Journal of Structural and Construction Engineering, 11(8), 2024, pp. 18-40

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Investigating the relationship between the factors affecting the safety culture and the Safety performance of people working in a construction project using the Fuzzy Dematel method

Mohammad Reza Eskandari[1], Ali Parvari[2]*

1- Master Student, Department of Civil Engineering, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein, Iran
2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Khomein Branch, Islamic Azad University, Khomein,

ABSTRACT

Construction workshops are among high-risk centers in Iran in terms of occupational accidents. The first step to control occupational accidents in this field is to raise the level of safety culture among people working in these workshops. Determining the factors affecting the safety culture and finding its relationship with the safety performance of people working in construction projects can be helpful in achieving this goal. In this research, the Dematel Fuzzy method has been used to investigate the relationship between the factors affecting safety culture and the safety performance of people working in construction projects. The upcoming research has been conducted in an expert-centered way. In this regard, 84 experts who had work experience related to safety and were familiar with safety culture were selected in a targeted way. In the next step, 8 criteria were extracted and approved by Selected experts in this industry through a questionnaire. Finally, the relationship between the criteria and the impact and effectiveness of each was investigated using the fuzzy Dematel method. The results obtained from the research shows that among the examined criteria, the attitude towards safety has the most relationship with other factors.Also, attitude to safety, management policy, knowledge and skills and equipment, respectively, have the most influence and communication, Personality, safety training and continuous supervision have the most impressione.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Receive Date: 02 September 2023
Revise Date: 11 February 2024
Accept Date: 20 February 2024

Keywords:
Safety
Safety culture
Safety performance
Construction projects
Fuzzy Dematel method
Dalalah Method

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2024.411324.3194

*Corresponding author: Ali Parvari.
Email address: ali.parvari@iau.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

بررسی ارتباط میان عوامل مؤثر بر فرهنگ ایمنی با عملکرد ایمنی افراد شاغل در پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش دیمتل‌فازی

محمدرضا اسکندری[۱]، علی پروری[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران

چکیده

کارگاه‌های عمرانی از نظر به وقوع پیوستن حوادث شغلی از جمله مراکز پرخطر در ایران محسوب می‌شوند. قدم نخست جهت کنترل حوادث شغلی در این حوزه، بالا بردن سطح فرهنگ ایمنی در میان افراد مشغول به کار در این کارگاه‌هاست. مشخص کردن عوامل مؤثر بر فرهنگ ایمنی و پیدا کردن رابطه‌ی آن با عملکرد ایمنی افراد شاغل در پروژه‌های عمرانی می‌تواند تا حدود زیادی در زمینه‌ی تحقق این هدف راهگشا باشد. در این پژوهش از روش دیمتل‌فازی به منظور بررسی ارتباط میان عوامل مؤثر بر فرهنگ ایمنی با عملکرد ایمنی افراد شاغل در پروژه‌های عمرانی استفاده شده است. پژوهش پیش رو به شیوه خبره محوره صورت گرفته است. در این راستا ۸۴ نفر از خبرگانی که سابقه‌ی کاری مرتبط با ایمنی داشتند و با فرهنگ ایمنی آشنا بودند، به طریق هدفمند انتخاب شدند. در مرحله بعد، تعداد ۸ معیار استخراج و به وسیله پرسشنامه مورد تأیید خبرگان منتخب این صنعت قرار گرفت. در نهایت با استفاده از روش دیمتل‌فازی ارتباط میان معیارها و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر کدام بررسی گردید. نتایج به‌دست آمده از پژوهش نشان داد که در بین معیارهای بررسی شده، نگرش به ایمنی بیشترین ارتباط را با عوامل دیگر دارد. همچنین به ترتیب نگرش به ایمنی، سیاست مدیریت، دانش و مهارت و تجهیزات، از بیشترین تأثیرگذاری و ارتباطات، شخصیت، آموزش ایمنی و نظارت مستمر، از بیشترین تأثیرپذیری برخوردار هستند.

کلمات کلیدی: ایمنی، فرهنگ ایمنی، عملکرد ایمنی، پروژه‌های عمرانی، روش دیمتل فازی، روش دالالا

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2024.411324.3194	doi:
۱۴۰۲/۰۶/۱۱	۱۴۰۲/۱۱/۲۲	۱۴۰۲/۱۲/۰۱	۱۴۰۲/۱۲/۰۱	۱۴۰۳/۰۸/۳۰	10.22065/jsce.2024.411324.3194	

نویسنده مسئول[*]: علی پروری

پست الکترونیکی: ali.parvari@iau.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه صنایع و تجهیزات پیشرفت قابل توجهی داشته‌اند که همین امر زمینه ساز وقوع حوادث زیادی در صنایع مختلف شده است. نظریه‌های بررسی حوادث عوامل انسانی را به عنوان بیشترین علل وقوع این حوادث معرفی کرده‌اند[۱]. به دلیل گستردگی عملیات ساخت‌وساز این صنعت در اکثر کشورهای جهان در میان فعالیت‌های حادثه‌آفرین در رتبه نخست قرار دارد[۲]. بررسی گزارش‌های آماری سالانه منتشر شده در کشور توسط اداره کل بازرسی کار و امور اجتماعی نشان‌دهنده آن است که حدود ۳۵ درصد حوادث ناشی از کار، مرتبط با فعالیت‌های ساختمانی و عمرانی بوده که متأسفانه تعداد زیادی از آن‌ها منجر به فوت و بقیه نیز به مصدومیت شدید یا نقص عضو منجر شده‌اند[۳]. همچنین مطابق با گزارش منتشر شده توسط اداره بازرسی کار و امور اجتماعی در سال ۱۳۹۱، آمار منتشر شده از حوادث ناشی از کار نسبت به دوره مشابه در سال قبل، ۰/۶۵ درصد افزایش داشته است[۴]. حدود ۷ درصد مشاغل جهان را صنعت ساخت‌وساز شامل می‌شود و این در حالی است که عامل ۳۰ تا ۴۰ درصد صدمات جانی در دنیا است[۵]. براورد می‌شود که سالیانه چیزی در حدود ۱۰۰,۰۰۰ کارگر در کارگاه‌های ساختمانی به دلیل شرایط کاری بد و غیر قانونی جان خود را از دست می‌دهند که این برابر با ۱۲ کشته در هر ساعت است[۶]. این امر، لزوم تحقیق در زمینه ایمنی در صنعت ساخت‌وساز را خاطر نشان می‌کند[۷]. کارگاه‌های ساختمانی از نظر تعداد و شدت حوادث ناشی از کار بعد از معادن در رتبه دوم قرار دارند[۸]. البته نباید این نکته را فراموش کرد که میزان فعالیت‌های صنعت ساخت‌وساز از دیگر صنایع بیشتر بوده و ماهیت کار آن نیز بر مبنای استفاده از ماشین‌آلات و لوازم سنگین و مواد اولیه‌ی ساخته شده‌ی بزرگ بوده که این امر باعث بالا رفتن پتانسیل‌های ذاتی این صنعت در بالا بردن نرخ سوانح و حوادث می‌گردد[۹]. مطالعات متعدد نشان‌دهنده آن است که فرهنگ ایمنی یک عنصری ضروری در تلاش‌های سازمانی برای جلوگیری از به وقوع پیوستن حوادث در محیط کار می‌باشد. چنانچه فرهنگ ایمنی حکم فرما در یک سازمان مثبت و مطلوب باشد این فرهنگ می‌تواند به عنوان یک عامل مؤثر همه ارکان سازمان از مدیریت گرفته تا کارگران را متعهد نماید تا سهم بزرگی در ایمنی خود و سایر همکارانشان داشته باشند[۱۰]. فاکتورهای زیادی به عنوان عوامل مؤثر در توسعه فرهنگ ایمنی شناخته می‌شود که اصلی‌ترین آنها شامل نوع سیستم گزارش‌دهی، مدیریت و سرپرستان، عوامل شخصی و رفتاری نیروی کار، ارتباطات و خرده فرهنگ‌های سازمانی و قوانین و دستورالعمل ها می‌باشد[۱۱]. فرهنگ ایمنی روی نگرش و رفتار کارکنان نسبت به عملکردهای سازمان در زمینه ایمنی و بهداشت تأثیر دارد و در نتیجه ایجاد و توسعه فرهنگ ایمنی مثبت، یک ابزار مؤثر برای افزایش ایمنی در هر سازمانی می‌باشد[۱۲]. در یک فرهنگ ایمنی مثبت کارکنان علاوه بر اینکه در برابر ایمنی خودشان احساس مسئولیت می‌کنند، مسئول ایمنی همکاران خود هم خواهند بود و فرهنگ سازمانی آنها را در انجام مسئولیت‌شان حمایت می‌کند[۱۳]. فرهنگ ایمنی حاصل ادراکات، تلاش ها، نگرش ها، ارزش ها و الگوهای رفتاری فردی یا گروهی است که کارایی، تعهد و موفقیت یک سیستم مدیریت ایمنی را تعیین می‌کند[۱۴]. مطالعه و تحقیق در حوزه فرهنگ ایمنی سازمانی، ابعاد و عوامل مؤثر بر آن و همچنین متغیرهای تأثیرپذیر از آن به دو دلیل اصلی می‌تواند دارای اهمیت باشد. اولین دلیل مزیت فرهنگ ایمنی به عنوان یک پارامتر مناسب در بررسی عملکرد ایمنی سازمانها نسبت به روش های انفعالی از قبیل نرخ وقوع حوادث و هزینه خسارت‌ها می‌باشد. بسیاری از رویکردهای نوین استفاده از شاخص‌های پیشگیرانه یا پیشرو از قبیل اندازه‌گیری فرهنگ ایمنی، جو ایمنی، شناسایی خطر و یا مشاهده درصد رفتارهای ایمن را ترجیح می‌دهند. دومین دلیل برای ضرورت مطالعه در این زمینه نقش فرهنگ ایمنی در شکل‌گیری رفتار کارکنان است[۱۵]. بنابراین اندازه‌گیری فرهنگ ایمنی در دسته اندازه‌گیری شاخص‌های پیشگیرانه عملکرد ایمنی می باشد که امکان شناسایی نقاط ضعف سیستم مدیریت ایمنی را فراهم کرده و محدوده ایمنی که نیاز به توسعه و توجه بیشتر دارد را قبل از وقوع حوادث مشخص می‌کند[۱۶].

