مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

سلامت کار ایران
دوره ۱۵، شماره ۶، بهمن و اسفند ۱۳۹۷

تحلیل اثرات ریسک‌های ایمنی بر اهداف پروژه‌های ساختمانی با استفاده از سیستم تلفیقی خبره فازی و شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب

احسان حقیقت: (*نویسنده مسئول) کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران. ehsan.haqiqat@mail.um.ac.ir
یحیی زارع مهرجردی: استاد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: صنعت ساخت‌وساز دارای میزان بالایی از آسیب‌های کشنده یا غیر مرگ‌آور است و در سراسر جهان تا بـه امـروز همچنان یکی از خطرناک‌ترین مشاغل به شمار می‌رود. ازآنجاکه ایمنی پروژه و اندازه‌گیری خطر در صنعت ساخت‌وساز موضـوعی مهم است، هدف این مطالعه اندازه‌گیری تأثیرات خطرات ایمنی بر اهداف زمان و هزینه پروژه با استفاده از روش ترکیبی سیسـتم خبره و یک روش شبیه‌سازی کارآمد با توجه ماهیت ایمنی خطرات می‌باشد.

روش بررسی: پس از شناسایی ریسک‌های ایمنی، تعیین میزان عدم قطعیت وقوع و ارزیـابی تـأثیرات خطـرات بـا اسـتفاده از سیستم خبره فازی، میزان تأثیرپذیری اهداف زمان و هزینه پروژه با استفاده از روش نمونه‌برداری لاتین هایپرکیوب شـبیه‌سـازی می‌شود.

یافته‌ها: ارزیابی نظام‌مند ریسک‌های ایمنی به‌طور سیستماتیک و بدون دخالت انسانی با سیستم خبره فـازی منجـر بـه پاسـخ و عکس‌العمل مناسب نسبت به خطرات شناسایی‌شده می‌گردد. همچنین، شبیه‌سازی اثرات ریسک‌های ایمنی بر برنامه‌های زمان و هزینه پروژه در سه مرحله (قبل از شناسایی خطرات، پس از شناسایی خطرات و درنهایت، پس از انجام اقدامات اصلاحی) نه‌تنها به مدیران پروژه این امکان را می‌دهد که با مقایسه هم‌زمان پیش‌بینی اهداف کمی پروژه و تحلیل اثرات ریسک‌هـا، پـروژه را بهتـر نظارت کنند، بلکه امکان شبیه‌سازی خطراتی که اثرات زیاد اما احتمال وقوع کمی دارندکه در روش مونت‌کارلو کلاسیک ارزیـابی دقیق این نوع خطرات میسر نیست، را ممکن می‌کنند.

نتیجه‌گیری: تجزیه‌وتحلیل سیستماتیک تأثیرات مخاطرات ایمنی بر اهداف یک پروژه (زمان و هزینه) در صنعت ساخت‌وساز بـا استفاده از سیستم تلفیقی پیشنهادشده خبره فازی – شبیه‌سازی لاتین هایپر کیوب می‌تواند منجر به مـدیریت ریسـک اثـربخش، برنامه‌ریزی، زمان‌بندی و بودجه‌ریزی بهتر شود.

کلیدواژه‌ها
ریسک‌های ایمنی،
تجزیه و تحلیل ریسک،
اهداف پروژه،
سیستم خبره فازی (FES)،
نمونه‌برداری لاتین هایپرکیوب (LHS)

تاریخ دریافت: ۹۶/۴/۱
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۳۰

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*
منبع حمایت کننده: *حامی مالی نداشته است.*

شیوه استناد به این مقاله:
Haqiqat A, Zare Mehrjerdi Y. Safety risks impacts analysis on construction project objectives using a hybrid model of fuzzy expert system and Latin hyper cube sampling. Iran Occupational Health.2019 (Feb-Mar);15(6):34-47.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 1.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]

Iran Occupational Health

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

Iran Occupational Health.2019 (Feb-Mar);15(6):34-47.

Safety risks impacts analysis on construction project objectives using a hybrid model of fuzzy expert system and Latin hyper cube sampling

Ehsan Haqiqat, (*Corresponding Author) MSc, Department of Industrial Engineering, Yazd University, Iran. ehsan.haqiqat@mail.um.ac.ir
Yahia Zare Mehrjerdi, Professor, Department of Industrial Engineering, Yazd University, Iran.

Abstract

Background: The construction industry has a high rate of fatal or nonfatal injuries and all around the world which remains one of the most dangerous occupations till now. Since project safety and measuring danger in the construction industry is a crucial subject, so this study aimed to measure the impacts of safety risks on the time and cost objectives of project using a hybrid method of expert system and efficient simulation based on the nature of safety risks.
Methods: After recognizing safety risks and specifying the level of uncertainty of occurrence and risks impacts by using designed Fuzzy Expert System, safety risks integrated to the initial plan of scheduling and budgeting for simulating the safety risks impacts on time and cost objectives of the project by using Latin Hypercube Sampling.
Results: Assessment of safety risks systematically without human interference with fuzzy expert system makes the appropriate response to the identified risks. Also, simulating the safety risks impacts on project time and cost plans in three phases (before identification of risks, after identification of risks and finally, after doing corrective actions) not only helps the project managers to monitor the safety projects better, but also allows us to simulate the risks with high impacts but with low probabilities which in the classic Monte Carlo simulation the evaluation of these kind of risks (low probability-high impact) is not accurate.
Conclusion: Systematic analysis of safety risks impacts on the objectives of a project (time and cost) by using the proposed hybrid Fuzzy Expert System- Latin Hypercube Simulation in the construction industry can lead to effective risk management and better planning, scheduling and budgeting.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Keywords
Safety Risks,
Risk Analysis,
Project Objectives,
Fuzzy Expert System (FES),
Latin Hypercube Sampling (LHS)

Received: 22/06/2017
Accepted: 20/01/2019

How to cite this article:
Haqiqat A, Zare Mehrjerdi Y. Safety risks impacts analysis on construction project objectives using a hybrid model of fuzzy expert system and Latin hyper cube sampling. Iran Occupational Health.2019 (Feb-Mar);15(6):34-47.

This work is published under CC BY-NC-SA 1.0 licence

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]

مقدمه

هدف مدیریت ریسک پروژه افزایش احتمال موفقیت پروژه است و این کار از طریق شناسایی و ارزیابی نظام‌مند ریسک‌ها، ارائه روش‌هایی جهت کاهش یا حذف آن‌ها و حداکثر سازی فرصت‌ها صورت می‌گیرد. ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای علی‌رغم بهبود قوانین و سیستم‌های مدیریت پروژه به‌طور سیستماتیک در پروژه‌های ساخت انجام نمی‌شود. ازلحاظ تاریخی، صنعت ساخت‌وساز شده دارای بیشترین صدمات کشنده و غیر کشنده است و در سراسر جهان یکی از خطرناک‌ترین مشاغل باقی‌مانده است [۱، ۲]. اطلاعات منتشرشده توسط پایگاه داده آمار نیروی کار آمریکا نشان‌دهنده آن است که در صنعت ساخت‌وساز ایالات‌متحده آمریکا میزان مرگ‌ومیر و حوادث تقریباً سه برابر بیشتر از میانگین تمام صنعت وجود دارد [۳]. با توجه به آمار موسسه ملی پرتغال، از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۶ تقریباً نیمی از حوادث مرگبار این کشور در صنعت ساخت‌وساز رخ‌داده است [۴]. لی و میلر [۵] گزارش دادند که کارگران ساخت‌وساز و نجاران، دو شغلی هستند که با هزینه‌های زیاد در حوزه جراحات و صدمات شغلی درگیر هستند. دمنت و لیپسکومب [۶] گزارش دادند که کارگران ساختمانی و نجاران هزینه‌های پزشکی بالاتری از متوسط دیگر شغل‌ها دارند. بررسی‌های انجام‌شده نشان از ادعای غرامت بیش از ۳۰،۰۰۰ کارگر در میان اعضای انجمن کارگران ساختمانی در کارولینای شمالی برای دوره ۱۹۸۶-۱۹۹۴داشت. واهرر و همکاران [۷] نشان دادند که کارگران حوزه ساخت‌وساز دارای بیش‌ترین ثبت تلفات (۲۹۹ مورد) و درنتیجه بالاترین میانگین هزینه سالانه مرگ‌ومیر در سال (۱۲۰۰ میلیون دلار) را دارا می‌باشند. لیپسکومب و همکاران [۸] گزارش دادند که در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۷ در اورگان بیش از ۲۰۰۰۰ پرونده ادعای غرامت توسط کارگران ساختمانی تشکیل‌شده است. رینگداهل [۹] با استناد به مطالعه بیرسون و کلمن که در سال ۱۹۹۷ در مورد ۹ کشورهای اروپایی انجام‌شده است، تخمین زده است که هزینه‌های اقتصادی آسیب شغلی، جراحات و صدمات کشور نشان می‌دهد که این هزینه‌ها در محدوده ۲/۵ تا ۶ درصد از تولید ناخالص داخلی محصولات کشور (GDP[1]) می‌باشد. بدیهی است حوادث ساخت‌وساز پیامدهای هزینه‌ای بزرگی دارد [۱۰]؛ لذا ارائه مدلی به منظور اندازه‌گیری اثر هزینه‌ای و تاخیر ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت ضرورت دارد.

