Journal of Health and Safety at Work 2024; 14(1): 150-173

ORIGINAL RESEARCH PAPER

A Comparative Risk Assessment of Human Error in Firefighting Using SLIM and Fuzzy SLIM Methods

Raheleh Pourhosein[1], Saeed Musavi[2], Yahya Rasoulzadeh[1,3*]

[1]Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
[2]Department of Biostatistics and Epidemiology, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.
[3]Road Traffic Injury Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

Received: 13 - 8 - 2023 Accepted: 28 - 03 - 2024

ABSTRACT

Introduction: The accurate evaluation of error probability and risk is important. Accordingly, this Comparative study was conducted to evaluate the risk of human error in emergency situations using SLIM and Fuzzy SLIM techniques in fierfighting tasks.

Material and Methods: This cross-sectional and descriptive-analytical study was conducted among 12, using Fuzzy SLIM and SLIM techniques. 39 sub-tasks were studied in 4 phases (Awareness, Evaluation, Egress and Recovery). Considering the advantages of the Fuzzy SLIM method, fuzzy logic was used in weighting of performance shaping factors (PSF). Excel software was used to calculate the probability of error. Also, correlation and kappa statistical tests were used for data analysis in SPSS software.

Results: The mean and standard deviation of human error probability in different sub-tasks of firefighting in SLIM and Fuzzy SLIM methods were 0.095357 ± 0.026193 and 0.06490 ± 0.051748, respectivly. In 48.7 percent of the sub-tasks, the probability category of human error and the assessed risk were the same; however, in 89.7 percent of the sub-tasks, the estimated level of risk was the same in both methods. Correlation test showed that the correlation coefficient of error probability values between the two methods was 0.32, which indicated a moderate correlation in this regard. Additionally, the results of kappa statistical test for the estimated level of risk showed that there is a high agreement between Fuzzy SLIM and SLIM (P value <0.05).

Conclusion: The results of the study indicated meaningful agreement and a moderate correlation between Fuzzy SLIM and SLIM. Therefore, due to the relatively high accuracy of Fuzzy logic methods, and also the long steps of implementing the SLIM method, the Fuzzy SLIM method can be a good alternative to this method.

Keywords: *Human error, Risk assessment, Emergency situations, Fuzzy logic, Fuzzy SLIM, SLIM*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Pourhosein R, Musavi S, Rasoulzadeh Y. A Comparative Risk Assessment of Human Error in Firefighting Using SLIM and Fuzzy SLIM Methods. J Health Saf Work. 2024; 14(1): 150-173.

1. INTRODUCTION

Any human error in the work environment often leads to irreparable accidents. Almost all major global disasters, such as the Bhopal pesticide factory explosion, the Hillsborough football stadium disaster, the Paddington and South Hall train crashes, the Chernobyl and Three Mile Island disasters, and the Challenger space shuttle disaster, had traces of human error.

In Iran, the evidence shows the high importance of human error in the occurrence of accidents. According to the statistics provided, the cause of 70 to 90 percent of these accidents is human

* Corresponding Author Email: *rasoulzadehy@tbzmed.ac.ir*

Copyright © 2024 The Authors.
Published by Tehran University of Medical Sciences

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

error. There are various factors leading to human error, one of which is emergency situation. In an emergency situation, due to the fact that the response time of a person to the situation is limited, the amount of mental load on the person increases as well as the possibility of human error. The job of a firefighter can be considered in terms of the placement of a firefighter in various emergency situations and operations and the resulting human error.

One of the main ways to control human errors in these jobs, along with planning to reduce the consequences of human errors, is to try to reduce the probability of their occurrence. Accordingly, identifying and controlling performance shaping factors (PSFS) is the key to controlling the rate of human errors. Rasmussen believes that not only human error cannot be completely eliminated, but also this is not good for science and mankind, because much of what humans learn is obtained through trial and error. Reducing the probability of human error in work systems increases the reliability of the human component of the system. Human reliability assessment is a common term for classifying methods and models that are used to predict the occurrence of human errors. In fact, it is a method to assess the risk of human errors and reduce the vulnerability of systems. The main functions of evaluating human reliability (HRA) include identifying human error and determining the probability of its occurrence, which if appropriate control measures are implemented, will lead to increasing human reliability and reducing the probability of human error.

Among the existing methods, the SLIM method (first-generation methods) was noticed by the research team. The SLIM method is specifically introduced to evaluate the possibility of human error in emergency situations. In recent years, an evaluative version of this method based on fuzzy logic has been presented, in which a number of quantities or situations are evaluated based on the expert's opinion and diagnosis. In assessing the possibility of human error, the SLIM method only shows the minimum range, while the Fuzzy SLIM method shows the minimum, middle and maximum values. Considering the differences between the two methods, it seemed that during a study, these two methods can be compared in terms of the accuracy of the evaluation, the ability to implement and the complexity of the process as well as the time required for implementation. Based on this, the present study was designed and implemented in order to evaluate the comparative risk of human error using the two methods SLIM and Fuzzy SLIM in tasks related to emergency situations in the firefighting job.

2. MATERIAL AND METHODS

The present descriptive-analytical study was conducted as a cross-sectional study among firefighters of Mother Station No. 4 in Tabriz city, who had considerable experience in dealing with emergency situations. The study was carried out on the job of firefighting and to investigate the risk of human error during firefighting operations. The main part of the study was based on the judgment of the firemen. The sample for the study was selected from the firemen, shift commanders and drivers (firemen-drivers) if they met the criteria for entering the study. Based on this, 12 people from 4 job groups including (3 shift officers, 2 substitute shift officers, 3 firemen-drivers and 4 firemen) participated in this study. In this study, observational, self-report and document review methods were used.

The focus of this study was the use of Fuzzy SLIM and SLIM methods with the help of tools such as tables, forms and other items to collect and record data. The purpose of conducting objective observations in this study was to get an understanding of the duties of firefighters and analyze the sub-tasks related to the firefighting job. In both Fuzzy SLIM and SLIM methods, all evaluation stages were based on the judgment of the firefighters, but in Fuzzy SLIM method, fuzzy logic is used only in the PSF weight determination stage, and a total of 39 subtasks in 4 phases (awareness, evaluation, exit and recovery) were studied. In this way, by using reference charts, data was provided for weighting and rating the performance shaping factors, and finally, these data were calculated using the SLIM method to calculate the probability of success for the entire stages of the fire extinguishing operation, that is, from the starting point of the operation (hearing alarms) until the completion of the operation (boarding the car and moving to the station). In this study, the desired scenario was staged under the title of fire drill in the residential area inside the side alley, third floor during a day without wind and rain.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

Table 1: Fuzzy linguistic scores in the Fuzzy SLIM method

VL	0	0.15	0.3
L	0.1	0.3	**0.5**
M	0.3	0.5	**0.7**
H	0.5	0.7	**0.9**
VH	0.7	0.85	**1**

How to determine the rate and weight of PSF by SLIM method

Determination of PSF rate: Each of the 12 firefighters provided scores from 0 to 100 for 39 subtasks comprising 8 PSFs. At this stage, the scenario was fully and partially explained to each of the firefighters, and the firefighters completed the relevant table with the self-report method, regardless of the specified intervals.

Determining the PSF weight: Each of the 12 firefighters provided scores from 0 to 100 for 39 subtasks that had 8 PSFs, according to this table scoring should be done considering intervals of 10.

How to determine the rate and weight of PSF using FuzzySLIM method:

Determination of PSF rate: At this stage, each of the 12 firefighters assigned a score between 1-9 for the determined PSFs, where the number 1 represented the maximum impact and number 9 represented the minimum impact in the study process.

Determining the PSF weight: In this step, Fuzzy logic was used to determine the weight of PSF, so that firefighters used the language variables as very high (VH), high (H), medium (M)., low (L) and very low (VL) for this purpose.

Determining PSF weights using fuzzy logic:

The expert team members were graded based on their organizational position, work experience, and academic degree, and the weight factor was also obtained using these variables.

Collecting linguistic assessment opinions of experts:

Fuzzification: The fuzzy linguistic scores (Table 1) obtained from this step were used in the next steps to obtain the final result.

Summary of grades: Each of the linguistic terms collected from the firefighters' comments can be converted into the corresponding fuzzy numbers.

Destructibility: which is according to the following steps:

Determination SLI

Determining the probability of human error: human error probability (HEP) is calculated for each aggregation activity.

Log kappaJ =Log POS = aSLI+ b SLI a: The highest value of SLI b: The lowest value of SLI

Determining the risk number using the risk matrix:

After calculating the probability of human error, in order to calculate the level of risk in the analyzed job, DiMattia's table was used first to obtain the severity of the consequence.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The general comparison of human error between the two methods showed that the human error probability score is lower in the Fuzzy SLIM method. The results of the error evaluation between the two methods showed that the error evaluation was very different only under task 21, which can be due to the mistakes in the evaluation stages, errors in the data recording, incorrect scoring of a firefighter, which a small percentage of it included tasks (0.0025) and can be ignored; as a result, it seems that the Fuzzy SLIM method is more reliable than the SLIM method due to the low human error probability score. The correlation coefficient of error probability values between the two methods was equal to 0.320722, which shows the correlation coefficient between the two methods is average, so the Fuzzy SLIM method can be used instead of the SLIM method to evaluate the probability of human error. Also, the qualitative variable analysis of the risk level using the Kappa test showed that there is a significant relationship between the risk level of the two methods, and the high risk level in the SLIM method is also evaluated as high in the Fuzzy SLIM method, and therefore, by using Fuzzy SLIM method instead of SLIM method, it is possible to report human error probability and risk level.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

4. CONCLUSIONS

This study showed that the average probability of human error in the Fuzzy SLIM method is generally lower than SLIM method. The correlation test showed moderate correlation between the two methods. Also, the results of the Kappa statistical test showed that there is significant agreement between SLIM and Fuzzy SLIM methods. Therefore, due to the relativity high accuracy of the Fuzzy logic methods and also the long steps of implementing the SLIM method, which may cause firefighters to get tired and hesitate in choosing numbers, the Fuzzy SLIM method, which uses fuzzy logic instead of numbers (low, medium and high), may be a good alternative, and it is possible to estimate a small amount of the probability of human error and risk assessment with higher accuracy in a shorter time and with a lower degree of complexity in different operating conditions.

5. ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by the Tabriz University of Medical Sciences and was taken from the master's thesis on Ergonomics (No.B/497). The authors would like to thank the experts for enabling this collaborative work.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

ارزیابی مقایسه‌ای ریسک خطای انسانی در شغل آتش نشانی با استفاده از روش‌های SLIM و Fuzzy SLIM

راحله پورحسین[۱]، سعید موسوی[۲]، یحیی رسول زاده[۳،۱*]

[۱]گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز، تبریز، ایران
[۲]گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز، تبریز، ایران
[۳]مرکز تحقیقات پیشگیری از آسیب حوادث جاده ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۰۹

چکیده

مقدمه: ارزیابی دقیق احتمال و سطح ریسک خطای انسانی بسیار حائز اهمیت است. این مطالعه با هدف ارزیابی مقایسه‌ای ریسک خطای انسانی در شرایط اضطراری با استفاده از روش‌های شاخص احتمال موفقیت (Success Likeli-hood Index Methods) و شاخص احتمال موفقیت با استفاده از روش منطق فازی (Fuzzy SLIM) انجام شده است.