امینازاده و همکاران[۱۷] به پژوهشی با عنوان ارزیابی عملکرد ایمنی در پروژه‌های عمرانی با استفاده از روش DEA[1]، پرداختند. در این پژوهش ۲۰ پروژه عمرانی در یکی از مناطق شهرداری شیراز با ادغام چک لیست ایمنی و روش DEA مورد ارزیابی قرار داده شد و به

1 Data Envelopment Analysis

شناسایی پروژه‌هایی که از لحاظ ایمنی کارا بودند پرداخته شد. نتایج نشان داد که شش پروژه کارایی کمتر از یک داشته و ناکارامد شناخته شدند، چهار پروژه قابلیت رسیدن به مرز کارایی را داشته اما دو پروژه کارایی کمتر از ۸ / ۰ داشته و برای کارا شناخته شدن نیاز به اقدامات اصلاحی اساسی داشته‌اند.

سعدینی و همکاران[۱۸]، به پژوهشی با عنوان عملکرد مدیریت ایمنی در پروژه‌های عمرانی (مطالعه موردی مسکن مهر بندرعباس)، پرداختند. در این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد مدیریت ایمنی در پروژه‌های عمرانی مسکن مهر بندرعباس توسط تحلیل سلسله مراتبی(AHP)[۲] پرداخته شد. برای تجزیه و تحلیل از مدل‌های نرم‌افزاری SPSS [۳] و مدل Expert Choice [۴] بهره برده شد و پس از رتبه‌بندی، مهم‌ترین فاکتورها به ترتیب الزامات تأمین ایمنی کارگاهی، الزامات تأمین ایمنی فردی، مدیریت ایمنی، آموزش و کنترل HSE[۵] در ساختمان از سوی فرد ذیصلاح و الزامات ایمنی کار با تجهیزات و ماشین‌آلات شناخته شد.

محمدی و همکاران[۱۹]، به پژوهشی با عنوان عوامل مؤثر بر عملکرد ایمنی در پروژه‌های ساختمانی پرداختند. در این پژوهش، روش‌ها، نتایج، بحث‌ها و یافته‌ها از مجموع ۹۰ مقاله قبلی برای دستیابی به اهداف مقاله بررسی شد. مقالات بررسی‌شده بر اساس نوع روش گردآوری داده‌ها، روش تحلیلی، اهداف تحقیق، یافته ها و مشارکت‌های کلیدی، محدودیت‌ها، سال و کشور مبداء دسته‌بندی شدند. برای استخراج متغیرها و عوامل از روش تحلیل محتوای کیفی استفاده شد. علاوه بر این از یک چارچوب سلسله مراتبی برای نشان دادن اینکه چگونه عوامل استخراج شده بر ایمنی پروژه‌های ساخت‌وساز تأثیر می‌گذارند، استفاده شد. چارچوب پیشنهادی با استفاده از مصاحبه با کارشناسان اعتبارسنجی شد. چارچوب سلسله مراتبی به صراحت تأیید می‌کند که عملکرد ایمنی نه‌تنها توسط فعالیت‌های مدیریت در سطوح پروژه تعیین می‌شود، بلکه توسط تعامل بین عوامل در سطوح سلسله مراتبی مختلف نیز تعیین می‌شود.

کورکورتو[۶] و همکاران[۲۰]، به پژوهشی با عنوان نقش رفتارهای ایمنی اجتماعی و پیشگیرانه در پیش‌بینی عملکرد ایمنی پرداختند. در ابتدا فرض شد که مشارکت کارکنان در ایمنی نقش مهمی در عملکرد ایمنی در صنایع شیمیایی دارد. پژوهش این فرض را با بررسی نقش رفتارهای ایمنی اجتماعی و رفتارهای ایمنی پیشگیرانه در پیش‌بینی چهار نتیجه عملکرد ایمنی آزمایش کرد. حوادث جزئی، آسیب اموال (حوادث بدون آسیب)، شبه‌حوادث و آسیب‌های زمان از دست رفته. داده‌های جمع‌آوری‌شده از ۵۱۱ کارمند مستقر در ۲ کارخانه شیمیایی ایتالیا نشان داد که رفتارهای ایمنی اجتماعی حوادث جزئی و آسیب‌های اموال را پیش‌بینی می‌کنند و رفتارهای ایمنی پیش‌گیرانه شبه‌حوادث و آسیب‌های زمان از دست‌رفته را پیش‌بینی می‌کنند. این نتایج نشان داد که هنگام تلاش برای بهبود عملکرد ایمنی، می‌توان از تمایز بین رفتارهای ایمنی اجتماعی و فعالانه سود برد. سازمان‌ها ممکن است با افزایش کمک به کارکنان، میزان صدمات جزئی و آسیب‌های مالی را کاهش دهند. با این‌حال، این رویکرد در کاهش تصادفات جدی تر یا افزایش گزارش شبه حوادث کمتر مؤثر خواهد بود. ایجاد یک محیط امن که کارکنان بتوانند در آن پیشنهادها و نگرانی‌های خود را در مورد مسائل ایمنی بیان کنند می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر در نظر گرفته شود.

پروری و همکاران[۲۱]، در پژوهشی با عنوان ارائه مدل ساختاری تأثیر عوامل سازمانی بر عوامل جو ایمنی زمینه‌ساز ایمنی رفتاری کارکنان پروژه‌های عمرانی، به بررسی تأثیر عوامل سازمانی بر عوامل جو ایمنی که از مهم‌ترین فاکتورهای پیش زمینه‌ای رفتار ایمنی کارکنان هستند پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که فاکتور تعهد مدیریت نسبت به ایمنی بر چهار فاکتور آموزش ایمنی و توانمندسازی کارکنان، سرپرستی و نظارت ایمنی، حمایت اجتماعی وکارگروهی و همچنین قوانین ایمنی و سیستم پاداش و جزاء، دارای تأثیر مثبت و مستقیم است. این یافته‌ها بر لزوم توجه مدیران سازمانی به این فاکتورها جهت افزایش سطح ایمنی کارکنان تأکید می‌کند.

