Quarterly Journal Occupational Medicine
Vol. 12, No.1, Spring 2020
Pages: 13-23

فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۱۲، شماره۱، بهار ۱۳۹۹
صفحه: ۲۳-۱۳

شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی با رویکرد ترکیبی FMEA و TOPSIS فازی

سعید امام قلی زاده[1*]، سید امیر حسینی[2]

چکیده

مقدمه: یکی از بخش‌های مهم اقتصاد کشور که ظرفیت بالائی در ایجـاد فرصت‌های شغلی دارد، پروژه‌های ساختمانی می‌باشد. پروژه‌های ساختمانی به‌عنوان جزئی از مجموعه عظیم و استراتژیک پروژه‌های عمرانی بوده که متأسفانه به دلیل بی‌توجهی به مقوله ایمنی، سهم عمده‌ای از حوادث ناشی از کار را به خود اختصاص داده است. یکی از مهم‌ترین مسائلی که می‌تواند در ایجاد این حوادث در پروژه‌های ساختمانی دخیل باشد؛ ضعف یا فقدان مدیریت ارزیابی ریسک به‌صورت جامع و کارآمد می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر، شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی با رویکرد ترکیبی FUZZY FMEA و FUZZY TOPSIS می‌باشد.

روش بررسی: پژوهش از نوع توصیفی- پیمایشی و از نظر هدف کاربردی محسوب می‌گردد. مطالعه به‌صورت موردی روی پروژه احداث شهرک قصردریا واقع در شهرستان محمودآباد در سال ۱۳۹۴ پرداخته شده است. جمع‌آوری داده‌ها از طریق میدانی روی جامعه آماری شامل مدیران پروژه، مهندسان ناظر و مجری و متخصصان در زمینه ایمنی ساختمان انجام گردید. سپس داده‌ها در نرم‌افزارهای MATLAB, EXCEL محاسبه شده و خروجی دو روش FUZZY FMEA و FUZZY TOPSIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج: ریسک‌های شناسایی‌شده، طی پرسش‌نامه در اختیار متخصصان و خبرگان در زمینه‌ی ایمنی ساختمان قرار گرفت. مهم‌ترین ریسک‌هایی که از روش FUZZY TOPSIS استخراج‌شده مربوط به برخورد بازوی جرثقیل با ساختمان و لغزیدن و سقوط افراد از روی رمپ راه‌پله می‌باشد. در روش FUZZY FMEA ریسک‌های مربوط به سقوط افراد از لبه گودبرداری، لغزیدن و سقوط از روی رمپ راه‌پله و سقوط از روی داربست و جایگاه‌های کار دارای بالاترین رتبه می‌باشند.

نتیجه‌گیری: مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی‌شده صنعت ساختمان از دو روش، شامل سقوط افراد از لبه گودبرداری، لغزیدن و سقوط از روی رمپ راه‌پله و سقوط از روی داربست، جایگاه‌های کار، برخورد بازوی جرثقیل با ساختمان و لغزیدن و سقوط افراد از روی رمپ راه‌پله می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ریسک ایمنی، پروژه‌های ساختمانی، منطق فازی، FUZZY FMEA، FUZZY TOPSIS

[1*] استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه شمال، آمل، ایران
[2] مهندسی صنایع- مدیریت سیستم و بهره‌وری، دانشگاه شمال، آمل، ایران
* نویسنده مسئول: تلفن تماس:۰۹۱۱۱۱۹۷۲۱۳، پست الکترونیک: gholizadehsaeid@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۰

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]

مقدمه

صنعت ساختمان به دلیل پیچدگی ماهیت کار و شرایط غیر ایمنی در محیط کار، که نرخ رخداد حوادث در آن بسیار زیاد می باشد، جز صنایع پر ریسک به شمار می آید (۱). تغییرات بسیار زیاد در محیط کار، استفاده از منابع متعدد، شرایط کار نامناسب، کاهش امنیت شغلی، نامساعد بودن محیط کار (مواردی همچون صدا، گرد و غبار، شرایط بد آب و هوایی و جابجایی وسایل سنگین) و موجب افزایش این خطرات در این صنعت شده است (۲). به‌طوری‌که نرخ رخداد حوادث مرگبار و غیر کشنده در این صنعت زیاد می‌باشد. استفاده از ماشین‌آلات سنگین مانند کامیون‌ها و بولدوزرها و غلتک‌ها، سبب ایجاد محیط غیر ایمن برای فعالیت شاغلین بخش ساختمان‌سازی شده است. همچنین ریسک‌هایی از قبیل؛ ریسک حریق و انفجار، ریسک مربوط به جریان الکتریکی، ریسک‌های تجهیزات ساختمانی، ریسک‌های مربوط به نصب و بهره‌برداری داربست و جایگاه‌های کار، ریسک‌های مربوط به احداث اسکلت و کار در ارتفاع و ریسک‌های مربوط به عملیات گودبرداری و اجرای فونداسیون می‌توان اشاره کرد (۳).

بر اساس اطلاعات منتشره موسسه صنایع ساختمان، نرخ رخداد حوادث در صنعت ساختمانی ۵۰ درصد بالاتر از سایر صنایع است. در کشور آمریکا در طول هرروز کاری سه یا چهار مورد مرگ بر اساس حوادث ناشی از صنعت ساختمان‌سازی روی می‌دهد (۴). این صنعت دارای نرخ مرگ‌ومیر بالایی است (۱۲ الی ۳۶ مورد مرگ به ازای هر ۱۰۰ هزار کارگر) همچنین نرخ حوادثی که منجر به ازکارافتادگی کارگران نیز می‌شود در این صنعت بسیار بالا می‌باشد (۵).

سالانه ۱۰۸۰۰۰ حادثه منجر به فوت در سراسر دنیا در کارگاه‌های ساختمانی روی می‌دهد که معادل ۳۰ درصد از کل حوادث شغلی منجر به فوت است. در بعضی از کشورها بخش اعظمی از تولید ناخالص ملی (ژاپن ۱۷ درصد و انگلستان ۱۰ درصد) صرف هزینه‌های ناشی از حوادث و صنایع ساختمانی می‌شود (۶). طبق آمار اعلام‌شده از سازمان تأمین اجتماعی ایران به تفکیک کد فعالیت اقتصادی در سال ۱۳۹۱، در صنایع ساختمانی ۵۴۷۹ حادثه ناشی از کار به ثبت رسیده که سهمی معادل۲۶/۶۹ درصد از کل حوادث ناشی از کار در کشور را دارد (۷).

