Iran Occupational Health

Original Article
http://ioh.iums.ac.ir

Iran Occupational Health.2019 (Aug-Sep);16(3):47-57.

Path analysis of occupational injuries based on the structural equation modeling approach: a retrospective study in the construction industry

Ahmad Soltanzadeh, Assistant Professor, Department of Occupational Safety & Hygiene Engineering, Faculty of Health, Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
Hamidreza Heidari, Assistant Professor, Department of Occupational Safety & Hygiene Engineering, Faculty of Health, Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
Mohsen mahdinia, PhD Candidate, Department of Occupational Safety & Hygiene Engineering, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
Heidar mohammadi, Assistant Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Larestan University of Medical Sciences, Larestan, Fars, Iran
Abolfazl Mohammadbeigi, Associate Professor, Epidemiology and Biostatistics Department, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
Iraj Mohammadfam, (Corresponding author) Center of Excellence for Occupational Health Engineering, Occupational Health and Safety Research Center, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Mohammadfam@umsha.ac.ir

Abstract

Background and aims: The construction industry, sites, and projects are the most dangerous industries in terms of the risk of occupational accidents and injuries. Important factors that have led the industry as a health, safety, environment (HSE) high-risk industry in the world can be cited such as continuous changes in construction projects, using a lot of resources, poor working conditions, non-continuous employment, cross-seasonal work, and harsh environment. Risk of a variety of occupational accidents (e.g., fall, throwing objects, slipping, collision and crash, chemicals, electrical shock, abrasion, and manual material handling, etc.), inherently exist in all construction projects. Given the existence of such risks, construction sites often fail to achieve their goals, such as the completion of the project, the estimated budget, project quality and expected extent of accidents and damages. Modeling and analysis of the indicators of the construction HSE risk management system to reduce the incidents and consequences of accidents, as well as its relationship with accidents, can be a very good self-monitoring approach. Occupational safety and health challenges are tied largely to the construction industry. In developed countries, the rate of occupational accidents in the construction industry is 17%. This rate is 45% in Iran which is 2.6 times the global rate. Although construction workers make up less than 12% of Iran's workforce, the rate of injuries caused by accidents in this industry is high. Identifying the factors affecting occupational injuries is a retrospective approach to analyze, prevent and reduce these injuries. One of the most effective accident analysis techniques developed to understand and explain the causes of events and analyze the path leading to accidents and their consequences is Root Cause Analysis (RCA). Accordingly, the purpose of this study is to analyze the path of causes resulting in occupational injuries involved in construction work by using structural equation modeling.
Methods: This study was a cross-sectional retrospective analysis of occupational injuries that occurred in 82 small and medium-sized construction projects during the 11 years (2007-2017). The statistical population included all occupational injuries that occurred in construction projects. The main variables in this study were different types of injuries caused by occupational accidents. The initial size of the statistical population was 1328 accidents. Therefore, 1232 accidents were selected as the study sample based on the inclusion and exclusion criteria. It should be noted that the minimum sample size for analysis of a structural model should not be less than 200. The main tool for collecting data in this study was a checklist for reporting occupational accidents in construction projects. Interviews and records were also used to complete the data. The implementation of the study included "five steps". Step 1: Of 1328 accidents, based on the inclusion/exclusion criteria, 1232 accidents leading to injuries were selected. Step 2: Occupational injuries were analyzed based on Root Cause Analysis (RCA). Step 3: Different dimensions of various factors affecting

Keywords
Construction,
Occupational injury,
Path analysis,
Structural equation Modeling

Received: 04/06/2018
Accepted: 08/12/2018

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

occupational injuries in the construction projects were identified, evaluated and classified. Step 4: A conceptual model for analyzing the causes of construction injuries was drawn following the chain of events and path analysis. Step 5: Finally, the associations, interactions, and effects of all factors and variables were analyzed using the structural equation modeling. Applying IBM SPSS AMOS version 0.22, the structural equation modeling was used for data analysis.

Results: Generally, occupational injuries were reversely related to individual factors, organizational factors, safety training, and risk management, whereas they are positively related to unsafe conditions and actions and the type of accident. Approximately, two-thirds of the accidents had occurred during construction activities and more than 70% of the accidents occurred for small contractors. The desirability degrees of two key safety program parameters i.e. duration and content of the programs (quantity and quality) were estimated to be 23.5% and 12.0%, respectively. The highest degree of the desirability of risk management variables belonged to safety checklist (28.7%) and usage of personal protective equipment (PPE) (22.1%). Workplace hazards (63.6%) and dangerous work methods (56.1%) caused the highest share of accidents. The majority of unsafe actions were linked to inadequate knowledge and awareness (65.5%) and non-usage of Personal Protective Equipment (PPE) (57.9%). The most common accidents fell from height (31.2%) and falling objects (27%). The analysis of occupational injuries showed that 1.5% of the accidents had resulted in death and 10.4% had led to physical limb deformation. Path analysis of construction injuries based on SEM revealed that occupational injuries had a significant inverse relationship with individual and organizational factors, safety education and risk management ($p<0.05$). The values of the goodness of fit, $\chi 2/df$, RMSEA, CFI, and NNFI (TLI) were calculated to be 2.79, 0.059, 0.894, and 912 /, respectively. Therefore, based on these results and comparing them with the desired criteria, this model seemed acceptable.

Conclusion: Modeling based on path analysis can support the multiple causation theory of occupational accidents. Different causative factors and related indicative variables including individual and organizational factors, safety education, risk management, unsafe conditions, and unsafe acts and the type of accident as a set of causes, have been involved in the chain and process leading to injuries caused by construction accidents. Regarding the type of accident, fall from height is considered as the most important indicative variable, so this variable is important for construction injury analysis. Imperfect and weak risk management and organizational factors can contribute to the creation of these unsafe conditions. Also, unsafe acts can be influenced by other variables and factors such as individual and demographic factors and safety education. Inadequate and inefficient education can lead to imprecision, dangerous behaviors and various types of human error and affect the type and degree of injuries in construction activities. Occupational injuries had significant correlations with hazard identification in construction, various types of risk assessment, accident analysis and effective event reporting, as well as implementing a variety of control measures such as personal protective equipment, practicing and supervising discipline on the construction site and holding safety-related meetings on the construction site. Considering that environmental construction projects are always accompanied by high risks, a systematic and efficient approach to identify, assess, control and reduce risks can be useful for optimal safety system performance and reduction of construction injuries. Up to current study promoting safety in the construction sector requires a comprehensive planning. This planning should be based on an intelligent model using all variables and factors affecting occupational injuries. This study showed that inter and intra-factor relationships are always effective in occupational injuries in the construction or any other industrial environment.