روش کار: مطالعهٔ حاضر توصیفی- تحلیلی از نوع مقطعی بوده که در شغل آتش نشانی و با مشارکت ۱۲ نفر آتشنشان و با استفاده از تکنیک Fuzzy SLIM و SLIM انجام شده است. ۳۹ زیروظیفه در ۴ فاز (آگاهی، ارزشیابی، خروج و بازیابی) مورد مطالعه قرار گرفت، با این تفاوت که در روش Fuzzy SLIM در مرحله تعیین وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد از منطق فازی استفاده گردید. از نرم افزار Excel برای انجام محاسبات احتمال خطا استفاده گردید و آزمون‌های آماری همبستگی و کاپا برای آنالیز داده‌ها به کار گرفته شد.

یافته ها: میانگین و انحراف معیار عدد احتمال خطای انسانی در زیروظایف مختلف آتش نشانی در روش SLIM و Fuzzy SLIM به ترتیب ۰/۰۲۶۱۹۳± ۰/۰۹۵۳۵۷ و ۰/۰۵۱۷۴۸± ۰/۰۶۴۹۰ می‌باشد. در ۴۸/۷ درصد زیروظایف، طبقه احتمال خطای انسانی و ریسک ارزیابی شده یکسان می‌باشد، با این وجود، در ۸۹/۷ درصد زیروظایف سطح ریسک برآورد شده در دو روش یکسان می‌باشد. ضریب همبستگی مقادیر احتمال خطا بین دو روش برابر ۰/۳۲۰۷۲۲ می‌باشد که نشان دهنده همبستگی متوسط در این خصوص است. همچنین نتایج حاصل از آزمون آماری کاپا بین سطح ریسک برآورد شده نشان داد که بین دو روش SLIM و Fuzzy SLIM توافق بالا در این خصوص وجود دارد (P value<۰/۰۵).

نتیجه گیری: نتایج ارزیابی احتمال خطای انسانی به دو روش مذکور نشان دهنده همبستگی متوسط و توافق معنی دار بین آن‌ها می‌باشد. به دلیل نسبی بودن و دقت بالای روش‌های منطق فازی و نیز طولانی بودن روش Fuzzy SLIM، SLIM می‌تواند جایگزین خوبی برای آن باشد.

کلمات کلیدی: *خطای انسانی، ارزیابی ریسک، شرایط اضطراری، منطق فازی، Fuzzy SLIM، SLIM*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *rasoulzadehy@tbzmed.ac.ir*

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

مقدمه

بروز هرگونه خطا در محیط کاری از سوی انسان اغلب منجر به وقوع حوادث جبران ناپذیر می‌گردد(۱). این خطاها در قالب شکست‌های شناختی انسان یا رفتارهای ناایمن مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند(۲, ۳). خطا در برنامه ریزی، اجرا یا نظارت بر تعمیر و نگهداشت می‌تواند سبب نقص سیستم شود و در نتیجه در توقف عملیات واحد و وقوع حوادث بزرگ نقش به سزایی دارد(۴, ۵). علیرغم کاهش کمی حضور انسان، حدود ۶۸ الی ۹۸ درصد حوادث صنعتی که به وقوع می‌پیوندد ناشی از خطاهای انسانی است(۶, ۷). آمار نشان می‌دهد، که عامل بیش از ۸۸ درصد حوادث در صنایع شیمیایی و پتروشیمی اشتباه وخطای انسانی است(۸). حادثه انفجار و آتش سوزی پالایشگاه تگزاکو[1]در سال ۱۹۹۴ که باعث کشته شدن ۲۶ نفر و ایجاد خسارتی معادل ۴۸ میلیون پوند شد، نمونه‌ای از این گونه حوادث است که در اثر خطای انسانی رخ داده است. تقریباً در تمامی فجایع بزرگ جهانی، نظیر انفجار کارخانه تولید آفت کش در بوپال[2]، فاجعه استادیوم فوتبال هیلزبورو[3]، تصادف قطار پدینگتون[4]و ساوت هال[5]، فجایع چرنوبیل[6] و تری مایل آیلند[7] و فاجعه شاتل فضایی چلنجر[8]ردپایی از خطای انسانی دیده می‌شود(۳, ۹). در ایران نیز شواهد نشان دهنده اهمیت بالای خطای انسانی در بروز حوادث است. بر اساس آمار ارائه شده علت ۷۰ تا حدود ۹۰ درصد این حوادث، خطای انسانی می‌باشد(۵). عوامل تاثیرگذار بر خطای انسانی متنوع بوده که یکی از آن عوامل، شرایط اضطراری است. در شرایط اضطراری به دلیل این که مدت زمان پاسخ گویی فرد به شرایط، کم می‌باشد میزان بار ذهنی وارده بر فرد بالا می‌رود و به دنبال آن احتمال بروز خطای انسانی، افزایش می‌یابد(۱۰, ۱۱). در مشاغل مختلف، شغل آتش نشانی را می‌توان از نظر قرارگیری آتش نشان در شرایط مختلف اضطراری و عملیاتی و مستعد بروز خطای انسانی مورد توجه قرار داد. یکی از اصلی‌ترین راهکارهای کنترلی خطاهای انسانی در این مشاغل در کنار برنامه ریزی برای کاهش پیامدهای ناشی از خطاهای انسانی، تلاش برای کاهش احتمال بروز آن‌ها می‌باشد(۱۲). شناسایی و کنترل فاکتورهای شکل دهنده عملکرد[9] (PSF_s)، کلید کنترل نرخ بروز خطاهای انسانی است(۱۰). راسموسن[10] معتقد است که نه تنها نمی‌توان خطای انسانی را به طور کامل از میان برد، بلکه این کار به صلاح علم و بشر نیست، زیرا بسیاری از آموخته‌های بشر از روش آزمون و خطا به دست می‌آید(۱۳). کاهش احتمال بروز خطای انسانی در سیستم‌های کار، قابلیت اطمینان جزء انسانی سیستم را افزایش می‌دهد. هولناگل[11]، قابلیت اطمینان را نبود مغایرت‌های نا خواسته در عملکرد فرد تعریف می‌کند. در حالی که سایرین قابلیت اطمینان را اندازه گیری عملکرد بدون شکست در طول زمان تعریف کردند(۱۴). ارزیابی قابلیت اطمینان انسان، اصطلاحی رایج برای طبقه بندی روش‌ها و مدل‌هایی است که برای پیش بینی وقوع خطاهای انسانی به کارمی‌روند. در واقع روشی برای ارزیابی ریسک خطاهای انسانی و کاهش آسیب پذیری سیستم‌ها می‌باشد(۱۵). عملکردهای اصلی ارزیابی قابلیت اطمینان انسان[12] (HRA) شامل، شناسایی خطای انسانی و تعیین احتمال وقوع آن می‌باشد که در صورت پیاده سازی مناسب اقدامات کنترلی، منجر به افزایش قابلیت اطمینان انسان و کاهش احتمال خطای انسانی خواهد شد(۱۵, ۱۶).

با توجه به آمارهای حریق و حوادث، تعداد مصدومین و فوت شدگان مأموران آتش‌نشان در طی سالیان اخیر نگران‌کننده است چرا که آتش نشانان در محیط‌های پر مخاطره‌آمیز و از جمله انفجارات به امدادرسانی و عملیات می‌پردازند، لذا آسیب‌پذیری آنان در حد بالایی است. علاوه بر این، عوارض و مخاطرات شغلی در حرفه

1. Texaco
2. Bhopal
3. Hillsborough
4. Paddington
5. Southall
6. Chernobyl
7. Three Mile Island
8. Challenger Shuttle

9. Performance Shaping Factors
10. Jens Rasmussen
11. Hollnagel
12. Human Reliability Assessment

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

آتش‌نشانی با بروز و تشدید انواع بیماری‌های جسمی و روانی جلوه می‌کند. به این ترتیب آتش نشانان در هر مأموریت به‌طور معمول در معرض چندین عوارض از جمله عوارض ناشی از استرس رانندگی و ترافیک، عوارض ناشی از اثرات دود و گازهای سمی در محل‌های عملیات، عوارض ناشی از صدای آژیر، بلندگو و نور چراغ گردان، عوارض ناشی از ترشح هورمون‌های دفاعی و آمادگی بدن در برابر حوادث، اثرات ناشی از حرارت در محل حریق، عوارض ناشی از تماس یا جذب مواد شیمیایی از طریق پوست، عوارض ناشی از صدمات فیزیکی در حین انجام وظیفه، عوارض ناشی از دریافت پرتوهای یونساز و تشعشعات رادیواکتیویته قرار می‌گیرند. علاوه بر این، آتش نشانان در هنگام انجام عملیات نجات و امداد در معرض عوارضی نظیر رویت صحنه‌های دلخراش و تألم آور، عوارض ناشی از وقوع انفجار در صحنه حادثه، عوارض ناشی از مسائل ارگونومی وسایل و تجهیزات و ماشین آلات، عوارض ناشی از انجام خدمت به صورت شیفتی، عوارض ناشی از عدم تغذیه صحیح و متناسب با حرفه، عوارض ناشی از استرس پس از حادثه، عوارض ناشی از کار کردن در محیط‌های آلوده، عوارض ناشی از کار کردن در محیط‌های مرطوب نیز قرار می‌گیرند. یک آتش‌نشان در هر حادثه حداقل ۱۰ مورد از عوامل زیان‌آور را لمس می‌کند همچنین آتش‌نشان در طول خدمت با تمامی فاکتورهای زیان‌آور در صحنه‌های عملیات و امدادرسانی مواجه است. براساس آمار سال‌های ۷۶ تا ۸۱ در رابطه با خسارات جانی و مصدومین ناشی از شرکت در عملیات آتش‌نشانی، بیشترین مصدوم ناشی از شرکت در عملیات حریق و نجات مربوط به سال ۸۱ با تعداد ۶۳ مصدوم حریق و ۱۲ مصدوم نجات بوده است(۱۷).

عوامل مؤثر بر خطاهای انسانی

محققین مختلف تقسیم بندی‌های گوناگونی را درباره علل و عوامل مؤثر در بروز خطاهای انسانی ارائه کرده‌اند. برای مثال «نیلس» اصلی‌ترین علل خطاهای انسانی را در شش گروه زیر طبقه بندی کرده است که هر کدام از آنها را نیز می‌توان به درجات مختلف دسته بندی کرد(۱۸).