1 Analytical Hierarchy process

2 Statistical package for social science

3 Expert Choice Model

4 Health, Safety & Environment

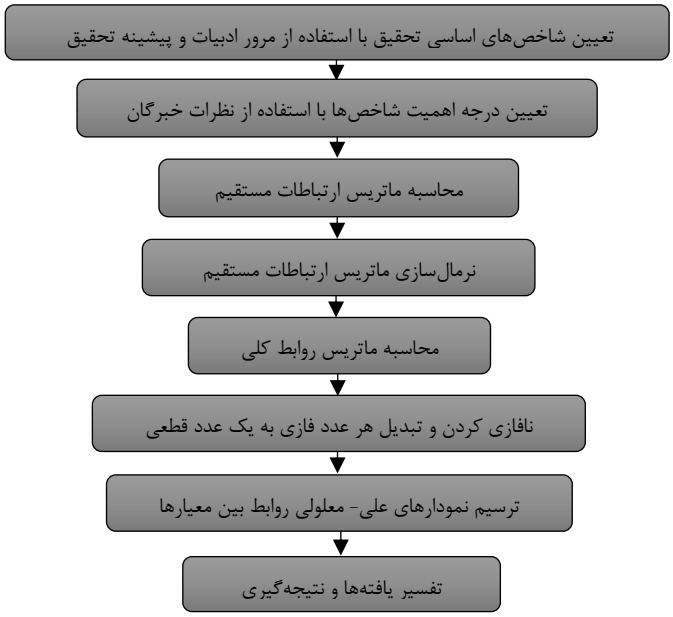
5 Curcuruto et al , 2015

فرهنگ‌ایمنی یک رویکرد مؤثر در مدیریت عملکرد ایمنی کارکنان حاضر در پروژه‌های عمرانی است. با این حال تحقیقات کمی در مورد میزان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم چندین عامل اصلی و حائز اهمیت از نظر خبرگان به طور همزمان بر یکدیگر و مشخص کردن رابطه‌ی علت و معلولی آنها با فرهنگ‌ایمنی با استفاده از روش‌های‌ای تصمیم‌گیری چندمعیاره(MADM)[7] در صنعت ساخت‌وساز وجود دارد. با توجه به اهمیت موضوع و خلاء تحقیقاتی موجود در این زمینه، در این پژوهش سعی شد در ابتدا مهمترین فاکتورهای مؤثر بر روی سطح فرهنگ ایمنی عوامل حاضر در پروژه‌های عمرانی شناسایی شده، پس از آن میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر کدام بر روی سطح فرهنگ ایمنی افراد حاضر در پروژه مشخص گردد و در نهایت مدلی کاربردی که نشان‌دهنده ارتباط میان عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر بر روی یکدیگر و همچنین بر روی فرهنگ ایمنی افراد شاغل در پروژه‌های عمرانی است، ارائه گردد. این اقدام به روش پژوهش میدانی و با استفاده از ابزار پرسشنامه انجام گردید. پرسشنامه برای امتیازدهی به معیارهای منتخب مؤثر در فرهنگ ایمنی کارکنان بر اساس مطالعات ایمنی ساخت‌وساز و چک لیست‌های رفتاری که حاوی رفتارهای ایمن و ناایمن کارکنان بوده و بر تعاملات ایمنی در طول یک روز کاری متمرکز است، تهیه شده‌است. پس از توزیع و پاسخ‌دهی به پرسشنامه‌ها توسط جامعه آماری مورد نظر که خبرگان حاضر در پروژه‌های عمرانی و آشنا با مقوله ایمنی ساخت و ساز بودند، به تجزیه‌وتحلیل داده‌های پرسشنامه پرداخته‌شد. پس از تحلیل داده‌های پرسشنامه و مشخص شدن میزان اهمیت هر یک از عوامل منتخب، مدلی ساختاری که بیان‌کننده رابطه‌ی میان عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر بر روی یکدیگر و همچنین بر روی فرهنگ ایمنی افراد شاغل در پروژه‌های عمرانی است، ارائه گردید. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در این پژوهش از روش دیمتل‌فازی[8] که یکی از روش‌های متداول تصمیم‌گیری چندمعیاره است، استفاده شده‌است.

۲- روش تحقیق

۲-۱- دیمتل‌فازی

تکنیک دیمتلفازی یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هدف آن ارزیابی عوامل تحقیق از نظر روابط عِلّی می‌باشد[۲۲]. مدل اجرایی پژوهش و گام‌های تکنیک دیمتل‌فازی در زیر بیان شده است.



شکل۱: مدل اجرایی پژوهش

1 Multiple Attribute Decision Making

2 Fuzzy Dematel

۲- محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (D)

در این گام از پاسخ‌دهندگان خواسته شد تا میزان تأثیرگذاری معیار i بر معیار j را با استفاده از جدول (۱) نشان دهند. به منظور بهره‌گرفتن از نظر همه خبرگان طبق رابطه (۱) از آنها میانگین حسابی گرفته شده است:

$$\tilde{z} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \tilde{x}^3 \oplus ... \oplus \tilde{x}^p}{p} \qquad (۱)$$

در این رابطه p تعداد خبرگان و $\tilde{x}^1$ و $\tilde{x}^2$ و $\tilde{x}^p$ به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و خبره p می‌باشد و $\tilde{z}$ عدد فازی مثلثی به صورت $\tilde{z}_{ij} = \left(l_{ij}^{'}, m_{ij}^{'}, u_{ij}^{'}\right)$ می‌باشد[۲۲].

جدول ۱: طیف پنج درجه‌ای تکنیک دیمتل فازی[۲۲]

اعداد فازی مثلثی	معادل قطعی	عبارات زبانی
(۰،۰،۰/۲۵)	۰	بدون تأثیر (No)
(۰،۰/۲۵،۰/۵)	۱	تأثیر خیلی کم (VL)
(۰/۲۵،۰/۵،۰/۷۵)	۲	تأثیر کم (L)
(۰/۵،۰/۷۵،۱)	۳	تأثیر زیاد (H)
(۰/۷۵،۱،۱)	۴	تأثیر خیلی زیاد (VH)

۲-۱-۲- محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری ماتریس تأثیر اولیه

در این گام ابتدا میانگین حسابی را برای p-1 نظر از خبرگان با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه کرده و سپس به همراه میانگین نظرات همه‌ی خبرگان(p) که در گام اول محاسبه شد، پس از فازی زدایی با استفاده از روش مرکز ثقل (COG)[۹]، در رابطه‌ی (۲) قرار داده و نرخ ناسازگاری را محاسبه می‌کنیم[۲۳].

نرخ ناسازگاری برای n معیار با p خبره‌ی تصمیم‌گیرنده برای ماتریس تأثیر اولیه بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Inconsistenty\ Rate = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\left|t^p - t^{p-1}\right|}{t^p} \qquad (۲)$$

در رابطه‌ی (۲)، n تعداد معیارها و p تعداد خبرگان تصمیم‌گیرنده می‌باشد. اگر نرخ ناسازگاری کوچک‌تر از ۰/۱ باشد، مقایسات زوجی سازگار و اگر بزرگتر از ۰/۱ باشد مقایسات زوجی ناسازگار است[۲۳].

