Journal of Health and Safety at Work 2024; 14(2): 316-333

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Application of Three-Dimensional Risk Matrix Approach for Occupational Injury Risk assessment in an Automotive Factory

Mahdi Mohammadiyan[1], Omran Ahmadi[2], Mehdi Yaseri[3], Ali Karimi[1*]

[1]Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2]Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Medical Sciences, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran
[3]Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 22 - 12 - 2023 Accepted: 5 - 6 - 2024

ABSTRACT

Introduction: Risk assessment matrix is a tool used in a project's risk assessment process to identify the probability of risks and evaluate the potential damages caused by those risks. Generally, a risk assessment matrix is drawn in a two-dimensional form, with two factors: the severity of the accident and the probability of its occurrence. So, the purpose of this study is to develop a specific risk assessment matrix in a three-dimensional form by using the accident severity grade (ASG) rating system, the accident probability, and taking into account the preventive approach that helps occupational injury risk assessment in the automobile industry.

Material and Methods: This cross-sectional study was conducted in 1402 (2023) in one of the automobile assembly industries. One hundred cases were randomly selected by examining the reports of this industry's past accidents. The ASG scoring checklist was designed and completed by the experts to assess the severity of accidents. Then, considering the ASG score, the frequency of the accident, and its preventability, a three-dimensional risk assessment matrix specific to this industry was presented.

Results: According to the findings of the accident analysis, a total of 658 accidents and 15,019 lost working days were recorded in this period. The most influential factor in the occurrence of accidents is related to "surface condition" (influence factor = 0.6), and the least of them belongs to the "weather conditions" (influence factor = 0.028). The results of the three-dimensional matrix show that when the ability to prevent accidents increases, the risk of accidents decreases.

Conclusion: Using the accident severity grade (ASG) and preventability in the proposed three-dimensional risk assessment matrix, the accident severity can be quantified immediately after the accident. This approach allows monitoring workplaces during the accident, leading to timely control and risk management implementation.

Keywords: *Risk matrix, Accident severity grade, Accident prevention capability, automotive industry, Injury accident*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Mohammadiyan M, Ahmadi O, Yaseri M, Karimi A. Application of three-dimensional risk matrix approach for occupational injury risk assessment in an automotive factory. J Health Saf Work. 2024; 14(2): 316-333.

1. INTRODUCTION

A Risk assessment matrix is a tool used in a project's risk assessment process to identify the possibility of risks and evaluate the potential damages caused by those risks. Two-dimensional risk assessment matrices are widely used to define the different levels of risk. The magnitude of the risk can be presented using the quantification approach, and numerical values for severity and frequency can be assigned. For this purpose, severity accident can be used as a common measure to determine the

* Corresponding Author Email: *a_karimi@sina.tums.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 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

extent of the risk of an accident. In several studies, by quantifying the frequency and severity of risk and finally presenting a semi-quantitative matrix, an attempt has been made to create a specific risk matrix for different organizations. In addition, using additional parameters and creating a three-dimensional matrix have greatly helped in this case.

The automotive industry in Iran plays a crucial role in the national economy, with a share of 18% of the added value of all sectors and a share of about 3.5% of the gross domestic product. This industry has diverse processes and working conditions in which accidents occur with different frequencies and intensities. On the other hand, the specific risk assessment method has yet to be done according to the characteristics of the industry environment and its job. So, this study aims to develop a specific risk assessment tool using the accident severity Grade (ASG) system to quantify the severity of the accident damage. This method can be modified according to the factors affecting the risk of accidents in the workplace. Finally, the accident severity scores are used to create a three-dimensional risk assessment matrix for analyzing and managing the risk of industrial accidents.

2. MATERIAL AND METHODS

The present study was conducted cross-sectionally in one automotive assembly industry. One hundred cases were randomly selected by examining the reports of this industry's past accidents. The severity, frequency, and preventability of accidents were used to assess the risk of accidents. Four categories of "very severe," "critical," "borderline," and "negligible" were used to determine incident severity. This classification results from the combination of qualitative concepts and quantitative values. Quantitative values of incident severity were calculated for each category based on the ASG scoring method and a checklist. This checklist considered several factors affecting the accident's severity, such as age, weather, and education. Finally, the checklist of ASG points was completed by industry experts to predict the severity of injury using equations 1 and 2.

Eq.1 $$w_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}$$

In this formula, i represents the average number of working days lost for factor i, and wi represents the weight of each factor.

The following equation determines the li influence for each factor. In this method, li numbers are 0, 0.5, 1, 1.5, or 2, and wi is equivalent to the average number of working days lost.

Eq.2 $$ASG = \sum_{i=1}^{n} w_i l_i \quad 0 \le l_i \le 2$$

ASG is defined in the interval between,

Table 1: Risk matrix with High preventability

		Frequency				
		Frequent	Probable	Occasional	Remote	Improbable
Severity	Negligible	(0-0.011]	(0-0.01]	(0-0.007]	(0-0.004]	(0-0.001]
	Marginal	(0.011-0.023]	(0.014-0.022]	(0.004-0.015]	(0-0.016]	(0-0.002]
	Critical	(0.023-0.071]	(0.015-0.067]	(0.008-0.046]	(0.001-0.025]	(0-0.003]
	Highly Sever	(0.071-∞)	(0.046-∞)	(0.025-∞)	(0.003-0.045)	(0-0.004)

Table 2: Risk matrix with moderate preventability

		Frequency				
		Frequent	Probable	Occasional	Remote	Improbable
Severity	Negligible	(0-0.023]	(0-0.021]	(0-0.014]	(0-0.008]	(0-0.001]
	Marginal	(0.023-0.047]	(0.014-0.044]	(0.008-0.03]	(0.001-0.016]	(0-0.002]
	Critical	(0.047-0.143]	(0.03-0.135]	(0.016-0.092]	(0.002-0.05]	(0-0.007]
	Highly Sever	(0.143-∞)	(0.092-∞)	(0.05-∞)	(0.007-0.91)	(0-0.008)

Table 3: Risk matrix with Low preventability

		Frequency				
		Frequent	Probable	Occasional	Remote	Improbable
Severity	Negligible	(0-0.034]	(0-0.021]	(0-0.021]	(0-0.012]	(0-0.001]
	Marginal	(0.034-0.07]	(0.012-0.045]	(0.012-0.045]	(0.001-0.024]	(0-0.003]
	Critical	(0.07-0.214]	(0.045-0.138]	(0.024-0.138]	(0.003-0.075]	(0-0.001]
	Highly Sever	(0.214-∞)	(0.138-∞)	(0.075-∞)	(0.01-0.135)	(0-0.135)

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

$j = 0,\ldots,4, \left(\frac{c_j}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{c_{j+1}}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \right)$ where cj is the maximum number of lost work days for category j.

Five qualitative concepts _ "frequent," "probable," "occasional," "low probability," and "unlikely," were used to determine the probability of an accident. For small amounts of accident probability, values between 0-100% were used as a range for accident classification in combination with the mentioned qualitative concepts.

The ability to prevent accidents in three levels, including; "High preventability," "moderate preventability," and "low preventability" were considered. Health and safety experts and guide tables also determined the ability to prevent an accident. Then, the combination of severity and probability score was used to draw the three-dimensional risk assessment matrix, considering three levels of prevention capability. Coefficients of accidents with high preventability were equal to 1.5; accidents with moderate preventability were equal to 1; incidents with low preventability were considered equal to 0.5. Finally, the residual risk level classification was provided after drawing the risk matrix to help the center of the intervals.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, experts and safety officials analyzed the data on injuries and diseases caused by accidents in the automotive industry. According to the results of the incident analysis, a total of 658 incidents (resulting in at least one lost workday) and 15,019 workdays have been recorded in this period. By applying the opinion of experts in determining the level of impact, the final weight of the factor affecting the accident was estimated. The highest weight was related to "Surface Conditions" (0.6), and the lowest weight was related to the "Weather" factor (0.028).

The risk matrix tables show the residual risk scores in the automotive industry. In the risk matrix, "Green" color indicates low risk levels, while "yellow" color corresponds to moderate risk levels and "red" color indicates high risk levels.

Identifying potential risk factors can improve risk assessment processes. Many factors can affect the severity of occupational injuries. However, due to the high diversity and sometimes the insignificant effect of some factors, it is possible to examine some important and well-known ones. Therefore, in addition to the factors affecting the risk, the criteria for controlling them should also be considered when assessing the risk. These criteria are flexible and can be uniquely adjusted according to the industry's nature. They can also be used in a particular way to assess the risk of damage in the industry. This statement is one of the strengths of this research, as it provides a particular risk assessment matrix for the automotive industry. Another advantage of this method is that it considers ASG for risk assessment. The accurate estimation of the total number of lost working days of an accident allows safety experts in the industry to identify, predict, and finally manage the risk of injuries. They also can use the severity criterion with the help of abundance and preventability. Another advantage of this method is the use of residual risk scores. This score can be used to prioritize the implementation of safety improvement practices. For example, suppose the accident is severe, frequent, and preventable. In that case, it will have a lower residual risk score, and the ratio of the same accident with low preventability is considered less risky. It makes sense for the organization to explore ways to reduce the most severe and frequent high-preventable events. In the next step, it is essential to investigate severe and frequently occurring incidents with moderate preventability. Accidents classified as improbable, negligible, and with low preventability should be given the final priority in terms of investigating injury management. This way, organizations can optimize their investments in safety improvement processes according to the risk score.

