی ریسک حریق واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار FRAME انجام شد.

#### محاسبه ریسک کلی حریق برای اموال، افراد و فعالیت‌ها

با توجه به قابلیت نرم‌افزار، سه عامل ریسک بالقوه، سطح پذیرش ریسک و سطح حفاظت به‌صورت جداگانه محاسبه خواهند شد (جدول ۱). عامل  $P$ ، معرف پتانسیل ریسک بالقوه می‌باشد. سطح تماس با عناصری شامل منبع احتراق، مقدار ماده، محتوای ماده و اهمیت اقتصادی اندازه‌گیری می‌شود که در سطح ریسک قابل قبول،  $A$  تعریف می‌شود. عامل تأثیرگذار در سطح حفاظتی در سطح  $D$  تعریف می‌شود؛ این عامل، ترکیبی از عناصر حفاظتی مختلف مانند اطفای کلی آب، حفاظت ساختمان، روش‌های تشخیص و اعلام اطفای حریق،



جداگانه محاسبه گردید. با توجه به قابلیت نرم افزار، سه پارامتر ریسک بالقوه، سطح پذیرش ریسک و سطح حفاظت محاسبه خواهند شد (جدول ۱) تا سطح ریسک کلی حریق R مورد بررسی قرار بگیرد.

فراهم نمودن سامانه‌ی اطفای حریق دستی، تهیه‌ی سامانه‌ی خاموش‌کننده‌ی خودکار، تجهیزات عمومی و اختصاصی برای حریق، جداسازی فیزیکی برای ریسک و بازیافت می‌باشد. در این مطالعه، ساختمان سه طبقه می‌باشد؛ هر طبقه، به صورت

جدول ۱: معادلات و تعاریف ۴ فرمول پایه‌ای در ارزیابی سطح ریسک حریق با نرم افزار \*FRAME [15]

فعالیت‌ها	افراد	ساختمان و تجهیزات
سطح ریسک حریق	$R_1 = P_1 / (A_1 * D_1)$	$R = P / (A * D)$
پتانسیل ریسک	$P_1 = q * i * e * v * z$	$P = q * i * g * e * v * z$
ریسک قابل قبول	$A_2 = 1.6 - a - c - d$	$A = 1.6 - a - t - c$
سطح حفاظتی	$D_2 = W * N * S * Y$	$D = W * N * S * F$

q=بار حریق i=فاکتور گسترش g=فاکتور مساحت e=فاکتور سطح v=فاکتور تخلیه z=فاکتور دستیابی  
 a=فاکتور فعالیت t=فاکتور زمان تخلیه c=فاکتور مقدار (حجم)  
 W=ذخیره آب n=حفاظت نرمال s=حفاظت ویژه f=تحميل حریق  
 r=فاکتور محیط N=فاکتور حفاظتی طبیعی U=فاکتور فرار  
 d=فاکتور وابستگی Y=فاکتور بازیافت  
 \* موارد مشابه در فرمول‌ها تکرار نگردد.

### محاسبه سطح ریسک کلی حریق

یکی از اصول اصلی در این روش این است که در یک ساختمان با درجه حفاظت کافی بایستی توازن مناسبی بین تهدید و اقدامات حفاظتی وجود داشته باشد. با توجه به اینکه روش کمی بوده و نتایج به صورت عدد ارائه می‌شود می‌توان گفت زمانی که ارزش هر دو باهم برابر باشد یا اینکه نسبت "تهدید به حفاظت" به طور تقریبی برابر یا کمتر از ۱ باشد نشان‌دهنده این است اقدامات حفاظتی در وضعیت برابر یا بالاتر از ریسک بالقوه موجود می‌باشد و در نتیجه سطح ریسک قابل قبول و مطلوبی می‌باشد ( $R > 1$ ). هر چه این نسبت به سمت صفر نزدیک شود نشان می‌دهد ساختمان مورد مطالعه از لحاظ ایمنی حریق دارای وضعیت مطلوب‌تری می‌باشد. همچنین، مقادیر بالاتر نشان می‌دهد ( $R > 1$ ) وضعیت حفاظت و اقدامات ایمنی در مقایسه با سطح ریسک از کارایی و کفایت لازم برخوردار نمی‌باشند و سطح ریسک برای ساختمان قابل تحمل نخواهد بود. هرچه عدد به دست آمده از یک بیشتر باشد ایمنی حریق ساختمان در وضعیت نامطلوب‌تری می‌باشد.