صنایع ساختمانی به دلیل نرخ رخداد حوادث زیاد در طبقه‌بندی صنایع با ریسک بالا قرار دارد (۸).

ایم و همکاران در مطالعه انجام شده نشان دادند که در میان ۴۳۳۳ حادثه منجر به فوت ثبت‌شده در صنایع ساختمانی کشور کره، در سال ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۴ سقوط از ارتفاع با ۲۲۸۳ مورد (درصد ۵۲/۷)، فروریختن سازه ۴۱۷ مورد (۹/۶ درصد)، برق‌گرفتگی ۴۱۵ مورد (۹/۶ درصد)، برخورد با اشیا ۳۷۴ مورد (۸/۶درصد)، برخورد با وسایل نقلیه در محیط کارگاه ۳۵۵ مورد (۸/۲ درصد)، برخورد کردن اشیا ۱۲۲ مورد (۲/۸ درصد)، آتش‌سوزی ۸۲ مورد (۱/۹درصد)، سقوط به سطح هم‌تراز ۶۲ مورد (۱/۴درصد) و انفجار با ۳۳ مورد (۰/۰۸ درصد) از دلایل اصلی حوادث شغلی منجر به فوت در صنایع ساختمان‌سازی می‌باشد (۹).

در این پژوهش؛ بر طبق اصول سیستماتیک مدیریت ریسک، ابتدا ریسک‌های موجود در پروژه‌های ساختمانی بر طبق تکنیک آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن (failure FMEA:Mode and Effects Analysis) شناسایی‌شده و برابر عدد ریسک RPN رتبه‌بندی می‌شوند. به دلیل ماهیت پیچیده و وجود عدم قطعیت‌های فراوان به هنگام اجرا در پروژه‌های ساختمانی؛ می‌طلبد که ریسک‌های موجود در فضای غیرقطعی تحلیل شود تا باعث افزایش کارایی بهتر پژوهش گردد. بر این اساس؛ در این پژوهش از منطق فـازی و ماهیت چند ارزشی آن بهره گرفته شده تا نسبت به شاخص‌ها و عنـاصر تشکیل‌دهنده قضاوت صورت گیرد؛ بنابراین از تکنیک FUZZY TOPSIS: Technique for order-preference by similarity to Ideal Solution. برای ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی در پروژه ساختمانی با تلفیق رویکرد تجزیه و تحلیل حالات بالقوه خرابی و آثار آن استفاده خواهد شد.

ریسک

تحولات عمده در محیط کسب و کار، مثل جهانی‌شدن کسب و کار و سرعت بالای تغییرات در فناوری، باعث افزایش رقابت و دشواری مدیریت در سازمان‌ها گردیده است. در این شرایط سخت و خاص و پیچیده مدیریت ریسک مؤثر بر ریسک‌های موجود، بخش مهمی از فرایند تصمیم‌گیری را تشکیل می‌دهد. به عبارت دیگر عدم اطمینان محیطی و شدت رقابت سازمان‌ها و مدیران، آن‌ها را با چالش‌های متعدد مواجه ساخته است. برای مدیریت

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]

مؤثر این چالش‌ها، رویکردهای نوین مدیریت و شایستگی‌های خاص طرح و توصیه شده است. شناسایی و مدیریت ریسک یکی از رویکردهای جدید است که برای تقویت و ارتقای اثربخشی سازمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰).

انواع مختلف ریسک

در حال حاضر، اصطلاح ریسک به‌صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی مخاطبان مختلف اغلب تعبیرهای نسبتاً مختلفی از آن دارند (۱۱). برای مثال، شیوه ارتباط ریسک با فرصت به شرایط تلقی ریسک بستگی دارد. بعضی اوقات، یک وضعیت هم فرصت سودآوری و هم امکان بالقوه زیان را فراهم می‌سازد. ولی در موارد دیگر، فرصت سودآوری وجود ندارد، تنها امکان بالقوه زیان موجود است؛ بنابراین ریسک می‌تواند دارای دو نوع تقسیم فرعی دیگر ریسک سودا گرانهSpeculative risk و ریسک خطرناک Dangerous risk باشد.

در ریسک سوداگرانه، شما می‌توانید یک سودآوری تحقق یافته یا بهبودی در روال شرایط نسبت به وضع موجودتان داشته باشید. در مقابل، ریسک خطرناک فقط یک امکان بالقوه زیان به همراه دارد و هیچ فرصتی برای بهبود روال شرایط فراهم نمی‌سازد. برای مثال، به چگونگی در نظر گرفتن امنیت، به‌عنوان یک ریسک خطرناک توجه کنند. فرض کنید که شما نگران محافظت از اشیاء باارزشی باشید که در خانه نگهداری می‌شوند. هدف اصلی شما در این مثال، اطمینان از عدم دستبرد به اشیاء موجود در منزل شما بدون اطلاع و اجازه از جانب شماست. بعد از بررسی میزان کیفیت امنیت اشیاء، امکان دارد که شما تصمیم به نصب یک سیستم امنیتی در منزلتان به‌منظور جلوگیری از ورود دزد و سرقت اشیاء بگیرید. توجه کنید که هدف در این مثال، طبق تعریف، تنها تمرکز ریسک بر روی محدوده امکان بالقوه زیان است. در اکثر شرایط مناسب، شما تنها آنچه را که هم‌اکنون مالک آن هستید، محافظت می‌کنید؛ و هیچ امکان بالقوه‌ای برای سودآوری وجود ندارد (۱۲).