پیچیدگی: اندازه سیستم و یا تعداد مواردی که لازم است مشاهده، کنترل و مورد توجه قرار گیرند در بروز خطاهای انسانی نقش کلیدی را بازی می‌کنند. در واقع پیچیدگی با توجه به تعداد موارد، اهداف، نشانگرها، موارد پیش بینی شده در چک لیست‌ها و یا قطعات و تجهیزاتی که باید بعنوان بخشی از فرایند مورد بررسی قرار گیرند تعیین می‌شود.

استرس: فشارهای وارده بر اپراتور جهت انجام کار صحیح، دقیق و ایمن باعث ایجاد استرس شده که به نوبه خود بر احتمال وقوع خطای انسانی می‌افزاید.

خستگی: خستگی جسمانی در اثر فاکتورهایی نظیر کمبود خواب و استراحت، تعدد وظایف و کم بودن زمان استراحت بین شیفت‌های کار و غیره بوجود می‌آید که می‌تواند بر نرخ خطاهای انسانی بیفزاید.

محیط: شرایط فیزیکی (درجه حرارت، درصد رطوبت، روشنایی، کیفیت هوای محیط کار و غیره) که اپراتور تحت آن شرایط فعالیت می‌کند می‌تواند بر احتمال بروز خطاها تأثیر بگذارد. همچنین محیط اجتماعی و فرهنگی نامناسب (برای مثال در جایی که روحیه کاری پائین باشد) نیز بر روی احتمال وقوع خطاهای انسانی مؤثر خواهد بود.

آموزش: این فاکتور نشان دهنده کمیت و کیفیت آموزش‌هایی است که اپراتور تحت یک سیستم ویژه دریافت کرده است.

تجربه: منظور از این عامل آموخته‌های عملی اپراتورها در کار با سیستم مورد مطالعه است.

مطالعاتی در گذشته به مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی احتمال خطای انسانی و یا ارزیابی ریسک خطای انسانی پرداخته‌اند تا مزایا و معایب و نیز میزان انطباق آنها با شرایط حاکم بر موقعیت مختلف شغلی و وظیفه‌ای مشخص گردد و بتوان بر اساس آن در انتخاب روش مناسب بهتر عمل کرد. در بین روش‌های موجود، روش SLIM (به جهت قرار گیری در دسته روش‌های نسل اول و ارزیابی مبتنی بر وظیفه) مورد توجه تیم تحقیق قرار گرفت. روش SLIM در این تکنیک خطای انسانی براساس نظرات

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

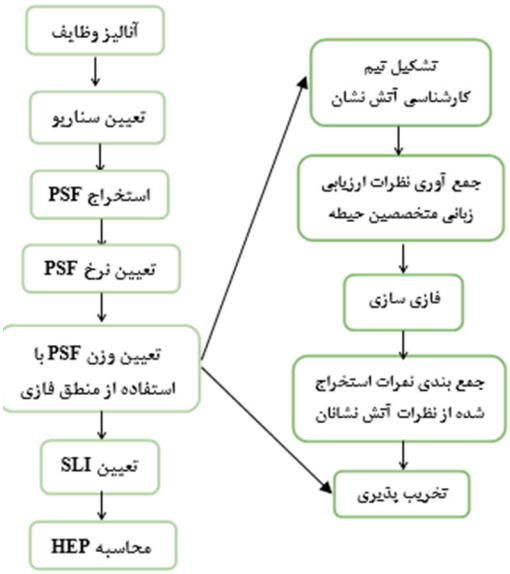
[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

کارشناسان در ارتباط با فاکتورهای تاثیرگذار بر عملکرد (PSF_S) نرخ گذاری می‌شود و نیز ابزار ساده و درعین حال قوی برای تعیین احتمال خطای انسانی و در نتیجه ارزیابی قابلیت اطمینان انسانی است و به طور خاص برای ارزیابی احتمال خطای انسانی در شرایط اضطراری معرفی شده است(۱۹). SLIM یکی از تکنیک‌های قطعی پرکاربرد در ارزیابی قابلیت اطمینان انسان است، به‌ویژه زمانی که داده‌ها ناکافی باشند و با نادیده گرفتن وابستگی‌های احتمالی در بین وظایف، احتمال خطای انسانی (HEP) را محاسبه می‌کند. در سال‌های اخیر نسخه ارزیابی مبتنی بر منطق فازی این روش ارائه شده است که تعدادی از کمیت‌ها و یا حالات بر اساس نظر و تشخیص کارشناس ارزیابی می‌گردد. در ارزیابی احتمال خطای انسانی روش SLIM صرفاً رنج حداقل را نمایش داده در حالی که روش Fuzzy SLIM، مقدار حداقل، حد وسط و حداکثر را نشان می‌دهد. و نیز به دلیل وجود عدم قطعیت و عدم دقت روش سنتی SLIM در ارزیابی احتمال خطای انسانی (HEP)، از تکنیک منطق فازی در این مطالعه استفاده شد زیرا در این تکنیک‌ها با تعیین متغیرهای زبانی مثلثی شکل (شامل مجموعه‌ای از۹-۵ مقادیر زبانی کیفی بسیار بالا، بالا، متوسط، پایین و خیلی پایین) برای نظر یک کارشناس را نشان داد. به عبارت دیگر تابع عضویت فازی، دامنه فازی را با اصطلاحات زبانی برای تبدیل نظر کیفی ترسیم کرد و تطبیق نظرات ذهنی افراد متخصص را با عدم قطعیت فراهم کرد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که تکنیک منطق فازی، ابزاری کارآمد برای حل مسائلی است که در آن‌ها ممکن است دانش، غیرقطعی باشد و نسبت به روش‌های سنتی، واقعی‌تر، عملی و باارزش است با توجه به تفاوت‌های بین دو روش به نظر رسید که طی مطالعه‌ای بتوان این دو روش را از نظر دقت ارزیابی، قابلیت اجرا و پیچیدگی فرآیند و نیز مدت زمان لازم برای اجرا مورد مقایسه قرار داد(۱۹-۲۱). بر این اساس مطالعه حاضر در راستای ارزیابی مقایسه‌ای ریسک خطای انسانی با استفاده از دو روش SLIM و Fuzzy SLIM در وظایف مربوط به شرایط اضطراری در شغل آتش نشانی طراحی و اجرا گردید(۱۹, ۲۰).

روش کار

کلیات مطالعه

مطالعه حاضر توصیفی- تحلیلی از نوع مقطعی می‌باشد. جمعیت هدف مورد بررسی در این مطالعه، آتش نشانان ایستگاه مادر شماره ۴ شهر تبریز بوده که دارای سابقه کاری



شکل ۱: مراحل اجرای روش Fuzzy SLIM

شکل ۲: مراحل اجرای روش SLIM

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

و تجربه بالای مقابله با شرایط اضطراری می‌باشند و بنا به پیشنهاد مدیر عامل این سازمان، قرار گرفتن دانشگاه علمی کاربردی و قسمت آموزش در این ایستگاه، علت انتخاب آتش نشانان از این ایستگاه می‌باشد. مطالعه بر روی شغل آتش نشانی و به منظور بررسی ریسک خطای انسانی در طول عملیات آتش نشانی اجرا گردید. بخش اصلی مطالعه مبتنی بر قضاوت آتش نشانان صورت گرفته و افراد مورد نظر برای مطالعه، در صورت داشتن معیارهای ورود به مطالعه از بین آتش نشانان، فرماندهان شیفت و رانندگان (آتش نشان- راننده) انتخاب شدند. بر این اساس، همه ۱۲ نفر حائز شرایط (دارای تجربه و سابقه کاری بالای ۱۰ سال) از ۴ گروه شغلی شامل (۳ نفر افسرشیفت، ۲ نفر جانشین افسرشیفت، ۳ نفر آتش نشان- راننده و ۴ نفر آتش نشان) جهت انجام ارزیابی و جمع آوری داده‌ها به روش نمونه گیری هدفمند و در دسترس از ایستگاه مذکور وارد مطالعه شدند. تمامی اطلاعات مورد نیاز از سازمان آتش نشانی تبریز جمع آوری شد. در این مطالعه از روش‌های مشاهده‌ای، خوداظهاری و بررسی اسنادی استفاده گردید. محوریت انجام این مطالعه استفاده از دو تکنیک Fuzzy SLIM و SLIM بوده که در طی انجام آنها ترکیبی از مشاهده، خوداظهاری و بررسی اسناد به کمک ابزارهایی نظیر جداول، فرم‌ها و موارد دیگر جهت جمع آوری و ثبت داده‌ها به کار گرفته شد. بدین صورت که بعد از انجام مانور آتش نشانان و مشاهده تمام زیروظایف توسط پژوهشگر و با همکاری تمام آتش نشانان، و انجام مصاحبه با تک تک نفرات، فاکتورهای شکل دهنده عملکرد، وظایف و زیروظایف استخراج گردید. ومطابق زیروظایف استخراج شده فرم‌های مربوطه تهیه و در اختیار همه آتش نشانان قرار گرفت. سپس آموزش‌های لازم در ارتباط با نحوه تکمیل و امتیازدهی پرسشنامه‌ها به آتش نشانان ارائه گردید. زمان لازم برای انجام مصاحبه با هر یک از آتش نشانان حدود دو ساعت بوده که روزانه با ۲-۳ نفر از آتش نشان انجام گردید. هدف از انجام مشاهدات عینی در این مطالعه، آشنایی با وظایف آتش نشانان و آنالیز زیروظایف مربوط به شغل آتش نشانی بود. در هر دو روش Fuzzy SLIM و SLIM تمامی مراحل ارزیابی بر مبنای قضاوت آتش نشانان صورت گرفته ولی در روش Fuzzy SLIM تنها در مرحله تعیین وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد، از منطق فازی استفاده گردیده و در کل ۳۹ زیروظیفه در ۴ فاز (آگاهی، ارزشیابی، خروج و بازیابی) مورد مطالعه قرار گرفت(۱۹). این روش در ارتباط با فاکتورهای مؤثر بر شکل دهنده عملکرد (PSF_s) که شامل پیچیدگی کار، فاکتور رویداد، استرس، شرایط محیطی، درجه نیاز به کار تیمی، نیاز فرایندی، تجربه و فاکتورهای فردی نرخ گذاری گردید. به این صورت که با استفاده از نمودارهای مرجع، داده‌هایی برای وزن و نرخ دهی به عوامل شکل دهی عملکرد فراهم شده و در نهایت این داده‌ها با استفاده از روش SLIM جهت محاسبه احتمال موفقیت برای کل مراحل عملیات اطفاء حریق یعنی از نقطه شروع عملیات (شنیدن آلارم) تا اتمام عملیات (سوار شدن به خودرو و حرکت به سمت ایستگاه) پردازش شدند. سیستم تحت مطالعه بررسی و مناطقی که آتش نشانان فعالیت انجام می‌دهند شناسایی گردید. در این مطالعه سناریوی مورد نظر تحت عنوان مانور حریق منطقه مسکونی داخل کوچه فرعی، طبقه سوم در طول روز و بدون باد و باران، صحنه سازی شد. به این صورت که بعد از اجرای مانور (شنیدن صدای آلارم)، آتش نشانان آماده انجام عملیات اطفا شدند. تمرکز روش SLIM بر پیش بینی احتمال خطای انسانی در هنگام عملیات در شرایط اضطراری (نظیر عملیات حریق) می‌باشد(۱۹, ۲۰).

