تعیین مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی مگاپروژهها در صنعت ساختمان ایران (با روش فازی AHP)

عبدالله اردشیر[۱]، امیرحسین خلیلیان‌پور[۲]، قاسم باقری چنار[۳]، یعقوب علیپوری[۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۲ تاریخ ویرایش: ۹۴/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۰۷

چکیده

زمینه و هدف: صنعت ساخت‌وساز یکی از پرخطرترین صنایع شناخته‌شده در سراسر دنیا می‌باشد و بهبود ایمنی در این صنعت همچنان به عنوان یکی از اولویت‌های اصلی در هر کشور محسوب می‌گردد. محققان زیادی تا به حال در رابطه با عوامل تأثیرگذار بر ایمنی در این حوزه به تحقیق و پژوهش پرداخته‌اند. حال آنکه با توجه به حجم نقدینگی بالا و گسترده بودن حجم کار مگاپروژهها شناسایی فاکتورهای تأثیرگذار بر ایمنی آن‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از این رو هدف اصلی در این تحقیق شناسایی و اولویت‌بندی فاکتورهای تأثیرگذار بر مگاپروژه‌ها در ایران می‌باشد.

روش بررسی: در این پژوهش ابتدا با مطالعه تحقیقات صورت گرفته فاکتورهای مختلف و تأثیرگذار شناسایی شد. سپس با برگزاری جلسه طوفان فکری و استفاده از روش دلفی مهم‌ترین پارامترها توسط خبرگان انتخاب گردید. در نهایت برای اولویت‌بندی آن از روش سلسله مراتبی فازی استفاده شد که به منظور وزن‌دهی فاکتورهای شناسایی‌شده تعداد ۲۵ پرسشنامه پخش و جمع‌آوری گردید.

یافته‌ها: در نهایت نگرش کارگران به مسئله ایمنی، آموزش ایمنی و فرهنگ ایمنی به عنوان مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی مگاپروژهها در ایران شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری: شناسایی نگرش کارگران فعال در پروژه به عنوان مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار در عملکرد ایمنی مگاپروژهها، نشان‌دهنده اهمیت نحوه انتخاب و گزینش کارگران قبل از ورود به کارگاه می‌باشد. هرچند در این بین از نقش آموزش ایمنی نیز نمی‌توان چشم‌پوشی نمود، ولی بهترین گزینه در کنار آموزش ایمنی، گزینش کارگرانی با نگرش مثبت نسبت به مسئله ایمنی در کارگاه می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: ایمنی، صنعت ساخت‌وساز، مگا پروژه، فاکتورهای تأثیرگذار، سلسله مراتب فازی.

مقدمه

یکی از عوامل مؤثر در رشد اقتصادی و تولید ناخالص ملی هر کشور صنعت ساخت‌وساز آن کشور می‌باشد [۱]. همان‌طور که در شکل شماره ۱ مشخص است اکثر کشورهای جهان در حوزه ساخت‌وساز با رشد قابل ملاحظه‌ای روبه‌رو هستند. از طرفی طبق آخرین آمار سازمان بین‌المللی کار سالانه ۳۶۰ میلیون حادثه شغلی اتفاق می‌افتد که نزدیک به ۴۷ درصد آن مربوط به صنعت ساخت‌وساز می‌باشد [۲].

با توجه به ماهیت طبیعی ساخت‌وساز، این صنعت یکی از پرخطرترین صنایع شناخته‌شده در سراسر دنیا می‌باشد [۴،۵]. و بهبود ایمنی در این صنعت همچنان به عنوان یکی از اولویت‌های اصلی در هر کشور مح سوب می‌گردد [۶]. کارگاه‌های بزرگ ساختمانی معمولاً بسیار پیچیده و بعضاً ناایمن می‌باشند. دلیل پیچیدگی در آن‌ها گستردگی برنامه‌ها، تجهیزات، روش‌های مدرن ساخت‌وساز و همچنین جنبه‌های بین رشته‌ای در نیروی کار فعال در آن‌ها می‌باشد [۷،۸]. ایمنی در ساخت‌وساز همیشه به عنوان یک نگرانی شدید بین فعالان این صنعت و محققان مطرح بوده است. در این تحقیق با استفاده از روش "الشریف و کاکا" [۹] برای مشخص شدن اهمیت ایمنی در ساخت‌وساز بین محققین سراسر دنیا کلمه (HSE in construction) (Environment and Health Safety) در مقالات چاپ شده بین سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴ مورد مطالعه و جست‌وجو قرار گرفت که نتیجه آن در شکل۲ نشان

۱- (نویسنده مسئول) رئیس پژوهشکده محیط‌زیست، دانشیار دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. ardeshir@aut.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
۴- دانشجوی دکترای مهندسی و مدیریت ساخت، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

داده شده است. همان‌طور که از شکل۲ مشخص است، مطالعات حوزه ایمنی در ساخت‌وساز نیز در بین محققین سراسر جهان به شدت در حال افزایش می‌باشد.

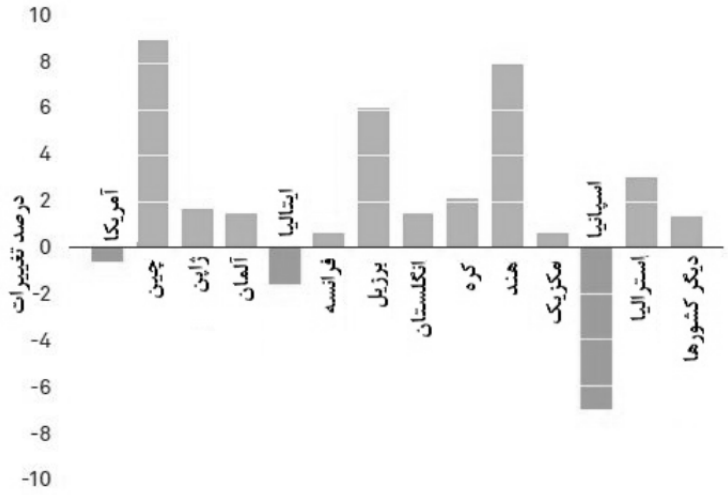
به طور کلی تعداد عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی در کشورهای مختلف بسته به شرایط آن کشور در حوزه ساخت‌وساز متفاوت می‌باشد که در یک دسته‌بندی کلی این عوامل شامل فاکتورهای اصلی و زیرمجموعه‌های آن‌ها می‌باشد. در طی تحقیقات متعددی که در حوزه ایمنی در ساخت‌وساز در سال‌های اخیر در داخل کشور و خارج از کشور انجام شده است پارامترهای مختلفی شناسایی و بررسی شده‌اند. تعدادی از فاکتورهای اصلی شناخته شده مؤثر بر عملکرد ایمنی در صنعت ساختمان شامل موارد زیر می‌گردد:

- ✓ نگرش کارگران به مسئله ایمنی [۱۰]
- ✓ بزرگی شرکت سازنده (پیمانکار) [۱۱]
- ✓ سیاست‌های ایمنی [۱۲–۱۵]
- ✓ میزان هماهنگی در اجرای پروژه (برنامه‌ریزی خوب) [۱۱]
- ✓ اعمال فشار اقتصادی [۵،۱۶]
- ✓ آموزش مدیریت [۱۷،۱۸]
- ✓ فرهنگ ایمنی [۱۹–۲۲]
- ✓ آموزش ایمنی [۲۳–۲۵]

به طور معمول در اکثر کشورها، محققین متخصص در حوزه ایمنی ساخت‌وساز حدود ۸ فاکتور را به عنوان پارامترهای اصلی معرفی کرده‌اند، هرچند در کشوری مانند سنگاپور از ۴ فاکتور اصلی و یا در کشوری مانند مالزی از ۱۲ فاکتور اصلی و تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی شناخته شده است [۲۶]. تعداد زیرمجموعه هرکدام از فاکتورهای اصلی متفاوت بوده و بسته به جزئیات هرکدام تا ۲۰ یا ۳۰ زیر مجموعه نیز در بر داشته‌اند.

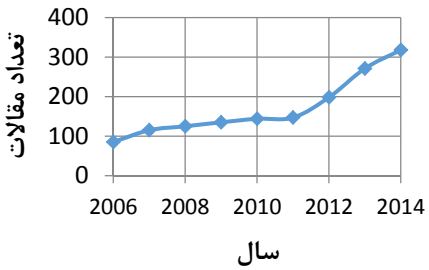
در ایران نیز مطالعات زیادی برای شناسایی پارامترهای مختلف تأثیرگذار بر ایمنی در ساخت ساز انجام شده است. از جمله آن می‌توان به مطالعه اردشیر و همکاران در سال ۱۳۹۳ [۲] اشاره نمود. در این تحقیق عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی کارگران در کارگاه‌های ساختمانی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی در استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت مهم‌ترین فاکتور تأثیرگذار آموزش ایمنی و مدیریت ایمنی در استان خوزستان شناسایی شده است. از بین زیر فاکتورهای آموزشی نیز، بهبود رفتاری و از بین زیر فاکتورهای مدیریتی، داشتن تعهد و مسئولیت به عنوان مهم‌ترین زیرفاکتورها شناسایی شدند.

در تحقیقی دیگر بیجاری و همکاران [۲۷] در مقاله



شکل ۱- درصد تغییرات پول هزینه شده در صنعت ساخت و ساز طی سال ۲۰۱۱ - ۲۰۱۲ [۳]

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]



شکل ۲- مقالات چاپشده با موضوع ایمنی در ساخت‌وساز در سال‌های اخیر

خود به تبیین و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی ایران پرداخته‌اند. آن‌ها ۷۴ عاملی را که ممکن است بر عملکرد ایمنی کارگاه‌های ساختمانی مؤثر باشد شناسایی کرده و در پنج دسته کلی، شامل خط‌مشی، فرآیند، مدیریت، کارکنان و انگیزشی قراردادند. نتایج تحلیل جنبه‌های خط‌مشی نشان دادند که شناخت و اجرای دقیق قوانین و مقررات ملی ساختمان مربوط به ایمنی و حفاظت حین اجرا دو عنصر مهم و مؤثر بر ایمنی کارگاه می‌باشند.

اردشیر و مهاجرانی [۲۸] به بررسی وضعیت ایمنی و بهداشت در کارگاه‌های ساختمانی شهر کرمان پرداخته و عوامل مؤثر بر ایمنی را شناسایی و موردبررسی قرار دادند. نتایج تحلیل آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و رعایت کردن موارد ایمنی و بهداشت در کارگاه‌ها بسیار ضعیف می‌باشد.

علیپوری و همکاران [۲۹] نیز فاکتورهای تأثیرگذار بر بهبود رفتار ایمنی کارگران در کارگاه‌های ساختمانی و همچنین میزان تأثیر این فاکتورها بر عملکرد ایمنی را با در نظر گرفتن فاکتورهای محیط ایمنی و تجربه شخصی بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که فاکتورهای محیط ایمنی تأثیر بیشتری نسبت به فاکتورهای تجربه شخصی بر روی ایمنی دارند.

همت جو و همکاران [۳۰] یک مدل ارزیابی موفقیت HSE پروژه‌های ساخت را با در نظر گرفتن تأثیر فاکتورهای بیرونی ارائه کرده‌اند. در این مدل روشی بر مبنای انتگرال چوکوئت[1] ارائه شده است که به ارزیابی نقش فاکتورهای برون سازمانی که از طرف ذینفعان مختلف بر HSE پروژه‌ها تحمیل می‌شود می‌پردازد. ضرایب انتگرال با استفاده از روش گویاترین تابع مطلوبیت اصلاح شده[2] تعیین شده است.

ایران کشوری در حال توسعه و روبه رشد می‌باشد. یکی از مشخصه‌های اصلی در کشورهای در حال توسعه، ساخت پروژه‌های عظیم و زیربنایی (مگا پروژه) در آن کشور می‌باشد [۳۱]. امروزه با پیشرفت و توسعه کشور، ساخت‌وساز در دستگاه‌های اجرایی کشور با اهداف مختلفی در جریان می‌باشد، به طوری که رشد قابل‌توجهی در طرح و اجرای پروژه‌های عمرانی در سال‌های اخیر مشهود است. بدیهی است عدم توجه به مسائل ایمنی و رعایت دقیق موارد آن و یا عدم شناخت صحیح از خطرات ویژه محیط‌های کاری در صنعت ساخت و به‌ویژه پروژه‌های ساختمانی بزرگ با حجم سرمایه‌گذاری بالا، مشکلات جبران‌ناپذیری را ایجاد کرده و هزینه‌های سنگینی را به هر سیستمی تحمیل می‌نماید. نتایج تحقیقات انجام گرفته توسط میزگرد تجاری و سایر محققین نشان می‌دهد که در پروژه‌های پرهزینه، حوادث نیز منجر به تحمیل هزینه‌های بیشتر به کارفرمایان می‌گردد [۳۲،۳۳]. از این روی، در این مقاله به بررسی مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی در مگاپروژه‌ها در ایران می‌پردازیم که طبق تعریف، مگاپروژه‌ها دارای ۳ویژگی زیر می‌باشد: [۳۴،۳۵]

