Journal of Military Medicine
2021, Volume 23, Issue 5
Pages: 424-434
10.30491/JMM.23.5.424

Fire Pathology in a Military Hospital Using the FRAME Technique

Hazhir Kurd [1], Firouz Valipour [2*], Vida Zaroushani [3,4], Gholamhossein Pourtaghi [5], Zahra Malmir [6]

[1] *Department of Occupational Health and Safety Engineering, student Research Committee, School of Public Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran*
[2] *Department of Occupational Health, School of Public Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[3] *Department of Occupational Health, School of Public Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran*
[4] *Social Determinants of Health Research Center, Research Institute for Prevention of Non-Communicable Disease, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran*
[5] *Military Health Research Center, Lifestyle Research Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*
[6] *Department of Speech Therapy, School of Rehabilitation, Tehran University of Medical Sciences, Iran*

Received: 4 March 2021 **Accepted:** 10 August 2021

Abstract

Background and Aim: Hospitals are One of the vital and sensitive places as well as practical that maintaining their function in normal conditions and in times of crisis is one of the biggest concerns of health system managers. By using the principles of fire safety, hospitals' vulnerability can be reduced. Fire is one of the risks that can lead to many human and financial losses as well as disruption of hospital performance. Fire risk assessment is a more effective way to assess the vulnerability, capacity and capability of the hospital. The aim of this study was to evaluate the risk of fire in one of the hospitals in Tehran to analyze the vulnerability of these uses.

Methods: This cross-sectional study was performed by using the Fire Risk Assessment Method for Engineers (FRAME) in the hospital building of a military hospital. Fire risk was calculated using the formulas of the mentioned method in EXCEL software. Factors influencing the level of risk obtained were identified and evaluated.

Results: The level of fire risk for residents in all units was higher than one. Level factor, fire load factor and normal protection factor were identified as effective factors that result in the existing fire risk level.

Conclusion: The numerical value of the risk for the residents was at an unfavorable level. The results of this study showed that the use of FRAME method in assessing the risk of health facilities such as hospitals, by determining the strengths and weaknesses of the assessed locations, the possibility of identifying effective factors to predict and prevent accidents and maintain the performance of these centers at times. Be sensitive to such man-made or natural emergencies.

Keywords: Risk assessment, FRAME, Fire, Hospital, Risk reduction.

*Corresponding author: **Firouz Valipour,** Email: firouzvalipour@gmail.com

مجله طب نظامی
دوره ۲۳، شماره ۵، مرداد ۱۴۰۰
صفحات: ۴۳۴-۴۲۴
10.30491/JMM.23.5.424

آسیب‌شناسی حریق در یک بیمارستان نظامی با استفاده از تکنیک FRAME

هژیر کرد[۱]، فیروز ولی‌پور[۲*]، ویدا زراوشانی[۳،۴]، غلامحسین پورتقی[۵]، زهرا مالمیر[۶]

[۱] گروه بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
[۲] گروه بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۳] گروه بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
[۴] مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، پژوهشکده پیشگیری از بیماریهای غیر واگیر، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
[۵] مرکز تحقیقات بهداشت نظامی، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران
[۶] گروه گفتار درمانی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: یکی از اماکن حیاتی و حساس و همچنین کاربردی که حفظ عملکرد آن‌ها در شرایط عادی و زمان وقوع بحران از بزرگترین دغدغه‌های مدیران نظام سلامت به شمار می‌آید؛ بیمارستان‌ها می‌باشند. با بهره‌گیری از اصول و مبانی ایمنی حریق می‌توان میزان آسیب‌پذیری آن‌ها را کاهش داد. حریق یکی از ریسک‌هایی است که می‌تواند منجر به خسارت‌های جانی و مالی فراوان و همچنین اختلال در عملکرد بیمارستان گردد. ارزیابی خطر آتش‌سوزی، روش مؤثرتری جهت ارزیابی آسیب‌پذیری، ظرفیت و توانمندی بیمارستان می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی خطر آتش‌سوزی در یکی از بیمارستان‌های شهر تهران جهت تحلیل آسیب‌پذیری این کاربری‌ها انجام گردید.

روش‌ها: این مطالعه به صورت مقطعی با استفاده از روش ارزیابی خطر آتش‌سوزی برای مهندسین (FRAME) در ساختمان بستری یک بیمارستان نظامی انجام گرفت. خطر آتش‌سوزی با استفاده از فرمول‌های روش مذکور در نرم افزار EXCEL محاسبه گردیدند. فاکتورهای موثر در سطح ریسک به دست آمده شناسایی و ارزیابی شدند.

یافته‌ها: سطح ریسک حریق برای ساکنین در کلیه واحدها بالاتر از یک به دست آمد. فاکتور ارتفاع، فاکتور بار حریق، فاکتور حفاظت نرمال به عنوان فاکتورهای موثر بر سطح ریسک حریق موجود شناسایی گردیدند.

نتیجه‌گیری: مقدار عددی ریسک برای ساکنین در تراز نامطلوب قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از روش FRAME در ارزیابی خطر تسهیلات سلامت مانند بیمارستان، با تعیین نقاط ضعف و قوت مکان‌های مورد ارزیابی، امکان شناسایی عوامل مؤثر در جهت پیش‌بینی و پیشگیری از وقوع حوادث ناگوار و حفظ و تداوم عملکرد این مراکز در زمان‌های حساس از جمله شرایط اضطراری انسان‌ساز و یا طبیعی شود.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی خطر، FRAME، آتش سوزی، بیمارستان، کاهش خطر.

*نویسنده مسئول: **فیروز ولی‌پور.** پست الکترونیک: firouzvalipour@gmail.com
دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۱۹