Conflicts of interest: None

Funding: This work was supported by the Vice-Chancellor for Research and Technology of Qom University of Medical Sciences and Health Services under Grant number [96887]

How to cite this article:

Soltanzadeh A, Heidari H, Mahdinia M, Mohammadi H, Mohammadbeigi A, Mohammadfam I. Path analysis of occupational injuries based on the structural equation modeling approach: a retrospective study in the construction industry. Iran Occupational Health. 2019 (Aug-Sep);16(3):47-57.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

سلامت کار ایران
دوره ۱۶، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۸
مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

تحلیل مسیر آسیب‌های شغلی بر اساس رویکرد مدل‌یابی معادلات ساختاری: یک مطالعه گذشته‌نگر در صنعت ساخت‌وساز

احمد سلطان‌زاده: استادیار، عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
حمیدرضا حیدری: استادیار، عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، مرکز آلاینده‌های محیطی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
محسن مهدی‌نیا: دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
حیدر محمّدی: استادیار، عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی لارستان، فارس، ایران
ابوالفضل محمدبیگی: دانشیار، عضو هیئت‌علمی گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
ایرج محمدفام: (نویسنده مسئول) قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات ایمنی و بهداشت شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. mohammadfam@umsha.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: صنعت ساخت‌وساز یکی از پرچالش‌ترین صنایع در حوزه ایمنی و بهداشت می‌باشد. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که میزان آسیب‌ها در صنعت ساخت‌وساز بیشتر از میانگین آن در دیگر صنایع است و تنها هزینه غرامت کارگران برای درمان، خسارات و جریمه در صنعت ساخت‌وساز ۴ برابر صنایع دیگر گزارش شده است. شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد آسیب‌های شغلی به عنوان یک رویکرد گذشته‌نگر و مهم در تحلیل این آسیب‌ها و راهی برای پیشگیری و کاهش آن می‌باشد. تحلیل و علّت‌یابی حوادث و آسیب‌های شغلی در صنعت پرچالش ساخت‌وساز یکی از راهکارهای ارتقا ایمنی و سلامت در این بخش از صنعت می‌باشد. این مطالعه با هدف تحلیل مسیر عوامل مؤثر بر آسیب‌های شغلی در بخش ساخت‌وساز کوچک و متوسط با استفاده از مدل‌یابی معادلات ساختاری انجام شده است.

روش بررسی: این مطالعه‌یک تحلیل گذشته‌نگر بود که بر روی آسیب‌های شغلی رخ داده طی یک دوره ۱۱ ساله (۲۰۱۷-۲۰۰۷) در ۸۲ پروژه ساخت‌وسازی کوچک و متوسط انجام شد. متغیر اصلی شامل انواع آسیب شغلی ناشی از حوادث بود. ابزار اصلی برای جمع‌آوری داده‌ها فرم گزارش حوادث شغلی بود. مراحل اجرای این مطالعه شامل "پنج گام" جمع‌آوری داده‌های مطالعه، تحلیل آسیب‌های شغلی بر اساس رویکرد تحلیل علل ریشه‌ای، شناسایی، ارزیابی و طبقه‌بندی ابعاد مختلف فاکتورهای مختلف مؤثر بر آسیب‌های شغلی در پروژه‌های ساخت‌وسازی، ترسیم مدل مفهومی تحلیل علل آسیب‌های ساخت‌وساز مطابق با زنجیره وقایع و علل و تحلیل ارتباط، کنش‌ها و اثرات متقابل همه فاکتورها و متغیرها با استفاده از رویکرد مدل‌یابی معادله ساختاری بود. تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار مدل‌یابی معادلات ساختاری IBM SPSS AMOS نسخه ۲۲/۰ انجام شد.

یافته‌ها: میانگین سن و سابقه کار کارگران آسیب‌دیده در حوادث مورد مطالعه، به ترتیب ۶/۲۴±۳۳/۱۴ و ۳/۱۴±۵/۷۵ سال بود. تقریباً دو-سوم حوادث حین فعالیت‌های ساخت‌وساز به وقوع پیوسته بود. بالاترین میزان مطلوبیت متغیرهای مدیریت ریسک متعلق به چک‌لیست ایمنی (۲۸٪/۷) و به‌کارگیری تجهیزات حفاظت فردی (PPE) (۲۲/۱٪) بود. خطرات محیطی (۶۳٪/۶) و روش کار خطرناک (۵۶٪/۱) دارای بیشترین سهم در حوادث بودند. بیشترین اعمال ناایمن مربوط به کمبود دانش و آگاهی (۶۵٪/۵) و عدم استفاده از PPE (۵۷٪/۹) بود. نتایج تحلیل مسیر آسیب ساخت‌وساز بر اساس مدل‌یابی معادله ساختاری (SEM) نشان داد که فاکتورهای فردی، سازمانی، آموزش ایمنی و مدیریت ریسک، دارای ارتباط معکوس و معنی‌دار با آسیب‌های شغلی بود ($p<0/05$). بعلاوه، ارتباط فاکتورهای شرایط ناایمن، اعمال ناایمن و نوع بروز حادثه با آسیب‌های شغلی مثبت و معنی‌دار برآورد گردید ($p<0/05$). مقادیر شاخص‌های نیکویی برازش $\chi 2/df$، RMSEA، CFI و NNFI (TLI) به ترتیب ۲/۷۹، ۰/۰۵۹، ۰/۸۹۴ و ۹۱۲/ محاسبه شد. بنابراین، بر اساس این نتایج و مقایسه آن با معیارهای مورد نظر، این مدل یک مدل خوب می‌باشد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های مطالعه بیانگر این بود که آسیب‌های ساخت‌وساز می‌تواند تحت تأثیر فاکتورها و متغیرهای مختلف با نوع و اندازه متفاوت قرار گیرد. بعلاوه، رویکرد تحلیل مسیر با استفاده از مدل‌یابی معادله ساختاری می‌تواند به عنوان یک روش کاربردی و مفید برای تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی و در نهایت پیش‌بینی حوادث و آسیب‌های شغلی بکار گرفته شود.