آنالیز وظایف

آنالیز وظایف، از طریق روش‌های مشاهده عملیات، بررسی اسناد و مصاحبه با ۱۲ نفر از آتش نشانان، فرماندهان عملیات و رانندگان (آتش نشان- راننده) با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی شغل[1](HTA) انجام شد که ۳۹ زیر وظیفه را در قالب ۴ فاز (آگاهی، ارزشیابی، خروج و بازیابی) از مرحله شروع تا پایان عملیات مورد مطالعه قرار گرفت. با استفاده از روش‌های مشاهده‌ای و

1. Hierarchical Task Analysis

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

جدول ۱: رتبه بندی PSFs بر اساس نظر شرکت کنندگان در مطالعه

ردیف	PSF	Letter Designation	رتبه
۱	تجربه	G	۶۸
۲	درجه نیاز به کارتیمی	E	۵۶
۳	پیچیدگی	A	۵۰
۴	فاکتور فردی	H	۴۷
۵	فاکتور رویداد	B	۴۰
۶	استرس	C	۳۸
۷	نیاز فرایندی	F	۲۸
۸	شرایط محیطی	D	۹

نیز مصاحبه با تک تک نفرات، برای هر یک از زیر وظایف، انواع خطاها تعیین و فاکتورهای شکل دهنده عملکرد (PSF_S) هر یک از مراحل نیز شناسایی گردید. تعیین خطاها برای هر دو روش یکسان می‌باشد و چون روش Fuzzy SLIM در تمامی مراحل مبتنی بر قضاوت آتش نشانان است، لذا تعیین خطا از طریق خوداظهاری ۱۲ نفر از آتش نشانان صورت گرفت(۲۰, ۲۲).

استخراج فاکتورهای شکل دهنده عملکرد

در این قسمت، آتش نشانان مجموعه‌ای از فاکتورهای شکل دهنده عملکرد را استخراج کردند که عملکرد آنها در طول انجام وظیفه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا از طریق مصاحبه (خوداظهاری) با تک تک آتش نشانان، عوامل تاثیرگذار بر شرایط کاری بررسی شد و بر مبنای امتیاز گذاری هر یک از آتش نشانان انواع فاکتورهای شکل دهنده عملکرد مشخص گردید، سپس فاکتورهای شکل دهنده عملکرد تعیین شده در ۸ گروه شامل عوامل متنوعی مانند پیچیدگی کار، فاکتور رویداد، استرس، شرایط محیطی، درجه نیاز به کار تیمی، نیاز فرایندی، تجربه و فاکتور فردی که می‌توانند عملکرد فرد در حین انجام وظایف را تحت تأثیر قرار دهند، طبقه بندی و با روش مقایسه زوجی اهمیت هر یک از فاکتورهای شکل دهنده عملکرد تعیین گردید(۲۰, ۲۳).

مقایسه زوجی صورت گرفته برای تعیین فاکتورهای شکل دهنده عملکرد

در این نوع مقایسه میزان اهمیت فاکتورهای شکل دهنده عملکرد دو به دو با هم مورد مقایسه قرار گرفت بدین صورت که ۱۲ نفر از آتش نشانان برای نمونه فاکتورهای شکل دهنده عملکرد پیچیدگی (A) را با فاکتورهای شکل دهنده عملکرد فاکتور رویداد (B) و سایر PSF_S را با هم مقایسه کرده و فاکتورهای شکل دهنده عملکردی که در بروز خطا اهمیت بالاتری نسبت به فاکتورهای شکل دهنده عملکرد دیگر داشت انتخاب شد(۲۳).

رتبه دهی فاکتورهای شکل دهنده عملکرد از مقایسه زوجی

جدول شماره ۱ بر اساس نتایج و نظرات آتش نشانان، اهمیت هر فاکتورهای شکل دهنده عملکرد و رتبه بندی هر یک از آن‌ها را نشان می دهد(۲۳). تعداد زیادی از آتش نشانان به داشتن تجربه در محیط کار که عملکرد فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اشاره کردند.

نحوه تعیین نرخ و وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد به روش:SLIM

تعیین نرخ فاکتورهای شکل دهنده عملکرد

فرمهایی که شامل جداول امتیازدهی است در اختیار

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129] [Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

جدول ۲. تعیین نرخ فاکتورهای شکل دهنده عملکرد به روش SLIM

Rating of performance shaping factor									
سناریو		فاکتورهای شکل دهنده عملکرد							
آتش سوزی (۵ سال سابقه کاری به عنوان آتش نشان، حریق منطقه مسکونی، روز، بدون باد و باران، داخل کوچه فرعی و طبقه ۳)		پیچیدگی	فاکتور رویداد	استرس	شرایط محیطی	درجه نیاز به کار تیمی	نیاز فرایندی	تجربه	فاکتور فردی
ردیف	اقدامات	۰= خیلی پیچیده ۵۰= تاحدی پیچیده ۱۰۰= بدون عمل پیچیده	۰= تأثیر زیاد ۵۰= تأثیر کم ۱۰۰= بی تأثیر	۰= استرس بالا ۵۰= استرس کم ۱۰۰= بدون استرس	۰= تأثیر زیاد ۵۰= تأثیر کم ۱۰۰= بی تأثیر	۰= نیاز شدید به کار تیمی ۵۰= نیاز متوسط به کار تیمی ۱۰۰= عدم نیاز به کار تیمی	۰= نیاز فرایندی پایین ۵۰= نیاز فرایندی متوسط ۱۰۰= نیاز فرایندی بالا	۰= بدون تجربه ۵۰= تجربه کم ۱۰۰= تجربه بالا	۰= فاکتورهای فردی نامناسب ۵۰= فاکتورهای فردی متوسط ۱۰۰= فاکتورهای فردی مناسب
۱	شنیدن آلارم	۴۰	۲۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۱۰	۳۰	۲۰
۲	شناسایی آلارم	۳۰	۲۰	۱۰۰	۹۰	۷۰	۲۰	۳۰	۲۰
۳	گرفتن میله فرود	۸۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۷۰	۲۰	۳۰	۳۰
۴	سرخوردن	۸۰	۱۰	۸۰	۸۰	۴۰	۲۰	۷۰	۳۰
۵	اطلاع یافتن از نوع مأموریت	۳۰	۷۰	۱۰۰	۶۰	۴۰	۱۰	۴۰	۲۰
۶	برداشتن تجهیزات ایمنی (کلاه ایمنی، ژاکت، دستکش‌ها) از آویز	۸۰	۶۰	۱۰۰	۴۰	۷۰	۲۰	۵۰	۲۵

آتش نشانان قرار گرفت پس از ارائه توضیحات کامل از نحوه تکمیل فرم‌ها و نحوه انجام کار، هر یک از ۱۲ آتش نشان، امتیازهایی را از صفر تا صد برای ۳۹ زیروظیفه که دارای ۸ فاکتور شکل دهنده عملکرد می‌باشد، ارائه دادند. در این مرحله سناریو به طور کامل و جزئی برای هر یک از آتش نشانان توضیح داده شد که آتش نشانان با روش خوداظهاری، بدون در نظر گرفتن فواصل مشخص جدول مربوطه را تکمیل کردند(۲۳). نمونه‌ای از زیروظایف در جدول شماره ۲ توسط آتش نشان شماره یک تکمیل گردیده است..

تعیین وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد

هر یک از ۱۲ آتش نشان، طبق این جدول امتیازهایی را از صفر تا صد برای ۳۹ زیروظیفه که دارای ۸ فاکتور شکل دهنده عملکرد می‌باشند، ارائه دادند. در این مرحله امتیاز دهی باید با در نظر گرفتن فواصل ۱۰ تایی انجام گردد(۲۳). نمونه‌ای از زیروظایف در جدول شماره ۳ توسط آتش نشان شماره یک تکمیل گردیده است.

نحوه تعیین نرخ و وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد به روش:Fuzzy SLIM

تعیین نرخ فاکتورهای شکل دهنده عملکرد

در این مرحله هر یک از ۱۲ آتش نشان، امتیازی از بین ۱-۹ برای فاکتورهای شکل دهنده عملکرد تعیین شده اختصاص دادند که به ترتیب عدد ۱ نشان دهنده حداکثر تأثیر و عدد ۹ نمایانگر حداقل تأثیر در فرایند مطالعه می‌باشد. مثلا جدول ۴ توسط آتش نشان شماره یک تکمیل گردیده است(۲۰).

تعیین وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد

در این مرحله برای تعیین وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد از منطق فازی استفاده شده است بدین صورت که آتش نشان منتخب از بین آتش نشانان، برای هر یک از فاکتورهای شکل دهنده عملکرد تعیین شده متغیرهای زبانی خیلی بالا (VH)، بالا (H)، متوسط (M)، کم (L) و خیلی کم (VL) را اختصاص دادند(۲۰). جدول شماره ۵ توسط همه آتش نشانان تکمیل گردیده است.

تعیین وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد با استفاده از منطق فازی

تشکیل تیم کارشناس، ارزیابی کارشناس و تعریف اصطلاحات زبانی[1]

تیم کارشناسان شامل ۱۲ نفر از آتش نشانان (۴ نفر آتش نشان، ۳ نفر افسر شیفت (فرماندهان عملیات)، ۲ نفر جانشین افسر شیفت و ۳ نفر آتش نشان – راننده) که این نفرات به دلیل داشتن تجربه مقابله با شرایط اضطراری از هر گروه شغلی انتخاب گردیدند(۲۰).

جمع بندی نمرات با رویکرد استخراج نظرات آتش نشانان[2]

تیم کارشناسی براساس پست سازمانی، تجربه کاری و مدرک تحصیلی نمره دهی شده و فاکتور وزن نیز با استفاده از این متغیرها به دست می‌آید(۲۰).

جمع آوری نظرات ارزیابی زبانی متخصصین حیطه کاری[3]

اصطلاحات زبانی از اعضای تیم (آتش نشانان) به دست آمده و برای جمع بندی، فازی سازی می‌شوند(۲۰).

فازی سازی[4]

تابع عضویت فازی، دامنه فازی را با اصطلاحات زبان شناسی برای تبدیل دیدگاه کیفی ارائه می‌دهد. توابع عضو ممکن است مثلثی[5] یا تراژیک[6] باشند زیرا هر دو بسیار مناسب و نیز در تلاش‌های محاسباتی ساده هستند. نمرات زبان شناسی فازی به دست آمده از این مرحله در مراحل بعدی برای به دست آوردن نتیجه نهایی استفاده می‌شود که در جدول شماره ۶ نشان داده شده است(۲۰).