1 Center Of Gravity

۲-۱-۳- نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم

در این گام، ماتریس میانگین نرمال شده و ماتریس X نامگذاری می‌گردد. برای نرمال‌سازی ماتریس ارتباط مستقیم، از روابط (۳) و (۴) استفاده می‌شود.

$$\tilde{X}=\begin{bmatrix}\tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \cdots & \tilde{X}_{1n}\\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \cdots & \tilde{X}_{2n}\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ \tilde{X}_{m1} & \tilde{X}_{m2} & \cdots & \tilde{X}_{mn}\end{bmatrix} \quad \textbf{and} \quad \tilde{H}_{ij}=\frac{\tilde{z}_{ij}}{r}=\left(\frac{l_{ij}}{r},\frac{m_{ij}}{r},\frac{u_{ij}}{r}\right)=\left(l_{ij}^{''},m_{ij}^{''},u_{ij}^{''}\right) \qquad (۳)$$

که r از رابطه ۳ به دست آمده‌است[۲۲]:

$$r=\max_{1\le i\le n}\left(\sum_{i=1}^{n}u_{ij}\right) \qquad (۴)$$

۲-۱-۴- محاسبه ماتریس ارتباط کامل معیارها (TC)

پس از محاسبه ماتریس‌های فوق، ماتریس روابط کل فازی با توجه به روابط (۵) تا (۸) حاصل می‌شود:

$$T=\lim_{k\to+\infty}\left(\tilde{H}^{1}\oplus\tilde{H}^{1}\oplus\ldots\oplus\tilde{H}^{k}\right) \qquad (۵)$$

که هر درایه آن یک عدد فازی به صورت $\tilde{t}_{ij}=\left(l_{ij}^{t},m_{ij}^{t},u_{ij}^{t}\right)$ بوده و با استفاده از روابط (۶) تا (۸) محاسبه می‌شود:

$$\left[l^{t}{}_{ij}\right]=H_{l}\times\left(I-H_{l}\right)^{-1} \qquad (۶)$$

$$\left[m^{t}{}_{ij}\right]=H_{m}\times\left(I-H_{m}\right)^{-1} \qquad (۷)$$

$$\left[u^{t}{}_{ij}\right]=H_{u}\times\left(I-H_{u}\right)^{-1} \qquad (۸)$$

در این روابط I ماتریس یکه و H_l ، H_m و H_u هر کدام ماتریس $n\times n$ هستند که درایه های آن را به ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالایی اعداد فازی مثلثی ماتریس H تشکیل داده‌اند[۲۴].

۲- ایجاد و تجزیه وتحلیل نمودار علّی

برای تجزیه‌وتحلیل نمودار عِلّی، نخست عناصر در هر سطر و ستون به صورت جداگانه با یکدیگر جمع شده و به ترتیب (D_i) و (R_i) نامگذاری شدند(روابط ۹ و ۱۰). جمع مقادیر هر سطر (D) برای هر معیار نشان‌دهنده مقدار اثرگذاری آن معیار بر روی سایر عوامل است. همچنین جمع عناصر هر ستون (R) نیز برای هر عامل نشان‌دهنده مقدار اثرپذیری آن معیار از سایر عوامل سیستم است. در مرحله بعد مقادیر $D+R$ و $D-R$ محاسبه شد.

بردار افقی $(D+R)$، نشان‌دهنده مقدار تأثیر و تأثر عوامل موردنظر در سیستم می‌باشد. به بیان دیگر هرچه مقدار $D+R$ یک عامل عدد بزرگتری باشد، عامل مورد نظر تعامل بیشتری با دیگر عامل‌ها در سیستم دارد. بردار عمودی $(D-R)$ شدت اثرگذاری هر عامل را بیان می‌کند. در صورتیکه $D-R$ بزرگتر از صفر باشد، آن عامل یک متغیر عِلّی محسوب می‌شود و در صورتیکه کوچکتر از صفر باشد، معلول به حساب می‌آید.

$$\tilde{D}=\left(\tilde{D}_i\right)_{n\times 1}=\left[\sum_{j=1}^{n}\tilde{T}_{ij}\right]_{n\times 1} \qquad (۹)$$

$$\tilde{R}=\left(\tilde{R}_{1\times n}\right)_{n\times 1}=\left[\sum_{j=1}^{n}\tilde{T}_{ij}\right]_{1\times n} \qquad (۱۰)$$

که $\tilde{D}$ و $\tilde{R}$ به ترتیب ماتریس $n\times 1$ و $1\times n$ هستند.

به منظور رسم نمودار عِلّی همانند روش دیمتل قطعی، مقادیر D و R غیر فازی گردید. به منظور غیرفازی کردن این دو مقدار از رابطه (۱۱) استفاده شده‌است؛

$$defuzzy=\frac{l+m+u}{3} \qquad (۱۱)$$

که l، m و u به ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالایی اعداد فازی مثلثی ماتریس T هستند[۲۵].

۲-۱-۶- ترسیم نقشه روابط شبکه (NRM)

برای ترسیم نقشه روابط شبکه NRM[1]، ارزش آستانه محاسبه گردید. با این کار از روابط جزئی صرفنظر شده و شبکه روابط قابل اعتنا رسم شد. در NRM فقط رابطه‌هایی که مقدار آن‌ها در ماتریس T از مقدار آستانه بیشتر بود، نمایش داده شده است. به منظور تعیین مقدار آستانه، میانگین مقادیر غیرفازی شده ماتریس T به‌دست آورده شد. پس از تعیین مقدار آستانه، همه‌ی مقادیری که کمتر از مقدار آستانه بودند صفر در نظر گرفته شده‌اند، یعنی آن رابطه عِلّی، در نظر گرفته نشده‌است[۲۶].

[1] Network Relationships Map

۲-۱-۷- وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها

به منظور وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها از روش دالالا[۱۱]، استفاده می‌کنیم. با استفاده از ماتریس ارتباطات مستقیم، طبق رابطهٔ (۱۲) وزن معیارها محاسبه شده و پس از آن معیارها بر اساس وزن‌های محاسبه‌شده رتبه‌بندی می‌گردند.

$$W_i = \{(D_i+R_i)^2 + (D_i-R_i)^2\}^{1/2} \qquad (۱۲)$$

در رابطه (۱۲)، D بیان‌کنندهٔ حاصل جمع سطری درایه‌های ماتریس ارتباطات کل و R نشان دهندهٔ جمع ستونی درایه‌های ماتریس ارتباطات کل است. وزن خام مستقیم از رابطه‌ی(۱۲) به دست می‌آید که برای نرمال‌سازی، هر وزن خام را بر مجموع اوزان خام تقسیم می‌کنیم[۲۷].

۲-۱-۸- جامعه آماری

جامعه مجموعه‌ای از عناصری است که صفات مشترکی دارند و اشاره به گروهی از افراد دارد که از خصوصیت مشترکی برخوردارند که آن‌ها را از دیگر گروه‌ها متمایز می‌کند. در واقع جامعه جایی است که فرضیات مورد تست واقع می‌شوند[۲۸].

۲-۱-۹- حجم نمونه و روش نمونه گیری

نمونه متشکل از یک مجموعه از نشانه‌ها است که از یک بخش، گروه یا جامعه‌ای وسیع‌تر انتخاب می‌شوند، به‌طوری‌که این مجموعه بیانگر کلیات و ویژگی‌های آن قسمت، گروه یا جامعه بزرگ‌تر باشد و معمولاً آن را با n نشان می‌دهند[۲۸]. جامعه آماری پژوهش حاضر خبرگان پروژه‌ی عمرانی ایران مال تهران بوده که با توجه به میزان دسترسی محقق و همچنین جامعه‌ی در دسترس تعداد ۱۰۸ نفر به عنوان جامعه انتخاب شدند و با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و فرمول کوکران[۱۲] (رابطه ۱۳)تعداد نمونه‌ی آماری برابر ۸۴ نفر بدست آمده است.

$$n = \frac{\frac{z^2 pq}{d^2}}{1+\frac{1}{n}\left[\frac{z^2 pq}{d^2}-1\right]} \qquad (۱۳)$$