مقدمه

وقوع جنگ‌های مکرر و گوناگون در طول تاریخ بشریت و تجارب کشورمان در این زمینه دردهه‌های اخیر نیز نشان می‌دهد که روش دشمن برپایه هدف قرار دادن افراد غیرنظامی است که در این میان، ساختمان‌های موجود در شهرها به طرق مختلف مورد آسیب ناشی از حملات قرار می‌گیرند و همین باعث آسیب دیدن ساختمان‌ها و افزایش تلفات انسانی می‌گردد (۱،۲). به دلیل موقعیت استراتژیک کشورمان و هم‌چنین قرارگیری در معرض انواع بحران‌ها و سوانح طبیعی، آمادگی پیش از وقوع بحران و مدیریت مناسب در زمان وقوع بسیار حائز اهمیت می‌باشد (۳). تأسیسات شهری که قسمتی از آن‌ها زیرساخت‌های حیاتی و حساس کشور و سرمایه‌های ملی هستند و بخش دیگر مراکز تولید، توزیع و یا ارائه خدمات مانند مراکز بهداشتی و درمانی، آتش‌نشانی و ... ازجمله فضاهای عمومی خدماتی و راهبردی هستند که کمتر مورد پژوهش واقع شده‌اند (۴). در مواقع وقوع بحران و تهدید بیمارستان‌ها به عنوان یکی از اماکن حیاتی و حساس و همچنین کاربردی می‌تواند با قابلیت دومنظوره مکانی امن برای اسکان در نظر گرفته شوند. با توجه به حضور نفرات مجرب و وجود امکانات مربوط به ارائه خدمات درمانی تخصصی در بیمارستان‌ها این اماکن یکی از اجزای مهم فرآیند پاسخ به حوادث غیرمترقبه تلقی می‌شوند و رسالت آن‌ها مراقبت و نگهداری حیات و سلامت مصدومین می‌باشد (۵). حفظ عملکرد بیمارستان‌ها و مراکز درمانی در شرایط وقوع بحران، یکی از دغدغه‌های مهم مدیران نظام سلامت می‌باشد که می‌توان با آسیب‌شناسی آن‌ها از منظرهای مختلف، میزان آسیب‌پذیری‌شان را کاهش گام مؤثری در کاهش خطرات بحران‌ها به ویژه بحران‌های انسان‌ساز برای این نوع کاربری می‌توان انجام داد. این اماکن باید قادر باشند در زمان وقوع بحران (طبیعی، انسان‌ساز) از جمله آتش‌سوزی به عملکرد خود ادامه دهند. طراحی و ساخت این اماکن باید طوری باشد که ضمن حفظ سلامت کارکنان، مراجعین، تجهیزات و اموال، عملکرد عادی خود را حفظ کرده و توان پاسخگویی به تعداد زیادی از مراجعین و مصدومین ناشی از بحران را داشته باشند. بنابراین، لازم است ضمن انجام ارزیابی‌های مختلف بر پایه روش‌های علمی با تدوین برنامه در جهت پیشگیری و تطبیق سریع و مناسب با تغییرات ناگهانی در حیطه‌های گوناگون تقویت شده و از آمادگی لازم در برابر بحران‌های احتمالی از جمله حریق برخوردار باشند (۴،۶،۷). شناسایی مخاطرات و ارزیابی‌های ایمنی مراکز درمانی و بیمارستان‌ها موضوع بسیار مهمی می‌باشد (۸). جوامع بشری سالانه خسارت‌های جانی، مالی و زیست‌محیطی زیادی را در اثر وقوع حریق در ساختمان‌های مسکونی، مجتمع‌های تجاری، بیمارستان‌ها و صنایع کوچک و بزرگ متقبل می‌گردند (۹،۱۰) که طبق آمار، حدود نصف تلفات ناشی از آتش‌سوزی مربوط به ساختمان‌ها می‌باشد (۱۱). بررسی حوادث گذشته نشان می‌دهد معمولا حریق‌های بزرگ برای اولین‌بار و بدون پیش‌آگهی ملموسی روی می‌دهد (۱۲). بیمارستان‌ها به عنوان مکان‌هایی که اغلب براساس قوانین و مقررات ملی کنترل می‌شوند به دلیل اینکه اعتقاد مردم بر این است که مسئولیت مراقبت از بیماران بر عهده دولت می‌باشد، حساسیت بسیار بیشتری پیدا می‌کنند و از این جهت می‌توان آن‌ها را در طبقه مراکز حساس و مهم به شمار آورد. طبق اطلاعات منتشر شده توسط سازمان ملی حفاظت از حریق در سال ۲۰۰۵، در سراسر جهان به طور متوسط سالانه بیش از ۸۰۰۰ حریق در آن‌ها رخ می‌دهد (۸،۱۳،۱۴). در بیمارستان‌ها استفاده روزافزون از انرژی‌های نو و انواع مواد قابل اشتعال از یک سو، بیماران بستری و مراجعه‌کنندگان به این گونه اماکن که اغلب از محدودیت‌های جسمانی و حرکتی دارند از سوی دیگر، لزوم توجه جدی به ایمنی حریق در این مراکز را بیش از پیش مطرح می‌سازد (۱۵) و از آنجاکه مطالعات مختلف نشانگر این است که خسارات و مرگ و میر بالایی در حوادث حریق در بیمارستان‌ها به بار می‌آید که دلیل آن آسیب‌پذیری نسبتا بالا و توانایی پایین ساکنان آن‌ها است (۱۶)، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش‌روی طراحان و کاربران بخش‌های درمانی ایمنی حریق می‌باشد (۱۷). در خصوص بررسی وضعیت ایمنی بیمارستان‌ها مطالعات داخلی و خارجی صورت گرفته است طوری که در مطالعه Lari و همکاران بر روی بیمارستان‌های وابسته به تامین اجتماعی شهر تهران سطح ایمنی بیمارستان در سطحی ضعیف و نیازمند اقدامات فوری برای حمایت از جان بیماران و پرسنل قرار گرفت (۱۸). همچنین کیمبرلی و همکاران در بررسی آمادگی بیمارستانهای ایالت ویرجینیا در برابر حوادث و بلایا، جایگزین شدن تجهیزات موجود با انواع دارای ایمنی بالاتر را پیشنهاد دادند (۱۹). سازمان بهداشت جهانی در پیامی مبنی بر حفاظت از بیمارستان‌ها در حوادث و بلایا به این نکته اشاره دارد که، با توجه به حضور افراد آسیب‌پذیر، کم‌توان و ارائه خدمات بیمارستانی به‌صورت ۲۴ ساعت در تمام روزهای هفته، این مکان‌ها در زمان بروز حوادث به‌راحتی قابل تخلیه نمی‌باشند (۲۰). به همین جهت این موضوع اهمیت بیمارستان‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین پایه‌ی نظام سلامت در مرحله‌ی پاسخ به مخاطرات نشان می‌دهد که باید در برابر حوادث ایمن و مقاوم باشند (۲۱). در تصمیم‌گیری‌های کلان ملی و شهرسازی نیز اصل حفاظت جان انسان و محیط زندگی انسانی می‌بایست به عنوان یک استراتژی مدنظر قرار گیرد (۲۲). مطالعات نشان می‌دهد تمامی خسارت‌های ناشی از حریق درحالی رخ می‌دهد که با به کارگیری اصول ایمنی، ۷۵ درصد از این آتش‌سوزی‌ها قابل پیش‌بینی و پیشگیری می‌باشند (۲۳). انتخاب صحیح روش طراحی مهندسی ایمن حریق فقط بر اساس روش‌های اررزیابی خطر امکان‌پذیر می‌باشد (۲۴). هدف از ارزیابی ریسک، شناخت وضعیت موجود و ایجاد درک بهتر از مخاطرات است که می‌تواند به طبقه و اولویت‌بندی خطرات شناسایی شده بیانجامد (۲۵). روش ارزیابی خطر آتش‌سوزی برای مهندسین (Fire Risk Assessment for Engineering) روشی

گسترده برای ارزیابی ریسک آتش‌سوزی و یکی از جامع‌ترین و شفاف‌ترین روش‌های محاسباتی برای ارزیابی خطر آتش‌سوزی در ساختمان‌هاست که جنبه‌های مختلف حریق مانند ساختمان، بار آتش‌سوزی، جداسازی آتش و سیستم امکانات آتش‌نشانی را در نظر می‌گیرد. با استفاده از روش FRAME می‌توان خطر ساختمان را بطور عینی محاسبه کرد (۲۶) و در واقع ابزاری قابل قبول برای ارزیابی خطر آتش سوزی در ساختمان‌هاست (۱۴). FRAME توسعه‌یافته روش سوئیسی گریتنر است که در سال ۱۹۷۰ منتشر شد؛ و توسط اریک سمت توسعه و توسط مهدی‌نیا و همکاران در ایران موردسنجش و اعتبار سنجی قرار گرفت (۲۷). اعتبار روش FRAME در مطالعات موردی واقعی به روش های مختلف از جمله تایید برابری با نتایج حاصل از ارزیابی سطوح حفاظتی برخی از ساختمان‌های بررسی شده توسط افراد خبره، یکسان بودن فاکتورهای تاثیرگذار در بین FRAME و قوانین بین‌المللی حریق آزموده شده است. ارزیابی کمی ریسک، کم هزینه بودن، مدت زمان کوتاه اجرا، بررسی وضعیت موجود برای ارزیابی سطح خطر قبل از هرگونه اقدام برای بهبود و تخمین میزان خسارات از دیگر مزیت-های این روش می‌باشد (۲۸). اصلانی و همکاران در سال ۱۳۹۵ مطالعه‌ای توصیفی- تحلیلی تحت عنوان ارزیابی ریسک حریق به روش FRAME و بررسی تاثیر تیم مدیریت بحران آموزش دیده بر سطح ریسک حریق در یک بیمارستان صورت دادند که طی آن ریسک حریق در ۱۵ بخش بیمارستانی را محاسبه کردند. با توجه به حد قابل قبول در روش FRAME و اعداد به دست آمده، ریسک حریق فعالیت‌ها و ساکنان در محدوده غیر قابل قبول به دست آمد (۷).

طبق یافته‌های مطالعه توصیفی Sangsari و همکاران در ارزیابی ریسک حریق مجتمع بیمارستانی در شهر کاشان بر اساس روش FRAME، مشخص گردیدکه سطح ریسک حریق بیمارستان بالا بوده و در صورت وقوع حریق خسارات غیر قابل کنترلی وارد آورد (۱۴). در مطالعه Aghababaei و همکاران در رابطه بررسی آمادگی بیمارستان‌ها جهت پیاده‌سازی راهبردهای پدافند غیرعامل از دیدگاه مدیران مشخص شد آمادگی مدیران در سطح متوسط رو با پایین قرار دارد و بر وجود یک مرکز آتش نشانی کوچک در بیمارستان با شعاع خدمت رسانی ملی و بین المللی، تجهیز بیمارستان با سامانه اطفاء حریق، تجهیز آن‌ها با شیلترهای فشار قوی آتش نشانی تاکید کردند (۵).