4. CONCLUSIONS

This study proposes a criterion for the "severity of the accident," which is determined and weighted by the safety and health experts in the automotive industry, taking into account the factors affecting the risk. Finally, considering the third factor, under the "preventability" title, a three-dimensional risk assessment matrix specific to the industry was provided. Using the accident severity grade (ASG) in the proposed three-dimensional risk assessment matrix, the accident's severity can be quantified immediately after the accident in the industry. This approach provides the possibility of monitoring at the time of the incident, which leads to the timely implementation of control and risk management.

5. ACKNOWLEDGMENT

This article is a part of a Ph.D. thesis approved by Tehran University of Medical Sciences and Health Services with a code of ethics (IR.TUMS.SPH.REC.1401.082).

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۴/ شماره ۲/ تابستان ۱۴۰۳ صفحات ۳۱۶-۳۳۳

کاربرد رویکرد ماتریس ریسک سه‌بعدی به منظور ارزیابی ریسک آسیب‌های شغلی در یک صنعت خودروسازی

مهدی محمدیان[۱]، عمران احمدی[۲]، مهدی یاسری[۳]، علی کریمی[۱*]

[۱]گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲]گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۳]گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۶

چکیده

مقدمه: استفاده از سیستم امتیازدهی درجه شدت حادثه (ASG) یک رویکرد عمومی برای تعیین کمیت ریسک ناشی از حوادث می‌باشد که میتواند با توجه به عوامل مؤثر بر ریسک حوادث در محیط کار اصلاح شده و به یک ماتریس ریسک اختصاصی برای تحلیل حوادث تبدیل گردد؛ لذا هدف از این مطالعه تدوین یک ابزار ارزیابی ریسک اختصاصی با استفاده از سیستم ASG برای تعیین کمیت شدت آسیب‌های شغلی ناشی از حوادث در یک صنعت خودروسازی بوده است که در نهایت امتیازهای شدت حوادث، برای ایجاد یک ماتریس ریسک اختصاصی سه‌بعدی، جهت تحلیل و ارزیابی ریسک حوادث صنعت استفاده شد.

روش کار: مطالعه حاضر به‌صورت مقطعی در یکی از صنایع مونتاژ خودروسازی انجام شده است. با بررسی سوابق حوادث گذشته این صنعت از سال در یک دوره ۵ساله، در مجموع ۱۰۰ حادثه با روش نمونه گیری ساده تصادفی انتخاب شد. برای ارزیابی ریسک حوادث از شدت، فراوانی و قابلیت پیشگیری حادثه استفاده گردید و در نهایت تحلیل ریسک به کمک ماتریس ارزیابی ریسک سه‌بعدی، طبق روش پیشنهادی Azadeh-Fard و همکاران، انجام گرفت.

یافته ها: بر طبق نتایج تحلیل حوادث، در مجموع ۶۹۰ حادثه و ۱۵۰۱۹ روز ازدست‌رفته کاری در این بازه زمانی ثبت شده است. با اعمال‌کردن نظر متخصصان در تعیین سطح تأثیر، بیشترین وزن مربوط به ویژگی‌های سطح زمین (۰/۶) و کمترین آن‌ها متعلق به فاکتور «شرایط آب‌وهوا « تخمین زده‌شد.

نتیجه گیری: این مطالعه یک معیار برای «شدت رخ داد حادثه» پیشنهاد می‌کند که این معیار با در نظر گرفتن عوامل تأثیرگذار بر ریسک، توسط متخصصان ایمنی و بهداشت صنعت خودروسازی وزن گذاری می‌شود. در نهایت با در نظر گرفتن فاکتور سومی، تحت عنوان «قابلیت پیشگیری»، یک ماتریس سه‌بعدی ارزیابی ریسک اختصاصی برای صنعت ارائه می‌نماید. با استفاده از درجه شدت حادثه (ASG)، در ماتریس ارزیابی ریسک سه‌بعدیِ پیشنهادی، در این صنعت می‌توان شدت حوادث را بلافاصله پس از وقوع آن کمی‌سازی نمود. این رویکرد امکان نظارت در زمان وقوع حادثه را فراهم می‌کند که منجر به اجرای به‌موقع کنترل و پیشگیری از رخداد حوادث جدید می‌گردد.

کلمات کلیدی: *ماتریس ریسک، درجه شدت حادثه، قابلیت پیشگیری حادثه، خودروسازی*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *a_karimi@sina.tums.ac.ir*

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

مقدمه

حوادث شغلی عامل اصلی بسیاری از آسیب‌های جدی و منجر به مرگ در سرتاسر جهان شناخته می شود. براساس آمار سازمان بین‌المللی کار در سال ۲۰۲۲ سالانه به طور متوسط ۲ میلیون و ۸۰۰ هزار نفر دچار حوادث و بیماری‌های ناشی از کار در جهان می شوند که از این میان ۷۸۰ هزار نفر جان خود را در اثر این حوادث از دست می دهند(۱). این آمار در ایران در سال ۱۴۰۱ حدود ۷ هزار و ۸۰۰ مورد بوده است، که ۷۱۱ حادثه منجر به مرگ گزارش شده است. از این میزان ۳۶٪ متعلق به بخش های صنعتی می باشند. در همین راستا مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای[1] یکی از مأموریت‌های اصلی خود را کاهش صدمات، بیماری‌ها و مرگ‌ومیر ناشی از کار به وسیله پایش دوره‌ای بیان کرده است(۲).

اصطلاح ریسک به‌طورکلی به‌عنوان ترکیبی از احتمال و شدت (پیامد) یک رویداد نامطلوب تعریف می‌شود؛ که پیامد آن می‌تواند منجر به مرگ و آسیب به افراد، ضرر اقتصادی یا آسیب به محیط‌زیست باشد. ارزیابی ریسک بخش مرکزی فرآیند مدیریت ریسک شناخته می شود که هدف آن ایجاد یک استراتژی فعال برای مدیریت در زمینه ایمنی و بهداشت محل کار است. رویکردهای مختلف کمی، کیفی و کیفی-کمی برای ارزیابی ریسک وجود دارند. رویکردهای کمی زمانی مفید هستند که داده‌های لازم در دسترس بوده و در نهایت بزرگی ریسک با یک عدد بیان می‌شود که به‌وضوح برای کاربران قابل درک است(۳). از سوی دیگر، تکنیک‌های کیفی زمانی به کار می‌روند که نیازی به اندازه گیری یا ارائه داده های کمی نبوده و یا داده‌های کمی محدود و در دسترس نباشند. در این روش تصمیم‌گیری درجه ریسک معمولاً توسط نظرات ارزیاب‌ها یا کارشناسان اتخاذ می‌شود. از نقاط ضعف این روش می توان به سردرگمی در تفسیر سطح ریسک اشاره نمود که معمولا به علت نظرات و تصمیمات متفاوت ارزیابی کننده ها رخ می دهد(۴). از آنجایی‌که هر روش ارزیابی ریسک دارای نقاط ضعف و قوت خاص خود می باشد، استفاده از ترکیب دو رویکرد کمی و کیفی می تواند در بیان بزرگی ریسک مفید باشد. در نتیجه می‌توان گفت ارزیابی ریسک فرآیند سیستماتیکی است که درک علل و پیامد احتمالی حوادث را با کمک یک ماتریس ارزیابی ریسک فراهم می‌کند(۵، ۶).

ماتریس ارزیابی ریسک یک فعالیت، یک نمایش بصری از تجزیه‌وتحلیل ریسک ارائه می‌کند و ریسک‌ها را بر اساس سطح احتمال و شدت یا تأثیر آن‌ها دسته‌بندی می نماید. ماتریس‌های ارزیابی ریسک دوبعدی به‌طور گسترده برای تعریف سطوح مختلف ریسک استفاده می‌شوند(۷). در این ماتریس ها معمولا از کدهای رنگی برای نشان دادن سطوح مختلف ریسک (کم، متوسط و زیاد) استفاده می شود. به دلیل ذهنی و کیفی بودن این نوع ماتریس ها، آنها عمدتا مورد انتقاد متخصصان ارزیاب قرار می گیرند. اما با استفاده از رویکرد کمی سازی و تخصیص مقادیر عددی برای شدت و احتمال حوادث می‌توان بزرگی ریسک را ارائه نمود. برای این منظور می‌توان از شدت نسبی یک حادثه به‌عنوان معیاری رایج برای تعیین بزرگی ریسک یک حادثه استفاده کرد(۸).