- ✓ دارای گردش مالی بسیار بالا در دوره ساخت (بیش از ۱۰۰۰ میلیارد ریال)
- ✓ نیاز به نظارت دقیق بر برنامه و کنترل پیشرفت پروژه در آن‌ها
- ✓ منطقه بزرگی را پوشش می‌دهند و نیازمند هماهنگی با دستگاه‌های بالادستی ذی‌ربط

با توجه به این که هدف کشف ایده‌های جدید و قابل

[1]. Choquet integral
[2]. representative capacity definition method

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

اطمینان و تهیه اطلاعاتی مناسب به منظور تصمیم‌گیری می‌باشد و از طرفی استفاده از آرای «افرادی با بینش و تجربه بسیار» در مقایسه با «رویکردهای نظری و یا برون‌یابی روندها» برای پیش‌بینی آینده از قدرت بیشتری برخوردار است، برای انجام این تحقیق از روش دلفی با تلفیق روش فازی AHP[3] استفاده شده است و در نهایت مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار شناسایی شده‌اند.

طبق مطالعات انجام شده و آنچه در مقدمه بیان شد، اهمیت ایمنی در مگاپروژهها مشخص شد. حال آن‌که شناسایی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در راستای اجرای هرچه ایمن‌تر این پروژه‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به تفاوت فنّاوری ساخت در کشورهای مختلف و تفاوت نگرش مسئولین این عرصه در جوامع مختلف، می‌بایست در هر کشور بر اساس شرایط موجود در آن این پارامترها شناسایی شده و اولویت‌بندی شوند. در این راستا با توجه به عدم وجود پژوهشی در راستای شناسایی مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی مگاپروژهها در ایران، در این پژوهش با استفاده از روش‌های علمی در ابتدا این پارامترها شناسایی شده و سپس اولویت‌بندی آن‌ها انجام شد.

روش بررسی

روش کلی انجام این پژوهش روش دلفی است که یکی از شناخته شده ترین روش‌های قابل اطمینان به منظور تصمیم‌گیری می‌باشد، که برای بهبود عملکرد آن با روش تصمیم‌گیری چند معیاره Fuzzy AHP تلفیق شده است. اساساً دلفی، نامی داده شده به یک سری فرایند است که جهت جمع‌آوری نظرات یک گروه که معمولاً متخصصان هستند به کار می‌رود [۳۶]. اساس روش دلفی بر این است که نظر متخصصان هر قلمرو علمی در مورد پیش‌بینی آینده مناسب‌ترین نظر است. بنابراین، برخلاف روش‌های پژوهش پیمایشی، اعتبار روش دلفی نه به شمار شرکت‌کنندگان در پژوهش که به اعتبار علمی متخصصان شرکت‌کننده بستگی دارد [۳۷]. این روش با این هدف ابداع شده است که حداکثر استفاده از نظرات گروهی به عمل آمده، و مخالفت و ناسازگاری به حداقل برسد [۳۸]. طبق نظر فاولز [۳۹]، عدم افشای هویت، بازخورد کنترل شده و پاسخ‌های مبتنی بر آمار مهم‌ترین مشخصه‌های دلفی هستند. این روش از عیوب مختلفی نیز برخوردار می‌باشد به طوری که بیشترین انتقادات از طرف ساکمن [۴۰] صورت گرفته که طی آن این روش غیرعلمی تلقی شده است و آرمسترانگ نسبت به دقت این روش تردید دارد [۴۱]. در نتیجه در راستای بالا بردن دقت این روش از روش Fuzzy-AHP کمک گرفته شده است.

برای انجام این پژوهش به ترتیب از گام‌های زیر استفاده شده است:

گام۱) مطالعه پیشینه پژوهش و به دست آوردن پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی مگاپروژهها در کشورهای مختلف

گام۲) برگزاری جلسه طوفان فکری جهت شناسایی پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی مگاپروژهها در ایران

گام۳) تنظیم و توزیع پرسشنامه برای نمره دهی به پارامترهای شناسایی شده توسط خبرگان

گام۴) جمع‌آوری پرسشنامه و تحلیل نتایج

گام۵) ارائه مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار

جهت تعیین پرسشنامه‌های موردنظر در این تحقیق از فرمول کوکران[4] استفاده شده است [۴۲]. برای این کار لازم بود ابتدا تخمینی از تعداد واجدین شرایط برای پاسخگویی به سؤالات تحقیق مورد نظر داشته باشیم. طبق تحقیقی که در مورد تعداد پیمانکاران، مشاورین و سازمان‌های دولتی دخیل در مگاپروژههای انجام شد، به عدد حدودی ۱۰۰ سازمان رسیدیم. فرض شد که در هر سازمان به طور متوسط ۳ نفر قابلیت پاسخگویی به

[3]. Analytic hierarchy process

[4]. Cochran

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

سؤالات با دقت مورد نظر را داشته باشند. بنابراین حجم کل جامعه برابر ۳۰۰ تخمین زده شد. فرمول مورد نظر برای محاسبه حداقل سایز نمونه عبارت است از:

$$n = \frac{N*p*q*Z^2}{\varepsilon^2(N-1)+Z^2*p*q} \quad (۱)$$

که در آن :

N: مقدار نرمال واحد استاندارد که در سطح اطمینان ۹۰٪ برابر ۱/۶۵ می باشد.

p: درصد افرادی که در جامعه دارای صفت موردنظر هستند. (برابر ۰/۹ فرض شد)

q: درصد افرادی که در جامعه فاقد صفت موردنظر هستند. (برابر ۰/۱ محاسبه شد)

ε: مقدار اشتباه مجاز (۰/۱)

که طبق فرمول فوق حداقل تعداد پرسشنامه‌های موردنیاز برابر ۲۳ می‌باشد. در این تحقیق در نهایت تعداد ۲۵ پرسشنامه با پاسخ جمع‌آوری شد.