به دلیل حساسیت بسیار بالای بیمارستان‌ها و سایر مراکز درمانی از نظر نظامی هر کشوری برای موفقیت در عرصه نظامی ناچار است که توجه زیادی به این موضوع داشته باشد. با در نظر گرفتن شرایط استراتژیک کشورمان و نیز قرارگیری در معرض انواع بحران‌ها و سوانح طبیعی؛ در بیمارستان مورد مطالعه، کم‌بودن فضای مکانی، وجود ساختمان‌های تاریخی ثبت شده در میراث فرهنگی کشور از یک طرف و موقعیت قرارگیری بیمارستان از نظر جغرافیایی و شرایط دسترسی آن و هم‌جواری آن با مراکز تجاری مهم از طرف دیگر، سبب ضرورت ارزیابی‌های ریسک مختلف از جمله حریق در راستای آمادگی پیش از بحران شده که در صورت بروز هر نوع بحران از جمله حریق ممکن است عواقب جبران‌ناپذیری برای کل مجموعه و ساختمان‌های اطراف داشته باشد.

روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۹ با رویکرد کمی و با روش‌شناسی توصیفی مقطعی در یکی از بیمارستان‌های نظامی شهر تهران انجام شد. جهت انجام این مطالعه از تکنیک FRAME که یک روش توسعه یافته از روش سوئیسی مکس گرینتر است و در سال ۱۹۷۰ منتشر شده بهره گرفته شد که توسط مهدی‌نیا و همکاران مورد اعتبارسنجی قرار گرفته است (۱۷). FRAME جامع‌ترین، شفاف-ترین و عملی‌ترین روش ارزیابی ریسک حریق برای ساختمان‌ها می‌باشد. مزیت اصلی روش FRAME که یک روش کمی در ارزیابی خطر آتش‌سوزی می‌باشد؛ محاسبه جداگانه ریسک حریق در سه حیطه مختلف ساختمان و محتویات آن، افراد و ساکنین و هم چنین برای فعالیت‌هایی که در ساختمان صورت می‌گیرد، است. در این تکنیک، ریسک حریق به صورت خارج قسمت ریسک بالقوه بر حاصل‌ضرب سطح پذیرش ریسک و سطح حفاظتی موجود بیان شده است. هدف FRAME ارزیابی تعادل بین پتانسیل خطر، اقدامات حفاظتی و احتمال وقوع است. برای قسمتی که به اندازه کافی محافظت می‌شود، عدد ریسک آن بایستی مساوی یا کمتر از یک شود، و برای اعداد بالاتر از یک، ریسک غیرقابل قبول است، و به این معنی است که سطح حفاظت ایمنی در برابر ریسک بالقوه پایین بوده، و مجموعه نیاز به مداخله دارد (۲۸).

در مرحله اول مطالعه پس از آشنایی با بخش‌های مختلف بیمارستان، طبقات مختلف ساختمان بستری با استفاده از تکنیک FRAME و معادلات متعدد آن (جدول ۱)، ریسک حریق برای سه حیطه ساختمان و محتویات آن، افراد و فعالیت‌ها به طور جداگانه ارزیابی گردید. داده‌های مورد نظر به صورت ترکیبی و با استفاده از مشاهده، مصاحبه، بررسی اسناد و استانداردهای NFPA و اندازه‌گیری جمع‌آوری گردید. در ادامه تمامی فرمول‌های اصلی و فرعی مورد نیاز تکنیک FRAME در فضای EXCEL نوشته و جهت اطمینان از صحت برنامه مورد نظر، یک نمونه مثال حل شده در روش مورد نظر انجام گرفت. از طریق اطلاعات مربوط به فرمول‌ها و بر اساس تکنیک FRAME که در بند قبلی توضیح داده شد در نرم افزار EXCEL محاسبات ریاضی مربوطه صورت گرفت (جدول ۲) و مقادیر عددی به دست آمدند. سپس، بازنگری فرمول‌های فوق‌الذکر انجام گرفت تا خطاهای احتمالی شناسایی و برطرف گردند. نتیجه نهایی محاسبات که همان شاخص ریسک حریق (R) می‌باشد به صورت یک عدد بدون واحد به دست می‌آید:

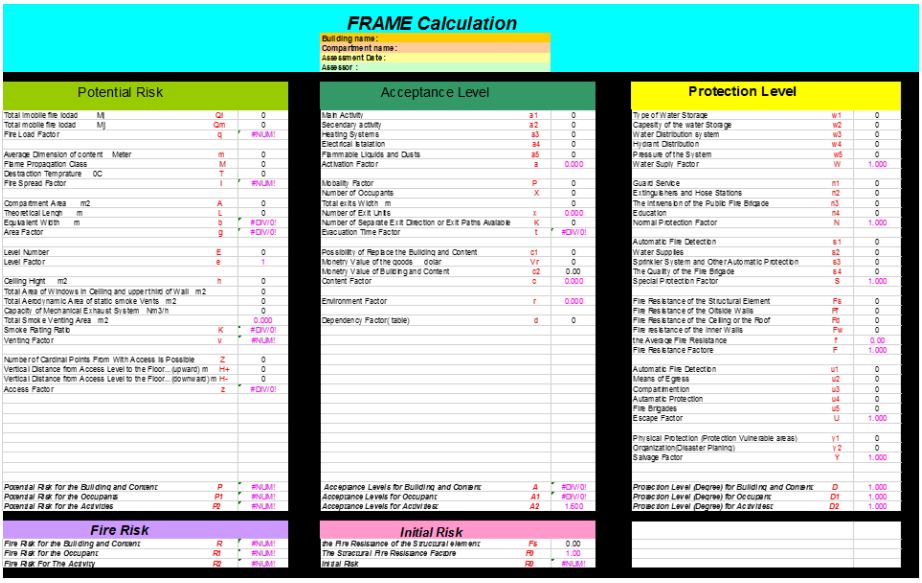
جدول-۱. خلاصه محاسبات انجام شده در تکنیک FRAME جهت برآورد ریسک حریق

عنوان پارامتر مورد محاسبه	فرمول	زیر پارامتر
ریسک حریق برای ساختمان و محتویات	$R = P / (A * D)$	P: سطح ریسک بالقوه ساختمان و محتویات A: سطح پذیرش ریسک ساختمان و محتویات D: سطح حفاظت برای ساختمان و محتویات
ریسک بالقوه برای ساختمان و محتویات	$P = q * i * g * e * v * z$	q: فاکتور بار حریق (fire load factor) i: فاکتور گسترش حریق (spread factor) g: فاکتور مساحت (area factor) e: فاکتور سطح (level factor) v: فاکتور تخلیه یا تهویه دود (venting factor) z: فاکتور دسترسی (access factor)
سطح پذیرش ریسک برای ساختمان و محتویات	$A = 1.6 - a - t - r$	a: تعداد منابع فعال آتش یا جرقه (activation factor) t: زمان خروج مورد نیاز (evacuation time factor) r: فاکتور محیط (environment factor)
سطح حفاظتی برای ساختمان و محتویات	$D = W * N * S * F$	N: فاکتور حفاظت نرمال (normal protection factor) U : فاکتور فرار (escape factor)
ریسک حریق برای ساکنین	$R_1 = P_1 / (A_1 * D_1)$	P_1 : سطح ریسک بالقوه ساکنین A_1 : سطح پذیرش ریسک برای ساکنین D_1 : سطح حفاظت
ریسک بالقوه برای ساکنین	$P_1 = q * i * e * v * z$	q: فاکتور بار حریق (fire load factor) i: فاکتور گسترش حریق (spread factor) e: فاکتور سطح (level factor) v: فاکتور تخلیه یا تهویه دود (venting factor) z: فاکتور دسترسی (access factor)
سطح پذیرش ریسک برای ساکنین	$A_1 = 1.6 - a - t - r$	a: تعداد منابع فعال آتش یا جرقه (activation factor) t: زمان خروج مورد نیاز (evacuation time factor) r: فاکتور محیط (environment factor)
سطح حفاظتی برای ساکنین	$D = W * N * S * F$	N: فاکتور حفاظت نرمال (normal protection factor) U: فاکتور فرار (escape factor)
ریسک حریق برای فعالیت ها	$R_2 = P_2 / (A_2 * D_2)$	P_2: سطح ریسک بالقوه فعالیتها A_2: سطح پذیرش ریسک برای فعالیت ها D_2: سطوح حفاظتی
ریسک بالقوه برای فعالیت ها	$P_2 = i * g * e * v * z$	i: فاکتور گسترش حریق (spread factor) g: فاکتور مساحت (area factor) e: فاکتور تراز (level factor) v: فاکتور تخلیه یا تهویه دود (venting factor) z: فاکتور دسترسی (access factor)
سطح پذیرش ریسک برای فعالیت ها	$A_2 = 1.6 - a - c - d$	a: تعداد منابع فعال آتش یا جرقه (activation factor) t: زمان خروج مورد نیاز (evacuation time factor) d : فاکتور وابستگی (dependency factor)
سطح حفاظتی برای فعالیت ها	$D_2 = W * N * S * Y$	W: فاکتور ذخیره آب (water supply factor) N: فاکتور حفاظت طبیعی یا نرمال (normal protection factor) S: فاکتور حفاظتی ویژه (special protection factor) Y: فاکتور نجات (salvage factor)

