Karafan

Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University

Autumn 2023, Vol. 20, No. 3, p. 595-616

Journal homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en

doi:10.48301/KSSA.2024.406374.2631

TVU

Original Research

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

Modeling of Factors Affecting the Prevention of Accidents in Construction Sites using Structural Equation

Mostafa Sahebi[1*]

[1]PhD, Department of Health and Safety, Technical and Vocational University (TVU), Kermanshah, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 07.20.2023
Revised: 10.25.2023
Accepted: 12.20.2023

Keyword:
Accidents
Safety
Prevention
Modeling
Construction Site
Structural Equation

***Corresponding Author:**
Mostafa Sahebi
Email: *msahebi@tvu.ac.ir*

ABSTRACT

Due to the increase in population rates and the extensive growth of the construction industry in developing countries, the trend of occupational accidents in this sector has been increasing in recent years. In order to minimize such accidents, research must be conducted on the cause of occurrence and prevention methods of these accidents. Therefore, the current research was carried out with the aim of identifying and determining the impact of effective factors on the prevention of accidents at construction sites, using a descriptive-analytical method in terms of nature and practical in terms of purpose. The statistical population included supervisors and supervising engineers of construction sites with more than 10 years of experience working on construction sites in Kermanshah city. The primary information was collected through document-library review and based on the expert opinions, the effective factors in preventing accidents at construction sites were classified under three categories: managerial, individual and environmental. The primary research tool was a questionnaire, and SPSS and Smart PLS software were used to analyze the data. Model analysis was conducted by the structural equation modeling method with partial least squares approach. The results showed that the conceptual model of the research had a favorable fit. All relationships between sub-factors and factors were significant, and the managerial factor with a path coefficient of 0.724 had the greatest impact and the environmental factor with a path coefficient of 0.309 had the least impact on the prevention of accidents at construction sites.

©2023 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The rate of incidents, accidents and deaths in the construction industry has been reported with a more significant difference compared to other industries. As a result, safety is one of the main goals of construction projects, which should be considered in addition to project goals. Considering that safety management is a key issue in the construction industry and since most construction accidents are preventable, one of the main goals of safety management in construction projects is accident prevention. The important point here is that the occurrence of accidents is influenced by factors such as managerial, individual and environmental factors. Many factors and sub-factors affect each other in the form of cause and effect to lead to an accident. Identifying the causes of accidents and estimating the impact of each factor on the occurrence of accidents is crucial in management decision-making for planning corrective and preventive actions. It can be practical and beneficial to use a software modelling approach that can in addition to understanding and identifying the various causes and factors of accidents, identify and analyze the relationship between variables and also the factors involved in the cause-and-effect process of accidents. Therefore, the current research was conducted with the aim of identifying and determining the effectiveness of factors in the prevention of accidents at construction sites.

Methodology

This research was descriptive-analytical in nature; and in terms of purpose, it was practical. It used a quantitative data methodology and was decision-oriented in terms of results. In the implementation of the research, the factors and sub-factors were first extracted using library document studies and literature reviews; the items, which formed the questions of the questionnaire, were finalized by surveying experts with the principle of theoretical saturation. Finally, three managerial, environmental and individual factors, 19 sub-factors and 39 items were compiled as questionnaire questions. Figure 1 shows the conceptual model of the current research.

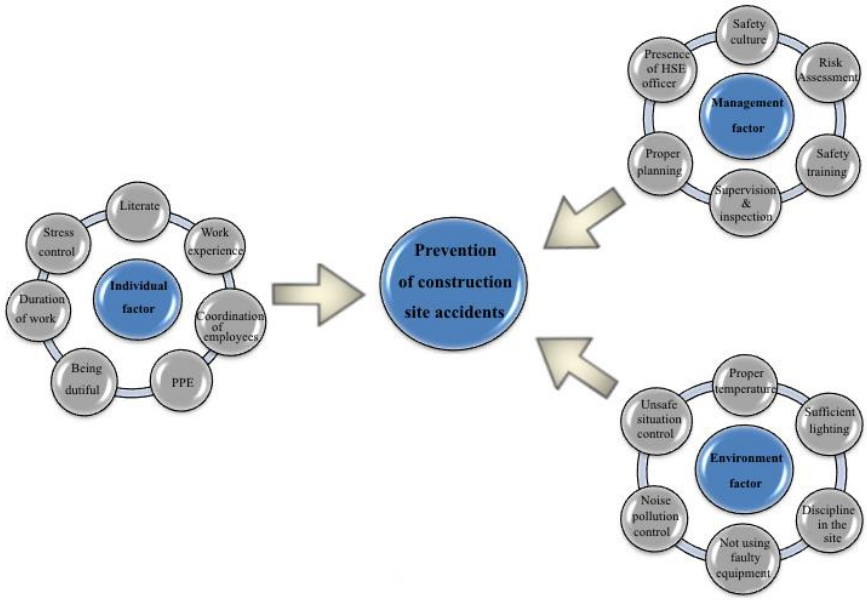


Figure 1. Conceptual model of the current research.

The statistical population of the research included supervising engineers and supervisors of construction sites with specialized work experience of more than 10 years on construction sites of Kermanshah metropolis. In addition, 72 of these engineers were randomly selected as a statistical sample based on the list obtained from the Construction Engineering System Organization of Kermanshah. The data obtained from the questionnaires were first entered into Excel software and then into SPSS software. The reliability of the questionnaire was tested using Cronbach's alpha coefficient. Structural equation model with partial least squares approach was used to analyze the data. Smart PLS software was used for this purpose. In order to determine the fit of the measurement model, Cronbach's alpha coefficient and composite reliability coefficient were used, and in order to fit the structural model of the research, t-values, R Squares or R2, and Stone-Geiser (Q2) criteria were used. In the fitting of measurement models, the relationships between latent and observed variables were examined, but in the fitting of structural models, the relationships between latent variables were examined with each other.

Results and discussion

According to the results and the t-statistic being higher than 1.96, the significance and impact of each of these factors was proven with 95% confidence. Furthermore, according to the path coefficients of each factor in Figure 2, the managerial factor with a value of 0.724 had the highest impact and the environmental factor with a value of 0.309 had the lowest impact on the prevention of accidents at construction sites. In the managerial factor, the highest coefficient of the path was the sub-factor of safety training; in the individual factor, the highest coefficient of the path was the sub-factor of using PPE (personal protection

equipment); and in the environmental factor, the sub-factor of unsafe position control obtained the highest path coefficient.

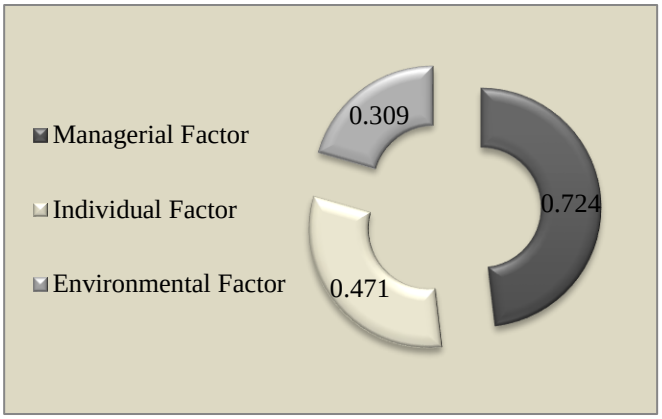


Figure 2. Path coefficient diagram of research factors.

All factors had R2 values higher than 0.33, demonstrating the capability of the model in describing the structure. Moreover, the Q2 values of all factors were greater than 0.15, indicating the medium to high predictive power of the research model. Finally, the appropriate fit of the presented model was proved.

Conclusion

The results of modelling factors affecting the prevention of accidents at construction sites showed that the role of management in preventing accidents is highly prominent. In addition, management acquires the greatest impact from the sub-factors: safety training, safety culture and the presence of the HSE responsible. In an organization where a safety culture prevails, all employees know their duty to contribute to the safety conditions of their work environment and other colleagues. A high safety culture plays a major role in reducing risks and thus preventing accidents. If the safety culture is assessed as weak in an organization, the management will surely face a major challenge in order to implement safe conditions in that organization. To deal with this challenge, the best solution is to promote safety, which requires training and motivation. The teaching of safety issues to workers at a construction site can be done by the HSE responsible and generally includes how to do the work correctly, how to use personal protective equipment and lessons learned from past accidents along with their cause analysis. The importance of these trainings is to the extent that it can replace work experience, which was identified as one of the sub-factors affecting the environmental factor of accident prevention. In a construction site with a high safety culture, conscientiousness and accuracy are at the forefront of affairs, coordination between members increases, and the use of personal protective equipment becomes an unconscious and permanent objective for workers. The high level of safety culture also leads to risk assessment at the site being carried out, unsafe conditions to be identified and preventive measures to be taken for preventing accidents.

