



تحلیل عوامل کلیدی موفقیت در پیاده سازی برنامه های ایمنی در پروژه های ساخت و ساز با

استفاده از DEMATEL (مطالعه موردی: صنعت نفت و گاز)

گروه ایمنی، بهداشت و محیط زیست، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

شعله اسکات

گروه مهندسی صنایع، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

مهناز زارعی*

چکیده مبسوط

مقدمه: ایمنی یکی از مؤلفه های اساسی و حیاتی در پروژه های ساخت و ساز محسوب می شود، به ویژه در صنایع حساس و پر ریسکی مانند نفت و گاز که وقوع حوادث می تواند پیامدهای جبران ناپذیری بر منابع انسانی، مالی و محیط زیستی داشته باشد. اجرای اثربخش برنامه های ایمنی، نه تنها از بروز سوانح جلوگیری می کند، بلکه موجب بهبود کیفیت، افزایش بهره وری و کاهش هزینه های پروژه نیز می گردد. با این رویکرد، هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی و ارزیابی عوامل کلیدی موفقیت در اجرای برنامه های ایمنی در پروژه های ساخت و ساز صنعت نفت و گاز است. در این راستا، شرکت مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است تا با بررسی عمیق تر شرایط و چالش های اجرایی، راهکارهای علمی و کاربردی برای بهبود عملکرد ایمنی ارائه شود.

مواد و روش ها: این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از منظر روش گردآوری داده ها، پیمایشی است و در بازه زمانی تیر تا شهریور ۱۴۰۳ انجام پذیرفت. به منظور جمع آوری داده های مورد نیاز، از ترکیب دو ابزار مصاحبه نیمه ساختاریافته و پرسش نامه استفاده شد. برای شناسایی عوامل اولیه، ابتدا به مرور نظام مند مطالعات پیشین در زمینه ایمنی پروژه های ساخت و ساز پرداخته شد. سپس این عوامل در قالب پرسش نامه ای طراحی و در اختیار خبرگان صنعت قرار گرفت. خبرگان از طریق روش نمونه گیری گلوله برفی انتخاب شدند، به گونه ای که ابتدا با چند متخصص دارای سابقه مستقیم در حوزه ایمنی مصاحبه شد و سپس با توصیه ایشان، سایر خبرگان مرتبط شناسایی و وارد مطالعه گردیدند. در این پژوهش، ابتدا عوامل کلیدی از طریق مطالعه تحقیقات پیشین شناسایی شده و سپس با استفاده از تکنیک دیمتل روابط بین این عوامل تحلیل شد. محاسبات مربوط به تجزیه و تحلیل داده ها نیز در نرم افزار اکسل انجام پذیرفت.

نتایج و بحث: یافته های تحلیل دیمتل نشان داد که در میان ابعاد اصلی شناسایی شده، دو بعد مشارکت کارکنان و مدیریت ایمنی به دلیل داشتن مشخصه عنوان عوامل علی شناخته شدند که نقشی تعیین کننده در جهت دهی به سایر مؤلفه ها دارند. در مقابل، سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی و تعهد ایمنی به عنوان عوامل معلول معرفی شدند که بیش ترین تأثیر را از سایر ابعاد دریافت می کنند. علاوه بر این، نتایج نشان داد که تعهد ایمنی با ضریب اهمیت ۴/۱۷۷، نقش محوری و مهمی در موفقیت برنامه های ایمنی ایفا کرده و به عنوان مهم ترین مؤلفه در بین سایر عوامل مورد تأکید قرار گرفت. پس از آن نیز سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی، مدیریت ایمنی، و مشارکت کارکنان به ترتیب با ضرایب اهمیت ۴/۱۵۴، ۳/۹۳۶ و ۳/۰۶۱ در رتبه های بعدی قرار گرفتند.

نتیجه گیری: این پژوهش با ارائه بینش های عملی و نظری، بر اهمیت توجه به تعهد سازمانی به ایمنی و تقویت فرهنگ مشارکت جویانه در بین کارکنان تأکید دارد. نتایج حاصل می تواند به مدیران، تصمیم گیرندگان و سیاست گذاران در حوزه ایمنی پروژه های نفت و گاز کمک کند تا با شناسایی نقاط کلیدی مداخله، به ارتقاء عملکرد ایمنی، کاهش ریسک ها و افزایش پایداری پروژه های ساخت و ساز بپردازند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۶

واژه های کلیدی: برنامه های

ایمنی، عوامل کلیدی موفقیت، پروژه های ساخت و ساز، روش دیمتل، صنعت نفت و گاز.

نویسنده مسئول: مهناز زارعی

نشانی: گروه مهندسی صنایع، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. تلفن: ۰۹۱۷۷۱۶۱۲۹۸. پست الکترونیکی: mahnaz.zarei@iau.ac.ir

استناد: اسکات شعله، زارعی مهناز. تحلیل عوامل کلیدی موفقیت در پیاده سازی برنامه های ایمنی در پروژه های ساخت و ساز با استفاده از DEMATEL (مطالعه موردی صنعت نفت و گاز). پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۴: (۹) ۳-۱۷.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0> در فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

در اقتصاد جهانی کنونی، شرکت‌ها ضمن تلاش برای حفظ شهرت سازمانی خود و در عین حال بهره‌وری بالا، تمایل بیشتری به رقابت دارند. در بیشتر موارد، جنبه‌های ناملموسی مانند سلامت و ایمنی نادیده گرفته می‌شوند و در نتیجه اغلب منابع برای این کارکردها در بودجه پروژه‌ها تخصیص داده نمی‌شوند. با افزایش هزینه‌های مرتبط با حوادث صنعتی در پروژه‌ها، سازمان‌ها شروع به ترویج توسعه برنامه‌های ایمنی کرده‌اند. صنعت ساخت‌وساز بخش مهمی است که زیرساخت‌ها و امکانات لازم را با هدف کمک به رفاه جامعه فراهم می‌کند. ارتباط و پیوندی قوی بین بخش ساخت‌وساز و سایر بخش‌ها وجود دارد. اهمیت این بخش با رشد سریع آن در سال‌های اخیر ثابت می‌شود، رشدی که کارشناسان انتظار دارند علی‌رغم تأثیر همه‌گیری بیماری کووید-۱۹ ادامه یابد (بونیا و همکاران ۲۰۲۱). به‌طور کلی صنعت ساخت‌وساز یک کارفرمای بزرگ نیروی کار است و در نتیجه توسعه اقتصادی و اجتماعی را ارتقا می‌دهد. صنعت ساخت و ساز در سال ۲۰۲۲ میلادی بیش از ۱۰ درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی را تشکیل داده است (آگیکیوم و همکاران ۲۰۲۲). متأسفانه، علی‌رغم اهمیت آن، این صنعت عملکرد ایمنی ضعیفی دارد. آمارهای اولیه نشان می‌دهد که حدود ۷٪ از کارگران در سراسر جهان در صنعت ساخت‌وساز مشغول به کار هستند، اما آن‌ها ۴۰-۳۰٪ از تلفات در بخش‌های صنعتی را شامل می‌شوند. به‌عنوان مثال در کره جنوبی، ساخت‌وساز بالاترین نسبت (۲۵/۳٪) مرگ‌ومیر در محل کار را ثبت کرده است. محققان در مطالعات مختلف نشان داده‌اند که میزان مرگ‌ومیر در صنعت ساخت‌وساز بالاست. تأثیر منفی عملکرد ضعیف ایمنی با تأثیر بر زمان، هزینه و بهره‌وری نشان داده می‌شود. بنابراین، نیاز به اجرای یک برنامه ایمنی مؤثر برای بهبود عملکرد ایمنی وجود دارد (لی و همکاران ۲۰۱۸).

یک برنامه ایمنی به‌عنوان یک رویکرد پیشگیرانه به‌عنوان یکی از مؤثرترین ابزارها برای کاهش حوادث و صدمات در پروژه‌های ساخت‌وساز در نظر گرفته می‌شود (چای و همکاران ۲۰۲۲). یک برنامه ایمنی معقول نه تنها می‌تواند از صدمات شخصی جلوگیری کند، بلکه از دست دادن ماشین‌آلات و تجهیزات را نیز به حداقل می‌رساند. برای توسعه یک برنامه ایمنی مؤثر، عوامل مؤثر بر اجرای برنامه ایمنی باید شناسایی شوند. به‌خصوص با منابع محدود، شناسایی عوامل کلیدی موفقیت^۱ برای بهبود عملکرد ایمنی ضروری است. CSFهای مؤثر بر اجرای برنامه‌های ایمنی