با توجه به این که ایمنی یک امر نسبی است این عدد همیشه بزرگتر از صفر خواهد بود. برای تصمیم گیری در مورد ریسک موجود دو حالت وجود دارد:

در حالت اول مطابق رابطه $R = P/(A * D)$ اگر R کوچکتر از ۱ باشد نشان‌دهنده این است که صورت کسر کوچکتر یا مساوی مخرج بوده، به این معنی که اقدامات حفاظتی و سطح پذیرش ریسک در سطح برابر یا بالاتر از ریسک بالقوه موجود بوده و سطح ریسک قابل قبول است. به عبارت دیگر فضای مورد بررسی از نظر ایمنی حریق در سطح رضایت بخشی قرار دارد. بدیهی است که هر چه این عدد به سمت صفر میل کند شرایط بهتر و مطلوب‌تر خواهد بود.

جدول-۲. کاربرگ تهیه شده در EXCEL ارزیابی ریسک حریق بیمارستان بر اساس تکنیک FRAME



FRAME Calculation

Building name:
Compartment name:
Assessment Date:
Assessor :

Potential Risk			
Total mobile fire load	MJ	Qt	0
Total mobile fire load	MJ	Qm	0
Fire Load Factor		q	#NUM!
Average Dimension of content	Meter	m	0
Flame Propagation Class		M	0
Destruction Temprature	0C	T	0
Fire Spread Factor		i	#NUM!
Compartment Area	m2	A	0
Theoretical Lengh	m	L	0
Equivalent Width	m	b	#DIV/0!
Area Factor		g	#DIV/0!
Level Number		E	0
Level Factor		e	1
Ceiling Hight	m2	h	0
Total Area of Windows in Ceiling and upper third of Wall	m2		0
Total Aerodynamic Area of static smoke Vents	m2		0
Capacity of Mechanical Exhaust System	Nm3/h		0
Total Smoke Venting Area	m2		0.000
Smoke Rating Ratio		K	#DIV/0!
Venting Factor		v	#NUM!
Number of Cardinal Points From With Access Is Possible		Z	0
Vertical Distance from Access Level to the Floor...(upward)	m	H+	0
Vertical Distance from Access Level to the Floor...(downward)	m	H-	0
Access Factor		z	#DIV/0!
Potential Risk for the Building and Content		P	#NUM!
Potential Risk for the Occupants		P1	#NUM!
Potential Risk for the Activities		P2	#NUM!

Acceptance Level			
Main Activity		a1	0
Secendary activity		a2	0
Heating Systems		a3	0
Electrical Estalation		a4	0
Flammable Liquids and Dusts		a5	0
Activation Factor		a	0.000
Mobility Factor		P	0
Number of Occupants		X	0
Total exits Width	m		0
Number of Exit Units		x	0.000
Number of Separate Exit Direction or Exit Paths Available		K	0
Evacuation Time Factor		t	#DIV/0!
Possibility of Replace the Building and Content		c1	0
Monetry Value of the goods	dolar	Vr	0
Monetry Value of Building and Content		c2	0.00
Content Factor		c	0.000
Environment Factor		r	0.000
Dependency Factor(table)		d	0
Acceptance Levels for Building and Content		A	#DIV/0!
Acceptance Levels for Occupants		A1	#DIV/0!
Acceptance Levels for Activities		A2	1.600

Protection Level			
Type of Water Storage		w1	0
Capasity of the water Storage		w2	0
Water Distribution system		w3	0
Hydrant Distribution		w4	0
Pressure of the System		w5	0
Water Suply Factor		W	1.000
Guard Service		n1	0
Extinguishers and Hose Stations		n2	0
The Intervention of the Public Fire Brigade		n3	0
Education		n4	0
Normal Protection Factor		N	1.000
Automatic Fire Detection		s1	0
Water Supplies		s2	0
Sprinkler System and Other Automatic Protection		s3	0
The Quality of the Fire Brigade		s4	0
Special Protection Factor		S	1.000
Fire Resistance of the Structural Element		Fs	0
Fire Resistance of the Offside Walls		Ff	0
Fire Resistance of the Ceiling or the Roof		Fd	0
Fire resistance of the Inner Walls		Fw	0
the Average Fire Resistance		f	0.00
Fire Resistance Factore		F	1.000
Automatic Fire Detection		u1	0
Means of Egress		u2	0
Compartmention		u3	0
Automatic Protection		u4	0
Fire Brigades		u5	0
Escape Factor		U	1.000
Physical Protection (Protection Vulnerable areas)		y1	0
Organization(Disaster Planing)		y2	0
Salvage Factor		Y	1.000
Protection Level (Degree) for Building and Content		D	1.000
Protection Level (Degree) for Occupants		D1	1.000
Protection Level (Degree) for Activities		D2	1.000

Fire Risk		
Fire Risk for the Building and Content	R	#NUM!
Fire Risk for the Occupants	R1	#NUM!
Fire Risk For The Activity	R2	#NUM!

Initial Risk		
the Fire Resistance of the Structural element	Fs	0.00
The Siracural Fire Resistance Factore	Fs	1.00
Initial Risk	R0	#NUM!

در حالت دوم اگر R بزرگتر از ۱ باشد مطابق رابطه فوق نشان‌دهنده این است حالت موجود ریسک بالقوه بالاتر از حاصل‌ضرب سطح حفاظت و سطح پذیرش خواهد بود و اقدامات انجام شده در زمینه ایمنی در حد کافی نمی‌باشند. در این حالت ریسک به دست آمده قابل قبول نبوده و به بیان دیگر محل مورد مطالعه از نظر ایمنی در سطح مطلوبی قرار ندارد. هرچه عدد ریسک به دست آمده از یک بیشتر باشد شرایط از نظر ایمنی حریق در وضعیت بدتری می‌باشد.

در مرحله بعد به منظور شناسایی زیر پارامترهای موثر در کسب نمره بدست آمده در فاکتور سطح ریسک قابل قبول با توجه به فرمول مربوطه، عواملی که بالاتر از ۱ باشند به عنوان عامل موثر در نظر گرفته شدند.

$$P = q * i * g * e * v * z$$
$$P_1 = \mathrm{q} * \mathrm{i} * \mathrm{e} * \mathrm{v} * \mathrm{z}$$
$$P_2 = \mathrm{g} * \mathrm{i} * \mathrm{e} * \mathrm{v} * \mathrm{z}$$

برای شناسایی زیر پارامترهای موثر در کسب نمره بدست آمده در فاکتور سطح ریسک قابل قبول با استفاده از فرمول مربوطه و با توجه به اینکه اگر هر یک از مقادیر A کمتر از ۱ باشد سیستم در معرض خطر قرار می گیرد بنابراین مجموع مقادیر a، t، c، r و d در فرمول‌های مربوط به مقادیر A، باید کمتر از ۰/۶ گردد. از این‌رو زیر پارامترهایی که برابر یا بالاتر از ۱ بودند به عنوان عامل موثر شناخته شدند.

$$A = 1.6 - a - t - r$$
$$A_1 = 1.6 - a - t - r$$
$$A_2 = 1.6 - a - c - d$$

به منظور شناسایی زیر پارامترهای موثر در کسب نمره به‌دست آمده در فاکتور سطح حفاظتی موجود با توجه به فرمول مربوطه، این‌که اگر هر یک از مقادیر D کمتر از ۱ سیستم در معرض خطر قرار می‌گیرد بنابراین عواملی که پایین‌تر از ۱ باشند به عنوان عامل موثر در نظر گرفته شدند.

$$\mathrm{D} = W * N * S * F$$
$$D_1 = N * U$$
$$D_2 = \mathrm{W} * \mathrm{N} * \mathrm{S} * \mathrm{Y}$$

نتایج

یافته های مربوط به ارزیابی ریسک حریق بر اساس روش FRAME

یافته‌های این مطالعه نشان داد بر اساس داده‌های موجود در زمان ارزیابی انجام شده، نمرات ریسک حریق برای ساختمان و محتویات، ساکنین و فعالیت‌ها برای بخش تاسیسات در بیمارستان مورد نظر طبق جدول ۳ در هر سه حیطه بالاتر از یک بوده است و در ناحیه غیر قابل قبول قرار می‌گیرد.