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
پاییز ۱۴۰۲، دوره ۲۰، شماره ۳، ۶۱۶-۵۹۵
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2024.406374.2631

مقاله پژوهشی
شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

مدل‌سازی عوامل مؤثر بر پیشگیری از وقوع حوادث در کارگاه‌های ساختمانی به روش معادلات ساختاری

مصطفی صاحبی[1*]

۱- دکتری، گروه بهداشت و ایمنی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، کرمانشاه، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۲۹
بازنگری مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۰۳
پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۲۹

کلید واژگان:
حوادث
ایمنی
پیشگیری
مدل سازی
کارگاه ساختمانی
معادلات ساختاری

***نویسنده مسئول:** مصطفی صاحبی
پست الکترونیکی:
msahebi@tvu.ac.ir

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت و رشد گسترده صنعت ساخت در کشورهای در حال توسعه، روند حوادث شغلی در این بخش در سال‌های اخیر در حال افزایش بوده است. جهت به حداقل رساندن این‌گونه حوادث الزاماً باید تحقیقاتی پیرامون علت وقوع و چگونگی پیشگیری از این حوادث به عمل آید. لذا پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تعیین میزان تأثیر عوامل مؤثر بر پیشگیری از حوادث در کارگاه‌های ساختمانی انجام پذیرفت که از لحاظ ماهیت، توصیفی-تحلیلی و از لحاظ هدف، کاربردی می-باشد. جامعهٔ آماری شامل مهندسین ناظر و سرپرست کارگاه‌های ساختمانی دارای سابقه بیش از ۱۰سال کار در کارگاه‌های ساختمانی سطح شهر کرمانشاه بوده‌اند. اطلاعات اولیه با بررسی اسنادی-کتابخانه‌ای جمع‌آوری گردیده و بر اساس نظر خبرگان، عوامل مؤثر بر پیشگیری از وقوع حوادث کارگاه‌های ساختمانی در سه عامل مدیریتی (دارای ۶ زیرعامل)، فردی (دارای ۷ زیرعامل) و محیطی (دارای ۶ زیرعامل) دسته‌بندی گردیدند. ابزار اولیهٔ پژوهش، پرسش‌نامه بوده و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای SPSS و Smart PLS استفاده گردید. تحلیل مدل به روش مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد حداقل مربعات جزئی انجام گرفت. نتایج نشان داد که الگوی مفهومی پژوهش از برازش مطلوبی برخوردار است. تمامی روابط بین زیرعوامل با عوامل معنی‌دار بوده و عامل مدیریتی با ضریب مسیر ۰/۷۲۴ بیشترین تأثیر و عامل محیطی با ضریب مسیر ۰/۳۰۹کمترین تأثیر را بر پیشگیری از وقوع حوادث کارگاه‌های ساختمانی داشته‌اند.

©2023 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

صنعت ساختمان سهم عمده‌ای از صنایع را در کشورهای مختلف به خود اختصاص داده و توسعهٔ این صنعت تأثیر مستقیمی بر اقتصاد هر کشور دارد و در نتیجه نقش مهمی در رشد آن ایفا می‌کند [۱]. نرخ حوادث، سوانح و مرگ و میر در این بخش از صنعت در مقایسه با سایر صنایع فعال با اختلاف چشمگیر و قابل تأمل بیشتر گزارش شده است، در نتیجه، ایمنی از اهداف اصلی پروژه‌های ساختمانی است که می‌بایست در کنار اهداف پروژه مورد توجه قرار گیرد [۲].

هر کشوری جهت توسعه و پیشرفت، به حفظ سرمایهٔ انسانی خود از طریق پیشگیری از حوادث نیاز دارد [۳]. به طور کلی حوادث ناشی از کار، سومین عامل مرگ و میر در جهان بوده و در ایران دومین عامل بعد از تصادفات رانندگی شناخته می‌شود [۴]. با توجه به رشد گسترده صنعت ساخت در کشورهای در حال توسعه، روند حوادث شغلی در این بخش در سال‌های اخیر در حال افزایش است [۵]. همچنین این صنعت به دلیل طبیعت منحصر به فرد، پویا و موقت آن یکی از خطرناکترین صنایع می‌باشد [۶] که همواره از لحاظ عملکرد ایمنی دارای نقص بوده است. مطالعات انجام شده نشان داده است که ایمنی در بخش ساخت نسبت به دیگر حوزه‌های صنعتی ضعیف بوده و رویدادهای مختلفی از حوادث جزئی تا حوادث مرگبار زیادی در این بخش به وقوع می‌پیوندد [۷]. آسیب‌های شغلی و مرگ و میرهای ناشی از کار در صنعت ساخت، علاوه بر این‌که سبب از بین رفتن جان انسان‌ها و صدمه به زندگی آنها می‌گردد همچنین باعث بروز تأخیر در پیشرفت پروژه و به بار آوردن خسارات مالی برای کارفرمایان و کارگران آنها می‌شود [۸].

با توجه به این‌که مدیریت ایمنی یک موضوع کلیدی در صنعت ساخت می‌باشد و از آنجایی که بیشتر حوادث ساختمانی قابل پیشگیری هستند، پیشگیری از حوادث یکی از اهداف اصلی مدیریت ایمنی در پروژه‌های ساختمانی به شمار می‌آید. بر این اساس شناخت علل حوادث و اولویت‌بندی آنها موجب تدوین استراتژی‌های بهتری به منظور پیشگیری از آنها می‌گردد [۹]. در این میان، ریسک جزء ذاتی تمامی پروژه‌ها است و امکان حذف کامل آن وجود ندارد. ریسک را می‌توان پتانسیلی در نظر گرفت که می‌تواند مشکلاتی را برای اجرای پروژه ایجاد و دستیابی به اهداف آن را مختل نماید [۱۰]. شناخت و تجزیه و تحلیل ریسک‌های ایمنی در کارگاه‌های بزرگ ساختمانی، گامی اصلی و کلیدی برای دستیابی به سطح ایمنی مناسب بوده و پایه و اساس مدیریت ایمنی در ساخت را تشکیل می‌دهد [۱۱] که جهت پیشگیری از حوادث دارای اهمیت بسیار می‌باشد. اما نکته مهم اینجاست که وقوع حوادث تحت تأثیر عواملی از جمله مدیریتی، فردی و محیطی می‌باشند، که بسیاری از عوامل و زیرعوامل به صورت علت و معلول بر یکدیگر تأثیر گذاشته تا منجر به حادثه‌ای گردند.

گاهی اوقات حادثه‌ای که رخ داده، در نگاه اول ممکن است زمینهٔ قبلی نداشته و کاملاً تصادفی اتفاق افتاده باشد اما بعد از بررسی و تحقیق مشخص می‌گردد وقوع آن در اثر تصمیمی اشتباه از جانب مدیریت یا سهل انگاری کارگران اتفاق افتاده است. شناسایی علل وقوع حوادث و برآورد میزان تأثیر هر یک از عوامل در رخداد حوادث امری بسیار مهم در تصمیم‌گیری مدیریت جهت برنامه‌ریزی اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه می‌باشد. از آنجایی که به دست آوردن اطلاعات جامعی برای تجزیه و تحلیل کامل ارتباطات بین علت و معلول حوادث در پروژه‌های ساخت مشکل است، بنابراین استفاده از رویکردی کمی به طور مستقیم برای ارزیابی خطرهای پروژه دشوار است. به همین دلیل بسیاری از محققان از یک رویکرد کیفی و نیمه کمی برای ارزیابی خطر در پروژه‌های ساختمانی استفاده می‌کنند [۱۲].

با توجه به این‌که نزدیک به نیمی از حوادث شغلی در ایران در کارگاه‌های ساختمانی اتفاق می‌افتد، بنابراین مدل‌سازی حوادث شغلی در این کارگاه‌ها یکی از راهکارهای طراحی استراتژی‌های ایمنی برای کاهش حوادث شغلی در حوزه ساخت می‌باشد [۱۳]. استفاده از رویکرد مدل‌سازی نرم افزاری که بتواند علاوه بر درک و شناسایی علل و عوامل مختلف حادثه، ارتباط بین متغیرها و همچنین عوامل دخیل در فرآیند عِلی حوادث را شناسایی و تحلیل نموده و تحلیلی بر فرایند حوادث شغلی انجام دهد، می‌تواند کاربردی و سودمند باشد [۱۴]. از این رو تاکنون مطالعاتی در زمینه حوادث

کارگاه‌های ساختمانی با روش‌های گوناگون انجام گردیده است که معمولاً این تحقیقات با رویکرد حادثه‌ای خاص و یا فاکتورهای مؤثر در بروز حادثه انجام گرفته است. در ادامه اهداف و نتایج تعدادی از این مطالعات آورده شده است.

پیشینهٔ تحقیق

سلِک و همکاران[1] در سال ۲۰۲۳ [۱۵] پژوهشی با هدف طراحی، توسعه و اعتبار بخشیدن به یک برنامه پیشگیری از تلفات در کارگاه‌های ساختمانی را در کشور استرالیا به انجام رساندند. نام این برنامه، پیشگیری از حوادث بزرگ (MAP)[2] بوده که با استفاده از اصول CCRM[3] و تحقیق ترکیبی انجام گردید. برنامهٔ MAP یک رویکرد عملی برای مدیریت ریسک ارائه کرد که به طور قابل توجهی شیوه‌های مدیریت ریسک عملیات کارگاهی را افزایش داد. در نهایت یافته‌های این مطالعه به شرکت‌های ساختمانی، در توسعه و اجرای برنامه‌های پیشگیری از خطرات مرگبار کمک می‌نماید.

رافیندادی و همکاران[4] در سال ۲۰۲۳ [۱۶] مطالعه‌ای را با تمرکز بر علل حوادث ساختمانی مرگبار بر اساس عوامل مدیریتی، شرایط ناایمن کارگاه و رفتار ناایمن کارگران در مالزی انجام دادند که با استفاده از الگوریتم پیش‌بینی، وابستگی را بین زیرعواملی که باعث بروز حوادث مرگبار در صنعت ساختمان می‌شوند، تعیین نمودند.

سلطان‌زاده و محمدفام[5] در سال ۲۰۲۲ [۱۳] پژوهشی را به انجام رساندند که هدف از انجام پژوهش، مدل‌سازی علت-پیامد حوادث در کارگاه‌های ساختمانی بود. یافته‌های مطالعه بیانگر این بود که بیشترین ضریب تأثیر بر شاخص‌های حوادث مربوط به فاکتورهای آموزش ایمنی، ارزیابی ریسک و اعمال ناایمن است.

آسگارد و یورگنسن[6] در سال ۲۰۱۹ [۱۷] تحقیق خود را با دو سؤال اساسی آغاز نمودند؛ ۱) آیا می‌توان برقراری ایمنی و بهداشت در ساخت را در مراحل اولیه مدیریت پروژه بهبود بخشید؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، سؤال دوم مطرح می‌گردد ۲) چالش‌های اصلی ایمنی و بهداشت در مراحل اولیه پروژه چیست؟ محققین با انجام تحقیق و مصاحبه با نمایندگان ایمنی منطقه‌ای در نروژ در نهایت به این نتیجه رسیدند که ریشهٔ حوادث اغلب می‌تواند در مراحل اولیه پروژه یافت شود. سه چالش اصلی ایمنی و بهداشت که در مراحل اولیهٔ پروژه باید مورد توجه قرار گیرند شامل: عدم صلاحیت، عدم اولویت بندی، عدم نتیجه می‌باشند.