در تعدادی از مطالعات با کمی سازی احتمال و شدت حادثه و در نهایت ارائه یک ماتریس نیمه کمی، اقدام به ایجاد ماتریس ریسک اختصاصی برای سازمان‌های مختلف‌شده است. علاوه بر آن استفاده از پارامترهای اضافی و ایجاد ماتریس سه‌بعدی کمک شایانی به این مورد نموده است. در مطالعه Gray و همکاران از بعد نقش شغلی به‌عنوان بعد جدید در ارزیابی ریسک پزشکی خدمه پرواز استفاده شده است(۹). در برخی از مطالعات نسبت شانس[2] (۱۰) و امتیاز شدت آسیب[3] (۱۱) جهت برآورد ریسک آسیب حادثه مورد استفاده قرار گرفته است. اکثر آسیب‌های شغلی با استفاده از راهبردهای پیشگیرانه قابل‌پیشگیری هستند. گنجاندن قابلیت پیشگیری به‌عنوان یک بخش از روش ارزیابی ریسک می‌تواند تخمین

1. National institute for occupational safety and health (NIOSH)

2. Odds ratio
3. Injury Severity Score

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

دقیق‌تری از ریسک وقوع حوادث را نشان دهد(۱۲)؛ لذا، خطر آسیب یا مرگ که پس از حذف خطرات شناخته شده باقی می‌ماند، می‌تواند برآورد بهتری از نیاز به اقدامات اصلاحی بیشتر را در محیط کار ارائه نماید؛ بنابراین میزان ریسک باقیمانده به‌عنوان قابلیت پیشگیری از یک رویداد مخاطره‌آمیز، می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر تخمین ریسک و تصمیم‌های مدیریت ایمنی داشته باشد(۱۳). در این راستا Azadeh-Fard و همکاران با در نظر گرفتن بعد قابلیت پیشگیری از حوادث، ماتریسی سه‌بعدی ارائه نمودند. ماتریس ریسک مبتنی بر ASG یک رویکرد عمومی محسوب می شود که می تواند متناسب با نیاز هر سازمان اختصاصی شده و مورد استفاده قرار گیرد(۱۴). صنعت خودروسازی در ایران با داشتن سهم ۱۸٪ از ارزش افزوده کل صنایع و سهم حدود ۳/۵ ٪ در تولید ناخالص داخلی، نقش پر رنگی در اقتصاد ملی ایفا می‌کند و ما شاهد فرایندها و شرایط کاری متنوع در این صنعت هستیم که در آن حوادث با احتمال و شدت‌های مختلف روی می‌دهند(۱۵). مطالعه Shafei و همکاران که باهدف تعیین علل اصلی حوادث یک صنعت خودروسازی انجام شده است؛ نشان می دهد که نقص در سیستم مدیریت و مشکلات سازمانی بیشترین تأثیر را بر وقوع حوادث شغلی در این صنعت دارند. آنها ادعا می کنند که با اصلاح حدود نیمی از عوامل ریسک، می‌توان ۸۰ ٪ از حوادث شغلی را کنترل کرد (۱۶). در یافته‌های Warner و همکاران شایع‌ترین آسیب‌های مربوط به صنعت خودروسازی شامل کشیدگی با ۳۹٪، پارگی ۲۲٪ و کوفتگی ۱۵٪ شناخته شد که ۴۹ ٪ از صدمات آن منجر به از دست رفتن یک یا چند روزکاری شده بود(۱۷). در بررسی آسیب‌های شغلی و مدیریت ریسک برای کارکنان صنعت ساخت قطعات خودرو توسط Yang و همکاران، قطع عضو و له‌شدگی ناشی از ماشین‌آلات و تجهیزات و برخورد با اشیا به عنوان مهم‌ترین آسیب‌ها شناسایی شدند(۱۸). با توجه به اینکه پیش‌بینی آسیب‌های منجر به روزهای کاری ازدست‌رفته در صنعت خودروسازی، با استناد به داده‌های حوادث سازمان‌هایی مانند اداره ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA) برای جلوگیری از وقوع حوادث آتی ناکافی است. مطالعات مختلفی در تلاش برای توسعه روش های جدید برای ارزیابی ریسک حوادث هستند(۱۹، ۲۰). از آنجایی که تاکنون روش ارزیابی ریسک اختصاصی با توجه به ویژگی‌های محیط صنعت خودروسازی و مشاغل آن انجام نشده است و ما همچنان نیازمند ارزیابی دقیق تر ریسک های موجود برای پیش بینی حوادث بعدی و کنترل آنها هستیم. مطالعه Azadeh-Fard و همکاران روشی را برای ارزیابی ریسک مبتنی بر سیستم امتیازدهی درجه شدت حادثه ASG برای کمی‌سازی ریسک حوادث توسعه دادند. این روش عمومی بوده و می‌تواند با توجه به عوامل موثر بر ریسک حوادث در محیط کار اصلاح شود. در این مطالعه معیارهای اصلاحی با توجه به نظر متخصصان و گزارش صنعت خودروسازی به شکل اختصاصی برای صنعت مذکور تعریف شده و با توجه به آن معیارها، کمی‌سازی روش ارزیابی ریسک طبق روش عمومی ارائه گردید. بدین‌سان هدف از این مطالعه تدوین یک ابزار ارزیابی ریسک اختصاصی با استفاده از سیستم ASG برای تعیین کمیت شدت آسیب های شغلی ناشی از حوادث در یک صنعت خودروسازی بوده است. در نهایت امتیازهای شدت حوادث، برای ایجاد یک ماتریس ریسک اختصاصی سه‌بعدی، جهت تحلیل و ارزیابی ریسک حوادث صنعت استفاده می گردد.

روش کار

مطالعه حاضر به‌صورت مقطعی در یکی از صنایع مونتاژ خودروسازی انجام شده است. با بررسی سوابق حوادث گذشته این صنعت و با توجه به اینکه واحدهای تولیدی بیشترین تعداد حوادث را دارا بودند؛ شیوع حادثه در این واحدها به عنوان معیاری برای انتخاب حجم نمونه در نظر گرفته شد. از بین ۶۹۰ حادثه رخ داده در یک دوره ۵ ساله، برای ۱۰ هزار نفر از کارکنان، با استفاده از فرمول کوکران و با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان ۹۵٪، در مجموع ۱۰۰ حادثه در بازه زمانی ۵ سال انتخاب شد. نمونه‌گیری به روش ساده تصادفی و با استفاده از

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

قرعه کشی انجام شد.

در ادامه برای ارزیابی ریسک حوادث از شدت، فراوانی و قابلیت پیشگیری حادثه استفاده گردید و در نهایت تحلیل ریسک به کمک ماتریس ارزیابی ریسک سه‌بعدی (۱۴)، انجام گرفت. شدت حادثه اغلب بر اساس تعداد روزهای کاری ازدست‌رفته ناشی از حادثه تعریف می‌شود. براساس تعریف اداره ایمنی و بهداشت شغلی (OSHA) نرخ شدت حادثه به‌عنوان تعداد روزهای کاری ازدست‌رفته در یک مدت معین ضربدر دویست هزار تقسیم بر جمع کل ساعات کار مفید کارگران در همان مدت معین بیان می‌گردد(۲۲).

در مطالعه حاضر شدت حادثه در ۴ دسته "بسیار شدید"، "بحرانی"، "مرزی" و"ناچیز" طبقه بندی گردید. این طبقه‌بندی حاصل ترکیب مفاهیم کیفی و مقادیر کمی است که براساس تحلیل پارتو مجموع داده‌های تعداد روزهای ازدست‌رفته برای صنعت مذکور تعریف شد. این دسته بندی ها به شرح زیر تعریف می شوند؛

(الف) بسیار شدید: یک حادثه بسیار مضر که می‌تواند منجر به مرگ، ناتوانی دائمی یا بیش از ۳۰ روزکاری ازدست‌رفته شود.

(ب) بحرانی: حادثه‌ای که می‌تواند منجر به آسیب جدی مانند ناتوانی جزئی و تعداد ۱۰ تا ۳۰ روزکاری ازدست‌رفته شود.

(ج) کم و مرزی: حادثه‌ای که می‌تواند با ۵ تا ۱۰ روزکاری ازدست‌رفته باعث آسیب جزئی شود.

(د) ناچیز: حادثه یا آسیبی که کمتر از۵ روز کاری ازدست‌رفته داشته یا با کمک‌های اولیه قابل‌درمان باشد.

همچنین مقادیر کمی شدت حادثه برای هر دسته بر اساس روش امتیازدهی ASG محاسبه شد. به منظور محاسبه ASG، چک لیست امتیازات ASG طراحی شد. این چک لیست ریسک فاکتورهای متعدد مرتبط به شدت حادثه، نظیرگیرکردن بین اجسام را به عنوان فاکتور مهم تاثیرگذار بر ریسک در نظر می گرفت. در نهایت ریسک فاکتورهایی نظیر سن، آب‌وهوا، آموزش، ویژگی های سطح زمین، مکان، تجهیزات و ابزار، قطعات، لوازم حفاظت فردی و حرکات با تلاش زیاد به عنوان ریسک فاکتورهای مهم تاثیرگذار بر ریسک از دیدگاه متخصصان شناسایی شد. در نهایت چک لیست امتیازات ASG توسط متخصصین صنعت به منظور پیش‌بینی شدت آسیب تکمیل گردید. متخصصان صنعت متشکل از رئیس HSE، سرپرست ایمنی و سه نفر از کارشناسان ایمنی بودند.

از آنجایی که هر کدام از این فاکتورها، با نسبت وزنی مشخصی ممکن است در مشاغل مختلف و محیط‌های کاری متفاوت، بر میزان شدت حادثه تاثیر بگذارند، هر فاکتور وزن دهی گردید. وزن‌ها بر اساس میانگین تعداد روزهای کاری ازدست‌رفته از یک مجموعه داده مشابه، مطابق با فرمول (۱) تعیین شد. در این فرمول، m_i میانگین تعداد روزهای کاری ازدست‌رفته برای فاکتور i و w_i وزن هر عامل را نشان می دهد.