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*

منبع حمایت کننده: *این مطالعه بر مبنای طرح شماره ۹۶۸۸۷ مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم حمایت مالی شده است*

کلیدواژه‌ها
ساخت‌وساز،
آسیب شغلی،
تحلیل مسیر،
مدل‌یابی معادلات ساختاری

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۱۴
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۱۷

شیوه استناد به این مقاله:

Soltanzadeh A, Heidari H, Mahdinia M, Mohammadi H, Mohammadbeigi A, Mohammadfam I. Path analysis of occupational injuries based on the structural equation modeling approach: a retrospective study in the construction industry. Iran Occupational Health. 2019 (Aug-Sep);16(3):47-57.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

مقدمه

صنعت ساخت‌وساز یکی از پرچالش‌ترین صنایع در حوزه ایمنی و بهداشت می‌باشد. با وجود تلاش‌های زیادی که در حیطه‌های مختلف این صنعت برای کاهش حوادث و آسیب‌های شغلی انجام شده است، امّا همچنان آمارهایی که از مطالعات و گزارشات مختلف استخراج و ارائه می‌شوند، فاجعه‌بار می‌باشد (۱-۳).

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که میزان آسیب‌ها در صنعت ساخت‌وساز بیشتر از میانگین آن در دیگر صنایع است (۴) و تنها هزینه غرامت کارگران برای درمان، خسارات و جریمه در صنعت ساخت‌وساز ۴ برابر صنایع دیگر گزارش شده است (۵). ساخت‌وساز تنها ۵٪ از نیروی کار ایالات‌متحده را تشکیل می‌دهد، درحالی‌که ۲۰٪ از تمامی مرگ‌ومیرهای شغلی و ۹٪ آسیب‌های ناتوان‌کننده را به خود اختصاص داده است (۶). میزان حوادث منجر به آسیب شغلی در بخش ساخت‌وساز کشورهای پیشرفته ۱۷٪ و در ایران ۴۵٪ بوده که معادل ۲/۶ برابر دنیا است. اگرچه کمتر از ۱۲٪ نیروی کار در ایران در صنعت ساخت‌وساز مشغول به کار هستند، اما میزان آسیب‌های ناشی از حوادث در این بخش بالا می‌باشد (۷، ۸).

شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد آسیب‌های شغلی به عنوان یک رویکرد گذشته‌نگر و مهم در تحلیل این آسیب‌ها و راهی برای پیشگیری و کاهش آن می‌باشد. اگرچه، تلاش‌های گسترده‌ای توسط محققین در زمینه‌های مختلف برای تشریح انواع آسیب و تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای تأثیرگذار بر آن انجام شده است (۹-۱۳)، امّا، نکته مهم و قابل تأمّل در بیشتر مطالعات انجام شده این است که هر یک از این تجزیه‌وتحلیل‌ها تنها به برخی از علل حوادث و آسیب اشاره نموده، اثرات متقابل هر یک از این متغیرها را بررسی ننموده و همچنین تحلیلی برای مسیر (Path Analysis) وقوع حادثه یا آسیب ناشی از آن ارائه نمی‌دهند.

یکی از کارآمدترین روش‌های تحلیل حوادث که برای درک و تشریح علل حوادث توسعه داده شده است و به عنوان یکی از روش‌هایی که می‌تواند به تحلیل مسیر منتهی به حوادث و پیامدهای آن بپردازد، رویکرد تحلیل علل ریشه‌ای (RCA; Root Cause Analysis) می‌باشد (۱۴، ۱۵). استفاده از رویکردهای مدل‌سازی نرم‌افزاری که بتواند علاوه بر درک و شناسایی علل و عوامل مختلف حادثه، ارتباط بین متغیرها و همچنین فاکتورهای دخیل در فرایند علّی حوادث را شناسایی و تحلیل نموده و تحلیلی بر فرایند حوادث شغلی انجام دهد، می‌تواند کاربردی و سودمند باشد. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف تحلیل عوامل مؤثر بر آسیب‌های شغلی در صنایع ساخت‌وسازی کوچک و متوسط طراحی و انجام شده است.

روش بررسی

این مطالعه‌یک تحلیل گذشته‌نگر مقطعی بود که بر روی آسیب‌های شغلی رخ داده طی یک دوره ۱۱ ساله (۲۰۱۷-۲۰۰۷) در ۸۲ پروژه ساخت‌وسازی کوچک و متوسط طراحی و انجام شد. جامعه آماری در این مطالعه شامل همه حوادث آسیب‌زای شغلی بود که در این پروژه‌های ساخت‌وسازی اتفاق افتاده بود.

متغیر اصلی مورد در این مطالعه انواع آسیب شغلی ناشی از حوادث بود. حجم اولیه جامعه آماری برای این مطالعه شامل ۱۳۲۸ حادثه بود. لذا، بر اساس معیار ورود و خروج در این مطالعه، در نهایت ۱۲۳۲ حادثه به عنوان نمونه مطالعه انتخاب شد. لازم به ذکر است که حداقل حجم نمونه برای تحلیل یک مدل ساختاری نباید از ۲۰۰ نفر نمونه کمتر باشد (۱۶).

ابزار جمع‌آوری داده‌ها: ابزار اصلی برای جمع‌آوری داده‌های این مطالعه چک‌لیست گزارش حوادث شغلی موجود در پروژه‌های ساخت‌وسازی بود. برای تکمیل داده‌های مورد نیاز مطالعه، از ابزارهایی مانند مصاحبه و مراجعه به سوابق نیز استفاده شد.