ایمنی، میزان درجه فرار از خطرات [OHSAS 18001-1991] تعریف می‌گردد. استاندارد OHSAS18001 تأکید می‌کند که با کاهش احتمال یا شدت رخداد ریسک می‌توان اثرات ریسک را کاهش داد [۱۱، ۱۲]. طبق نظر سیگل [۱۳] منطق فازی از طریق تکنیک‌های مدل‌سازی و ارائه‌ی مدل‌های نمایشی به پیشرفت فنّاوری سیستم‌های خبره کمک زیادی کرده است. منطق فازی به‌واسطه‌ی توانایی آن در پرداختن به اطلاعات مهم و غیردقیق یک ابزار مهم تصمیم‌گیری است. بررسی‌ها در سال های اخیر نشان می‌دهند که استفاده از منطق فازی در حوزه مدیریت ریسک‌ها به دلیل سازگاری بیشتر با ماهیت عدم قطعیت و ریسک، به طرز چشمگیری موردتوجه محققان این عرصه قرارگرفته است. منطق فازی از طریق تکنیک‌های مدل‌سازی و ارائه‌ی مدل‌های نمایشی به پیشرفت تکنولوژی سیستم‌های خبره کمک زیادی کرده است.

در کتاب راهنمای استاندارد پیکره دانش مدیریت پروژه [۱۴] تکنیک‌های پیش‌بینی‌شده در مدیریت پروژه به‌خوبی تشریح و به‌روزرسانی شده‌اند. در این کتاب نحوه سنجش تکنیک‌ها و ابزارها و نیز میزان دسترسی آن‌ها به اهداف مدنظر، مشخص نشده است. برای ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها تاکنون محققین مطالعات بسیاری انجام دادند. جندی و المیشاری [۱۵] مطالعه در مورد ارزیابی ریسک برای فعالیت‌های پروژه‌های ساخت‌وساز انجام دادند. این نویسندگان ریسک را به‌عنوان اندازه‌گیری احتمال و شدت تعریف کردند و با در نظر گرفتن همه ریسک‌های مربوط به یک فعالیت مدلی برای تعیین میزان ریسک‌ها ارائه کردند. آن‌ها بیان کردند که تعیین فعالیت‌های پر ریسک با این روش سبب می‌شود تا پیمانکاران پروژه‌های ساخت اجرای اقدامات ایمنی را به شیوه‌ای کارآمدتر انجام دهند. برادان و یوسمن [۱۶] روشی را

[1] Gross Domestic Product

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]

برای تجزیه‌وتحلیل شغلی برای آسیب و خطر مرگ‌ومیر در پروژه‌های ساخت توسعه دادند و با روش اثر- احتمال به تعیین میزان ریسک‌ها و رتبه‌بندی ریسک‌ها پرداختند. هالوول [۱۷] برای ارزیابی ریسک‌های ایمنی و پاسخ به ریسک‌های ایمنی در فرآیندهای ساخت‌وساز معتبر روشی را توسعه دادند. آن‌ها بر اساس قانون سوم نیوتون (هر عملی عکس‌العملی در جهت مخالف دارد)، ریسک‌های مرتبط به فعالیت‌های ساخت‌وساز در پروژه موردمطالعه را شناسایی نموده و سپس اقدامات ایمنی لازم در صورت بروز ریسک‌ها را نیز تهیه کردند. سپس بر اساس روش کلاسیک میزان احتمال و شدت ریسک‌ها را قبل برنامه پاسخ‌گویی محاسبه کردند و همچنین مقدار کاهش احتمال و شدت ریسک‌ها را در صورت اجرای اقدامات ایمنی بررسی نمودند. گوکانلی و مورگن [۱۸] یک روش برای ارزیابی ریسک در پروژه‌های ساخت‌وساز با استفاده از تجزیه‌وتحلیل ایمنی بر اساس قوانین اگر- آنگاه فازی ارائه دادند. روش تحلیل فازی سبب می‌گردد تا با در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌ها و استفاده از داده‌های تاریخی ریسک‌های ایمنی، بهتر بتوان از قضاوت ذهنی کارشناسان برای تحلیل کمی ریسک‌های ایمنی بهره برد. ایشان همچنین سطح ایمنی پروژه را ترکیبی از سه پارامتر سطح ایمنی حال حاضر، احتمال رخداد حادثه و شدت حادثه تعریف کردند. بنابراین ایجاد یک سیستم خبره فازی می‌تواند استفاده از تحلیل فازی را برای کاربر آسان کند. روزنفلد و همکاران [۱۹] بیان نمودند که روش تجزیه‌وتحلیل ایمنی در محیط‌های تولیدی که مؤثر بوده است اما این روش به دلیل حرکت کارگران از محیطی به محیط دیگر و امکان درگیری کار آنان با تیم‌های کاری دیگر در محیط پروژه‌های عمرانی توسعه نیافته است. ایشان به ارائه یک رویکرد ساختاریافته برای تحلیل ریسک ایمنی در پروژه‌های ساخت ساز پرداختند تا با تعیین سطوح نوسان ریسک‌ها بتوانند اقدامات ایمنی لازم را برای آن‌ها اجرا کنند. روش پیشنهادی آنان با عنوان تجزیه‌وتحلیل ایمنی در پروژه‌های ساخت با تعیین میزان احتمال و شدت ریسک‌ها، ریسک‌های مهم را شناسایی می‌نمود. ایشان احتمال و شدت ریسک‌ها را به‌صورت قطعی در نظر گرفتند. بنجاوران و بهخا [۲۰] یک سیستم یکپارچه برای مدیریت ایمنی ساخت‌وساز در مراحل طراحی، برنامه‌ریزی و کنترل ریسک‌ها ارائه نمودند. مدل ارائه‌شده توسط آن‌ها یک مدل مفهومی است که امکان سنجش و ارزیابی روش پیشنهادی وجود ندارد. وو و همکاران [۲۱] به توسعه یک رویکرد نظام‌مند برای پاسخ‌گویی به ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز پرداختند. روش ارائه برای پاسخ‌گویی سریع و به‌موقع به ریسک‌های ایمنی طراحی شده است. آبل پینتو و همکارانش [۳] به بررسی و مرور ادبیات مقالات مربوط به ریسک‌های ایمنی موجود در پروژه‌های ساخت در مقالات پرداختند. آن‌ها به‌خوبی ریسک‌های ایمنی موردمطالعه محققان در پروژه‌های ساخت را موردبررسی قرار داده‌اند. بدری و همکاران [۲۲] یک رویکرد تحلیلی مبتنی بر عوامل ریسک را برای یکپارچه‌سازی ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای را برای ارزیابی ریسک‌های پروژه ارائه کردند. آن‌ها ضمن یکپارچه در نظر گرفتن مراحل مدیریت ریسک، به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های ایمنی صنعتی و بهداشت حرفه‌ای با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پرداختند. سامان امین بخش و همکاران [۲۳] نیز با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس احتمال و شدت ریسک‌ها در پروژه‌های ساخت به اولویت‌بندی عوامل رخداد و ریسک‌های ناشی از آن پرداختند. روش آن‌ها تنها برای تجزیه و تحلیل در رتبه‌بندی استفاده می‌شود.

جمع بندی مطالعات صورت‌گرفته نشان می‌دهد رخداد ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز هزینه‌های بالایی را به پروژه وارد می‌کند و سبب تأخیر در آن می‌شود؛ لذا ارائه مدلی به منظور اندازه‌گیری اثر هزینه‌ای و تاخیر ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت ضرورت دارد. تجزیه‌وتحلیل نظام‌مند ریسک‌های ایمنی و تأثیر آن‌ها بر زمان و هزینه پروژه سبب اجرای بهتر برنامه‌های زمان‌بندی پروژه می‌شود. بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد هنوز کمبودهای قابل‌توجهی در حوزه ارزیابی سیستماتیک و نظام‌مند ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت وجود دارد. مطالعات مربوطه عمدتاً مدل‌های مفهومی هستند که شامل بررسی کلی تأثیرات عدم

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]

اطمینان بر پروژه‌ها، تعیین استراتژی‌هایی برای کاهش سطح ریسک می‌باشند و اولویت‌بندی و رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی بدون مشخص کردن اثر آن‌ها بر اهداف اصلی پروژه هستند و در واقع رویکرد کاربردی در ارزیابی موثر و تحلیل اثرات هزینه‌ای و زمانی با توجه به اهمیت ریسک‌های ایمنی بر اهداف کمی پروژه ارائه نمی‌دهند.