۳-تجزیه و تحلیل داده ها

۳-۱- معرفی عوامل تحقیق

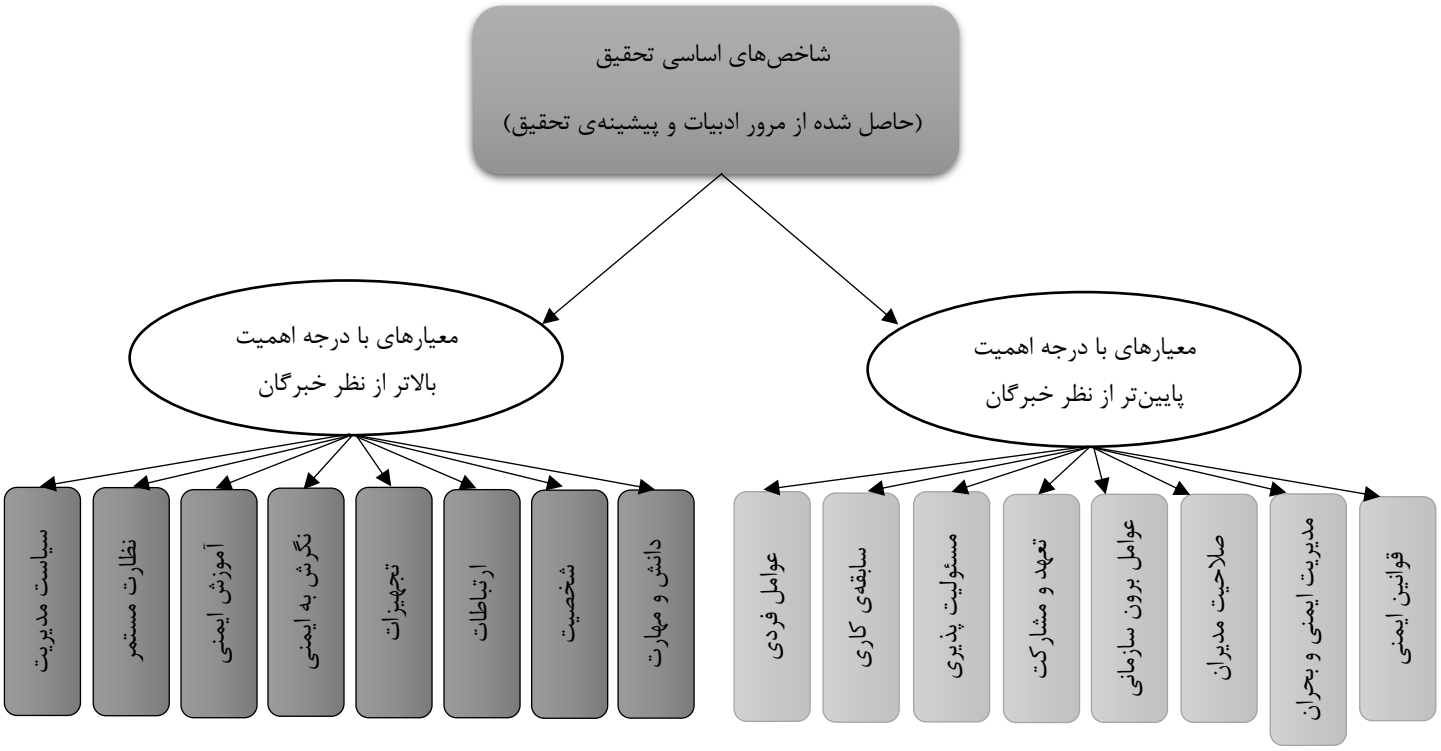
با توجه به خبره محور بودن تحقیق، در این بخش ابتدا بر اساس مرور ادبیات و پیشینه‌ی تحقیق‌های مرتبط با حوزه‌ی عوامل مؤثر بر فرهنگ ایمنی، ۱۶ شاخص اساسی شناسایی و استخراج شدند(جدول۲). در مرحله‌ی بعد از ۱۰ نفر از خبرگانی که بر ایمنی و فرهنگ ایمنی تسلط کافی داشتند و دارای سابقه‌ی کاری مناسب در پروژه‌های عمرانی بودند، خواسته شد تا میزان درجه اهمیت هر یک از معیارها را

[2] Dalalaht Method
[3] Cochran formula

مشخص کنند. سپس با استفاده از روش دلفی‌فازی[13] به جمع‌بندی شاخص‌های انتخابی خبرگان پرداخته شد و در نهایت مطابق شکل(۲)، ۸ شاخص مشخص گردید و طبق جدول (۳) کدبندی شدند.

جدول۲ : شاخص‌های اساسی تحقیق(حاصل شده از مرور ادبیات و پیشینه‌ی تحقیق)

	شاخص‌های اساسی تحقیق(حاصل شده از مرور ادبیات و پیشینه‌ی تحقیق)	منبع انتخاب
۱	شخصیت	[۳۲]
۲	عوامل فردی	[۳۱]
۳	نظارت مستمر	[۳۲]
۴	مسئولیت پذیری	[۲۹]
۵	تجهیزات	[۳۰]
۶	عوامل برون سازمانی	[۳۱]
۷	سیاست مدیریت	[۲۹]
۸	رهبری و تعهد مدیران	[۳۱]
۹	دانش و مهارت	[۳۰]
۱۰	قوانین ایمنی	[۲۹]
۱۱	نگرش به ایمنی	[۲۹]
۱۲	تعهد و مشارکت	[۳۱]
۱۳	مدیریت ایمنی و بحران	[۳۱]
۱۴	ارتباطات	[۲۹]
۱۵	آموزش ایمنی	[۲۹]
۱۶	سابقه‌ی کاری	[۳۰]



شکل۲ : شاخص‌های اساسی تحقیق حاصل شده از مرور ادبیات و پیشینه‌ی تحقیق‌های مرتبط با حوزه‌ی فرهنگ ایمنی

[1] Delphi Method

جدول۳ : معرفی و کدگذاری عوامل تحقیق

ردیف	معیار	کد معیار
۱	تجهیزات	C1
۲	سیاست مدیریت	C2
۳	ارتباطات	C3
۴	نظارت مستمر	C4
۵	شخصیت	C5
۶	آموزش ایمنی	C6
۷	دانش و مهارت	C7
۸	نگرش به ایمنی	C8

۴- طراحی پرسشنامه

اصلی‌ترین روش‌ها و ابزارهای جمع‌آوری داده‌ها را اسناد و مدارک، مشاهدات، مصاحبه و پرسشنامه‌ها تشکیل می‌دهند. در این پژوهش، به منظور جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه استفاده شده است. پرسشنامه یکی از ابزار کسب اطلاعات در تحقیق‌های پیمایشی است که داده‌ها را به طور مستقیم گردآوری می‌نماید[۲۸].

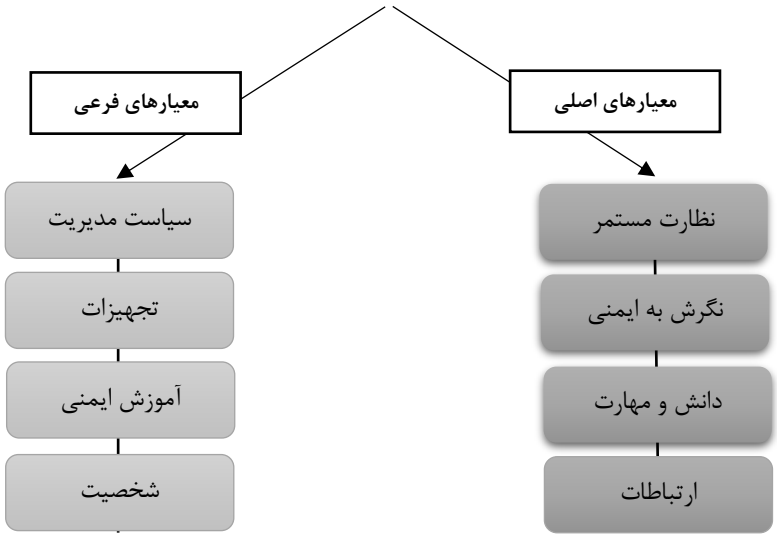
۴-۱- روایی و پایایی پرسشنامه

جهت بومی‌سازی این عوامل طی پرسشنامه‌ای از ۱۰ نفر از خبرگان خواسته شد که بر اساس طیف ۱ تا ۵ لیکرت[۱۴] (۱= اهمیت خیلی کم، ۲= اهمیت کم، ۳= اهمیت متوسط، ۴= اهمیت زیاد، ۵= اهمیت خیلی زیاد)، به هر شاخص امتیاز دهند. پس از امتیازدهی خبرگان، میانگین امتیازات هر شاخص محاسبه گردید؛ با توجه به اینکه میانگین هیچ شاخصی ازعدد ۳ کمتر نگردید، نشان از آن دارد که تمامی شاخص‌ها مورد تأیید خبرگان بوده و پرسشنامه از لحاظ روایی مورد تأیید می‌باشد. با توجه به امتیازات کسب شده عوامل تحقیق به دو گروه اصلی و فرعی تقسیم‌بندی شدند. نتایج محاسبه‌ی میانگین شاخص‌ها در جدول (۴) مشخص شده‌است.