اجرای مطالعه: مراحل اجرای این مطالعه شامل "پنج گام" بود.

گام اوّل: داده‌های اولیه شامل ۱۳۲۸ حادثه جمع‌آوری شد. سپس، غربالگری بر اساس معیارهای ورود و خروج مطالعه انجام و در نهایت ۱۲۳۲ حادثه منجر به آسیب به‌عنوان نمونه نهایی مطالعه انتخاب گردید.

گام دوّم: تحلیل آسیب‌های شغلی بر اساس رویکرد تحلیل علل ریشه‌ای (RCA) انجام شد. در فرایند این تحلیل به سه پرسش "چه اتفاقی"، "چگونه" و "چرا"

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

رخ داده است، پاسخ داده شد. مراحل اجرایی رسیدن به پاسخ درباره سه پرسش مورد نظر شامل بررسی توصیفی آسیب به وقوع پیوسته، تعیین توالی وقایع، شناسایی عوامل مؤثر بر بروز، جمع‌آوری اطلاعات تکمیلی و شناسایی زنجیره علل بود.

گام سوّم: ابعاد مختلف فاکتورهای مختلف مؤثر بر آسیب‌های شغلی در پروژه‌های ساخت‌وسازی شناسایی، ارزیابی و طبقه‌بندی شدند. این گام با هدف آماده‌سازی داده‌ها به منظور ارتقا قابلیت مدل مفهومی برای انجام مدل‌یابی معادله ساختاری (SEM) انجام گردید.

گام چهارم: مدل مفهومی تحلیل علل آسیب‌های ساخت‌وساز مطابق با زنجیره وقایع و علل و تحلیل مسیر ترسیم شد.

گام پنجم: در نهایت، ارتباط، کنش‌ها و اثرات متقابل همه فاکتورها و متغیرها با استفاده از رویکرد مدل‌یابی معادله ساختاری تحلیل گردید.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های این مطالعه از نرم‌افزار مدل‌یابی معادلات ساختاری IBM SPSS AMOS نسخه ۲۲/۰ استفاده شد. قابل ذکر است که مدل‌یابی معادله ساختاری یک تکنیک تحلیل چند متغیری بسیار کلی و نیرومند از خانواده رگرسیون چند متغیری و به بیان دقیق‌تر بسط مدل خطی کلی است که امکان می‌دهد مجموعه‌ای از معادلات رگرسیون به‌صورت هم‌زمان مورد آزمون قرار گیرد. مدل‌یابی معادله ساختاری یک رویکرد آماری جامع برای آزمون فرضیه‌هایی درباره‌ی روابط بین متغیرهای مشاهده‌ای و پنهان است که گاه تحلیل ساختاری کوواریانس، مدل‌یابی علی یا مدل‌یابی معادلات ساختاری نامیده می‌شود (۱۰، ۱۷).

یافته‌ها

نتایج توصیفی فاکتورها و متغیرهای مورد مطالعه در جداول ۱-۴ نشان داده شده است. میانگین سن و سابقه کار کارگران آسیب‌دیده در حوادث مورد مطالعه، به ترتیب ۶/۲۴±۳۳/۱۴ و ۳/۱۴±۵/۷۵ سال بود. تقریباً دو-سوم حوادث حین فعالیت‌های ساخت‌وساز و بیش از

جدول ۱- یافته‌های توصیفی فاکتورها و متغیرهای فردی و سازمانی

متغیر		مقادیر
فاکتور فردی		
سن (سال)		۶/۲۴±۳۳/۱۴
سابقه کار (سال)		۳/۱۴±۵/۷۵
وضعیت تاهل	مجرد	۶۰۳ (٪۴۸/۹)
	متاهل	۶۳۰ (٪۵۱/۱)
تحصیلات	زیر دیپلم	۳۹۷ (٪۳۲/۲)
	دیپلم	۴۷۱ (٪۳۸/۲)
	فوق دیپلم	۲۴۰ (٪۱۹/۵)
	لیسانس و بالاتر	۱۲۵ (٪۱۰/۱)
فاکتور سازمانی		
نوع شغل و رده سازمانی	ساخت و سازی	۸۶۵ (٪۷۰/۱)
	تکنسین	۳۴۵ (٪۲۸/۰)
	سرپرست	۲۳ (٪۱/۹)
نوع فعالیت	ساخت و ساز	۸۱۰ (٪۶۵/۷)
	تعمیرات و نگهداری	۱۵۴ (٪۱۲/۵)
	نصب و راه اندازی	۱۷۹ (٪۱۴/۵)
	حمل و نقل	۹۰ (٪۷/۳)
فشار و محدودیت زمانی	بله	۸۰۲ (٪۶۵/۰)
	خیر	۴۳۱ (٪۳۵/۰)
نوع پیمانکاری	پیمانکار اصلی	۳۵۸ (٪۲۹/۰)
	پیمانکار خرد	۸۷۵ (٪۷۱/۰)
سطح و ارتفاع فعالیت	در سطح زمین	۶۵۰ (٪۵۲/۷)
	کمتر از ۲ متر (<۲ متر)	۳۵۰ (٪۲۸/۴)
	بیش از ۲ متر (>۲ متر)	۲۳۳ (٪۱۸/۹)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

۷۰٪ حوادث برای پیمانکاران خرد و به وقوع پیوسته بود (جدول ۱). میزان مطلوبیت دو پارامتر مهم آموزش ایمنی شامل مدت زمان و محتوای برنامه‌های آموزشی (کمیّت و کیفیت) به ترتیب ۲۳/۵٪ و ۱۲/۰٪ برآورد گردید. بالاترین میزان مطلوبیت متغیرهای مدیریت ریسک متعلق به چک‌لیست ایمنی (۲۸٪/۷) و به‌کارگیری تجهیزات حفاظت فردی (PPE) (۲۲٪/۱) بود (جدول ۲). خطرات محیطی (۶۳٪/۶) و روش کار خطرناک (۵۶٪/۱) دارای بیشترین سهم در حوادث بودند. بیشترین اعمال ناایمن مربوط به کمبود دانش و آگاهی (۶۵٪/۵) و عدم استفاده از PPE (۵۷/۹٪) بود (جدول ۳). بیشترین نوع بروز حوادث به ترتیب مربوط به سقوط از ارتفاع (۳۱/۲٪) و سقوط اشیا (۲۷٪/۰) بود. یافته‌های تحلیل ماهیت آسیب شغلی نشان داد که ۱/۵٪ حوادث به مرگ و ۱۰/۴٪ نقص عضو منجر شده است (جدول ۴).