در این مقاله یک رویکرد مدل‌سازی تلفیقی خبره فازی و شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب برای ارزیابی و اولویت‌بندی سیستماتیک ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌های ساخت طراحی می‌شود. هدف مقاله، طراحی یک سیستم ترکیبی خبره فازی و شبیه‌سازی جهت حمایت از مدیران پروژه در موقعیت های مختلف تصمیم سازی مبتنی بر مدیریت ریسک می‌باشد. سیستم خبره فازی اثرات ریسک‌ها را در محیطی سیستماتیک محاسبه می‌نماید و پس از محاسبه رتبه ریسک‌های شناسایی‌شده، به منظور ارزیابی اثرات زمانی و هزینه‌ای مخاطرات، برنامه زمانی و هزینه‌ای پروژه در سه فاز قبل از شناسایی ریسک‌ها، بعد از شناسایی ریسک‌ها و بعد از انجام اقدامات اصلاحی با روش شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب که ارتقا یافته روش مونت‌کارلو است، شبیه‌سازی می‌شود. مقاله حاضر حوزه‌های جدا از هم سیستم‌های خبره فازی، شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب و مدیریت ریسک پروژه‌ها در حوزه ایمنی را به هم پیوند می‌زند که در نوع خود، کاری جدید است و دارای نوآوری ویژه‌ای می‌باشد. همچنین بررسی اثرات ریسک‌های ایمنی بر اهداف پروژه با استفاده از روش ارتقا یافته مونت‌کارلو یعنی شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب به ما امکان می‌دهد تا به‌دوراز تبعیض، ریسک‌هایی را که اثرات رخداد بالا ولی احتمال رخداد پایین دارند را نیز در پروژه موردبررسی، شبیه‌سازی نماییم که این مورد با توجه به اهمیت خاص ریسک‌های ایمنی حائز اهمیت می‌باشد.

روش بررسی

این مطالعه ازنظر ماهیت، تحلیلی توصیفی و از نوع کاربردی است. در این مقاله مدلی از مدیریت ریسک که شامل سه مرحله ۱. شناسایی مخاطرات و ریسک‌های ایمنی پروژه، ۲. تحلیل اثرات ریسک‌های ایمنی ۳. اقدامات اصلاحی می‌باشد، در نظر گرفته شده است. پس از شناسایی ریسک‌ها، برای اولویت‌بندی ریسک‌ها به‌منظور پاسخ‌گویی به ریسک‌های ایمنی از سیستم خبره فازی استفاده شده است. جهت تجزیه‌وتحلیل اثرات زمانی و هزینه‌ای ریسک‌های ایمنی بر اهداف پروژه از شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب در نرم‌افزار پرت‌مستر استفاده شده است. همچنین به منظور بررسی و تحلیل اثرات مخاطرات بر زمان و هزینه پروژه، شبیه‌سازی اثرات ریسک‌های ایمنی بر برنامه‌های زمان و هزینه پروژه در سه مرحله (قبل از شناسایی خطرات، پس از شناسایی خطرات و درنهایت، پس از انجام اقدامات اصلاحی) در یک نمودار تبیین می‌شود تا امکان مقایسه برنامه‌ها میسر گردد.

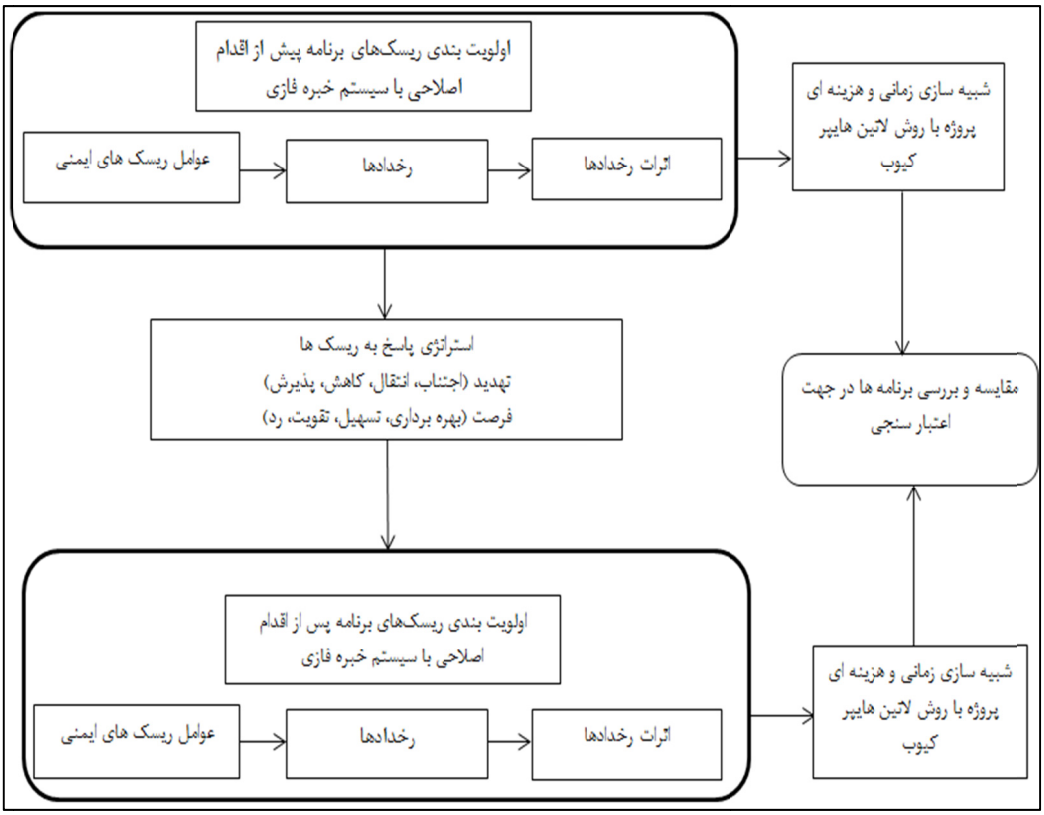
مدل اجرایی در شکل ۱ ارائه گردیده است. گام‌های روش اجرای مدل‌سازی به تفکیک در ذیل ارائه گردیده است:

فرایند شناسایی مخاطرات و ریسک‌ها

در این مرحله، ریسک‌های پروژه (اعم از تهدید و فرصت)، با به‌کارگیری روش‌ها و ابزارهای خاص شناسایی، تشریح و مستند می‌شوند. حوادث به دو دلیل اتفاق می‌افتد: اعمال ناایمن و شرایط ناایمن. پس برای شناسایی خطرات باید بر روی این دو گروه متمرکز شد.

شناسایی ریسک‌ها، یک فرایند تکراری است؛ زیرا ریسک‌های جدید ممکن است با پیشرفت پروژه در چرخه حیاتش نمو پیدا کند. فراوانی تکرار و افراد شرکت‌کننده در هر دوره از جلسات شناسایی ریسک‌ها، بسته به شرایط تغییر می‌کند. تیم پروژه باید در اجرای فرایند دخالت داده شوند تا آن‌ها بتوانند حس مالکیت و مسئولیت‌پذیری در مورد ریسک‌ها و اقدامات پاسخی مرتبط را داشته باشند. مدیر پروژه یا نماینده او (مجری ریسک) بایستی مطابق با برنامه زمانی تعیین‌شده در برنامه مدیریت ریسک، جلساتی باهدف شناسایی و تحلیل عوامل ریسک، تشکیل دهد. اعضای جلسات را معمولاً تیم مدیریت پروژه که متشکل از مدیر پروژه، مدیر سیستم بهداشت و ایمنی پروژه و سایر افرادی که مدیر پروژه به صلاحدید خود و متناسب با نیاز پروژه که در سازمان با پروژه ارتباط داشته و یا تجربه خوبی در این زمینه دارند، دعوت نموده، تشکیل می‌دهند. در این جلسات فرم شناسایی، ارزیابی کیفی و اولویت‌بندی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]



شکل ۱- مدل تلفیقی پیشنهادی برای بررسی اثرات ریسک‌های ایمنی بر اهداف پروژه

ریسک‌های پروژه تکمیل می‌گردد. ریسک‌های پروژه با استفاده از تکنیک‌های طوفان فکری توسط تمامی اعضای تیم پروژه و ذینفعان کلیدی، روش دلفی، روش آنالیز ایمنی شغل یا مصاحبه با مدیران ایمنی و خبرگان پروژه شناسایی می‌گردد.