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \qquad (۱)$$

در صورتی که مجموع w_i در زمانی که تعداد کل عوامل در نظر گرفته شود برابر یک خواهد شد.

در مرحله بعدی، سطح تأثیر l_i، برای هر فاکتور تعیین می گردد. در این روش l_i اعداد در محدوده ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ یا ۲ را شامل می شوند، که ۰ کمترین تأثیر و ۲ بیشترین تأثیر هر فاکتور را نشان می دهد. سطح تأثیر به صورت تجربی توسط متخصصان ایمنی و باتوجه به بررسی حوادث رخ داده تعیین می‌شود. عواملی که در تصادف نقشی ندارند، دارای امتیاز تأثیر l_i=۰ خواهند بود. علاوه بر این، برای هر حادثه با امتیاز تأثیر l_i=۱، تأثیر عامل i برابر با وزن آن عامل خواهد بود (w_i) که معادل میانگین تعداد روزهای کاری ازدست‌رفته، بر اساس حوادث گزارش شده است. در نهایت ASG به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$ASG = \sum_{i=1}^{n} w_i l_i \quad 0 \le l_i \le 2 \qquad (۲)$$

ASG در بازه بین $j = 0,\ldots,4, \left(\frac{c_j}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{c_{j+1}}{\sum_{i=1}^{n} m_i}\right)$ تعریف می گردد که در آن c_j به‌عنوان حداکثر تعداد روزهای

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

جدول ۱: تعریف احتمال تکرار

احتمال تکرار	تعریف	احتمال
مکرر	بسیار احتمال دارد در دوره زمانی یک رویداد رخ دهد.	>٪95
محتمل	احتمال وقوع در دوره زمانی یک رویداد را دارد.	>٪65
گهگاهی	گاهی اوقات در دوره زمانی یک رویداد رخ بدهد.	>٪35
احتمال کم	احتمال آن بعید است اما هنوز ممکن است در دوره زمانی یک رویداد رخ بدهد.	<٪35
غیرمحتمل	می‌توان فرض کرد که حادثه در دوره زمانی یک رویداد رخ نمی‌دهد	<٪5

جدول 1: تعریف احتمال تکرار

جدول ۲: بیشترین حوادث قابل‌پیشگیری در محیط کار پیشنهادی

قابلیت پیشگیری	رویداد	اقدام
قابلیت‌پیشگیری کم	اعمال خشونت‌آمیز فیزیکی در محل کار	ارائه آموزش کنترل خشم برای کارکنان
قابلیت پیشگیری متوسط	آسیب‌های حرکتی تکراری	ارائه تجهیزات ارگونومیک مناسب و آموزش
قابلیت پیشگیری متوسط	گیرایش ماشین‌آلات	فراهم کردن موانع/تجهیزات حفاظتی و ارائه آموزش کارکنان
قابلیت پیشگیری متوسط	تصادفات خودرو	ارائه آموزش رانندگی ایمن
قابلیت‌پیشگیری زیاد	برخورد بدن با اجسام	ایجاد محل کار منظم و مشخص نمودن موانع وخطرات احتمالی
قابلیت‌پیشگیری زیاد	سقوط اشیاء و اجسام	انبارش صحیح و ایمن مواد و تجهیزات، استفاده از علائم و تجهیزات حفاظتی
قابلیت پیشگیری متوسط	برهم خوردن تعادل و برخورد	رفع لغزندگی سطوح و استفاده از کف‌پوش ضد لغزش
قابلیت پیشگیری متوسط	سقوط از ارتفاع	استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب، نصب حفاظ، آموزش
قابلیت پیشگیری متوسط	سرخوردن/ سقوط در سطح هم‌تراز	استفاده از کف‌پوش‌های ضد لغزش در مناطق بالقوه لغزنده، استقاده از از تابلوهابرای نشان دادن مناطق لغزنده و آموزش تمیز نگه‌داشتن کف
قابلیت‌پیشگیری زیاد	تلاش بیش‌ازحد	آموزش کارکنان در مورد روش‌های صحیح انجام فعالیت بدنی، استفاده از تجهیزات مناسب

ازدست‌رفته کاری برای دسته j می باشد.

پس از تعیین شدت وقوع حادثه، به منظور تعیین احتمال وقوع حادثه ازپنج مفهوم کیفی "مکرر"، "محتمل"، "گهگاهی"، "احتمال کم" و" غیرمحتمل" استفاده شد. همچنین احتمال وقوع حادثه بین مقادیر ۰-۱۰۰ ٪ به عنوان رنجی برای طبقه بندی وقوع حادثه در ترکیب با مفاهیم کیفی مذکور استفاده شد. جدول ۱، طبقه بندی احتمال وقوع حادثه را نشان می دهد(۲۳).

در روش حاضر قابلیت پیشگیری یک حادثه در سه سطح شامل؛ "قابلیت‌پیشگیری زیاد"، " قابلیت‌پیشگیری متوسط" و "قابلیت‌پیشگیری کم" در نظر گرفته شد. قابلیت پیشگیری یک حادثه نیز توسط متخصصان ایمنی و بهداشت و مطابق با نظرات آنها، تعیین گردید.

در نهایت ریسک باقیمانده مطابق با معادله (۳)، از حاصل ضرب "ریسک ذاتی" و "ریسک قابل پیشگیری" برآورد می گردد. همانطور که از معادله زیر مشخص است، یک حادثه با "قابلیت پیشگیری زیاد" می تواند خطر آسیب را تا ۵۰٪ کاهش دهد؛ درحالی‌که برای حوادث "قابلیت‌پیشگیری کم"، خطر آسیب می تواند تا ۵۰" افزایش یابد. قابلیت پیشگیری از حادثه می‌تواند بر اساس تغییرات احتمالی در محیط کار متفاوت باشد. نمونه‌های مهم برای شناسایی و دسته‌بندی حوادث با قابلیت پیشگیری زیاد و متوسط، همراه با اقدامات کنترلی مطابق با جدول ۲ را ارائه شده است. هر نوع حادثه‌ای که در جدول ۲ طبقه‌بندی نشده باشد، به عنوان حادثه "قابلیت‌پیشگیری کم" در نظرگرفته می شود.

(۳) ریسک باقیمانده = ریسک ذاتی × ریسک قابل‌پیشگیری

در نهایت برای ترسیم ماتریس ارزیابی ریسک

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

جدول ۳: فراوانی حادثه و روزهای کاری ازدست‌رفته به تفکیک نوع حادثه در صنعت خودروسازی

نوع علت	فراوانی حادثه	فراوانی روزهای تلف‌شده
سقوط در سطح هم‌تراز	120	2561
برخورد اجسام با بدن	107	2384
سقوط در سطح غیر هم‌تراز	104	1934
گیر کردن بین اجسام	103	2396
برخورد با اجسام	95	2011
تصادف	52	1467
سقوط اجسام	23	502
سقوط فرد از ارتفاع	10	262
پرتاب ذرات / جرقه	14	138
حرکت با تلاش بالا/ نیروی بیش‌ازحد	14	369
سایر	48	344

* در صنعت مذکور حوادث سقوط از ارتفاع پایین‌تر از 1/1 متر را سقوط از سطح غیرهمتراز و سقوط از ارتفاع بالاتر از 1/1 متر را به عنوان سقوط از ارتفاع طبقه‌بندی می‌کنند.

سه‌بعدی، از ترکیب ماتریس های شدت و احتمال با در نظر گرفتن سه سطح از قابلیت پیشگیری استفاده گردید. با محاسبه مقادیر ریسک باقیمانده مطابق معادله (۳)، خطر حادثه با استفاده از این ماتریس سه‌بعدی ارزیابی شد. ضرایب در نظرگرفته شده برای قابلیت پیشگیری به شرح زیر بوده است؛

- حوادث با قابلیت پیشگیری زیاد برابر ۱/۵
- حوادث با قابلیت پیشگیری متوسط برابر ۱
- حوادث با قابلیت پیشگیری کم برابر ۰/۵

یافته ها

در این مطالعه داده‌های آسیب‌ها و بیماری‌های ناشی از حوادث صنعت خودروسازی، توسط کارشناسان و مسئولین ایمنی این صنعت مورد بررسی قرار گرفت. بر طبق نتایج تحلیل حوادث، در مجموع ۶۹۰ حادثه (حداقل منجر به یک روزکاری از دست رفته) و ۱۵۰۱۹ روز ازدست‌رفته کاری در این بازه زمانی ثبت شده است. در جدول ۳ فراوانی نوع و تعداد روزهای کاری ازدست‌رفته به تفکیک نوع حوادث در این بازه زمانی ارائه شده است. سقوط در سطح هم‌تراز با فراوانی ۱۲۰ حادثه و تعداد روزهای کاری از دست رفته برابر ۲۵۶۱ روز بیشترین و رایج ترین حادثه در این صنعت بوده است.

محاسبات برای روش امتیازدهی ASG با استفاده از مجموعه داده‌های حوادث انتخابی این صنعت ارائه شده است. در جدول ۴ ریسک فاکتورهای مهم با و وزن هر فاکتور به دست آمده است.