به‌طور گسترده در حوزه پروژه‌های ساخت‌وساز مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. پشتیبانی مدیریت، آگاهی از ایمنی شخصی، ارتباطات و ایجاد کمیته‌های ایمنی به‌عنوان عوامل کلیدی موفقیت برای اجرای برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز شناسایی شده است (بونیا و همکاران ۲۰۲۱). با این حال، در بخش نفت و گاز تحقیقات کمی انجام شده است که نه تنها در ایران، بلکه در سایر کشورهای در حال توسعه نیز به‌طور فزاینده‌ای حیاتی است. یکی از دلایلی که نظارت بر برنامه‌های ایمنی در بخش نفت و گاز بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد این است که فعالیت‌های مرتبط با استخراج و فرآوری نفت و گاز به‌طور کلی به‌عنوان ریسک بالا در نظر گرفته می‌شود و نظارت مستمر را ضروری می‌سازد. رایج‌ترین شاخص ایمنی مورد استفاده در صنایع مختلف از جمله در پروژه‌های ساخت‌وساز نفت و گازی، تعداد جراحات و تلفات است (تانگ و همکاران ۲۰۱۷). صنعت نفت و گاز در ایران با چالش‌های زیادی مواجه است. رشد سریع این صنعت با فقدان تلاش برای ایمنی پروژه‌ها مواجه شده است که این موضوع منجر به پیشگیری ضعیف از حوادث می‌شود. پروژه‌های ساخت‌وساز در کشورهای در حال توسعه نیاز به اجرای یک برنامه ایمنی مؤثر، توسعه فرهنگ ایمنی و بهبود عملکرد ایمنی دارند. شرکت الف مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران یکی از مجریان توانمند در اجرای پروژه‌های ساخت‌وساز نفتی در منطقه جنوب کشور به حساب می‌آید. علیرغم اهمیت بالای برنامه‌های ایمنی، بسیاری از پروژه‌های ساخت‌وساز در این شرکت به دلایل مختلفی با چالش‌های جدی در استقرار این برنامه‌ها مواجه هستند. عدم شناخت دقیق و جامع از عوامل کلیدی موفقیت در پیاده‌سازی این برنامه‌ها یکی از چالش‌های اصلی این مجموعه است که می‌تواند منجر به ناکارآمدی برنامه‌های ایمنی و افزایش حوادث و خطرات شود. بنابراین با توجه به آنچه بیان شد هدف از این پژوهش ارائه رویکردی جهت شناسایی و ارزیابی روابط علی-معلولی عوامل کلیدی موفقیت در استقرار برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز در شرکت مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران است.

برنامه‌های ایمنی به مجموعه‌ای از اقدامات و رویه‌ها اطلاق می‌شود که به منظور جلوگیری از بروز بیماری‌ها و صدمات در محیط کار طراحی و اجرا می‌شوند. این برنامه‌ها نه تنها بر رفتارهای کارکنان تمرکز دارند، بلکه شامل نظارت و کنترل بر محیط کار، تجهیزات، شیوه‌های کاری و فعالیت‌های کارکنان نیز

۱- Critical success factors (CSFs)

تجهیزات به این مکان‌ها نقش کلیدی در تصمیم‌گیری‌های مربوط به طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های ایمنی دارند. در نتیجه، برای بهبود عملکرد و ایمنی در پروژه‌های نفت و گاز، ضروری است که برنامه‌های ایمنی با دقت و جامع طراحی و پیاده‌سازی شوند. توجه به نیازهای خاص هر پروژه و تحلیل جامع از خطرات و ریسک‌های موجود، می‌تواند به جلوگیری از حوادث و افزایش کارایی پروژه‌ها کمک شایانی نماید (ریدانتسکینی و همکاران ۲۰۲۱). عوامل کلیدی موفقیت به مجموعه‌ای از ویژگی‌ها، شرایط و اقدامات اشاره دارد که به‌طور مستقیم بر توانایی یک سازمان برای دستیابی به اهداف و موفقیت تأثیر می‌گذارند. این عوامل به سازمان کمک می‌کنند تا در محیط پیچیده و رقابتی کسب‌وکار، عملکرد بهتری داشته باشد و به‌طور مؤثرتر از منابع و فرصت‌های موجود بهره‌برد (حکیم و همکاران ۲۰۲۳). به‌طور کلی، مطالعات پیشین عوامل مؤثر بر اجرای برنامه‌های ایمنی در صنعت ساخت‌وساز را بررسی کرده‌اند. به‌عنوان مثال، مؤسسه صنعت ساخت‌وساز اجزای کلیدی یک برنامه ایمنی مؤثر را شامل تعهد مدیریت، تأمین نیروی انسانی برای ایمنی، برنامه‌ریزی پیش پروژه، آموزش ایمنی، مشارکت کارکنان، شناسایی و پاداش ایمنی، تحقیقات حوادث، برنامه‌های مبارزه با سوءمصرف مواد و مدیریت پیمانکاران شناسایی کرده است (هاینزی ۲۰۰۲). هالوول و گامبازته (۲۰۰۹) کاهش فراوانی و شدت ریسک‌های ایمنی را ناشی از اجرای مستقل این اجزا دانسته و تأکید کردند که حمایت و تعهد مدیریت ارشد و انتخاب و مدیریت پیمانکاران از مؤثرترین عناصر برنامه ایمنی هستند. پینتو و همکاران (۲۰۱۱) نیز ارزیابی ریسک‌های شغلی را به‌عنوان اولین و کلیدی‌ترین مرحله در برنامه‌ریزی ایمنی معرفی کردند. هالوول و کالهن (۲۰۱۱) با استفاده از رویکرد دلفی، نقش حیاتی مدیر ایمنی سایت، مشارکت کارگران، برنامه ایمنی خاص سایت و حمایت مدیریت ارشد را در موفقیت برنامه‌های ایمنی تأیید کردند. باوفا و همکاران (۲۰۱۸) نیز پنج عامل کلیدی شامل تعهد و مسئولیت‌های ایمنی، انتخاب پیمانکاران و کارکنان، نظارت ایمنی، برنامه ایمنی و مشارکت کارکنان را به‌عنوان عوامل مؤثر در اجرای برنامه‌های ایمنی اولویت‌بندی کردند. در نهایت، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)، ۲۲ عامل کلیدی موفقیت را در چهار دسته مشارکت کارکنان، سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی، مدیریت ایمنی و تعهد ایمنی شناسایی نمودند. این مطالعات نشان می‌دهند که اجرای مؤثر برنامه‌های ایمنی نیازمند ترکیبی از تعهد مدیریت، مشارکت کارکنان، آموزش و ارزیابی مستمر ریسک‌ها است. در جدول ۱ فهرست عوامل مؤثر کلیدی در استقرار موفقیت‌آمیز برنامه‌های ایمنی گزارش شده است.

هستند. هدف اصلی این برنامه‌ها کاهش حوادث، صدمات و خسارات در محل کار و ایجاد یک محیط کاری ایمن‌تر است (بونیا و همکاران ۲۰۲۱). یک برنامه ایمنی مؤثر باید شامل ارزیابی مستمر شرایط کار، شناسایی خطرات و اتخاذ تدابیر مناسب برای کاهش آن‌ها باشد. برنامه‌های ایمنی باید رفتارهای خطرناک را که ممکن است منجر به بروز حوادث شوند، کاهش دهند و همچنین به شناسایی و گزارش مسائل و صدمات ایمنی کمک کنند. در صنعت ساخت‌وساز، اجرای برنامه‌های ایمنی اهداف خاصی را دنبال می‌کند. این اهداف شامل جلوگیری از رفتارهای نامناسب که ممکن است منجر به حوادث شوند، اطمینان از شناسایی و گزارش مشکلات ایمنی و تضمین ثبت و حل حوادث به‌طور مؤثر است. به‌عبارت دیگر، برنامه‌های ایمنی باید به گونه‌ای طراحی شوند که فاصله بین ایمنی واقعی و ایمنی هدف را کاهش دهند (چای و همکاران ۲۰۲۲). برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های نفت و گاز به‌عنوان عناصر حیاتی برای حفاظت از کارکنان، دارایی‌ها و محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شوند. این برنامه‌ها به دلیل ماهیت پرخطر عملیات نفت و گاز که با مواد قابل اشتعال، سمی و انفجاری سر و کار دارند، به‌طور ویژه طراحی شده‌اند تا ریسک‌های ناشی از حوادث احتمالی را کاهش دهند. سیستم‌های ایمنی در این زمینه نقش بسزایی دارند، زیرا به‌عنوان موانع حفاظتی عمل می‌کنند و شامل انواع مختلفی از سیستم‌ها مانند سیستم‌های توقف اضطراری هستند که در صورت شناسایی شرایط بحرانی، به‌طور فوری کل فرآیند را متوقف می‌کنند. این اقدام به جلوگیری از بروز حوادث جدی و کاهش خطرات جدی در عملیات نفت و گاز کمک می‌کند. مرحله کلیدی در اجرای موفق برنامه‌های ایمنی، تدوین مشخصات نیازمندی‌های ایمنی است. این سند تخصصی شامل نیازهای عمومی برای سیستم‌های ایمنی می‌باشد و در مراحل مختلف پروژه، به‌ویژه در مرحله طراحی مهندسی، باید به دقت پیگیری شود. در مطالعه‌ای که بر روی حوادث در صنعت نفت و گاز انجام شده است، مشخص شده که نقص در مشخصات نیازمندی‌ها منجر به بروز حوادث و سطح ایمنی ناکافی در سیستم‌های خودکار طراحی‌شده، شده است. در واقع، تقریباً نیمی از موارد مورد بررسی به ناکارآمدی‌ها در این مرحله نسبت داده شده‌اند. علاوه بر این، چالش‌های جدیدی که به دلیل انتقال عملیات به مکان‌های دورافتاده و با دسترسی سخت به‌وجود آمده است، نیاز به توجه ویژه به برنامه‌های ایمنی را افزایش می‌دهد. در این محیط‌ها، نگهداری و خدمات‌دهی به تجهیزات و سیستم‌های ایمنی بسیار حیاتی است. تیم‌های نگهداری به‌صورت شیفتی به این مناطق منتقل می‌شوند تا آزمایش‌ها و نگهداری‌های لازم را انجام دهند. در این شرایط، هزینه‌های حمل‌ونقل و لجستیک برای ارسال کارکنان و