در مطالعه‌ای که عادلی‌زاده و همکاران[7] در سال ۲۰۱۸ [۱۸] با هدف شناسایی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر بروز حوادث ساختمانی به انجام رساندند به وضوح بیان نمودند که با استفاده از تجهیزات ایمنی در ارتفاع کار، استفاده از حفاظ در لبه‌ها برای جلوگیری از سقوط و در نظر گرفتن تدابیر ایمنی بیشتر، رویکرد عملی برای افزایش ایمنی و در نهایت آموزش ایمنی جهت جلوگیری از بروز حوادث در کارگاه ساختمانی به راحتی قابل حصول است.

در تحقیق دیگری که توسط محمدی و همکاران[8] در سال ۲۰۱۸ [۶] انجام گردید، عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی در پروژه‌های ساختمانی را در ۱۳ فاکتور اصلی؛ انگیزش، قوانین ایمنی، سرمایه‌گذاری‌های ایمنی، بهره‌وری و جنبه‌های مالی، منابع و تجهیزات، فشار کاری، صلاحیت ایمنی بهداشت، شرایط کاری، فرهنگ ایمنی، عبرت‌گیری از حوادث، عوامل سازمانی، برنامه‌های ایمنی و سیستم‌های مدیریت معرفی نمودند.

---

[1] Selleck et al
[2] Major Accident Prevention
[3] Critical Control Risk Management
[4] Rafindadi et al
[5] Soltanzadeh & Mohammadfam
[6] Asgard & Jorgensen
[7] Adelizadeh et al
[8] Mohammadi et al

با این تفاسیر تحقیق حاضر با هدف شناسایی و تعیین میزان تأثیر عوامل مؤثر بر پیشگیری از وقوع حوادث در کارگاه‌های ساختمانی انجام گردیده است، که با توجه به اهمیت حفظ جان کارگران و پیشگیری از صدمات جانی و مالی و عدم تأخیر در انجام پروژه و همچنین عدم انجام تحقیقی با این وسعت و روش، نوین بودن تحقیق محرز می‌گردد. در تحقیق حاضر با نظرسنجی از مجریان پروژه، سرپرستان کارگاه و مهندسین ناظر در کارگاه‌های ساختمانی سعی گردید عواملی که بیشترین تأثیرگذاری را بر پیشگیری از وقوع حوادث در کارگاه‌های ساختمانی دارند شناسایی نموده و در نهایت با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های آماری و بهره‌گیری از مدل‌سازی معادلات ساختاری میزان تأثیر هر عامل مشخص گردید.

روش‌شناسی

این پژوهش از لحاظ ماهیت، توصیفی- تحلیلی، از لحاظ هدف، کاربردی، از لحاظ داده‌ها، کمی و از لحاظ نتیجه، تصمیم‌گرا می‌باشد. در اجرای تحقیق ابتدا عوامل و زیرعوامل با استفاده از مطالعات اسنادی کتابخانه‌ای و بررسی پیشینهٔ تحقیق، استخراج گردیده و با نظرسنجی از خبرگان با اصل اشباع نظری، گویه‌ها که همان سؤالات پرسش‌نامه می‌باشند نهایی گردیدند. منظور از اشباع نظری، ادامه دادن نمونه‌گیری تا زمانی که نظریه و دیدگاه جدیدتری توسط گروه مطرح نگردد، می‌باشد [۱۹]. جهت سنجش روایی پرسش‌نامه از روایی صوری[1] و محتوایی[2] بهره گرفته شد. جهت روایی صوری (ظاهری) و محتوایی پرسش‌نامه از نظرات ۱۲ نفر از خبرگان حوزهٔ عمران، ایمنی صنعتی و HSE[3]، که دارای بیش از ۲۰ سال سابقه اجرایی در پروژه‌های ساختمانی را داشته‌اند و یا عضو هیأت علمی دانشگاه با سوابق پژوهشی مرتبط با کارگاه‌های ساختمانی بوده‌اند، بهره گرفته شد و پیشنهادهای اصولی اعمال گردید. در روایی صوری، پرسش‌نامه از لحاظ ویرایشی و ظاهری بررسی می‌گردد و در روایی محتوا، سؤالات از لحاظ مربوط و واضح بودن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت تعداد سه عامل مدیریتی، محیطی و فردی، تعداد ۱۹ زیر عامل و ۳۹ گویه به عنوان سؤالات پرسش‌نامه تدوین گردید. در جدول ۱ چارچوب عوامل سه‌گانه پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی آورده شده، همچنین مدل مفهومی تحقیق حاضر در شکل ۱ آمده است.

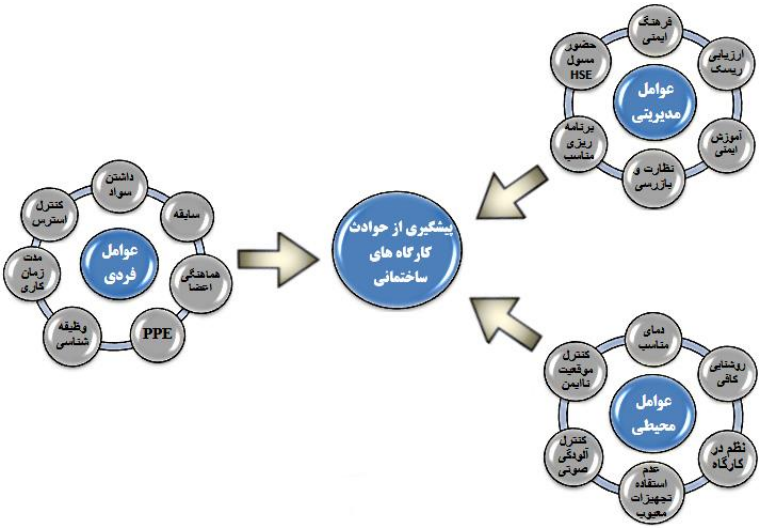
جدول ۱. چارچوب عوامل سه‌گانه پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی.

عامل	چارچوب
مدیریتی	کنترل و جهت‌دهی به فرایند انجام کار به‌صورت ایمن در کارگاه
فردی	جنبه‌های انسانی مربوط به رعایت ایمنی در انجام فعالیت‌های کارگاه
محیطی	فاکتورهای تأثیرگذار محیط بر شرایط ایمنی درکارگاه

فرضیه‌های تعریف شده جهت پژوهش حاضر شامل موارد زیر می‌باشند:

۱- زیرعوامل شش‌گانه عامل مدیریتی بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی تأثیرگذار هستند.
۲- زیرعوامل هفت‌گانه عامل فردی بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی تأثیرگذار هستند.
۳- زیرعوامل شش‌گانه عامل محیطی بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی تأثیرگذار هستند.

[1] Faced Validity
[2] Content Validity
[3] Health, Safety & Environment



شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق حاضر.

جامعهٔ آماری تحقیق شامل مهندسین ناظر، سرپرست کارگاه‌های ساختمانی و مهندسین ایمنی (HSE) دارای سابقه بیش از ۱۰ سال کار تخصصی در کارگاه‌های ساختمانی سطح کلان‌شهر کرمانشاه بوده است. همچنین نمونهٔ آماری شامل ۷۲ نفر از این مهندسین بوده که نمونه‌گیری به صورت تصادفی بر اساس لیست اخذ شده از سازمان نظام مهندسی ساختمان کرمانشاه انجام گردید. در پژوهش‌هایی از نوع همبستگی، حداقل حجم نمونه ۵۰ نفر برای بیان چگونگی رابطه، ضرورت دارد [۲۰]. سپس با استفاده از پرسش‌نامه اطلاعات مورد نیاز از نمونهٔ آماری گردآوری گردید. پرسش‌نامه از دو بخش تشکیل شده که بخش اول شامل مشخصات عمومی پاسخ دهندگان: سن، سابقهٔ کار، سمت، تحصیلات بوده و به توصیف اطلاعات جمعیت شناختی پرداخته شده است و بخش دوم شامل پرسش‌های میزان تأثیر زیرعوامل بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی بوده است. ضمناً پرسش‌نامه از نوع پاسخ بسته بوده و بر اساس طیف پنج گزینه‌ای لیکرت انجام پذیرفت. طیف لیکرت یکی از رایج‌ترین مقیاس‌های اندازه‌گیری نگرش است که مقیاس درجه‌بندی شدهٔ آن معمولاً از یک تا پنج است [۲۱]. در امتیازدهی به گویه‌ها به این‌گونه اقدام گردید؛ خیلی کم:۱، کم:۲، متوسط:۳، زیاد:۴، خیلی‌زیاد:۵ [۲۲]. در ادامه، داده‌های به دست آمده از پرسش‌نامه‌های جمع‌آوری شده ابتدا وارد نرم افزار Excel و سپس وارد نرم افزار SPSS گردید. پایایی پرسش‌نامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ در نرم افزار SPSS مورد آزمون قرار گرفت. در این روش، براساس همبستگی درونی سؤالات پرسش‌نامه، مقدار آلفا استخراج می‌شود. چنانچه این مقدار بیشتر از ۰/۷ باشد، می‌توان گفت ابزار دارای پایائی بالایی است. به عبارتی،گویه‌های یک مقیاس یا شاخص از هم‌سازی بالایی جهت سنجش آن برخوردارند و برعکس، مقدار کم آلفا دلالت بر پایائی پائین ابزار دارد [۲۳].