با اعمال کردن نظر متخصصان در تعیین سطح تاثیر، در نهایت وزن نهایی فاکتور تاثیرگذار بر حادثه برآورد گردید. همانطور که در جدول ۵ مشخص است، بیشترین وزن مربوط به" شرایط سطح "بوده (۰/۶) و کمترین آن ها متعلق به فاکتور "شرایط آب و هوا " (۰/۰۲۸) است.

مثالی از گزارش حادثه رخ داده در صنعت بدین شرح می‌باشد؛

«کارمند در حین بازدید و بررسی حجم آب مخزن، به دلیل لغزنده بودن اطراف مخزن و گیرکردن پا به آهن‌آلات محیط اطراف مخزن، بر روی دریچه مخزن سقوط نموده و از ناحیه کتف دست راست دچار حادثه شده است.» در این مورد، «وضعیت سطح» به‌عنوان عامل خطر اصلی ثبت شد. ازآنجایی‌که کارمند به دلیل شرایط سطح سقوط نموده است، می‌توان نتیجه گرفت که وضعیت سطح به شدت بر نتیجه تصادف تأثیر می‌گذارد. ازآنجایی‌که این تجزیه‌وتحلیل به هر عامل امتیازی بین ۰ تا ۲ اختصاص می‌دهد، سطح ضربه برای شرایط سطح به‌عنوان ۲ یا

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

جدول ۴: ریسک فاکتورهای صنعت خودروسازی

ریسک فاکتور	تعداد حوادث متاثر از ریسک فاکتور	کل تعداد روزهای ازدست‌رفته	میانگین تعداد روزهای ازدست‌رفته (m_i)*	وزن فاکتور (w_i) $w_i = m_i \div 208/97$
سن	7	95	13/57	0/06=13/57 ÷ 208/97
آب‌وهوا	3	18	6	0/028=6 ÷ 208/97
آموزش	5	192	38/4	0/18=38/4÷ 208/97
شرایط سطح	38	822	21/63	0/3=21/63÷ 208/97
مکان	8	195	24/37	0/11=24/37 ÷ 208/97
تجهیزات و ابزار	26	584	22/46	0/1= 22/46÷ 208/97
قطعات	16	400	25	0/11=25 ÷ 208/97
لوازم حفاظت فردی	9	215	23/88	0/11=23/88÷ 208/97
حرکات با تلاش زیاد	3	101	33/66	0/16=33/66÷ 208/97
		جمع	208/97	

* کل تعداد روزهای ازدست‌رفته/ تعداد حوادث متاثر از ریسک فاکتور

معادل دو برابر در نظر گرفته می‌شود. در مورد دیگر «کارمند در حین برداشتن قطعه از بالای خط کانوایر بوده که، به دلیل برخورد لبه تیز قطعه با دست، از ناحیه آرنج دست راست، دچار بریدگی شده است.» در این مورد ویژگی‌های قطعه علت اصلی آسیب به فرد بوده است.

وزن هر عامل که نشان دهنده حداکثر تعداد روز های کاری از دست رفته برای هر محدوده شدت است براساس احتمال وقوع یک حادثه که می تواندمنجر به تعداد معینی از روزهای کاری از دست رفته شود محاسبه می گردد. ما چهار دسته را برای حوادثی که منجر به از دست دادن روزهای کاری کمتر از یک ماه می‌شوند (C_1-C_4) و یک دسته را برای حوادثی که منجر به بیش از سی روز کاری از دست رفته (C_5) می‌شوند، در نظر می‌گیریم. بر همین مبنا احتمال وقوع ۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ و ۱ به ترتیب برای C_1=۰، C_2=۵، C_3=۱۰، C_4 =۳۰ و $C_5 \geq$ ۳۰ مطابق با آمار آسیب صنعت در دوره ۵ ساله اختصاص داده شد. به عبارت دیگر، احتمال آسیب منجر به بیش از ده روزکاری ازدست‌رفته در این صنعت ۰/۵ است، درحالی‌که احتمال ۳۰ روز کاری ازدست‌رفته یا بیشتر (C_4-C_5) تنها ۰/۲ می‌باشد. محدوده شدت برای امتیاز ASG صنعت به شرح زیر محاسبه شد؛

ناچیز	$\left[\frac{C_0}{208.97}, \frac{C_1}{208.97}\right]$	$[0, 0.023]$
کم یا مرزی	$\left[\frac{C_1}{208.97}, \frac{C_2}{208.97}\right]$	$[0.023, 0.047]$
بحرانی	$\left[\frac{C_2}{208.97}, \frac{C_3}{208.97}\right]$	$[0.047, 0.143]$
بسیار شدید	$\left[\frac{C_3}{208.97}, \frac{C_4}{208.97}\right]$	$[0.143, \infty]$

امتیاز ریسک باقیمانده با استفاده از محدوده ASG و معادله (۳) محاسبه می‌شود. در نهایت برای ترسیم ماتریس ریسک مرکز بازه های فوق ملاک قرارگرفته و سه بازه به ترتیب زیر اولویت بندی می شود؛

[۰-۰/۰۳۵): سطح ریسک کم

[۰/۰۳۵-/۰۹۵): سطح ریسک متوسط

[۰/۰۹۵-∞): سطح ریسک بالا

جداول ۶، ۷ و ۸ ماتریس ریسک با نمرات ریسک باقیمانده و کدهای رنگ را برای صنعت خودروسازی نشان می‌دهد. کدهای سبز رنگ سطوح ریسک با خطر کمتر را نشان می‌دهند، درحالی‌که کدهای زرد مربوط به

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

جدول ۵: امتیاز اصلاح شده ASG

فاکتور	معیار ارزیابی	سطح تأثیر (l_i)	ضریب وزن دهی (w_i)	امتیاز وزن دهی شده ($l_i w_i$)
سن	<25 25-40 >40	1	0/06	0/06
آب‌وهوا	بارانی برفی/یخبندان بادی گرمای شدید	1	0/028	0/028
آموزش	آموزش کلاسی و عملی تجربه آموزشی قبلی آموزش در محیط کار	1	0/18	0/18
شرایط سطح	لغزنده سخت/ نرم سقوط در سطح هم‌تراز	2	0/3	0/6
مکان	زیر زمین سطح زمین بالاتر از سطح زمین موقعیت تجهیزات	1	0/11	0/11
تجهیزات و ابزار	ماشین و ابزار سنگین ماشین و ابزار فرسوده تجهیزات ایمنی مناسب	2	0/1	0/2
قطعات	سنگینی قطعات ایراد قطعات بخش‌های برنده	2	0/11	0/22
تجهیزات حفاظت فردی	کیفیت تجهیزات نحوه استفاده	1.5	0/11	0/165
حرکات با تلاش زیاد	تلاش زیاد تلاش کم	1	0/16	0/16

سطوح ریسک متوسط هستند و کدهای قرمز نشان‌دهنده سطوح بالای ریسک می‌باشند.

بحث

این مطالعه با هدف تدوین یک ابزار ارزیابی ریسک اختصاصی با استفاده از سیستم ASG برای تعیین کمیت شدت آسیب های شغلی ناشی از حوادث در یک صنعت خودروسازی بوده است که در نهایت امتیازهای شدت حوادث، برای ایجاد یک ماتریس ریسک اختصاصی سه‌بعدی، جهت تحلیل و ارزیابی ریسک حوادث صنعت استفاده شد.

پیشگیری و کنترل آسیب های شغلی نیازمند

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

جدول ۶: ماتریس ریسک با قابلیت پیشگیری پایین

		فراوانی				
		مکرر	محتمل	گهگاهی	احتمال کم	غیرمحتمل
شدت	ناچیز	(0 – 0/011]	(0 – 0/01]	(0 – 0/007]	(0 – 0/004]	(0 – 0/001]
	کم و مرزی	(0/011 -0/023]	(0/014 -0/022]	(0/004 -0/015]	(0 -0/016]	(0 -0/002]
	بحرانی	(0/023 -0/071]	(0/015 -0/067]	(0/008 -0/046]	(0/001 -0/025]	(0 -0/003]
	بسیار شدید	(0/071-∞)	(0/046-∞)	(0/025-∞)	(0/003- 0/045)	(0- 0/004)

جدول ۷: ماتریس ریسک با قابلیت پیشگیری متوسط

		فراوانی				
		مکرر	محتمل	گهگاهی	احتمال کم	غیرمحتمل
شدت	ناچیز	(0 – 0/023]	(0 – 0/021]	(0 – 0/014]	(0 – 0/008]	(0 – 0/001]
	کم و مرزی	(0/023 -0/047]	(0/014 -0/044]	(0/008 -0/03]	(0/001 -0/016]	(0 -0/002]
	بحرانی	(0/047 -0/143]	(0/03 -0/135]	(0/016 -0/092]	(0/002 -0/05]	(0 -0/007]
	بسیار شدید	(0/143-∞)	(0/092-∞)	(0/05-∞)	(0/007- 0/091)	(0- 0/008)