جدول ۱- عوامل کلیدی موفقیت در استقرار برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز

عوامل اصلی	عوامل فرعی	رفرنس
مشارکت کارکنان	نگرش شخصی	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، چای و همکاران (۲۰۲۲)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)، الروقی و همکاران (۲۰۱۹)
	انگیزه	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	جلسات ایمنی	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، چای و همکاران (۲۰۲۲)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)، الروقی و همکاران (۲۰۱۹)، محمدی و همکاران (۲۰۱۸)
	کمیته ایمنی	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی	مشارکت مداوم	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	طرح اجرایی	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	آموزش	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، چای و همکاران (۲۰۲۲)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)، الروقی و همکاران (۲۰۱۹)، محمدی و همکاران (۲۰۱۸)
	تجهیزات و نگهداری	بونیا و همکاران (۲۰۲۱)، بونیا و همکاران (۲۰۲۳)
مدیریت ایمنی	ارزیابی برنامه	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، چای و همکاران (۲۰۲۲)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	برنامه‌ریزی پیش از کار	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	برای ایمنی	
	ارتباطات	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، چای و همکاران (۲۰۲۲)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)، الروقی و همکاران (۲۰۱۹)، محمدی و همکاران (۲۰۱۸)
تعهد ایمنی	تخصیص اختیارات و مسئولیت‌ها	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	تخصیص منابع مناسب	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	شناسایی خطرات	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	حمایت مدیریت	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، چای و همکاران (۲۰۲۲)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)، الروقی و همکاران (۲۰۱۹)، باوفا و همکاران (۲۰۱۸)
سیاست‌های ایمنی	کار تیمی	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)
	اهداف واضح و واقعی	بونیا و همکاران (۲۰۲۳)، چای و همکاران (۲۰۲۲)، بونیا و همکاران (۲۰۲۱)، الروقی و همکاران (۲۰۱۹)، باوفا و همکاران (۲۰۱۸)

در زمینه برنامه‌های ایمنی، تحقیقات متعددی در سالیان اخیر ارائه شده‌اند. به‌عنوان مثال باوفا و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به شناسایی و ارزیابی عوامل کلیدی برای اجرای مؤثر برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش دلفی فازی، ۱۱ عامل برنامه ایمنی را شناسایی کردند و سپس با روش دیمتل^۲ این عوامل را تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج نشان داد که پنج عامل شامل تعهد و مسئولیت‌های ایمنی، انتخاب پیمانکاران فرعی و کارکنان، ناظر و متخصصان ایمنی، طرح ایمنی و مشارکت کارکنان و ارزیابی ایمنی، از عوامل حیاتی در برنامه‌های ایمنی هستند. آن‌ها تأکید کردند که تمرکز بر این پنج عامل می‌تواند به بهبود کلی برنامه‌های ایمنی منجر شود. در ادامه، بونیا و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی دیگر به شناسایی

عوامل کلیدی ایمنی در اجرای برنامه‌های مدیریت جامع ایمنی در صنعت ساخت و ساز عراق پرداختند. آن‌ها با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی، عوامل کلیدی ایمنی را به چهار دسته اصلی شامل مشارکت کارکنان، سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی، مدیریت ایمنی و تعهد مدیریت طبقه‌بندی کردند. سپس با به‌کارگیری مدل‌سازی معادلات ساختاری، ارتباط بین اجرای برنامه‌های ایمنی و موفقیت کلی پروژه را بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که اجرای برنامه‌های ایمنی تأثیر مثبت و قابل توجهی بر موفقیت پروژه دارد و بهبود عملکرد ایمنی می‌تواند به دستیابی به سایر اهداف پروژه نیز کمک کند. در پژوهشی دیگر، بونیا و همکاران (۲۰۲۱) به شناسایی و ارزیابی موانع اجرای برنامه‌های ایمنی در صنعت ساخت‌وساز پرداختند. آن‌ها با استفاده

تحقیق نشان داد که کاهش این موانع می‌تواند به بهبود شیوه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز کمک کند. اوفوری و همکاران (۲۰۲۳) نیز در مطالعه‌ای به بررسی شیوه‌های ایمنی و عملکرد صنعت نفت، گاز و انرژی در غنا پرداختند. آن‌ها با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری، آموزش ایمنی را به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر بر عملکرد ایمنی شناسایی کردند و نشان دادند که این عامل از طریق دانش ایمنی و فرهنگ ایمنی تأثیرگذار است. با این حال، نتایج نشان داد که آموزش ایمنی تأثیر قابل‌توجهی بر رعایت ایمنی ندارد. در نهایت، وقار و همکاران (۲۰۲۴) به شناسایی و ارزیابی عوامل اصلی ایمنی که به حوادث در پروژه‌های ساخت‌وساز پایین‌دستی نفت و گاز در مالزی منجر می‌شوند، پرداختند. آن‌ها با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی و مدل‌سازی معادلات ساختاری، عواملی مانند آموزش ایمنی ناکافی، رویه‌های ایمنی نامناسب و نظارت ناکافی را به‌عنوان عوامل بحرانی شناسایی کردند. کیوم و همکاران (۲۰۲۴) نیز در مطالعه‌ای به بررسی مدیریت بهداشت و ایمنی مبتنی بر فناوری برای کنترل شیوع بیماری در کارگاه‌های ساخت‌وساز پرداختند. آن‌ها با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری، روابط بین اقدامات بهداشت و ایمنی، چالش‌های اجرایی و فناوری‌های نوآورانه را در طول پاندمی کرونا تحلیل کردند و نشان دادند که فناوری‌های نوآورانه می‌توانند به تحول مدیریت بهداشت و ایمنی کمک کنند. با مرور ادبیات پژوهش‌های داخلی و خارجی، مشخص می‌شود که تحقیقات قابل‌توجهی در زمینه شناسایی عوامل کلیدی موفقیت در حوزه‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست انجام شده است. با این حال، شکاف‌های مهمی مانند کمبود تحقیقات در تحلیل روابط علی-معلولی بین عوامل، محدودیت در بررسی صنایع حساس‌تر مانند نفت و گاز و فقدان تمرکز بر استقرار عملیاتی برنامه‌های ایمنی وجود دارد. این پژوهش با تمرکز بر تحلیل روابط علی-معلولی بین عوامل کلیدی موفقیت و بررسی این عوامل در پروژه‌های نفت و گاز، به‌ویژه با استفاده از روش دیمتل، می‌تواند به درک عمیق‌تری از چالش‌های ایمنی و ارائه راهکارهای عملیاتی برای بهبود مدیریت ایمنی در صنایع حساس کمک کند.

از تحلیل عاملی اکتشافی، دوازده مانع اصلی را شناسایی و این موانع را در چهار بعد جو کاری غیرمساعد، مدیریت ضعیف، آگاهی پایین نسبت به ایمنی و هنجارهای غیرحمایتی صنعت دسته‌بندی کردند. سپس با به‌کارگیری مدل‌سازی معادلات ساختاری، تأثیر این موانع بر اجرای برنامه‌های ایمنی را تأیید کردند. نتایج نشان داد که هر چهار بعد موانع به‌طور قابل‌توجهی بر اجرای برنامه‌های ایمنی تأثیر منفی می‌گذارند. چای و همکاران (۲۰۲۲) نیز در پژوهشی به شناسایی عوامل کلیدی موفقیت برای اجرای برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های بازسازی ساخت‌وساز صنعتی متروکه پرداختند. آن‌ها با استفاده از تکنیک دیمتل فازی، مؤلفه‌هایی مانند پشتیبانی مدیریت، تخصیص اختیار و مسئولیت، کنترل پیمانکار فرعی، نگرش شخصی و بازرسی‌های ایمنی و ارزیابی خطر را به‌عنوان عوامل کلیدی موفقیت شناسایی کردند. بونیا و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای دیگر به توسعه یک مدل برای موفقیت پروژه در صنعت ساخت‌وساز از طریق بررسی تأثیر مستقیم و غیرمستقیم عوامل کلیدی موفقیت ایمنی پرداختند. آن‌ها با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری، ۲۰ عامل کلیدی را در چهار گروه تعهد مدیریت و مشارکت کارکنان، تجزیه و تحلیل محل کار، کنترل خطر و پیشگیری و آموزش بهداشت و ایمنی طبقه‌بندی کردند. نتایج نشان داد که ارتباط بین عوامل کلیدی موفقیت ایمنی و موفقیت کلی پروژه توسط عامل میانجی برنامه ایمنی تأیید می‌شود. آکا و همکاران (۲۰۲۳) نیز در پژوهشی به ارزیابی اثربخشی استراتژی‌ها برای اجرای برنامه‌های ایمنی و بهداشت در کارگاه‌های ساخت‌وساز پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش آنالیز رگرسیون چندگانه، شش استراتژی مناسب برای فعال‌سازی سطوح مطلوب اجرای برنامه‌های ایمنی و بهداشت را شناسایی کردند و تأکید کردند که راه‌اندازی نهادهای قانونی برای ارتقای آگاهی و استانداردسازی می‌تواند به کاهش تصادفات و حوادث در پروژه‌ها کمک کند. ال‌اوتایی و کینبر (۲۰۲۳) در تحقیقی به شناسایی و ارزیابی موانع پذیرش برنامه‌های بهداشت و ایمنی در صنعت ساخت‌وساز عربستان سعودی پرداختند. آن‌ها با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری، چهار مانع اصلی شامل حکمرانی ضعیف، آگاهی پایین ایمنی، شرایط کاری نامناسب و استانداردهای نامساعد صنعت را شناسایی کردند. نتایج این