1. Expert Team Formation, Expert Evaluation and Linguistic Term Definition
2. Aggregation of Scores With Expert Elicitation Approach
3. Obtaining Domain Experts Linguistic Assessment Opinion
4. Fuzzification
5. Triangular
6. Trapezoidal

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129] [Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

جدول ۳. تعیین وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد به روش SLIM

Weighting of performance shaping factor فاکتورهای شکل دهنده عملکرد با فواصل ۱۰ تایی از ۰ تا ۱۰۰ وزن دهی می‌شوند. ۱۰۰ دارای بیشترین تأثیر و ۰ دارای کمترین تأثیر است									
سناریو	فاکتورهای شکل دهنده عملکرد								
آتش سوزی	پیچیدگی	فاکتور رویداد	استرس	شرایط محیطی	درجه نیاز به کار تیمی	نیاز فرایندی	تجربه	**فاکتور فردی**
ردیف	اقدامات								
۱	شنیدن آلارم	۶۰	۷۰	۴۰	۳۰	۷۰	۷۰	۸۰	**۷۰**
۲	شناسایی آلارم	۵۰	۷۰	۴۰	۳۰	۷۰	۶۰	۸۰	**۷۰**
۳	گرفتن میله فرود	۲۰	۷۰	۴۰	۴۰	۷۰	۶۰	۸۰	**۷۰**
۴	سرخوردن	۲۰	۶۰	۴۰	۶۰	۸۰	۳۰	۸۰	**۸۰**
۵	اطلاع یافتن از نوع مأموریت	۳۰	۶۰	۴۰	۵۰	۷۰	۷۰	۷۰	**۸۰**
۶	برداشتن تجهیزات ایمنی (کلاه ایمنی، ژاکت، دستکش‌ها) از آویز	۳۰	۶۰	۳۰	۳۰	۷۰	۸۰	۸۰	**۷۰**
۷	پوشیدن تجهیزات ایمنی (کلاه ایمنی، ژاکت، دستکش‌ها)	۳۰	۶۰	۳۰	۳۰	۹۰	۵۰	۸۰	**۸۰**
۸	حرکت به سمت خودرو و سوار شدن	۲۰	۴۰	۴۰	۵۰	۷۰	۶۰	۷۰	**۷۰**
۹	برداشتن دستگاه تنفسی از خودرو	۳۰	۵۰	۳۰	۴۰	۸۰	۶۰	۸۰	**۸۰**
۱۰	پوشیدن دستگاه تنفسی در داخل خودرو	۲۰	۷۰	۴۰	۵۰	۷۰	۵۰	۸۰	**۷۰**
۱۱	پیاده شدن از خودرو	۷۰	۷۰	۵۰	۴۰	۷۰	۷۰	۷۰	**۸۰**
۱۲	هماهنگی با فرمانده عملیات	۶۰	۵۰	۶۰	۵۰	۸۰	۶۰	۷۰	**۸۰**

جدول ۴: تعیین نرخ PSF توسط شرکت کنندگان

امتیاز / PSF	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
پیچیدگی	❋								
فاکتور رویداد			❋						
استرس	❋								
شرایط محیطی							❋		
درجه نیاز به کار تیمی		❋							
نیاز فرایندی					❋				
تجربه		❋							
فاکتور فردی			❋						

جدول ۵: تعیین وزن PSF بر اساس نظر شرکت کنندگان

PSF	نظرات کارشناس											
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
پیچیدگی	VH	H	H	H	H	H	H	VH	L	H	H	M
فاکتور رویداد	M	M	H	H	M	H	L	H	L	VH	H	H
استرس	VH	H	M	L	H	M	L	H	L	H	H	M
شرایط محیطی	L	M	L	M	M	H	L	H	L	M	M	L
درجه نیاز به کار تیمی	H	H	H	VH	H	VH	M	H	H	H	H	M
نیاز فرایندی	L	M	L	M	M	H	L	M	L	H	M	H
تجربه	H	VH	H	VH	H	VH	M	H	VH	H	VH	VH
فاکتور فردی	M	M	VH	VH	H	M	H	VH	H	H	H	M

جمع بندی نمرات

هر یک از اصطلاحات زبانی گردآوری شده از نظرات آتش نشانان می‌تواند به اعداد فازی مربوطه تبدیل شود که طبق مراحل ذیل می‌باشد(۲۰).

۱- محاسبه درجه مشابهت قضاوت کارشناسان[1]

$$S(A1, A2) = 1 - \left(\frac{1}{3}\right)\sum_{i=1}^{3}(a1i - a2i)$$

۲- محاسبه درجه توافق هر زوج کارشناس[2]

$$AA(Eu) = \frac{\sum S(A1, A2)}{M - 1}$$

۳- تعیین درجه نسبی توافق هر زوج کارشناس[3]

$$RA(Eu) = \frac{A(Eu)}{\sum A(Eu)}$$

1. Calculating Degree of Similarity of Expert Judgements for Each Bes

2. Calculating The Degree of Agreement of Each Pair of Experts
3. Calculating Relative Degree of Agreement of Each Pair of Experts

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

جدول ۶: نمرات زبان شناسی فازی در روش Fuzzy SLIM

خیلی پایین[1]	۰	۰/۱۵	۰/۳
پایین[2]	۰/۱	۰/۳	۰/۵
متوسط[3]	۰/۳	۰/۵	۰/۷
بالا[4]	۰/۵	۰/۷	۰/۹
خیلی بالا[5]	۰/۷	۰/۸۵	۱

[1] Very Low
[2] Low
[3] Moderate
[4] High
[5] Very High

جدول ۷: برآورد سطح ریسک خطای انسانی

طبقه	احتمال خطای انسانی	شدت پیامد			
		بحرانی (۱)	بالا (۲)	متوسط (۳)	کم (۴)
A	۰/۱ تا ۱	1A	2A	3A	4A
B	۰/۰۱ تا ۰/۱	1B	2B	3B	4B
C	۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱	1C	2C	3C	4C

۴- محاسبه درجه توافق ضریب برای هر زوج کارشناس[1]

$$CC(Eu) = B * w(Eu) + (1-\mathrm{B}) * RA(Eu)$$

W: فاکتور وزن استخراج شده از نظرات آتش نشانان

B: (۱-۰/۵) اگر اعضای تیم همگن بود، عدد ۱ استفاده می‌شد ولی چون اعضا به صورت ناهمگن از هر گروه شغلی انتخاب شده‌اند عدد ۰/۵ در این مطالعه استفاده می‌شود.

۵- محاسبه نتیجه نهایی جمع بندی شده بر پایه نظرات کارشناس[2]

$$R_{AB} = \mathrm{CC}(E_1) * R_1 + CC(E_2) * R_2 + \ldots + CC(E_M) * R_M$$

تخریب پذیری[3]: برای محاسبه احتمال زمانی که رتبه بندی نهایی، اعداد فازی هستند، تخریب پذیری باید انجام شود که طبق مراحل زیر است:

1. Calculating Consensus Degree of Coefficient For Each Pair of Experts
2. Calculating The Aggregation Result Based on The Expert Opinion
3. Defuzzification

تعیین SLI:

SLI، از مجموع ضرب دو عدد به دست آمده از نرخ و وزن فاکتورهای شکل دهنده عملکرد به دست می‌آید(۱۹, ۲۰).

$$SLI = \sum_{I=1}^{n} r_i w_i \quad 0 \le \mathrm{SLI} \le 1$$

SLI=∑riwi

n: تعداد PSF r_i: نرخ PSF w_i: وزن PSF

تعیین احتمال خطای انسانی

با استفاده از نمودارهای مرجع Log $kappa_j$ که همان Log POS است تعیین می‌گردد. سپس POS[4] محاسبه می‌شود برای تعیین احتمال موفقیت، معکوس لگاریتم (Anti Log)POS گرفته می‌شود. متعاقب آن، احتمال خطای انسانی (HEP)، برای هر فعالیت تجمع محاسبه می‌گردد(۱۹, ۲۰).

4. Probability of Success

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

جدول ۸: تعیین PSF برای وظایف مربوط به شغل آتش نشانی

ردیف	نوع فاکتورهای شکل دهنده عملکرد در وظایف مربوط به شغل آتش نشانی	فاکتورهای شکل دهنده عملکرد انتخابی
۱	اطلاع ندادن درست نوع مأموریت	پیچیدگی
۲	تعداد نفرات زیاد	
۳	تخصیص مبهم وظایف	
۴	جایی که اولویت با جان افراد است	
۵	وجود چند کانون حریق	
۶	کار زیاد	
۷	نبودن در محل	فاکتور رویداد
۸	پوشیدن لباس آستین دار برای جلوگیری از سوختگی	
۹	آلودگی صوتی (پارازیت بی سیم)	
۱۰	تشابه اسمی آدرس‌ها	
۱۱	مسافت زیاد از خودرو تا محل آتش سوزی و ارتباط دیداری نامناسب	
۱۲	دود زیاد در محل	
۱۳	تاریکی	
۱۴	وسعت محل	
۱۵	پستی و بلندی محل	
۱۶	ماندن ابزارآلاتی (لوله و..) در پشت تجهیزات دیگر در محل حادثه	
۱۷	نبود دید کافی در محل نامناسب	فاکتور رویداد
۱۸	زدن کلید آژیر در شب	
۱۹	کمبود زمان	
۲۰	داشتن استرس	استرس
ردیف	**نوع فاکتورهای شکل دهنده عملکرد در وظایف مربوط به شغل آتش نشانی**	**فاکتورهای شکل دهنده عملکرد انتخابی**
۲۱	محدودیت‌های محیطی	شرایط محیطی
۲۲	معیوب بودن وضعیت آسفالت خیابان	
۲۳	سرخوردن در زمستان	
۲۴	ناهماهنگی بین سرنازل و کمک نازل	درجه نیاز به کار تیمی
۲۵	امداد آتش نشان‌های دیگر از سایر ایستگاه‌ها در عملیات بزرگ	
۲۶	اختلاف افراد با هم	
۲۷	عدم هماهنگی به علت نفرات زیاد در حریق‌های بزرگ	
۲۸	ترکیب چند ایستگاه با هم	
۲۹	ابزار غیرقابل اعتماد	نیاز فرایندی
۳۰	سنگینی لوله و تجهیزات	
۳۱	عدم آشنایی آتش نشان به دلیل انتقال از ایستگاه دیگر	تجربه
۳۲	ناآشنا بودن فرد در هنگام استفاده از تانکر ایستگاه‌های دیگر	
۳۳	عدم شناخت محل	
۳۴	مهارت ناکافی	
۳۵	عدم آشنایی با محصولات حریق ساختمان	
۳۶	فشار نامناسب پدال گاز	
۳۷	فراموشی	فاکتور فردی
۳۸	حواس پرتی	
۳۹	بی توجهی	
۴۰	خواب ناکافی و عدم تعادل	
۴۱	کز شدن دستان	