### ارائه برنامه‌ها و راهکارهای مداخله‌ای و تعیین کارایی

پس از مشخص شدن سطح ریسک در سه حیطة مختلف برای مجتمع آموزشی مورد مطالعه، راهکارهای کاهش سطح ریسک مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در صورتی که سطح ریسک با در نظر گرفتن راهکارهای مداخله‌ای کمتر یا مساوی عدد یک باشد، نشان می‌دهد، سطح ریسک به حد قابل قبولی کاهش یافته است. در نتیجه اقدامات از کارایی لازم برای تأمین ایمنی مناسب برخوردار می‌باشند. در صورتی که سطح ریسک از عدد یک بالاتر شود به این معنا است که اقدامات پیشنهادی، فاقد کارایی لازم می‌باشند؛ هرچه سطح ریسک از عدد یک، بزرگ‌تر باشد، یعنی راهکارها فاقد کارایی می‌باشند.

### نتایج

مطالعه‌ی حاضر در یک محیط آموزشی انجام شده است. تعداد واحدهای مورد مطالعه، ۸۹ واحد بوده که در سه طبقه قرار گرفته است. سازه‌ی ساختمان، سازه‌ی بتونی و آجری با مقاومت ۱۲۰-۶۰ دقیقه و با قدمت ۴۰ سال، ساخت می‌باشد. تجهیزات برقی بر اساس استاندارد ملی برق می‌باشد؛ به طور دوره‌ای، بازرسی منظمی



واحد محاسبه گردید که سطح ریسک کلی و برخی از واحدهای مجتمع به صورت نمونه در جدول ۲ ارائه گردید. نتایج حاکی از آن است مقدار کل سطح ریسک برای ساکنین ( $R=2/7$ ) و فعالیت‌ها ( $R=3/8$ )، نامطلوب می‌باشد؛ این سطح، برای ساختمان و محتویات با سطح ریسک معادل  $0/85$ ، مطلوب بوده است. بر اساس یافته‌ها، بعضی از واحدهای مجتمع نظیر واحدهای کامپیوتر، پارتیشن‌بندی، آزمایشگاه، تأسیسات و کتابخانه در هر سه جنبه، دارای ریسک نامطلوب می‌باشند که در جدول ۱ ارائه شده است.

بر روی آن‌ها صورت نمی‌گیرد؛ همچنین، سامانه‌ی سرمایشی و گرمایشی مجتمع، کولرآبی و شوفاژ می‌باشد. تجهیزات ایمنی حریق در این مکان مورد مطالعه شامل خاموش‌کننده‌های پودر و گاز و نوع  $CO_2$  می‌باشد که از نظر تعداد به اندازه کافی در دسترس نمی‌باشند و به طور مرتب شارژ نمی‌شوند و مورد بازدید قرار نمی‌گیرند؛ همچنین، فایرباکس نیز وجود داشته که به دلایل تعمیرات و نگهداری ضعیف، در دسترس نمی‌باشد. میزان سطح ریسک برای ساختمان و محتویات، ساکنین و فعالیت در مجتمع آموزشی به دو صورت کل و منفرد برای هر

جدول ۲: سطح ریسک برای مجموعه‌ی مجتمع آموزشی مورد مطالعه به صورت کل و چند واحد به عنوان نمونه

فعالیت‌ها	افراد	ساختمان و محتویات	پارامترها	
۳/۸	۲/۷	۰/۸۵	مقدار ریسک R	کل مجتمع
۰/۱۷	۰/۹۹	۰/۲۲	ریسک بالقوه P	واحد کامپیوتر BI
۰/۱۰	۱/۱۷	۰/۸۷	سطح پذیرش A	
۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۹	سطح حفاظت D	
۴/۳۶	۲/۱۶	۰/۵۱	مقدار ریسک R	
۰/۳۵	۱/۶۴	۰/۴۷	ریسک بالقوه P	آزمایشگاه
۰/۱۰	۱/۱۹	۰/۹۸	سطح پذیرش A	
۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۹	سطح حفاظت D	
۸/۹۱	۳/۵۰	۱/۰۹	مقدار ریسک R	
۰/۲۶	۱/۳۷	۰/۳۶	ریسک بالقوه P	تأسیسات
۰/۲۵	۱/۲۷	۰/۹۷	سطح پذیرش A	
۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۶	سطح حفاظت D	
۲/۲۸	۲/۳۲	۰/۵۸	مقدار ریسک R	
۰/۴۳	۲/۱۹	۰/۵۸	ریسک بالقوه P	پارتیشن‌بندی طبقه دوم بلوک C
۰/۱۰	۱/۱۹	۰/۸۹	سطح پذیرش A	
۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۱	سطح حفاظت D	
۱۰/۸۶	۴/۶۴	۱/۵۷	مقدار ریسک R	
۰/۰۹	۱/۱۹	۰/۱۱	ریسک بالقوه P	اتاق C ۳۰۹
۰/۲۵	۱/۳۵	۱/۰۵	سطح پذیرش A	
۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۶۳	سطح حفاظت D	
۰/۶۴	۱/۵۶	۰/۱۷	مقدار ریسک R	
۱/۰۹	۱/۶۳	۱/۶۱	ریسک بالقوه P	کتابخانه
۰/۲۵	۱/۱۷	۰/۸۷	سطح پذیرش A	
۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۶۳	سطح حفاظت D	
۷/۷۵	۲/۴۷	۲/۹۴	مقدار ریسک R	