قابلیت اعتماد که واژه‌هایی مانند پایایی، ثبات و اعتبار برای آن به کار برده می‌شود، یکی از ویژگی‌های ابزار اندازه‌گیری (پرسشنامه یا مصاحبه) است. مفهوم یاد شده با این امر سروکار دارد که ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد. از جمله تعریف‌هایی که برای قابلیت اعتماد ارائه شده است می‌توان به تعریف ارائه شده توسط ایبل و فریسبی (۱۹۸۹) [۴۳] اشاره کرد: (همبستگی میان یک مجموعه از نمرات و مجموعه دیگری از نمرات در یک آزمون معادل که به صورت مستقل بر یک گروه آزمودنی به دست آمده است).

با توجه به این امر معمولاً دامنه ضریب قابلیت اعتماد از صفر (عدم ارتباط) تا ۱+ (ارتباط کامل) است. ضریب قابلیت اعتماد نشانگر آن است که تا چه اندازه ابزار اندازه‌گیری ویژگی‌های با ثبات آزمودنی و یا ویژگی‌های متغیر و موقتی وی را می‌سنجد.

در این تحقیق از روش باز آزمایی جهت بررسی پایایی و قابلیت اطمینان پرسشنامه استفاده شده است. این روش عبارت است از ارائه یک آزمون بیش از یک بار در یک گروه آزمودنی تحت شرایط یکسان. برای محاسبه ضریب قابلیت اعتماد با این روش، ابتدا ابزار اندازه‌گیری بر روی یک گروه آزمودنی اجرا شده و سپس در فاصله زمانی کوتاهی دوباره در همان شرایط، آزمون بر روی همان گروه اجرا می‌شود. نمرات به دست آمده از دو آزمون مورد نظر قرار گرفته و ضریب همبستگی آن‌ها محاسبه می‌شود. این ضریب نمایانگر قابلیت اعتماد ابزار است. روش باز آزمایی برای ارزیابی ثبات مؤلفه‌های یک ابزار اندازه‌گیری به کار می‌رود ولی با این اشکال نیز روبه‌رو است که نتایج حاصل از آزمون مجدد می‌تواند تحت تأثیر تمرین (تجربه) و حافظه آزمودنی قرارگرفته و بنابراین منجر به تغییر در قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری گردد.

در همین راستا از ۱۰ نفر از تکمیل‌کنندگان پرسشنامه به فاصله زمانی ۲۰ روز خواسته شد تا مجدداً پرسشنامه را تکمیل کنند. سپس ضریب همبستگی تکمیل شده توسط یک نفر محاسبه شد. برای این کار از ضریب همبستگی پیرسون با معادله۲ استفاده شد.

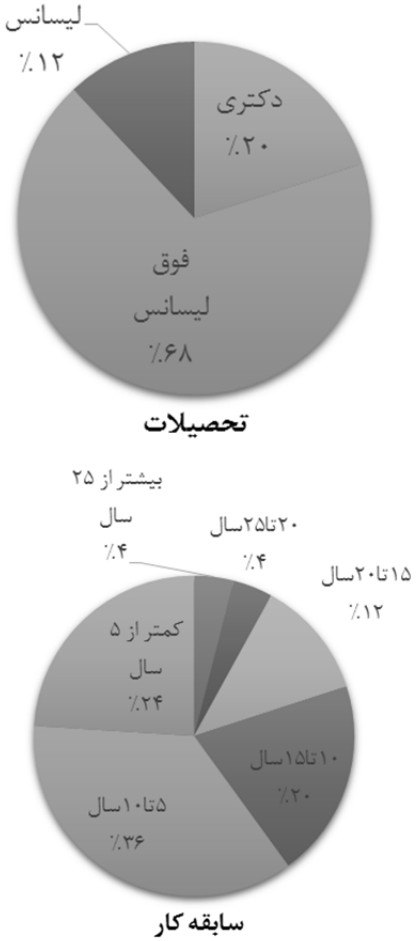
x و y دو متغیر تصادفی، *cov* به معنای کوواریانس، r_{xy} نماد معمول برای همبستگی پیرسون، و سیگما (δ) نماد انحراف معیار است.

$$r_{xy} = \frac{cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum(x-\bar{x})\sum(y-\bar{y})}{\sqrt{(x-\bar{x})^2(y-\bar{y})^2}} \quad (۲)$$

با بررسی‌های انجام‌شده بر روی نتایج این تحلیل مشاهده شد که همبستگی مناسبی بین دو گروه پرسشنامه پرشده اولیه و ثانویه وجود دارد. ضریب همبستگی اکثریت سؤالات پرسشنامه به طور میانگین ۰/۸۷ شد که به یک نزدیک می‌باشد و نشان‌دهنده قابلیت اطمینان مناسب پرسشنامه می‌باشد.

در این تحقیق از یک مدل AHP فازی جهت حل مسئله شناسایی و انتخاب مؤثرترین راهکارها جهت حل مشکلات با توجه به نظر خبرگان استفاده شده است. جهت بهبود روش AHP در مقایسات زوجی انجام شده بین گزینه‌ها و حل مشکل عدم قطعیت و

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]



شکل ۳- آمارمیزان تحصیلات و تجربه کاری پاسخ‌دهندگان پرسشنامه

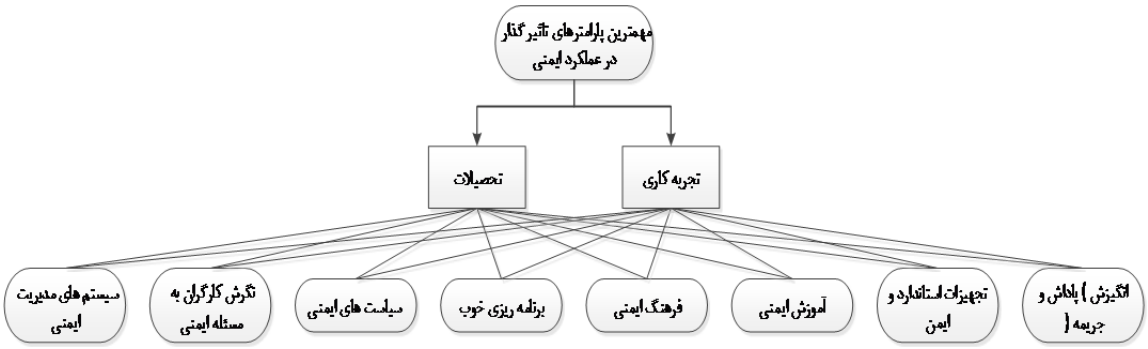
خطای مربوطه از منطق فازی در ترکیب با روش AHP استفاده شده است. پاسخ‌های دریافتی از کارشناسان با استفاده از Fuzzy-AHP به روش میانگین هندسی بوکلی [۴۴]، که یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و مؤثرترین فاکتورها شناسایی گردید. در محاسبات برای وزن‌دهی پاسخ‌های افراد، به نسبت سابقه کاری و تحصیلات هر کارشناس وزن دهی انجام گرفت که آمار میزان تحصیلات و تجربه کاری پاسخ‌دهندگان پرسشنامه مربوط به آن در شکل شماره۳ مشخص شده است.

