Iran Occupational Health

Iran Occupational Health. 2021 (01 Oct);18: 20

Original Article

http://ioh.iums.ac.ir

Presenting a Safety Rating Algorithm of Office Buildings Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

Hiro Kaleh, Master's degree of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences Tehran, Iran.

Mostafa Pouyakian, (*Corresponding author), Associate Professor, Department of Occupational Health and safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences Tehran, Iran. pouyakian@sbmu.ac.ir

Kourosh Etemad, Associate Professor, Department of Epidemiology, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences Tehran, Iran.

Alireza Abouhossein, Assistant Professor, Department of Ergonomics, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences Tehran, Iran.

Abstract

Background and aims: The need to ensure safety and security, is one of the most critical priorities for humans. Awareness of the safety status of buildings can prevent many accidents and damages. This study is aimed to provide an algorithm for ranking the safety of institutional buildings, to implement a tool to predict institutional buildings' safety status in operation.

Methods: In this study, firstly, a checklist was designed. In the next step, the checklist items were weighted using the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) method. Then, based on the internal relationships of criteria, the safety rating algorithm of institutional buildings was developed. In the next stage, the tools provided for the institutional building of Shahid Beheshti University of Medical Sciences were used, and their level of safety was assessed.

Results: Based on three main criteria, a 42-item checklist was designed. The three main criteria including the "technical-service," "architectural," and "managerial" criteria, gained local weights of 0.549, 0.313, and 0.136, respectively. The ranking algorithm of the building safety, was based on the results of the weighting criteria and decision tree. The safety score of building was calibrated in a five-point scale, from very good to very weak. The results of safety assessment of institutional building of the university, using the proposed algorithm and formula, showed a safety score of 13.27 and was in moderate safety level.

Conclusion: The importance and weight of the criteria affecting the safety of the building are not the same. The items related to emergency exits and firefighting, had the most impact on the safety score of an in operation building. Most of the non-compliances in the building safety inspection, are seen in technical-service and architectural criteria.

Conflicts of interest: None

Funding: None

Keywords

Ranking algorithm

Building safety

Weighting

Fuzzy hierarchical analysis

Institutional building

Received: 2019/01/30

Accepted : 2019/10/16

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

EXTENDED ABSTRACT

BACKGROUND AND POURPOSE

The purpose of this study was to find the factors affecting the safety of office buildings in use; to determine the impact of each factor on the overall safety of the building and finally, provide a systematic framework for rating the safety of buildings. The existing checklists for assessing the safety of office buildings have limitations. Human, constructs and occupies buildings for a variety of purposes, including personal, occupational and social life. Past historical events have shown that the occurrence of accidents in large buildings with a high occupancy, can lead to possible collapse that may result in the major human and economic crises. The recent case of the Plasco fire (2017) ,known as the first multistory building in Iran, has shown that the lack of safety awareness about the multistory shopping centers that were densely occupied, can have a far-reaching human mortality and economic consequences that one may have imagined. Such catastrophic events may not only cause heavy physical damages, but may also indirectly inflict anxiety, post-traumatic stress anxiety and even impose chronic stress on the society, raising concerns about the safety of their own residential or business buildings. Under the National Building Code of Iran and the International Building Code (IBC), buildings based on their occupation, are divided into ten categories 1) Assembly, 2) Business, 3) Educational, Factory and Industrial, 4) High hazard, 5) Institutional, 6) Mercantile, 7) Residential, 8) Storage Buildings, 9) Utility and 10) Miscellaneous Buildings. Office buildings falling into the business category, usually have a high occupancy, as employees spend many hours in the building throughout a work day. Moreover, the large amounts of office equipment that are flammable, along with the important and valuable office documents that are kept inside the building, might be an important factor in starting and maintaining a hazardous fire. Therefore, providing sustainable safety guidelines for these buildings are of interest. Deterioration of the structural strength of buildings, is also a slow progress and it is usually not alarming. However, the purpose of building occupancy tends to change throughout its life span, resulting in an accelerated building depreciation leading to the possible occurrence of hazardous accidents. Therefore, timely and comprehensive monitoring of the safety of buildings, plays a vital role in preventing many accidents and damages. Studies have shown that all fire damages occur when preventive safety principles are not considered. Therefore, proper monitoring of the safety of the buildings in use, and timely alert is a smart way to prevent the occurrence of any accident in an occupied building, and it is a must. The safety of the building is influenced by several factors during its operation. The effect of these factors on the overall safety of the building is not equal. Therefore, the building's safety assessment and rating, can be formulated as a multi-criteria decision-making problem. On the other hand, a regular building inspection structure to avoid the possibility of negligence by a competent inspector, requires comprehensive criteria to guarantee the overall safety of the building. Thus, the focus of this research was to find the influencing factors on assessing business/office buildings, and create a systematic ranking table for rating the safety of a building.

METHODES

The Analytical Hierarchy Process (AHP) technique is a multi-criteria decision-making method that is used to solve complex decision-making problems. Applying this technique helps the decision-maker to set priorities for a better decision making. This is a simple and very flexible method in which the abilities and competence of the experts are used to judge the preference of subjects over one another. Using a similar method, we started by the inclusion of a tool-making study that is implemented using the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP). In addition, applying the AHP technique with the fuzzy logic approach can reduce the uncertainty of verbal judgments in pairwise comparisons. In this study, first, the factors affecting the safety of office buildings were identified by reviewing the literature and the National Building Regulations of Iran. These factors were categorized into three main groups (criteria). Sub-criteria and items of the office building safety in each group were identified. The importance and weight of each criterion, sub-criterion, and item were determined by the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) based on experts' opinion. For this purpose, the AHP hierarchical decision tree was plotted. It consisted of goal, criteria, sub-criteria, and alternatives. Then the fuzzy numbers were defined for pairwise comparisons. A 9-part preference scale was used to do pairwise comparisons of all the elements at each level (criteria, sub-criteria, and alternatives). A paired comparison questionnaire of criteria and sub-

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

criteria was completed and prepared by experts. Then, the pairwise comparison matrix (Ã) was formed using fuzzy numbers. Next, the experts' views were merged using the Buckley's fuzzy geometric mean method. The Consistency Ratio (CR) was calculated using the Gogus and Boucher method. In the next step, weights of criteria and options were calculated using Buckley geometric mean method. This step involved calculating the fuzzy geometric mean value $\tilde{r}_i$ for each of the criteria or options, calculating the fuzzy weight $\tilde{w}_i$ for each criterion or option, defuzzification of fuzzy weights of criteria and alternatives, and determining the final weight based on the normalized exact numbers, respectively. The final weight of the alternatives was determined using the absolute AHP method. Finally, the ranking algorithm for office building safety was developed based on the internal relationships of the criteria and sub-criteria. In the last step, the proposed algorithm was used to assess the safety level of the headquarters of Shahid Beheshti University of Medical Sciences.

RESULTS

The 42 items affecting the safety of office buildings, were extracted from the literature review and were classified into three main groups including "technical-service", "architectural" and "management" criteria. The main criteria (technical-service, architectural, management) in the weighting stage, earned local weights of 0.554, 0.313 and 0.136, respectively. Among the sub-criteria, fires with a total weight of 0.195, and training and giving information to building users with a total weight of 0.015, had the first and the last priority. The 42 items on the safety of office buildings were prioritized in 26 ranks, out of the 42 final items, the number of exits, the visibility, access, and the change of exits capacity, placement and positions of exits, and the general criteria for the use of visual and audio safety signs with a global weight of 0.08 and 0.0032, respectively were given the first and the last priority. The overall consistency ratio was less than 0.1 and was acceptable. The building safety ranking algorithm was designed based on the results of the weighting criteria and decision tree; and was finalized as an inspection checklist. The impact of the existence of the building's technical certification (as a legal document issued by municipality at the end of the project indicating the compliance with technical requirements of construction in Iran) and building's age (in terms of time function curves) are considered as two coefficients, and were considered in the building safety evaluation and ranking algorithm. The number of coefficients was obtained based on expert opinions. The building safety rating index was rated as very good, good, average, poor and very poor and ranged from 0.04 to 0.53. Afterwards, according to the proposed algorithm and formula (TBSS[1]= f ×[2] 100 – [(f×100×0.25) +ASF[3]]), the safety score of headquarters of Shahid Beheshti University of Medical Sciences was calculated to be 13.72. Finally, based on the safety score, the safety level of the building was in the moderate range.