کاربردی و عملی بودن، پیشنهاد و مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۳). میزان اثربخشی راهکارها با محاسبه‌ی میزان سطح ریسک و مقدار تغییرات به‌دست‌آمده در مقایسه با مقادیر اولیه‌ی سطح ریسک مشخص گردید.

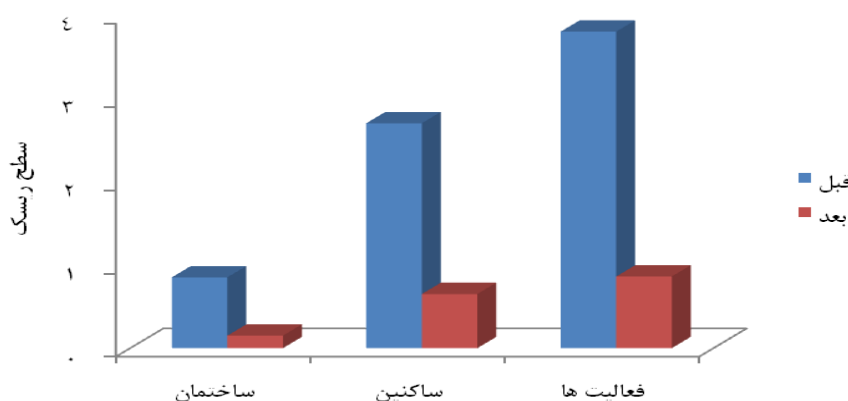
پس از مشخص شدن سطح ریسک در سه حیطة‌ی مختلف برای مجتمع آموزشی مورد مطالعه، ترکیبی از راهکارهای کنترلی برای کاهش سطح ریسک با لحاظ نمودن عوامل مؤثر بر محاسبه‌ی ریسک، فاکتورهای مؤثر در نرم‌افزار، امکان‌پذیری،

جدول ۳. پیشنهادهای کنترلی سامانه‌ی حریق در مجتمع مورد مطالعه

طبقه‌بندی راهکار	نوع راهکارهای ارائه شده
سرویس محافظ ساختمان	سامانه‌ی آلامر دستی برای اطلاع‌رسانی ساکنین و آتش‌نشانی
تجهیزات خاموش‌کننده دستی	تهیه خاموش‌کننده‌های دستی به تعداد کافی
تأمین آب برای اطفاء حریق	تأمین منبع آب برای ۴ ساعت از منبع اصلی مجتمع (چاه)
تشخیص حریق	تشخیص فردی برای مناطق کوچک حریق با آموزش تهیه و جاگذاری آشکارسازهای (Detectors) مناسب برای تشخیص حریق در مراحل اولیه آموزش تمامی افراد در مجتمع
آموزش و آگاهی	تدوین طرح مدون و مکتوب جهت تخلیه اضطراری با در نظر گرفتن استاندارد
تخلیه اضطراری	هماهنگی با ایستگاه آتش‌نشانی منطقه و حضور در مدت ۱۰ الی ۱۵ دقیقه
آتش‌نشانی	اجرای سامانه‌ی نت بر اساس چارچوب مشخص شده
نگهداری و تعمیرات (نت)	

داشته‌اند. نمودار ۱، نتایج سطح ریسک را برای ساختمان و محتویات، ساکنین و فعالیت‌ها را در دو حالت قبل و بعد از ارائه‌ی راهکارها به‌صورت کل نشان می‌دهد. بر اساس یافته‌ها، بعضی از واحدهای مجتمع نظیر واحدهای پارتیشن‌بندی، آزمایشگاه، و کتابخانه بعد از ارائه راهکارها در جنبه فعالیت، دارای سطح ریسک نامطلوب می‌باشند ( $R > 1$ ).