بر طبق جدول ۳ نمرات کسب شده در سطح ریسک حریق برای ساکنین در کلیه واحدها، بالاتر از یک می‌باشند؛ بر اساس راهنمای تکنیک در کلیه واحدهای مذکور سطح ریسک حریق غیر قابل قبول می‌باشد.

با توجه‌به اینکه مقادیر ریسک اولیه $\boldsymbol{R_0}$ محاسبه شده برای بخش‌های مختلف بیمارستان، در واحد تاسیسات مطابق جدول ۴ مقدار آن در ناحیه ریسک غیرقابل قبول قرار گرفته است. بنابراین سیستم حفاظتی با تجهیزات اطفای حریق دستی، تامین پشتیبانی آتش‌نشانی عمومی، اطمینان از منبع آب و حفاظت اضافی برای ساکنین و فعالیت‌ها برای این واحدها ضروری است.

با توجه‌به اینکه مقادیر ریسک اولیه $\boldsymbol{R_0}$ محاسبه شده برای بخش‌های مختلف بیمارستان، در واحد تاسیسات مطابق جدول ۴ مقدار آن در ناحیه ریسک غیرقابل قبول قرار گرفته است. بنابراین سیستم حفاظتی با تجهیزات اطفای حریق دستی، تامین پشتیبانی آتش‌نشانی عمومی، اطمینان از منبع آب و حفاظت اضافی برای ساکنین و فعالیت‌ها برای این واحدها ضروری است.

جدول-۳. نتایج ارزیابی ریسک حریق در وضعیت موجود در بخش های مختلف بیمارستان بر اساس FRAME

ریسک	ساختمان و محتویات				ساکنین				فعالیت‌ها				
بخش	P	A	D	R	P_1	A_1	D_1	R_1	P_2	A_2	D_2	R_2	R_0
مدارک پزشکی	۰/۴۳۲	۱/۱۹۳	۱/۶۵۱	۰/۲۱۹	۱/۲۶۴	۰/۸۴۲	۱/۲۶۴	۱/۱۸۷	۰/۳۴۶	۱/۰۵۰	۱/۳۹۰	۰/۲۳۷	۰/۲۷
نوزاد	۰/۷۲۹	۰/۸۶۵	۱/۱۵۳	۰/۷۳۲	۱/۳۵۴	۰/۷۸۱	۰/۸۹۴	۲/۱۲۲	۰/۶۳۶	۰/۹	۱/۰۲۴	۰/۶۹۱	۰/۶۷
اطفال	۰/۷۷۵	۰/۹۱۹	۱/۱۵۳	۰/۷۲۷	۱/۵۹۶	۰/۵۶۹	۰/۸۵۱	۳/۲۹۷	۰/۶۷۳	۰/۸۵۰	۱/۰۲۴	۰/۷۷۳	۰/۶۶
جراحی زنان	۰/۵۱۴	۰/۷۰۵	۱/۱۵۳	۰/۶۳۲	۱/۲۴۵	۰/۳۵۵	۰/۸۵۱	۴/۱۲۲	۰/۴۴۸	۰/۹۵۰	۱/۰۲۴	۰/۴۶۱	۰/۵۸
جراحی مردان	۱/۰۲۵	۰/۸۴۵	۱/۱۵۳	۰/۸۷۲	۱/۷۹۱	۰/۴۹۵	۰/۸۹۴	۳/۸۵۶	۰/۸۹۴	۰/۹۵۰	۱/۰۲۴	۰/۹۱۹	۰/۹۶
اتاق عمل	۰/۷۴۵	۰/۸۳۳	۱/۱۵۳	۰/۷۶۶	۱/۸۰۶	۰/۴۸۳	۰/۸۹۴	۴/۱۸۷	۰/۶۲۹	۰/۸۵۰	۱/۰۲۴	۰/۷۲۳	۰/۷۱
تاسیسات	۰/۹۳۴	۰/۴۷۵	۱/۲۸۷	۱/۵۳۸	۱/۷۳۵	۰/۳۲۵	۱/۰۴۰	۵/۱۳۶	۰/۵۸۹	۰/۲۰۰	۱/۱۳۵	۲/۵۹۶	۱/۵۶

جدول-۴. اقدامات کنترلی پیشنهادی بر اساس سطح ریسک حریق محاسبه شده

سطح ایمنی	نوع گروه	اقدامات لازم
$R_0 <$ ۱	ریسک قابل قبول	- سیستم حفاظتی با تجهیزات اطفای حریق دستی - تامین پشتیبانی آتش‌نشانی عمومی - اطمینان از منبع آب - ممکن است حفاظت اضافی برای ساکنین و فعالیت‌ها ضروری باشد
۱-۱/۶	ریسک غیرقابل قبول	- تشخیص خودکار حریق عمومی برای دسترسی به هشدار و پاسخ سریع - لزوم وجود منبع آب کافی - حفاظت اضافی برای فعالیت‌ها و حفظ جان انسان
۱/۶-۲/۷		حفاظت بوسیله اسپرینکلر
۲/۷-۴/۵		- بهبود منابع آب - حفاظت اضافی برای فعالیت‌ها و در بعضی موارد برای ساکنین
$R_0 >$ ۴/۵		- اقدامات پیشگیرانه جهت کاهش سطح رسیک

با توجه به اینکه مقادیر ریسک اولیه R_0 محاسبه شده برای بخش‌های مختلف بیمارستان، در واحد تاسیسات مطابق جدول ۴ مقدار آن در ناحیه ریسک غیرقابل قبول قرار گرفته است. بنابراین سیستم حفاظتی با تجهیزات اطفای حریق دستی، تامین پشتیبانی آتش‌نشانی عمومی، اطمینان از منبع آب و حفاظت اضافی برای ساکنین و فعالیت‌ها برای این واحدها ضروری است.

از آنجاکه انجام اقدامات کنترلی و اصلاحی نیازمند اولویت-بندی جهت انتخاب بهترین و موثرترین راه می‌باشد، لذا با تعیین سهم مشارکت می‌توان نقش هر کدام از پارامترها را در عدد به دست آمده مشخص نمود. تفاوت مقدار فاکتورهای موثر مشخص شده در حالت موجود و حالت استاندارد (که همان مقدار یک در نظر گرفته شد)، سهم مشارکت هر یک از پارامترها را مشخص می‌کند.

یافته‌های جدول ۵ نشان می‌دهد زیرفاکتور بار حریق به عنوان عامل مشترک در تمامی بخش‌های بیمارستان مورد مطالعه شناسایی گردید، که منجر به خطرناک شدن مقادیر P و P_1 شده و سایر زیرفاکتورها شامل فاکتور ارتفاع، فاکتور گسترش حریق، فاکتور دسترسی و فاکتور تهویه می‌باشد که مقادیر و قسمت مربوطه هر یک در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین در مورد سطح ریسک قابل قبول، فاکتور فعال‌سازی و در حیطه سطح حفاظتی موجود فاکتور تامین آب و فاکتور حفاظت نرمال می‌باشند پارامتر موثر بودند.

از لحاظ ترتیب، بر اساس یافته‌های جدول ۵، زیرفاکتور ارتفاع اتاق عمل بالاترین سهم را در عدد به دست آمده قسمت P و P_1 دارد. فاکتور بار حریق در واحد تاسیسات و فاکتور حفاظت نرمال در کل ساختمان بستری نیز بالاترین نقش را در پایین آمدن سطح حفاظتی برای ساکنین بیمارستان داشته است. در مورد A_1 نیز سهم فاکتور فعال‌سازی با مقدار عددی ۰/۴ دارای بالاترین سهم در ریسک به دست آمده می‌باشد.

بحث

این پژوهش با استفاده از روش ارزیابی ریسک حریق برای مهندسین FRAME در یکی از بیمارستان‌های نظامی شهر تهران در سه بخش ساختمان و محتویات، ساکنین و فعالیت‌ها به صورت مجزا صورت گرفت.