روش اجرای این تحقیق بدین صورت است که ابتدا درخت سلسله مراتبی معیارهای تصمیم‌گیری برای شناسایی عوامل مؤثر بر ایمنی در مگاپروژهها ترسیم می‌شود (شکل۴). معیارهای مورد استفاده جهت تصمیم‌گیری در این تحقیق تحصیلات و تجربه پاسخ‌دهندگان انتخاب شده است. در این تحقیق تعداد ۸ شاخص مؤثر بر عملکرد ایمنی در طی جلسه طوفان فکری شناسایی شده بود. با تعیین ساختار سلسله مراتبی مربوطه مقایسات و ارزیابی‌های زوجی بین معیارها و گزینه‌ها باید انجام شود. پس از ترسیم درخت سلسله مراتبی ماتریس مقایسات زوجی با استفاده از نظر تصمیم‌گیرندگان، که با مقایسه دوبه‌دو معیارها و زیر معیارها در هر سطح صورت می‌پذیرد، و با بهره‌گیری از اعداد فازی تشکیل می‌شود. تئوری مجموعه‌های فازی را پروفسور لطفی عسگرزاده در سال ۱۹۶۵ مطرح کرد [۴۵]. این تئوری در شرایط ابهام و عدم اطمینان به‌جای حذف و نادیده گرفتن آن و ترویج منطق چند ارزشی به‌جای دو ارزشی کاربرد دارد. انواع مختلف اعداد فازی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به اعداد فازی مثلثی، ذوزنقه‌ای، زنگوله‌ای، و گوسی اشاره نمود [۴۶].

در این تحقیق پنج عبارت زبانی به شکل: بسیار بی‌اهمیت‌تر(VU[5])، با اهمیت کمتر (LI[6])، با اهمیت برابر (EI[7])، با اهمیت بیشتر (MI[8]) و بسیار با اهمیت‌تر (VI[9]) در بازه ۱ تا ۱۰ برای استفاده در ماتریس‌های مقایسه‌ای به کار گرفته شده‌اند. این متغیرهای زبانی به شکل اعداد فازی مطابق جدول ۱ و شکل ۵ تشریح شده‌اند. مشاهده می‌شود که برای عبارات بی‌اهمیت‌تر (VU) و بسیار با اهمیت‌تر (VI) از اعداد فازی نیمه ذوزنقه‌ای و برای باقی عبارات اعداد فازی مثلثی متقارن استفاده شده است. انتخاب اعداد فازی مثلثی از

5. Very Unimportant
6. Less Important
7. Equally Important
8. More Important
9. Very Important

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]



شکل ۴- ساختار سلسله مراتبی معیارها و عوامل مؤثر بر ایمنی در مگاپروژه‌ها

یک جهت به دلیل سادگی محاسبات و از طرف دیگر به دلیل متداول بودن و فراوانی بسیار زیاد در مقالات و تحقیقات مشابه بوده است.

یافته‌ها

طبق آنچه قبلاً شرح داده شد در راستای شناسایی و اولویت‌بندی پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی مگاپروژه‌ها با مطالعه تحقیقات انجام شده تمامی موارد شناسایی شد و در ادامه با برگزاری جلسه طوفان فکری و استفاده از روش دلفی پارامترهای اصلی شناسایی شدند که شامل ۸ مورد انگیزش، تجهیزات استاندارد و ایمن، آموزش ایمنی، فرهنگ ایمنی، برنامه‌ریزی خوب، سیاست‌های ایمنی، نگرش کارگران به مسئله ایمنی و سیستم‌های مدیریت ایمنی می‌باشند. سپس به کمک پرسش‌نامه نظر متخصصین و کارشناسان ایمنی در

جدول ۱- عبارات زبانی به همراه اعداد فازی مربوطه

عبارت زبانی	توضیح	عدد فازی
بسیار بی‌اهمیت‌تر(VU)	مطلقاً دارای اهمیت کمتری است	(۰، ۰، ۱، ۲)
با اهمیت کمتر (LI)	نسبتاً اهمیت کمتری دارد	(۱، ۲/۵، ۴)
با اهمیت برابر (EI)	دارای اهمیت و تأثیر برابر هستند	(۳، ۵، ۷)
با اهمیت بیشتر (MI)	نسبتاً دارای اهمیت بیشتری است	(۶، ۷/۵، ۹)
بسیار با اهمیت‌تر (VI)	مطلقاً دارای اهمیت بیشتری است	(۸، ۹، ۱۰، ۱۰)

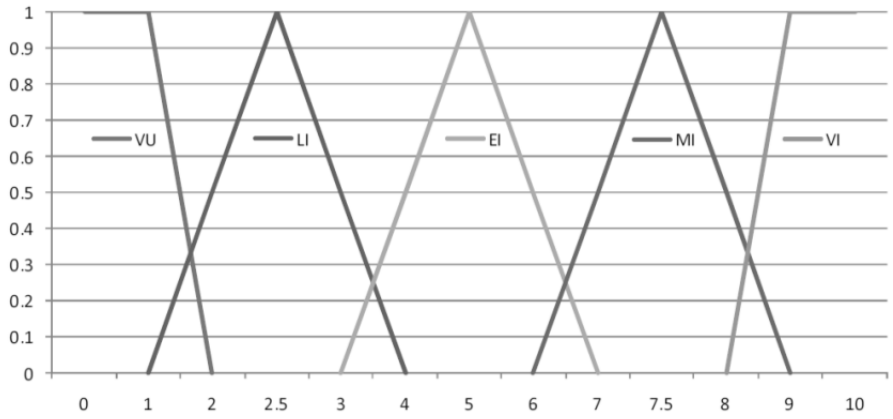
خصوص اهمیت این فاکتورها و مقایسه آن‌ها نسبت به هم جمع‌آوری گردید. در ادامه کار، با به‌کارگیری اصول تحلیل سلسله مراتبی فازی شرح داده شده، وزن نسبی هر یک از فاکتورهای اصلی محاسبه شد که نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۶ نشان داده شده است.