CONCLUSION

The issue of comprehensive safety assessment of the business/office buildings has not received much attention. Existing research and proposed approaches have mainly focused on the issue of fire in buildings, and have not seriously addressed other factors affecting the safety of buildings during its occupancy. Checklists are one of the main ways used by inspectors to assess the safety status of buildings. But the effectiveness of this tool depends on its comprehensiveness and presence of essential items in the checklist. In addition, the impact of each item of the checklist on the final safety score is not the same. The building safety assessment through observational inspection is a decision-based process. Existing checklists ignore the value of each item's impact on overall building safety, and do not determine the overall safety status of the building after inspection. While today's modern methods of risk assessment for managers, employers, and decision-makers are keen to take, along with the details, the overall safety status of the organization is covered and act upon. In the present study, the safety score of buildings in use was calculated based on the results of the observational inspection, the age of the building and the presence or absence of a building technical certificate, and was based on an inventive model. This model has been a systematic way of assessing the safety of office buildings through observational inspection and its ability to evaluate the building safety was demonstrated in a case study. In addition to technical-service and architectural factors, management factors were also considered in evaluating the office buildings. These factors play an important role in the safety

1 Total Building Safety Score
2 Safety Score obtained from weighted Checklist
3 Age Safety Factor

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

of buildings in use, and should be considered in the safety inspections. In future studies, corrective strategies can be provided for each of the building safety levels, based on evidence and field studies. Also, the impact of building age on safety can be explored in greater depth by evidence-based studies. One of the limitations of this study is the lack of accurate information and evidence-based studies on the impact of age on building safety. Also, the impact of the implementation of requirements listed in the building's technical certificate on building structural safety, has not been studied so far. Evaluation of the effect of this factor on building safety was also done based on expert evaluation and subjective judgment. Therefore, studies related to the impact of age and building's technical certificate on future building safety scores are necessary. Finally, it can be concluded that the importance and weight of the criteria affecting the safety of the building are not the same. Among the dozens of items extracted from the literature review and National Building Regulations of Iran, regulations and elements related to safety exits and firefighting have the most weight and impact on the safety score of office buildings in use. Therefore, it is essential to focus on the safety of the exit ways and fire safety in the occupied buildings. The results of applying the proposed algorithm for evaluating the safety of the headquarters of Shahid Beheshti University of Medical Sciences showed that the building safety score was average and the most unconformities were in technical-service and architectural criteria. Therefore, corrective actions and removal of unconformities are necessary to improve the safety of the building. The results also showed that the lack of a technical certificate of the building, especially for old buildings, has a significant influence on the level of safety. Therefore, obtaining a technical certificate can also be effective in raising the building's final safety score. Finally, ranking the main elements that influence the safety assessment of the building, its ease of use and the existence of an evaluation guideline are the advantages of the proposed algorithm for evaluating the occupied business/office building safety.

How to cite this article:
Hiro Kaleh, Mostafa Pouyakian, Kourosh Etemad, Alireza Abouhossein. Presenting a Safety Rating Algorithm of Office Buildings Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). Iran Occupational Health. 2021 (01 Oct);18:20.

***This work is published under CC BY-NC 4.0 licence**

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

سلامت کار ایران
دوره ۱۸ - ۲۰/۱۴۰۰

مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

ارائه الگوریتم رتبه بندی ایمنی ساختمان های اداری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

هیرو کاله: کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
مصطفی پویاکیان: (* نویسنده مسئول) دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
pouyakian@sbmu.ac.ir
کورش اعتماد: دانشیار، گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
علیرضا ابوحسین: استادیار، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: ساختمان‌ها، انسان و اموال را درون خود نگه داشته و در مقابل تهدیدات و آسیب های گوناگون محافظت می کند. آگاهی از وضعیت ایمنی ساختمان ها می تواند جلوی بسیاری از حوادث و خسارات را بگیرد. هدف از این تحقیق ارائه الگوریتم رتبه بندی ایمنی ساختمان های اداری در حال بهره برداری به منظور ارائه ابزاری جهت پیش آگاهی از وضعیت ایمنی این نوع ساختمان ها می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه ابتدا فاکتورهای موثر بر ایمنی ساختمان های اداری بر اساس مرور منابع و مقررات ملی ساختمان ایران تعیین گشته و سپس چک لیست طراحی، روان سنجی و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) وزن دهی شد. سپس الگوریتم رتبه بندی ایمنی ساختمان های اداری بر اساس روابط درونی معیارها تهیه گردید. در مرحله بعدی ابزار ارائه شده برای ارزیابی سطح ایمنی ساختمان اداری دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی بکار برد.

یافته ها: چک لیست ۴۲ آیتمی بر اساس سه معیار اصلی دخیل در ایمنی ساختمان طراحی و شاخص های روان سنجی آن در حد قابل قبول ارزیابی شد. معیارهای اصلی شامل معیارهای "فنی- خدماتی"، "معماری" و "مدیریتی" به ترتیب وزن های موضعی ۰/۵۴۹، ۰/۳۱۳ و۰/۱۳۶ را در ایمنی ساختمان کسب کردند. الگوریتم رتبه بندی ایمنی ساختمان بر اساس نتایج به دست آمده از وزن دهی معیارها و درخت تصمیم ساخته شد. شاخص ارزیابی ایمنی ساختمان در ۵ رتبه از خیلی خوب تا خیلی ضعیف تعیین گردیده. نتایج ارزیابی ایمنی ساختمان اداری دانشگاه با استفاده از الگوریتم و فرمول ارائه شده نشان می دهد که نمره ایمنی آن ۱۳/۲۷ بوده و در محدوده سطح ایمنی متوسط قرار داشت.

نتیجه گیری: اهمیت و وزن معیارهای اثرگذار بر ایمنی ساختمان یکسان نیستند. از میان آیتم های استخراج شده، مقررات و عناصر مرتبط با ایمنی راه های خروج و اطفاء حریق بیشترین وزن و تاثیر را در نمره ایمنی ساختمان های اداری در حال بهره برداری به خود اختصاص داده اند. بیشترین عدم انطباق ها در بازرسی از ایمنی ساختمان در معیارهای فنی-خدماتی و معماری دیده می شوند.

تعارض منافع: گزارش نشده است.
منبع حمایت کننده: ندارد.

کلیدواژه‌ها
الگوریتم رتبه بندی
ایمنی ساختمان
وزن دهی
تحلیل سلسله مراتبی فازی
ساختمان اداری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۴

شیوه استناد به این مقاله:
Hiro Kaleh, Mostafa Pouyakian, Kourosh Etemad, Alireza Abouhossein. Presenting a Safety Rating Algorithm of Office Buildings Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). Iran Occupational Health. 2021 (01 Oct);18:20.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC 4.0 صورت گرفته است

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

مقدمه

نیاز به تأمین ایمنی و امنیت یکی از خواسته های مهم برای انسان است. بشر برای زیست جمعی خود شروع به ساختن ابنیه، اماکن، معابر و تاسیسات مختلفی می نماید که در نتیجه ی آن مجموعه هایی از تصرفات با کاربری های گوناگون احداث می شود. در این میان ساختمان، انسان و اموال را درون خود نگه داشته و در مقابل تهدیدات و آسیب های گوناگون محافظت می کند. (۱، ۲).

بر طبق دسته بندی ارائه شده در کد بین المللی ساختمان[1]، ساختمان ها به ۱۱ دسته شامل سالن های اجتماع و جلسات[2]، کسب و کار[3]، آموزشی[4]، کارخانه و صنعتی[5]، خطر بالا[6]، اداری و حرفه ای[7]، بازرگانی و تجاری[8]، مسکونی[9]، انبار[10]، تاسیسات و متفرقه[11] تقسیم شده اند (۳). ساختمان های اداری دارای تراکم بالای اشغال می باشند و تعداد زیادی از کارمندان وقت زیادی را در آنها می گذرانند که این موضوع به مراتب باعث تشدید خطرات این نوع ساختمان ها می شود (۹).

از جمله حوادث مهمی که در ساختمان های در حال بهره برداری روی داده است، می توان به حادثه آتش سوزی کتابخانه دانشکده حقوق دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۴ اشاره کرد این حادثه منجر به از بین رفتن اسناد تاریخی ارزشمندی شد. انفجار در آزمایشگاه بیوشیمی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۸۵ که منجر به مرگ یک فرد و از دست دادن بسیاری از تجهیزات آزمایشگاهی شد (۴). همچنین آتش سوزی و انفجار مهیب ساختمان بزرگ پلاسکو در سال ۱۳۹۵، آتش سوزی در برج دوقلوی تهران در سال ۱۳۹۶ و آتش سوزی برج مسکونی گرنفل لندن در سال ۲۰۱۷ از جمله حوادث ساختمان های در حال بهره برداری بوده اند. تاریخ نشان داده است که وقوع حوداث در ساختمان های بزرگ با تراکم بالای ساکنین می تواند منجر به فجایع و بحران های بزرگی شود. عدم آگاهی از وضعیت ایمنی ساختمان های در حال بهره برداری می تواند عواقب بسیار گسترده ای داشته باشد و باعث تشویش، اضطراب و نگرانی افکار عمومی از سطح ایمنی محل زندگی و کارشان گردد و خسارت های مستقیم و غیرمستقیم زیادی بر اقتصاد کشور داشته باشد. ایمنی محل سکونت و آگاهی از آن به طور مستقیم بر عادت های روزانه ساکنین منطقه و همچنین سطح فعالیت های اقتصادی و درآمد حاصل از آن در املاک و مستغلات آنها تاثیر می گذارد. این متغیرها، به نوبه خود، بر جریان جمعیت محلی و در نهایت توسعه اقتصادی و اجتماعی منطقه تاثیر گذار خواهد بود. (۵).

سازه های زیربنایی مانند پل ها و ساختمان ها ارزش زیادی دارند و جزو دارایی های حیاتی ایمنی یک جامعه می باشند. از آنجایی که با گذشت زمان، وضعیت و ساختارشان رو به زوال و تخریب است، بنابراین نظارت بر وضعیت آنها و ارائه هشدار به موقع، بسیار مهم است(۶). آگاهی از وضعیت ایمنی ساختمان ها می تواند جلوی بسیاری از حوادث و خسارات را بگیرد برای مثال مطالعات نشان می دهد تمامی خسارات های ناشی از حریق در حالی رخ می هد که با به کارگیری اصول ایمنی، ۷۵٪ درصد از آتش سوزی ها قابل پیش بینی و پیش گیری می باشند (۷). بنابراین شرایط ساختمان باید به صورت دوره ای مورد ارزیابی قرار گیرد تا قابلیت اطمینان آن برای استفاده در آینده تعیین شود (۸). ایمنی ساختمان نیاز به مراقبت و برنامه ریزی در طول عمر پروژه از مرحله طراحی تا نگهداری دارد (۹). در این راستا ارائه ابزاری جهت بررسی وضعیت ایمنی ساختمان با استفاده از روش قابل اعتماد و ساده حائز اهمیت می باشد.