جدول ۳ سطوح ریسک حریق را دربخش‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. در قسمت مربوط به ریسک ساختمان و محتویات علاوه بر ریسک کلی حریق، مقادیر ریسک بالقوه، سطح پذیرش و سطح حفاظت نیز برای هر بخش محاسبه شده است. بیشترین ریسک بالقوه در هر سه حیطه مربوط به تاسیسات و جراحی مردان و اتاق عمل می‌باشد. از دلایل اصلی افزایش ریسک بالقوه در این بخش‌ها سطح زیربنای زیاد این بخش‌ها و موقعیت قرارگیری آن‌ها و بار حریق موجود می‌باشد.

جدول-۵. خلاصه مشخصات سهم مشارکت زیرپارامترهای موثر در ریسک حریق موجود در ساختمان بستری بیمارستان مورد مطالعه

بخش	فاکتور موثر	زیر فاکتور موثر	مقدار در شرایط موجود	مقدار در شرایط استاندارد	سهم مشارکت
مدارک پزشکی	ریسک بالقوه ساکنین	فاکتور بار حریق q	۱/۲۴۹	۱	۰/۲۴۹
		فاکتور گسترش حریق i	۱/۱	۱	۰/۱
نوزادان	ریسک بالقوه ساکنین	فاکتور بار حریق q	۱/۱۴۶	۱	۰/۱۴۶
		فاکتور ارتفاع e	۱/۳۶۶	۱	۰/۳۶۶
	سطح حفاظتی موجود برای ساکنین	فاکتور تامین آب W	۰/۸۱۵	۱	۰/۱۸۵
		فاکتور حفاظت نرمال N	۰/۷۳۵	۱	۰/۲۶۵
اطفال	ریسک بالقوه ساکنین	فاکتور بار حریق q	۱/۱۴۶	۱	۰/۱۴۶
		فاکتور گسترش حریق i	۱/۲۰۲	۱	۰/۲۰۲
		فاکتور ارتفاع	۱/۲۲	۱	۰/۲۲
	سطح حفاظتی موجود برای ساکنین	فاکتور تامین آب W	۰/۸۱۵	۱	۰/۱۸۵
		فاکتور حفاظت نرمال N	۰/۷۳۵	۱	۰/۲۶۵
جراحی زنان	ریسک بالقوه برای ساکنین	فاکتور بار حریق q	۱/۱۴۶	۱	۰/۱۴۶
		فاکتور گسترش حریق i	۱/۲۰۲	۱	۰/۲۰۲
	سطح حفاظتی موجود برای ساکنین	فاکتور تامین آب W	۰/۸۱۵	۱	۰/۱۸۵
		فاکتور حفاظت نرمال N	۰/۷۳۵	۱	۰/۲۶۵
جراحی مردان	ریسک بالقوه ساکنین	فاکتور بار حریق q	۱/۱۴۶	۱	۰/۱۴۶
		فاکتور گسترش حریق i	۱/۲۰۲	۱	۰/۲۰۲
		فاکتور ارتفاع e	۱/۴۶	۱	۰/۴۶
اتاق عمل	ریسک بالقوه ساکنین	فاکتور بار حریق q	۱/۱۸۵	۱	۰/۱۸۵
		فاکتور گسترش حریق i	۱/۲	۱	۰/۲
		فاکتور ارتفاع e	۱/۶۷	۱	۰/۶۷
		فاکتور دسترسی z	۱/۰۵	۱	۰/۰۵
	سطح حفاظتی موجود برای ساکنین	فاکتور تامین آب W	۰/۸۱۵	۱	۰/۱۸۵
		فاکتور حفاظت نرمال N	۰/۷۳۵	۱	۰/۲۶۵
تاسیسات	ریسک بالقوه ساکنین و ساختمان	فاکتور بار حریق q	۱/۵۶۷	۱	۰/۵۶۷
		فاکتور ارتفاع e	۱/۲	۱	۰/۲
		فاکتور تهویه v	۱/۱۵۸	۱	۰/۱۵۸
		فاکتور دسترسی z	۱/۱	۱	۰/۱
	سطح ریسک قابل قبول ساکنین و ساختمان	فاکتور فعالسازی a	۱	۰/۶	۰/۴

کمترین مقادیر ریسک بالقوه هم مربوط به مدارک پزشکی می‌باشد که دارای سطح زیر بنای کم بوده و از طرفی به دلیل واقع شدن در طبقه همکف و فضای بازتر نسبت به سایر واحدها، دسترسی به آن‌ها در زمان حادثه آسان‌تر بوده و سطح ریسک بالقوه را کاهش می‌دهد. در مورد سطح پذیرش ریسک کمترین مقدار مربوط به تاسیسات می‌باشد. در بخش‌هایی مانند تاسیسات علاوه بر وجود وجود دیگ‌های بخار و مخازن نگهداری سوخت، سطح زیربنای بخش هم زیاد بوده و از طرفی خروجی‌های ساختمان هم منحصر به یک خروجی اصلی است، سطح پذیرش کاهش بیشتری دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که شکل و ابعاد ساختمان یک عامل مهم در افزایش یا کاهش ریسک حریق برای ساختمان می‌باشد. در ستون سطح حفاظت مشخص است که در بخش ها تفاوت زیادی بین سطح حفاظت وجود ندارد و تنها قسمت مدارک پزشکی به دلیل قرارگیری در طبقه همکف و دسترسی آزادتر از محوطه‌های باز به داخل ساختمان نسبت به سایر بخش‌ها از سطح حفاظتی بالاتری برخوردار است.

در مطالعه‌ای که Mehdinia و همکاران در سال ۱۳۹۱ انجام دادند، بخش‌های رادیولوژی و درمانگاه بیمارستان موردمطالعه، بیشترین ریسک حریق برای ساکنین را داشته که فاکتورهای موثر آن قرارگیری بخش رادیولوژی در زیرزمین بیمارستان و حرکت دود و سایر محصولات حریق به سمت بالا و مشکل در دسترسی و خروج ساکنین بخش رادیولوژی، عنوان شد (۲۷). در ارزیابی بخشی از مرکز پرستاری Hartford، بالاترین مقادیر سطح ریسک برای افراد به دست آمد که دلیل اصلی آن تراکم بالای افراد و سطح زیر بنای زیاد بدون تقسیم بندی داخلی با موانع ضد حریق بود (۲۸). در مطالعه Šakėnaitė ریسک ساختمان و محتویات در ساختمان

اداری موردمطالعه ۰/۶۱ بود که با توجه به تردد کم افراد و زیربنای مناسب ساختمان در محدوده قابل قبول قرار دارد (۳۰). در مطالعات Sarsangi و Mehdinia میزان ریسک حریق ساختمان، در بخش‌هایی مانند بخش اطفال بیمارستان‌های مورد مطالعه، به دلیل عدم امکان تحرک بیماران مخصوصاً کودکان در بخش اطفال، در نظر نگرفتن اصول ایمنی ساختمان ازجمله راه های خروج، نبود سیستم اعلام و اطفاء حریق و قرارگیری برخی بخش ها در طبقات بالا، در محدوده غیرقابل قبول قرارگرفته است (۱۴،۲۷). همچنین ریسک حریق ساختمان و محتویات ساختمان فرودگاه هنگ‌کنگ، در پژوهش Ng، به دلیل نصب سیستم اسپرینکلر در همه نقاط و رعایت مقررات ایمنی حریق در مراحل احداث ساختمان فرودگاه، در حد قابل قبول به دست آمد (۳۱). در مطالعه اخیر در اکثر واحدها سطح ریسک فعالیت‌ها با توجه به فرمول مربوطه که در آن فاکتور بار حریق و به تبع آن بار حریق متحرک دخیل نمی‌باشد کمتر از یک بوده و قابل قبول می‌باشد و این تاکیدی بر اثرگذاری فاکتور بار حریق در حیطه ساکنین و ساختمان می‌باشد. در فاکتور بار حریق، دو عامل بارحریق متحرک و ثابت دخیل هستند. بررسی یافته‌ها نشان داد در تاسیسات مورد مطالعه که در پایین‌ترین طبقه قرار گرفته و در واقع سایر بخش‌های بیمارستان بر روی آن واقع گردیده است، بار حریق ثابت ناچیز و بار حریق متحرک بسیار موثر بوده است. بار حریق متحرک با توجه به استاندارد NFPA در رابطه با میزان گرمای ناشی از تجهیزات و وسایل موجود می‌باشد در صورت بروز حریق در محل، لوله های شیر گاز ورودی برای سوخت بویلرها می‌توانند منبع زیادی برای تولید بار گرمایی باشند در دسته ۲/NFPA OH GP۲OH قرار گرفته است. در ارزیابی ریسک حریق صورت گرفته در مورد تاسیسات بیمارستان جم توسط جاویدفر و همکاران نیز مشخص گردید با وجود بالا بودن ایمنی موتور خانه ولی ریسک حریق آن در سطح متوسط می‌باشد.