همانطور که از شکل ۶ مشخص است، نگرش کارگران به مسئله ایمنی دارای بیشترین اهمیت نسبت به سایر پارامترها در مگاپروژهها می‌باشد. در این نمودار آموزش ایمنی و فرهنگ ایمنی نیز به ترتیب دومین و سومین پارامتر مهم از سوی خبرگان مشخص شده است.

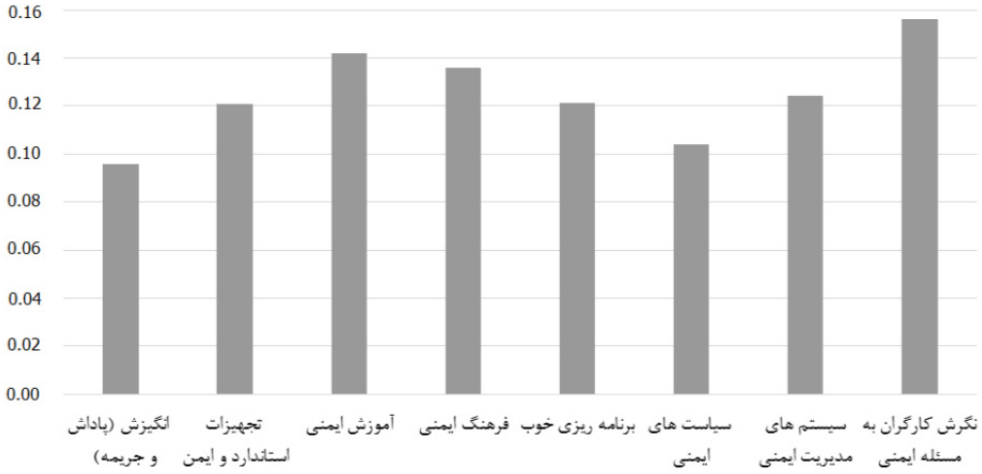
بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش انجام‌شده در ابتدا با مطالعه وسیع تحقیقات داخلی و خارجی گذشته ابتدا فاکتورهای اصلی و تأثیرگذار بر عملکرد پروژه‌ها شناسایی شدند. سپس با برگزاری جلسه طوفان فکری بین خبرگان و استفاده از روش دلفی در نهایت پارامترهایی که در مگاپروژهها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند مشخص شدند. در این جلسه تعداد ۸ فاکتور انگیزش، تجهیزات استاندارد و ایمن، آموزش ایمنی، فرهنگ ایمنی، برنامه‌ریزی خوب، سیاست‌های ایمنی، نگرش کارگران به مسئله ایمنی و سیستم‌های مدیریت ایمنی به عنوان اصلی‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار بر عملکرد مگاپروژهها انتخاب شدند. سپس برای اولویت‌بندی این ۸ فاکتور از

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]



شکل ۵- توابع عضویت عبارات زبانی



شکل ۶- نمودار FAHP برای پارمترهای اصلی

پرسشنامه استفاده شد که برای این کار تعداد ۲۵ پرسشنامه ارائه و جمع‌آوری شد. همچنین در این پژوهش از روش باز آزمایی جهت بررسی پایایی و قابلیت اطمینان پرسشنامه استفاده شد. پرسشنامه‌های ارائه شده علاوه بر پرسش در مورد اهمیت هر کدام از فاکتورها نسبت به یکدیگر، میزان تحصیلات و تجربه کاری افراد را نیز مورد پرسش قرار داد. در نتیجه با توجه به اهمیت دو معیار تحصیلات و تجربه کاری پاسخ‌دهندگان، پاسخ آنان وزن دهی شد و با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی اولویت‌بندی پارامترهای اصلی تأثیرگذار بر عملکرد ایمنی مگاپروژهها در ایران مشخص شد. در نهایت نگرش کارگران به مسئله ایمنی مهم‌ترین فاکتور تأثیرگذار شناخته شد. علت این امر را می‌توان با گسترده بودن نیروی انسانی و اثرگذاری زیاد آن‌ها در مگاپروژهها توجیه نمود. با توجه به حجم بالای کار در این نوع پروژه‌ها و نیاز به نیروی انسانی زیاد، می‌توان گفت نحوه نگرش آن‌ها به مسئله ایمنی بسیار اثرگذار خواهد بود. در عین حال با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که آموزش ایمنی نیز در رتبه بعدی قرار دارد. در مگاپروژهها عموماً تعداد نیروی تازه‌کار زیاد است و آمار نشان می‌دهد که کارگرانی که یک ماه یا کمتر مشغول به کار هستند ۲۵ درصد حوادث ساختمانی را به خود اختصاص می‌دهند. دلیل اول آن که کارگران ساختمانی نسبت به کارگران کارخانه‌ها و مشاغل دفتری بیشتر در معرض خطر قرار دارند؛ و ثانیاً به خاطر تغییرات زیادی که در پرسنل

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

کاری مرتبط با این پروژه‌های ساختمانی روی می‌دهد، همواره کارگران تازه‌وارد زیادی در پروژه‌ها حضور دارند [۴۷].

فرهنگ ایمنی از جمله دیگر فاکتورهای اصلی شناسایی شده پراهمیت می‌باشد که در اولویت سوم قرار دارد. به دلیل درگیری تعداد زیاد نهادها و شرکت‌ها مختلف در یک مگا پروژه و ایفای نقش هرکدام، کاملاً مشخص است که در صورت عدم وجود فرهنگ ایمنی بین همه این نهادها و شرکت‌ها موفقیت پروژه در حوزه ایمنی بسیار سخت خواهد بود. در نتیجه می‌توان گفت که وجود یک فرهنگ ایمنی خوب و هماهنگ بین تمامی ارکان دارای نقش در یک مگا پروژه بسیار حائز اهمیت خواهد بود.