از جمله مطالعاتی که در این زمینه انجام گرفته اند، مطالعه Khalil و همکاران که شاخص های عملکرد ساختمان و ریسک کاربران را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی رتبه بندی کردند (۱۰). در مطالعه Li HM و همکاران ارزیابی ایمنی ساختمان ها بر اساس AHP یکپارچه و ارزیابی جامع فازی را برای یک مدرسه انجام دادند. آنها عوامل موثر بر ایمنی ساختمان را در پنج گروه دسته بندی کردند: ظرفیت تحمل ساختار، امکانات و تجهیزات، صلاحیت پرسنل، کاربرد محیط، تاریخچه استفاده. سپس با توجه به این عوامل، وضعیت ایمنی ساختمان را بر اساس پنج معیار بسیار خوب تا بسیار ضعیف مورد ارزیابی قرار دادند (۱۱). همچنین Hassanain و همکاران یک سیستم رتبه بندی ایمنی حریق (SH-FSRS) برای خوابگاه دانشجویی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام دادند (۱۲). میرکاظمی و همکاران نیز باشگاه های بدن سازی شهر رشت را از نظر ایمنی با استفاده از روش های تصمیم گیری

1 International Building Code (IBC)
2 Assembly
3 Business
4 Educational
5 Factory and Industrial
6 High Hazard
7 Institutional
8 Mercantile
9 Residential
10 Storage
11 Utility and Miscellaneous

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

چند معیاره رتبه بندی کردند (۱۳).

هدف از این پژوهش ارائه یک الگوریتم رتبه بندی ایمنی ساختمان با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره فازی برای ساختمان های اداری در حال بهره برداری می باشد. بر اساس تجزیه و تحلیل وضعیت فعلی و مشکلاتی که در مورد مدیریت ایمنی ساختمان ها وجود دارد، راهبردهای پیشگیرانه و کنترل مربوطه ارائه خواهد شد تا با استفاده از آنها بتوان ساختمان ها را از نظر ایمنی دسته بندی نموده و در خصوص وضعیت ایمنی فعلی آنها قضاوت نمود. با آگاهی از این شاخص ها، صاحبان ساختمان، توسعه دهندگان و سازمان های دولتی و شرکت های بیمه بهتر از سطح ایمنی ساختمان های مختلف مطلع می شوند و می توانند تصمیمات آگاهانه و اجتماعی بیشتر و بهتری در آینده بگیرند. در واقع الگوریتم ارائه شده به عنوان یک ابزار هشدار زود هنگام برای پیش بینی حوادث و جلوگیری از وقوع آنها عمل خواهند نمود.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع کاربردی و ساخت ابزار می باشد که با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام گرفته است. روش تحلیل سلسه مراتبی فازی (FAHP)[1] روشی قابل اجرا، علمی و منطقی جهت بررسی و حل مسائل تصمیم گیری در زمینه ایمنی ساختمان است (۱۱). همچنین این روش یک ابزار مدرن برای تصمیم گیری های پیچیده است و به تصمیم گیرنده برای تعیین اولویت ها جهت تصمیم گیری بهتر کمک می کند. علاوه بر این، با ترکیب AHP و منطق فازی، می توان مشکل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یعنی ابهام و گنگ بودن فرآیند مقایسه زوجی را برطرف نمود (۱۴، ۱۵). این روش ساده و بسیار انعطاف پذیر می باشد که در آن از توانایی ها و شایستگی افراد خبره برای قضاوت در مورد میزان ارجحیت موضوعات به همدیگر استفاده می شود. همچنین استفاده از اعداد فازی سازگاری بیشتری با عبارات کلامی و مفهومی انسانی دارد. بنابراین انعکاس سبک تفکر انسانی نیز در این روش امکان پذیر است (۱۵، ۱۶). روش تحلیل سلسله مراتبی فازی امکان فرموله کردن مسئله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند (۱۷). این روش ترکیبی از تحلیل کیفی و کمی است که به شیوه ای سیستماتیک و معقول به حل مسائل مرتبط با تصمیم گیری و رتبه بندی می پردازد (۱۱). این فرآیند از مقایسه های دو به دویی متغیرها و معیارهای تصمیم گیری استفاده می نماید. مقایسات زوجی به تصمیم گیرنده این امکان را می دهد که فارغ از هرگونه نفوذ و مزاحمت خارجی تنها بر روی مقایسه دو معیار تمرکز کند (۱۸).

مطالعه طی سه مراحله به شرح زیر انجام شد:

مرحله اول: طراحی چک لیست

در این مرحله براساس مرور منابع موجود در زمینه ایمنی ساختمان و مقررات ملی ساختمان ایران، فاکتورهای موثر بر ایمنی ساختمان های اداری در حال بهره برداری استخراج شدند. سپس این معیارها بر اساس مطالعه Khalil N (۲۰۱۶) و Hiumin Li (۲۰۱۱) در سه گروه معیارهای فنی- خدماتی، معماری و مدیریتی دسته بندی گردیدند. براساس معیارهای استخراج شده چک لیست و راهنمای آن طراحی شد. راهنما مشخص می کند که قضاوت در مورد زیر معیارها در چه شرایطی، یکی از گزینه های خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف، خیلی ضعیف را به خود اختصاص می دهد. سپس شاخص های روان سنجی ابزار بررسی و برآورد گردید. جهت انجام روایی، روایی صوری کیفی توسط ۸ نفر و روایی صوری کمی توسط ۲۰ متخصص در حوزه ایمنی و بهداشت حرفه ای بررسی شد. روایی محتوایی (CVR, CVI) نیز توسط ۱۰ نفر متخصص انجام پذیرفت. برای انجام پایایی، شاخص های آلفای کرونباخ و ICC براساس نتایج حاصل از کاربرد ابزار توسط ۲۶ نفر از کارشناسان مهندسی بهداشت حرفه ای برآورد گردید (۱۹-۲۲). نتایج تفصیلی این بخش از مطالعه در مقاله دیگری ارایه و برای چاپ پذیرفته شده است. (مجله Work، نوامبر ۲۰۲۱).

مرحله دوم: انجام روش تحلیل سلسه مراتبی فازی (FAHP)

این مرحله به ترتیب مراحل زیر انجام شد:

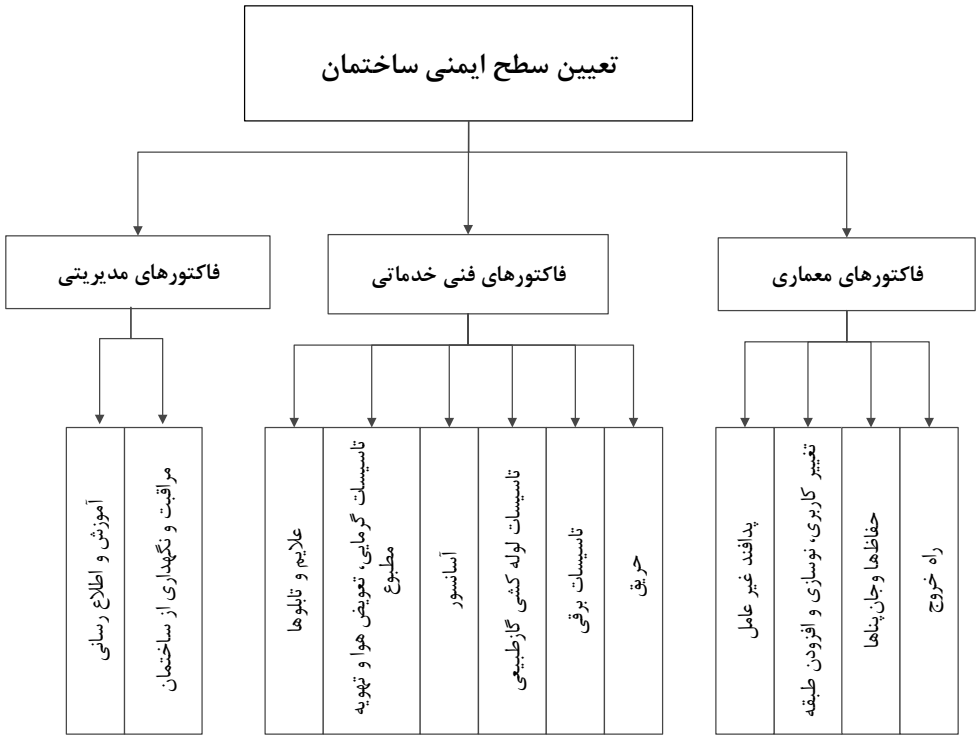
۱- رسم نمودار سلسله مراتبی AHP: این نمودار متشکل از هدف، معیار، زیرمعیار و گزینه ها می باشد که در شکل ۱ ارائه شده است (۲۳).

۲- تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسات زوجی: برای انجام مقایسات زوجی تمامی عناصر در هر سطح از مقیاس ۹ قسمتی ساعتی مطابق جدول ۱ استفاده شد (۱۶).