مواد و روش‌ها

تشکیل کمیته خبرگی، از روش نمونه‌گیری گلوله برفی بهره گرفته شد که براساس مصاحبه با افراد متخصص و شناسایی سایر خبرگان از طریق توصیه‌های آن‌ها صورت پذیرفت. جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه خبرگان فعال در حوزه ایمنی در شرکت

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش جمع‌آوری داده‌ها، پیمایشی است و در بازه زمانی تیرماه تا شهریور ۱۴۰۳ انجام شد. برای گردآوری اطلاعات، از دو ابزار اصلی شامل مصاحبه و پرسشنامه مبتنی بر روش دیمتل استفاده شد. به‌منظور

مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران بود. معیارهای انتخاب خبرگان شامل سابقه کاری مرتبط، سطح تحصیلات و پست سازمانی آن‌ها در نظر گرفته شد. مشخصات و ویژگی‌های اعضای کمیته خبرگی به‌طور کامل در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- اطلاعات اعضای کمیته خبرگی

ویژگی	توضیحات	تعداد	درصد
جنسیت	مرد	۱۱	۷۳٪
	زن	۴	۲۷٪
سن (سال)	<۳۰	۴	۲۷٪
	۳۰-۴۰	۶	۴۰٪
	۴۱-۵۰	۳	۲۰٪
	>۵۰	۲	۱۳٪
تحصیلات	کارشناسی	۵	۳۳٪
	کارشناسی ارشد	۸	۵۳٪
	دکتری	۳	۲۰٪
موقعیت سازمانی	مدیر ارشد	۶	۴۰٪
	مدیر میانی	۶	۴۰٪
	کارشناس	۳	۲۰٪
تجربه (سال)	<۵	۳	۲۰٪
	۵-۱۰	۴	۲۷٪
	۱۱-۲۰	۶	۴۰٪
	>۲۰	۲	۱۳٪

دارد. این روش به‌طور مؤثر تأثیرات متقابل، شامل تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم میان عوامل را تحلیل کرده و روابط علت و معلولی را به وضوح شناسایی می‌کند. همچنین، از طریق ماتریس روابط تأثیر، ارتباط بین عوامل را به‌صورت بصری نمایش می‌دهد که به تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند تا درک بهتری از تأثیرات متقابل عوامل داشته باشد. علاوه بر این، دیمتل نه تنها برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود، بلکه در شناسایی معیارهای ارزیابی کلیدی و تعیین وزن آن‌ها نیز نقش مهمی ایفا می‌کند. به‌طور کلی گام‌های روش دیمتل به شرح زیر می‌باشد (سی و همکاران، ۲۰۱۸).

در ادبیات پژوهش، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره متعددی برای حل مسائل تصمیم‌گیری گروهی توسعه یافته‌اند که در این میان، تکنیک دیمتل به‌عنوان یک روش قدرتمند برای تحلیل روابط متقابل بین عوامل شناخته می‌شود. این تکنیک قادر است روابط پیچیده بین عوامل را به یک مدل ساختاری قابل‌فهم تبدیل کرده و آن‌ها را به دو گروه علت و معلول تقسیم کند. این ویژگی، دیمتل را به ابزاری کاربردی برای تحلیل سیستم‌های پیچیده تبدیل می‌کند، چرا که نه تنها امکان رتبه‌بندی عوامل را فراهم می‌کند، بلکه حوزه‌های بهبود را نیز برای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک بلندمدت شناسایی می‌نماید. در مقایسه با سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، دیمتل مزایای قابل‌توجهی

جدول ۳- مقادیر عددی شدت اثرگذاری در روش دیمتل

مقدار عددی	عبارت کلامی
۴	تأثیر بسیار زیاد
۳	تأثیر زیاد
۲	تأثیر کم
۱	تأثیر بسیار کم
۰	عدم وجود تأثیر

به‌صورت $F = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ و گروه تصمیم‌گیری شامل l خبره به‌صورت $E = \{E_1, E_2, \dots, E_l\}$ در نظر گرفته می‌شود.

گام ۱: تشکیل ماتریس تأثیر ارتباط مستقیم گروهی: برای ارزیابی روابط بین n عامل در یک سیستم، مجموعه عوامل

از این خبرگان خواسته می‌شود میزان تأثیر مستقیم عامل F_i بر عامل F_j را براساس یک مقیاس عددی ۵ درجه‌ای مطابق با جدول ۳ ارزیابی کنند. سپس، ماتریس تأثیر مستقیم فردی $Z_k = [z_{ij}^k]_{n \times n}$ که توسط خبره k ارائه می‌شود، تشکیل می‌گردد، به‌طوری‌که تمامی عناصر قطر اصلی ماتریس برابر صفر هستند و

$$z_{ij} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l z_{ij}^k, \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (۱)$$

بر همین اساس فرم ریاضی ماتریس تأثیر مستقیم گروهی Z براساس رابطه ۲ نتیجه می‌گردد:

$$Z = \begin{bmatrix} 0 & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & 0 & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (۲)$$

روابط ۳ و ۴ محاسبه کرد. این نرمال‌سازی معمولاً با استفاده از حداکثر مجموع سطری عناصر ماتریس Z انجام می‌شود.

$$X = \frac{Z}{s}, \quad (۳)$$

$$s = \max \left(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij} \right) \quad (۴)$$

گام ۳: محاسبه ماتریس تأثیر کل: با استفاده از ماتریس تأثیر مستقیم نرمال‌شده X ، ماتریس تأثیر کل $T = [t_{ij}]_{n \times n}$ از طریق جمع تأثیرات مستقیم و تمامی تأثیرات غیرمستقیم محاسبه می‌شود. این محاسبه معمولاً با استفاده از رابطه ۵ انجام می‌شود:

$$T = \lim_{h \rightarrow \infty} (X + X^2 + X^3 + \dots + X^h) = X(I - X)^{-1} \quad (۵)$$

همه عناصر موجود در ماتریس X از رابطه $0 \leq x_{ij} < 1$ و $0 \leq \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1$ تبعیت می‌کنند و حداقل یک مقدار i وجود دارد که در آن شرط $\sum_{j=1}^n z_{ij} \leq s$ برقرار است.

به طوری‌که I بیانگر ماتریس همانی است. بر همین اساس فرم ریاضی ماتریس تأثیر کل T براساس رابطه ۶ نشان داده می‌شود:

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & t_{n2} & \dots & t_{nn} \end{bmatrix} \quad (۶)$$

تأثیر کل T را نشان می‌دهند، با استفاده از روابط ۷ و ۸ نتیجه می‌شوند:

گام ۴: ترسیم نمودار تأثیر رابطه: در این مرحله بردارهای R و C که به ترتیب مجموع سطرها و مجموع ستون‌های ماتریس

$$R = [r_i]_{n \times 1} = \left\{ \sum_{j=1}^n t_{ij} \right\}_{n \times 1} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

$$C = [c_j]_{1 \times n} = \left\{ \sum_{i=1}^n t_{ij} \right\}_{1 \times n} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

اگر مقدار $(r_i - c_j)$ مثبت باشد، عامل F_i به عنوان تأثیرگذار قطعی و یک متغیر علت است. زمانی که این مقدار منفی باشد، متغیر به عنوان یک تأثیرپذیر قطعی و معلول است. این مقدار رابطه نامیده می‌شود. در نهایت یک نمودار در دستگاه مختصات دکارتی ترسیم می‌شود که در آن محور طولی مقدار تأثیر $(r_i + c_j)$ و محور عرضی براساس مقدار رابطه $(r_i - c_j)$ است؛ بنابراین موقعیت هر عامل با نقطه‌ای به مختصات $(r_i + c_j, r_i - c_j)$ در دستگاه معین می‌شود. به دلیل مشخص شدن پارامترها در این نمودار از جنبه علت و معلولی، آن را نمودار علی نیز می‌نامند. نمودار تأثیر-رابطه فقط روابط بین عواملی را نشان می‌دهد که شرط رابطه ۹ را برآورده می‌کند.

$$t_{ij} > \theta; \forall i, j \quad (9)$$

در اینجا، r_i مجموع درایه‌های سطر i ام در ماتریس T است و مجموع تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم ناشی از عامل F_i به سایر عوامل را نشان می‌دهد. به طور مشابه، مجموع c_j درایه‌های ستون j ام ماتریس T است که مجموع تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم دریافتی از سایر عوامل توسط عامل F_j را نمایان می‌سازد. اگر $i = j$ و $i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ ؛ $(r_i + c_j)$ شاخصی است که مجموع تأثیر گذاشته و گرفته‌شده توسط عامل F_i را نشان می‌دهد؛ به عبارت دیگر $(r_i + c_j)$ نشان‌دهنده درجه اهمیتی است که عامل F_i در سیستم دارد. این مقدار را برتری یا تأثیر می‌نامند. مقدار $(r_i - c_j)$ نشان‌دهنده تأثیر خالصی است که عامل F_i در سیستم به اشتراک گذاشته و با آن در تعامل است.