جدول۴ : میزان روایی عوامل تحقیق

ردیف	معیار	میانگین امتیاز
۱	تجهیزات	۳/۲۸۹
۲	سیاست مدیریت	۳/۴۷۱
۳	ارتباطات	۳/۶۴۵
۴	نظارت مستمر	۴/۲
۵	شخصیت	۳/۰۰۳
۶	آموزش ایمنی	۳/۰۲۶
۷	دانش و مهارت	۳/۸۸۴
۸	نگرش به ایمنی	۴/۱۶۲

[۱] Likert scale



شکل۳: چارت معیارهای اصلی و فرعی تحقیق

در این تحقیق برای بدست آوردن پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ۱۵ استفاده گردید که معمولاً مقدار بالای ۰/۷ قابل قبول می‌باشد. محاسبه‌ی ضریب آلفای کرونباخ با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت و مقدار ۰/۷۶۵ برای آن بدست آمد. با توجه به اینکه مقدار بدست آمده بالاتر از ۰/۷ بود نشان از پایایی قابل قبول پرسشنامه دارد.

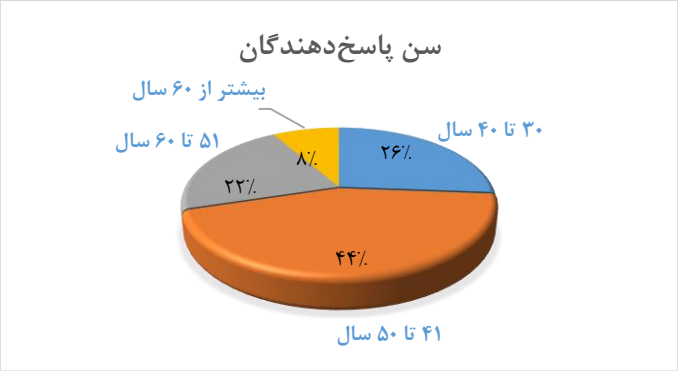
۴-۲- بررسی سن پاسخ‌دهندگان

مطابق جدول(۵)، ۲۶ درصد بین ۳۰ الی ۴۰، ۴۴ درصد بین ۴۱ الی ۵۰، ۲۱ درصد بین ۵۱ الی ۶۰ و ۸ درصد بیشتر از ۶۰ سال سن داشته‌اند. بیش‌ترین گروه سنی را افراد بین ۴۱ تا ۵۰ سال به خود اختصاص داده‌اند. همچنین شکل (۴) توزیع متغیر سن را نشان می‌دهد.

جدول۵ : توزیع فراوانی داده‌ها برحسب سن

سن	فراوانی	درصد فراوانی
۳۰ تا ۴۰ سال	۲۲	۲۶
۴۱ تا ۵۰ سال	۳۷	۴۴
۵۱ تا ۶۰ سال	۱۸	۲۱
بیشتر از ۶۰ سال	۷	۸
کل	۸۴	۱۰۰

[1] Cronbach's alpha



شکل۴ : توزیع فراوانی پاسخ‌دهندگان برحسب سن

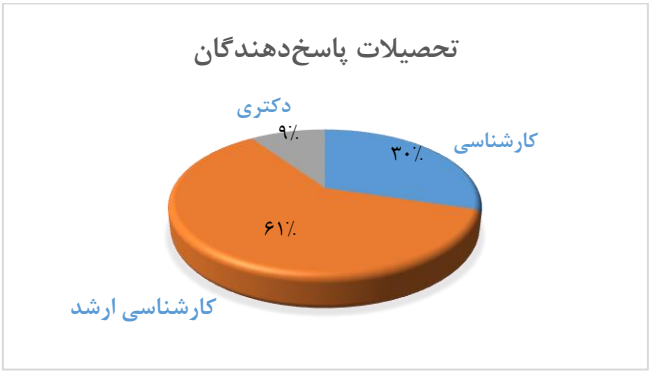
طبق جدول (۵)، سن اکثریت پاسخ‌دهندگان در محدوده ۳۰ تا ۶۰ سال قرار داشته که این امر باعث شده‌است که نظرات حاصل شده از تنوع بیشتری برخوردار بوده و تا حد زیادی به واقعیت نزدیک گردد.

۴-۳- بررسی تحصیلات پاسخ‌دهندگان

طبق جدول(۶)، ۳۰ درصد افراد کارشناسی، ۶۱ درصد افراد کارشناسی‌ارشد و ۹ درصد مدرک دکتری داشته‌اند. بیشترین گروه تحصیلی در بین پاسخگویان، مدرک کارشناسی‌ارشد است. شکل (۵) توزیع متغیر تحصیلات را نشان می‌دهد.

جدول۶ : توزیع فراوانی داده‌ها برحسب تحصیلات

تحصیلات	فراوانی	درصد فراوانی
کارشناسی	۲۵	۳۰
کارشناسی‌ارشد	۵۱	۶۱
دکتری	۸	۹
کل	۸۴	۱۰۰



شکل۵ : توزیع فراوانی پاسخ‌دهندگان برحسب تحصیلات

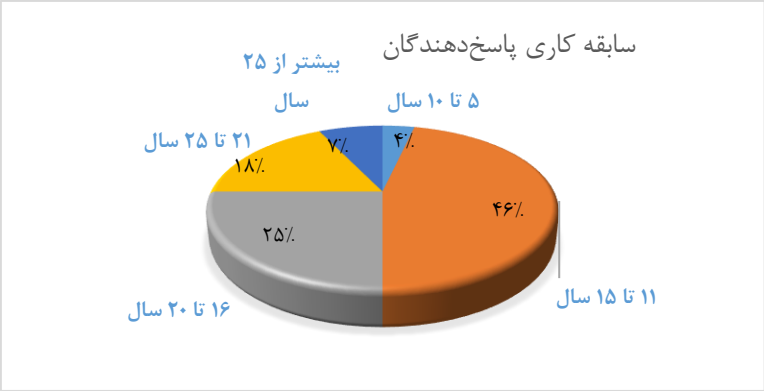
مطابق جدول (۶)، اکثریت پاسخ‌دهندگان از تحصیلات بالایی برخوردار بوده‌اند که این امر منجر به ارائه نظرات تخصصی‌تری در حوزه مورد مطالعه شده‌است.

۴-۴- بررسی وضعیت سابقه‌کاری پاسخ‌دهندگان

طبق جدول(۷)، ۴ درصد از افراد دارای ۵ تا ۱۰ سال سابقه کار، ۴۶ درصد دارای ۱۱ تا ۱۵ سال سابقه کار، ۲۵ درصد دارای ۱۶ تا ۲۰ سال سابقه کار، ۱۸ درصد دارای ۲۱ تا ۲۵ سال سابقه کار و ۷ درصد بیش‌تر از ۲۵ سال سابقه کار دارند. شکل(۶)، توزیع متغیر سابقه کاری را نشان می‌دهد.

جدول۷ : توزیع فراوانی داده‌ها برحسب سابقه کاری

سابقه کاری	فراوانی	درصد فراوانی
۵ تا ۱۰ سال	۳	۴
۱۱ تا ۱۵ سال	۳۹	۴۶
۱۶ تا ۲۰ سال	۲۱	۲۵
۲۱ تا ۲۵ سال	۱۵	۱۸
بیشتر از ۲۵ سال	۶	۷
کل	۸۴	۱۰۰



شکل۶ : توزیع فراوانی پاسخ‌دهندگان برحسب سابقه کاری

طبق جدول (۷)، اکثریت پاسخ‌دهندگان دارای سابقه‌کاری مناسبی بوده و تا حد زیادی می‌توان به نظرات آن‌ها اعتماد نمود.

۵- نتایج تکنیک دیمتل فازی

۵-۱-تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم

در گام اول پرسشنامه دیمتل‌فازی در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان قرار داده شد تا بر اساس طیف ۰ تا ۴ جدول (۱) تأثیرگذاری هر معیار بر روی دیگر معیارها مشخص شود. سپس با استفاده از رابطه (۱) نظرات پاسخ‌دهندگان ادغام گردید. نتایج حاصل از ادغام نظرات پاسخ‌دهندگان در جدول (۸) مشخص شده است.