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

ادامه جدول ۸: تعیین PSF برای وظایف مربوط به شغل آتش نشانی

۴۲	تنبلی	
۴۳	خواب آلودگی	
۴۴	خستگی	
۴۵	روحیه پایین	
۴۶	افت شنوایی	
۴۷	سن	
۴۸	عجله	
۴۹	محدودیت‌های فیزیکی فرد	

a: بالاترین مقدار SLI

b: پایین‌ترین مقدار SLI

$aSLI+ b SLI = Log POS= Log kappa_j$

تعیین عدد ریسک با استفاده از ماتریس ریسک

بعد از محاسبه احتمال خطای انسانی، برای محاسبه سطح ریسک در شغل آنالیز شده، ابتدا برای به دست آوردن شدت پیامد از جدول DiMattia استفاده گردیده است که در مجموع مطابق این جدول، برای ۳۹ زیروظیفه، ۳۹ پیامد و ۳۹ شدت پیامد براساس تأخیر در انجام عملیات و مقدار آسیب فیزیکی به صورت بحرانی، بالا، متوسط و پایین برای هریک از زیروظایف آتش نشانان تعیین گردید که شدت پیامد برای هر دو روش یکسان بوده و صرفاً تفاوت دو روش در تعیین سطح ریسک مربوط به مقدار کمی احتمال خطای انسانی است. لذا با ضرب کردن شدت پیامد در مقدار کمی احتمال خطای انسانی، سطح ریسک برآورد گردید. که قسمت سیاه رنگ مربوط به ریسک‌های بالا، قسمت خاکستری رنگ مربوط به ریسک‌های متوسط و قسمت سفید رنگ مربوط به ریسک‌های کم می‌باشد(۲۲, ۲۴). برای مثال طبق جدول ۹ در زیروظیفه باز کردن در و پنجره‌ها در روش Fuzzy SLIM احتمال خطای انسانی به دست آمده، ۰/۰۵۵۳ بوده که در دسته B طبقه بندی می‌گردد و بروز خطا در این زیروظیفه منجر به آسیب فیزیکی جدی می‌شود لذا شدت پیامد این زیروظیفه متوسط می‌باشد و اگر احتمال خطای انسانی ضربدر شدت پیامد گردد. عدد ریسک به دست آمده که عدد ریسک مربوطه 2B می‌باشد و سطح ریسک این زیروظیفه، متوسط برآورد می‌گردد. در حالی که همین زیروظیفه در روش SLIM احتمال خطای انسانی ۰/۱۰۷۶ به دست آمده که در دسته A طبقه بندی شده و شدت پیامد در هر دو روش یکسان می‌باشد و با ضرب کردن دو عدد احتمال خطای انسانی در شدت پیامد، عدد ریسک تعیین می‌شود لذا عدد ریسک مربوطه 2A می‌باشد که سطح ریسک این زیروظیفه، بالا برآورد می‌گردد. جزئیات برآورد سطح ریسک خطای انسانی در جدول شماره ۷ آورده شده است.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های جمع آوری شده جهت تجزیه و تحلیل آماری وارد نرم افزار Excel انجام گرفت. گردیده و شاخص‌های آماری استخراج و آزمون‌های آمار انجام گرفت. برای توزیع فراوانی متغیر کمی خطای انسانی از آزمون همبستگی و برای متغیر کیفی تعیین سطح ریسک نیز از آزمون آماری کاپا استفاده گردید.

یافته ها

طبق جدول آنالیز وظایف با روش HTA در مجموع برای هر دو روش ۱۷ وظیفه، ۳۹ زیروظیفه و ۶۳ خطا و ۱۷۲ PSF تعیین شده است.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

استخراج PSF:

با استفاده از جدول ۸ و به روش‌های مصاحبه (خوداظهاری) آتش نشانان، انواع فاکتورهای شکل دهنده عملکرد مشخص شده، سپس فاکتورهای شکل دهنده عملکرد تعیین شده در ۸ گروه شامل عوامل متنوعی مانند پیچیدگی کار، فاکتور رویداد، استرس، شرایط محیطی، درجه نیاز به کار تیمی، نیاز فرایندی، تجربه و فاکتور فردی که می‌توانند عملکرد فرد در حین انجام وظایف را تحت تأثیر قرار دهند طبقه بندی و با روش مقایسه زوجی اهمیت هر یک از فاکتورهای شکل دهنده عملکرد تعیین گردید(۲۰, ۲۵).

نتایج ارزیابی احتمال خطای انسانی به دو روش

برابر جدول ۹، یافته‌های حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که در روش SLIM بیشترین احتمال خطای انسانی مکرر (A: دامنه ۰/۱ تا ۱) در فاز آگاهی مربوط به زیر وظیفه شنیدن آلارم و در فاز اقدام مربوط به زیر وظیفه رفتن آتش نشان اول (سرنازل) و دوم (کمک سرنازل) به طرف آتش بوده و در روش Fuzzy SLIM در فاز اقدام مربوط به زیر وظیفه وصل کردن لوله‌ها به هم می‌باشد. کم‌ترین مقدار خطای انسانی مربوط به دامنه (C: ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱) که به ندرت اتفاق می افتد در روش SLIM وجود ندارد و در روش Fuzzy SLIM در فاز آمادگی مربوط به زیروظیفه هماهنگی با فرمانده عملیات و نیز در فاز بازیابی شامل زیروظایف سرد کردن دیوارها و سقف و اشیاء داغ و سوار شدن به خودرو و حرکت به سمت ایستگاه می‌باشد. جدول شماره ۱۰، جزئیاتی بیشتری از مقایسه نتایج بین دو روش را نشان می دهد.

مقایسه نتایج آنالیز داده‌های کمی احتمال خطای انسانی

یافته‌های حاصل از آنالیز داده‌های کمی خطای انسانی با استفاده از آزمون همبستگی نشان می‌دهد که ضریب همبستگی مقادیر احتمال خطا بین دو روش برابر ۰/۳۲۰۷۲۲ می‌باشد که نشان دهنده همبستگی متوسط در این خصوص می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از آزمون آماری کاپا بین سطح ریسک برآورد شده در دو روش نشان داد که بین دو روش SLIM و Fuzzy SLIM توافق بالا در این خصوص وجود دارد (P value/۰۵ >۰).

برای آنالیز داده‌های خطای انسانی که از نوع کمی می‌باشد از آزمون آماری همبستگی استفاده می‌گردد که نتایج این آزمون در جدول ۱۱ ارائه گردیده است.

نتایج ارزیابی ریسک خطای انسانی به دو روش

نتایج نشان می‌دهد که سطح ریسک برآورد شده در فاز آگاهی در هر یک از زیروظایف شنیدن آلارم، شناسایی آلارم و اطلاع یافتن از نوع مأموریت در هر دو روش یکسان بوده و کم‌تر می‌باشد. و در زیروظایف گرفتن میله فرود و سرخوردن، سطح ریسک در هر دو روش متوسط می‌باشد. برابر جدول ۱۲ سطح ریسک در زیروظایف برداشتن لوله‌ها در روش SLIM بالا و در روش Fuzzy SLIM متوسط است. سطح ریسک بالا در هر دو روش نیز مربوط به فاز بازیابی می‌باشد.

برای آنالیزداده های سطح ریسک که از نوع کیفی می‌باشد از آزمون آماری کاپا استفاده می‌گردد. نتایج این آزمون در جدول ۱۳ آمده است.

با توجه به نتایج به دست آمده طبقه درصدهای احتمال خطای انسانی، سطح ریسک ارزیابی شده و برآورد سطح ریسک در دو روش به دست آمده و مورد مقایسه قرار گرفتند که در جدول شماره ۱۴ ارائه شده اند. در ۱۹ زیروظیفه (۴۸/۷ درصد) دو روش دارای طبقه خطای انسانی و سطح ریسک ارزیابی شده یکسان و در ۳۵ زیروظیفه (۸۹/۷ درصد) دارای برآورد سطح ریسک یکسان بودند که نمایانگر توافق بالای دو روش از نظر برآورد سطح ریسک می‌باشد.

بحث

نتایج حاصل از ارزیابی به روش SLIM نشان داد که در زیروظیفه شنیدن آلارم (فاز آگاهی) و زیر وظیفه رفتن آتش نشان اول و دوم (فاز اقدام) بیشترین احتمال بروز خطا و در زیر وظیفه بازنگری مجدد محل (فاز بازیابی)