به طوری که θ بیانگر حد آستانه است و براساس نظرات خبرگان و یا رابطه ۱۰ تعیین می‌گردد:

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}}{n^2} \quad (10)$$

نتایج و بحث

شامل مشارکت کارکنان (C_1)، سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی (C_2)، مدیریت ایمنی (C_3) و تعهد ایمنی (C_4) با استفاده از مقیاس پنج‌درجه‌ای دیمتل ارزیابی کنند. در نهایت، میانگین حسابی نظرات کمیته خبرگی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه و نتایج در قالب ماتریس ارتباط مستقیم در جدول ۴ نمایش داده شد.

به منظور تحلیل و تعیین روابط علی- معلولی بین عوامل کلیدی موفقیت در استقرار برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز، از روش دیمتل مبتنی بر گروهی استفاده شده است. پس از توزیع پرسش‌نامه میان اعضای کمیته خبرگی، از خبرگان خواسته شد تا نقطه نظرات خود را در رابطه با مقایسات زوجی بین عوامل اصلی

جدول ۴ - ماتریس ارتباط مستقیم عوامل اصلی

	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۵۰۰	۰/۳۳۳
C_2	۰/۱۶۷	۰/۰۰۰	۰/۵۰۰	۱/۵۰۰
C_3	۰/۵۰۰	۱/۳۳۳	۰/۰۰۰	۱/۳۳۳
C_4	۰/۶۶۷	۰/۵۰۰	۰/۳۳۳	۰/۰۰۰

تمامی درایه‌های ماتریس ارتباط مستقیم ضرب گردید تا ماتریس ارتباط مستقیم نرمال حاصل شود. نتایج مربوط به این مرحله، شامل ماتریس ارتباط مستقیم نرمال برای عوامل اصلی، در جدول ۵ ارائه شده است.

در مرحله بعد، با استفاده از روابط ۳ و ۴، بیش‌ترین مقدار حاصل از مجموع سطری و ستونی در ماتریس ارتباط مستقیم محاسبه شد که برابر با ۳/۱۷۰ بود. سپس، معکوس این مقدار (۰/۳۱۶) در

جدول ۵- ماتریس ارتباط مستقیم نرمال عوامل اصلی

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
C ₁	۰/۰۰۰	۰/۳۱۶	۰/۱۵۸	۰/۱۰۵
C ₂	۰/۰۵۳	۰/۰۰۰	۰/۱۵۸	۰/۴۷۴
C ₃	۰/۱۵۸	۰/۴۲۱	۰/۰۰۰	۰/۴۲۱
C ₄	۰/۲۱۱	۰/۱۵۸	۰/۱۰۵	۰/۰۰۰

نتایج این محاسبات که براساس نظرات کمیته خبرگی به‌دست آمده‌اند، در جدول ۶ نمایش داده شده است.

سپس براساس ماتریس ارتباط مستقیم نرمال و با استفاده از روابط ۵ و ۶، ماتریس ارتباط کامل محاسبه شد. این ماتریس نشان‌دهنده تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم میان عوامل مورد بررسی است.

جدول ۶- ماتریس ارتباط کامل عوامل اصلی

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
C ₁	۰/۲۰۶	۰/۶۱۶	۰/۳۴۷	۰/۵۶۵
C ₂	۰/۳۰۳	۰/۳۷۶	۰/۳۵۳	۰/۸۳۲
C ₃	۰/۴۶۶	۰/۸۶۱	۰/۳۱۶	۱/۰۱۱
C ₄	۰/۳۵۱	۰/۴۳۸	۰/۲۶۷	۰/۳۵۷

می‌دهد، با استفاده از رابطه ۸ تعیین شد. سپس مقادیر $(r+c)$ که بیانگر اهمیت کلی هر عامل در سیستم است و $(r-c)$ که نقش علی یا معلولی هر عامل را مشخص می‌کند، برای تمامی عوامل محاسبه گردید. نتایج این تحلیل در جدول ۷ ارائه شده است.

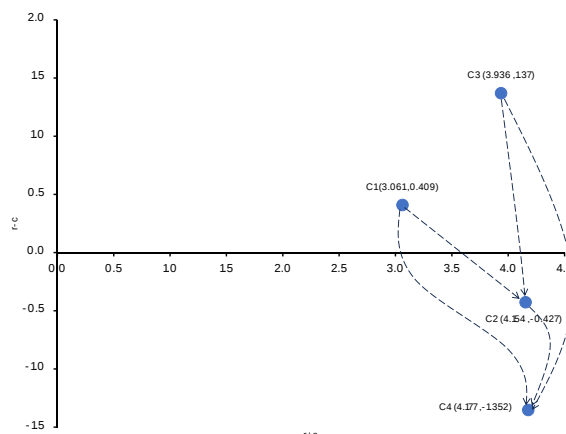
در گام بعد با استفاده از ماتریس ارتباط کامل، جمع عناصر هر سطر (r) که نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری هر عامل بر سایر عوامل است، از طریق رابطه ۷ محاسبه گردید. همچنین، جمع عناصر هر ستون (c) که میزان تأثیرپذیری هر عامل را نشان

جدول ۷- میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل اصلی

عوامل اصلی	علائم	r	c	$r+c$	$r-c$
مشارکت کارکنان	C ₁	۱/۷۳۵	۱/۳۲۶	۳/۰۶۱	۰/۴۰۹
سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی	C ₂	۱/۸۶۴	۲/۲۹۰	۴/۱۵۴	-۰/۴۲۷
مدیریت ایمنی	C ₃	۲/۶۵۳	۱/۲۸۳	۳/۹۳۶	۱/۳۷۰
تعهد ایمنی	C ₄	۱/۴۱۳	۲/۷۶۵	۴/۱۷۷	-۱/۳۵۲

کامل از حد آستانه بیشتر باشد، نشان‌دهنده وجود ارتباط معنادار بین عوامل مربوطه خواهد بود. نمودار تأثیر-رابطه بین عوامل اصلی موفقیت در اجرای برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت و ساز شرکت مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران مطابق با شکل ۱ به تصویر کشیده شده است.

در گام پایانی، برای شناسایی روابط درونی بین عوامل اصلی، مقدار حد آستانه براساس میانگین کلیه درایه‌های ماتریس ارتباط کامل (جدول ۶) با بهره‌گیری از روابط ۹ و ۱۰ تعیین شد. این مقدار که برابر با ۰/۴۷۹ است، به‌عنوان مبنای تشخیص ارتباط میان عوامل استفاده گردید. در صورتی که مقدار هر درایه در ماتریس ارتباط



شکل ۱- نمودار تأثیر- رابطه عوامل اصلی

اجرای برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت و ساز شرکت مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران به خود اختصاص داده است. سایر مؤلفه‌ها، از جمله سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی، مدیریت ایمنی و مشارکت کارکنان، به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. به همین ترتیب، روابط علی-معلولی بین زیرعوامل هر یک از ابعاد اصلی نیز تعیین و در ادامه در جدول ۸ توضیح داده شده‌اند.

همان‌طور که از شکل ۱ نتیجه می‌شود در بین ابعاد اصلی، مشارکت کارکنان (C_1) و مدیریت ایمنی (C_3) به دلیل دارا بودن مقادیر مثبت ($r-C$) به عنوان عوامل علی (تأثیرگذار) نتیجه شدند. در مقابل، سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی (C_2) و تعهد ایمنی (C_4) با مقادیر منفی ($r-C$) به عنوان عوامل معلول (تأثیرپذیر) تعیین شده‌اند. علاوه بر این، تعهد ایمنی با بالاترین مقدار ($r+C$)، بیشترین ضریب اهمیت را در میان عوامل کلیدی موفقیت در

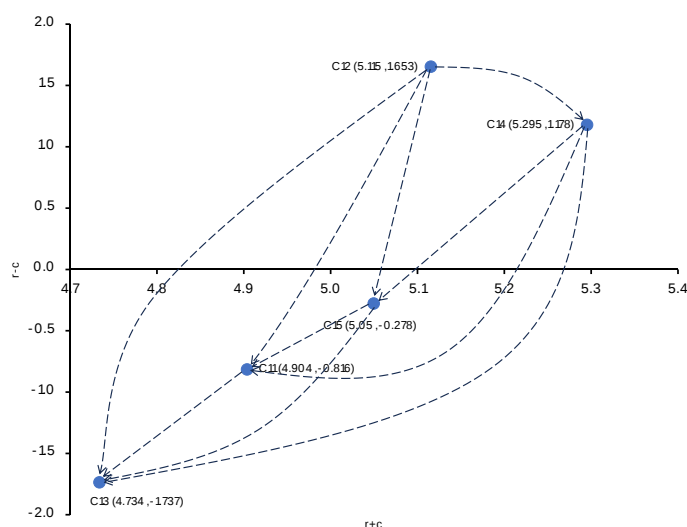
جدول ۸- میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل فرعی