جدول۸ : ماتریس ارتباطات مستقیم دیمتل فازی(نظرات ۱۰ نفر از خبرگان)

	تجهیزات	سیاست مدیریت	ارتباطات	نظارت مستمر	شخصیت	آموزش ایمنی	دانش و مهارت	نگرش به ایمنی
X	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	(۰ ،۰ ،۰/۰۲۵)	(۰/۲۷۵ ،۰/۵۲۵ ،۰/۷۷۵)	(۰/۳۷۵ ،۰/۶۲۵ ،۰/۸۵)	(۰.۴۷۵،۰.۷۲۵ ،۰/۹)	(۰/۳۷۵ ،۰/۶۲۵ ،۰/۸۲۵)	(۰/۳۷۵ ،۰/۶۲۵ ،۰/۸۵)	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۰/۱)	(۰/۰۵ ،۰/۱ ،۰/۳۵)
C2	(۰/۷۵ ،۱،۱)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۵۷۵ ،۰.۸۲۵،۱)	(۰/۴ ،۰/۶۵ ،۰/۹)	(۰/۵۷۵ ،۰/۸۲۵ ،۱)	(۰/۲۵ ،۰/۵ ،۰/۷۵)	(۰/۵۵ ،۰/۸ ،۰/۹۲۵)	(۰/۲۵ ،۰/۵ ،۰/۷۵)
C3	(۰/۱۰۵ ،۰/۱ ،۰/۳۵)	(۰/۳۵ ،۰/۵۵ ،۰/۸)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۵۷۵ ،۰/۸۲۵ ،۰/۹۵)	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۰/۸۵)	(۰/۳ ،۰/۵۵ ،۰/۸)	(۰/۳ ،۰/۵۵ ،۰/۸)	(۰/۱۰۷۵ ،۰/۳۵ ،۰/۶)
C4	(۰/۲۵ ،۰/۵ ،۰/۷۵)	(۰/۴ ،۰/۶۲۵ ،۰/۸۲۵)	(۰/۴ ،۰/۶۵ ،۰/۸۷۵)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۴ ،۰/۶۵ ،۰/۸۷۵)	(۰/۲ ،۰/۴۲۵ ،۰/۶۷۵)	(۰/۲۷۵ ،۰/۵۲۵ ،۰/۷۷۵)	(۰ ،۰/۲۵ ،۰/۵)
C5	(۰/۲ ،۰/۳۲۵ ،۰/۵۷۵)	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۰/۹۷۵)	(۰.۵۲۵،۰.۷۷۵ ،۱)	(۰/۲ ،۰/۴۷۵ ،۰/۷)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۴۷۵ ،۰/۷۲۵ ،۰/۹۷۵)	(۰/۱ ،۰/۳۵ ،۰/۶)	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۱)
C6	(۰/۱ ،۰/۳۵ ،۰/۶)	(۰/۲۷۵ ،۰/۴۷۵ ،۰/۷)	(۰/۵۷۵ ،۰/۸۲۵ ،۰/۹۵)	(۰/۲۵ ،۰/۵ ،۰/۴۲۵)	(۰/۱۲۵ ،۰/۲۲۵ ،۰/۴۷۵)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۵۵ ،۰/۸ ،۰/۹۲۵)	(۰/۵۷۵ ،۰/۸۲۵ ،۱)
C7	(۰/۱۲۵ ،۰/۴ ،۰/۶۵)	(۰/۴ ،۰/۶۲۵ ،۰/۸۲۵)	(۰/۵۵ ،۰/۸ ،۱)	(۰/۲۷۵ ،۰/۵۲۵ ،۰/۴۵)	(۰/۴۵ ،۰/۷ ،۰/۹۵)	(۰/۴۵ ،۰/۷ ،۰/۹۵)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۴۲۵ ،۰/۶۷۵ ،۰/۹۲۵)
C8	(۰/۷۵،۱،۱)	(۰/۶۵ ،۰/۹ ،۰/۱)	(۰/۷ ،۰/۹۵ ،۱)	(۰/۷۵ ،۱ ،۱)	(۰/۵۷۵ ،۰/۸۲۵ ،۱)	(۰/۵۷۵ ،۰/۸۲۵ ،۰/۹۷۵)	(۰/۵۵ ،۰/۸ ،۰/۹۷۵)	(۰ ،۰ ،۰/۲۵)

مطابق جدول (۸)، درایه‌های قرار گرفته روی قطر اصلی که بیانگر تأثیر هر عامل بر روی خودش است، مقدار (۰/۲۵، ۰، ۰) را به خود اختصاص داده‌اند که بیانگر عدم تأثیر هر عامل بر روی خودش می‌باشد.

۵-۲- محاسبه نرخ ناسازگاری برای ماتریس تاثیر اولیه

در گام دوم نرخ ناسازگاری نظرهای خبرگان طبق رابطه (۲) محاسبه شد. برای این کار ابتدا ماتریس ارتباطات مستقیم دیمتل‌فازی حاصل از ادغام نظرات ۹ نفر از خبرگان تشکیل شده است(جدول۹).

جدول۹: ماتریس ارتباطات مستقیم دیمتل فازی(نظرات ۹ نفر از خبرگان)

	تجهیزات	سیاست مدیریت	ارتباطات	نظارت مستمر	شخصیت	آموزش ایمنی	دانش و مهارت	نگرش به ایمنی
X	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	(۰،۰،۰/۰۲۵)	(۰/۲۷۸ ،۰/۵۲۸ ،۰/۷۷۸)	(۰/۳۳۳ ،۰/۵۸۳ ،۰/۸۳۳)	(۰.۵،۰.۷۵ ،۰/۹۱۷)	(۰/۳۳۳ ،۰/۵۸۳ ،۰/۸۰۶)	(۰/۳۸۹ ،۰/۶۳۹ ،۰/۸۶۱)	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۰/۱)	(۰/۰۵۶ ،۰/۱۱۱ ،۰/۳۶۱)
C2	(۰/۷۵ ،۱،۱)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۵۸۳ ،۰/۸۳۸ ،۱)	(۰/۴ ،۰/۶۵ ،۰/۹)	(۰/۵۷۵ ،۰/۸۲۵ ،۱)	(۰/۲۵ ،۰/۵ ،۰/۷۵)	(۰/۵۵ ،۰/۸ ،۰/۹۲۵)	(۰/۲۵ ،۰/۵ ،۰/۷۵)
C3	(۰/۶۳۹ ،۰/۱۶۷ ،۰/۳۶۱)	(۰/۳۳۳ ،۰/۷۲۲ ،۰/۷۷۸)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۵۵۶ ،۰/۸۰۶ ،۰/۹۴۴)	(۰/۴۷۲ ،۰/۷۲۲ ،۰/۸۳۳)	(۰/۳۰۶ ،۰/۵۵۶ ،۰/۸۰۶)	(۰/۲۷۸ ،۰/۵۲۸ ،۰/۷۷۸)	(۰/۵۵۶ ،۰/۳۰۶ ،۰/۵۵۶)
C4	(۰/۳۳۳ ،۰/۵ ،۰/۷۷۸)	(۰/۴۴۴ ،۰/۷۷۸ ،۰/۸۶۱)	(۰/۴۱۷ ،۰/۶۶۷ ،۰/۸۸۹)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۴۱۷ ،۰/۶۶۷ ،۰/۸۸۹)	(۰/۲۲۲ ،۰/۴۷۲ ،۰/۷۲۲)	(۰/۲۷۸ ،۰/۵۲۸ ،۰/۷۷۸)	(۰ ،۰/۲۵ ،۰/۵)
C5	(۰/۳۶۱ ،۰/۵۸۳ ،۰/۶۱۱)	(۰/۵۸۳ ،۰/۷۵ ،۰/۹۷۲)	(۰/۵۲۸ ،۰/۷۷۸ ،۱)	(۰/۲۲۲ ،۰/۵ ،۰/۷۲۲)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۴۷۲ ،۰/۷۲۲ ،۰/۹۷۲)	(۰/۱۱۱ ،۰/۳۶۱ ،۰/۶۱۱)	(۰/۵ ،۰/۷۵ ،۱)
C6	(۰/۷۲۲ ،۰/۳۶۱ ،۰/۶۱۱)	(۰/۳۸۹ ،۰/۴۷۲ ،۰/۶۹۴)	(۰/۵۸۳ ،۰/۸۳۳ ،۰/۹۴۴)	(۰/۲۷۸ ،۰/۵۲۸ ،۰/۷۵)	(۰/۱۱۱ ،۰/۱۹۴ ،۰/۴۴۴)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۵۸۳ ،۰/۸۳۳ ،۰/۹۴۴)	(۰/۵۵۶ ،۰/۸۰۶ ،۱)
C7	(۰/۳۸۹ ،۰/۴۷۲ ،۰/۶۶۷)	(۰/۳۶۱ ،۰/۶۱۱ ،۰/۸۰۶)	(۰/۵۵۶ ،۰/۸۰۶ ،۱)	(۰/۲۷۸ ،۰/۵۲۸ ،۰/۷۷۸)	(۰/۴۴۴ ،۰/۶۹۴ ،۰/۹۴۴)	(۰/۴۴۴ ،۰/۶۹۴ ،۰/۹۴۴)	(۰،۰،۰/۲۵)	(۰/۴۴۴ ،۰/۶۹۴ ،۰/۹۴۴)
C8	(۰/۷۵،۱،۱)	(۰/۶۳۹ ،۰/۸۸۹ ،۱)	(۰/۷۲۲ ،۰/۹۷۲ ،۱)	(۰/۷۵ ،۱ ،۱)	(۰/۵۸۳ ،۰/۸۳۳ ،۱)	(۰/۵۸۳ ،۰/۸۳۳ ،۰/۹۷۲)	(۰/۵۲۸ ،۰/۷۷۸ ،۰/۹۷۲)	(۰ ،۰ ،۰/۲۵)