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

جدول ۹: نتایج ارزیابی احتمال خطای انسانی در دو روش

ردیف	زیروظیفه	SLIM		Fuzzy SLIM	
		احتمال خطای انسانی	طبقه خطای انسانی	احتمال خطای انسانی	طبقه خطای انسانی
۱	شنیدن آلارم	۰/۱۳	A	۰/۰۶۷۰	B
۲	شناسایی آلارم	۰/۱۰۹۷	A	۰/۰۱۳۶	B
۳	گرفتن میله فرود	۰/۰۹۰۳	B	۰/۰۴۰۰	B
۴	سرخوردن	۰/۰۸۲۳	B	۰/۰۵۸۴	B
۵	اطلاع یافتن از نوع مأموریت	۰/۱۱۵۶	A	۰/۰۸۵۰	B
۶	برداشتن تجهیزات ایمنی (کلاه ایمنی، ژاکت، دستکش‌ها) از آویز	۰/۰۹۸۲	B	۰/۰۰۳۳	C
۷	پوشیدن تجهیزات ایمنی	۰/۰۸۴۶	B	۰/۰۰۵۶	C
۸	حرکت به سمت خودرو و سوار شدن	۰/۱۱۴۲	A	۰/۰۴۳۸	B
۹	برداشتن دستگاه تنفسی از خودرو	۰/۰۹۸۴	B	۰/۰۲۵۲	B
۱۰	پوشیدن دستگاه تنفسی در داخل خودرو	۰/۱۱۳۰	A	۰/۰۸۸۷	B
۱۱	پیاده شدن از خودرو	۰/۱۲۹۱	A	۰/۰۲۴۰	B
۱۲	هماهنگی با فرمانده عملیات	۰/۱۲۱۳	A	۰/۰۰۱۰	C
۱۳	برداشتن لوله	۰/۱۱۱۲	A	۰/۱۵۷۵	A
۱۴	برداشتن سرنازل	۰/۱۰۲۵	A	۰/۱۱۱۱	A
۱۵	وصل کردن نازل به لوله	۰/۱۱۹۵	A	۰/۱۴۳۶	A
۱۶	وصل کردن لوله‌ها به هم	۰/۱۰۸۱	A	۰/۱۸۸۶	A
۱۷	وصل کردن لوله‌ها به پمپ	۰/۱۰۵۸	A	۰/۰۸۸۳	B
۱۸	رفتن آتش نشان اول (سرنازل) و دوم (کمک سرنازل) به طرف آتش	۰/۱۳۳۸	A	۰/۰۹۸۵	B
۱۹	تعیین کانون حریق بر اساس افزایش درجه حرارت یا الگوی انتشار دود	۰/۱۲	A	۰/۰۵۳۰	B
۲۰	ارزیابی وضعیت و انتخاب محل استقرار مناسب	۰/۱۱۱۱	A	۰/۰۵۵۱	B
۲۱	آب پاشی برای کاهش حجم شعله توسط سرنازل و کمک سرنازل	۰/۰۸۹۷	B	۰/۱۶۸۶	A
۲۲	تداوم کار تا اطفاء کامل حریق	۰/۰۹۸۳	B	۰/۰۲۶۵	B
۲۳	اعلام خاموشی حریق	۰/۰۹۳۵	B	۰/۰۲۵۹	B
۲۴	باز کردن در و پنجره‌ها و در صورت عدم باز شدن، شکستن در و شیشه پنجره برای تهویه هوا	۰/۱۰۷۶	A	۰/۰۵۵۳	B
۲۵	بازنگری مجدد محل	۰/۰۲۶۹	B	۰/۰۲۶۵	B
۲۶	آب پاشی محل‌هایی که آتش نهفته وجود دارد.	۰/۰۳۳۴	B	۰/۰۲۱۱	B
۲۷	بازرسی دیوارها و سقف و اشیاء داغ	۰/۰۳۳۵	B	۰/۰۲۹۹	B
۲۸	سرد کردن دیوارها و سقف و اشیاء داغ	۰/۰۳۱۵	B	۰/۰۰۱۸	C
۲۹	برداشتن لوله‌ها	۰/۱۱۵۰	A	۰/۱۳۲۷	A
۳۰	خالی کردن آب باقی مانده داخل لوله‌ها	۰/۰۹۶۰	B	۰/۱۴۲۵	A
۳۱	جدا کردن نازل از لوله	۰/۰۹۴۸	B	۰/۰۳۳۰	B
۳۲	جدا کردن لوله‌ها از هم	۰/۰۸۹۳	B	۰/۰۳۳۰	B
۳۳	جدا کردن لوله از پمپ	۰/۰۸۶۴	B	۰/۰۳۸۰	B
۳۴	برداشتن لوله‌ها	۰/۱۰۱۰	A	۰/۰۸۵۹	B
۳۵	برداشتن نازل	۰/۰۸۹۸	B	۰/۰۹۶۷	B
۳۶	برداشتن سه راهی	۰/۰۹۱۵	B	۰/۰۳۶۱	B
۳۷	قرار دادن لوله‌ها، نازل و سه راهی در خودرو	۰/۰۸۴۴	B	۰/۱۴۱۳	A
۳۸	دریافت دستور اتمام عملیات	۰/۰۸۰۵	B	۰/۰۸۱۷	B
۳۹	سوار شدن به خودرو و حرکت به سمت ایستگاه	۰/۰۷۵۳	B	۰/۰۰۱۳	C

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

جدول ۱۰: مقایسه آنالیز داده‌های کمی خطای انسانی با دو روش برای شغل آتش نشانی

Fuzzy SLIM		SLIM	
میانگین	۰/۰۶۴۹۰۴	میانگین	۰/۰۹۵۳۵۷
خطای استاندارد	۰/۰۰۸۲۸۶	خطای استاندارد	۰/۰۰۴۱۹۴
میانه	۰/۰۵۳۰۷۶	میانه	۰/۰۹۸۳۲۴
مد	تعریف نشده است	مد	تعریف نشده است
انحراف معیار	۰/۰۵۱۷۴۸	انحراف معیار	۰/۰۲۶۱۹۳
واریانس نمونه	۰/۰۰۲۶۷۸	واریانس نمونه	۰/۰۰۰۶۸۶
کشیدگی	-۰/۳۹۰۶۳	کشیدگی	۱/۶۶۰۸۴۲
چولگی	۰/۷۶۷۴۴۲	چولگی	-۱/۳۰۰۶۴
دامنه	۰/۱۸۷۶۸۷	دامنه	۰/۱۰۶۹۴۶
حداقل	۰/۰۰۱۰۰۵	حداقل	۰/۰۲۶۹۲۴
حداکثر	۰/۱۸۸۶۹۱	حداکثر	۰/۱۳۳۸۷
مجموع	۲/۵۳۱۲۷۱	مجموع	۳/۷۱۸۹۱۳
تعداد	۳۹	تعداد	۳۹
سطح اطمینان (۹۵٪)	۰/۰۱۶۷۷۵	سطح اطمینان (۹۵٪)	۰/۰۰۸۴۹۱

جدول ۱۱: ضرایب همبستگی مقادیر احتمال خطای انسانی به دو روش

	SLIM	Fuzzy SLIM
SLIM	۱	
Fuzzy SLIM	۰/۳۲۰۷۲۲	۱

کم‌ترین احتمال بروز خطا وجود دارد. نتایج ارزیابی به روش (Fuzzy SLIM) نشان داد که بیشترین احتمال بروز خطای انسانی در زیروظیفه وصل کردن لوله‌ها به هم (فاز اقدام) و کم‌ترین احتمال بروز خطای انسانی در زیر وظایف هماهنگی با فرمانده عملیات (فاز آمادگی) و سوار شدن به خودرو و حرکت به سمت ایستگاه (فاز بازیابی) می‌باشد. از نظر سطح ریسک خطای انسانی، نتایج روش SLIM بالاترین سطح ریسک را در زیر وظیفه باز کردن در و پنجره‌ها و در صورت عدم باز شدن، شکستن در و شیشه پنجره برای تهویه هوا در زمان ورود به محل نشان می دهد، در حالیکه در روش Fuzzy SLIM بالاترین سطح ریسک مربوط به زیروظیفه قرار دادن لوله‌ها، نازل و سه راهی در خودرو (فاز بازیابی) به دست آمد.

زیروظایفی که در هر دو روش، احتمال خطای انسانی در آن‌ها بیشتر است، زیروظایف برداشتن لوله، برداشتن سرنازل، وصل کردن نازل به لوله و وصل کردن لوله‌ها به هم به دلیل عجله، استرس، حواس پرتی، مسافت زیاد از خودرو تا محل آتش سوزی و ارتباط دیداری نامناسب، آلودگی صوتی و فشار نامناسب پدال گاز توسط راننده می‌باشد و چون موجب تأخیر جزئی در انجام عملیات می‌شود لذا شدت پیامد کم‌تر و در نتیجه سطح ریسک نیز پایین‌تر است. لذا نمی‌توان گفت که با افزایش احتمال خطای انسانی سطح ریسک نیز بیشتر می‌شود چرا که سطح ریسک به شدت پیامد نیز بستگی دارد.

برای مثال، در زیر وظیفه شنیدن آلارم به دلیل نبودن در محل و زدن کلید آژیر در شب، احتمال خطای

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

جدول ۱۲: نتایج ارزیابی ریسک در دو روش

ردیف	زیروظیفه	پیامد	SLIM		Fuzzy SLIM	
			سطح ریسک ارزیابی شده	برآورد سطح ریسک	سطح ریسک ارزیابی شده	برآورد سطح ریسک
۱	شنیدن آلارم	۴	4A	کم	4B	کم
۲	شناسایی آلارم	۴	4A	کم	4B	کم
۳	گرفتن میله فرود	۲	2B	متوسط	2B	متوسط
۴	سرخوردن	۲	2B	متوسط	2B	متوسط
۵	اطلاع یافتن از نوع مأموریت	۴	4A	کم	4B	کم
۶	برداشتن تجهیزات ایمنی (کلاه ایمنی، ژاکت، دستکش‌ها) از آویز	۴	4B	کم	4C	کم
۷	پوشیدن تجهیزات ایمنی	۳	3B	متوسط	3C	کم
۸	حرکت به سمت خودرو و سوار شدن	۴	4A	کم	4B	کم
۹	برداشتن دستگاه تنفسی از خودرو	۴	4B	کم	4B	کم
۱۰	پوشیدن دستگاه تنفسی در داخل خودرو	۴	4A	کم	4B	کم
۱۱	پیاده شدن از خودرو	۳	3A	متوسط	3B	متوسط
۱۲	هماهنگی با فرمانده عملیات	۴	4A	کم	4C	کم
۱۳	برداشتن لوله	۴	4A	کم	4A	کم
۱۴	برداشتن سرنازل	۴	4A	کم	4A	کم
۱۵	وصل کردن نازل به لوله	۴	4A	کم	4A	کم
۱۶	وصل کردن لوله‌ها به هم	۴	4A	کم	4A	کم
۱۷	وصل کردن لوله‌ها به پمپ	۴	4A	کم	4B	کم
۱۸	رفتن آتش نشان ۱ (سرنازل) و ۲ (کمک سرنازل) به طرف آتش	۳	3A	متوسط	3B	متوسط
۱۹	تعیین کانون حریق بر اساس افزایش درجه حرارت یا الگوی انتشار دود	۳	3A	متوسط	3B	متوسط
۲۰	ارزیابی وضعیت و انتخاب محل استقرار مناسب	۳	3A	متوسط	3B	متوسط
۲۱	آب پاشی برای کاهش حجم شعله توسط سرنازل و کمک سرنازل	۴	4B	کم	4A	کم
۲۲	تداوم کار تا اطفاء کامل حریق	۲	2B	متوسط	2B	متوسط
۲۳	اعلام خاموشی حریق	۴	4B	کم	4B	کم
۲۴	باز کردن در و پنجره‌ها و در صورت عدم باز شدن، شکستن در و شیشه پنجره برای تهویه هوا	۲	2A	بالا	2B	متوسط
۲۵	بازنگری مجدد محل	۳	3B	متوسط	3B	متوسط
۲۶	آب پاشی محل‌هایی که آتش نهفته وجود دارد.	۳	3B	متوسط	3B	متوسط
۲۷	بازرسی دیوارها و سقف و اشیاء داغ	۴	4B	کم	4B	کم
۲۸	سرد کردن دیوارها و سقف و اشیاء داغ	۳	3B	متوسط	3C	متوسط
۲۹	برداشتن لوله‌ها	۴	4A	کم	4A	کم
۳۰	خالی کردن آب باقی مانده داخل لوله‌ها	۴	4B	کم	4A	کم
۳۱	جدا کردن نازل از لوله	۴	4B	کم	4B	کم
۳۲	جدا کردن لوله‌ها از هم	۴	4B	کم	4B	کم
۳۳	جدا کردن لوله از پمپ	۴	4B	کم	4B	کم
۳۴	برداشتن لوله‌ها	۲	2A	بالا	2B	متوسط
۳۵	برداشتن نازل	۲	2B	متوسط	2B	متوسط
۳۶	برداشتن سه راهی	۲	2B	متوسط	2B	متوسط
۳۷	قرار دادن لوله‌ها، نازل و سه راهی در خودرو	۲	2B	متوسط	2A	بالا
۳۸	دریافت دستور اتمام عملیات	۴	4B	کم	4B	کم
۳۹	سوار شدن به خودرو و حرکت به سمت ایستگاه	۴	4B	کم	4C	کم

انسانی بیش‌تر می‌باشد ولی منجر به تأخیر جزئی در انجام عملیات (پیامد کم) شده و در نتیجه سطح ریسک کم‌تر می‌باشد.