فرایند تجزیه و تحلیل ریسک

ازآنجاکه تعداد ریسک‌های شناسایی‌شده در پروژه متعدد و بررسی تمام آن‌ها زمان‌بر و پرهزینه است، ازاین‌رو، برای مدیریت منطقی، ابتدا باید آن‌ها را اولویت‌بندی کرد. در مرحله ارزیابی، اولویت ریسک‌ها بر اساس عدم اطمینان وقوع و اثر آن بر اهداف پروژه تعیین می‌شود تا ریسک‌های مهم‌تر را در معرض دید مدیریت قرار دهد و درنتیجه، نواحی و ابعاد پرمخاطره و حساس پروژه موردتوجه و دقت کافی برای اقدام‌های بعدی قرار گیرند. جهت ارزیابی ریسک‌های ایمنی ابتدا با استفاده سیستم خبره فازی طراحی‌شده میزان هر ریسک محاسبه و سپس ریسک‌ها رتبه‌بندی می‌شوند. میزان عدم اطمینان و اثر ریسک‌ها با اجماع نظرات خبرگان هر پروژه تعیین می‌گردد. با توجه به ماهیت ریسک‌های ایمنی، اثرات کمی شامل زمان، هزینه بر ریسک شناسایی‌شده مورد تحلیل قرار می‌گیرد. از بیش‌ترین نمره اثرات ریسک به‌منظور تعیین تأثیر کلی استفاده می‌شود. پس از تعیین متغیرهای ورودی مسئله که به‌صورت مجموعه‌های فازی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد در سیستم خبره فازی وارد می‌شوند، از سیستم خبره فازی طراحی‌شده برای تعیین میزان ریسک و اولویت‌بندی ریسک‌ها استفاده می‌شود. سپس با روش نمونه‌برداری لاتین هایپرکیوب و با استفاده از نرم‌افزار پرت‌مستر اثر زمانی و هزینه‌ای ریسک‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای بر زمان و هزینه کل پروژه شبیه‌سازی می‌گردد. نرم‌افزار Primavera Pertmaster یکی از قدرتمندترین نرم‌افزارهای مدیریت ریسک پروژه می‌باشد که توسط شرکت Primavera توسعه داده شده است. این نرم‌افزار امکان انجام آنالیز ریسک بر روی پروژه‌ها تحت شبیه‌سازی با نمونه‌برداری میسر می‌سازد. این نرم‌افزار اطلاعات بسیار ارزشمندی از وضعیت پروژه در شرایط غیرقطعی در اختیار مدیران پروژه قرار می‌دهد تا به‌وسیله آن بتوانند

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]

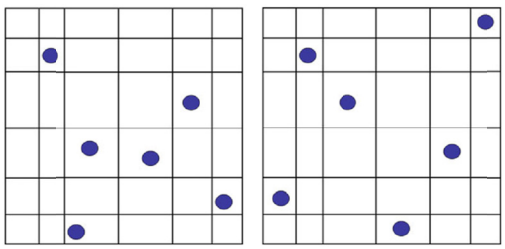
تصمیم‌گیری‌های صحیح‌تری در مورد نحوه ادامه اجرای پروژه اتخاذ نمایند. در این نرم‌افزار علاوه بر قابلیت بهره‌گیری از ابزارهای مناسب جهت ورود ریسک و رتبه‌بندی آن در پروژه، امکان برنامه‌ریزی پروژه‌های PERT و GERT در شرایط عدم قطعیت نیز وجود دارد.

نمونه‌گیری لاتین هایپرکیوب: شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب یک رویکرد آماری برای ایجاد یک نمونه از واحدهای معتبر از مقادیر پارامتریک توزیع چندبعدی است. این روش اولین بار توسط مک کی و همکاران [۲۴] توصیف شده است و توسط ایمان و همکاران توسعه داده‌شده است [۲۵]. مستقل بودن یکی از کارایی‌های اصلی این طرح نمونه‌گیری است. از مزایای دیگر این است که نمونه‌های تصادفی را می‌توان در یک‌زمان به دست آورد. برای انجام نمونه‌گیری طبقه‌ای، احتمال تجمعی (۱۰۰٪) به چند بخش تقسیم می‌شود و هر بخش برای یک تکرار شبیه‌سازی مونت‌کارلو بکار گرفته می‌شود. به عبارتی این روش برخلاف روش مونت‌کارلو کلاسیک تضمین می‌کند تا نمونه‌گیری از همه قسمت‌های توزیع (شکل ۲ و ۳) صورت گیرد [۲۶].

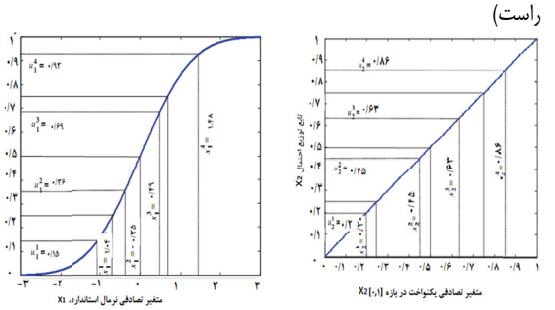
روش نمونه‌برداری لاتین هایپر کیوب برای ترسیم NT نمونه از n متغیر مستقل $(X_j : j=1, 2,\ldots,n)$ که هر متغیر دارای توزیع $(q_j(0) : j=1, 2,\ldots,n)$ در ذیل توضیح داده شده است: محدوده هر متغیر به فواصل گسسته‌ای به تعداد NT واحد تقسیم می‌شود. سپس با توجه به توزیع احتمالی هر متغیر $(q_j(0) : j=1,2,\ldots,n)$ به‌طور تصادفی یک مقدار از متغیر برای هر فاصله انتخاب می‌شود. مقادیر به‌دست‌آمده برای X_1^k، $k=1,2,\ldots, NT$، به‌طور تصادفی و بدون جایگذاری با مقادیر به‌دست‌آمده برای X_2^k، $k=1,2,\ldots, NT$ جفت می‌شوند تا NT زوج مرتب از مقادیر $\{X_1^k, X_2^k\}$، $k=1,2,\ldots,$ NT به دست آید. این NT زوج مرتب با مقادیر به‌دست‌آمده برای X_3^k، $k=1,2,\ldots, NT$، به‌طور تصادفی و بدون جایگذاری متغیرها ترکیب می‌شوند تا سه‌تایی $\{X_1^k, X_2^k, X_2^k\}$، $k=1,2,\ldots, NT$ حاصل شود. این فرایند تا زمانی که تمام ترکیبات برای تمام متغیرها به دست آید تکرار می‌شود و درنهایت نمونه‌های لاتین هایپرکیوب به دست می‌آید:

$$X\ k = \{X_1^k, X_2^k, X_2^k\}$$

طراحی سیستم خبره فازی: سیستم‌های فازی، سیستم‌های مبتنی بر دانش یا قواعد می‌باشند؛ قلب یک سیستم فازی یک پایگاه دانش است که از قواعد اگر _ آنگاه فازی تشکیل‌شده است. یک قاعده اگر _ آنگاه فازی، یک عبارت اگر _ آنگاه است که بعضی کلمات آن به‌وسیله توابع تعلق پیوسته مشخص‌شده‌اند. درواقع نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی به دست آوردن مجموعه‌ای از قواعد اگر_ آنگاه فازی از دانش افراد خبره یا دانش حوزه موردبررسی می‌باشد. مرحله بعدی، ترکیب این قواعد در یک سیستم واحد است. منطق فازی از طریق تکنیک‌های مدل‌سازی به پیشرفت تکنولوژی سیستم‌های خبره در مدیریت ریسک پروژه در پروژه‌های ساخت کمک زیادی کرده است [۱۳]. روش تحلیل فازی سبب می‌گردد تا با در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌ها و استفاده از داده‌های تاریخی ریسک‌های ایمنی، بهتر بتوان از قضاوت ذهنی کارشناسان برای تحلیل کمی ریسک‌های ایمنی بهره برد. با توجه به نظرات خبرگان متغیرهای فازی سیستم شامل عدم اطمینان رخداد و اثر نهایی و ریسک در پنج مجموعه فازی، خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد در نرم‌افزار متلب نسخه a ۲۰۱۴ تعریف می‌شوند. همچنین قوانین سیستم بر اساس مصاحبه با مدیران ایمنی پروژه‌های ساخت در استان خراسان رضوی

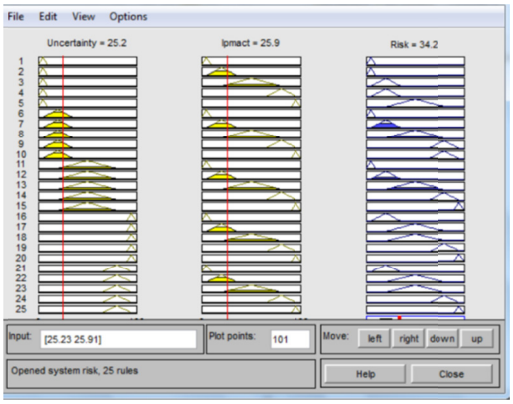


شکل ۲- مقایسه نمونه‌گیری تصادفی (سمت چپ) و طبقه‌ای (سمت راست)