نتایج تحلیل مسیر آسیب ساخت‌وساز بر اساس مدل‌یابی معادله ساختاری (SEM) نشان داد که

جدول ۲- نتایج توصیفی فاکتورها و متغیرهای آموزش و مدیریت ریسک

متغیر	مقادیر
فاکتور آموزش ایمنی	
آموزش بدو استخدام	۳۱۲ (٪۲۵/۳)
آموزش دوره ای	۴۷۰ (٪۳۸/۱)
آموزش پس از حادثه	۱۵۴ (٪۱۲/۵)
آموزش PPE	۲۹۰ (٪۲۳/۵)
آموزش Housekeeping	۱۴۵ (٪۱۱/۷)
مدت زمان آموزش (کمیّت)	۲۹۰ (٪۲۳/۵)
محتوای آموزش (کیفیت)	۱۴۸ (٪۱۲/۰)
فاکتور مدیریت ریسک	
شناسایی خطرات	۱۸۰ (٪۱۴/۶)
ارزیابی ریسک دوره ای	۲۴۸ (٪۲۰/۱)
بررسی حوادث	۱۱۵ (٪۹/۳)
چک لیست ایمنی و بهداشت	۳۵۴ (٪۲۸/۷)
ممیزی و بازرسی	۲۰۲ (٪۱۶/۴)
سیستم گزارش‌دهی	۲۱۴ (٪۱۷/۳)
بکارگیری تجهیزات حفاظت فردی	۲۷۲ (٪۲۲/۱)
اجرای Housekeeping	۱۸۷ (٪۱۵/۱)
اجرا و استقرار TBM	۹۸ (٪۸/۰)

جدول ۳- یافته‌های توصیفی فاکتورهای شرایط ناایمن و اعمال ناایمن

متغیر	مقادیر
فاکتور شرایط ناایمن	
محیط کار خطرناک	۷۸۴ (٪۶۳/۶)
روش کار خطرناک	۶۹۲ (٪۵۶/۱)
حفاظ ناایمن	۴۵۸ (٪۳۷/۱)
ماشین آلات معیوب	۳۲۲ (٪۲۶/۱)
تجهیزات ناایمن	۳۱۴ (٪۲۵/۴)
جریان الکتریسیته	۱۷۴ (٪۱۴/۱)
ابزار دستی	۳۱۲ (٪۲۵/۳)
فاکتور اعمال ناایمن	
عدم استفاده از PPE	۷۱۴ (٪۵۷/۹)
کمبود دانش و آگاهی	۸۰۸ (٪۶۵/۵)
شوخی‌های نابجا	۲۳۷ (٪۱۹/۲)
استفاده از ابزار معیوب	۳۹۸ (٪۳۲/۳)
قرارگیری در وضعیت ناایمن	۵۸۵ (٪۴۷/۴)
فعالیت بدون مجوز	۲۱۸ (٪۱۷/۷)
دیگر افراد	۳۲۵ (٪۲۶/۳)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

جدول ٤- نتایج توصیفی فاکتورهای نوع بروز حوادث و آسیب‌های شغلی

متغیر	مقادیر
فاکتور نوع بروز	
سقوط از ارتفاع	۳۸۵ (٪۳۱/۲)
سقوط اشیا	۳۳۳ (٪۲۷/۰)
گیرکردن بین اشیا	۳۱۱ (٪۲۵/۲)
برخورد و تصادم	۳۰۸ (٪۲۵/۰)
برق گرفتگی	۱۱۴ (٪۹/۲)
فاکتور نوع آسیب شغلی	
مرگ	۱۸ (٪۱/۵)
نقص عضو	۱۲۸ (٪۱۰/۴)
بی‌هوشی و جراحت داخلی	۴۲۱ (٪۳۴/۱)
ضرب‌دیدگی	۸۱۵ (٪۶۶/۱)
زخم‌های چندگانه	۵۳۲ (٪۴۳/۱)
بریدگی	۶۱۲ (٪۴۹/۶)

جدول ٥- شاخص‌های نیکویی برازش مدل نهایی

شاخص‌ها	
χ^2	۹۲/۱۲
χ^2/df	۲/۷۹
RMSEA	۰/۰۵۹
CFI	۰/۸۹۴
NNFI (TLI)	۰/۹۱۲

فاکتورهای فردی، سازمانی، آموزش ایمنی و مدیریت ریسک، دارای ارتباط معکوس و معنی‌دار با آسیب‌های شغلی بود ($p<۰/۰۵$). بعلاوه، ارتباط فاکتورهای شرایط ناایمن، اعمال ناایمن و نوع بروز حادثه با آسیب‌های شغلی مثبت و معنی‌دار برآورد گردید ($p<۰/۰۵$) (شکل ۱). مقادیر شاخص‌های نیکویی برازش $\chi2/df$، RMSEA، CFI و (TLI) NNFI به ترتیب ۲/۷۹، ۰/۰۵۹، ۰/۸۹۴ و ۰/۹۱۲ محاسبه شد؛ بنابراین، بر اساس این نتایج و مقایسه آن با معیارهای مورد نظر، این مدل یک مدل خوب (Good) می‌باشد (جدول ۵).