بر اساس نتایج حاصل از این مقاله مشاهده می‌شود که مهم‌ترین فاکتور مؤثر بر عملکرد ایمنی در ایران، فاکتور نگرش کارگران به مسئله ایمنی است. این در حالی است که در مطالعات پیشین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی متفاوت می‌باشند و فاکتورهایی چون؛ فاکتور آموزش، فاکتورهای مدیریتی، تجهیزات ایمنی و فاکتورهای نظارت در اولویت‌اند. همچنین، یکی از پارامترهای مؤثر شناسایی‌شده در ایمنی پروژه در مطالعات پیشین، محیط و شناخت روش اجرا می‌باشد. همچنان که در بعضی از مناطق با توجه به شرایط آب و هوایی خاص، اجرای پروژه‌ها با مشکلات خاصی روبه‌رو هستند. در صورت مطالعه موردی در یک منطقه خاص در ایران عامل محیط و روش اجرا نیز بسیار حائز اهمیت خواهد بود. در این تحقیق فاکتور آموزش ایمنی در رتبه دوم از مجموعه پارامترهای اصلی تأثیرگذار قرار گرفته است، در صورتی که در بسیاری از تحقیقات گذشته این فاکتور عامل اصلی شناخته شده است. تفاوت اصلی این تحقیق با مطالعات پیشین در نوع پروژه‌های مورد مطالعه می‌باشد، چرا که در این تحقیق به طور خاص مگاپروژه‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند در صورتی که تحقیقات گذشته گروه‌بندی خاصی در انتخاب پروژه نداشته‌اند.

از این نتیجه علاوه بر اهمیت بحث آموزش ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی، به این مهم نیز می‌توان پی برد که اولویت فاکتورهای مؤثر بر عملکرد ایمنی در کشورهای مختلف و در پروژه‌های مختلف بسته به شرایط مختلف، متفاوت است. بنابراین، به نظر می‌رسد پرداختن به بحث ایمنی در کارگاه‌های ساختمانی همواره باید در قسمت‌های مختلف کشور و با استفاده از نظر کارشناسان و روش‌های تازه صورت گیرد و در هر قسمت با توجه به اولویت فاکتورهای مؤثر، تصمیمات مناسب برای بهبود عملکرد ایمنی اتخاذ شود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان راهکار اصلی افزایش ایمنی و کاهش حوادث کارگاه‌های ساختمانی در مگاپروژه‌ها در ایران را قبل از استخدام نیروی کاری جدید جست‌وجو کرد و گام اول استعلام سابقه کاری هر کارگر در پروژه‌های قبلی و سپس طی آزمون استخدامی در رابطه با نگرش آن‌ها به مسئله ایمنی مطلع شد. در عین حال گام بعد و مهم آموزش ایمنی به کارگران عنوان کرد.

در پایان با توجه به شناسایی نقش و نگرش کارگران فعال به عنوان مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار در عملکرد ایمنی مگاپروژه‌ها، نشان‌دهنده اهمیت انتخاب و نحوه گزینش کارگران قبل از ورود به کارگاه می‌باشد. هرچند در این بین از نقش آموزش ایمنی نیز نمی‌توان چشم‌پوشی نمود، ولی بهترین گزینه در کنار آموزش ایمنی، گزینش کارگرانی اولاً با سابقه اجرایی مثبت و ثانیاً نگرش مثبت کارگر در طی مصاحبه و آزمون استخدامی نسبت به مسئله ایمنی در کارگاه می‌باشد.

با توجه به اهمیت زیاد مسئله ایمنی در کارگاه‌های ساخت‌وساز در پایان به عنوان پیشنهادات مطالعات آینده، تحقیق بر روی چگونگی اجرای سیاست‌های ایمنی در پروژه‌ها، شناسایی نقش مشاور در عملکرد ایمنی مگاپروژه‌ها، شناسایی نقش کارفرما در عملکرد ایمنی مگاپروژه‌ها مطالعه انجام گردد.

منابع

1. Wibowo A. The contribution of the construction industry to the economy of Indonesia:

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

15. Michael J, Demetrice E, Jansen K, Haight J. Management commitment to safety as organizational support: relationships with non-safety outcomes in wood manufacturing employees. Journal of Safety Research. 2005;36:171-179.
16. Hinze J, Raboud P. Safety on large building construction projects. Journal of Construction Engineering and Management ASCE. 1988;114: 286–293.
17. Gun RT. The role of regulations in the prevention of occupation injury. Safety Science. 1993;16: 47–66.
18. Jaselskis EJ, Suazo GAR. A survey of construction site safety in Honduras. Construction Management and Economics. 1994;12:245–255.
19. Tam CM, Fung IWH. Effectiveness of safety management strategies on safety performance in Hong Kong. Construction Management and Economics. 1998;16(1):49–55.
20. Glendon AI, Stanton NA. Perspectives on safety culture. Safety Science. 2000;34:193–214.
21. Tam CM, Fung IWH, Chan APC. Study of attitude changes in people after the implementation of a new safety management system: the supervision plan. Construction Management and Economics. 2001;19(4):393–403.
22. Ismail F, Norizan A, Nurul Afida Isnaini J, Razidah I. Assessing the Behavioral Factors' of Safety Culture for the Malaysian Construction Companies. Procardia-Social and Behavioral Sciences. 2012;36:573-582.
23. Aksorn T, Hadikusumo BWH. Critical success factors influencing safety program performance in Thai construction projects. Safety Science. 2008;46(4):709–727.
24. Wokutch R, VanSandt C. OHS Management in the United States and Japan: The DuPont and the Toyota Models. In: Frick, K., Jensen, P., Quinlan, M., Wilthagen, T. (Eds.), Systematic OHS Management: Perspectives on an International development. Amsterdam, 2000.
25. Sari FÖ. Effects of employee trainings on the occupational safety and health in accommodation sector. Procardia-Social and Behavioral Sciences. 2009;1(1): 1865-1870.
26. Ismail Z, Doostdar S, Harun Z. Factors influencing the implementation of a safety management system for construction sites. Safety science. 2012;50(3):418-423.
27. Bijari M, Khodadadi R, Khazaei M. A Survey of Factors Influencing Safety Performance A systemic approach. 2009.
2. Ardeshir A, Alipouri Ya, Besmel P. A Survey of Factors Influencing Safety Performance of workers in Construction Sites Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Tehran, Iran Occupational Health Journal. 2014;11(26). [Persian]
3. World Construction 2012. s.l. Davis Langdon, an AECOM Company, March 2012.
4. Jannadi OA, Bu- Khamsin MS. Safety factors considered by industrial contractors in Saudi Arabia. Building and Environment. 2002;37(5):539-547.
5. Evelyn T, Ling F, Yean Yng C, Fook Weng A. Framework for project managers to manage construction safety. International Journal of project management. 2005;23(4):329-341.
6. Bhattacharjee S, Gosh S. Safety Improvement Approaches in the Construction Industry: A Review and Future Directions, Proceeding of 47th ASC Annual International Conference. 2011.
7. Debrah YA, Ofori G. Subcontracting, foreign workers and job safety in the Singapore construction industry. Asia Pac Bus Rev 2001; 1(8):145–66.
8. Teo AL, Chong FW. Understanding construction fatalities in Singapore: prevention versus cure – a dynamic approach. Joint international symposium of CIB working commissions of W55: building economics; W65: organization and management of construction; W107: Construction in developing countries, 22–24 October 2003, Singapore.
9. Al-Sharif F, Kaka A. PFI/PPP topic coverage in construction journals. In: Proc., 20th Annual ARCOM Conf. 2004. P. 711-719.
10. Hinze J. Human aspects of construction safety. Journal of the Construction Division ASCE. 1981;107:61-72.
11. Mc evoy P. Safety Performance of 20 Construction sites in Dublin. Dublin: Dublin Institute of Technology. 2004.
12. Chao CJ, Wang HM, Cheng FY. A study for safety and health management problem of semiconductor industry in Taiwan. Industrial Health. 2008;4:575-581.
13. Hadjimanolis A, Boustras G. Health and safety policies and work attitudes in Cypriot companies. Safety science. 2013;52:50-56..
14. DeJoy D, Della L, Vandenberg R, Wilson M. Making work safer: Testing a model of social exchange and safety management. Journal of Safety Research. 2010;41(2:163-171.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