جدول ۸: ماتریس ریسک با قابلیت پیشگیری بالا

		فراوانی				
		مکرر	محتمل	گهگاهی	احتمال کم	غیرمحتمل
شدت	ناچیز	(0 – 0/034]	(0 – 0/031]	(0 – 0/021]	(0 – 0/012]	(0 – 0/001]
	کم و مرزی	(0/034 -0/07]	(0/021 -0/066]	(0/012 -0/045]	(0/001 -0/024]	(0 -0/003]
	بحرانی	(0/07 -0/214]	(0/045 -0/2]	(0/024 -0/138]	(0/003 -0/075]	(0 -0/01]
	بسیار شدید	(0/214-∞)	(0/138-∞)	(0/075-∞)	(0/01- 0/135)	(0- 0/135)

اطلاعات در مورد علل اصلی حوادث یا عوامل ایجادکننده آنهاست. در مطالعات مختلف به نقش ماهیت کار و شرایط محیط کار در وقوع حوادث شغلی اشاره شده است(۲۴). علاوه بر این، عوامل فردی مانند سن و جنسیت ممکن است بر وقوع حادثه تأثیر بگذارد(۲۵). توجه به معیارهای فردی و محیطی با در نظرگرفتن متغییرهای کمی پیش‌بینی کننده آماری، نظیر نسبت شانس، نسبت خطر، شدت آسیب و... می‌تواند به مدیران ایمنی کمک نماید تا قبل از رخ داد آسیب های شدید، خطرات ایمنی بالقوه را شناسایی کنند(۱۱، ۲۶). بدین منظور مطالعه حاضر با هدف کاربرد رویکرد ماتریس ارزیابی ریسک سه بعدی به منظور ارزیابی ریسک آسیب های شغلی در یک صنعت خودروسازی، با به کارگیری متغییرهای پیش‌بینی کننده تاثیرگذار بر ریسک انجام گرفت. یکی از رایج ترین متغییرها در پیش بینی ریسک، سن فرد است که مطالعات نشان می دهند شدت تصادف با افزایش سن ارتباط معنی دار دارد(۲۵). مطالعه Root و همکاران در صنعت ساختمان سازی گزارش کرده است. که میزان صدمات جدی با افزایش سن، افزایش یافته است، گرچه تعداد کل آسیب‌ها در سنین بالاتر کاهش داشت(۲۷). نتایج مطالعه حاضر در صنعت خودروسازی نشان می دهد که حوادث در کارکنان با سنین کمتر بیشتر بوده است. دلیل این تناقض را می توان ناشی از تجربه کم کارکنان با سنین پایین و ریسک پذیری بیشتر آنان نسبت به کارکنان ساختمان سازی عنوان کرد. با درک این موضوع، واضح است که انجام مداخلات پیشگیری از آسیب‌های شغلی ناشی از سن فرد ممکن است به کاهش میزان آسیب‌های جدی هم برای کارکنان مسن‌تر و هم برای

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

کارکنان جوان‌تر کمک نماید(۲۸).

در مطالعات مختلف، نقش متغیرهای دیگری در پیش بینی رخ داد ریسک نیز مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله این متغیرها می توان به نقش آب و هوا و شرایط محیط کار اشاره نمود. Applebaum و همکاران در یک مطالعه مروری بیان می‌کنند که کارگران تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار می گیرند به طوری که خطرات مرگ و میر ناشی از گرما در بین مشاغل کشاورزی مشهودتر است(۲۹). سایر مشاغل، بخصوص مشاغلی که در فضای باز انجام می شود از جمله ساخت‌وساز، حمل‌ونقل، محوطه‌سازی، آتش‌نشانی و سایر عملیات‌های واکنش اضطراری متاثر از ریسک های شغلی ناشی از آب وهوا هستند. از اینرو آنان پیشنهاد می کنند که سیستم‌های نظارت رسمی برای کارگران بخصوص کارکنان کشاورزی ارائه گردد(۳۰، ۳۱). در مطالعه دیگر که توسط Schulte و Chun درباره ارتباط بین تغییرات آب و هوایی و ایمنی و بهداشت شغلی انجام شده است؛ بیان شده است که تغییرات آب و هوایی ممکن است منجر به افزایش شیوع، توزیع و شدت خطرات شغلی شوند(۳۲). در مطالعه Kjellstrom و همکاران به تاثیر تغییرات آب و هوایی در سلامت شغلی اشاره شده است. در مشاغل روباز از جمله کشاورزی و ساخت وساز میزان بارندگی و در مشاغل دارای استرس حرارتی از جمله معدن کاری، تغییرات آب و هوایی به عنوان مهمترین فاکتورهای تاثیرگذار بر ریسک شغلی دانسته شده است(۳۳). در برخی از مطالعات نیز استرس حرارتی در محیط کار به عنوان مهمترین فاکتور تاثیرگذار بر ریسک حوادث شغلی مطرح شده است(۳۴). نتایج مطالعه Taylor و همکاران نشان می دهد که هوای سرد باعث افزایش شدت آسیب در بین کارکنان ارتش ایالات‌متحده می شود. همچنین، آب و هوا بر لغزش و آسیب‌های ناشی از سقوط در بین کارگران ساختمانی تأثیر گذار بوده است؛ به طوری که هوای بارانی تأثیر قابل‌توجهی بر روی تلفات در صنعت داشته است(۳۵). در مطالعه حاضر فاکتور آب وهوا از نظر متخصصین امتیاز سطح تاثیر ۱ معادل تاثیر متوسط را به خود اختصاص داده است. بررسی گزارشات در این مطالعه نشان می دهد که فعالیت کارکنان در فضای باز ریسک حوادث را افزایش می‌دهد و پوشیدن لباس‌های گرم در فصول سرد ایجاد محدودیت و آسیب بیشتر را برای کارکنان می نماید.

"موقعیت مکانی محل کار" فاکتور مهم دیگری است که می‌تواند بر شدت آسیب کارکنان در مشاغل مختلف تاثیرگذار باشد. در مطالعه Phelps و همکاران که ویژگی ها و عوامل پیش بینی کننده آسیب های شغلی در میان آتش نشانان بررسی شده است، مکان رخ داد حادثه به عنوان یکی از فاکتورهای مهم مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه مکان رخ داد حادثه به ۵ گروه طبقه بندی شد و نتایج یافته ها نشان داد که شایع ترین محل وقوع آسیب در صحنه های بدون تماس با آتش بوده است(۳۶). در مطالعه دیگر توسط Amissah و همکاران در میان کارکنان عملیاتی ساخت و ساز نشان داده شده است که ۲۹٪ از حوادث در وظایفی رخ می دهند که در ارتفاع انجام می شوند(۳۷). مطالعه Maiti and Bhattacherjee در حوادث معدنکاری نشان می دهد که معدنکاری زیرزمینی دارای ریسک بالایی از آسیب نسبت معدن کاری در سایر مکان ها می باشد. به طوری که اگر در معدنکاری زیرزمینی تیم اورژانس نتواند به‌موقع به مصدوم کمک کند، ممکن است آسیب‌های شدیدتری به دلیل محدودیت‌های مکان یا مشکلاتِ دسترسی رخ دهد(۳۴). آمار و گزارشات صنعت خودروسازی مورد بررسی نشان می دهد که بیشترین میزان حوادث متعلق به واحد مونتاژ بوده است. در این مکان گیر کردن بین اجسام و برخورد با اشیا علت اصلی حوادث بودند. با توجه به اهمیت این مسئله، فاکتور "موقعیت مکانی محل کار" به عنوانی یکی از مهمترین فاکتورهای تاثیرگذار در رخ داد آسیب ناشی از حوادث در نظر گرفته شد. باتوجه به وزن این فاکتور که توسط متخصصان تعیین شده است، از بین ۹ فاکتور مورد بررسی در این مطالعه، "موقعیت مکانی محل کار" به عنوان پنجمین فاکتور تاثیرگذار بر ریسک آسیب ها در صنعت خودروسازی شناخته شد.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

"شرایط سطح محیط کار" نیز ممکن است یکی دیگر از عوامل مهم تاثیرگذار در رخ داد حادثه قلمداد شود. مطالعات متعددی تأثیر شرایط سطحی را بر حوادث شغلی بررسی کرده‌اند. مطالعه مروری انجام شده توسط Chang و همکاران در ارتباط با لیز خوردن و سکندری خوردن در سطوح همتراز در محیط های کاری نشان می‌دهد که "شرایط سطح محیط کار" یکی از عوامل مهم در آسیب‌های شغلی بشمار می رود؛ که نیاز به مطالعات بیشتر به منظور درک و توجه به اقدامات پیشگیرانه دارد(۳۸). نتایج مطالعه Ayob وهمکاران در صنعت ساختمانی نشان می‌دهد که از بین ۳۸ حادثه رخ داده به علت عوامل داخلی محیط کار، بیشترین مورد آن (۱۳ مورد) متعلق به ویژگی های "سطح محیط کار" می‌باشد(۳۹). مطالعه مروری انجام شده توسط Chi و همکاران "شرایط سطح محیط کار" را به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در رخ داد حادثه مورد بررسی قرار داده است. مثالی از سقوط یک کارمند از یک داربست هنگام نصب دیواره زیرشیروانی در یک آپارتمان بیان شده است که علت آن، ترک خوردگی داربست و در نهایت جداشدگی آن مطرح شده است. به عبارتی نامناسب بودن سطح کار بعنوان علت رخ داد حادثه سقوط داربست مورد بررسی قرار گرفته است. لذا عنوان شده است که شرایط سطح کار نامناسب در فعالیت‌های بر روی داربست نیاز به سطح بالاتری از ایمنی دارد(۴۰). نتایج یک مطالعه در صنعت ساخت و ساز نشان می دهد که سطوح لغزنده اغلب منجر به سقوط در بین کارگران می‌شود(۴۱). با بررسی حوادث صنعت خودروسازی مورد مطالعه سقوط در سطح هم‌تراز بیشترین فراوانی را در این صنعت نشان می دهد. بنابراین، تأثیر وضعیت سطح بر حوادث شغلی باید به‌عنوان یک عامل خطر بالقوه، در نظر گرفته شود.