ارزیابی ریسک

امروزه استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک در صنایع مختلف رو به گسترش است. به‌طوری‌که در حال حاضر بیش از ۷۰ نوع مختلف کیفی و کمی روش ارزیابی ریسک در دنیا وجود دارد. این روش‌ها معمولاً برای شناسایی، کنترل و کاهش پیامدهای خطرات به کار می‌رود. عمده روش‌های موجود ارزیابی ریسک روش‌های مناسب جهت ارزیابی خطرات بوده و نتایج آن‌ها را می‌توان جهت مدیریت و تصمیم‌گیری در خصوص کنترل و کاهش پیامدهای آن بدون نگرانی به کار برد، هر یک از صنایع بسته به نیاز خود می‌تواند از روش‌های مذکور بهره لازم را کسب کند. این روش‌ها نسبت به یکدیگر دارای مزایا و معایب مختلف می‌باشد. لذا یکی از وظایف سیستم‌های ایمنی و بهداشت موجود در هر صنعت (HSE) بررسی کلیه روش‌های ارزیابی ریسک‌ها و خطرات و انتخاب روش مناسب جهت اجرا در صنعت و سازمان متبوع خود می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان گفت که از نوع روش استفاده شده در ارزیابی ریسک و عمق ارزیابی آن تا حدی می‌توان به توانایی سیستم ایمنی موجود و در نتیجه نحوه مدیریت ایمنی در صنعت مذکور پی برد.

معمولاً سطح ریسک قابل قبول برای هر سازمان یا هر فرد متفاوت بوده و بستگی به منابع مالی و اقتصادی، محدودیت‌های تکنولوژیکی، عوامل انسانی مجرب، صلاحدید و تصمیم مدیریت ریسک‌های زمینه‌ای مثل ریسک‌های مخفی دارد.

سازمان‌ها معمولاً نیاز به سیستمی دارند که علاوه بر ارزیابی فعالیت‌ها و فرآیندشان بتواند در خصوص وضعیت ریسک، تعیین معیارهای ریسک قابل‌تحمل و مشخص نمودن دقیق ریسک فرآیندهایشان و... آنان را رهنمون نماید که بسته به پیچیدگی فعالیت هر صنعت نوع سیستمی که بتواند آنان را به هدف مذکور برساند متفاوت است. لذا سازمان‌ها باید بتوانند از نوع روش‌های ارزیابی ریسک، یکی یا تلفیقی از چند مورد را انتخاب نمایند. در برخی از موارد و جهت پاره‌ای از فرآیندهای حساس به‌خصوص در صنایع شیمیایی تولید محصولات انفجاری و احتراقی بایستی قبل از تعیین نوع روش، کلیه روش‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و بهترین روش با توجه به منابع مالی، نیاز به اطلاعات کیفی یا کمی، محدودیت زمان، محدودیت نیروی انسانی کارآزموده، نوع کاربرد، روش شناسایی ریسک، مزایا و معایب هر یک از سیستم‌های مذکور انتخاب نمایند.

اصولاً تجزیه و تحلیل سیستم‌ها یک روش پر مهارت بوده و بایستی توسط تیم کاملی از کارشناسان که نسبت به سازمان خود شناخت کامل دارند، صورت پذیرد. انتخاب درست روش شناسایی ریسک به کارایی روش انتخابی و

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]

تعیین دقیق ریسک‌ها می‌انجامد، همچنین درصورتی‌که ریسک هر فرآیند به‌درستی شناخته شده باشد، تعیین ریسک قابل قبول و اقدامات اصلاحی جهت کاهش ریسک، ملموس‌تر است (۱۳).

مدیریت ریسک

ریسک پروژه جز لاینفک هر پروژه است، لذا می‌بایست مدیریت شود. مدیریت صحیح ریسک، پیش‌نیاز تسهیل شرایط بحرانی پروژه می‌باشد و ضرورت دستیابی به علوم وابسته و گسترش این علوم آشکار است. مدیریت ریسک پروژه عبارت است از کلیه فرآیندهای مرتبط با شناسایی، تحلیل و پاسخگویی به هرگونه عدم اطمینان که شامل حداکثر سازی نتایج رخدادهای مطلوب و به حداقل رساندن نتایج نامطلوب می‌باشد. در واقع می‌توان گفت مدیریت ریسک رویکردی نوین در راستای ارتقای اثربخشی سازمان‌ها بوده که با توجه به ماهیت نامطمئن پروژه‌ها و لزوم صرف بهینه منابع پروژه از اهمیت انکارناپذیری برخوردار است (۱۴). ریسک‌های ایمنی یکی از موارد کلیدی مدیریت ریسک می‌باشد. عوامل خطر می‌توانند برای مدت‌های طولانی وجود داشته باشند، بدون آنکه حادثه‌ای رخ دهد. هدف کلی مدیریت ریسک افزایش فرصت‌ها و کاهش عواقب ریسک هر رویداد می‌باشد.

کاهش ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی

صنعت ساخت‌وساز یکی از خطرناک‌ترین صنایع ازنظر تلفات مربوط به کار، نرخ آسیب‌دیدگی و پرداخت غرامت به کارگران شناخته شده است. در این صنعت صدمات کشنده، آسیب‌های جدی شغلی و زمان ازدست‌رفته کار با توجه به طبیعت منحصربه‌فرد آن رخ می‌دهد. طبق آمار وزارت کار و امور اجتماعی در سال‌های اخیر در کشورمان از کل حوادث به وجود آمده در صنایع به‌طور متوسط حوادث کارگاه‌های ساختمانی، ۴۴ درصد را به خود اختصاص داده است؛ بنابراین توجه به ایمنی و کاهش حوادث ایمنی در این صنعت ضروری به نظر می‌رسد. روش تجزیه و تحلیل بالقوه خطا و اثرات آن (FMEA) می‌تواند در شناسایی همه حالت‌های شکست، ارزیابی تأثیر آن‌ها و برنامه‌ریزی برای اقدامات اصلاحی کمک کند.

مدیریت ایمنی ابزار تصمیم‌گیری در بهبود عملکرد مستمر یک سیستم است که در آن حفظ جان انسان‌ها به‌عنوان هدف غایی تعریف می‌شود. در پروژه‌های ساختمانی نیز بخش ایمنی همواره جایگاه خاصی داشته است ولیکن امروزه با توجه به شناسایی و بروز انواع خطرات و بحران‌های ناشی از آنکه تا پیش‌ازاین از یک‌سو برخورد با آن‌ها در سیستم ایمنی تعریف‌نشده بود و از سوی دیگر در حد توان بخش ایمنی سازمان نبوده است، مطرح گردید. جهت مقابله با این خطرات از شیوه‌ی مدیریت ریسک و مدیریت بحران در سطوح بالای سازمان به‌صورت غیر منسجم استفاده می‌گردد.