Management. 2002; 25(4):762-769.
39. Fowles RB. Handbook of futures research. Connecticut: Greenwood Press. 1978.
40. Sackman H. Delphi critique; expert opinion, forecasting, and group process. Lexington, Mass.,: Lexington Books. 1974.
41. Rowe G. Wright, George. Expert opinions in forecasting: the role of the Delphi technique. In: Principles of forecasting. Springer US. 2001. P. 125-144.
42. Cochran WG. Sampling techniques. John Wiley & Sons. 2007.
43. Kreiter CD, Frisbie DA. Effectiveness of multiple true-false items. Applied Measurement in Education. 1989;2(3): 207-216.
44. Buckley JJ. Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy sets and systems. 1985;17(3): 233-247.
45. Lotfi Zadeh A. Fuzzy sets. Information and control. 1965;8(3): 338-353.
46. XU Zh, Khoshgoftaar TM, Allen EB. Application of fuzzy expert systems in assessing operational risk of software. Information and Software Technology. 2003;45(7): 373-388.
47. Ardeshir A, Amiri M. Safety management on construction sites with practical example, AmirKabir University Press. 1392:pp. 92. [Persian]

in Construction Site, Forth National Congress of Civil engineering. 1387. [Persian]
28. Ardeshir A, Mohajerani M. Evaluation of safety and health at construction sites, Second National Conference on Engineering and Construction Management. 1391 [Persian]
29. Alipouri Y, Ardeshir A, Sebt MH, Vasheghani H. Identification of strategies for the improvement Of Human Safety Behavior In Iran by considering safety Climate and personal experience, Journal of Iranian Society of Civil Engineering (Asas). 1390:50-59.[Persian]
30. Hemmatjoo R, Nahavandi N, Moshiri B. Success evaluation model for HSE in construction project considering the impact of external factors (Case study: Mapna Completed projects Power Plant), tenth international conference of Industrial engineering, Tehran. 1392. [Persian]
31. Milford R. Construction industry development in developing countries; lessons and opportunities, third international conference of concrete and development, Roud-Housing and Development Research center, Tehran. 1388.
32. Levitt RE, Parker HW, Samelson NM. Improving construction safety performance: the user's role. Dept. of Civil Engineering, Stanford University. 1981.
33. The business roundtable "Modern management system: a report of construction industry cost effectiveness project", report A-6, the business roundtable, New York, US. 1982.
34. Mok K, Yan Sh, Qiping G, Yang J. Stakeholder management studies in mega construction projects: A review and future directions. International Journal of Project Management. 2014.
35. DB, Special Conditions of Contract for Use in Mega Project Contracts, Works Bureau Technical Circular No. 26/2002. Development Bureau, the Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Hong Kong. 2002.
36. Pashaeezad H. Overview Delphi, noor journal, sixth year, second numb. 1386. [Persian]
37. Ludwing L. STARR, Susan. Library as place: results of a Delphi study. Journal of the Medical Library Association. 2005;93(3): 315.
38. Loo R. The Delphi method: a powerful tool for strategic management. Policing: An International Journal of Police Strategies &

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]

Identification of the most important parameters affecting the safety performance of mega-projects in Iran's construction industry using fuzzy analytic hierarchy process

Abdollah Ardeshir[1], Amir Hosein Khalilianpoor[2], Qasem Bagheri[3], Yagub Alipouri[4]

Received: 2015/04/22 Revised: 2015/08/06 Accepted: 2015/09/29

Abstract

Background and aims: Construction industry is one of the riskiest industries all around the world and safety improvement in this industry is one of the main priorities in any country. Many researchers are trying to identify different factors that affect the construction industry safety. However, due to the large volume of high liquidity and volume of work in mega-projects, identification of contributing factors to their safety is very important. So, the main objective of this study was to identify and prioritize the factors affecting mega-projects' safety in Iran.

Methods: In this study, sfter studying latest research, effective and different factors were identified. Then, using brainstorming session and Delphi method, the most important parameters were chosen by experts. The hierarchical fuzzy method was used to prioritize the factors, therefore to weight the factors a total of 25 questionnaires were distributed and all collected.

Results: The workers' attitude toward safety issues, safety training and safety culture as the most important factors affecting the safety performance of megaproject in Iran were detected.

Conclusion: Identification of attitudes of workers as the most important parameter affecting the performance of and safety in mega project is very important in selection of workers before entering the construction site. Although we cannot forgive the role of safety training, the best choice next to safety training is the selection of workers with a positive attitude toward safety.

Keywords: Safety, Construction industry, Mega-project, Influencing factors, Fuzzy analytic hierarchy.

1. (**Corresponding author**) Head of Environmental Research Center, Associate Professor of Civil and Environmental Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. ardeshir@aut.ac.ir
2. MSc Student, Construction Engineering and Management Group, Civil and Environmental Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
3. MSc Student, Construction Engineering and Management Group, Civil and Environmental Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.
4. PhD Candidate, Construction Engineering and Management Group, Civil and Environmental Engineering Department, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-15]