در تحقیق حاضر جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل معادلات ساختاری با رویکرد روش حداقل مربعات جزئی (PLS)[1] برای بررسی روابط بین عوامل و زیرعوامل مؤثر بر پیشگیری از وقوع حوادث کارگاه‌های ساختمانی استفاده گردید. مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)[2] بر دو نوع می‌باشد: نسل اول، مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر کواریانس و نسل دوم، مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی، که محققان رویکرد حداقل مربعات

[1] Partial Least Squares
[2] Structural Equation Modeling

جزئی (نسل دوم) را برای غلبه بر محدودیت‌های رویکرد کواریانس (نسل اول) ارائه نمودند [۲۴]. با توجه به این‌که در تحقیق حاضر، متغیرهای سطح دوم به کار گرفته شده‌اند نرم افزار PLS نسبت به نرم افزارهای دیگر معادلات ساختاری ارجحیت دارد، زیرا نرم‌افزارهای دیگر قادر به محاسبهٔ متغیرهای پنهان سطح دوم نیستند. جهت تأیید روایی ابزار اندازه-گیری از روایی محتوا و روایی همگرا بهره گرفته شد، که روایی محتوا با نظرسنجی از خبرگان مورد تأیید قرار گرفت. روایی همگرا نیز بر این اصل استوار است که شاخص‌های هر سازه با یکدیگر همبستگی میانه‌ای داشته باشند و طبق گفته فورنر و لارکر معیار روایی همگرا بودن این است که میانگین واریانس‌های خروجی بیشتر از ۰/۵ باشد [۲۵]. جهت تعیین پایایی ابزار اندازه‌گیری از ضریب آلفای کرونباخ و ضریب پایایی مرکب استفاده گردید. بر اساس بیان فورنر و لارکر (۱۹۸۱) پایایی مرکب بر خلاف آلفای کرونباخ که به‌طور ضمنی فرض می‌کند هر شاخص وزن یکسانی دارد، متکی بر بارهای عاملی حقیقی هر سازه است، بر این اساس معیار بهتری را برای پایایی ارایه می‌کند، در پایایی مرکب مقادیر بالاتر از ۰/۷ برای هر سازه نشانگر ثبات درونی سازه است [۲۶].

پس از برازش مدل‌های اندازه‌گیری، به برازش مدل ساختاری تحقیق پرداخته گردید. در تحقیق حاضر معیارهای ضرایب معناداری t-values، معیار R Squares یا R^2، معیار استون- گیزر[1] (Q^2)، برای برازش مدل ساختاری بررسی گردید. در برازش مدل‌های اندازه‌گیری، روابط بین متغیرهای مکنون و آشکار بررسی می‌گردد اما در برازش مدل ساختاری، روابط بین متغیرهای مکنون با همدیگر بررسی می‌گردد [۲۷]. از مزایای دیگر استفاده از PLS به عنوان یک نرم افزار واریانس محور نسبت به نرم‌افزارهای AMOS و LISREL به عنوان نرم افزارهای کواریانس محور، عبارتند از عدم حساسیت به حجم نمونه کم، عدم حساسیت به عدم نرمال بودن توزیع داده‌ها، استفاده از مدل‌های اندازه‌گیری ترکیبی، توانایی استفاده از مدل اندازه‌گیری تنها با یک سؤال، توانایی ریشه‌یابی متغیرهای تعدیل‌گر به معنای واقعی ساختاری، اجرای مدلی که محقق خود آن مدل را ساخته است و مدل‌های پیچیده [۲۸]، بر این اساس در پژوهش حاضر از نرم‌افزار Smart PLS استفاده گردید.

نتایج

توصیف آماری جمعیت نمونه

ابتدا با استفاده از داده‌های پرسش‌نامه به توصیف آماری ویژگی‌های جمعیت شناختی پرداخته و متغیرهای سطح تحصیلات، سن، سمت و سابقهٔ کار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و در جدول ۱ فراوانی و درصد متغیرها مشخص گردیده است. با توجه به جدول ۱ بیشترین سطح تحصیلات پاسخ دهندگان، کارشناسی ارشد با ۵۱/۴ درصد و بیشترین سمت شغلی مربوط به مهندسین ناظر با ۵۹/۷ درصد و سن اکثر پاسخ دهندگان بین ۳۰ تا ۴۰ سال با ۵۷ درصد و سابقه کار اکثر پاسخ دهندگان بین ۱۰ تا ۲۰ سال با ۷۱ درصد از جمعیت نمونه بوده است.

جدول ۱. اطلاعات جمعیت شناختی نمونه.

متغیر	طبقه	فراوانی	درصد	متغیر	طبقه	فراوانی	درصد
سطح تحصیلات	کارشناسی	۳۱	۴۳	سن	۳۰ تا ۴۰	۴۱	۵۷
	کارشناسی ارشد	۳۷	۵۱/۴		۴۰ تا ۵۰	۲۴	۳۳/۳
	دکتری	۴	۵/۶		بالاتر از ۵۰	۷	۹/۷
سمت	سرپرست کارگاه	۲۹	۴۰/۳	سابقه کار	۱۰ تا ۲۰	۵۱	۷۱
	مهندس ناظر	۴۳	۵۹/۷		بالاتر از ۲۰	۲۱	۲۹

[1] Stone-Geisser Criterion

پایایی پرسش‌نامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ مورد آزمون قرار گرفت که مقدار آلفا با توجه به جدول ۲ برای تمامی عوامل پژوهش (مدیریتی، فردی و محیطی) بالاتر از ۰/۷ بوده که نشان دهنده پایایی مناسب پرسش‌نامه است.

جدول ۲. پایایی پرسش‌نامه.

متغیرها	ضریب آلفای کرونباخ
عامل مدیریتی	۰/۸۳۰
عامل فردی	۰/۸۰۸
عامل محیطی	۰/۷۵۱

برازش مدل اندازه‌گیری

برازش مدل‌های اندازه‌گیری شامل بررسی روایی همگرا، پایایی مرکب و آلفای کرونباخ می‌باشد. با توجه به جدول ۳ روایی همگرا که بر اساس میانگین واریانس استخراج شده (AVE)[1] به دست می‌آید، در تمام شاخص‌ها بیشتر از ۰/۵ بوده است. همچنین مقدار ضرایب آلفای کرونباخ و پایایی مرکب بیشتر از مقدار ۰/۷ بوده است. بعد از به دست آوردن مقادیر میانگین واریانس استخراج شده که نشان از روایی همگرا می‌باشد و ضرایب آلفای کرونباخ و پایایی مرکب از طریق خروجی نرم افزار و با توجه به این‌که مقدار هر یک از معیارهای مذکور برای هر کدام از متغیرهای مکنون بیشتر از حد بحرانی به دست آمد، بنابراین می‌توان وضعیت پایایی و روایی همگرای مدل پژوهش را تأیید نمود.

جدول ۳. روایی همگرا و پایایی ابزار اندازه‌گیری.

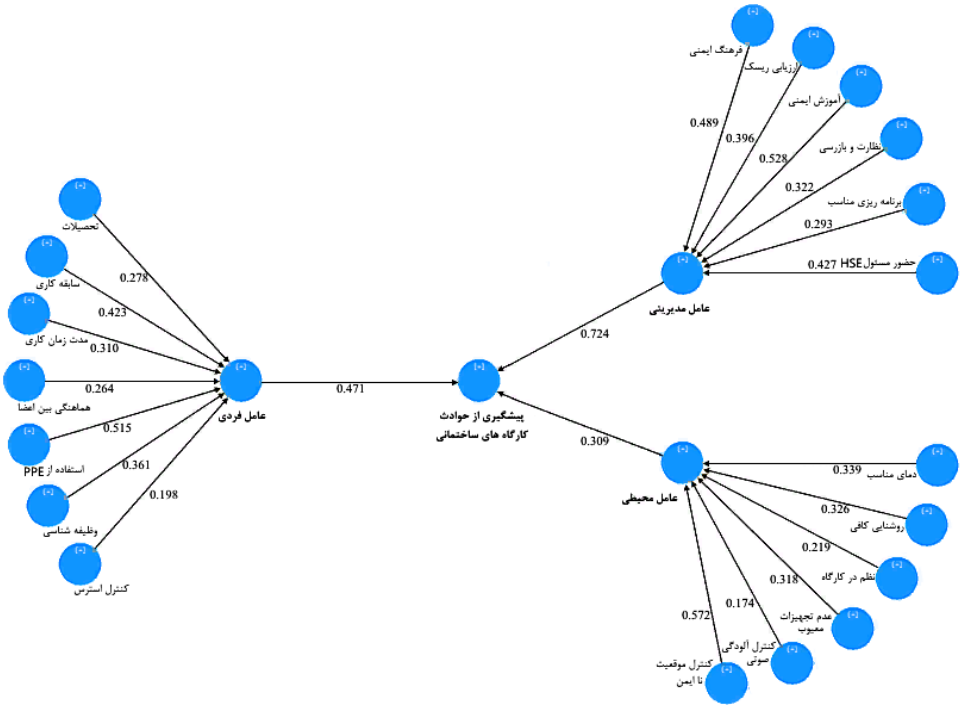
عامل	ردیف	زیرعامل	ضریب آلفای کرونباخ	پایی مرکب (CR)	میانگین واریانس (AVE)
مدیریتی	۱	فرهنگ ایمنی	۰/۸۰۳	۰/۸۲۸	۰/۷۲۳
	۲	ارزیابی ریسک	۰/۷۸۸	۰/۸۰۷	۰/۶۹۰
	۳	آموزش ایمنی	۰/۸۲۱	۰/۸۵۵	۰/۷۸۱
	۴	نظارت و بازرسی	۰/۷۸۴	۰/۷۸۲	/۶۳۵
	۵	برنامه ریزی مناسب	۰/۷۱۶	۰/۷۴۷	۰/۵۴۲
	۶	حضور مسئول HSE	۰/۷۸۹	۰/۷۹	۰/۶۷۱
فردی	۱	تحصیلات (با سواد بودن)	۰/۷۹۹	۰/۸۳۶	۰/۷۰۷
	۲	سابقه‌کاری (تجربه)	۰/۷۴۱	۰/۷۲۷	۰/۵۹۳
	۳	مدت زمان کاری	۰/۷۵۳	۰/۷۱۷	۰/۵۱۹
	۴	هماهنگی بین اعضا	۰/۷۶۵	۰/۷۸۲	۰/۶۰۶
	۵	استفاده از PPE	۰/۸۲۸	۰/۸۱۸	۰/۷۱۱
	۶	وظیفه شناسی و دقت	۰/۷۶۶	۰/۷۴۴	۰/۶۱۸
	۷	کنترل استرس شغلی	۰/۷۲۰	۰/۷۳۶	۰/۵۷۴
محیطی	۱	دمای مناسب	۰/۷۱۵	۰/۷۱۶	۰/۵۷۸
	۲	روشنایی کافی	۰/۷۹۱	۰/۸۳۵	۰/۷۲۰
	۳	نظم در کارگاه	۰/۷۴۶	۰/۷۳۷	۰/۵۹۵
	۴	عدم کار تجهیزات معیوب	۰/۷۲۸	۰/۷۱۴	۰/۵۱۲