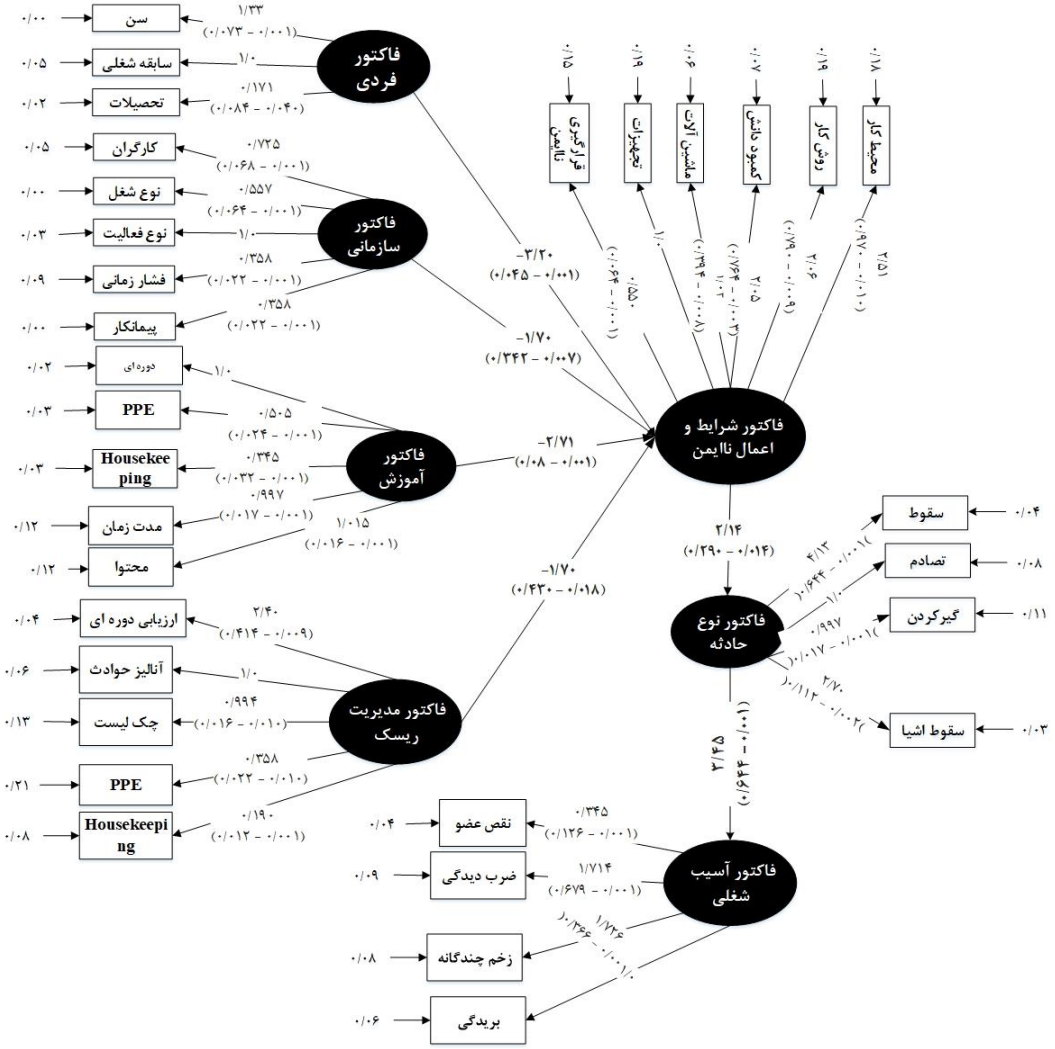
بحث و نتیجه‌گیری

همان‌گونه که نتایج این مطالعه نیز نشان داد، یافته‌های حاصل از به‌کارگیری مدل‌سازی بر مبنای تحلیل مسیر می‌تواند تئوری چندعلّتی بودن آسیب‌ها و پیامدهای شغلی را تأیید نماید (۲، ۸، ۱۸). بعلاوه، استفاده از تکنیک‌ها و مدل‌های نرم‌افزاری مانند مدل‌یابی معادلات ساختاری ارتباط و کنش متغیرها و فاکتورهای مختلف و میزان تأثیرگذاری هر یک از آن‌ها بر پیامد یا آسیب نهایی را به‌صورت عددی و کمّی نشان داده که این مهم می‌تواند به عنوان یک شاخص یا پارامتر برای تصمیم‌گیری در مورد هر یک از متغیرها به مدیریت کلان ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وسازی کمک نماید (۱۹).

یافته‌های این مطالعه نشان داد که مجموعه‌ای از فاکتورهای علّی مختلف و متغیرهای نشانگر مربوط به آن شامل فاکتور فردی و سازمانی (۲۰-۲۲)، آموزش ایمنی (۲۳)، مدیریت ریسک (۲، ۱۲، ۲۰)، شرایط ناایمن و اعمال ناایمن (۱، ۸، ۲۰، ۲۴، ۲۵) و همچنین نوع بروز حادثه (۹، ۱۹) به عنوان مجموعه‌ای از علل در فرایند و زنجیره منتهی به آسیب‌های ناشی از حوادث ساخت‌وساز تأثیرگذار بوده و مشارکت داشته‌اند.

سقوط از ارتفاع به عنوان مهم‌ترین متغیر نشانگر در برآورد فاکتور نوع بروز حادثه تلقی شده، بنابراین این متغیر دارای اهمیت زیادی برای تحلیل آسیب در ساخت‌وساز می‌باشد. برای چندین دهه، "سقوط از ارتفاع" در اوج لیست نوع بروز حوادث ساخت‌وساز قرار داشته است (۲۶، ۲۷). همچنین، در مطالعه‌ی تحلیلی که توسط Aneurin Grant و Jimmie Hinze با هدف تجزیه‌وتحلیل حوادث مرگبار و فاجعه‌بار در صنایع

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]



شکل ۱- مدل نهایی تحلیل مسیر آسیب‌های شغلی ساخت و ساز بر اساس مدل یابی معادله ساختاری

ساخت‌وساز در سال ۲۰۱۴ انجام شد، نشان داد که بیشتر حوادث در این زمینه مربوط به سقوط از ارتفاع و سقوط اشیا بوده است (۲۸).