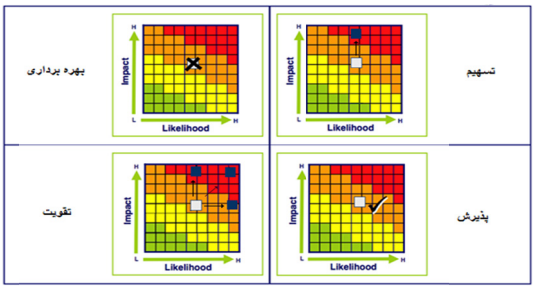


شکل ۳- تولید نمونه‌های تصادفی در هر طبقه از توزیع تجمعی

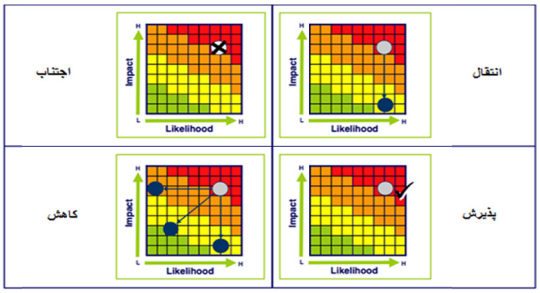
[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]



شکل ۴- سیستم خبره فازی طراحی‌شده



شکل ۵- استراتژی پاسخ به فرصت‌ها



شکل ۶- استراتژی پاسخ به ریسک‌ها

تعیین شده است. با استفاده از سیستم خبره فازی طراحی‌شده در شکل ۴ می‌توان ازآن‌جهت رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت بهره برد تا اقدامات اصلاحی (برنامه پاسخ به ریسک) مطابق با اولویت حاصل‌شده توسط سیستم خبره فازی انجام گیرد.

اقدامات اصلاحی (برنامه‌ریزی پاسخ به ریسک)

مرحله بعدی در فرایند مدیریت ریسک، تصمیم‌گیری درباره نحوه پاسخ‌گویی به ریسک‌های شناسایی‌شده و اولویت‌بندی شده است. در انجام اقدام اصلاحی برای ریسک‌ها می‌بایست بر اساس استراتژی‌های موجود در برابر تهدیدها و فرصت‌ها توجه نمود. استراتژی‌های موجود در برابر ریسک‌ها منفی (تهدیدها) به شرح زیر (شکل ۵ و ۶) می‌باشند [۲۷].

یافته‌ها

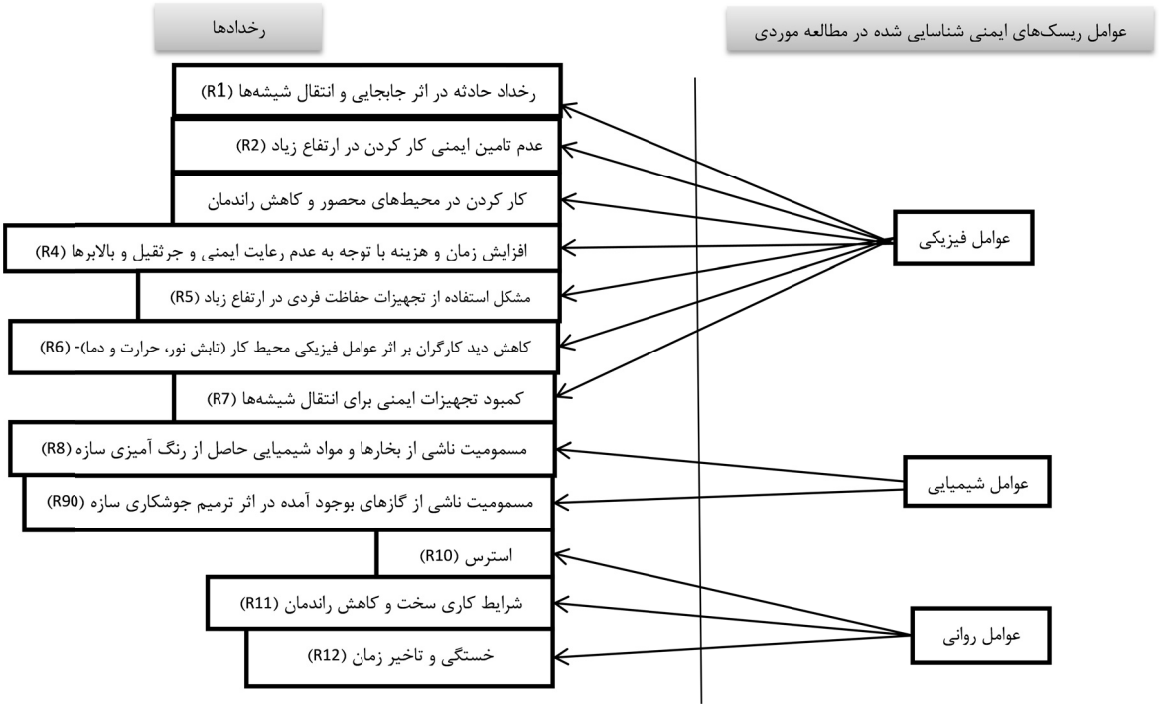
جهت پیاده‌سازی مدل یک مطالعه موردی مربوط به پروژه ساخت و نصب شیشه‌هایی خاص بر روی یک سازه هندسی پیچیده در یک پروژه عمرانی صورت گرفت (شکل ۷). این پروژه در خراسان رضوی واقع در شهر مشهد اجرا گردید. این پروژه ازلحاظ اثر ریسک‌های ایمنی بر اهداف پروژه مطابق مدل ارائه‌شده موردبررسی قرار گرفت. ریسک‌ها و عوامل پروژه با استفاده از تکنیک‌های طوفان فکری توسط تمامی اعضای تیم پروژه و ذینفعان کلیدی، روش دلفی، روش آنالیز ایمنی شغل یا مصاحبه با مدیران ایمنی و خبرگان پروژه شناسایی گردید. در ادامه ریسک‌ها برحسب عوامل ایجاد مخاطرات در شکل ۸ مشخص شدند. در این جلسه محقق نقش تسهیلگر را برای استفاده از اطلاعات و نظرات افراد بدون نگاه انتقادی ایفا نمود. اطلاعات افراد شرکت‌کننده دریافت و ثبت گردید.

مطابق برنامه زمان‌بندی قطعی اولیه پیش‌بینی‌شده بود پروژه در تاریخ ۲۰۱۴/۰۸/۱۱ شروع و در تاریخ ۲۰۱۵/۰۵/۲۱ به مدت ۲۸۴ روز به پایان می‌رسد. همچنین در برنامه قطعی پروژه میزان کل هزینه‌های پروژه به میزان ۹۳۱۰۰ واحد پولی پیش‌بینی شده است.

جدول ۱ مخاطرات شناسایی‌شده در این پروژه، احتمال وقوع هریک از این مخاطرات، اثرات زمانی و هزینه‌ای این مخاطرات قبل و بعد از ارائه برنامه پاسخ به ریسک را بیان می‌کند. با توجه به جدول ۱ و بر اساس استخراج نتایج از سیستم خبره فازی ریسک‌های

شکل ۷- مطالعه موردی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]



شکل ۸– شناسایی عوامل و رخدادهای پیش بینی نشده در پروژه

جدول ۱– مخاطرات شناسایی شده، اثرات زمان و هزینه مخاطرات قبل و بعد از برنامه پاسخ به ریسک

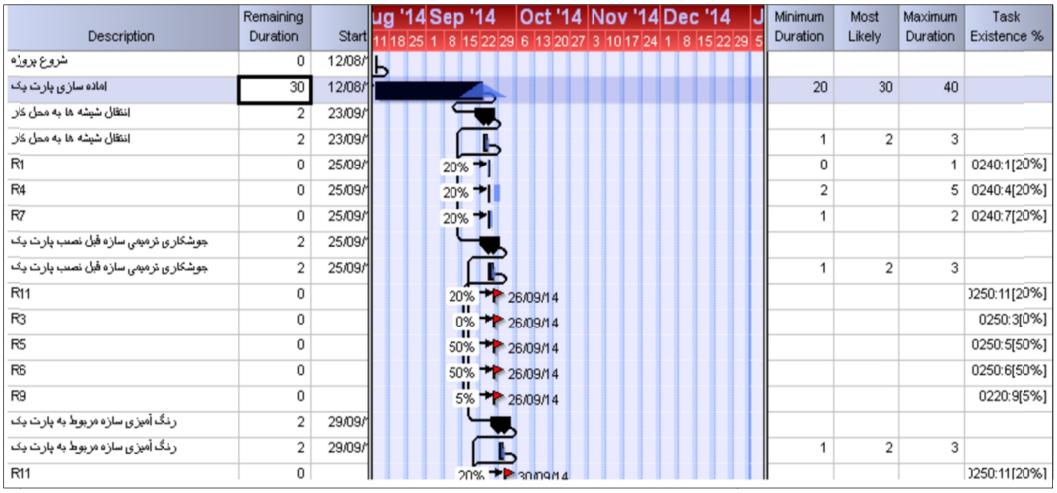
نماد مخاطره شناسایی‌شده	قبل از برنامه پاسخ به ریسک			نمره خروجی	رتبه ریسک	بعد از برنامه پاسخ به ریسک		
	عدم اطمینان	اثر رخداد		سیستم خبره فازی	بر اساس نتایج سیستم	عدم اطمینان	اثر رخداد	
	رخداد واقعه	زمان	هزینه			رخداد واقعه	زمان	هزینه
R1	H	H	N	۸۰	۳	L	L	N
R2	H	VH	N	۹۵	۱	M	M	N
R3	H	L	L	۵۰	۸	N	N	N
R4	M	H	VH	۹۵	۲	L	H	VH
R5	M	L	N	۲۰	۱۰	M	L	N
R6	M	L	N	۲۰	۱۱	M	L	N
R7	M	M	N	۵۰	۶	L	M	N
R8	L	N	N	۵۰	۹	L	N	N
R9	N	N	N	۲۰	۱۲	N	N	N
R10	H	M	N	۸۰	۷	L	M	N
R11	H	N	N	۸۰	۴	L	N	N
R12	H	N	N	۸۰	۵	N	N	N