یافته‌های سطح ریسک به‌صورت کل و در برخی از واحدها، بعد از لحاظ نمودن راهکارهای کنترلی پیشنهادی، تأییدکننده‌ی میزان اثربخشی راهکارها می‌باشد (جدول ۴). نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد سطح ریسک در هر سه حیطة، به‌خصوص در ابعاد ساکنین ( $R = 0.65$ ) و فعالیت‌ها ( $R = 0.86$ ) که دارای سطح ریسک بیشتری بودند، کاهش فراوانی را



نمودار ۱: سطح ریسک قبل و بعد از ارائه راهکارها برای ساختمان و محتویات، ساکنین و فعالیت‌ها





جدول ۴: سطح ریسک برای مجموعه‌ی مجتمع آموزشی مورد مطالعه به صورت کل و چند واحد به عنوان نمونه

فعالیت	افراد	ساختمان و محتویات	پارامترها	
۰/۸۶	۰/۶۵	۰/۱۵	مقدار ریسک R	کل مجتمع
۰/۱۷	۰/۹۹	۰/۲۲	ریسک بالقوه P	
۰/۱۰	۱/۱۷	۰/۸۷	سطح پذیرش A	واحد کامپیوتر BI
۱/۷۹	۱/۸۸	۱/۸۹	سطح حفاظت D	
۰/۹۶	۰/۴۵	۰/۱۳	مقدار ریسک R	آزمایشگاه
۰/۳۵	۱/۶۴	۰/۴۷	ریسک بالقوه P	
۰/۱۰	۱/۱۹	۰/۸۹	سطح پذیرش A	
۱/۷۹	۱/۸۸	۱/۸۹	سطح حفاظت D	
۱/۹۷	۰/۷۴	۰/۲۸	مقدار ریسک R	تأسیسات
۰/۲۶	۱/۳۷	۰/۳۶	ریسک بالقوه P	
۰/۲۵	۱/۲۷	۰/۹۷	سطح پذیرش A	
۱/۷۹	۱/۷۰	۱/۸۹	سطح حفاظت D	
۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۱۹	مقدار ریسک R	پارتیشن بندی طبقه دوم بلوک C
۰/۴۳	۲/۱۹	۰/۵۸	ریسک بالقوه P	
۰/۱۰	۱/۱۹	۰/۸۹	سطح پذیرش A	
۱/۷۹	۱/۸۸	۱/۵۹	سطح حفاظت D	
۲/۴۰	۰/۹۸	۰/۴۱	مقدار ریسک R	اتاق C ۳۰۹
۰/۰۹	۱/۱۹	۰/۱۱	ریسک بالقوه P	
۰/۲۵	۱/۳۵	۱/۰۵	سطح پذیرش A	
۱/۷۹	۲/۰۷	۱/۸۹	سطح حفاظت D	
۰/۲۰	۰/۴۲	۰/۰۶	مقدار ریسک R	کتابخانه
۱/۰۹	۱/۶۳	۱/۶۱	ریسک بالقوه P	
۰/۲۵	۱/۱۷	۰/۸۷	سطح پذیرش A	
۱/۷۹	۲/۰۷	۱/۸۹	سطح حفاظت D	
۲/۴۴	۰/۶۷	۰/۹۹	مقدار ریسک R	

### بحث

مطالعه‌ی حاضر به بررسی کمی ارزیابی ریسک حریق به صورت کاربردی در یک محیط آموزشی با استفاده از نرم افزار FRAME پرداخته است. یافته‌های مطالعه نشان داد مقدار ریسک حریق برای بیشتر واحدهای مجتمع آموزشی در دو بعد ساکنین و فعالیت‌ها، نامطلوب بوده است. این سطح، برای ساختمان و محتویات، تا حدی مطلوب بوده است. هرچند، بعضی از واحدهای محیط آموزشی مانند واحدهای کامپیوتر، پارتیشن بندی، آزمایشگاه، تأسیسات و کتابخانه، دارای ریسک

نامطلوب از بعد ساختمان و محتویات بوده‌اند. گزارش‌های حریق با پیامدهای متعدد نیز نشان داد علاوه بر خسارت‌های جزئی و عمده و وقفه در فعالیت‌ها، بیشتر حریق‌ها، پیامدهای جانی نیز برای ساکنین به دنبال خواهند داشت که اهمیت در نظر گرفتن ریسک حریق برای فعالیت‌ها و افراد را تأکید می‌نماید (۱۸). زیرا، برای ساکنین، شروع هرگونه حریق به عنوان یک تهدید پرخطر و بدترین حالت محسوب می‌شود؛ هم‌چنین برای فعالیت‌ها نیز یک آتش‌سوزی که به هر چیزی خسارت وارد نماید، حتی بدون