شرایط ناایمن در پروژه‌های ساخت‌وسازی به عنوان یکی از عوامل مهم در تحلیل علیّت آسیب‌های شغلی در ساخت‌وساز به شمار می‌رود (۸). بعلاوه، همان‌طور که نتایج این مطالعه نیز نشان داد، برخی از فاکتورها مانند مدیریت ریسک ایمنی ناقص و ضعیف و فاکتور سازمانی نیز می‌توانند در ایجاد و تشدید این شرایط مؤثر و تأثیرگذار باشند (۱۱، ۲۰). نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که کارگر یا تیم کاری در ۷۰٪ حوادث ساخت‌وساز به دلیل بروز انواع خطای انسانی و اعمال ناایمن نقش دارند (۱، ۲۰). بعلاوه، رفتارهای ناایمن می‌تواند تحت تأثیر دیگر متغیرها و فاکتورهای مهم مانند فاکتور فردی و دموگرافیک و آموزش ایمنی نیز باشد (۲۹-۳۱).

فاکتور فردی و دموگرافیک و متغیرهای نشانگر آن به عنوان یکی از علل مهم در حوادث شغلی و به‌ویژه ساخت‌وساز مطرح می‌باشند (۲۰، ۲۱). بعلاوه، Arquillos و همکاران نشان دادند که حوادث ساخت‌وساز با متغیرهایی مانند سن و همچنین انحراف از فعالیت‌های محول شده به افراد مرتبط می‌باشد (۳۲). یکی از فاکتورهای پایه‌ای مرتبط با حوادث و آسیب‌های شغلی فاکتور سازمانی و عوامل مربوط به ساختار مدیریتی محیط کار شامل متغیرهای مشخصه سازمانی، فیزیکی و عملیاتی می‌باشد. این متغیرها می‌توانند خود باعث بروز مشکلاتی در فرایند انجام و اجرای ایمن کار شده یا تحت تأثیر و در تعامل با عوامل دیگر به‌طور

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

غیرمستقیم در حوادث تأثیرگذار باشند (۲۰، ۲۱، ۳۳-۳۵).

آموزش ناکافی و ناکارآمد می‌تواند منجر به بی‌دقتی، رفتارهای خطرناک و انواع خطای انسانی شده و بر نوع و اندازه آسیب در فعالیت‌های ساخت‌وسازی تأثیرگذار باشد (۲۳). برخی از مطالعات نیز نشان داده‌اند که شناسایی خطر و درک ریسک می‌توانند با مداخله‌های آموزشی بهبود یابد. بر این اساس، توجه به آموزش ایمنی و ارتقا شاخص‌های آموزش باعث بالا رفتن درک و شناخت خطرات و ریسک‌های موجود در سایت و بهبود ایمنی و کاهش بروز انواع آسیب می‌گردد (۳۶، ۳۷).

بر اساس نتایج، متغیرهای انجام فعالیت‌های منظم و مدون در زمینه شناسایی مخاطرات ایمنی ساخت‌وساز، انجام انواع ارزیابی ریسک ایمنی، بررسی و تحلیل حوادث و اجرای اثربخش گزارش رویدادها و همچنین اجرای انواع اقدامات کنترلی مانند تجهیزات حفاظت فردی، اجرا و نظارت بر رعایت نظم و انضباط در محیط ساخت‌وساز و تدوین و استقرار جلسات کاری مرتبط با ایمنی با آسیب‌های شغلی در پروژه‌های ساخت‌وساز دارای ارتباط معنی‌دار بود. با توجه به اینکه پروژه‌های ساخت‌وساز محیطی همواره انباشته از منابع خطر با ریسک بالا و شدید بوده (۲، ۱۱، ۱۲، ۲۰، ۲۸)، لذا توجه به یک رویکرد نظام‌مند و کارا برای شناسایی، ارزیابی و کنترل خطرات و کاهش میزان ریسک می‌تواند در عملکرد بهینه ایمنی و کاهش آسیب‌های شغلی مربوط به ساخت‌وساز مؤثر باشد.

نگاه نو و متفاوت این مطالعه به متغیرهای مختلف و متفاوت در قالب فاکتورهای کلان مانند فاکتورهای سازمانی، آموزش ایمنی و مدیریت ریسک در کنار توجه به ساماندهی در پروژه‌های ساخت‌وسازی شامل شرایط ناایمن و اعمال ناایمن و همچنین واکاوی نوع بروز آسیب‌ها بر اساس کانون وقوع خطرات بیانگر این یافته مهم می‌باشد که ارتقا ایمنی در بخش ساخت‌وساز نیازمند یک برنامه‌ریزی جامع بر اساس مدل هوشمند توجه و استفاده از همه متغیرها و فاکتورهای تأثیرگذار بر آسیب‌های شغلی می‌باشد. نگاه کلّی به یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد کنش‌ها و ارتباطات درون و بین فاکتوری مؤثر بر آسیب‌های شغلی در ساخت‌وساز و یا هر محیط صنعتی پیچیده دیگر همواره وجود دارد؛ بنابراین، تحلیل حوادث و آسیب‌ها بایستی با رویکردها و تکنیک‌های علمی نوین صورت گرفته و تصمیم‌های مورد نظر برای افزایش ضریب ایمنی و کاهش میزان آسیب نیز بر اساس نتایج این نوع مدل‌سازی ارائه شوند.

تقدیر و تشکر

محققان این مطالعه قدردانی صمیمانه خود را از مسئولان محترم ۸۲ پروژه ساخت‌وسازی مورد مطالعه شامل مدیران و کارشناسان ایمنی اعلام می‌دارد. این مطالعه بر مبنای طرح شماره ۹۶۸۸۷ مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی قم اجرا شده است.

References

1. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Alizadeh Savareh B. Analysis and modeling of threatening factors of workforce's health in large-scale workplaces: comparison of four-fitting methods to select optimum technique. Electron Physician. 2016;8(2):1918-26.

2. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeygi A, Ghiasvand R. Exploring causal factors on the severity rate of occupational accidents in construction worksites. Int J Civil Engineer. 2017;15(7):959-965.

3. Zamanian Z, Mortazavi SM, Asmand E, Nikeghbal K. Assessment of health consequences of steel industry welders' occupational exposure to ultraviolet radiation. Int J Prev Med. 2015;6(123).

4. Dong X, Ringen K, Men Y, Fujimoto A. Medical costs and sources of payment for work-related injuries among Hispanic construction workers. J Occup Environ Med. 2007;49(12):1367-1375.