[1] Average Variance Extracted

عامل	ردیف	زیرعامل	ضریب آلفای کرونباخ	پایی مرکب (CR)	میانگین واریانس (AVE)
	۵	کنترل آلودگی صوتی	۰/۷۵۸	۰/۷۷۱	۰/۵۴۱
	۶	کنترل موقعیت ناایمن	۰/۸۰۲	۰/۷۹۱	۰/۶۸۰

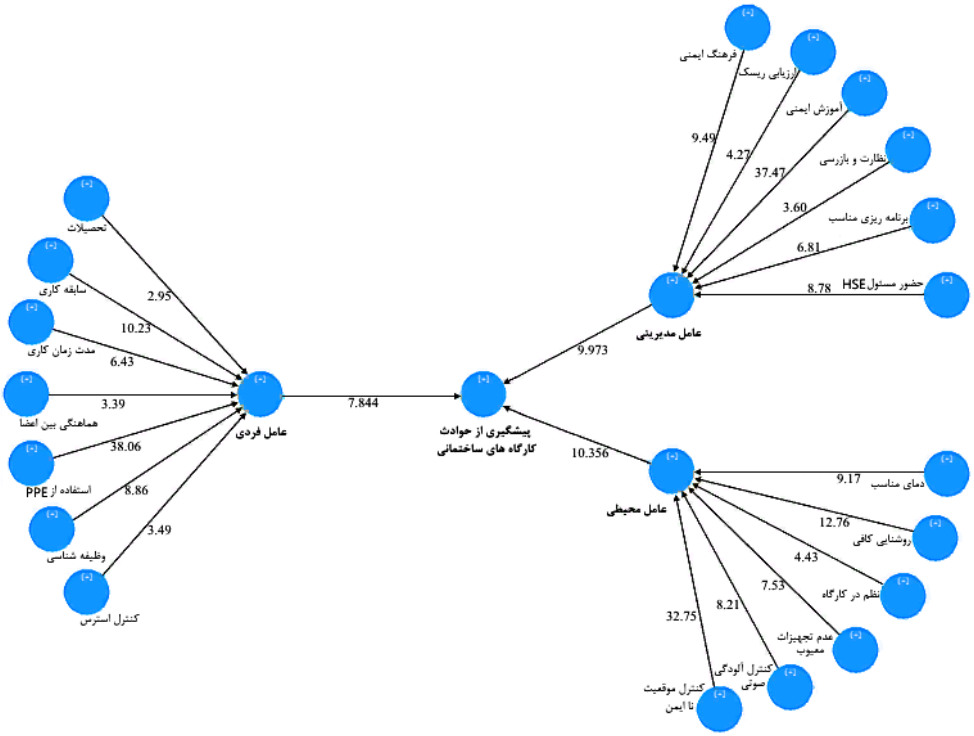
سنجش ضرایب مسیر و معنادار بودن روابط متغیرها در مدل ساختاری

در ادامه پژوهش دو مدل به روش حداقل مربعات جزیی به کمک نرم‌افزار PLS مورد آزمون قرار گرفت. آزمون مدل اول جهت بررسی معنی‌دار بودن روابط و آزمون مدل دوم جهت سنجش شدت روابط مدل پژوهش انجام گردید. شکل-های ۲ و ۳ به ترتیب نتایج حاصل از آزمون مدل‌های پژوهش در حالت نمایش ضرایب مسیر و نمایش مقدار آماره t را نشان می‌دهد. در آزمون فرضیات پژوهش ملاک رد یا قبول یک فرضیه مقدار آماره t بوده است که چنانچه قدرمطلق این آمار بیشتر از ۱/۹۶ به دست آید حاکی از معنی‌دار بودن رابطه بین متغیرها دارد [۲۹]. در شکل ۲، مدل پژوهش در حالت نمایش ضرایب مسیر به منظور تأثیر عوامل و زیرعوامل بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی نمایش داده شده است.



شکل ۲. مدل پژوهش در حالت نمایش ضرایب مسیر.

همچنین در شکل ۳، مدل پژوهش در حالت نمایش ضرایب معنی‌داری t به منظور ارزیابی بخش ساختاری نمایش داده شده است.



شکل ۳. مدل پژوهش در حالت نمایش مقدار آماره t.

بررسی نتایج آزمون مدل ساختاری

نتایج آزمون t و ضرایب ساختاری مدل مربوط به زیرعوامل مدیریتی، فردی و محیطی به ترتیب در جدول ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. این جداول میزان معناداری تأثیر و ضریب مسیر هر یک از زیرعوامل بر عوامل، همچنین نتیجه پذیرش را نشان می‌دهد. مقدار آمارهt بالاتر از ۱/۹۶ برای تمامی زیرعوامل، در نمونه مورد مطالعه اثبات گردید.

جدول ۴. نتایج آزمون مدل ساختاری عامل مدیریتی.

عامل	ردیف	زیرعامل	ضریب مسیر	t-value	نتیجه فرضیه
مدیریتی	۱	فرهنگ ایمنی	۰/۴۸۹	۹/۴۹	تأیید
	۲	ارزیابی ریسک	۰/۳۹۶	۴/۲۷	تأیید
	۳	آموزش ایمنی	۰/۵۲۸	۳۷/۴۷	تأیید
	۴	نظارت و بازرسی	۰/۳۲۲	۳/۶۰	تأیید
	۵	برنامه ریزی مناسب	۰/۲۹۳	۶/۸۱	تأیید
	۶	حضور مسئول HSE	۰/۴۲۷	۸/۷۸	تأیید

با توجه به جدول ۴ که نتایج آزمون مدل ساختاری زیرعوامل مربوط به عامل مدیریتی را نشان می‌دهد، بیشترین ضریب مسیر را آموزش‌های ایمنی با ۰/۵۲۸ کسب نموده که حاکی از رابطهٔ قویتر بین این زیرعامل با عامل مدیریتی در نمونهٔ مورد مطالعه می‌باشد. همچنین زیرعوامل فرهنگ ایمنی با ۰/۴۸۹ و حضور مسئول HSE با ۰/۴۲۷ در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول ۵. نتایج آزمون مدل ساختاری عامل فردی.

عامل	ردیف	زیرعامل	ضریب مسیر	t-value	نتیجه فرضیه
فردی	۱	تحصیلات (با سواد بودن)	۰/۲۷۸	۲/۹۵	تأیید
	۲	سابقه‌کاری (تجربه)	۰/۴۲۳	۱۰/۲۳	تأیید
	۳	مدت زمان کاری	۰/۳۱۰	۶/۴۳	تأیید
	۴	هماهنگی بین اعضا	۰/۲۶۴	۳/۳۹	تأیید
	۵	استفاده از PPE	۰/۵۱۵	۳۸/۰۶	تأیید
	۶	وظیفه شناسی و دقت	۰/۳۶۱	۸/۸۶	تأیید
	۷	کنترل استرس شغلی	۰/۱۹۸	۳/۴۹	تأیید

نتایج آزمون مدل ساختاری زیرعوامل مربوط به عامل فردی در جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین ضریب مسیر را به ترتیب؛ استفاده از PPE[1] (تجهیزات حفاظت فردی) با ۰/۵۱۵، سابقه‌کاری با ۰/۴۲۳ و زیرعامل وظیفه شناسی و دقت با ۰/۳۶۱ کسب نموده‌اند.

جدول ۶. نتایج آزمون مدل ساختاری عامل محیطی.

عامل	ردیف	زیرعامل	ضریب مسیر	t-value	نتیجه فرضیه
محیطی	۱	دمای مناسب	۰/۳۳۹	۹/۱۷	تأیید
	۲	روشنایی کافی	۰/۳۲۶	۱۲/۷۶	تأیید
	۳	نظم در کارگاه	۰/۲۱۹	۴/۴۳	تأیید
	۴	عدم کار تجهیزات معیوب	۰/۳۱۸	۷/۵۳	تأیید
	۵	کنترل آلودگی صوتی	۰/۱۷۴	۸/۲۱	تأیید
	۶	کنترل موقعیت ناایمن	۰/۵۷۲	۳۲/۷۵	تأیید

با توجه به نتایج جدول ۶ که نتایج آزمون مدل ساختاری زیرعوامل مربوط به عامل محیطی را نشان می‌دهد، بیشترین ضریب مسیر، زیرعامل کنترل موقعیت ناایمن با ۰/۵۷۲شناخته شده که نشان از بالاترین تأثیر بر عامل محیطی می‌باشد، سپس زیرعامل دمای مناسب با ۰/۳۳۹ و زیرعامل روشنایی کافی با ۰/۳۲۶ در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند.