راهنما: خیلی کم (N)، کم (L)، متوسط (M)، زیاد (H)، خیلی زیاد (VH)

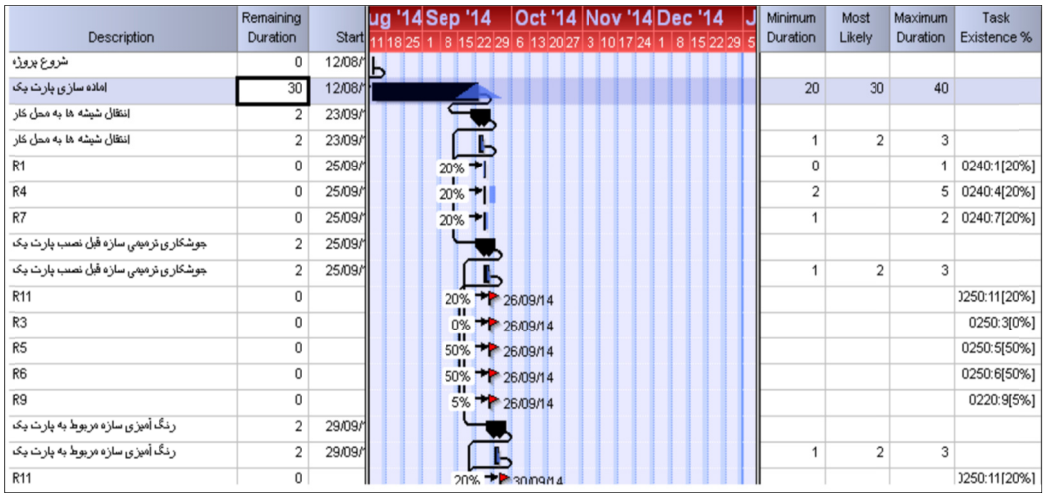
شماره ۲ و ۴ بیشترین اولویت را در پاسخ‌گویی و اجرای اقدامات ایمنی دارند. ریسک‌های شماره ۱، ۱۱ و ۱۲ در رتبه دوم، ریسک‌های ۷، ۱۰، ۳ و ۸ در رتبه سوم و ریسک‌های ۵، ۶ و ۹ در رتبه چهارم قرار گرفتند. با استفاده از روش شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب در نرم‌افزار پرت مستر برنامه زمانی و هزینه پروژه شبیه‌سازی و پیش‌بینی می گردد. عدم قطعیت رخداد ریسک‌های ادغام‌شده در فعالیت‌های پروژه در شکل ۹ مشخص شده است. شکل ۱۰ برنامه ادغامی فعالیت‌ها و ریسک‌های ایمنی پس از تعیین استراتژی‌ها و اجرای اقدامات اصلاحی را نشان می‌دهد.

مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با روش لاتین هایپرکیوب برای تاریخ اتمام پروژه نشان می‌دهد که با احتمال ۸۰ درصد در صورت عدم در نظر گرفتن

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]



شکل ۹- برنامه ادغامی فعالیت و ریسک‌های پروژه قبل از اقدامات اصلاحی



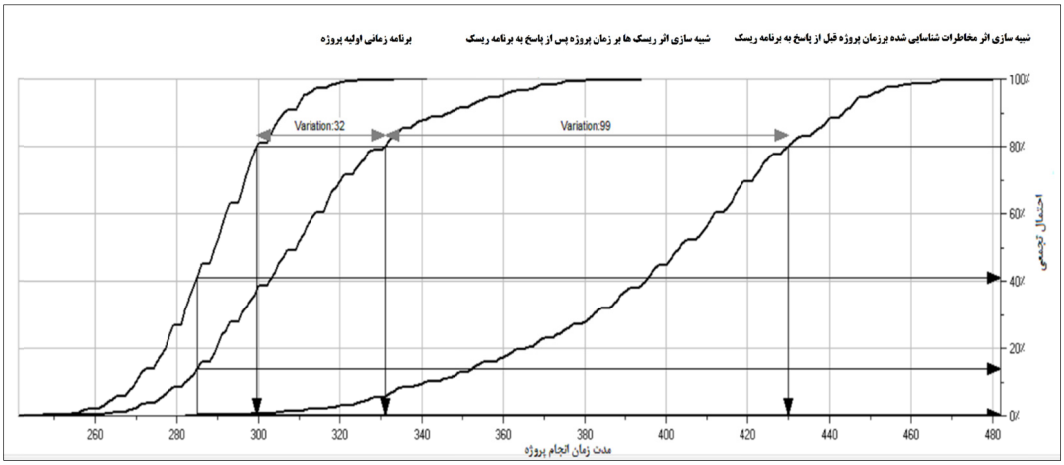
شکل ۱۰- برنامه ادغامی فعالیت و ریسک‌های پروژه بعد از اقدامات اصلاحی

ریسک‌های ایمنی و درنتیجه عدم انجام اقدامات اصلاحی مدت‌زمان تاریخ اتمام پروژه ۱۳۱ روز (۹۹+۳۲) نسبت به برنامه اولیه پروژه با تأخیر مواجه می‌شود اما در صورت اجرای برنامه اقدامات اصلاحی این تأخیر به ۳۲ روز کاهش می‌یابد (شکل ۱۱).

همچنین میزان پیش‌بینی مدت‌زمان برنامه قطعی پروژه با توجه به سه برنامه در جدول ۲ مشخص شده است. مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی با روش لاتین هایپرکیوب برای هزینه‌های نهایی سه برنامه نشان می‌دهد که با احتمال ۸۰ درصد در صورت عدم در نظر گرفتن ریسک‌های ایمنی و درنتیجه عدم انجام اقدامات اصلاحی هزینه نهایی ۲۸۸۷۵ دلار (۱۰۶۲۳+۱۸۲۵۲) نسبت به برنامه اولیه پروژه با افزایش هزینه مواجه می‌شود اما در صورت اجرای برنامه اقدامات اصلاحی این افزایش هزینه به ۱۰۶۲۳ دلار کاهش می‌یابد (شکل ۱۲). همچنین میزان پیش‌بینی هزینه قطعی پروژه با توجه به سه برنامه در جدول ۳ مشخص شده است.

جدول ۲ مقایسات مربوط به شبیه‌سازی و پیش‌بینی مدت‌زمان انجام پروژه را برای برنامه اولیه پروژه، برنامه ادغامی فعالیت‌ها و ریسک‌های ایمنی پروژه پیش از اقدامات اصلاحی (قبل از پاسخ به برنامه ریسک) و برنامه ادغامی فعالیت‌ها و ریسک‌های ایمنی پروژه پس از اقدامات اصلاحی (بعد از پاسخ به برنامه ریسک) را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج حاصل از شبیه‌سازی در جدول ۲ احتمال انجام پروژه برای برنامه اولیه پروژه در مدت‌زمان قطعی ۴۱ درصد امکان‌پذیر است. اما پس از شناسایی ریسک‌های ایمنی احتمال انجام به‌موقع پروژه