5. Silverstein B, Welp E, Nelson N, Kalat J. Claims incidence of work-related disorders of the upper extremities: Washington state, 1987 through 1995. Am J Public Health. 1998;88(12):1827-33.

6. Abdelhamid TS, Everett JG. Identifying root causes of construction accidents. J Construct Engineer Manag. 2000;126(1):52-60.

7. Moradinazar M, Kurd N, Farhadi R, Amee V, Najafi F. Epidemiology of work-related injuries among construction workers of Ilam (Western Iran) during 2006-2009. Iran Red Crescent Med J. 2013;15(10).

8. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeigi A, Ghiasvand R. Key factors contributing to accident

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

severity rate in construction industry in Iran. Arh Hig Rada Toksikol. 2016;67(1):47-53.

9. Azadeh A, Rouhollah F, Davoudpour F, Mohammadfam I. Fuzzy modelling and simulation of an emergency department for improvement of nursing schedules with noisy and uncertain inputs. Int J Serv Operat Manag. 2013;5(1):58-77.

10. Cho K, Hong T, Hyun C. Effect of project characteristics on project performance in construction projects based on structural equation model. Expert Syst Appl. 2009;36(7):10461-10470.

11. Im HJ, Kwon YJ, Kim SG, Kim YK, Ju YS, Lee HP. The characteristics of fatal occupational injuries in Korea's construction industry, 1997–2004. Saf Sci. 2009;47(8):1159-1162.

12. Manu P, Ankrah N, Proverbs D, Suresh S. An approach for determining the extent of contribution of construction project features to accident causation. Saf Sci. 2010;48(6):687-692.

13. Halvani GhH, Fallah H, Barkhordari A, Khoshk Daman R, Behjati M, Koohi F. A survey of causes of occupational accidents at working place under protection of Yazd Social Security Organization in 2005. Iran Occup Health J. 2010;7(3):22-29.

14. Pereira E, Taghaddos H, Hermann R, Han S, Abourizk S. A Conceptual Accident Causation Model Based On The Incident Root Causes. in 5th International/11th Construction Specialty Conference. June 30, 2015.

15. Silvey AB, Officer HCQI. Introduction to Root Cause Analysis (RCA). 2010.

16. Bollen KA, Paxton P. Two-stage least squares estimation of interaction effects. 1998.

17. Kao LH, Stewart M, Lee KH. Using structural equation modeling to predict cabin safety outcomes among Taiwanese airlines. Transport Res Part E: Log Transport Rev. 2009;45(2):357-365.

18. Shirali GhA, Motamedzade M, Mohammadfam I, Ebrahimipour V, Moghimbeigi A. Assessment of resilience engineering factors based on system properties in a process industry. Cog Technol Work. 2016;18(1):19-31.

19. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Confirmatory factor analysis of occupational injuries: presenting an analytical tool. Trauma Mon. 2017;22(2).

20. Haslam RA, Hide SA, Gibbb AGF, Gyi DE, Pavitt T, Atkinson S, Duff AR. Contributing factors in construction accidents. Appl Ergon. 2005;36(4):401-415.

21. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Modeling of individual and organizational factors affecting traumatic occupational injuries based on the structural equation modeling: a case study in large construction industries. Arch Trauma Res. 2016;5(3).

22. Shirali G, Mohammadfam I, Motamedzade M, Ebrahimipour V, Moghimbeigi A. Assessing resilience engineering based on safety culture and managerial factors. Process Saf Prog. 2012;31(1):17-18.

23. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Mahmoudi Sh, Alizadeh Savareh B, Mohamadi Arani A. Analysis and forecasting the severity of construction accidents using artificial neural network. Saf Prom Injur Prev. 2017;4(3):185-192.

24. Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A, Mohammadfam I. Selecting strategies to reduce high-risk unsafe work behaviors using the safety behavior sampling technique and Bayesian network analysis. J Res Health Sci. 2017;17(1).

25. Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A, Mohhamadfam I. A path analysis model for explaining unsafe behavior in workplaces :The effect of perceived work pressure. Int J Occup Saf Ergon. 2018;24(2):303-310.

26. Chi CF, Chang TC, Ting HI. Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry. Appl ergon. 2005;36(4):391-400.

27. Shirali GH, Mohammadfam I, Motamedzade M, Ebrahimipour V, Moghimbeigi A. Assessing resilience engineering based on safety culture and managerial factors. Process Saf Prog. 2012;31(1):17-8.

28. Grant A, Hinze J. Construction worker fatalities related to trusses: An analysis of the OSHA fatality and catastrophic incident database. Saf Sci. 2014;65:54-62.

29. Mohammadfam, I, Fatemi F. Evaluation of the relationship between unsafe acts and occupational accidents in a vehicle manufacturing. Iran Occup Health J. 2008;5(3):44-50.

30. Mohammadfam I, Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A. Constructing a Bayesian network model for improving safety behavior of employees at workplaces. Appl Ergon. 2017;58:35-47.

31. Azadeh A, Mohammad Fam I. A framework for development of integrated intelligent human engineering environment. Inform Technol J. 2006;5(2):290-299.

32. Arquillos AL, Romero JCR, Gibb A. Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008. J Saf Res. 2012;43(5):381-388.

33. Behm M, Schneller A. Application of the Loughborough Construction Accident Causation model: a framework for organizational learning. Construct Manag Econom. 2013;31(6):580-595.

34. dormohammadi A, Mohammad fam I, Zarei E. Presentation of a practical framework for performance assessment of HSE in construction contractors. Iran Occup Health J. 2017;13(6):10-22.

35. Azadeh M, Keramati A, Mohammadfam I, Jamshidnedjad B. Enhancing the availability and

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]

reliability of power plants through macroergonomics approach. J Sci Indust Res. 2006;65:873-78.

36. Gunderson DE, Gloeckner GW. Super-intendent competencies and attributes required for success: A national study comparing construction professionals' opinions. International Journal of Construct Edu Res. 2011;7(4):294-311.

37. Perlman A, Sacks R, Barak R. Hazard recognition and risk perception in construction. Saf Sci. 2014;64:22-31.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-07-18]