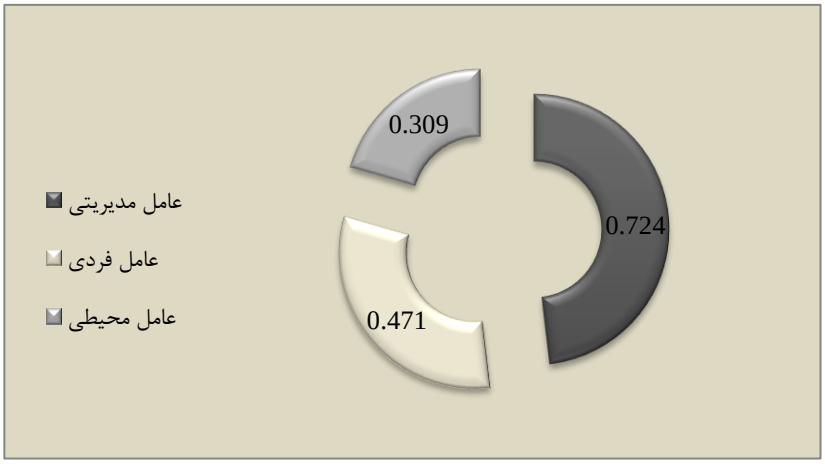
در ادامه در جدول ۷ و شکل ۴ نتایج تأثیر هریک از عوامل پژوهش (مدیریتی، فردی و محیطی) بر پیشگیری از حوادث در کارگاه‌های ساختمانی نشان داده شده است. با توجه به نتایج جدول و بالاتر بودن آماره t (هر یک از عوامل تأثیرگذار بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی) از مقدار ۱/۹۶، معنی‌دار بودن و تأثیر هر یک از این عوامل با ۹۵ درصد اطمینان اثبات گردید.

[1] Personal Protective Equipment

جدول ۷. نتایج آزمون مدل ساختاری عوامل سه‌گانه.

عامل	ضریب مسیر	آماره t	نتیجه فرضیه
مدیریتی	۰/۷۲۴	۹/۹۷۳	تأیید
فردی	۰/۴۷۱	۷/۸۴۴	تأیید
محیطی	۰/۳۰۹	۱۰/۳۵۶	تأیید

همچنین با توجه به ضرایب مسیر هر یک از عوامل، عامل مدیریتی با مقدار ۰/۷۲۴ بالاترین تأثیر، سپس عامل فردی با ۰/۴۷۱ و در نهایت عامل محیطی با ۰/۳۰۹کمترین تأثیر را بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی داشته‌اند.

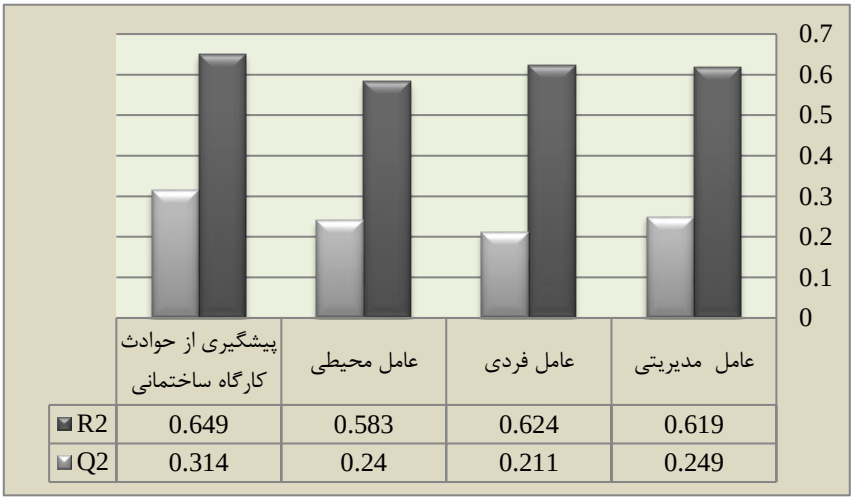


شکل ۴. نمودار ضریب مسیر (تأثیر) هر یک از عوامل پژوهش.

برازش مدل ساختاری

در تحقیق حاضر جهت اندازه‌گیری برازش مدل ساختاری از دو شاخص Q^2 [۱] و R^2 [۲] استفاده گردید. معیار ضروری برای سنجش الگوی ساختاری، ضریب تعیین R^2 متغیرهای مکنون وابسته است که سه مقدار ۰/۱۹ و ۰/۳۳ و ۰/۶۷ به ترتیب به عنوان ملاک ضعیف، متوسط و قوی R^2 در نظر گرفته می‌شوند، همچنین شاخص Q^2 قدرت پیش‌بینی مدل در سازه‌های درون‌زا را مشخص می‌کند و سه مقدار ۰/۰۲ و ۰/۱۵ و ۰/۳۵ به عنوان قدرت پیش‌بینی کم، متوسط و قوی برای Q^2 تعیین گردیده است [۳۰]. شکل ۵ برازش مدل ساختاری را با دو شاخص Q^2و R^2 نشان می‌دهد.

[1] Stone-Geisser Criterion
[2] R Squares



شکل ۵. نتایج برازش مدل ساختاری.

همان‌طورکه در نمودار (شکل ۵) دیده می‌شود، تمامی عوامل دارای مقادیر R^2 بالاتر از ۰/۳۳ می باشند که نشان‌دهنده توانایی مدل در توصیف سازه است. همچنین مقادیر Q^2 تمامی عوامل بیشتر از ۰/۱۵ بوده و این نشان دهنده قدرت پیش‌بینی متوسط به بالای مدل پژوهش می‌باشد. در نهایت برازش مناسب مدل ارائه شده اثبات گردید.

بحث

پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تعیین میزان تأثیر عوامل مؤثر بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که الگوی مفهومی پژوهش از برازش مطلوبی برخوردار است و تمامی روابط بین زیرعوامل با عوامل معنی‌دار بوده است. با توجه به این‌که، حادثه یک واقعه گسسته می‌باشد ولی عملکرد ایمنی یک فرایند پیوسته و مداوم است [۳۱] پس بهتر است جهت پیشگیری از حوادث، هم‌زمان با نگاهی به شاخص‌های گذشته نگر از شاخص‌های پیش رو نیز استفاده گردد. صبوری و همکاران [۳۲] با مطالعه بر روی ۵۴ مقاله (Science Direct) حوزهٔ عملکرد ایمنی و ساخت دریافتند که در بسیاری از تحقیقات (۴۸ مقاله) از شاخص‌های گذشته‌نگر مانند نرخ حوادث بهره گرفته شده است. شاخص‌های گذشته نگر برای سنجش سابقهٔ عملکرد ایمنی مناسب هستند اما استفاده از شاخص‌های پیش رو موجب می‌شود عملکرد ایمنی کنونی پروژهٔ اندازه‌گیری شود، بنابراین در راستای هدف تحقیق با نظرسنجی از نمونهٔ آماری در پرسش‌نامه از شاخص‌های گذشته‌نگر و پیش رو هم‌زمان استفاده گردید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد هر سه عامل مدیریتی، فردی و محیطی، همچنین زیرعوامل آنها بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی تأثیرگذار هستند و به این ترتیب فرضیه‌های تحقیق تأیید گردیدند.

در عامل مدیریتی، زیرعامل آموزش ایمنی بیشترین تأثیر را داشته است. علت اهمیت آموزش ایمنی در پیشگیری از حوادث از این جهت است که بسیاری از کارگران با دستورالعمل‌های ایمنی ناآشنا بوده و مهارت استفاده از وسایل حفاظت فردی را ندارند. کارگران با فرا گرفتن شیوهٔ کار ایمن و همچنین یادگیری نحوهٔ کار با تجهیزات حفاظت فردی، مطمئناً عملکرد بهتری در انجام کار ایمن و اصولی خواهند داشت. این نتیجه با نتایج تحقیق محمدی زیدی و همکاران [۳۳] همخوانی داشته که در تحقیقشان نشان دادند آموزش می‌تواند رفتارهای ناایمن کارگران را تغییر دهد و موجب بهبود عملکرد ایمنی آنها شود. همچنین رحیمی پردنجانی و محمدزاده ابراهیمی [۳۴] در تحقیق خود بیان داشتند که سازمان‌ها می‌توانند با بهبود رویه‌های مدیریت ایمنی و آموزش به کارکنان و سرپرستان برای تقویت انگیزش ایمنی،

رفتارهای ناایمن و به دنبال آن حوادث شغلی را کاهش دهند. در مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان [۳۵] بند ۱۲-۱-۵-۳ به این موضوع اشاره گردیده است: شاغلین در کارگاه‌های ساختمانی باید آموزش‌های بهداشت کار و ایمنی را فرا گرفته و گواهی‌های مربوطه را از مراجع ذی‌صلاح دریافت نموده باشند.

در مطالعهٔ حاضر، فرهنگ ایمنی دومین زیرعامل مدیریتی بوده که در پیشگیری از حوادث تأثیرگذار بوده است. به صورت کلی فرهنگ ایمنی، باورها و رفتار افراد است که آنها را از خطرات دور نگه می‌دارد. هر چقدر فرهنگ ایمنی در کارکنان بیشتر باشد اهمیت رفتار ایمن برای آنها اولویت داشته و در نتیجه منجر به پیشگیری از وقوع حوادث می‌گردد. البته باید به این نکته توجه داشت که تغییر دادن سطح فرهنگ به سطوح بالاتر در هر زمینه‌ای (از جمله ایمنی) امری زمان‌بر و طولانی می‌باشد که آموزش نقش اصلی را در ارتقای فرهنگ دارا می‌باشد. در همین راستا پژوهش حلوانی و همکاران [۳۶] نیز این نتیجه را نشان داد که بهبود فرهنگ ایمنی در کارکنان می‌تواند سبب ارتقای ایمنی آنها شود. همین‌طور رحمتی نجار کلائی و همکاران [۳۷] نیز در مطالعه خود در زمینهٔ بررسی فرهنگ ایمنی به این نتیجه رسیدند که حاکم کردن فرهنگ ایمنی در محیط کار می‌تواند از بروز بسیاری از حادثه‌های ناگوار جلوگیری کند. سومین زیرعامل مدیریتی با بیشترین تأثیر، حضور مسئول HSE بوده است. حضور مسئول HSE در کارگاه می‌تواند با نظارت بر رعایت صحیح دستورالعمل‌ها در انجام کارها و استفاده به موقع از تجهیزات حفاظت فردی توسط کارکنان در محیط کارگاه از بسیاری از حوادث پیشگیری نماید. همچنین ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت توسط مسئول HSE انجام می‌گردد که در کنترل خطرات و در نهایت، پیشگیری از حوادث بسیار کاربردی خواهد بود. در مقررات ملی ساختمان [۳۵] بند ۱۲-۱-۵-۵ الزام به معرفی شخصی ذی‌صلاح به عنوان مسئول HSE در کارگاه‌های با زیربنای بیش از ۳۰۰۰ متر مربع و یا ۱۸ متر ارتفاع از روی پی نموده است.