دسته	رتبه در گروه	$r-C$	$r+C$	C	r	علائم	عوامل فرعی	عوامل اصلی
معلول	۴	-۰/۸۱۶	۴/۹۰۴	۲/۸۶۰	۲/۰۴۴	C_{11}	نگرش شخصی	مشارکت کارکنان (C_1)
علت	۲	۱/۶۵۳	۵/۱۱۵	۱/۷۳۱	۳/۳۸۴	C_{12}	انگیزه	
معلول	۵	-۱/۷۳۷	۴/۷۳۴	۳/۲۳۵	۱/۴۹۹	C_{13}	جلسات ایمنی	
علت	۱	۱/۱۷۸	۵/۲۹۵	۲/۰۵۹	۳/۲۳۷	C_{14}	کمیته ایمنی	
معلول	۳	-۰/۲۷۸	۵/۰۵۰	۲/۶۶۴	۲/۳۸۶	C_{15}	مشارکت مداوم	
معلول		-۱/۱۲۰	۶/۷۰۶	۳/۹۱۳	۲/۷۹۳	C_{21}	طرح اجرایی	سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی (C_2)
علت	۲	۰/۶۵۴	۶/۴۸۵	۲/۹۱۶	۳/۵۶۹	C_{22}	آموزش	
معلول	۴	-۰/۶۷۵	۵/۷۸۳	۳/۲۲۹	۲/۵۵۴	C_{23}	تجهیزات و نگهداری	
علت	۱	۰/۳۴۱	۶/۸۲۱	۳/۲۴۰	۳/۵۸۱	C_{24}	ارزیابی برنامه	
علت	۳	۰/۸۰۰	۶/۲۹۸	۲/۷۴۹	۳/۵۴۹	C_{25}	برنامه‌ریزی پیش از کار برای ایمنی	
علت	۴	۰/۵۲۳	۲/۰۵۹	۰/۷۶۸	۱/۲۹۱	C_{31}	ارتباطات	مدیریت ایمنی (C_3)
علت	۳	۱/۲۳۵	۲/۲۲۳	۰/۴۹۴	۱/۷۲۹	C_{32}	تخصیص اختیارات و مسئولیت‌ها	
معلول	۱	-۱/۱۱۰	۲/۶۳۱	۱/۸۷۱	۰/۷۶۰	C_{33}	تخصیص منابع مناسب	
معلول	۲	-۰/۶۴۷	۲/۴۳۶	۱/۵۴۱	۰/۸۹۴	C_{34}	شناسایی خطرات	
علت	۱	۰/۲۹۳	۴/۱۴۰	۱/۹۲۳	۲/۲۱۷	C_{41}	حمایت مدیریت	تعهد ایمنی (C_4)
علت	۲	۰/۵۵۱	۴/۰۳۲	۱/۷۴۰	۲/۲۹۲	C_{42}	کار تیمی	
معلول	۳	-۱/۵۲۴	۳/۷۹۲	۲/۶۵۸	۱/۱۳۴	C_{43}	اهداف واضح و واقعی	
علت	۴	۰/۶۷۹	۳/۱۸۵	۱/۲۵۳	۱/۹۳۲	C_{44}	سیاست‌های ایمنی	

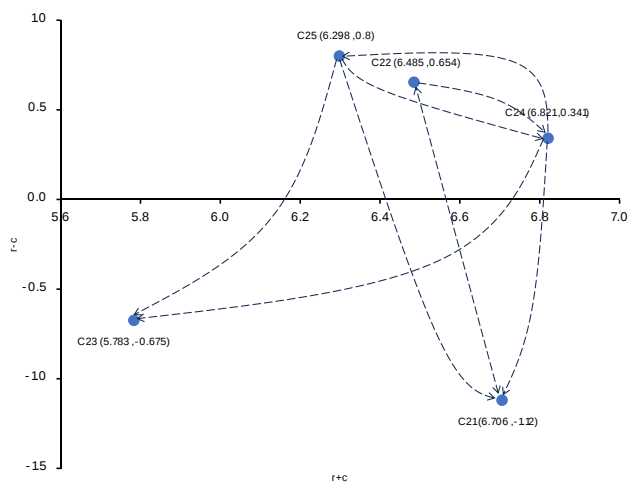
برجسته می‌کند. نمودارهای تأثیر-رابطه زیرعوامل مربوط به هر بعد نیز که بیانگر روابط معنادار بین آن‌هاست در اشکال ۲ الی ۵ ارائه شده‌اند. علاوه بر تعیین عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر، تحلیل مقادیر $(r+c)$ نشان داد که برخی از مؤلفه‌ها اهمیت بیش‌تری در هر بعد دارند. در بعد مشارکت کارکنان، کمیته ایمنی بالاترین میزان اهمیت را به خود اختصاص داد، در حالی که انگیزه، مشارکت مداوم، نگرش شخصی و جلسات ایمنی، در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در بعد سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی، ارزیابی برنامه به‌عنوان مهم‌ترین عامل شناخته شد و پس از آن، طرح اجرایی، آموزش، برنامه‌ریزی پیش از کار برای ایمنی و تجهیزات و نگهداری قرار گرفتند. در بعد مدیریت ایمنی، تخصیص منابع مناسب بیش‌ترین اهمیت را داشت و در ادامه، شناسایی خطرات، تخصیص اختیارات و مسئولیت‌ها و ارتباطات در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در نهایت، در بعد تعهد ایمنی، حمایت مدیریت بالاترین میزان اهمیت را به خود اختصاص داد که نشان‌دهنده نقش کلیدی مدیریت در ایجاد فرهنگ ایمنی سازمانی است. سایر زیرشاخص‌ها، از قبیل کار تیمی، اهداف واضح و واقعی و سیاست‌های ایمنی، به ترتیب در رتبه‌های بعدی در این بعد قرار گرفته‌اند. نتایج بیانگر آن است که در هر یک از ابعاد، برخی شاخص‌ها نقش کلیدی‌تری در بهبود ایمنی سازمانی ایفا می‌کنند. شناسایی این عوامل می‌تواند به مدیران کمک کند تا با تمرکز بر عوامل علی، تأثیرگذاری بیش‌تری در بهبود سیستم‌های ایمنی داشته باشند. همچنین، شاخص‌هایی که دارای بالاترین مقدار $(r+c)$ هستند، نیازمند توجه ویژه در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های اجرایی ایمنی سازمان‌ها می‌باشند.

نتایج به‌دست‌آمده از تکنیک دیمتل به‌طور کلی نشان‌دهنده روابط پیچیده و اثرات متقابل میان عوامل مختلف در زمینه عوامل کلیدی موفقیت در استقرار برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که در هر یک از ابعاد مورد مطالعه، برخی مؤلفه‌ها به‌عنوان عوامل علی (تأثیرگذار) و برخی دیگر به‌عنوان عوامل معلول (تأثیرپذیر) شناسایی شده‌اند. در بعد مشارکت کارکنان، مؤلفه‌های انگیزه و کمیته ایمنی به‌عنوان عوامل تأثیرگذار تعیین شدند، در حالی که نگرش شخصی، جلسات ایمنی و مشارکت مداوم به‌عنوان عوامل تأثیرپذیر شناخته شدند. در بعد سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی، سه شاخص آموزش، ارزیابی برنامه و برنامه‌ریزی پیش از کار برای ایمنی در گروه عوامل علی قرار گرفتند، در حالی که طرح اجرایی و تجهیزات و نگهداری به‌عنوان عوامل معلول شناسایی شدند. این نتایج نشان‌دهنده نقش کلیدی آموزش و ارزیابی برنامه‌ها در بهبود سیستم ایمنی است.

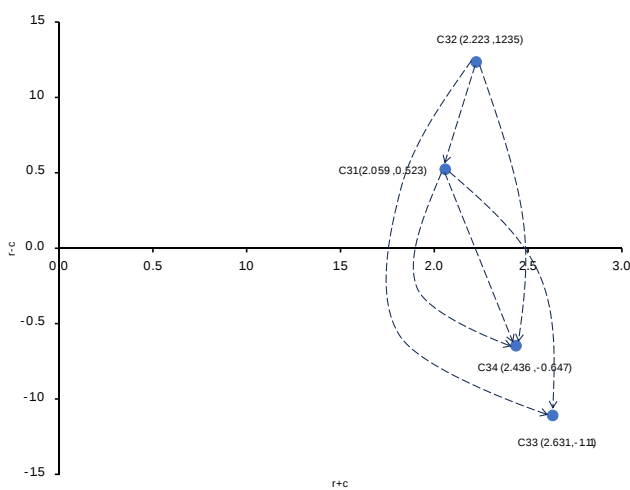
در بعد مدیریت ایمنی، یافته‌ها نشان می‌دهند که ارتباطات و تخصیص اختیارات و مسئولیت‌ها به‌عنوان عوامل تأثیرگذار و تخصیص منابع مناسب و شناسایی خطرات به‌عنوان عوامل تأثیرپذیر شناخته شده‌اند. این امر حاکی از آن است که تقویت ارتباطات و افزایش شفافیت در تخصیص وظایف می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر بهبود ایمنی داشته باشد. در نهایت، در بعد تعهد ایمنی، سه شاخص حمایت مدیریت، کار تیمی و سیاست‌های ایمنی به‌عنوان عوامل علی و تنها شاخص اهداف واضح و واقعی به‌عنوان عامل معلول شناسایی شد. این موضوع اهمیت نقش مدیریت و همکاری تیمی را در بهبود تعهد سازمان به ایمنی