1 Fuzzy Analytic hierarchy process

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]



شکل ۱. نمودار سلسله مراتب رتبه بندی ایمنی ساختمان

جدول ۱. متغیرهای کلامی برای مقیاس مقایسات زوجی فازی (۲۲،۱۴)

متغیرهای زبانی	اعداد فازی مثلثی	مقیاس فازی مثلثی
ترجیح یکسان	$\tilde{1}$	(1,1,1)
ترجیح یکسان تا متوسط	$\tilde{2}$	(1,2,3)
ترجیح متوسط	$\tilde{3}$	(2,3,4)
ترجیح متوسط تا قوی	$\tilde{4}$	(3,4,5)
ترجیح قوی	$\tilde{5}$	(4,5,6)
ترجیح قوی تا خیلی قوی	$\tilde{6}$	(5,6,7)
ترجیح خیلی قوی	$\tilde{7}$	(6,7,8)
ترجیح خیلی قوی تا فوق العاده	$\tilde{8}$	(7,8,9)
ترجیح فوق العاده	$\tilde{9}$	(8,9,9)

۳- تدوین پرسش‌نامه مقایسات زوجی معیارها و زیرمعیارها جهت قضاوت متخصصین: در این مرحله چک لیست مقایسات زوجی، گروه خبرگان تشکیل شد و مقایسات زوجی معیارها، زیرمعیارها توسط گروه خبرگان انجام پذیرفت(۲۳).

۴- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی ($\tilde{A}$) با به کارگیری اعداد فازی: به طور کلی یک ماتریس مقایسات زوجی $\tilde{A}$ به صورت رابطه۶ نشان داده می شود که در اینجا a_{ij} ترجیح معیار یا رتبه i نسبت به زاست (۲۴،۱۵).

مشخصات گروه خبرگان مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. میزان میانگین و انحراف معیار سابقه کار خبرگان شرکت کننده در مطالعه برابر با ۱۰/۸۸ و۴/۳۵ می باشد.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{1n} & \tilde{a}_{1n} \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (۱)$$

که این ماتریس حاوی اعداد فازی زیر است:

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

جدول ۲. مشخصات گروه خبرگان

ردیف	تخصص	مقطع	سابقه (سال)
۱	بهداشت حرفه ای	دکترا	۱۰
۲	بهداشت حرفه ای	دکترا	۱۲
۳	بهداشت حرفه ای	دکترا	۸
۴	بهداشت حرفه ای	دکترا	۸
۵	بهداشت حرفه ای	دکترا	۷
۶	ایمنی	کارشناسی	۸
۷	برق	کارشناسی ارشد	۱۷
۸	معماری	کارشناسی ارشد	۲۰
۹	عمران	کارشناسی ارشد	۸

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} \tilde{1},\tilde{2},\tilde{3},\tilde{4},\tilde{5},\tilde{6},\tilde{7},\tilde{8},\tilde{9} & if\ C/Ai\ is\ relatively\ important\ to\ C/Aj \\ 1 \quad if\ i=j \\ \frac{1}{\tilde{1}},\frac{1}{\tilde{2}},\frac{1}{\tilde{3}},\frac{1}{\tilde{4}},\frac{1}{\tilde{5}},\frac{1}{\tilde{6}},\frac{1}{\tilde{7}},\frac{1}{\tilde{8}},\frac{1}{\tilde{9}} & if\ C/Ai\ is\ less\ important\ to\ C/Aj \end{cases} \quad (۲)$$

در این رابطه C و A به ترتیب بیانگر معیار (Criteria) و گزینه (Alternative) می باشد.

۵-ادغام نظرات متخصصین: در این مرحله پرسش نامه ها جهت تعیین وزن نهایی با استفاده از روش میانگین هندسی فازی Buckley مطابق با رابطه ۳ ادغام شد (۲۵).

$$\tilde{a}_{ij} = \left(\tilde{a}_{ij}^{1} \times \tilde{a}_{ij}^{2} \times \ldots \times \tilde{a}_{ij}^{E}\right)^{\frac{1}{E}} \quad (۳)$$

۶- محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس: نرخ ناسازگاری (CR)، با استفاده از روش Gogus and Boucher طبق رابطه ۴ و۵ محاسبه گردید. در صورتی که مقدار حاصل کمتر از ۰/۱۰ باشد ماتریس ها سازگار قلمداد می شوند و می توان به نتایج حاصل از آنها اعتماد کرد، در غیر این صورت باید پرسش نامه مربوط به این محاسبات را به خبره مورد نظر بازگرداند تا مورد بازنگری قرار دهد.

$$CR_m = \frac{CI_m}{RI_m} \quad (۴)$$

$$CR_g = \frac{CI_g}{RI_g} \quad (۵)$$

در روابط بالا CR_m مقدار نرخ ناسازگاری میانی و CR_g مقدار نرخ ناسازگاری هندسی می باشد.

۷- تعیین وزن معیارها و گزینه ها با استفاده از روش میانگین هندسی Buckley

۷-۱- محاسبه مقدار میانگین هندسی فازی $\tilde{r}_i$ برای هریک از معیارها یا گزینه ها: مقدار میانگین هندسی هریک از معیارها یا گزینه ها در ماتریس های گروهی به دست آمده از طریق رابطه ۶ محاسبه شد.

$$= \left(\tilde{a}_{i1} \times \tilde{a}_{i2} \times \ldots \times \tilde{a}_{in}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (۶)$$

در این رابطه n بیانگر تعداد درایه های ماتریس در هر سطر می باشد.

۷-۲- محاسبه وزن فازی $\tilde{w}_i$ برای هر معیار یا گزینه: مقدار وزن فازی هر معیار یا گزینه در ماتریس های گروهی با استفاده از رابطه ۷ محاسبه شد.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \times \left(\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \ldots + \tilde{r}_n\right)^{-1} \quad (۷)$$

در این رابطه $\tilde{r}_k$ و $\tilde{r}_k^{-1}$ بیانگر اعداد فازی می باشند.

۷-۳- دفازی کردن وزن های فازی معیارها و گزینه ها: در این مرحله وزن های فازی به دست آمده را با استفاده از روش مرکز سطح (COA[1])، مطابق رابطه ۸ دفازی گردیدند (۲۶).

$$w_i = [((Uw_i - Lw_i) + (Mw_i - Lw_i)) / 3] + Lw_i \quad (۸)$$

۷-۴- وزن نهایی برمبنای اعداد دقیق (Crisp) نرمال شده: در این مرحله با تقسیم کردن وزن هریک از معیارها به مجموع وزن های به دست آمده، وزن نرمال شده هر معیار محاسبه شد.

۸- تعیین وزن نهایی گزینه‌ها با استفاده از AHP مطلق: از آنجایی که گزینه ها در این مطالعه شامل مقیاس ۵ درجه ای (خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی

1 Center of Area

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

ضعیف) می باشند و در مواردی مثل مطالعه حاضر که گزینه های تحت بررسی مدام در حال افزایش یا کاهش می باشند امکان استفاده از روش نسبی جهت تعیین وزن گزینه ها وجود ندارد. چرا که اگر در چنین شرایطی از روش نسبی استفاده گردد، با هر تغییر در گزینه ها، مقایسات زوجی باید تماماً از نو انجام شود، که این امر بسیار زمان برخواهد بود. همچنین به منظور ایجاد قابلیت استفاده ی عمومی و ایجاد سهولت در استفاده از روش پیشنهادی توسط کارشناسان بهداشت حرفه ای و ایمنی و عدم نیاز به انجام محاسبات حجیم FAHP، از روش رویکرد مطلق استفاده شد(۲۷-۲۹). مقیاس رتبه دهی پنج گانه پیشنهادی لیبراتور شامل طیف های خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف به ترتیب با وزن های ۰/۵۳، ۰/۲۴، ۰/۱۳، ۰/۰۶ و ۰/۰۴ می باشد. وزن نهایی و نرمال شده هر گزینه (سطح ایمنی ساختمان) با استفاده از رابطه ۹ محاسبه شد (۳۰).

$$f = \sum_{j=1}^{n} a_i . w_j \qquad i = 1,2,3, \ldots \qquad (۹)$$

در این رابطه a_i بیانگر اهمیت مطلق هر گزینه به ازای هر معیار از طریق رتبه بندی و w_j نشانگر اهمیت نسبی معیار C_i است و f نمره ایمنی ساختمان حاصل از چک لیست می باشد.

۹- تعیین سطح ایمنی ساختمان

در این مرحله جهت پر کردن چک لیست برای ساختمان اداری، هر گزینه نسبت به هر آیتم توسط فرد ارزیاب با استفاده از مقیاس ۵ درجه ای (عالی، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف) رتبه دهی شد. سپس آنالیز اطلاعات جمع آوری شده انجام گرفت. نمره چک لیست طبق رابطه 9بدست آمد و سپس بر اساس نمره حاصل از چک لیست، ضریب شناسنامه و ضریب سن (نمودارهای شکل ۳) با استفاده از رابطه 10 نمره ایمنی ساختمان محاسبه شد. در نهایت بر اساس جدول ۴ سطح ایمنی ساختمان تعیین شد.

مرحله سوم: کاربرد ابزار ارائه شده

در این مرحله ابزار تهیه شده برای ساختمان اداری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی استفاده شد.