جهت برخورد ساختاریافته با خطرات و حوادث ناشی از آن لازم است تا از مدیریت ایمنی، بحران و ریسک در کنار یکدیگر استفاده شود (۱۵).

ممیزی و ارزیابی ایمنی از اولین مراحل اساسی است که به‌عنوان یک روش پیشگیرانه قلمداد می‌شود. داشتن خطی مشی واضح جهت نیل به هدف اساسی کنترل و کاهش خطرات و متعاقباً ریسک ناشی از آن، ضروری است و باید اطلاع حاصل نمود که چه مقدار از سیاست‌ها و خطی مشی‌های موجود راهگشا است و چه تکمیل آن لحاظ نمود (۱۶). مطالعه پرونده‌های بررسی‌شده در زمینه حوادث ناشی از کار و تطبیق علل آن‌ها با ضوابط قانونی بالاخص آئین‌نامه حفاظتی کارگاه‌های ساختمانی مصوب شورای عالی حفاظت فنی و مقررات ملی ساختمان (مبحث دوازدهم) ریسک‌های ایمنی استخراج شدند. جهت تائید و افزایش روایی تحقیق از نظرات متخصصان و خبرگان در این امر بهره‌مند شده و نهایتاً ۲۱ ریسک شناسایی گردید. البته از میان فاکتورهای ریسک اولیه، آن‌های که همپوشانی داشتند؛ به‌صورت یک ریسک ابراز شدند (۱۷).

روش بررسی

در این پژوهش به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی با رویکرد ترکیبی FMEA و TOPSIS فازی با مطالعه موردی روی پروژه احداث شهرک قصردریا واقع در شهرستان محمودآباد در سال ۱۳۹۴ پرداخته شده است. با توجه به اینکه هدف اصلی این تحقیق، چگونگی کاربرد ترکیبی روش‌های FMEA و Fuzzy TOPSIS برای شناسایی و ارزیابی ریسک ایمنی در پروژه‌های ساختمانی بوده، روش گردآوری اطلاعات و داده‌ها از نوع تحقیقات توصیفی-پیمایشی محسوب

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

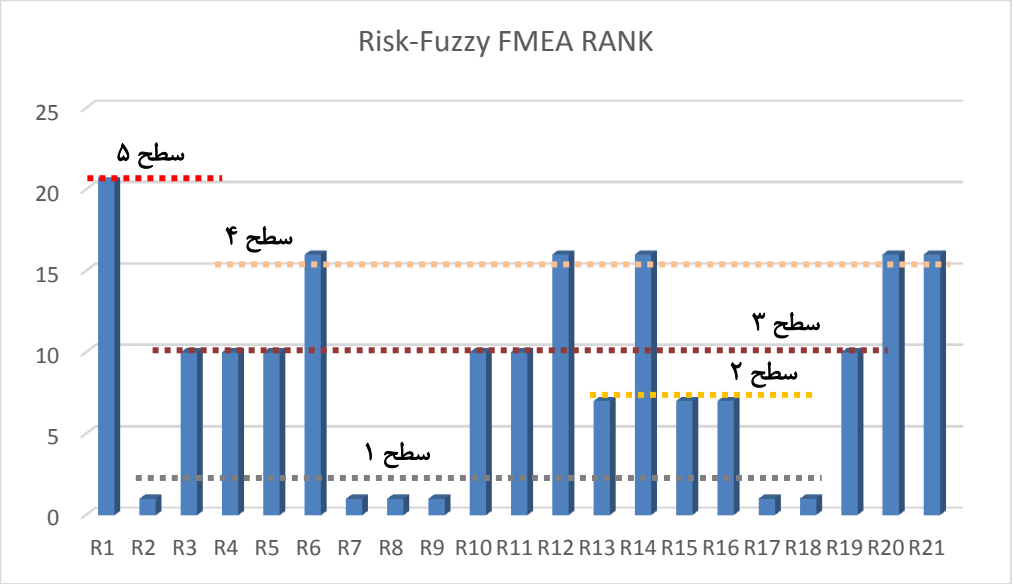
[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]

می‌گردد. از نظر هدف نیز پژوهش حاضر از نوع کاربردی است. جامعه آماری مورد مطالعه در این پژوهش مدیران پروژه، مهندسان ناظر و مجری و متخصصان در زمینه ایمنی ساختمان در پروژه‌های ساختمانی می‌باشند. برای جمع‌آوری داده‌ها از طریق میدانی اقدام شده؛ سپس در نرم‌افزارهای MATLAB, EXCEL محاسبه شده و خروجی دو روش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

نتایج FMEA فازی

در نمودار ۱ رتبه ریسک‌های ایمنی محاسبه شده با روش FMEA فازی را مشاهده می‌کنید. با استفاده از نمودار میله‌ای می‌توان ریسک‌های ایمنی را به چند سطح تقسیم کرد. سطح یک مربوط به ریسک کد R1 (ریزش دیواره گودبرداری و ساختمان‌های هم‌جوار) است که دارای کمترین اهمیت می‌باشد. در سطح بعدی ریسک‌های R6، R12، R14، R20 و R21 قرار دارند. سطح سوم مربوط به ریسک‌های R3، R4، R5، R10، R11 و R19 می‌باشد. ریسک‌های R13، R15 و R16، ریسک‌های سطح دوم بوده و R2، R7، R8، R9، R17 و R18 مهم‌ترین ریسک‌هایی بوده‌اند که با روش FMEA فازی در سطح اول اهمیت قرار گرفته‌اند.



نمودار ۱. نمودار رتبه ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی محاسبه شده با روش FMEA فازی

بررسی نتایج TOPSIS فازی

همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌نمایید ریسک‌های R1، R2، R5، R6، R11، R12، R14، R16، R19،R20 و R21 از نیم دیگر ریسک‌های ایمنی دارای اهمیت کمتری می‌باشند و در صورت محدودیت در منابع و شرایط مقتضی می‌توان، با اتکا به نتایج TOPSIS فازی، اولویت تخصیص منابع و امکانات را به سایر ریسک‌ها داد.