تخریب کامل، به‌عنوان بیشترین ضرر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، برای افزایش دقت مطالعه و ارزیابی ریسک بهتر است محاسبات ارزیابی ریسک در هر ساختمان به‌طور جداگانه در سه جنبه مختلف شامل دارایی‌ها (ساختمان و محتوا)، ساکنین و فعالیت‌هایی که در داخل ساختمان انجام شود و سطح ریسک در هر سه حیطه مشخص گردد تا بتوان راهکارهایی فراخور آن در نظر گرفت (۱۹) که مطالعه حاضر گامی در این راستا بوده است. یافته‌های مطالعه نشان می‌دهد سطح ریسک در دو بعد ساکنین و فعالیت‌ها، نایمن و غیر مطلوب می‌باشد ( $R > 1$ )؛ دلایل سطح ریسک بالا در محیط آموزشی مورد مطالعه را می‌توان به فضای کم و تجمع زیاد افراد در یک مکان نسبت به استاندارد دانست؛ پارتیشن‌بندی غیراصولی برای افزایش فضای کاربری در ساختمان اشاره نمود که تأثیر نامطلوبی بر سطح کل ریسک داشته است. نبود برنامه‌ی مدون برای سامانه‌ی نگهداری و تعمیرات (نت)، ازجمله توجه ننمودن به بازدیدهای دوره‌ای، مستهلک شدن تجهیزات و تعویض نمودن تأسیسات الکتریکی و تجهیزات اعلام و اطفای حریق مستهلک و غیر قابل‌استفاده از مسائل مهم در سطوح ریسک بالای مجتمع می‌باشد. کمبود تجهیزات ازجمله تجهیزات اطفای حریق نظیر خاموش‌کننده‌های دستی، نبود تشخیص خودکار حریق و سامانه‌ی اعلام حریق، به‌خصوص در محیط‌های با ریسک بالا ازجمله آزمایشگاه‌ها را می‌توان ذکر نمود. نبود ساختار منظم آموزشی و برنامه‌های مدون برای تخلیه نیز تأثیر محسوسی بر ریسک نامطلوب داشته است. ساختمان و محتویات آن به علت مصالح به‌کاررفته، مقاومت نسبی ۶۰ دقیقه نسبت به حریق، بار کم ثابت و متحرک حریق سبب گردید تا سطح کل ریسک در مجتمع به‌صورت مطلوب باشد؛ هرچند واحدهایی نظیر آزمایشگاه و کتابخانه به علت داشتن بار حریق بالا، موقعیت نامناسب واحدها نسبت به مسیرهای خروجی، وجود مواد قابل اشتعال، کمبود تجهیزات اعلام و اطفای حریق از سطح نامطلوبی برخوردار بوده‌اند.

مطالعه‌ی یاراحمدی و همکاران (۲۰۰۹) در "بررسی و ارزیابی عملکرد مقررات ملی ساختمان با رویکرد ایمنی حریق

در بخش‌های بستری یک بیمارستان"، نشان داد میزان سطح ریسک در کلیه واحدهای مورد مطالعه بیشتر از یک بود؛ به این معنا است حداقل ایمنی قابل قبول برای محیط مورد مطالعه تأمین نشده که حاکی از ضعف اجرای قوانین و دستورالعمل‌های استاندارد در محیط‌های درمانی می‌باشد. بنابراین بایستی از راهکارهای مختلف برای بهبود شرایط ایمنی حریق محیط درمانی مورد مطالعه استفاده نمود (۲۰). مطالعه‌ی شیرالی و همکاران (۱۳۹۴) باهدف تعیین سطح ریسک حریق در یک نیروگاه حرارتی و ارائه استراتژی‌های حفاظتی کاربردی نشان داد، استفاده از روش ارزیابی ریسک به‌صورت کمی در طراحی و اجرای سامانه‌های حفاظت حریق می‌تواند به‌عنوان ابزار مناسبی برای افزایش کارایی ایمنی ساختمان مطرح باشد. استفاده از این روش، علاوه بر ارزیابی ریسک می‌تواند با مشخص نمودن نقاط ضعف و قوت سامانه‌های موجود، راهکارهای کنترلی مناسب‌تر و کارآمدتری را جهت پیشگیری، کنترل، مقابله و کاهش پیامدها و بهبود مدیریت حریق در ساختمان‌ها ارائه نماید (۲۱). مطالعه‌ی حاضر نیز نشان داد استفاده از ارزیابی ریسک می‌تواند در برآورد کمی سطح ریسک کمک کند تا مدیریت، درک صحیحی از شرایط موجود را داشته باشد. همچنین، در برآورد میزان کاهش سطح ریسک، راهکارهای مداخله‌ای می‌تواند برای تصمیم‌گیری مؤثر باشد.