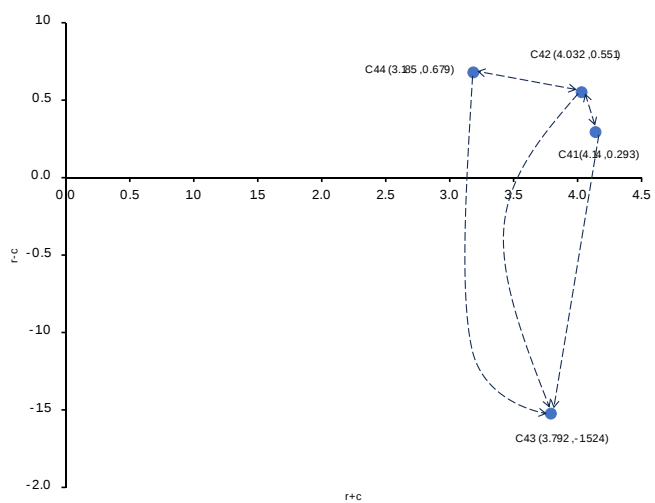
شکل ۲- نمودار تأثیر-رابطه مؤلفه‌های بعد مشارکت کارکنان



شکل ۳- نمودار تأثیر-رابطه مؤلفه‌های بعد سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی



شکل ۴- نمودار تأثیر-رابطه مؤلفه‌های بعد مدیریت ایمنی



شکل ۵- نمودار تأثیر-رابطه مؤلفه‌های بعد تعهد ایمنی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برنامه‌های ایمنی در بسیاری از کشورها با هدف کاهش صدمات و تلفات در محیط کار، کاهش هزینه‌های ناشی از حوادث و ارتقای اعتبار در صنعت نفت و گاز اجرا شده‌اند. با این حال، عملکرد ایمنی در کشورهای در حال توسعه، به‌ویژه ایران، همچنان با چالش‌هایی همراه است، علی‌رغم اینکه صنعت نفت و گاز نقش به‌سزایی در رشد اقتصادی این کشور دارد. اجرای یک برنامه ایمنی جامع به‌عنوان گامی اساسی برای مقابله با این چالش در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش، عوامل کلیدی موفقیت در اجرای برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های صنعت نفت و گاز، به‌ویژه در شرکت مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سپس، به کمک تکنیک دیمتل، روابط علی و معلولی میان این عوامل مشخص گردید تا میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از آن‌ها تعیین شود. نتایج حاصل از تحلیل روابط علی و معلولی میان ابعاد و مؤلفه‌های مؤثر بر ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز در شرکت مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران با استفاده از تکنیک دیمتل نشان داد که ابعاد مشارکت کارکنان و مدیریت ایمنی به‌عنوان عوامل علی، نقش تعیین‌کننده‌ای در ساختار ایمنی دارند. از منظر تئوریک، این دو بعد به‌عنوان محرک‌های تغییر در سیستم ایمنی عمل می‌کنند. بنابراین، هرگونه بهبود در این ابعاد می‌تواند سایر مؤلفه‌های ایمنی را نیز تحت تأثیر مثبت قرار دهد. در مقابل، ابعاد سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی و تعهد ایمنی به‌عنوان ابعاد معلول شناخته شدند که نشان‌دهنده تأثیرپذیری این ابعاد از سایر حوزه‌های سازمانی است. این نکته از منظر مدیریتی حائز اهمیت است. چرا که تنها با افزایش سطح تعهد یا توسعه سیستم‌های کنترلی نمی‌توان به ایمنی پایدار دست یافت، مگر آنکه اقدامات زیربنایی در حوزه مشارکت و مدیریت ایمنی به‌طور هم‌زمان بهبود یابند. در سطح زیرشاخص‌ها، مؤلفه‌هایی چون انگیزه و کمیته ایمنی در بعد مشارکت کارکنان، به‌عنوان عوامل علی، بیانگر آن هستند که افزایش انگیزش کارکنان و ایجاد ساختارهای رسمی برای مشارکت در تصمیم‌گیری‌های ایمنی می‌تواند بهبود معناداری در سایر مؤلفه‌ها ایجاد کند. همچنین، آموزش و ارزیابی برنامه در بعد سیستم پیشگیری، با نقش علی خود، بر این نکته دلالت دارند که آموزش مداوم و پایش عملکرد ایمنی، دو راهکار بنیادین برای ارتقاء رفتارها و نتایج ایمنی هستند. در بعد مدیریت ایمنی نیز، زیرشاخص‌هایی همچون ارتباطات و تخصیص اختیارات نقش کلیدی ایفا می‌کنند. این امر نشان می‌دهد که طراحی ساختارهایی برای ارتباط مؤثر بین مدیران و کارکنان، و واگذاری اختیارات ایمنی به سطوح پایین‌تر سازمانی، باعث افزایش انعطاف‌پذیری و

واکنش‌پذیری سازمان در برابر خطرات می‌شود. در عین حال، برخی زیرشاخص‌ها مانند نگرش شخصی، جلسات ایمنی، تجهیزات و نگهداری و اهداف واضح و واقعی به‌عنوان عوامل معلول شناخته شدند. این یافته نشان می‌دهد که این مؤلفه‌ها بیش از آنکه نقش محرک ایفا کنند، نتیجه‌ای از عملکرد و سیاست‌های سایر عوامل هستند. بنابراین، بهبود آن‌ها نیازمند پیش‌نیازهایی در سطح عوامل علی است. نکته حائز اهمیت دیگر این است که تعهد ایمنی، علی‌رغم آنکه به‌عنوان بعدی معلول شناخته شده، بالاترین میزان اهمیت کلی را داراست. این امر نشان‌دهنده جایگاه راهبردی تعهد ایمنی است. به عبارتی، هرچند تعهد ایمنی بیشتر متأثر از دیگر ابعاد است، اما نقش محوری آن در موفقیت نهایی برنامه‌های ایمنی، آن را به یک عامل حیاتی تبدیل کرده است. این مسئله تأیید می‌کند که تعهد مدیریت ارشد به ایمنی، به‌مثابه پیشران انگیزه و سرمایه‌گذاری در سایر ابعاد ایمنی، نقش بی‌بدیلی دارد. در نهایت، تحلیل کلی نشان می‌دهد که برای ارتقاء اثربخش ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز، سازمان‌ها باید در وهله نخست بر افزایش مشارکت کارکنان، تقویت فرآیندهای ارتباطی و مدیریتی، و ایجاد ساختارهای انگیزشی و حمایتی تمرکز کنند. همچنین، آموزش مستمر و ارزیابی‌های منظم نیز باید به‌عنوان ابزارهای پشتیبان در نظر گرفته شوند. تنها در چنین چارچوبی است که می‌توان انتظار داشت شاخص‌های معلولی مانند نگرش شخصی یا اهداف واقعی، بهبود یافته و ایمنی به‌صورت پایدار در پروژه‌ها نهادینه شود. مقایسه نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات پیشین به‌ویژه باوفا و همکاران (۲۰۱۸) و بونیا و همکاران (۲۰۲۱) نشان می‌دهد که در تمامی آن‌ها تعهد ایمنی به‌عنوان عامل اصلی مؤثر بر موفقیت اجرای برنامه‌های ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز شناخته شده است. تحقیق باوفا و همکاران (۲۰۱۸) به شناسایی ۱۱ عامل کلیدی برای اجرای مؤثر برنامه‌های ایمنی پرداخته و بر عواملی مانند تعهد ایمنی، انتخاب پیمانکاران، ناظر و متخصصان ایمنی، طرح ایمنی، مشارکت کارکنان و ارزیابی ایمنی تأکید دارد. این نتایج با یافته‌های تحقیق حاضر که تعهد ایمنی را به‌عنوان عامل اصلی موفقیت در نظر گرفته و بر کمیته ایمنی، ارزیابی برنامه، تخصیص منابع مناسب و حمایت مدیریت تأکید می‌کند، شباهت زیادی دارد. از سوی دیگر، تحقیق بونیا و همکاران (۲۰۲۱) چهار ساختار کلیدی ایمنی شامل مشارکت کارکنان، سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی، مدیریت ایمنی و تعهد مدیریت را شناسایی کرده است و نشان می‌دهد که اجرای موفقیت‌آمیز برنامه‌های ایمنی تأثیر مثبتی بر موفقیت کلی پروژه‌ها دارد. این نتایج با تحقیق حاضر که بر سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی و

مشارکت کارکنان تأکید کرده، مشابه است، اما تحقیق حاضر بیشتر بر جزئیات سطح زیرشاخص‌ها مانند کمیته ایمنی و حمایت مدیریت تمرکز دارد. در نتیجه، اگرچه نتایج هر سه تحقیق در برخی از عوامل مشترک هستند، تفاوت‌هایی در رویکردها و تمرکز بر جزئیات اجرایی در زمینه‌های مختلف وجود دارد که ناشی از تفاوت‌های زمینه‌ای و ویژگی‌های خاص پروژه‌های ساخت‌وساز در کشورها و شرکت‌های مختلف است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهاد‌های کاربردی و مدیریتی برای بهبود عملکرد ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز شرکت مهندسی و ساخت تأسیسات دریایی ایران به شرح زیر است:

براساس نتایج عامل تعهد ایمنی در بین ابعاد اصلی بیش‌ترین تأثیر کل را کسب نمود. مدیران ارشد باید با افزایش توجه به فرهنگ ایمنی و حمایت مستمر از برنامه‌های ایمنی، نشان دهند که ایمنی اولویت اصلی است. این کار می‌تواند با تخصیص منابع مناسب، تقویت مسئولیت‌پذیری در سطوح مختلف و برگزاری دوره‌های