تعیین سطح ایمنی ساختمان اداری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با استفاده از ابزار ارائه شده

به منظور درک بهتر و بیان چگونگی اجرای روش و مشخص نمودن امکان پذیری انجام آن، الگوریتم ارائه شده جهت ارزیابی و تعیین سطح ایمنی ساختمان، در ساختمان اداری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی اجرا گردید. بدین ترتیب، چک لیست توسط پژوهش گر برای ساختمان اداری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تکمیل و اطلاعات ثبت شد. جهت پاسخ به سوالاتی که نیاز به ارتباط با مسئول فنی ساختمان بود، سوالات توسط پژوهش گر پرسیده شده، سپس با استفاده از الگوریتم ساخته شده سطح ایمنی ساختمان بدست آمد.

یافته ها

۴۷ آیتم مرتبط با ایمنی ساختمان، از بررسی و مرور متون با تاکید بر مقررات ملی ساختمان استخراج شد. این آیتم ها در سه گروه فاکتورهای معماری، فنی خدماتی و مدیریتی دسته بندی شد. چک لیست و راهنمای آن براساس آیتم های استخراج شده، طراحی گشتند. در طی مراحل روایی سنجی ۵ آیتم حذف گردید. مقادیر شاخص های مختلف روایی سنجی برای بقیه آیتم ها نشان دهنده روایی قابل قبول آنها می باشند. نتایج بررسی پایایی درونی، میزان آلفای کرونباخ و ICC را برای کل آیتم های چک لیست به ترتیب ۰/۸۲ و بالاتر ۰/۷۵ نشان داد. این مقادیر به استناد مطالعات مشابه قابل پذیرشمی باشند. در نهایت چک لیست ۴۲ آیتمی به همراه راهنمای ارزیابی ارائه شد.

وزن دهی

بر اساس نتایج حاصل از وزن دهی به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی که معیارهای اصلی، معیار فنی-خدماتی، معماری و مدیریتی به ترتیب وزن های موضعی ۰/۵۴۹، ۰/۳۱۳ و۰/۱۳۶ را کسب کردند. همچنین در بین زیر معیارها، حریق با وزن سراسری ۰/۱۹۷ و آموزش و اطلاع رسانی به کاربران ساختمان با وزن سراسری ۰/۰۱۵۵ اولویت اول و آخر را گرفتند. در بین ۴۲ آیتم نهایی چک لیست، الزامات تعداد راه خروج، قابلیت رؤیت، دسترسی و تغییر ظرفیت خروج ها، جانمایی و موقعیت خروج ها و ضوابط کلی استفاده از علائم نوری و صوتی به ترتیب با وزن سراسری ۰/۰۸۸ و ۰/۰۰۳۲ اولویت اول و اولویت آخر را به خود اختصاص دادند. نرخ ناسازگاری کل چک لیست کمتر از ۰/۱ محاسبه گردید و مقدار آن قابل قبول می باشد. رتبه بندی آیتم های چک لیست بر اساس مقدار وزن سراسری در جدول ۳

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

ارائه شده است.
مرحله دوم: کاربرد ابزار

ساختمان شماره ۲ ستاد دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ۴۵ سال پیش با کاربری مسکونی (خوابگاه)

جدول ۳. رتبه بندی آیتم های چک لیست بر اساس مقدار وزن سراسری

آیتم	وزن سراسری	رتبه
الزامات تعداد راه خروج، قابلیت رؤیت، دسترسی و تغییر ظرفیت خروج ها، جانمایی و موقعیت خروج ها	۰/۰۸۸	۱
الزامات سیستم کشف و اعلام حریق، کنترل و نگهداری سیستم های اعلام و اطفای حریق	۰/۰۷۹	۲
الزامات وسایل جداکننده، هادی حفاظتی تجهیزات الکتریکی و الزامات تأمین نیروی برق در مصارف اضطراری و ایمنی و نیروگاه اضطراری	۰/۰۵۴	۳
الزامات طراحی، عرض و ظرفیت راهروی دسترس خروج	۰/۰۴۹	۴
الزامات سیستم برق و روشنایی راه های خروج	۰/۰۴۲۶	۵
دوره تناوب بازرسی تاسیسات مکانیکی (دهانه های هوای دریافتی از بیرون و دهانه های تخلیه هوا، کانال کشیها، کشیدگی تسمه و دمپرهای ضد آتش، معاینه فنی موتورخانه، دیگ آب گرم، دیگ بخار و تجهیزات مربوطه، آب گرمکنها، مبدلها و مخازن تحت فشار و منابع انبساط، کوره های هوای گرم (سیستم گرمایشی) و دودکشها، ذخیره سازی و لوله کشی سوخت مایع و تاسیسات تبرید)	۰/۰۳۷	۶
الزام طراحی فضای امن و ظرفیت آن، الزامات پهنای مسیر امدادرسانی ، طراحی شبکه مسیرهای سواره رو و تخلیه اضطراری	۰/۰۳۲۸	۷
الزامات تابلوهای توزیع و تقسیم نیروی برق و شرایط نصب آن، شرایط دسترسی به کلیدهای برق و کلیدهای مینیاتوری نوع پیچی و خودکار در تأسیسات الکتریکی	۰/۰۳۱۶	۸
تغییرکاربری، نوسازی و اضافه کردن طبقه	۰/۰۳۱۴	۸
الزامات شیر قطع و وصل و تخلیه، لوازم اندازه گیری، کنترل سطح پایین آب، شیر اطمینان، تخلیه شیر اطمینان و مراقبت از وجود شعله در دیگ آب گرم و دیگ بخار	۰/۰۳۰۳	۹
الزامات شیر اطمینان لوله کشی، لوله هواکش، لوله پرکن و لوله رفت و برگشت و وسیله اندازه گیری سطح مایع مخازن سوخت مایع	۰/۰۳۰۴	۹
الزام وجود پناهگاه، مشخصات پناهگاه و الزامات راه های ورود، فرار و خروجی اضطراری آن	۰/۰۲۹۹	۱۰
وضعیت خروج حین قطع برق، زنگ اخبار، تلفن، برق و توقف اضطراری در آسانسور و الزام تعبیه آسانسور برانکارد بر و صندلی چرخ دار در ساختمان، شناسنامه دار بودن آسانسور	۰/۰۲۹۷	۱۰
زمان دوره تناوب بازرسی دودکش ها و متعلقات، تجهیزات گازسوز ثابت و شیلنگ های گاز، لوله کشی گاز، شبکه لوله کشی گاز، شیرها، کنتور و تنظیم کننده فشار گاز و شیر اصلی گاز و اتصال الکتریکی لوله کشی گاز	۰/۰۲۹۷	۱۰
الزامات سیم کشی های داخلی، اتصالات و انشعابات تجهیزات الکتریکی و نوع اداپتورهای پریز و وضعیت پریزها	۰/۰۲۷۷	۱۱
الزامات عرض مفید راه خروج، بازشوها، روزنه نفوذی واقع در دوربندهای خروج و محافظت راه خروج قائم	۰/۰۲۷۴	۱۱
الزامات پله ها، راه پله و راه های ارتباطی (جنس، عرض مفید، ارتفاع، فاصله قائم و کف)	۰/۰۲۶	۱۲
الزامات مخازن ذخیره یا تغذیه سوخت مایع در خارج ساختمان روی زمین، داخل ساختمان، زیرزمینی (مدفون) و مخزن تغذیه روزانه سوخت مایع	۰/۰۲۲۷	۱۳
الزامات نحوه باز شدن درها و قفل درهای راه خروج	۰/۰۲۲۵	۱۳
تاسیسات لوله کشی گاز طبیعی	۰/۰۲۲۳	۱۳
حفاظها و جانپناه ها	۰/۰۲۲۱	۱۳
کنترلهای ایمنی در دیگهای آب گرم و بخار والزامات مخزن انبساط دیگ آب گرم و دیگ بخار	۰/۰۱۹۴	۱۴
الزامات موتورخانه و چاه آسانسور (برق، روشنایی، موقعیت موتورخانه و بازشوی آن و شرایط دسترسی)	۰/۰۱۹۴	۱۴
بازدید (مسئول نگهداری) از تجهیزات اطفاء حریق (قابلیت دسترسی آتشنشانان و شبکه آب آتشنشانی ساختمان و خاموش کننده های دستی، سیستم های اعلام حریق، سیستم اطفاء حریق موتورخانه و پارکینگ)	۰/۰۱۷۱	۱۵
شرایط محل نصب علائم و تابلوها از پله فرار و خروجی ها و الزامات برق و روشنایی، دریچه های فیوز و بازدید تجهیزات الکتریکی تابلوها و علائم	۰/۰۱۵۷	۱۶
الزامات حریق در چاه موتوخانه و چاهک آسانسور	۰/۰۱۵۷	۱۶
بازرسی نشانه گذاری و نصب اطلاعیه های هشداردهنده برقی، بازدید عینی از تأسیسات برقی (تابلوهای برق، رله های حفاظتی، کلیدهای اتوماتیک، کابل، کانال و باس داکت، ترانسفورماتور، باطری و شارژر باطری موتورهای الکتریکی در حالت نصب و در حال کار و بی بار)	۰/۰۱۵۵	۱۶
آموزش و اطلاع رسانی به کاربران ساختمان	۰/۰۱۴۴	۱۷
الزامات سیستم الکتریکی، ارتباطی و مخابراتی، سامانه برق اضطراری در پناهگاه	۰/۰۱۳۵	۱۸
الزامات و ایمنی درها و دریچه اضطراری و تهویه هوای چاه آسانسور		