در مطالعه حاضر "اعمال تلاش زیاد در حین کار" به عنوان یکی از عوامل مهم مؤثر در حوادث شناسایی شده است. تحلیل داده ها نشان می دهد گرچه تعداد حوادث رخ داده به علت " اعمال تلاش زیاد" در صنعت خودروسازی کمتر بوده است، اما تعداد روزهای کاری تلف شده سهم بالایی در رخ داد حادثه و در نتیجه ریسک داشته است. مطابق با امتیاز ASG، شدت رخ داد حادثه به علت "اعمال تلاش زیاد" در سطح "بسیار زیاد" پیش‌بینی شده است. این یافته نشان می دهد که به منظور کنترل و کاهش ریسک، باید دو بعد دیگر ماتریس ارزیابی ریسک، یعنی "احتمال رخ داد" و "قابلیت پیشگیری" تا حد ممکن مدیریت شوند. با بررسی مطالعات گذشته می توان اذعان نمود که وظایف شغلی به عنوان یکی از مهمترین فاکتورهای تاثیرگذار بر ریسک آسیب در میان کارکنان می باشد(۴۲، ۴۳). در این راستا چندین مطالعه همبستگی مثبتی بین وظایف "حرکتی تکراری با اعمال تلاش زیاد" و آسیب‌های شغلی مانند اختلالات اسکلتی-عضلانی گزارش کرده‌اند. مطالعه Chauvin و Bouar در ارتباط با آسیب های شغلی در صنعت ماهیگیری دریایی فرانسه از سال ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۰ نشان می دهد که از مجموع ۶۲۳۱ حادثه در صنعت ماهیگیری، "اعمال تلاش زیاد در حین کار" به عنوان دومین علت رخ داد حادثه (۱۷/۶٪) شناخته شده است(۴).

"وضعیت تجهیزات حفاظت فردی" یکی دیگر از عواملی است که می‌تواند بر ریسک آسیب‌های شغلی تأثیر بگذارد. در مطالعه حاضر نیز "وضعیت تجهیزات حفاظت فردی" در کنار "وضعیت آموزش ایمنی" و "ابزار، تجهیزات" در وقوع حوادث سطح تاثیر بالایی بترتیب با امتیاز وزن‌دهی شده ۰/۱۶۵، ۰/۱۸، ۰/۲ به خود اختصاص دادند. بنابراین می توان "وضعیت تجهیزات حفاظت فردی" را به عنوان فاکتور مهم تاثیرگذار در رخ داد ریسک دانست که می تواند با توجه به کیفیت و نحوه توزیع و آموزش استفاده از آن، بر شدت حوادث صنایع تأثیرگذار باشد. در مطالعه Kazan و همکاران بر اساس نتایج نسبت‌های شانس نشان داد که آموزش ایمنی ناکافی با (۲/۵۴) و نبود تجهیزات حفاظت فردی با (۲/۳۸) شانس بیشتری برای حوادث صنایع ساختمانی ایجاد کردند. .همچنین مشاهده شد که فقدان آموزش ایمنی کافی با (۳۵,۵٪) عاملی برای حوادث مرگبار و عامل حوادث غیر کشنده با (۹,۹٪) بود که که نشان‌دهنده

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

ارتباط معنی داری بین آموزش ایمنی و شدت آسیب است(۴۴). یافته‌های مطالعه Sorock و همکاران نشان می دهد که ریسک آسیب به دست با استفاده از ابزارها و تجهیزات نامناسب افزایش می‌یابد(۴۵). همچنین در مطالعه Phelps و همکاران ۱۰،۱٪ از آسیب‌های ناشی از حوادث در حین بررسی، نصب و جابجایی تجهیزات و ابزار آتش‌نشانی رخ داده است(۳۶). نتایج Aziz Khan و همکاران نیز حاکی از موثر بودن تجهیزاتی همچون پمپ، کانوایر، شیرها و دمنده‌ها با ۷۰/۹۳٪ به عنوان یکی از عوامل حوادث صنعت شیمیایی می باشد (۴۶).

"وضعیت قطعات" نیز یکی فاکتورهایی است که بر اساس نتایج جدول ۵ امتیاز وزن‌دهی شده ۰/۲۲ را به خود اختصاص داده است و نقش پر رنگی در وقوع حوادثی همچون گیر کیردن بین اجسام را دارد. معیارهای موثر در قطعات که ریسک آسیهای شغلی را ایجاد نمودند شامل ورن، کیفیت و بخش‌های تیز و برنده می‌گردد.

شناسایی عوامل ریسک بالقوه می‌تواند فرآیندهای ارزیابی ریسک را بهبود بخشد. واضح است که عوامل زیادی می‌توانند بر شدت آسیب های شغلی تأثیر بگذارند اما به علت تنوع بالا و گاهی اوقات تاثیر ناچیز برخی از عوامل، امکان بررسی تعدادی از آنها که از نظر متخصصان مهم و شناخته شده هستند، وجود ندارد؛ بنابراین هنگام ارزیابی ریسک، باید در کنار عوامل تاثیرگذار بر ریسک، معیارهای کنترل آنها نیز در نظر گرفته شوند. این معیارها انعطاف‌پذیر بوده و می‌تواند باتوجه به ماهیت صنعت، به صورت منحصر به فرد، تنظیم شده و به شکل ویژه برای ارزیابی ریسک آسیب های آن صنعت مورد استفاده قرار گیرد. این بیان، از جمله نکات قوت این پژوهش می باشد که برای صنعت خودروسازی ماتریس ارزیابی ریسک ویژه را ارائه می نماید. از دیگر مزیت های این روش، در نظر گرفتن ASG برای ارزیابی ریسک است. برای مثال، همانطور که در بخش نمونه "حادثه سقوط" گزارش شده است، مقدار ASG برابر ۰/۶ برآورد گردید که در محدوده بسیار بالای سیستم امتیازدهی ASG قرار می‌گیرد، زیرا مقدار آن بیشتر از ۰،۰۹۵ است؛ بنابراین، انتظار می‌رود این حادثه منجر به بیش از سی روز کاری ازدست‌رفته شود. این حادثه طبق داده‌های ثبت شده منجر به از دست رفتن ۷۵ روز کاری شده است. تخمین دقیق تعداد کل روزهای کاری ازدست‌رفته یک حادثه به متخصصین ایمنی در صنعت اجازه می‌دهد تا علاوه بر استفاده از معیار شدت با کمک فراوانی و قابلیت پیشگیری، ریسک آسیب ها را شناسایی، پیش بینی و در نهایت مدیریت نمایند. مزیت دیگر این روش، استفاده از امتیازهای ریسک باقیمانده می باشد. این امتیاز می‌تواند برای اولویت‌بندی اجرای شیوه‌های بهبود ایمنی استفاده گردد. به‌عنوان مثال، اگر تصادف بسیار شدید، مکرر و قابلیت پیشگیری بالا داشته باشد، امتیاز ریسک باقیمانده ی کمتری خواهد داشت و نسبت حادثه مشابه اما با قابلیت‌پیشگیری پایین، خطر کمتری در نظر گرفته می‌شود. منطقی است که سازمان ابتدا راه‌هایی را برای کاهش شدیدترین و مکررترین رویدادهای قابلیت‌پیشگیری بالا بررسی کند. در مرحله بعد، حوادث بسیار شدید و مکرر که دارای قابلیت‌پیشگیری متوسط هستند، باید بررسی گردند. بدیهی است حوادثی که در دسته‌های غیرمحتمل، قابل‌اغماض و با قابلیت‌پیشگیری پایین طبقه‌بندی می‌شوند، باید در اولویت نهایی از لحاظ بررسی آسیب حادثه قرار گیرند. به‌این‌ترتیب، سازمان‌ها می‌توانند سرمایه‌گذاری‌های خود را در فرآیندهای بهبود ایمنی با توجه به امتیاز ریسک و در عین حال کاهش تعداد صدمات و تلفات بهینه کنند.