یکی از اصول مهم شش‌گانه در روش ارزیابی ریسک حریق FRAME، حفظ تعادل بین تهدید حریق و حفاظت از حریق است که انتظار می‌رود با توجه به سطح حریق مشخص‌شده، ارزش محتویات و شرایط اقتصادی مورد توجه قرار بگیرد. این امر با استفاده از روش‌های کنترلی مهندسی و تخصیص منطقی منابع، امکان‌پذیر می‌باشد (۲۲) و می‌توان حفاظت قابل قبولی را در هر سه سطح (محتویات، افراد و فعالیت‌ها) فراهم نمود (۲۳-۲۴). مطالعه‌ی حریق انبار Sofa Super در Charleston (۲۰۰۷) با استفاده از نرم‌افزار FRAME مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس داده‌های خروجی، راهکارهای حفاظتی اثربخش شامل جداسازی مناطق پر ریسک، استفاده از



درب‌های ضد حریق، افزایش ظرفیت خروج به میزان ۵۰ درصد، نصب سامانه‌ی اعلام حریق خودکار متصل به آتش‌نشانی منطقه بر اساس استاندارد NFPA 72، خاموش‌کننده‌های دستی بر اساس استاندارد NFPA 10 و سیستم هوزفاير بر اساس استاندارد NFPA 14 ارائه گردید (۱۹). در مطالعه‌ی حاضر نیز، راهکارهای متنوع حفاظتی با در نظر گرفتن امکان‌پذیری و قابلیت اجرایی بر اساس الزامات NFPA در محیط‌های آموزشی ارائه گردید (۲۵)؛ راهکارها شامل وجود طرح تخلیه همراه با برگزاری مانور، بررسی روزانه‌ی راه‌های خروجی، سامانه‌های اعلام حریق، دسترسی به آتش‌نشانی و مواد اطفاء‌کننده می‌باشد. واکاوی اثربخشی راهکارها مطالعه‌ی حاضر نشان داد میزان سطح ریسک در هر سه بعد به حد مطلوبی کاهش یافته است؛ این یافته تائید می‌کند راهکارهای اشاره‌شده به‌عنوان راهکارهای مناسب برای مجتمع مورد مطالعه می‌باشند. هرچند باید توجه نمود علیرغم استفاده از راهکارهای مختلف در برخی از واحدها از جمله کتابخانه و آزمایشگاه سطح ریسک حریق از حد استاندارد بالاتر بوده و نیاز است با استفاده از سامانه اعلام و اطفای حریق به‌صورت اتوماتیک مانند استفاده از سیستم اسپرینکلر به حد مطلوبی از ریسک دست‌یافت که نیاز است مورد توجه قرار بگیرد.

یکی از محدودیت‌های مطالعه‌ی حاضر، ارائه‌ی راهکارهای کنترلی مختلف بدون در نظر گرفتن منافع ناشی از آن بوده است. درحالی‌که، در ارائه‌ی راهکارها بایستی به محدود نمودن پیامدها به‌داری‌ها، نبود مرگ‌ومیر و برگشت به حالت طبیعی با کم‌ترین زمان و هزینه ممکن توجه نمود. بنابراین در مطالعات آتی، پیشنهاد می‌گردد هزینه‌های مربوط به اقدامات حفاظتی در مقایسه با کاهش سطوح ریسک در راهکارهای مختلف مورد بررسی قرار بگیرد؛ تا برای مدیریت نیز جهت سرمایه‌گذاری اصولی و منطقی قابل توجه باشد. این امر کمک می‌نماید تا ضمن برآورد دقیق هزینه‌های ناشی از استقرار و انجام راهکارهای کنترلی، میزان هزینه‌ی مورد نیاز را نیز به‌دست‌آمده آورد. منطقی است راهکارهایی مدنظر قرار خواهند

گرفت که میزان هزینه برای سرمایه‌گذاری در مقابل سطح ریسک مطلوب و ایمن‌تری را برای مجتمع به‌ارمغان بیاورند. برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود از سایر روش‌های ارزیابی ریسک از جمله روش فرانک و مورگان (Frank & Morgan) برای رتبه‌بندی واحدها استفاده گردد. استفاده از این روش، سبب می‌گردد ضمن مشخص نمودن واحدهای با رتبه‌ی بالاتر در اختصاص دادن بودجه و ارائه‌ی راهکارها، واحدهای با ریسک بیشتر را به ترتیب انتخاب نمود و راهکارها تا حد امکان جهت کاهش سطح ریسک اجرا گردند.

### نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت ایمنی در محیط‌های آموزشی و پیامدهای زیان‌بار ناشی از آن، بررسی سطح ریسک حریق، واکاوی تهدیدها و نواقص موجود و ارائه‌ی راهکارهای فراخور آن مطابق با استانداردهای بین‌المللی الزامی می‌باشد. در همین راستا، مطالعه‌ی حاضر به ارائه‌ی یک روش کمی برای ارزیابی ریسک حریق در یک مجتمع آموزشی پرداخته است که سطح ریسک را در سه بعد از ساختمان و محتویات، ساکنین و فعالیت‌ها به‌صورت کلان مشخص نمود. یافته‌ها حاکی از بالا بودن سطح ریسک حریق، به‌خصوص در دو بعد ساکنین و فعالیت‌ها در محیط آموزشی بوده است. بعد از مشخص شدن سطح ریسک، راهکارهای متنوع بر اساس معیارهایی از جمله امکان‌پذیری و قابلیت اجرایی پیشنهاد گردیدند؛ واکاوی راهکارها نشان داد سطح کل ریسک در هر سه جنبه به حد قابل قبولی کاهش یافته است. یافته‌های مطالعه نشان داد نرم‌افزار FRAME علاوه بر ارزیابی و تعیین سطح ریسک، می‌تواند تهدیدها و فرصت‌های موجود در سامانه را مشخص و در نتیجه، راهکارهای کنترلی مناسبی جهت بهبود ایمنی ساختمان در محث حریق ارائه نماید.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی به شماره "۹۶۰۰۶۵۹" و با کد اخلاق "IR.KMU.REC.1396.1951" می‌باشد که با حمایت مالی کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی کرمان اجرا گردیده است. از کلیه کارکنان و





جمع آوری داده: پ.س، ه. آ، ع.پ، م. ا

تحلیل داده: پ.س، ه. آ، ع.پ، م. ا

### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌نمایند که هیچ‌گونه تضاد منافی در این تحقیق وجود ندارد.

همکاران محترم دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کرمان که در روند انجام پژوهش همکاری داشته‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

### مشارکت نویسندگان:

طراحی پژوهش: پ.س، ه. آ، ع.پ، م. ا  
نگارش و اصلاح مقاله: پ.س، ه. آ، ع.پ، م. ا

### منابع

- Ouache R, Ruparathna R, Sadiq R, Hewage K. Fire risk assessment model for residential buildings using bow-tie method. The University of British Columbia; 2018.
- Meacham BJ. An overview of approaches and resources for building fire risk assessment. Fire Prot Eng. 2013;3.
- Ahrens M. Structure fires in residential board and care facilities. National Fire Protection Association. 2016.
- FEMA. School building fires (2009-2011). U.S. Department of Homeland Security, Emmitsburg, Maryland. U.S. Fire Administration National Fire Data Center; 2014.
- Campbell R. Structure fires in educational properties. National Fire Protection Association, Fire Analysis and Research Division; 2013.
- Nejati MH. The Fire History In Iran. Khabar Online. 2018.
- Gillett JE. Rapid fire risk assessment. fire Saf Eng. 1994;1:18.
- Xin J, Huang C. Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management. Fire Saf J. 2013;62:72-8.
- Li Sy, Tao G, Zhang Lj. Fire risk assessment of high-rise buildings based on gray-FAHP mathematical model. Procedia Eng. 2018;211:395402.
- Cowlard A, Bittern A, Abecassis-Empis C, Torero J. Fire safety design for tall buildings. Procedia Eng. 2013;62:169-81.
- Guanquan C, Jinhua S. Quantitative assessment of building fire risk to life safety. Risk Ana Int J. 2008;28(3):615-25.
- Wade C, Whiting P. Fire risk assessment using the building fire safety engineering method. J Fire Protect Eng. 1996;8(4):157-67.
- Sun X-q, Luo M-c. Fire risk assessment for super high-rise buildings. Procedia Eng 2014; 71: 492-501.
- Smet ED. Fire risk assessment method for engineering- risk calculation and fire safety. In: FRAME, editor. 2018, October cited, Online. [http:// www. framemethodnet/ indexenhtml](http://www.framemethodnet/indexenhtml).