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

ادامه جدول ۳. رتبه بندی آیتم های چک لیست بر اساس مقدار وزن سراسری

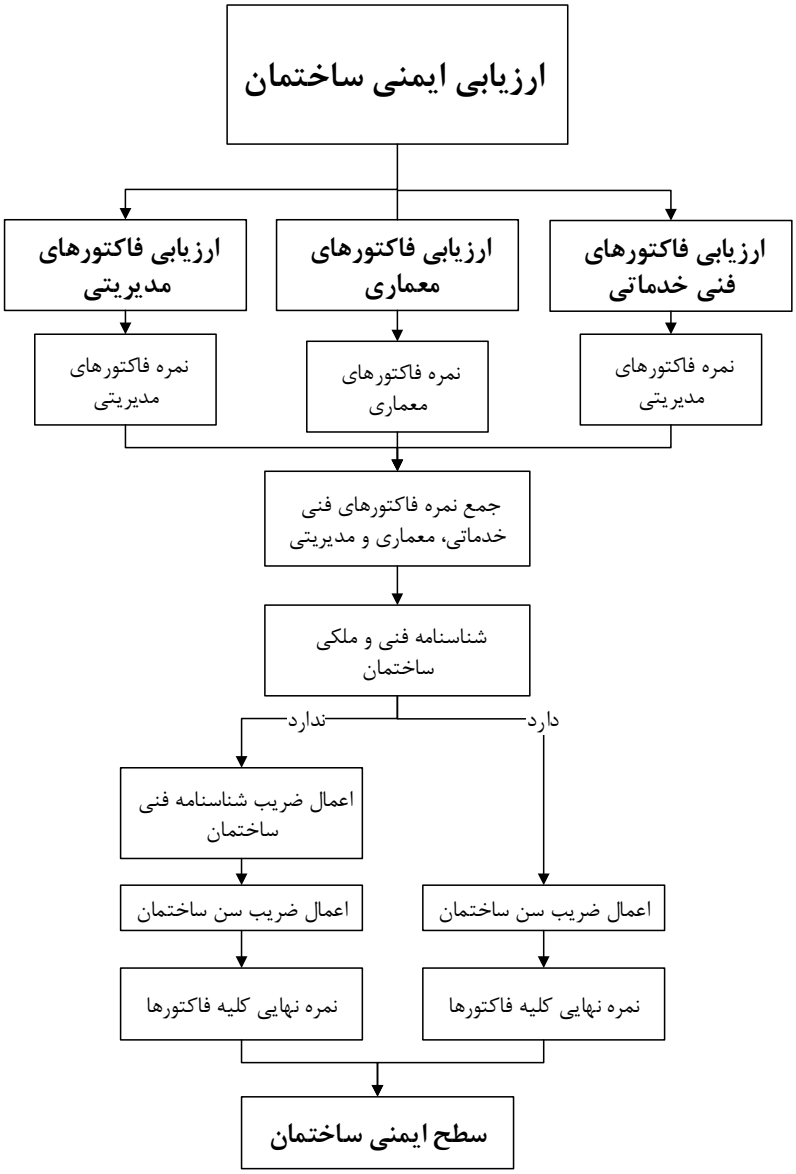
آیتم	وزن سراسری	رتبه
گواهی ساخت و تست استفاده از آب گرمکن برای گرمایش ساختمان، دستورالعمل راه اندازی و بهره برداری دیگ آب گرم و بخار، فاصله ایمنی بالای دستگاه دیگ آب گرم و بخار	۰/۰۱۲۳	۱۹
بازرسی معماری و سازه (دیوارها، ابزارهای تزئینی، دودکشها و برجهای خنک کننده و بام ساختمان از لحاظ جمع آوری و دفع آب باران، ضمائم آویزان به سازه، راه پله، ایوان و بالکن ها و نورگیرها، درها و چارچوب درها، قطعات معماری و سازه ساختمان)	۰/۰۱۰۰	۲۰
الزامات تاسیسات مکانیکی و تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع در پناهگاه	۰/۰۰۹۴	۲۱
الزامات رنگ و طراحی علایم خروج، علامت موقعیت طبقه تخلیه خروج	۰/۰۰۹۰	۲۱
بازرسی و نگهداری از آسانسور توسط مسئول نگهداری ساختمان و بازرس آسانسور	۰/۰۰۸۹	۲۲
الزامات موتورخانه سیستمهای تبرید	۰/۰۰۸۳	۲۲
الزامات محل نصب، حفاظ قسمت های متحرک و پلاک مشخصات و حجم اتاق دستگاه های تاسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع با سوخت مایع یا گاز و تامین هوای احتراق	۰/۰۰۸۱	۲۲
الزامات تاسیسات اطفاء حریق در پناهگاه	۰/۰۰۷۶	۲۳
ضوابط علائم خروج اضطراری و چراغهای خروج اضطراری	۰/۰۰۷۵	۲۳
شرایط نگهداری و ضوابط کلی استفاده از علائم ایمنی تصویری در تابلوها و ضوابط کلی استفاده از علائم ایمنی در حریق، علائم تجهیزات آتشنشانی	۰/۰۰۵۸	۲۴
الزامات عایق کاری کانال و دریچهء بازدید و دسترسی کانال هوا دستگاه های تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع	۰/۰۰۴۹	۲۵
الزامات عایق کاری لوله کشی و طراحی دودکش در تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع	۰/۰۰۴۷	۲۵
ضوابط کلی استفاده از علائم نوری و صوتی	۰/۰۰۳۲	۲۶

جدول ۴. نمره ایمنی ساختمان و مقیاس رتبه دهی پنج گانه (۳۰).

مقیاس رتبه دهی (سطح ایمنی ساختمان)	نمره ایمنی ساختمان
خیلی خوب	۰.۵۳
خوب	۰.۲۴
متوسط	۰.۱۳
ضعیف	۰.۰۶
خیلی ضعیف	۰.۰۴

ساخته شده و بعد از ۲۰ سال به ساختمان اداری تغییر کاربری داده شده است. این ساختمان با ارتفاع ۲۱ متر، دارای ۷ طبقه است. سطح زیربنای این ساختمان ۸۵۰۰ مترمربع می باشد که دارای جمعیتی حدود ۴۵۰ نفر می باشد. در این مرحله چک لیست برای ساختمان اداری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی پر شد. سپس آنالیز اطلاعات جمع آوری شده انجام گرفته و حداقل و حداکثر نمره به دست آمده از چک لیست طبق رابطه ۹، برابر با ۰/۰۴ و ۰/۵۳ بود که به منظور تسهیل محاسبات، این نمره ها و همچنین نمره ایمنی حاصل از چک لیست در عدد ۱۰۰ ضرب شد. با بالا رفتن سن ساختمان، طبق نمودارهای شکل ۳ به ازای هر سال از سال اول تا دهم، ۱ درصد، از سال ۱۱ تا ۲۴م ۲درصد و از سال ۲۵م تا ۵۰م ۳ درصد از ایمنی کلی ساختمان کاسته شد. در واقع برای سن ساختمان ۱ تا ۱۰ سال، ابتدا نمره کلی ایمنی ساختمان که در شرایط ایده آل ۵۳ در نظر گرفته شد، در مقدار ۰/۰۱ ضرب شد است. سپس عدد بدست آمده برای سال دوم نیز در ۰/۰۱ ضرب شده و به همین ترتیب تا عدد ۱۰ ادامه می یابد. تفاضل عددهای بدست آمده در قسمت عمودی نمودار آورده شده است. به همین ترتیب برای سال های بعدی و تا سال ۵۰م این کار انجام شد. بنابراین با توجه به نمودارهای شکل ۳ با افزایش سن ساختمان مقدار عددی که باید از نمره ایمنی ساختمان کم شود، بیشتر می شود. همچنین ساختمانی که فاقد شناسنامه فنی و ملکی ساختمان باشد، ۲۵ درصد از ایمنی آن کاسته می شود. با توجه به نتایج بررسی متون و اینکه مرجع مشخصی برای تعیین تاثیر سن بنا بر ایمنی کلی ساختمان یافت نشد، لذا درصدهای مذکور بر اساس تجربه و نظریه کارشناسی خبرگان حوزه ساخت، عمران و معماری تعیین گردید. همچنین در خصوص تعیین تاثیر وجود و عدم وجود شناسنامه فنی و ملکی ساختمان نیز به همین طریق عمل شد. بنابراین طبق رابطه ۱۰ نمره ایمنی ساختمان حاصل از چک لیست، در ضریب عدم وجود شناسنامه فنی و ملکی ساختمان ضرب شده سپس حاصل جمع این دو ضریب از نمره ایمنی حاصل از چک لیست کم گشته و نمره ایمنی ساختمان بدست آمد. در نهایت با توجه به نمره ایمنی ساختمان و با توجه به جدول ۴ سطح ایمنی ساختمان تعیین گردید که در کدام محدوده از خیلی خوب تا خیلی ضعیف قرار دارد. فلوچارت ارزیابی سطح ایمنی ساختمان در شکل ۲ ارائه

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]



شکل۲. فلوچارت ارزیابی سطح ایمنی ساختمان

شده است.