از جمله محدودیت های این مطالعه می توان به انحصار بررسی ماتریس ارزیابی ریسک برمبنای آسیب‌های شغلی اشاره نمود. بدین معنی که شدت حوادث تنها با برآورد آسیب فردی صورت می‌گیرد و پیامدهای دیگر همچون زیان های مالی، آسیب به تجهیزات و ... در نظرگرفته نمی‌شود. از دیگر محدودیت های این روش می توان به استفاده از ماتریس های ویژه سه بعدی تنها برای صنعت مورد بررسی، اشاره نمود. بنابراین برای سایر صنایع، تنها با تغییر فاکتورهای تاثیرگذار بر ریسک و داده های آن صنعت بایستی ماتریس ویژه آن صنعت تهیه گردد. از این

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

رو، پیشنهاد می شود سازمان‌ها و صنایع روش پیشنهادی خود را برای ارزیابی کمی ریسک فعالیت‌ها در محیط کار ارائه نمایند. نکته مهم این است که چگونه می توان از نتایج ماتریس ارزیابی ریسک سه‌بعدی برای تصمیم‌گیری‌هایی که ایمنی محیط کار را بهبود می‌بخشند استفاده نمود. لذا پیشنهاد می شود به منظور استفاده از این ماتریس‌ها، ترکیب عوامل مختلف از خطر ذاتی و قابلیت پیشگیری در نظر گرفته شود.

نتیجه گیری

این مطالعه یک معیار برای "شدت رخ داد حادثه" پیشنهاد می کند که معیار با در نظر گرفتن عوامل تاثیرگذار بر ریسک توسط متخصصان ایمنی و بهداشت صنعت خودروسازی تعیین و وزن گذاری شده است. در نهایت با در نظر گرفتن فاکتور سومی، تحت عنوان "قابلیت پیشگیری"، یک ماتریس سه بعدی ارزیابی ریسک اختصاصی برای صنعت ارائه می نماید. نتیجه اصلی این مطالعه نشان می دهد که با استفاده از درجه شدت حادثه (ASG) در ماتریس ارزیابی ریسک سه‌بعدیِ پیشنهادی، می‌توان شدت حادثه را بلافاصله پس از وقوع حادثه کمی‌سازی نمود. علاوه براین، این رویکرد امکان نظارت در زمان وقوع حادثه را فراهم می‌کند که منجر به اجرای به موقع کنترل و مدیریت ریسک می‌شود. این روش به‌ویژه برای شدیدترین حوادث و علل آن‌ها مؤثرتر خواهد بود. البته باید توجه داشت که برای اثربخشی اجرای مدیریت کنترل ریسک، لازم است صنایع داده‌های دقیق‌تری را در رابطه با علل حوادث و شرایط محیط کار جمع‌آوری کنند. از این رو، متخصصان ایمنی می‌توانند علاوه بر تعیین شدت کمی و دامنه ریسک با توجه به داده‌های جمع‌آوری‌شده، با طراحی یک نرم‌افزار کامپیوتری کاربردی برای محاسبه امتیازات و ردیابی معیارها، فرآیند نظارت و پایش را برای سازمان‌ها راحت‌تر نمایند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه مقطع دکتری مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران با کد اخلاق (IR.TUMS.SPH.REC.1401.082) می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است.

REFERENCES

1. Bureau of Labor Statistics. Census of Fatal Occupational Injuries Summary. 2022 [cited 2023].
2. Centers for Disease Control and Prevention. NIOSH Strategic Goals. 2013.
3. Veritas DN. Marine risk assessment. Offshore technology report. 2001;63:2002.
4. Chauvin C, Le Bouar G. Occupational injury in the French sea fishing industry: a comparative study between the 1980s and today. Accid Anal Prev. 2007;39(1):79-85.
5. Rausand M. Risk assessment: theory, methods, and applications. Vol. 115. 2013: John Wiley & Sons.
6. Mahdevari S, Shahriar K, Esfahanipour A. Human health and safety risks management in underground coal mines using fuzzy TOPSIS. Sci Total Environ. 2014;488:85-99.
7. Amsc N, SAFT AA. Department of defense standard practice system safety. 2012, US.
8. Anthony Cox Jr L. What's wrong with risk matrices? Risk Anal. 2008;28(2):497-512.
9. Gray G, et al. Assessing aeromedical risk: a three-dimensional risk matrix approach. Heart. 2019;105(Suppl 1):s9-s16.
10. Kines P. Occupational injury risk assessment using injury severity odds ratios: male falls from heights in the Danish construction industry, 1993-1999. Hum Ecol Risk Assess. 2001;7(7):1929-1943.
11. Gillen M, et al. Injury severity associated with nonfatal construction falls. Am J Ind Med. 1997;32(6):647-655.
12. Information Security Handbook. Inherent and Residual Risk. [cited 2014].

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

13. Lehmann BN. Residual risk revisited. J Econometrics. 1990;45(1-2):71-97.
14. Azadeh-Fard N, et al. Risk assessment of occupational injuries using Accident Severity Grade. Saf Sci. 2015;76:160-167.
15. Mosavi R. The automobile industry; Challenges and strategies. 2023; Available from: https://civilica.com/note/649/.
16. Shafiei P, Jabbari M, Mirza Ebrahim Tehrani M. Cause–responsibility analysis of occupational accidents in an automotive company. Int J Occup Saf Ergon. 2023;29(1):99-108.
17. Warner M, et al. Acute traumatic injuries in automotive manufacturing. Am J Ind Med. 1998;34(4):351-358.
18. Yang ST, Jeong BY, Park MH. Analysis of occupational injuries and the risk management of automobile parts manufacturing work. Int J Occup Saf Ergon. 2021;27(3):884-895.
19. Glaser M. Preventing Lost Time Injuries in Just-in-Time (JIT) Automotive Manufacturing by Developing Modern Leading and Lagging Indicators. 2022, Capitol Technology University.
20. Saha A, et al. Warehouse site selection for the automotive industry using a fermatean fuzzy-based decision-making approach. Expert Syst Appl. 2023;211:118497
21. Business Dictionary. Inherent Risk. 2013 [cited 2014].
22. Occupational Safety and Health Administration. 1999. OSHA technical manual: Section VII, chapter 1. OSHA, Formulas for Calculating Rates, OSHA Recordable Incident Rate, Lost Time Case Rate, Lost Work Day Rate (LWD), DART Rate, Severity Rate.
23. National Safety Council, Top 10 Preventable Workplace Incidents. 2013. Data.gov. 2013.
24. Gauchard G, et al. Falls and working individuals: role of extrinsic and intrinsic factors. Ergonomics. 2001;44(14):1330-1339.
25. Laflamme L, Menckel E. Aging and occupational accidents a review of the literature of the last three decades. Saf Sci. 1995;21(2):145-161.
26. Schuh A, Camelio JA. Including accident severity in statistical monitoring systems for occupational safety. in IIE Annual Conference. Proceedings. 2013. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
27. Root N. Injuries at work are fewer among older employees. Monthly Lab Rev. 1981;104:30.
28. Messing K, et al. Be the fairest of them all: challenges and recommendations for the treatment of gender in occupational health research. Am J Ind Med. 2003;43(6):618-629.
29. Applebaum KM, et al. An overview of occupational risks from climate change. Curr Environ Health Rep. 2016;3:13-22.
30. DeGroot DW, et al. Epidemiology of US Army cold weather injuries, 1980–1999. Aviat Space Environ Med. 2003;74(5):564-570.
31. Liao C-W, Perng Y-H. Data mining for occupational injuries in the Taiwan construction industry. Saf Sci. 2008;46(7):1091-1102.
32. Schulte PA, Chun H. Climate change and occupational safety and health: establishing a preliminary framework. J Occup Environ Hyg. 2009;6(9):542-554.
33. Kjellstrom T, et al. Climate change and occupational health: A South African perspective. South African Medical Journal. 2014;104(8):586-586.
34. Maiti J. Evaluation of risk of occupational injuries of underground coal mine workers through multinomial logit analysis. J Safety Res. 1999;30:1-9.
35. Taylor AJ, et al. Fatal occupational electrocutions in the United States. Injury Prevention. 2002;8(4):306-312.
36. Phelps SM, et al. Characteristics and predictors of occupational injury among career firefighters. Workplace Health Saf. 2018;66(6):291-301.
37. Amissah J, et al. Predisposing factors influencing occupational injury among frontline building construction workers in Ghana. BMC Res Notes. 2019;12:1-8.
38. Chang W-R, et al. State of science: occupational slips, trips and falls on the same level. Ergonomics. 2016;59(7):861-883.
39. Ayob A, et al. Fatal occupational injuries in the Malaysian construction sector–causes and accidental agents. in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. IOP Publishing.
40. Chi S, Han S, Kim DY. Relationship between unsafe working conditions and workers' behavior and impact of working conditions on injury severity in US construction industry. J Constr Eng Manag. 2013;139(7):826-838.
41. Simeonov P, Hsiao H. Height, surface firmness, and visual reference effects on balance control. Injury Prevention. 2001;7(suppl 1):i50-i53.
42. Yassi A. Repetitive strain injuries. The Lancet.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]

1997;349(9056):943-947.

43. Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. Occup Environ Med. 1986;43(11):779-784.
44. Kazan E, Usmen MA. Worker safety and injury severity analysis of earthmoving equipment accidents. J Safety Res. 2018;65:73-81.
45. Sorock G, et al. A case-crossover study of transient risk factors for occupational acute hand injury. Occup Environ Med. 2004;61(4):305-311.
46. Khan MMA, Halim ZI, Iqbal M. Attributes of occupational injury among workers in the chemical industry and safety issues. Int J Occup Saf Ergon. 2006;12(3):327-341.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-12-28]

[DOI: 10.18502/jhsw.v14i2.17141]