بررسی نتایج FMEA و TOPSIS فازی و قطعی

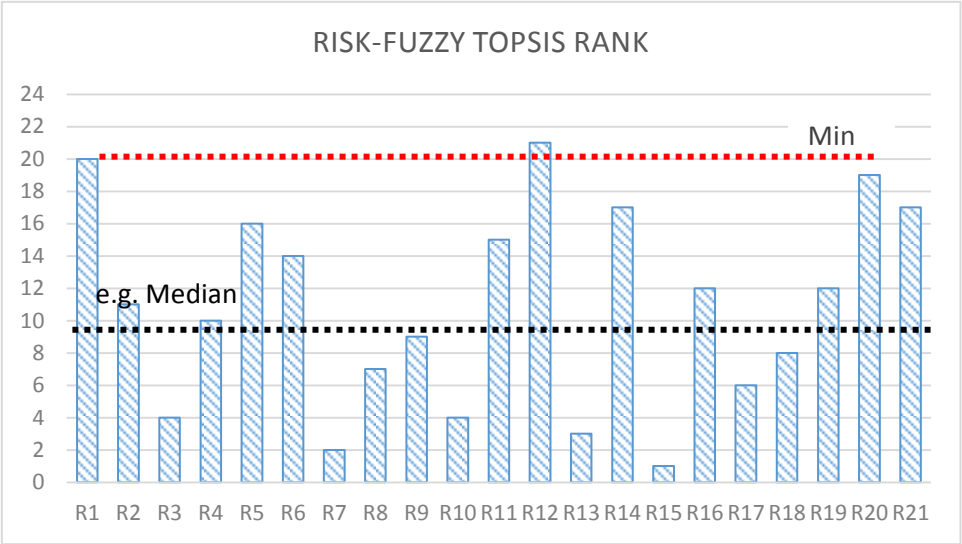
در دو نمودار ۱ و ۲ به بررسی رتبه ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی با منطق فازی پرداختیم. در این قسمت جهت مقایسه نتایج در حالت فازی و قطعی هر روش، نمودارهای ۳ و ۴ رسم شده‌اند. با دقت در نمودارهای میله‌ای رویکردهای فازی و قطعی هر دو روش، می‌توان میزان نزدیکی و تفاوت امتیاز گزینه‌ها را در دو رویکرد مشاهده نمود.

مقایسه نتایج FMEA فازی و TOPSIS فازی

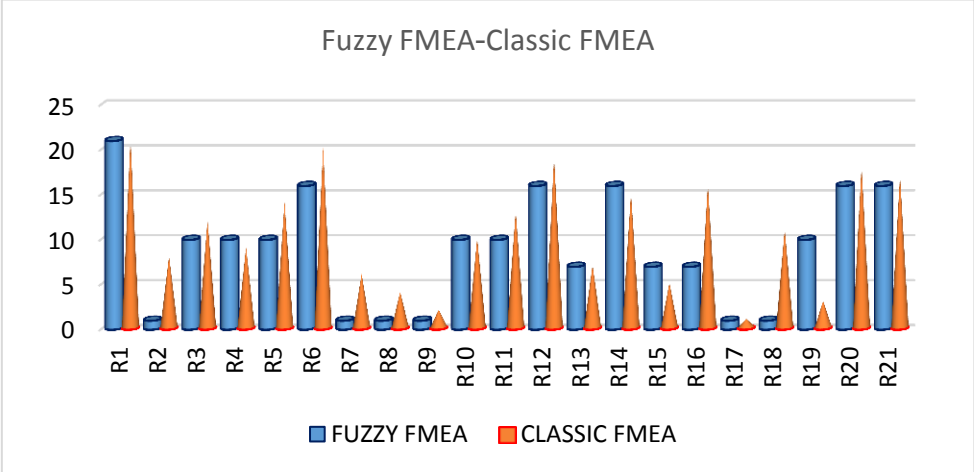
با استفاده از معیارهای شدت، احتمال وقوع و کشف با متد TOPSIS فازی ریسک‌های ایمنی را رتبه‌بندی شد. همچنین با تعریف توابع عضویت برای هر سطح از سه معیار و تعریف ۱۲۵ قانون برای حالات ممکن، سیستم استنتاج فازی جهت پیاده‌سازی FMEA فازی، تعریف شده است. با ورود داده‌های به‌دست‌آمده از پرسشنامه‌های ضمیمه، دو

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]

رتبه‌بندی نهایی از ریسک‌های ایمنی به‌دست‌آمده است که با توجه به هریک یا ترکیب آن دو می‌توان به راهنمای جامعی جهت اولویت‌بندی اقدامات آتی رسید. با علم به این‌که متغیرهای پژوهش (ریسک‌های ایمنی هر فعالیت) گسسته می‌باشند، نمودار ۵ جهت مقایسه نحوه امتیازدهی هریک از دو روش FMEA و TOPSIS فازی رسم شده است.



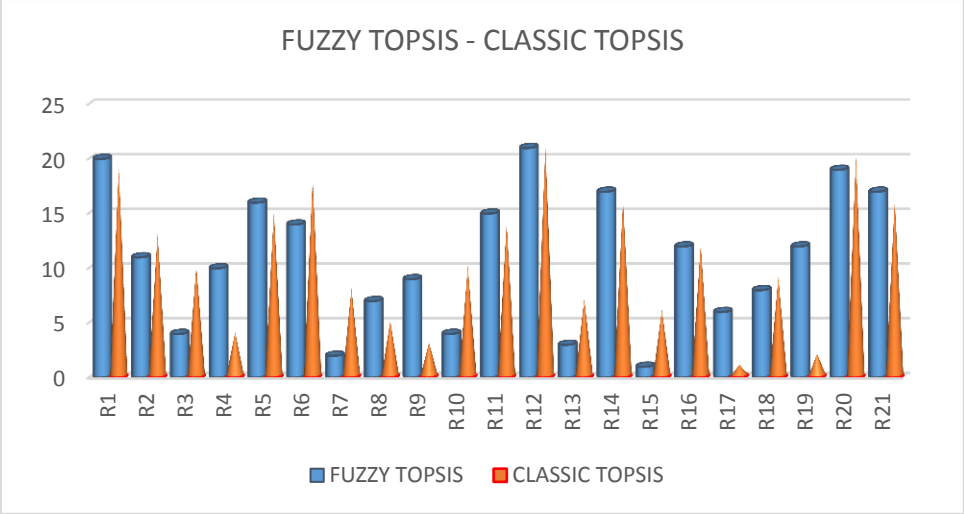
نمودار ۲. نمودار رتبه ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی محاسبه شده با روش TOPSIS فازی