ساختمان مذکور با استفاده از ابزار تهیه شده مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج زیر به دست آمد:

$$TBSS= f \times 100 - [(f \times 100 \times 0.25) + ASF] \quad (۱۰)$$

ASF[1]: نمره ایمنی سن ساختمان (جدول ۳)

TBSS[2]: نمره کلی ایمنی ساختمان

f: نمره ایمنی ساختمان حاصل از چک لیست

$f = 0.2089 \times 100$

$ASF= 2.4$

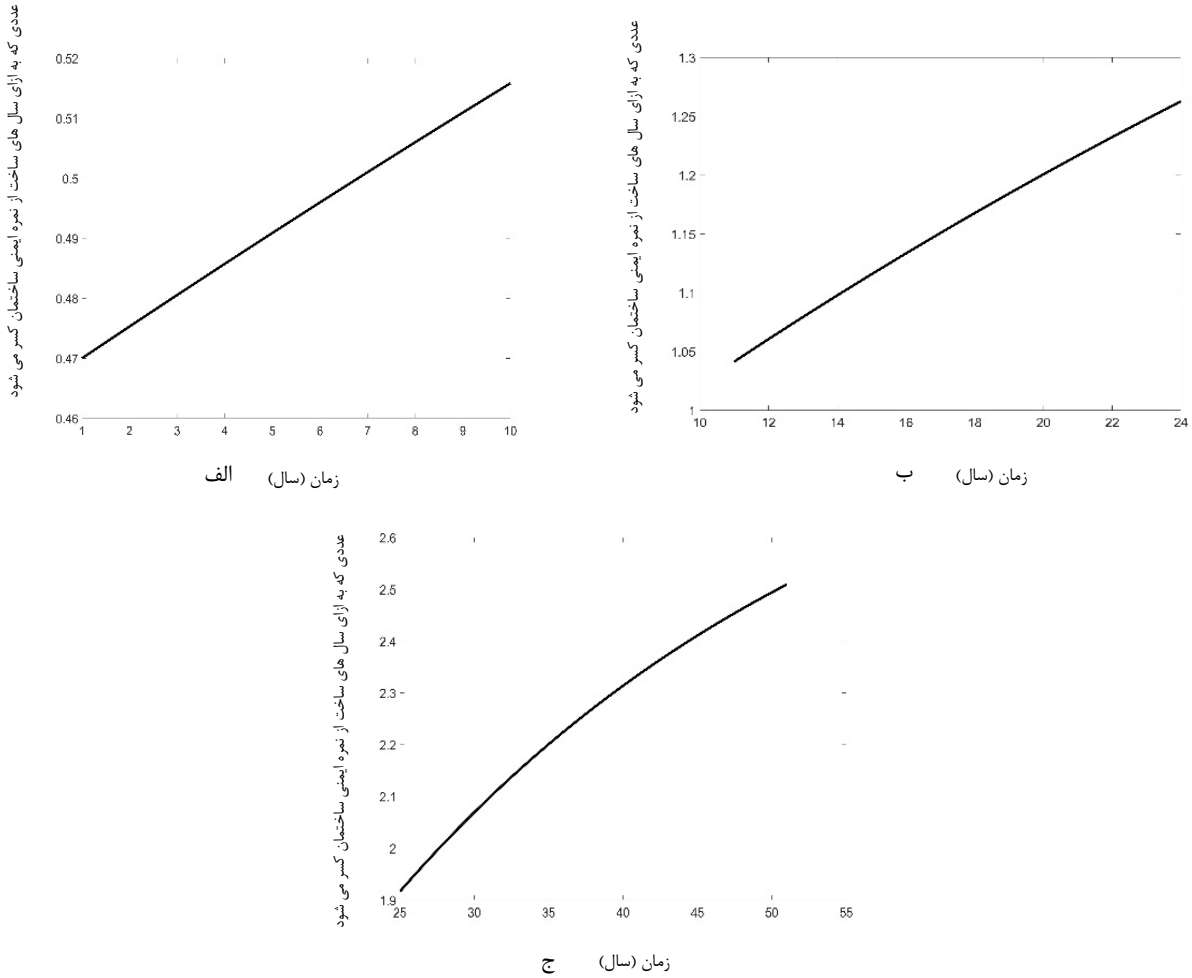
$f \times 0.25=5.22$

$TBSS=13.27$

نتایج ارزیابی ایمنی ساختمان اداری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با الگوریتم ارائه شده نشان داد که نمره ایمنی آن ۱۳/۲۷ بود و سطح ایمنی آن در محدوده متوسط ارزیابی شد.

1 Age Safety Factor
2 Total Building Safety Score

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]



شکل ۳. نمودارهای تاثیر سن بر نمره ایمنی ساختمان

بحث

این مطالعه با هدف ارائه الگوریتم رتبه بندی ایمنی ساختمان های اداری در حال بهره برداری انجام شد. سه گروه فاکتورهای موثر بر ایمنی ساختمان ها، شامل فاکتورهای فنی -خدماتی، معماری و مدیریتی شناسایی و زیرمعیارهای مربوطه تعیین گردید. در نهایت با استفاده از روش FAHP میزان تاثیر هرکدام از فاکتورهای موثر بر ایمنی ساختمان تعیین شد و الگوریتمی برای تعیین نمره ایمنی ساختمان های اداری ارائه گردید. چک لیست ها یکی از روش های اصلی برای رصد کردن وضعیت ایمنی توسط کارشناسان است. لیکن کارآمدی این ابزار به میزان دقت آن و همچنین در نظر گرفته شدن عواملی که باید در چک لیست مورد توجه ارزیابی قرار گیرند، بستگی دارد. همچنین باید به این نکته دقت شود که تاثیر و اهمیت همه آیتم های مورد بررسی بر ایمنی ساختمان به یک اندازه نیست. این موضوع در چک لیست های موجود دیده نشده و باعث کاهش دقت و کیفیت چک لیست و ابزار مورد بررسی شده است. همچنین چک لیست های موجود، فاقد این قابلیت هستند که بتوان پس از بررسی و ارزیابی ساختمان، سطح ایمنی آن را نیز تعیین نمود. لذا در این مطالعه سعی شده که با بهره گیری از روشی که بتوان با استفاده از آن هر کدام از آیتم ها را بر اساس اهمیت آن آیتم وزن دهی کرد و در نهایت سطح ایمنی ساختمان را تعین نمود، به اعتبار چک لیست و ابزار ازریابی افزوده شود. از جمله مطالعات مشابهی که در این زمینه انجام گرفته است، می توان به مطالعه Khalil و همکاران (۱۰) اشاره کرد. آنها با روش AHP، به ترتیب زیرمعیارهای پایداری ساختاری، پیش گیری از حریق، سندرم ساختمان بیمار، راه خروج اضطراری و خدمات برق را به عنوان مهم ترین معیارها در ارزیابی ریسک ساختمان اولویت بندی کرده اند. اولویت بندی زیرمعیارهای مطالعه

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]
[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

حاضر به ترتیب شامل حریق؛ راه خروج؛ مراقبت و نگهداری؛ تاسیسات گرمایی، تعویض هوا، تهویه مطبوع و تاسیسات برقی می باشد. با این حال به جز مبحث تهویه که در مطالعه Khalil و همکاران جزء پنج معیار برتر انتخاب نشده است، اولویت بندی معیارهای مشترک در دو مطالعه با هم هم خوانی دارند. دلیل این تفاوت در رتبه بندی این دو مطالعه به این موضوع برمی گردد که بحث تهویه در مطالعه Khalil اختصاصا اشاره به خنک سازی و حالت آسایش میحط داخلی دارد. در حالیکه در مطالعه حاضر شامل مبحث سیستم گرمایشی از جمله مخازن و دیگ بخار و عایق کاری و سایر موارد مهم دیگر نیز می باشد. شعبانی و مرجانی (۳۱) رعایت اصول ایمنی در ساختمان کتابخانه را با استفاده از پرسش نامه ارزیابی کردند. شاخص های تعیین شده ایمنی برای کتابخانه به ترتیب اولویت عبارت بودند از ایمنی در برابر خسارات ناشی از خرابی تاسیسات، ایمنی در برابر بالایای طبیعی و ایمنی در برابر آتش سوزی. اولویت بندی شاخص های این مطالعه با مطالعه حاضر هم خوانی ندارد. چنانچه در مطالعه حاضر بحث حریق اولین رتبه را در بین زیرمعیارهای مطالعه گرفته است ولی در مطالعه شعبانی و مرجانی رتبه آخر را گرفته است. دلایل اختلاف در رتبه بندی این دو مطالعه احتمالا مربوط به این است که کاربری ساختمان مورد بررسی در دو مطالعه متفاوت است. بنابراین احتمال دارد اولویت بندی معیارها برای دو کاربری متفاوت باشند. همچنین معیارهای مورد بررسی در دو مطالعه یکسان نیستند. در بعضی مطالعات داخلی و خارجی دیگر نیز که عوامل موثر بر ایمنی ساختمان های در حال بهره برداری با استفاده از روش AHP یا FAHP بررسی شده است، معیارها رتبه بندی نشده است و تنها خود ساختمان مورد بررسی، رتبه بندی شده است. برای مثال در مطالعه Huimin Li و همکاران (۱۱) تنها ساختمان از نظر ایمنی در پنج دسته رتبه بندی شده است. همچنین میرکاظمی و همکاران(۱۳) نیز باشگاه های بدنسازی را از نظر ایمنی رتبه بندی کردند ولی اولویت بندی معیارهای ایمنی را تعیین نکردند. بنابراین امکان مقایسه وزن های معیارهای این مطالعات با مطالعه حاضر امکان پذیر نمی باشد. در هیچ کدام از مطالعات انجام شده در این زمینه، ابزاری که بتوان با استفاده از آن ایمنی ساختمان های اداری را از جنبه های مختلف فنی- خدماتی، معماری، مدیریت و نگهداری، سن ساختمان و همچنین شناسنامه فنی و ملکی ساختمان، بررسی و ارزیابی کرد، ارائه نشده است. به بیان دیگر موضوع ارزیابی ایمنی ساختمان های اداری بسیار کم مورد توجه قرار گرفته و در موارد نیز که این ارزیابی صورت گرفته، عمدتا ارزیابی ها از جنبه ایمنی حریق بوده است. بنابراین در این مطالعه سعی شده که ایمنی ساختمان های اداری در فاز بهره برداری بررسی شود، که در مطالعات گذشته کمتر مورد توجه بوده است. همچنین با ارائه یک چارچوب مهندسی به ایمنی ساختمان از ابعاد گسترده و جامع تری نگاه شود و ابزاری توانمند و نظام مند جهت بررسی و تعیین سطح ایمنی ساختمان های اداری در حال بهر ه برداری ارائه شود که بتواند کمکی در جهت مدیریت بهتر ایمنی ساختمان در آینده باشد. از دیگر نقاط قوت این مطالعه، اجری این روش در یکی از ساختمان های اداری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، جهت بررسی امکان پذیری و قابلیت اجرای روش پیشنهادی در ارزیابی ایمنی ساختمان بود.