آموزشی مرتبط با ایمنی انجام شود. در بین زیر شاخص‌های بعد مشارکت کارکنان و سیستم پیشگیری و کنترل ایمنی، به ترتیب عوامل کمیته ایمنی و ارزیابی برنامه بیش‌ترین تأثیر کل را کسب نمودند. کمیته ایمنی باید از تخصص‌های مختلف تشکیل شود و تصمیمات آن باید به‌طور مستمر ارزیابی و پیگیری شود. همچنین، ارزیابی دوره‌ای برنامه‌های ایمنی و تطابق آن‌ها با استانداردهای روز می‌تواند به شناسایی نقاط ضعف و تقویت فرآیندهای ایمنی کمک کند. در بین زیر شاخص‌های بعد مدیریت ایمنی و تعهد ایمنی، به ترتیب عامل‌های تخصیص منابع مناسب و حمایت مدیریت بیش‌ترین تأثیر کل را کسب نمودند. برای اجرای مؤثر برنامه‌های ایمنی، تخصیص منابع مالی، انسانی و زمانی مناسب ضروری است. حمایت مدیریت باید شامل تأمین منابع مالی کافی برای تأسیس زیرساخت‌های ایمنی، آموزش مستمر کارکنان و استفاده از تجهیزات ایمنی پیشرفته باشد.

References

1. Agyekum K, Botchway SY, Adinyira E, Opoku A. Environmental performance indicators for assessing sustainability of projects in the Ghanaian construction industry. *Smart and Sustainable Built Environment*. 2022;11(4):918–950. DOI: 10.1108/SASBE-11-2020-0161
2. Aka A, Awuzie B, Emuze F, Adewale Shittu A. Evaluating the effectiveness of strategies for implementation of health and safety programs on construction sites in Nigeria: A mixed-method study. *J Safety Res*. 2023;85:172–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.02.001>
3. Al-Otaibi A, Kineber AF. Identifying and Assessing Health and Safety Program Implementation Barriers in the Construction Industry: A Case of Saudi Arabia. *Applied Sciences*. 2023;13(4):2630. DOI: 10.3390/app13042630
4. Alruqi WM, Hallowell MR. Critical success factors for construction safety: Review and meta-analysis of safety leading indicators. *J Constr Eng Manag*. 2019;145(3):04019005. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001626](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001626)
5. Bavafa A, Mahdiyar A, Marsono AK. Identifying and assessing the critical factors for effective implementation of safety programs in construction projects. *Saf Sci*. 2018;106:47–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.025>
6. Buniya MK, Othman I, Sunindijo RY, Karakhan AA, Kineber AF, Durdyev S. Contributions of safety critical success factors and safety program elements to overall project success. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2023;29(1):129–140. DOI: 10.1080/10803548.2022.2038419
7. Buniya MK, Othman I, Sunindijo RY, Kashwani G, Durdyev S, Ismail S, et al. Critical Success Factors of Safety Program Implementation in Construction Projects in Iraq. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(16): 8469. DOI: 10.3390/ijerph18168469
8. Buniya MK, Othman I, Sunindijo RY, Kineber AF, Mussi E, Ahmad H. Barriers to safety program implementation in the construction industry. *Ain Shams Engineering Journal*. 2021;12(1):65–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.08.002>
9. Chai Q, Li H, Tian W, Zhang Y. Critical Success Factors for Safety Program Implementation of Regeneration of Abandoned Industrial Building Projects in China: A Fuzzy DEMATEL Approach. *Sustainability*. 2022;14(3): 1550. DOI: 10.3390/su14031550
10. Hakim IM, Singgih ML, Gunarta IK. Critical Success Factors for Internet of Things (IoT) Implementation in Automotive Companies, Indonesia. *Sustainability*. 2023;15(4): 2909. DOI: 10.3390/su15042909
11. Hallowell MR, Calhoun ME. Interrelationships among highly effective construction injury prevention strategies. *J Constr Eng Manag*. 2011;137(11):985–993. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000354](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000354)
12. Hallowell MR, Gambatese JA. Construction safety risk mitigation. *J Constr Eng Manag*. American Society of Civil Engineers; 2009;135(12):1316–1123. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000107](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000107)
13. Hinze J. Safety plus: Making zero accidents a reality. *Construction Industry Institute*. 2002;160:11 .
14. Kum YT, Yap JBH, Lew Y-L, Lee WP. Transforming construction health and safety management during COVID-19 pandemic using innovative technologies: PLS-SEM approach. *Engineering, Construction and Architectural Management*. Emerald Publishing Limited; 2024;31(7):2770–808. DOI: 10.1108/ECAM-08-2022-0780
15. Li Y, Ning Y, Chen WT. Critical Success Factors for Safety Management of High-Rise Building Construction Projects in China. *Advances in Civil Engineering*.

- 2018;2018(1):1516354. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/1516354>
16. Mohammadi A, Tavakolan M, Khosravi Y. Factors influencing safety performance on construction projects: A review. *Saf Sci*. 2018;109:382–397. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.017>
17. Ofori EK, Aram SA, Saalidong BM, Gyimah J, Niyonzima P, Mintah C, et al. Exploring new antecedent metrics for safety performance in Ghana's oil and gas industry using partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM). *Resources Policy*. 2023;81:103368. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103368>
18. Pinto A, Nunes IL, Ribeiro RA. Occupational risk assessment in construction industry – Overview and reflection. *Saf Sci*. 2011;49(5):616–624. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.003>
19. Redutskiy Y, Camitz-Leidland CM, Vysochyna A, Anderson KT, Balycheva M. Safety systems for the oil and gas industrial facilities: Design, maintenance policy choice, and crew scheduling. *Reliab Eng Syst Saf*. 2021;210:107545. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107545>
20. Si S-L, You X-Y, Liu H-C, Zhang P. DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications. *Math Probl Eng*. 2018;2018(1):3696457. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/3696457>
21. Tang DKH, Leiliabadi F, Olugu EU, Md Dawal SZ binti. Factors affecting safety of processes in the Malaysian oil and gas industry. *Saf Sci*. 2017;92:44–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.09.017>
22. Waqar A, Othman I, Shafiq N, Mansoor MS. Evaluating the critical safety factors causing accidents in downstream oil and gas construction projects in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*. 2024;15(1):102300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102300>



Analyzing critical success factors for the implementation of safety programs in construction projects using DEMATEL (A Case Study of the Oil and Gas Industry)

Sholeh Escot

Department of Health, Safety, and Environmental, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Mahnaz Zarei*

Department of Industrial Engineering, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Received: 03 May 2025

Accepted: 16 June 2025

Keywords: Safety Programs, Critical Success Factors (CSFs), Construction Projects, DEMATEL.

Extended Abstract

Introduction: Safety is one of the fundamental and vital components in construction projects, especially in high-risk and sensitive industries such as oil and gas, where the occurrence of accidents can have irreparable consequences on human, financial, and environmental resources. The effective implementation of safety programs not only prevents incidents but also improves quality, increases productivity, and reduces project costs. In line with this, the primary objective of the present study is to identify and evaluate the critical success factors (CSFs) in implementing safety programs in construction projects within the oil and gas industry. To achieve this, the Iranian Offshore Engineering and Construction Company was selected as a case study in order to deeply investigate the operational conditions and challenges and to propose scientific and practical solutions for improving safety performance.

Materials and Methods: This study is applied in nature and follows a survey-based data collection approach. The research was conducted between July and September 2024. For data collection, a combination of two tools was used: semi-structured interviews and a structured questionnaire. Initially, a systematic literature review was carried out to identify preliminary factors related to safety in construction projects. These factors were then incorporated into a questionnaire and presented to industry experts. Experts were selected through a snowball sampling method—beginning with several professionals with direct experience in the safety domain, who then referred additional experts to participate in the study. The identified factors were subsequently analyzed using the DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) technique to explore the causal relationships among them. The calculations related to data analysis were also performed using Excel software.

Results and Discussion: The results of the DEMATEL analysis indicated that among the main identified dimensions, employee participation and safety management were recognized as causal factors, meaning they play a decisive role in influencing other dimensions. In contrast, safety prevention and control systems and safety commitment were identified as effect factors, meaning they are most influenced by the other dimensions. Notably, the findings revealed that safety commitment, with an importance coefficient of 4.177, played a central and crucial role in the success of safety programs and was emphasized as the most important component among other factors. Following that, the safety prevention and control system, safety management, and employee participation ranked next with importance coefficients of 4.154, 3.936, and 3.061, respectively.

Conclusion: This study provides both practical and theoretical insights, emphasizing the importance of organizational commitment to safety and fostering a participative culture among employees. The findings can assist managers, decision-makers, and policymakers in the field of safety in oil and gas construction projects by identifying key intervention points to enhance safety performance, reduce risks, and increase the sustainability of construction activities.

Corresponding author: Mahnaz Zarei

Address: Department of Industrial Engineering, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Tel: +989177161298

Email: mahnaz.zarei@iaua.ac.ir

Citation: Escot Sh, Zarei M. Analyzing critical success factors for the implementation of safety programs in construction projects using DEMATEL (A Case Study of the Oil and Gas Industry). Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 3(9): 1-17.

© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.