نتایج سطح ریسک برآورد شده در دو روش نشان داد که بین دو روش SLIM و Fuzzy SLIM توافق بالا در این خصوص وجود دارد (P value<۰/۰۵) و به عبارتی سطح

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

جدول ۱۳: نتایج آنالیز داده‌های سطح ریسک با آزمون کاپا

SLIM		Fuzzy SLIM				ضریب کاپا	P-Value
		بالا	کم	متوسط	جمع		
	بالا	۰	۰	۲	۲	۰/۷۹۸	۰/۰۰۰
	کم	۰	۲۳	۰	۲۳		
	متوسط	۱	۱	۱۲	۱۴		
	جمع	۱	۲۴	۱۴	۳۹		

جدول ۱۴: درصد فراوانی زیروظایف دارای طبقه خطا و سطح ریسک خطای یکسان

	طبقه خطای انسانی یکسان	سطح ریسک ارزیابی شده یکسان	برآورد سطح ریسک یکسان
تعداد زیروظایف	۱۹	۱۹	**۳۵**
درصد زیروظایف	۴۸/۷	۴۸/۷	**۸۹/۷**

ریسک بالا در روش SLIM در روش Fuzzy SLIM هم بالا ارزیابی می‌شود و یافته‌های حاصل از آنالیز داده‌های کمی خطای انسانی با استفاده از آزمون همبستگی نشان می‌دهد که ضریب همبستگی مقادیر احتمال خطا بین دو روش برابر ۰/۳۲ می‌باشد که نشان دهنده همبستگی متوسط در این خصوص می‌باشد. لذا می‌توان از روش Fuzzy SLIM به جای روش SLIM برای ارزیابی احتمال خطای انسانی استفاده کرد. به نظر می‌رسد در صورت استفاده از روش Fuzzy SLIM به جای روش SLIM، می‌توان احتمال خطای انسانی و سطح ریسک را گزارش کرد.

در مجموع طبق جدول از بین ۳۹ زیر وظیفه، ۱۹ زیر وظیفه (۴۸/۷ درصد) دارای طبقه خطای انسانی یکسان بوده و هم خوانی دارند ولی در ۲۰ زیر وظیفه (۵۰/۳ درصد) طبقه خطای انسانی دو روش با هم متفاوت بوده و هم خوانی ندارند.

مقایسه کلی خطای انسانی بین دو روش نشان داد که نمره احتمال خطای انسانی در روش Fuzzy SLIM کم‌تر می‌باشد. در روش SLIM به دلیل اینکه تعداد فرم‌ها بیش‌تر است لذا آتش نشان مجبور است در دو مرحله Weighting و Rating برای هر یک از ۳۹ زیروظیفه امتیازی مجزا برای تمام فاکتورهای شکل دهنده عملکرد اعمال کند که این عامل سبب خستگی و در نهایت سردرگمی آتش نشانان شده و در نهایت از دقت داده‌ها کم خواهد شد در حالی که در روش Fuzzy SLIM در مرحله Weighting از اعداد کیفی (خیلی کم، کم و...) استفاده گردیده و صرفاً در مرحله تعیین نرخ (Rating) از اعداد کمی استفاده شده است و نیز در روش SLIM در مرحله تعیین نرخ PSF امتیاز ۰ تا ۱۰۰ در نظر گرفته شده است که امتیاز ۰ برای تجربه نشان دهنده این است که تجربه آتش نشان کم بوده و در وضعیت نامطلوب بوده در حالی که امتیاز ۰ برای پیچیدگی نمایانگر این است که پیچیدگی کم بوده و شرایط مطلوب است و این عامل نیز موجب سردر گمی و بروز خطا در امتیازدهی بین آتش نشانان خواهد گردید در حالی که در روش Fuzzy SLIM برای تعیین نرخ PSF امتیاز ۱ تا ۹ در نظر گرفته شده که امتیاز ۹ نشان دهنده حداقل تأثیر و امتیاز ۱ نمایانگر حداکثر تأثیر می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی خطا بین دو روش نشان می‌دهد که ارزیابی احتمال خطا تنها در یک زیر وظیفه تفاوت زیادی داشت که این عامل می‌تواند به دلیل اشتباهات در مراحل ارزیابی، خطا در ثبت داده‌ها، امتیازدهی نادرست یک آتش نشان باشد که درصد ناچیزی از وظایف (۰/۰۰۲۵) را شامل می‌شود و می‌توان از آن چشم پوشی کرد لذا به نظر می‌رسد که

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

در مجموع روش Fuzzy SLIM قابل اعتمادتر از روش SLIM باشد.

محدودیت زمانی آتش نشانان در ارائه نظرات و تکمیل جداول و فرم‌ها به دلیل بارکاری زیاد از مهم‌ترین عوامل مؤثر در اجرای مطالعه بود که در مرحله استفاده از روش Fuzzy SLIM تا حدودی این محدودیت برطرف گردید. همچنین بر اساس جستجوی به عمل آمده در پایگاه های معتبر عملی، مطالعه ای یافت نشد که در آن نتایج نسخه مبتنی بر منطق فازی با نتایج نسخه کلاسیک هر یک از روشهای ارزیابی احتمال خطای انسانی مقایسه شده باشد و لذا به دلیل نبود مطالعات مقایسه ای مشابه، تحلیل یافته ها در این مطالعه صرفا بر مقایسه نتایج دو روش به کار رفته در مطالعه متمرکز گردید.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که همبستگی متوسط و توافق معنی دار بین نتایج دو روش در ارزیابی احتمال خطای انسانی و به ویژه سطح ریسک خطای انسانی وجود دارد. به دلیل نسبی بودن و دقت بالای روش‌های منطق فازی، طولانی بودن مراحل اجرای روش SLIM و امکان خستگی در نمونه های مورد مطالعه، تردید در انتخاب اعداد در روش SLIM در حالیکه در روش Fuzzy SLIM به جای اعداد از منطق فازی (کم، متوسط و زیاد) استفاده می شود، در مجموع روش Fuzzy SLIM نسبت به روش SLIM ارجحیت داشته و می تواند جایگزین خوبی برای این روش باشد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود در شرایط عملیاتی با محدودیت زمانی و بار کاری زیاد، روش Fuzzy SLIM به کار گرفته شود تا ارزیابی ریسک در زمان کوتاه‌تر و با درجه پیچیدگی کمتر انجام گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد ارگونومی به شماره ۴۹۷/ب انجام شده است. بدینوسیله نویسندگان این مقاله از مدیران و کارکنان محترم آتش نشانی تبریز و دانشگاه علوم پزشکی تبریز به دلیل همکاری ارزشمندشان در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را دارند.

REFERENCES

1. C K, R, Refflinghaus] on the track of human errors-procedure and results of an innovative assembly planning method. . 2018.
2. Wiegmann D FT, Boquest A, Detwiler C, Holcomb K, Shappell S. Human error and general aviation accidents: A comprehensive, fine-grained analysis using HFACS. 2005.
3. Mahdinia M MI, Mirzaei Aliabadi M, Aghaei H, Soltanian AR, Soltanzadeh A. The mediating effect of workers' situation awareness on the relationship between work-related factors and human error: a path analysis approach. Int J Occup Saf Ergon. 2021:1-9.
4. Peng G. On human errors in maintenance: risk potential and mitigation. 2014.
5. Jafari MJ HHA, Halvani GH, Mehrabi Y, Ghasemi M. Prediction and Analysis of Human Errors in Operators of Control Rooms at 400 kV Posts and the Effectiveness of the Proposed Measures. Iran Occupational Health. 2012:9(3): 2.
6. Kletz TA. An engineer's view of human error. 2008.
7. Kim J.W. JW, Ha J. A Methodology for Human Error Analysis of Emergency Tasks. 2004.
8. Mustafa H. The Study of Human Errors in an Industrial Petrochemical Control Rooms Adopting CREAM Method with a Cognitive Ergonomics Approach. 2010.
9. John W DL. Better alarm handling: a practical application of human factors. 2002.
10. Kim J PJ. Reduction of test and maintenance human errors by analyzing task characteristics and work conditions. 2012.
11 Jou Y.T. YTC, Lin C.J., Tsai W.S.,Hsieh T.L. The research on extracting the information of human errors in the main control room of nuclear power plants by using Performance Evaluation Matrix. 2011.
12. Moriyama T OH. Risk assessment tools incorporating

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]

human error probabilities in the Japanese small-sized establishment. 2009.
13. Hosseini H. Methods of identifying and evaluating human error including guidelines for occupational health and safety management systems. 1389.
14. Niedner MF, Stephen E. Muething, and Kathleen M. Sutcliffe. The high-reliability pediatric intensive care unit. 2013.
15. E H. Human Reliability Assessment in Context. Nuclear Engineering And Technology. 2005.
16. Maguire R. Validating a process for understanding human error probabilities in complex human computer interfaces Complexity in Design and Engineering. 2005.
17. Heydari H. Mind map of firefighting mission. 2019(persian).
18. Hunszu L S-LH, Thu-Hua L. Economic assessment of human errors in manufacturing environment. Safety Science. 2009.
19. Shokoufeh Abrishami NK, Seyed Mahmoud Hosseini, Pieter van Gelderb. BN-SLIM: A Bayesian Network methodology for human reliability assessment based on Success Likelihood Index Method (SLIM).
20. Akyuz E. Quantitative human error assessment during abandon ship procedures in maritime transportation. 2016.
21. orosi. to evaluate human error in emergency situation of fire and explosion at the oil company warehouse in Hamadan city applying human error probability index (HEPI). 2012 (persian).
22. Khan FI, Paul R. Amyotte, and Dean G. DiMattia. HEPI: A new tool for human error probability calculation for offshore operation. 2006.
23. I.Khan PRAF. Devlopment of a human error probability index for offshore platform evacuations. Department of Process Engineering and Applied Science& Faculty of Engineering and Applied Science 2005.
24. Orosi H, Rahimpour, Mohamadfam. Human errors evaluation for muster in emergency situations applying human error probability index (HEPI), in the oil company warehouse in Hamadan. 1391.
25. Brennan TA, Lucian L. Leape, Nan M. Laird, Liesi Hebert, A. Russell Localio, Ann G. Lawthers, Joseph P. Newhouse, Paul C. Weiler, and Howard H. Hiatt. Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients: results of the Harvard Medical Practice Study I. 1991.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-04-16]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i1.17129]