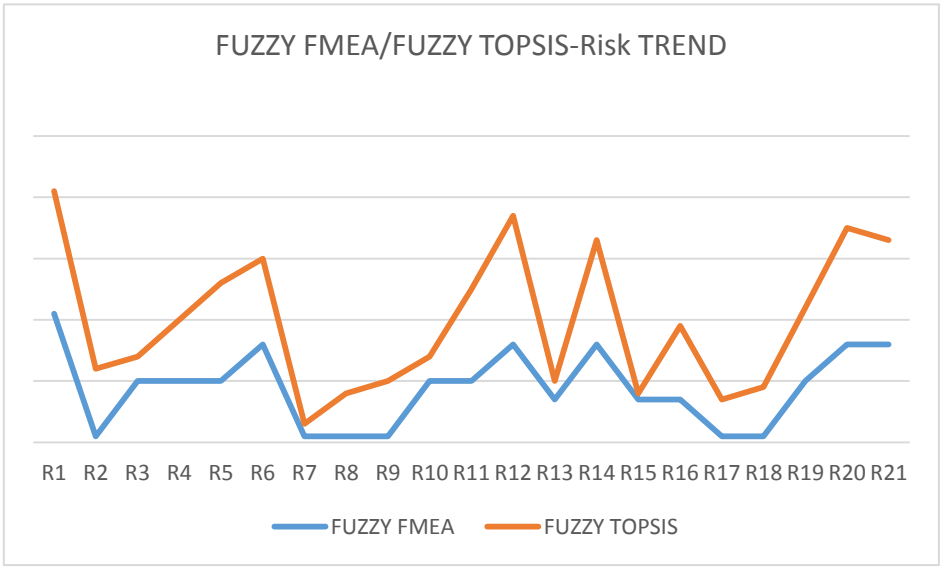
نمودار ۳. نمودار مقایسه رتبه ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی به دو روش FMEA قطعی و فازی

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]



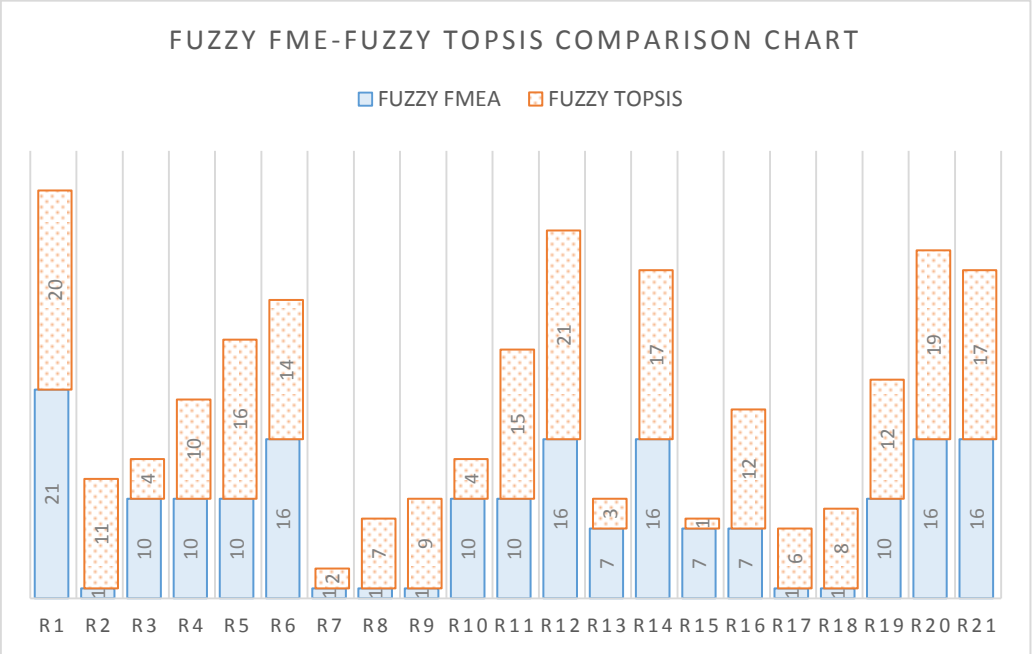
نمودار ۴. نمودار مقایسه رتبه ریسک‌ها ایمنی در پروژه‌های ساختمانی به دو روش TOPSIS قطعی و فازی



نمودار ۵. نمودار درک اهمیت نسبی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی محاسبه‌شده با دو روش FMEA و TOPSIS فازی

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]



نمودار ۶. نمودار مقایسه اختلاف رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های ساختمانی با دو روش محاسبه FMEA و TOPSIS فازی

منطق فازی ابزارهای ریاضی را در مواجهه با حقیقت کاراتر می‌کند (۱۶). در این مقاله علاوه بر این‌که از نتایجی کارا بهره‌مند شدیم، حال دو ابزار تصمیم‌گیری برای کاهش ریسک ایمنی پروژه‌های ساختمانی داریم؛ در مواردی که دو روش رتبه‌های یکسانی را پیش‌بینی می‌کنند می‌توانیم با اطمینان بیشتری اعلام نظر کنیم (همچنان که اگر از یک روش رتبه‌بندی به رتبه مشخصی می‌رسیدیم در عین قاطعیت در برتری عددی وزن گزینه، این اندازه اطمینان وجود نمی‌داشت.) در صورت لزوم برای جمع‌بندی رتبه‌های به‌دست‌آمده می توان از روش‌های رایج، مانند روش میانگین رتبه‌ها، نیز بهره برد. ریسک‌های ایمنی در جدول زیر به دو روش FMEA و TOPSIS فازی مرتب شده‌اند.