در فاکتور سطح، با توجه به اینکه طبقه قرارگیری بخش تعین‌کننده مقدار به دست آمده است کاملا مشخص است که با بالا رفتن طبقات، مقدار این فاکتور نیز بالاتر رفته طوری‌که اتاق عمل که در طبقه ۷ ساختمان قرارگرفته است بالاترین مقدار را به خود اختصاص داده است. ساخت عمودی ساختمان (قرارگیری طبقات روی هم) به خودی خود باعث افزایش فاکتور سطح و در نتیجه افزایش در مقدار سطح ریسک بالقوه می‌شود. بنابراین لازم است در ساخت بیمارستان (علی‌الخصوص در فاز طراحی و نقطه‌یابی) شرایطی در نظر گرفته شود که امکان ساخت افقی بیمارستان‌ها رعایت گردد. وجود تعداد طبقات بالا در هنگام بحران اگر با فاکتورهایی همانند جنس مصالح ناپایدار و اسکلت نامقاوم همراه باشد میزان تلفات و خسارات در هنگام بحران را ها به‌شدت افزایش خواهد داد. بررسی تعداد طبقات ساختمان در محدوده بافت شهری اهواز نشان می‌دهد که از بین ساختمان‌های موجود، ۹۰ درصد یک طبقه هستند و در معرض آسیب‌پذیری کم هستند (۳۲).

با بررسی برروی فاکتور مساحت و فاکتور فرار (شامل زیرفاکتور فرار و تقسیم‌بندی داخلی) مشخص می‌گردد که با افزایش مساحت بخش‌ها بدون وجود دیوارهای جداکننده مقاوم در برابر حریق سطح ریسک حریق افزایش می‌یابد. ضمن اینکه در بیمارستان‌ها بدلیل حضور نفراتی که از لحاظ جسمی دائما به مراقبت و نگهداری احتیاج دارند، نیاز هست راه‌پله خروج اضطراری دارای عرض متناسب با عرض تخت‌های بیمارستانی با در نظر گرفتن محدویت حرکتی بیماران به صورت شیب‌دار در نظر گرفته شود. ضمن اینکه مطابق روش FRAME بهترین تخلیه از نوع تخلیه افقی بوده که برهمین اساس با توجه به شکل عمودی ساختمان‌ها فاکتور مدت زمان لازم برای تخلیه نیز افزایش می‌یابد. لازم است با در نظر گرفتن اصول گفته شده در خصوص مساحت کمتر بخش‌ها، در نظر گرفتن عرض مناسب برای خروجی‌های اضطراری سطح ریسک بالقوه از نظر حریق را کاهش داده و به همین تناسب ریسک نهایی کاهش پیدا کند. ضمن اینکه با جداسازی بخش‌ها توسط جداکننده‌های مقاوم در برابر حریق و کم کردن تعداد نفرات حاضر در هر بخش با بیشتر کردن راه‌های فرار می‌توان ضمن بالا بردن سطح حفاظتی موجود (که به خودی خود باعث کاهش سطح ریسک نهایی می‌شود) در صورت بروز هرنوع شرایط اضطراری حفاظت بالاتری را برای کلیه نفرات حاضر یا اسکان داده شده در بیمارستان فراهم آورد.

یکی دیگر از فاکتورها که منجر به افزایش مقادیر ریسک بالقوه در حیطه‌های ساختمان و افراد شده بود فاکتور دسترسی بود. مقدار فاکتور دسترسی نشان‌دهنده دسترسی محدود و مشکلات تیم آتش‌نشانی در دسترسی به سطح حریق اتفاق افتاده است. اگر آتش‌نشانان دچار محدودیت دسترسی به حریق باشند فاکتور دسترسی افزایش می‌یابد و پتانسیل ریسک حریق را افزایش می‌دهد. در واقع توانایی تیم آتش‌نشانی هنگام مقایسه ساختمان‌های قدیمی که اطراف‌شان مسدود است و ساختمان‌های جدیدی که در اطراف آن‌ها فضای باز و قابل دسترس وجود دارد، اهمیت فاکتور دسترسی بیش از پیش نمایان می‌شود. پیکربندی ساختمان برای مداخلات آتش‌نشانی مهم است. فاکتور دسترسی به همراه فاکتورهای سطح و مساحت از عناصر مهم در پیکر بندی ساختمان هستند (۲۸) که در ساختمان مورد مطالعه به دلیل فشردگی بسیار بالای ساختمان‌های داخلی بیمارستان و اتصال فیزیکی ساختمان بستری با ساختمان‌های تجاری اطراف این امکان برای آتش‌نشانان در پایین‌ترین سطح ممکن بوده و در صورت بروز شرایط اضطراری امکان دسترسی به داخل ساختمان به جز قسمت مدارک پزشکی به سختی صورت می‌گیرد. در روش FRAME مداخله نیروهای آتش نشانی به عنوان یکی از زیرفاکتورهای مطرح شده در حفاظت نرمال می‌باشد که در صورت دسترسی مناسب نیروهای آتش‌نشانی به بیمارستان از نظر زمانی (زیر ۱۰ دقیقه) به عنوان عاملی در بالارفتن سطح حفاظتی موجود شناخته شده که این فاکتور هم به

نوبه خود باعث کم شدن سطح ریسک نهایی حریق می‌گردد. در بیمارستان مورد مطالعه به دلیل واقع شدن بیمارستان در مرکز شهر و مجاورت با مراکز تجاری بزرگ و جای پرتردد امکان مداخله به مراتب کمتر از حالت بهینه (زیر ۱۰ دقیقه) گردیده است که لازم است در پروژه‌های بعدی ساخت بیمارستان‌های تحت نظر به این مهم پرداخته شود. ضمن اینکه فعلا می‌توان مرکز آتش‌نشانی و نیروهای آموزش دیده حاضر در محل را تجهیز کرد که میتواند باعث افزایش فاکتور حفاظت نرمال شود.

درخصوص فاکتور تهویه، سه عامل بار حریق متحرک، ارتفاع بین کف و سقف طبقه و نسبت تهویه دود در نتیجه به دست آمده موثر هستند. هرچه سقف بالاتر باشد، لایه دود ضخیم‌تر می‌شود. عنصر سوم در فرمول، نسبت تهویه دود k است. آتش به‌خودی‌خود به دود کمک می‌کند تا راهی برای خارج شدن ایجاد نماید. در صورت وجود سیستم‌های تهویه مکنده دود استاتیک و دینامیک و همچنین پنجره‌ها و خروجی در قسمت یک سوم فوقانی دیوار، ریسک حریق کاهش می‌یابد. در بخش‌های مختلف بیمارستان پنجره‌های متعدد بدون در نظر گرفتن اصل تهویه و خروج دود وجود داشته که در اکثر بخش‌ها مانند اطفال و اتاق عمل از کف بخش تا سقف کشیده شده که عملا باعث کاهش نسبت تهویه می‌شود. مطابق روش FRAME فقط پنجره‌های واقع در یک سوم فوقانی در تهویه و تخلیه دود موثر شناخته می‌شوند پس لازم است این اصل در برنامه‌های نوسازی احتمالی یا تاسیس بیمارستان‌های جدید رعایت گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه سطح ریسک حریق برای ساکنین در کلیه واحدها، بالاتر از یک به دست آمد در کلیه واحدهای مذکور سطح ریسک حریق غیرقابل قبول می‌باشد. به دلیل تاثیر مستقیم فاکتور ارتفاع به عنوان بالاترین سهم در ریسک به دست آمده در ساخت بیمارستان‌ها لازم است، از ساخت عمودی بیمارستان‌ها حتی‌الامکان اجتناب ورزیده و بخش‌های مختلف طبقات همکف و دارای دسترسی راحت و خروج اضطراری ایمن صورت پذیرد تا در صورت بروز هر نوع حادثه، دسترسی به آن بخش و تخلیه آن به صورت ایمن‌تر صورت پذیرد. استفاده از روش FRAME در ارزیابی خطر تسهیلات سلامت مانند بیمارستان، با تعیین نقاط ضعف و قوت مکان‌های مورد ارزیابی، امکان شناسایی عوامل مؤثر در جهت پیش‌بینی و پیشگیری از وقوع حوادث ناگوار و حفظ و تداوم عملکرد این مراکز در زمان‌های حساس از جمله شرایط اضطراری انسان‌ساز و یا طبیعی شود.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- با توجه به موقعیت قرارگیری خاص کشورمان در منطقه از نظر وجود تهدیدات گسترده دشمنان، آسیب به دستگاه‌های تشخیصی درمانی پزشکی و آزمایشگاهی می‌تواند به عدم کارآیی بیمارستان‌ها منجر شود که می‌تواند عواقب جبران ناپذیری را داشته باشد. اجرا و در نظر گرفتن تمهیدات امنیتی در طراحی بناهای مختلف جهت تقلیل خسارات ناشی از این حملات در راستای پدافند غیرعامل نیز امری ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که کلیه مراکز درمانی از جمله بیمارستان‌های نظامی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکزی که باید بلافاصله پس از وقوع مخاطرات محیطی و انسانی از جمله وقوع جنگ، پاسخگوی نیازهای حیاتی باشند تقویت سازه‌ای و غیرسازه‌ای و تحلیل خطر آن‌ها از جوانب گوناگون باید در اولویت باشند. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی طراحی بیمارستان ذاتا ایمن از منظر پدافند غیرعامل، گامی مهم در پیش‌بینی و پیشگیری از وقوع فجایع در حین بحران ها به ویژه انسان ساز برداشت و سبب کاهش تلفات انسانی و مالی در زمان وقوع حوادث شد.