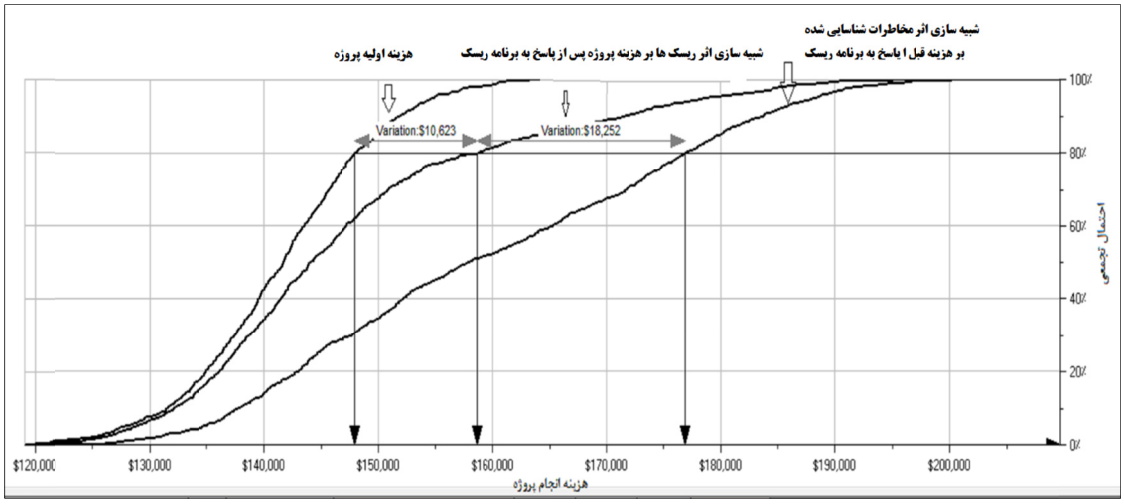
[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]



شکل ۱۱- شبیه‌سازی مدت‌زمان انجام پروژه برای سه برنامه

جدول ۲- نتایج مربوط به پیش‌بینی مدت‌زمان انجام پروژه

برنامه	مدت‌زمان برنامه قطعی	احتمال رخداد برنامه قطعی پروژه	حداقل	حداکثر	میانگین	احتمال ۸۰ درصد
برنامه اولیه پروژه	۲۸۴	٪۴۱	۲۴۱	۳۴۰	۲۸۸	۳۰۰
برنامه ادغامی قبل از پاسخ به ریسک	۲۸۴	<٪۱	۲۸۲	۴۸۱	۳۹۷	۴۳۰
برنامه ادغامی بعد از پاسخ به ریسک	۲۸۴	٪۱۴	۲۴۹	۳۹۳	۳۱۰	۳۳۱



شکل ۱۲- شبیه‌سازی هزینه نهایی پروژه برای سه برنامه

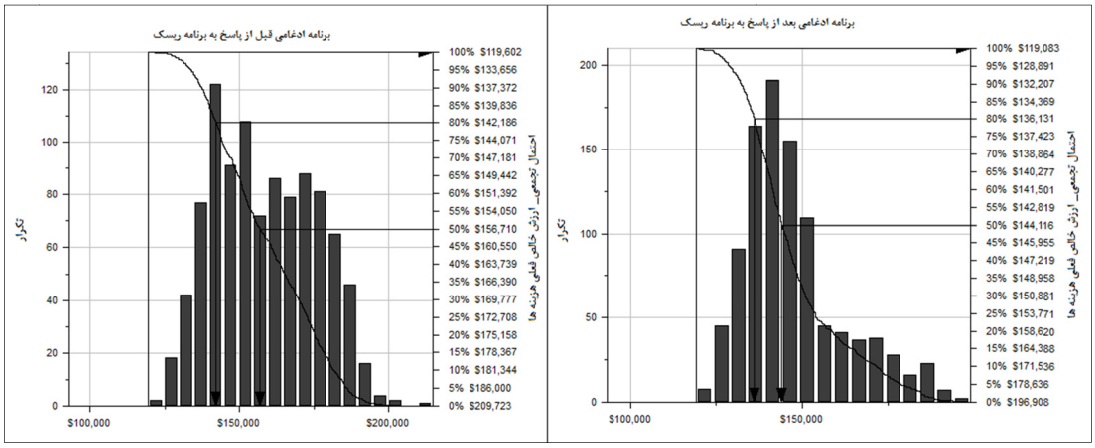
مطابق با برنامه زمان‌بندی قطعی به کمتر از یک درصد تقلیل می‌یابد و در صورت اجرای صحیح اقدامات اصلاحی امکان انجام پروژه برای برنامه اولیه پروژه در مدت‌زمان قطعی ۱۴ درصد امکان‌پذیر است اما به‌احتمال ۸۰ درصد می‌توان به انجام پروژه در مدت‌زمان ۳۳۱ روز و در صورت اجرای برنامه پاسخ به ریسک خوش‌بین بود.

با توجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی با روش لاتین هایپرکیوب پس از ۱۰۰۰ بار تکرار (شکل ۱۳) برای برنامه ادغامی پروژه قبل از برنامه پاسخ به ریسک با احتمال ۸۰ درصد و با در نظر گرفتن نرخ بازگشت داخلی ۲۵ درصد ارزش خالص فعلی هزینه‌ها ۱۴۲۱۸۶ واحد پولی پیش‌بینی می‌گردد. اما در صورت اجرای اقدامات اصلاحی و با در نظر گرفتن نرخ بازگشت

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]

جدول ۳- نتایج مربوط به پیش‌بینی هزینه سه برنامه (دلار)

برنامه	هزینه برنامه قطعی	احتمال رخداد برنامه قطعی پروژه	حداقل	حداکثر	میانگین	احتمال ۸۰ درصد
برنامه اولیه پروژه	۹۳, ۱۰۰	<٪۱	۱۱۹, ۹۴۴	۱۶۴, ۰۸۵	۱۴۱, ۶۱۷	۱۴۷, ۹۹۷
برنامه ادغامی قبل از پاسخ به ریسک	۹۳, ۱۰۰	<٪۱	۱۲۰, ۱۰۹	۲۰۹, ۷۲۳	۱۵۹, ۷۸۶	۱۷۶, ۸۷۲
برنامه ادغامی بعد از پاسخ به ریسک	۹۳, ۱۰۰	<٪۱	۱۱۹, ۰۸۳	۱۹۶, ۹۰۸	۱۴۷, ۶۷۱	۱۵۸, ۶۲۰



شکل ۱۳- پیش‌بینی ارزش خالص فعلی هزینه‌ها قبل و بعد از اقدامات اصلاحی

داخلی ۲۵ درصد ارزش خالص فعلی هزینه‌ها ۱۳۶۱۳۱ واحد پولی پیش‌بینی می‌گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه را می‌توان در موارد ذیل خلاصه نمود:

۱. یکپارچه‌سازی فرایند مدیریت ریسک پروژه بر اساس سیستم تلفیقی پیشنهادی خبره فازی و شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب به مدیران پروژه‌های ساخت کمک می‌کند تا فرایند پیاده‌سازی مدیریت ریسک پروژه شامل شناسایی ریسک‌های ایمنی، تجزیه و تحلیل و برنامه پاسخ به ریسک به صورت یکپارچه در پروژه پیاده سازی شود. با یک دیدگاه کلی، فرآیند مدیریت ریسک پروژه شامل سه مرحله شناسایی، تحلیل ریسک و پاسخگویی به ریسک می‌باشد [۲۲] و مطالعات بدری و همکاران نشان می دهد یکپارچه سازی مراحل شناسایی، ارزیابی و پاسخ به ریسک‌های ایمنی سبب پیاده سازی موثر مدیریت ریسک پروژه می‌شود [۲۸].

۲. در این مطالعه به دلیل ماهیت خاص پروژه‌های ایمنی روش شبیه‌سازی لاتین هایپر کیوب بجای مونت‌کارلو ارائه گردید. روش شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب به دلیل اجرای لایه‌ای و نمونه‌برداری از تمامی طبقات و اجرای سریع‌تر به دلیل تعداد تکرار کمتر مزیت بزرگی دارد. اساس روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو، نمایش ترکیبات تصادفی حالات ممکن از عدم قطعیت‌هایی است که در یک پروژه رخ می‌دهند. در شبیه‌سازی مونت‌کارلو نمونه‌ها از طیف گسترده‌ای از توزیع به‌طور تصادفی به دست می‌آید. این روش نمونه‌برداری کاملاً تصادفی است و بیشتر مشاهدات به میانگین نزدیک هستند و ایجاد خوشه[۲] می‌کنند. در شبیه‌سازی مونت‌کارلو رخدادهایی که از عدم اطمینان بالا برخوردارند به‌طورکلی در نمونه کمتر ایجاد می‌شوند درحالی‌که درروش لاتین هایپرکیوب نمونه‌ها از تمام نقاط توزیع به دست می‌آیند. روش لاتین هایپرکیوب

[2] Clustering

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]