بحث

استفاده از خروجی دو روش فازی در عین اختلاف در برخی نتایج، امکاناتی را فراهم می‌آورد. منطق فازی ابزارهای ریاضی را در مواجهه با حقیقت کاراتر می‌کند (۲۰) اولویت بندی ریسک ها بر اساس رویکرد FMEA فازی به ترتیب عبارتند از: سقوط افراد از لبه محل گودبرداری به داخل آن، لغزیدن و سقوط از روی رمپ راه‌پله ((Ramp، سقوط داربست فلزی، سقوط افراد از روی داربست و جایگاه‌های کار، برخورد و گیرکردن اعضای بدن با قسمت‌های گردنده دستگاه‌های جرثقیل و بالابرها (فولی)، شوک الکتریکی (تماس کوتاه و اتصال بدنه)، سقوط تاور کرین، برخورد بازوی جرثقیل با افراد و ساختمان، سقوط کل بدنه بالابرهای الکتریکی، سقوط ماشین‌آلات سنگین خاک‌برداری به داخل، سقوط کارگران از روی سقف‌های بتونی در حال، سقوط از بازشوها، پرتگاه‌ها و حفرات موجود، برخورد لوله داربست با افراد و ماشین‌آلات، سقوط مصالح و ابزار کار و برخورد با افراد، برق‌گرفتگی منجر به فوت (تماس با کابل برق فاقد پوشش و رهاشده در کارگاه). همچنین بر اساس رویکرد TOPSIS فازی اولویت بندی ریسک ها به ترتیب عبارتند از: برخورد بازوی جرثقیل با افراد و ساختمان، لغزیدن و سقوط از روی رمپ راه‌پله ((Ramp، سقوط تاور کرین، سقوط ماشین‌آلات سنگین خاک‌برداری به داخل، برخورد لوله داربست با افراد و ماشین‌آلات، برخورد و گیرکردن اعضای بدن با قسمت‌های گردنده دستگاه‌های جرثقیل و بالابرها (فولی)، سقوط داربست فلزی، شوک الکتریکی (تماس کوتاه و اتصال بدنه)، سقوط افراد از روی داربست و جایگاه‌های کار، سقوط کارگران از روی سقف‌های بتونی در حال، سقوط افراد از لبه محل گودبرداری به داخل آن، سقوط کل بدنه بالابرهای الکتریکی، سقوط کل بدنه بالابرهای الکتریکی، برق‌گرفتگی منجر به فوت (تماس با

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]

کابل برق فاقد پوشش و رهاشده در کارگاه)، سقوط افراد به هنگام جوشکاری و نصب اسکلت‌ها، سقوط مصالح و ابزار کار و برخورد با افراد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل FMEA فازی ریسک‌های مربوط به نصب و بهره‌برداری داربست جایگاه‌های کار از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و لازم است توجه ویژه‌ای به این دسته فعالیت‌ها شود. همچنین مشابه تحلیل چند سطحی به‌دست‌آمده در روش FMEA فازی، می‌توان ریسک‌های ایمنی را فارغ از ماهیت به چند سطح با RPN یکسان تقسیم نمود. با الگو قرار دادن یکی از دو روش می‌توان اولویت‌های بالاتر را در یک روش دیگر به دست آورده و تحلیل هزینه منفعت یا اثر جبران گزینه‌ها نسبت به هم را درروش دیگر به دست آورد. نتایج تحقیق با پژوهش‌های سای ژی ژنگ و همکاران (۲۰۱۰)، هاوتین لیو و همکاران (۲۰۱۲)، سامان امین (۲۰۱۳)، رضا ارجمندی، سید علی جوزی، سمیه اعظمی (۱۳۹۱)، عبداله اردشیر، مهران امیری، مهدی مهاجری (۱۳۹۲)، علیرضا نادری خورشیدی، حسین خانلری، هادی فقیه علی آبادی، مجتبی اسکندری (۱۳۹۳)، عبدالله اردشیر، یعقوب علیپوری، پیمان بسمل (۱۳۹۳)، سید مرتضی ابوترابی، حسین مهرنو، منوچهر امیدواری (۱۳۹۳) ، همخوانی دارد(۱۹).

نتیجه‌گیری

بعد ازشناسایی ریسک ها، طی پرسش‌نامه ای در اختیار متخصصان و خبرگان در زمینه‌ی ایمنی ساختمان قرار گرفت. مهم‌ترین ریسک‌هایی که از روش FUZZY TOPSIS استخراج‌شده مربوط به برخورد بازوی جرثقیل با ساختمان و لغزیدن و سقوط افراد از روی رمپ راه‌پله می‌باشد. در روش FUZZY FMEA ریسک‌های مربوط به سقوط افراد از لبه گودبرداری، لغزیدن و سقوط از روی رمپ راه‌پله و سقوط از روی داربست و جایگاه‌های کار دارای بالاترین رتبه می‌باشند. مهم‌ترین ریسک‌های شناسایی‌شده صنعت ساختمان از دو روش، شامل سقوط افراد از لبه گودبرداری، لغزیدن و سقوط از روی رمپ راه‌پله و سقوط از روی داربست، جایگاه‌های کار، برخورد بازوی جرثقیل با ساختمان و لغزیدن و سقوط افراد از روی رمپ راه‌پله می‌باشد.

پیشنهاد به محققان آتی

- متدهای مطرح شده در این تحقیق قابل گسترش بوده و برای ادامه تحقیقات در آینده، می‌توان با ترکیب‌های متفاوتی از روش‌ها جواب‌های به‌دست‌آمده را با یکدیگر مقایسه نمود، ضمناً روش‌های جمع‌بندی نیز در انتخاب صحیح‌تر ابزارهای مناسبی می‌باشند. همچنین با بررسی‌های انجام‌شده مباحث مطرح درزمینه‌ی ریسک ایمنی اکثر پژوهش‌ها متمرکز بر روش‌های نرم بوده و جا دارد با بررسی نمونه‌های کمی، مدل‌های موجود توسعه داده شوند.
- شدت، وقوع و کشف معیارهای FMEA می‌باشند، با گسترش معیارهای بررسی فعالیت‌ها می‌توان به جمع‌بندی جامع‌تری رسید.

محدودیت‌های تحقیق

یکی از مهم ترین محدودیت های تحقیق استفاده از طریق پرسشنامه بوده است. تعداد زیاد پرسش‌ها ممکن است پاسخ دهنده را به اشتباه انداخته و نظرات کاملاً درستی اعلام ننموده باشد. همچنین داده‌های این تحقیق از کارکنان یک شرکت جمع‌آوری‌شده است که تجربیات مشترکی ضمن کار داشته‌اند.

سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شمال می‌باشد و از تمامی کارکنان شهرک قصردریا واقع در شهرستان محمودآباد که در بخش گردآوری اطلاعات کمک کرده‌اند، نهایت تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

References:

1. Enshassi A, Mayer PE, Mohamed S, El-Masri F. ***Perception of construction managers towards safety in Palestine***. International Journal of Construction Management. 2007; 7(2):41-51.
2. Pinto A, Nunes IL, Ribeiro RA. ***Occupational risk assessment in construction industry–Overview and reflection***. Safety science. 2011; 49(5): 616-24.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]

3. Choe S, Leite F, Seedah D, Caldas C. ***Evaluation of sensing technology for the prevention of backover accidents in construction work zones***. ITcon; 2014.
4. Kartam NA, Bouz RG. ***Fatalities and injuries in the Kuwaiti construction industry***. Accident analysis & prevention. 1998; 30(6): 805-14.
5. Colak B, Etiler N, Bicer U. ***Fatal occupational injuries in the construction sector in Kocaeli, Turkey, 1990-2001.*** Industrial health. 2004; 42(4): 424-30.
6. Gürcanli GE, MÜNGEN U. ***Analysis of construction accidents in turkey and responsible parties***. Industrial health. 2013; 51(6):581-95.
7. ***Social Security Organization***. Statistical report of occupational accidents. 2012.
8. Hamid A, Rahim A, Majid A, Zaimi M, Singh B. ***Causes of accidents at construction sites***. Malaysian journal of civil engineering. 2008; 20(2): 242-59.
9. Jafari Mj , Gharari M , Ghafari M , Omidi L , Asadolah Fardi Gr , Akbarzadeh A. ***An epidemiological study of work- related accidents in a construction firm***. Safety Promotion and Injury Prevention .2014; 2(3): 196-203.
10. Mehrzad E, Darvishi. ***Assessing safety culture and its influencing factors in the Bafg Quarry mine company,*** Iranian Safety Science and Technology Journal. 2015; 2(2):14-17. [Persian]
11. Abotrabi SM. ***Proposing a model for safety risk assessment in the construction industry using gray multi-criterion decision-making***. Journal of Health and Safety at Work. 2014; 4(3): 67-74. [Persian]
12. Arjmandi R, Jozi SA, Azami S. ***Safety, risk assessment of the safety, health and environment of shahid modhej power plant in Ahvaz***, Journal of Environmental Management and Planing. 2012; 4(9):12-16. [Persian]
13. Ardeshir A, Amiri M, Mohajeri M . ***Safety risk assessment in mass housing projects using combination of Fuzzy FMEA, Fuzzy FTA and AHP-DEA***. Iran Occupational Health.2013;10(6): 78- 96. [Persian]
14. Ardeshir Abdullah, Alipouri y, Besmel P. ***A survey of factors influencing safety performance of workers in construction sites using fuzzy analytic hierarchy process (Case Study: Khuzestan province)***. Iran Occupational Health. 2014; 11(6): 10-11. [Persian]
15. Arghami S, Boya M. ***Principles of Safety in Industry and Services***. 2th ed. Ministry of Health, Safety and Environment, Fanavaran Publications, Ministry of Oil, 2010.
16. Aaltonen, M.V.P. ***Occupational injuries in the finish furniture industry***. Scandinavian journal Work Environmental health.1996; 22: 197-203.
17. Abdekhamid, T.J. ***Identifying root causes of construction accidents***, Journal of construction Engineering and management.2000; 126: 52-60.
18. Aminbakhsh, S., Gunduz, M., Sonmez, R. ***Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects***. Journal of Safety Research. 2013; 46:99-105.
19. Abootorabi S M, Mehrno H, Omidvari M. ***Proposing a model for safety risk assessment in the construction industry using gray multi-criterion decision-making***. Journal of Health and Safety at Work Health and Safety at Work. 2014; 4(3): 67-74.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]

Safety risk assessment and ranking of the construction projects with combined approach of FMEA and fuzzy TOPSIS

Emamgholizadeh S[1*], Hoseini SA[2]

[1] Assistant professor, Department of Management, Shomal University, Amol, Iran
[2] Department of Management, Shomal University, Amol, Iran

Abstract

Introduction: Construction projects are one of the most important sectors of the economy of the country, which has a high capacity for job creation. Construction projects as part of a huge and strategic set of construction projects that unfortunately have a large share of work-related accidents due to the lack of attention to safety. One of the most important issues that can contribute to these events in construction projects is the weakness or lack of comprehensive and efficient risk management. The purpose of the present study was to identify and rank safety risks in construction projects with the combined approach of FUZZY FMEA and FUZZY TOPSIS

Materials and Methods: This study is descriptive-survey research in terms of purpose and terms of data collection The research was conducted by case study in the case of Qasrdaria town project in Mahmudabad city in 2015. Data collection was through a field study on the statistical population, including project managers, supervising and executive engineers, and building safety experts. The data were calculated in MATLAB and EXCEL software and the output of FUZZY FMEA and FUZZY TOPSIS methods were analyzed. This method for subsequent stages of risk assessment and risk control based on their priority, as well as cost savings.

Results: The identified risks were given to the building safety specialists in the form of a questionnaire. The most important risks extracted from the FUZZY T.O.P.S.I.S method were related to the colliding crane arm with the building and then slipping and falling off the people from the stair ramp. In the FUZZY F.M.E.A method, the risks associated with falling from the edge of the pit, slipping and falling off the stair ramp, as well as falling from the scaffolding and workstations are the highest.

Conclusion: The most important identified risks in the construction industry based on these two ways are as follows: falling off the edge of a pit, slipping and falling from a stair ramp falling from a scaffold, workstations, colliding of crane arm with the building and slipping and falling people from the stair ramp

Keywords: Construction projects, Fuzzy logic, FUZZY FMEA, FUZZY TOPSIS, Safety risk

This paper should be cited as:

Emamgholizadeh S, Hoseini SA. ***Safety risk assessment and ranking of the construction projects with combined approach of FMEA and fuzzy TOPSIS***.Occupational Medicine Quarterly Journal 2020:12(1): 13-23.

[*] ***Corresponding Author:***
Email: gholizadehsaeid@gmail.com
Tel: +989111197213
Received: 05.06.2018 ***Accepted: 09.06.2020***

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.18502/tkj.v12i1.3655]