تشکر و قدردانی: این مقاله با حمایت دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله (عج) انجام شده است که بدین وسیله از دانشگاه مذکور تقدیر و تشکر می شود. همچنین نویسندگان، از همکاری مسئولین محترم بیمارستان مورد مطالعه نیز تشکر و قدردانی به عمل می آورند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Movahedinia J. Principles and Foundations of Passive Defense, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, 2007. [In Persian]
2. Asgharian Jedi A. Architectural Requirements in Sustainable Passive Defense, Shahid Beheshti University, Tehran, 2007. [In Persian] doi:10.22054/QJIK.2015.5149
3. Modiri M, Ahadnejad M, Hosseini SA. Risk management in man-made crises with passive defense approach (Case study: Tehran). Journal of Urban Research and Planning. 2017;7(27):163-82. [In Persian]
4. Maleki S, Sharifi R, Orki P. Analysis of Ahvaz city structures and passive defense strategies. Zagros Vision Geographical Quarterly. 1393;5(17):7-33. [In Persian]
5. Aghababaei M, Hosseini SM, Maher A. Assessing the readiness of Tehran University of Medical Sciences hospitals to implement passive defense strategies from the perspective of managers. Passive Defense Quarterly. 2020;11(1):37-50. [In Persian]. doi:20.1001.1.20086849.1399.11.1.4.3
6. Jahangiri K, Katayoun, wise. Evaluation of seismic vulnerability of medical centers and analysis

of their efficiency using RVS technique: 2013. Journal of Forensic Medicine. 2019;2(2):10-101 [In Persian]
7. Seyedin H, Abasi Dolat Abadi Z, Sorani M, Naghdi S, Rajabfard Mazraeno F. Vulnerability assessment of general hospitals of Tehran University of Medical Sciences. Journal of Health Promotion Management. 2014;3(2):65-71. [In Persian]
8. Seyed Hadi H Abolfazl S. Hassan HA. Pathology of Mashhad hospitals with emphasis on passive defense Case study: Razavi and Imam Reza hospitals. Geography. 2014;12(42):211-38. [In Persian]
9. Ahmadi S, ADL J, Varmazyar S. Risk quantitative determination of fire and explosion in a process unit by DOW's fire and explosion index. Iran Occupational Health Journal. 2008;5:39-46. [In Persian]
10. Kobes M, Helsloot I, De Vries B, Post JG. Building safety and human behaviour in fire: A literature review. Fire Safety Journal. 2010;45(1):1-11. doi:10.1016/j.firesaf.2009.08.005
11. Hirschler MM. Fire hazard and fire risk assessment: ASTM International;1992. doi:10.1520/STP1150-EB
12. Gholmohamadi R. Fire Engineering. Fanavaran press, 2005.
13. Mahdinia M, Yarahmadi R, Jafari M, Koohpaie A, Khazaei M. Fire risk assessment and the effect of emergency planning on risk reduction in a hospital. Qom University of Medical Sciences Journal. 2011;5(3):8-71. [In Persian]
14. Sarsangi V, Saberi H, Malakutikhah M, Sadeghnia M, Rahimizadeh A, Aboee Mehrizi E. Analyzing the risk of fire in a hospital complex by "fire risk assessment method for engineering"(FRAME). International Archives of Health Sciences. 2014. doi:10.5812/jhealthscope.68151
15. Aslani A, Habibi E. Evaluation of the Risk of Fire by FRAME method and survey effect of sprinkler system existence, on the level of fire risk in the University hospital in 2016. Safety Promotion and Injury Prevention. 2019;6(2):65-72. doi:10.5812/jhealthscope.68151
16. Lu S, Mei P, Wang J, Zhang H. Fatality and influence factors in high-casualty fires: A correspondence analysis. Safety Science. 2012;50(4):1019-33. doi:10.1016/j.ssci.2011.12.006
17. Charters DA. Quantified assessment of hospital fire risks. InProc. Interflam. 1996:641-51.
18. Bahranifard A, Ramezani K, Rad AAM, Malekpour M. Proposing an Optimization Procedure and Applying Management Performance in Health and Medical Emergency on Preparedness of Emergency Department in Suburb City Hospitals. Preprints. 2017. doi:10.20944/preprints201708.0075.v1
19. Cyganik KA. Disaster preparedness in virginia hospital center-arlington after Sept 11, 2001. Disaster Management & Response. 2003;1(3):6-80. doi:10.1016/s1540-2487(03)00048-8
20. Norozi MA, Jahangiri M, Ahmadinezhad P, Zare Derisi F. Evaluation of the safety conditions of shiraz university of medical sciences educational hospitals using safety audit technique. Journal of Payavard Salamat. 2012;6(1):42-51.
21. Azadian S, Shirali GA, Saki A. Evaluation Reliability and Validity a Questionnaire to Assess Crisis Management Based on Seven Principles of Resilience Engineering Approach in Hospitals. Iran Occupational Health. 2016;13(1):15-26.
22. Hassan Ha, Saleh A, Mahdi B. Evaluate the structure of Langrud city for passive defense planning. Journal of Geographical Sciences. 2010;15(18):129-49. [In Persian]
23. Yarahmadi R, Gholizade A, Jafari M, Kohpae A, Mahdinia M. Performance Assessment and analysis of national building codes with fire safety in all wards of a hospital. Iran Occupational Health. 2009;6(1):28-36. [In Persian]
24. Jönsson R, Lundin J. The Swedish Case Study, Different Fire Safety Design Methods Applied on a High Rise Building. Division of Fire Safety Engineering. 1998;3099.
25. BM AS. Industrial safety principles and Services. Fanavaran Press. 2005:339.
26. Guo S. Fire risk assessment for commercial buildings based on FRAME method. InIOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2019;223(1):012048.
27. Mahdinia M, Yarahmadi R, Jafari M, Koohpaei A. Presentation of a software method for use of Risk assessment in Building Fire Safety Measure Optimization. Iran Occupational Health. 2012;9(1):9-16. [In Persian]
28. De Smet E. Handbook for the use of this Fire Risk Assessment Method for Engineering. Tweede uitgave;2000.
29. Book FCE. Avilable From: http://www. FRAMEmethod.net/WHATISFRAME/USE / RISK CALCULATION.(cited; 2009).
30. Šakėnaitė J. A comparison of methods used for fire safety evaluation. Mokslas–Lietuvos ateitis/Science–Future of Lithuania. 2010;2(6):42-36. doi:10.3846/mla.2010.109
31. Ng M. Fire Risk Analysis Of The Airport Terminals. International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes. 2003;5(4):7-103.
32. HatamiNejad H, Abdali Y, Qolipour S. Assessing the structural vulnerability of worn-out urban fabric against hazards, with passive defense approach (Case study: Central worn-out fabric of Ahvaz metropolis). Sepehr Geographical Information Scientific-Research Quarterly. 2018;26(104):72-154. [In Persian]