در مطالعات آتی می توان برای هر یک از سطوح ایمنی ساختمان بر اساس شواهد و مطالعات میدانی اقدامات اصلاحی تعریف نمود. همچنین می توان موضوع تاثیر سن بر ایمنی ساختمان را با بهره گیری از مطالعات مبتنی بر شواهد به شکل عمیق تری مورد بررسی قرار داد. از جمله محدودیت های مطالعه حاضر می توان به عدم وجود اطلاعات دقیق و مطالعات شاهد محور در زمینه تاثیر سن بنا بر ایمنی ساختمان اشاره کرد. همچنین تاثیر اجرا و الزامات مطرح در شناسنامه فنی و ملکی ساختمان بر ایمنی ساختاری ساختمان تا کنون مورد مطالعه قرار نگرفته است. لذا جهت ارزیابی تاثیر این فاکتور بر ایمنی ساختمان نیز به ارزیابی و قضاوت ذهنی کارشناسان اکتفا شده است. بنابراین انجام مطالعات مرتبط یا تاثیر سن و شناسنامه فنی و ملکی بر نمره ایمنی ساختمان در آینده ضرورت پیدا می کند.

نتیجه گیری

اهمیت و وزن معیارهای اثرگذار بر ایمنی ساختمان یکسان نیست. از بین ده ها آیتم استخراج شده از مرور متون و مقررات ملی ساختمان ایران، مقررات و عناصر مرتبط به ایمنی راه های خروج و اطفاء حریق، بیشترین وزن و تاثیر را در نمره ایمنی ساختمان های اداری در حال بهره برداری به خود اختصاص دادند. بنابراین تمرکز روی ایمنی راه های خروج و حریق الزامی می باشد. نتایج حاصل از کاربرد الگوریتم ارائه شده برای ارزیابی ایمنی ساختمان اداری دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی نشان داد که نمره ایمنی ساختمان در حد متوسط بوده و بیشترین عدم انطباق ها در زمینه معیارهای فنی-خدماتی و معماری می

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

باشند. لذا اقدامات اصلاحی و رفع عدم انطباق ها جهت بالا بردن سطح ایمنی و امنیت ساختمان و کاربران آن، در این دو زمینه ضروری می باشد. همچنین نتایج نشان داد که عدم وجود شناسنامه فنی و ملکی ساختمان و سن ساختمان نیز تاثیر زیادی در تعیین سطح ایمنی ساختمان دارند. بنابراین تهیه شناسنامه فنی نیز می تواند در بالا بردن سطح ایمنی ساختمان موثر باشد. در نهایت رتبه بندی عناصر اصلی موثر بر ارزیابی ایمنی ساختمان، سهولت کاربرد و وجود راهنمای ارزیابی از مزایای الگوریتم ارائه شده برای ارزیابی ایمنی ساختمان های اداری در حال بهره برداری می باشد.

تقدیر و تشکر

این مطالعه از طرح تحقیقاتی با کد پژوهان ۱۴۴۵۶ و کد کمیته اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1396.103 و با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام شده است. نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از جناب آقایان مهندس کیانوش رشید، مهندس کورش عابدینی، مهندس محسن تحیری، خانم فاطمه زائری و تمام عزیزانی که در اجرای این مطالعه همکاری نموده اند اعلام می نمایند.

منابع

1. Maghsoudi A, Zareei h, Seyedalawi S. Assessment and evaluation of safety status in academic libraries in Tehran. Urban Management Studies. 2014;5(16):(In Persian).
2. Mirhoseini Z, MIrakbari M. Study of fire safety in libraries in area 8 of Islamic Azad University. Daneshshenasi. 2009;2(4):(In Persian).
3. International Building Code (IBC). 2012.
4. Nouri J, Mansouri N, Abbaspour M, Karbassi A, Omidvari M. Designing a developed model for assessing the disaster induced vulnerability value in educational centers. Safety science. 2011;49(5):679-85.
5. Oliveira IA, Carayannis EG, Ferreira FA, Jalali MS, Carlucci D, Ferreira JJ. Constructing home safety indices for strategic planning in residential real estate: A socio-technical approach. Technological Forecasting and Social Change. 2018;131:67-77.
6. Liu X, Cao J. Smart Sensor Networks for Building Safety. Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence: Elsevier; 2017. p. 241-55.
7. Yarahmadi R, Gholizad A, Jafari Mj, Kohpaii A, Mehdiniya M. Assessment and evaluation of the performance of national building regulations with the fire safety approach in the hospital admissions areas. Iranian Occupational Health Journal. 2009;6(1):28-36 (In Persian).
8. Hamdia KM, Arafa M, Alqedra M. Structural damage assessment criteria for reinforced concrete buildings by using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Underground Space. 2018.
9. Martínez-Aires MD, Lopez-Alonso M, Martínez-Rojas M. Building information modeling and safety management: A systematic review. Safety science. 2018;101:11-8.
10. Khalil N, Kamaruzzaman SN, Baharum MR. Ranking the indicators of building performance and the users' risk via Analytical Hierarchy Process (AHP): case of Malaysia. Ecological Indicators. 2016;71:567-76.
11. Li HM, Zhong XR, Jiao X, Xiao T, editors. The Safety Assessment of Buildings Based on Integrated AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation. Advanced Materials Research; 2011: Trans Tech Publ.
12. Hassanain MA, Hafeez MA, Sanni-Anibire MO. A ranking system for fire safety performance of student housing facilities. Safety science. 2017;92:116-27.
13. Mirkazemi so, Gholizadeh Mh, Soheili pishkenari S. Ranking Fitness Clubs of Rasht in terms of Safety Employing MCDM. Management and development of sports. 2015;4(1):35-48 (In Persian).
14. Fan Z-P, Hu G-F, Xiao S-H. A method for multiple attribute decision-making with the fuzzy preference relation on alternatives. Computers & Industrial Engineering. 2004;46(2):321-7.
15. Ataii M. Fuzzy Multi-criteria Decision Making. Shahroud: Shahroud University Press (In Persian); 2010.
16. Emrouznejad A, Ho W. Fuzzy Analytic Hierarchy Process: CRC Press; 2017.
17. Mosadeghi R, Warnken J, Tomlinson R, Mirfenderesk H. Comparison of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. Computers, Environment and Urban Systems. 2015;49:54-65 (In Persian).
18. Chadwick G. A systems view of planning: towards a theory of the urban and regional planing process. 1971.
19. Holsti OR. Content analysis for the social sciences and humanities. Reading MA: Addison-Wesley (content analysis). 1969.
20. Mohammadbeigi A, Mohammadsalehi N, Aligol M. Validity and Reliability of the Instruments and Types of MeasurmentS in Health Applied Researches. journal of RafsanjanUniv Med Sci. 2015;13(12):1153-70 (In Persian).
21. Lawshe CH. A quantitative approach to content validity 1. Personnel psychology. 1975;28(4):563-75.
22. Gwet KL. Handbook of inter-rater reliability: The definitive guide to measuring the extent of agreement

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]

among raters: Advanced Analytics, LLC; 2014.
23. Tam MC, Tummala VR. An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. Omega. 2001;29(2):171-82.
24. Godsipor H. Analytic Hierarchy Process. 2nd ed. tehran: amirkabir university of technology (Tehran poltechnic). 2016(26):81-124 (In persian).
25. Buckley JJ. Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets and Systems. 1985;17(3):233-47.
26. Chan HK, Wang X. Fuzzy hierarchical model for risk assessment. London: Springer. 2013;10:978-1.
27. Khanzode VV, Maiti J, Ray PK. Occupational injury and accident research: A comprehensive review. Safety science. 2012;50(5):1355-67.
28. Hoyle D. QS-9000 quality systems handbook: Avon Books; 1997.
29. Dehghan Nejad A, Gholam Niya R, Alibabaee A. The crisis of risk analysis in complex socio-technical systems a literature review Part A: Dependency between common risk analysis methods and obsolete accident models. Iran Occupational Health. 2016;13(4):62-76.
30. Liberatore MJ, Nydick RL, Sanchez PM. The evaluation of research papers (or how to get an academic committee to agree on something). Interfaces. 1992;22(2):92-100.
31. Sha'bani A, Marjani S. The Managers' Opinion on the Safety and Health of the Libraries Administered by the Astan Qods Razavi's Center of Documents. Health Information Management. 2008;4(2):223~ 30 (In Persian).

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-12-22]

[DOI: 10.52547/ioh.18.1.302]