16. Hadjisophocleous GV, Fu Z. Literature review of fire risk assessment methodologic. *Int J Eng Perform Based Fire Codes*. 2004; 6(1):28-45.
17. Chuvieco E, Aguado I, Yebra M, Nieto H, Salas J, Martín MP, et al. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecol Modell*. 2010 ; 221(1):6-58.
18. Ng MY. Fire risk analysis of the airport terminals. *Int J Eng Perform Based Fire Codes*. 2003;5(4):103-7.
19. FRAME. FRAME study of the sofa super store fire - charleston SC; 2007.
20. Yarahmadi R, Gholizade A, Jafari MJ, Kohpaei A, Mahdinia M. Performance assessment and analysis of national building codes with fire safety in all wards of a hospital. *Iran Occup Health*. 2009;6(1):27-36.
1. Shirali GA, Yarahmadi R, Kazemi E. Determining the risk of fire by engineering approach and provide practical protection strategies in a thermal power plant. *Iran Occup Health*. 2015; 12(4):75-82.
22. Moshashaei P, Alizadeh SS. Fire Risk Assessment: A Systematic Review of the Methodology and Functional Areas. *Iranian J Health Saf Environ*. 2012;4(1):654-69.
23. Hartzell GE. Engineering analysis of hazards to life safety in fires: the fire effluent toxicity component. *Saf Sci*. 2001;38(2):147-55.
24. Chu G, Sun J. Decision analysis on fire safety design based on evaluating building fire risk to life. *Saf Sci*. 2008;46(7):1125-36.
25. NFPA. School fire safety.. <https://www.nfpa.org/Public-Education/By-topic/Property-type-and-vehicles/School-fires>. 2018





## Fire Risk Assessment in an Educational Environment using the Fire Risk Assessment Method for Engineers (FRAME)

Parvin SEPEHR<sup>1</sup>, Hadi AZARIAN<sup>2</sup>, Ali POURCHANGIZ<sup>3</sup>, Mahboobeh ESHAGHI<sup>4\*</sup>

### Abstract

### Original Article



Received: 2020/03/04

Accepted: 2020/07/05

#### Citation:

SEPEHR P, AZARIAN H, POURCHANGIZ A, ESHAGHI M. Fire Risk Assessment in an Educational Environment using the Fire Risk Assessment Method for Engineers (FRAME). Occupational Hygiene and Health Promotion 2020; 4(2): 130-142.

**Background and Aim:** This study tries to assess the risk level of fire in an educational environment by FRAME software in a practical method. Then, some effective strategies were proposed to reduce the risk level of fire and secure the environment as much as possible.

**Methods:** In this practical study, the fire risk assessment was carried out in an educational environment by Fire Risk Assessment Method for Engineers (FRAME); this risk assessment was done in three sections including building and contents, residents and activities. It was tried to gain the highest fire security for the educational environment by using practical and logical control measures. Required data was gathered by studying and monitoring the situation, observation, interview, referring to available documents and measuring some parameters, regulatory inventory and checklist according to the requirements of the FRAME executive instruction. The calculation was done by FRAME software.

**Results:** The results showed the risk levels of fire for the educational environment were unacceptable in residents ( $R=2.7$ ) and activities ( $R=3.8$ ) sections; although some parts such as laboratories, libraries and partitioning parts in the building section had a high-risk level ( $R > 1$ ). Some preventive measures were recommended for reducing the risk level of fire and improving the security of situation by considering some effective factors; the results showed a significant reduction in the risk level of fire in all three sections within the acceptable level ( $R < 1$ ).

**Conclusion:** The results showed that the FRAME method can assess and determine the quantity of risk level and provide suitable controlling methods to improve the security of fire in the educational environment by considering the opportunities and challenges of the existing environment.

**Keywords:** Fire Risk Assessment Method for Engineers, Risk Level, Educational Environment

<sup>1</sup> PHD Student, Department of Occupational Health engineering, school of Health and safety, shahid Beheshti University of Medical Sciences, tehran, Iran

<sup>2</sup> Bachelor, Department of Occupational Health, school of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

<sup>3</sup> Bachelor, Department of Occupational Health, school of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

\*(Corresponding author: esaghij@gmail.com)