از بین زیرعامل‌های مربوط به عامل فردی، زیرعامل استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (PPE)[1] تأثیر زیادی در پیشگیری از حوادث داشته است. علت اهمیت تجهیزات حفاظتی از این جهت می‌باشد که حتی در صورت رعایت دقت کامل در انجام کارها، احتمال وقوع حادثه وجود دارد و استفاده از تجهیزات حفاظتی از آسیب‌های احتمالی پیشگیری می‌نماید. در تحقیق یاراحمدی و همکاران [۳۸] نیز که اولویت‌بندی شاخص‌های ایمنی و بهداشت در صنعت ساخت را انجام دادند، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی در اولویت بالایی قرار گرفت. همچنین در بند ۱۲-۱-۵-۴ مقررات ملی ساختمان [۳۵] کارفرمایانِ کارگاه‌های ساختمانی را موظف نموده جهت تأمین ایمنی، سلامت و بهداشت کارگران، وسایل و تجهیزات لازم را بر اساس مقررات این مبحث تهیه نموده و در اختیار آنها قرار داده و چگونگی کاربرد این وسایل را به کارگران آموزش دهند.

دومین زیرعامل فردی با بیشترین تأثیر، سابقه‌کاری بوده است. سابقه‌کاری با مهارت در انجام کارها نسبت مستقیم دارد به این معنی که با بیشتر شدن سابقه در کاری مشخص، مهارت در آن کار نیز ارتقا می‌یابد و به تبع آن، اشتباه‌های کاری و وقوع حوادث به حداقل می‌رسد. از طرفی نیز اشخاصی که سابقه‌کاری بیشتری دارند با تجربه شده و به اهمیت ایمنی در انجام کارها واقف شده‌اند. در مبحث دوازدهم [۳۵] بند ۱۲-۱-۵-۳ اشاره گردیده است که سازنده و کارفرمایان کارگاه‌های ساختمانی باید از شخص ذی‌صلاح دارای مهارت فنی و یا گواهی ویژه در عملیات ساختمانی استفاده نمایند.

در تحقیق حاضر مشخص گردید که زیرعامل کنترل موقعیت ناایمن بیشترین تأثیر را بر عامل محیطی پیشگیری از حوادث داشته است. موقعیت‌های ناایمن زیادی در کارگاه‌های ساختمانی وجود دارد که منجر به وقوع حوادث می‌گردند. موقعیت‌های ناایمن را نمی‌توان از بین برد، بلکه باید آنها را کنترل نمود مانند ارتفاع در کارگاه‌های ساختمانی، که یک موقعیت ناایمن به شمار می‌رود و امکان سقوط از ارتفاع وجود دارد. نمی‌توان ارتفاع را از بین برد بلکه با حفاظ گذاری می‌توان آن موقعیت ناایمن را کنترل نمود. خدایی و همکاران [۳۹] در پژوهشی نشان دادند که ۵۳٪ حوادث به دلیل

[1] Personal Protective Equipment

اعمال ناایمن و ۴۷٪ حوادث مربوط به شرایط ناایمن محیط کار بوده است. علل این حوادث، عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی در اعمال ناایمن و عوامل مکانیکی و فیزیکی در شرایط ناایمن گزارش گردیده است. در مقررات ملی ساختمان [۳۵] ۱۲-۲-۱-۱ در اولین بند فصل دوم به کنترل موقعیت ناایمن اشاره گردیده است: سازنده باید نسبت به شناسایی شرایط و مخاطرات احتمالی محیط کار و ارزیابی ریسک‌هایی که ممکن است از این مخاطرات بوجود آید، اقدام نموده و اقدامات پیش‌گیرانه مناسب در جهت حذف مخاطرات احتمالی و به عبارت دیگر مدیریت ریسک را به عمل آورد.

همچنین در تحقیق حاضر مشخص گردید که زیرعامل دمای مناسب تأثیرگذاری بالایی بر عامل محیطی پیشگیری از حوادث داشته است. کارگران ساختمانی که کارهای سخت بدنی انجام می‌دهند در فصل گرم سال در معرض آسیب‌های ناشی از گرما قرار می‌گیرند. گرمازدگی، تعریق زیاد و از دست دادن آب بدن (کرامپ گرمایی) و خستگی ناشی از گرما باعث ضعف بدنی و سرگیجه شده که احتمال اشتباه‌های فردی را افزایش داده و به وقوع حادثه می‌انجامد. نتیجهٔ تحقیق حاضر با مطالعه اردشیر و همکاران [۴۰] مطابقت داشته است که به بررسی فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی پرداختند و بیان نمودند که تأثیر شرایط محیطی دما بر عملکرد ایمنی، بالا می‌باشد زیرا گرما هم از لحاظ جسمی و هم از لحاظ روحی بر رعایت ایمنی مؤثر می‌باشد، چنانچه در بند ۱۲-۳-۱-۱۱ مبحث دوازدهم [۳۵] سازنده را موظف به انجام اقدامات لازم جهت کنترل گرما و حرارت زیاد در کارگاه ساختمانی نموده است.

در نتایج تحقیق نشان داده شد که زیر عامل نور و روشنایی نیز تأثیر بالایی بر عامل محیطی پیشگیری از حوادث داشته است. کمبود نور و روشنایی کافی در محیط کارگاه افزون بر ناراحتی‌های چشمی، کاهش دقت و ایجاد خستگی اعصاب نیز می‌نماید که باعث وقوع حادثه می‌گردد. به همین علت در بند ۱۲-۳-۶-۱ مقررات ملی ساختمان [۳۵] بر لزوم فراهم نمودن نور و روشنایی طبیعی و یا مصنوعی کافی و مناسب و در صورت لزوم وسیلهٔ روشنایی قابل حمل در تمام محیط کارگاه تاکید گردیده است.

نتیجه‌گیری

نتایج مدل‌سازی عوامل مؤثر بر پیشگیری از حوادث کارگاه‌های ساختمانی نشان داد که نقش مدیریت در پیشگیری از حوادث، پررنگ‌تر از عوامل دیگر است. همچنین مدیریت بیشترین تأثیر را به ترتیب از زیرعوامل: آموزش ایمنی، فرهنگ ایمنی و حضور مسئول HSE می‌گیرد. در سازمانی که فرهنگ ایمنی حاکم باشد تمامی کارکنان وظیفه خود می‌دانند که سهمی در شرایط ایمنی محیط کاری خود و دیگر همکاران داشته باشند. بالا بودن فرهنگ ایمنی در کاهش خطرات و به تبع آن پیشگیری از حوادث نقش اصلی را دارا می‌باشد. اگر در سازمانی فرهنگ ایمنی ضعیف ارزیابی شد مطمئناً جهت پیاده سازی شرایط ایمن در آن سازمان، مدیریت با یک چالش بزرگ روبرو خواهد بود. جهت مقابله با این چالش بهترین راهکار ترویج ایمنی می‌باشد که مستلزم آموزش و انگیزش است. بسیاری از مدیران پروژه، حضور حداقلی مسئول HSE را به منزله کافی بودن اقدامات ایمنی در کارگاه پنداشته و از سایر امور مربوط به ایمنی کارگاه غافل می‌شوند. در تحقیق حاضر تأثیر آموزش ایمنی در پیشگیری از حوادث بیشتر از حضور مسئول HSE بوده است. لذا آموزش موارد ایمنی به کارگران درکارگاه می‌تواند توسط مسئول HSE با تجربه کاری مرتبط که به خطرات پروژه مربوطه آشنا باشد، انجام گیرد و عموماً شامل نحوهٔ انجام صحیح کار و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و عبرت‌آموزی از حوادث گذشته می‌باشد. درس گرفتن از حوادث گذشته، تحلیل و علت‌یابی، می‌تواند به مدیریت در پیشگیری از وقوع حوادث مشابه در آینده کمک نماید و در قالب انجام آموزش‌های ایمنی درون سازمانی به افراد درگیر در پروژه آموزش داده شود. اهمیت این آموزش‌ها تا جایی است که می‌تواند جایگزین سابقه‌کاری، که از موارد تأثیرگذار بر عامل محیطی پیشگیری از حوادث شناسایی گردید، باشد. در کارگاهی که فرهنگ ایمنی بالا باشد وظیفه شناسی و دقت سرلوحهٔ امور قرار می‌گیرد، هماهنگی بین اعضا بالا می‌رود و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی امری ناخودآگاه و دائمی برای کارگران می‌گردد. همچنین بالا بودن فرهنگ ایمنی موجب می‌گردد بعد از انجام ارزیابی ریسک در کارگاه، موقعیت‌های ناایمن شناسایی

شده و اقدامات پیشگیرانه جهت پیشگیری از حوادث حتماً اعمال گردد به عنوان مثال برقراری دمای مناسب توسط وسایل گرمایشی-سرمایشی و روشنایی کافی جهت دید مناسب کارگران در محیط داخلی کارگاه از تمهیدات مدیریتی لازم به عنوان اقدامات پیشگیرانه در عامل محیطی محسوب می‌گردند.