روشی کاملاً تصادفی نیست بلکه یک روش نمونه‌گیری طبقه‌ای است. در این روش، توزیع با احتمال یکسان به فواصلی تقسیم می‌شود و به‌صورت تصادفی در هر فاصله نمونه‌برداری انجام می‌شود و تضمین می‌کند که همه بخش‌های توزیع ازجمله مناطقی که از عدم اطمینان بالا برخوردارند نمونه‌برداری می‌شود [۲۶]. اوون [۲۹] ثابت کرده است که واریانس تعداد نقاط لازم ((n(t)) در روش لاتین هایپرکیوب، VLHS، نسبت به واریانس تعداد نقاط لازم برای ایجاد نمونه در روش مونت‌کارلو (VMC) کمتر است. روش شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب قادر است تعداد اجراهای لازم برای اجرای باثبات شبیه‌سازی مونت‌کارلو را کاهش دهد. روند پیاده‌سازی فرآیند شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب سریع، ساده و آسان به است. لایه‌ای بودن این فرایند شبیه‌سازی کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که شبیه‌سازی مونت‌کارلو است در تمام طول توزیع‌های متغیر اجرا شود. بنابراین روش لاتین هایپرکیوب از مونت‌کارلو کارایی برتری دارد چون به تعداد تکرار کمتری نیاز داردروش شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب به دلیل نمونه‌برداری از تمامی طبقات و اجرای سریع‌تر به دلیل تعداد تکرار کمتر مزیت بزرگی دارد. این روش سبب می‌شود که پیامدهایی که عدم اطمینان رخداد پایین دارند نیز در شبیه‌سازی لحاظ نماید[۲۶]. مطالعاتی که در حوزه ریسک انجام شده است نشان داده است که استفاده از روش شبیه‌سازی لاتین هایپرکیوب نسبت به روش مونت کارلو سبب ارزیابی بهتر و دقیق ریسک‌های ایمنی صنعتی و بهداشت حرفه‌ای می‌شوند [۳۰]. طبقه‌بندی توزیع‌های احتمال ورودی باعث می‌شود که شرایط و پیامدهایی که در آن عدم اطمینان رخداد آن‌ها پایین است نیز ارزیابی شود.

۳. ایجاد یک سیستم خبره فازی جهت اولویت‌بندی ریسک‌ها سبب می‌شود تا رتبه‌بندی ریسک‌ها به‌طور نظام‌مند صورت بگیرد و پاسخ‌گویی به ریسک‌های ایمنی شناسایی‌شده بر اساس اولویت مشخص شده توسط سیستم خبره فازی صورت گیرد. همچنین اولویت بندی ریسک‌های ایمنی از طریق سیستم‌های خبره فازی و قابلیت این سیستم در پاسخ‌دهی سریع و در اسرع وقت سبب می‌شود تا جنبه‌های پیچیده‌ای را در مدت‌زمان بسیار کمی موردبررسی قرار داد .

مطالعات نشان داده است که استفاده از رویکردهای منطق فازی در اولویت‌بندی ریسک‌های ایمنی یک روش کاربردی در رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای می باشد [۲].

۴. مطالعات صورت گرفته در حوزه ایمنی عمدتاً مدل‌های و کمی مفهومی هستند که شامل بررسی کلی تأثیرات عدم اطمینان بر پروژه‌ها می باشند و عمده ضعف این مطالعات عدم لحاظ و تبیین اثرات ریسک‌ها بر اهداف کمی پروژه از جمله زمان و هزینه می باشند. بررسی و مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی اثرات ریسک‌های شناسایی شده بر فعالیت‌های پروژه برای پیش‌بینی مدت‌زمان،هزینه و ارزش خالص فعلی هزینه‌های پروژه با روش شبیه‌سازی ارتقا یافته مونت‌کارلو یعنی لاتین هایپرکیوب مشخص نمود که عدم توجه به اثر ریسک‌های ایمنی و عدم پاسخ‌گویی مناسب به این ریسک‌ها مدت‌زمان اجرای پروژه را با تأخیر و هزینه‌های اضافی مواجه می‌کند.

کار برای آیندگان

در این مقاله مدل پیشنهادی تنها در یک پروژه موردبررسی قرار گرفت. آیندگان می‌توانند به ارائه مدلی برای ترکیب و پیاده‌سازی مدل پیشنهادی این مقاله در حوزه مدیریت پروژه سازمانی (حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ پروژه) و به مدل سازی اثرات ریسک‌های ایمنی بر ابعاد وسیعی از پروژه‌های عمرانی و ارتباطات بین آن‌ها بپردازند. همچنین در زیر فرایند شناسایی ریسک‌های ایمنی، محققین داخلی می‌توانند با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی وسایر روش‌های آماری خصوصیات مهم خطرات شغلی در صنعت و پروژه‌های ساخت‌وساز در ایران را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دهند.

References

1. Amirbahmani A, Vosoughi S, Alibabaei A. Assessment of the Relationship between worker's safety climate and safety performance in construction projects. Iran Occup Health J. 2018;15(3):19-30.

2. Yarahmadi R, Shahkohi F, Taheri F, Moridi P. Priority of Occupational Safety and Health indexes Based on the Multi Criteria Decision Making in Construction Industries. Iran Occup Health J. 2016;12(6):39-47.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]

3. Pinto A, Nunes IL, Ribeiro RA. Occupational risk assessment in construction industry–Overview and reflection. Safe Sci. 2011;49(5):616-24.
4. INE IdE. Statistical yearbook of Portugal 2007. 1 vols. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, IP. 2008.
5. Leigh PJ, Miller TR. Ranking occupations based upon the costs of job-related injuries and diseases. J Occup Enviro Med. 1997;39(12):1170-82.
6. Dement JM. Workers' compensation experience of North Carolina residential construction workers, 1986-1994. Appl Occup Enviro Hyg. 1999;14(2):97-106.
7. Waehrer GM, Dong XS, Miller T, Men Y, Haile E. Occupational injury costs and alternative employment in construction trades. J Occup Enviro Med. 2007;49(11):1218-27.
8. Lipscomb HJ, Glazner JE, Bondy J, Guarini K, Lezotte D. Injuries from slips and trips in construction. Appl Ergonom. 2006;37(3):267-74.
9. Harms-Ringdahl L. Safety analysis: principles and practice in occupational safety: CRC Press; 2003.
10. Lee S, Halpin DW, Chang H. Quantifying effects of accidents by fuzzy-logic-and simulation-based analysis. Canad J Civil Engineer. 2006;33(3):219-26.
11. Hagigi M, Sivakumar K. Managing diverse risks: An integrative framework. J Int Manag. 2009;15(3):286-95.
12. Lafuente E, Abad J. Analysis of the relationship between the adoption of the OHSAS 18001 and business performance in different organizational contexts. Safe Sci. 2018;103:12-22.
13. Siegel PH, De Korvin A, Omer K. Applications of fuzzy sets and the theory of evidence to accounting: Jai Press; 1995.
14. PMI, editor A guide to the project management body of knowledge2008: Project management institute.
15. Jannadi OA, Almishari S. Risk assessment in construction. J Construct Engineer Manag. 2003;129(5):492-500.
16. Baradan S, Usmen MA. Comparative injury and fatality risk analysis of building trades. J Construct Engineer Manag. 2006;132(5):533-9.
17. Hallowell MR. A formal model for construction safety and health risk management: Oregon State University; 2008.
18. Gürcanli GE, Müngen U. An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets. Int J Indust Ergonom. 2009;39(2):371-87.
19. Rozenfeld O, Sacks R, Rosenfeld Y, Baum H. Construction job safety analysis. Safe Sci. 2010;48(4):491-8.
20. Benjaoran V, Bhokha S. An integrated safety management with construction management using 4D CAD model. Safe Sci. 2010;48(3):395-403.
21. Wu W, Yang H, Chew DA, Yang SH, Gibb AG, Li Q. Towards an autonomous real-time tracking system of near-miss accidents on construction sites. Automat Construct. 2010;19(2):134-41.
22. Badri A, Gbodossou A, Nadeau S. Occupational health and safety risks: Towards the integration into project management. Safe Sci. 2012;50(2):190-8.
23. Aminbakhsh S, Gunduz M, Sonmez R. Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. J Safe Res. 2013;46:99-105.
24. McKay MD, R.J. Beckman, and W.J. Conover. A Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code. Technometr (Am Stat Assoc). 1979;21 (2):239–45.
25. Iman RL, Helton JC, Campbell JE. An approach to sensitivity analysis of computer models, Part 1. Introduction, input variable selection and preliminary variable assessment. J Qual Technol. 1981;13 (3): 174–83.
26. Zio E. The Monte Carlo Simulation Method for System Reliability and Risk Analysis. 2013.
27. PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge: Project Management Institute; 2008.
28. Badri A, Nadeau S, Gbodossou A. Proposal of a risk-factor-based analytical approach for integrating occupational health and safety into project risk evaluation. Accid Analys Prev. 2012;48:223-34.
29. Owen AB. Monte Carlo variance of scrambled equidistribution quadrature. Siam J Numer Anal. 1997;34:1884–910.
30. Zare Mehrjerdi Y, Haqiqat E. Developing a conceptual model based upon the Latin Hypercube Sampling for integrating OHS into project risk evaluation. Int J Indust Engineer Product Res. 2015;26(4):229-41.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-07-11]