References

[1] Manzoor, B., Othman, I., & Waheed, A. (2022). Accidental safety factors and prevention techniques for high-rise building projects – A review. *Ain Shams Engineering Journal*, *13*(5), 101723. https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101723

[2] Heravi, G. R., & Ketabi, A. (2022). Development of Safety Level Assessment Models for Building Projects using Multiple Linear Regression and Bayesian Network. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, *53*(11), 4657-4682. https://doi.org/10.22060/ceej.2020.18439.6872

[3] Esmaeili, R., Ali Babaei, A., & Monazami Tehrani, G. (2021). Relationship between Safety Investment and Safety Performance Indices Considering the Project Hazard Level in Construction Industry. *Journal of Health and Safety at Work*, *11*(2), 327-352. http://jhsw.tums.ac.ir/article-1-6506-en.html

[4] Chalak, M. H., Shabahang, H., Laal, F., & Almasi, Z. (2016). Evaluating the Risk of cement open mining activities and its health hazards by fmea method in zabols cement mines before and after training interventions 2015. *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, *3*(12), 623-628. https://www.ejbps.com/ejbps/abstract_id/2029

[5] Amiri, M., Ardeshir, A., & Fazel Zarandi, M. H. (2017). Fuzzy probabilistic expert system for occupational hazard assessment in construction. *Safety Science*, *93*, 16-28. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.11.008

[6] Mohammadi, A., Tavakolan, M., & Khosravi, Y. (2018). Factors influencing safety performance on construction projects: A review. *Safety Science*, *109*, 382-397. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.017

[7] Soltanzadeh, A., Mohammadfam, I., Moghimbeygi, A., & Ghiasvand, R. (2017). Exploring Causal Factors on the Severity Rate of Occupational Accidents in Construction Worksites. *International Journal of Civil Engineering*, *15*(7), 959-965. https://doi.org/10.1007/s40999-017-0184-9

[8] Hallowell, M. (2010). Cost-effectiveness of construction safety programme elements. *Construction Management and Economics*, *28*(1), 25-34. https://doi.org/10.1080/01446190903460706

[9] Vosoughi, S., Chalak, M. H., Rostamzadeh, S., Jahanpanah, M., & Ebrahimi, H. (2020). Analyzing the causes of falling from height accidents in construction projects with analytical hierarchy process (AHP). *Journal of Health and Safety at Work*, *10*(2), 96-109. http://jhsw.tums.ac.ir/article-1-6293-en.html

[10] Mansoorzadeh, S., & Nezami Pakdeh, M. (2019). A Comprehensive and Practical Model to Implement Risk Management in Construction Projects based on PMBOK Standard. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *16*(1), 35-52. https://karafan.tvu.ac.ir/article_100530.html?lang=en

[11] Pinto, A., Nunes, I. L., & Ribeiro, R. A. (2011). Occupational risk assessment in construction industry – Overview and reflection. *Safety Science*, *49*(5), 616-624. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.003

[12] Liu, H-T., & Tsai, Y-l. (2012). A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. *Safety Science*, *50*(4), 1067-1078. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.11.021

[13] Soltanzadeh, A., & Mohammadfam, I. (2022). Cause-Consequence Modeling of Occupational Accidents in Construction Sites: A Retrospective Study in Iran. *Journal of Health & Safety at Work*, *12*(3), 446-458. https://jhsw.tums.ac.ir/article-1-6734-en.html

[14] Soltanzadeh, A., Heidari, H. R., Mahdinia, M., Mohammadi, H., Mohammad Beighi, A., & Mohammadfam, I. (2019). Path analysis of occupational injuries based on the structural equation modeling approach: a retrospective study in the construction industry. *Iran Occupational Health Journal*, *16*(3), 47-57. http://ioh.iums.ac.ir/article-1-2542-en.html

[15] Selleck, R., Cattani, M., & Hassall, M. (2023). Proposal for and validation of novel risk-based process to reduce the risk of construction site fatalities (Major Accident Prevention (MAP) program). *Safety Science*, *158*, 105986. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105986

[16] Rafindadi, A. D., Shafiq, N., Othman, I., Ibrahim, A., Aliyu, M., Mikić, M., & Alarifi, H. (2023). Data mining of the essential causes of different types of fatal construction accidents. *Heliyon*, *9*(2), e13389. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13389

[17] Asgard, T., & Jorgensen, L. (2019). Health and safety in early phases of project management in construction. *Procedia Computer Science*, *164*, 343-349. https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.192

[18] Adelizadeh, M., Salehi, Z., & Yasi, Y. (2018). Identification the First Priority over Effective Factors in Occurrence of Building Construction Accidents with Employing the Analytical Hierarchy Process Method, and Expert Choice Software. *International Journal of Computer Applications*, *180*(25), 13-18. https://doi.org/10.5120/ijca2018916581

[19] Roshani Ali Benasee, H., Hassani, M., & Ghalavandi, H. (2021). Identifying the Dimensions and Components of Research Development for Designing a Conceptual Model (Case Study: Faculty Members of Urmia University). *Journal of Management and Planning In Educational System*, *14*(2), 169-196. https://doi.org/10.52547/mpes.14.2.169

[20] Delavar, A. (2012). *Research method in psychology and educational sciences* (36 ed.). Rovan, Virayesh, Arsbaran. https://www.gisoom.com/book/1830905

[21] Taghavi, L., Yousefi, H., & Aghamoradi, G. (2014). *Research Method in Environmental Sciences*. Talab. https://ketab.ir/book/75df9ea6-0e6a-4087-8971-bdb6722473b8

[22] Hosseini, S., Oladi, J., & Amirnejad, H. (2016). The priority of criteria and indicator of the evaluation of national parks using Entropy and Likert techniques *Iranian Natural Ecosystems Quarterly*, *7*(3), 83-97. https://sanad.iau.ir/en/Journal/nei/Article/983496

[23] Habibpourgtabi, K., & Safarishali, R. (2015). *A comprehensive guide to using SPSS in survey research (quantitative data analysis)* (6 ed.). Louyeh. https://www.gisoom.com/book/11169336

[24] Abas Hashemi, T., Sharifi, A., & Imani, M. N. (2020). A Model for the Development of Multicultural Identity in Elementary Students Based on Foundation-Data Theory. *Educational Development of Judishapur*, *11*(2), 11-27. https://doi.org/10.22118/edc.2020.217831.1261

[25] Moghtadaie, L., & Siadat, S. A. (2019). Structural Equation Modeling in the Study of the Relationship Between Social Capital and Occupational hardiness of Female Managers in Selected Universities. *Quarterly Journal of Woman and Society*, *9*(36), 291-316. https://jzvj.marvdasht.iau.ir/article_3291.html?lang=en

[26] Hosseinpour, M., Jamshidi, M. J., Mohamadifar, Y., & Behvar, S. (2021). Investigating the effect of strategic innovation on innovative performance with the role of the moderator of the business environment (Case study: small and medium companies in Kermanshah). *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *17*(5), 187-208. https://doi.org/10.48301/kssa.2021.128450

[27] Rahimi, Z., Salehi, M., Amirianzadeh, M., & Ahmadi, E. (2021). Evaluation of strategic management model in technical and vocational Training. *Journal of New Approaches in Educational Administration*, *11*(46), 47-70. https://jedu.marvdasht.iau.ir/article_4547.html?lang=en

[28] Hajihoseini, E., Aghajani, T., & Shoghi, B. (2016). The Impact of Strategic Thinking on Organizational Change Capacity. *Strategic Management Researches*, *22*(62), 49-80. http://sanad.iau.ir/fa/Article/1095324

[29] KenarKoohi, E., Azani, M., KhademolHoseiny, A., & Saberi, H. (2020). Explanation of the Impacts of Sociocultural Factors on Achieving Healthy City Pattern Case Study: Behbahan City. *Sustainable city*, *3*(3), 1-16. https://doi.org/10.22034/jsc.2020.197267.1092

[30] Abasi, H. (2017). Designing the Model for Commercialization of University Research Using Structural Equation Modeling- Partial Least Squares Method (SEM-PLS). *Iranian Journal of Trade Studies*, *21*(82), 1-21. https://pajooheshnameh.itsr.ir/article_23754.html?lang=en

[31] Choi, T. N. Y., Chan, D. W. M., & Chan, A. P. C. (2011). Perceived benefits of applying Pay for Safety Scheme (PFSS) in construction – A factor analysis approach. *Safety Science*, *49*(6), 813-823. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.10.004

[32] Sabouri, H., Alizadeh, S. S., Mosaferi, M., & Safaeian, A. (2020). Evaluation of safety performance indicators for construction projects: A review study. *Iran Occupational Health Journal*, *17*(1), 280-293. http://ioh.iums.ac.ir/article-1-2611-en.html

[33] Mohammadi Zeidi, I., Pakpour Hajiagha, A., & Mohammadi Zeidi, B. (2013). Evaluation of Educational Programs Based on the Theory of Planned Behavior on Employees' Safety Behaviors. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, *22*(97), 166-177. http://jmums.mazums.ac.ir/article-1-1775-en.html

[34] Rahimi Pordanjani, T., & Mohamadzade Ebrahimi, A. (2017). The mediating role of safety motivation in relationship between of safety management practices and unsafe behaviors. *Iran Occupational Health Journal*, *13*(6), 23-33. http://ioh.iums.ac.ir/article-1-1595-en.html

[35] National building regulations office. (2013). *Iran's national building regulations: twelfth topic: safety and work protection during implementation* (4 ed.). Tosseh iran publisher. https://www.gisoom.com/book/11776826

[36] Halvani, G., Ebrahimzadeh, M., Dehghan, M., Fallah, H., & Mortazavi, M. (2012). Assessment of factors affecting safety culture in Yazd steel industry workers. *Occupational Medicine Quarterly Journal*, *4*(1), 66-72. http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-171-en.html

[37] Rahmatinajarkalaie, F., Maneshi, H. A., Rezaie, M., & Abbasi, M. (2018). Evaluation of safety culture in staffs of South Pars Gas Company. *Iran Occupational Health Journal*, *14*(6), 57-69. http://ioh.iums.ac.ir/article-1-1823-en.html

[38] Yarahmadi, R., Shahkohi, F., Taheri, F., & Moridi, P. (2016). Priority of Occupational Safety and Health indexes Based on the Multi Criteria Decision Making in Construction Industries. *Iran Occupational Health Journal*, *12*(6), 39-47. http://ioh.iums.ac.ir/article-1-1404-en.html

[39] Khodaei, M., Eraghi, M., & Eghtesadi, A. (2013). Evaluation of work-related accidents in Sari forests exploitation workers. *Occupational Medicine Quarterly Journal*, *5*(2), 9-19. http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-196-en.html

[40] Ardeshir, A., Alipouri, Y., & Besmel, P. (2014). A Survey of Factors Influencing Safety Performance of workers in Construction Sites Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Case Study: Khuzestan province). *Iran Occupational Health Journal*, *11*(6), 64-74. http://ioh.iums.ac.ir/article-1-1234-en.html