پس از آن، ماتریس ارتباطات مستقیم دیمتل فازی حاصل از ادغام نظرات ۱۰ نفر از خبرگان(جدول۸) و ماتریس ارتباطات مستقیم دیمتل فازی حاصل از ادغام نظرات ۹ نفر از خبرگان(جدول۹) با استفاده از روش مرکز ثقل(COG) غیرفازی شده است(جداول ۱۰ و ۱۱).

جدول۱۰: ماتریس ارتباطات مستقیم غیر فازی شده(نظرات ۱۰ نفر از خبرگان)

	تجهیزات	سیاست مدیریت	ارتباطات	نظارت مستمر	شخصیت	آموزش ایمنی	دانش و مهارت	نگرش به ایمنی
X	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	۰/۰۸۳	۰/۱۶۷	۰/۳۳۳	۰/۵	۰/۵۸۳	۰/۶۶۷	۰/۷۵	۰/۷۵
C2	۰/۹۱۷	۰/۶۶۷	۰/۳۳۳	۰/۰۸۳	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۰/۷۵
C3	۰/۴۱۷	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۰/۵۸۳	۰/۳۳۳	۰/۰۸۳	۰/۳۳۳
C4	۰/۵۸۳	۰/۵	۰/۶۶۷	۰/۴۱۷	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	۰/۹۱۷	۰/۶۶۷
C5	۰/۵	۰/۵۸۳	۰/۶۶۷	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۵۸۳
C6	۰/۷۵	۰/۶۶۷	۰/۵۸۳	۰/۵	۰/۵۸۳	۰/۶۶۷	۰/۷۵	۰/۷۵
C7	۰/۵	۰/۵	۰/۵۸۳	۰/۵۸۳	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	۰/۷۵	۰/۶۶۷
C8	۰/۹۱۷	۰/۹۱۷	۰/۹۱۷	۰/۹۱۷	۰/۹۱۷	۰/۹۱۷	۰/۹۱۷	۰/۹۱۷

جدول۱۱: ماتریس ارتباطات مستقیم غیر فازی شده(نظرات ۹ نفر از خبرگان)

	تجهیزات	سیاست مدیریت	ارتباطات	نظارت مستمر	شخصیت	آموزش ایمنی	دانش و مهارت	نگرش به ایمنی
X	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	۰/۰۸۳	۰/۱۷۶	۰/۳۵۲	۰/۵۲۸	۰/۵۴۶	۰/۵۶۵	۰/۵۸۳	۰/۶۳۹
C2	۰/۹۱۷	۰/۶۶۷	۰/۳۳۳	۰/۰۸۳	۰/۲۷۸	۰/۵۵۶	۰/۸۰۶	۰/۷۴۱
C3	۰/۳۸۹	۰/۲۸۷	۰/۴۷۲	۰/۶۱۱	۰/۵	۰/۲۵۹	۰/۰۸۳	۰/۲۶۹
C4	۰/۵۳۷	۰/۵۷۴	۰/۶۶۷	۰/۶۹۴	۰/۶۸۵	۰/۶۴۸	۰/۶۵۷	۰/۵۱۹
C5	۰/۵۱۹	۰/۵۹۳	۰/۶۴۸	۰/۷۶۹	۰/۷۵	۰/۷۵۹	۰/۷۶۹	۰/۶۶۷
C6	۰/۵۶۵	۰/۴۵۴	۰/۴۹۱	۰/۵۱۹	۰/۵۸۳	۰/۷۰۴	۰/۷۸۷	۰/۶۸۵
C7	۰/۵۰۹	۰/۵	۰/۵۴۶	۰/۵۹۳	۰/۶۵۷	۰/۷۲۲	۰/۷۸۷	۰/۶۹۴
C8	۰/۹۱۷	۰/۸۸	۰/۸۴۳	۰/۸۴۳	۰/۸۷	۰/۸۹۸	۰/۸۹۸	۰/۹۰۷

در ادامه نرخ ناسازگاری نظرات خبرگان مطابق رابطه‌ی (۲) محاسبه شد:

$$\text{Inconsistenty Rate} = \frac{1}{8\times 7}\sum_{i=1}^{8}\sum_{j=1}^{8}\frac{\left|t^{10}-t^{9}\right|}{t^{10}} = 0.0957 < 0.1$$

از آنجایی که نرخ ناسازگاری کوچک تر از ۰/۱ به‌دست آمده است، در نتیجه مقایسات زوجی سازگار است.

۵-۳- نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم

در گام سوم ماتریس ارتباط مستقیم، جدول (۸) نرمال‌سازی شد. جهت نرمال‌سازی، ماکزیمم مجموع سطری حدهای بالای ماتریس ارتباطات مستقیم، برابر ۷/۲ بدست آمد. سپس تمامی اعداد ماتریس ارتباطات مستقیم(جدول ۸) بر عدد ۷/۲ تقسیم شد. حاصل این عملیات در جدول (۱۲) منعکس گردیده‌است.

جدول۱۲ : ماتریس نرمال‌سازی شده‌ی دیمتل فازی

X	C1 تجهیزات	C2 سیاست مدیریت	C3 ارتباطات	C4 نظارت مستمر	C5 شخصیت	C6 آموزش ایمنی	C7 دانش و مهارت	C8 نگرش به ایمنی
C1	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)	(۰/۰۷۳ ،۰/۱۰۸ ،۰/۰۳۹)	(۰/۰۸۷ ،۰/۱۱۸ ،۰/۰۵۲)	(۰/۱۰۱ ،۰/۱۲۵ ،۰/۰۶۶)	(۰/۰۸۷ ،۰/۱۱۵ ،۰/۰۵۲)	(۰/۰۸۷ ،۰/۱۱۸ ،۰/۰۵۲)	(۰/۱۰۴ ،۰/۱۳۹ ،۰/۰۶۹)	(۰/۰۴۹ ،۰/۰۱۴ ،۰/۰۰۷)
C2	(۰/۱۳۹ ،۰/۱۳۹ ،۰/۱۰۴)	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)	(۰/۱۱۵ ،۰/۱۳۹ ،۰/۰۸)	(۰/۰۹۰ ،۰/۱۲۵ ،۰/۰۵۶)	(۰/۱۰۸ ،۰/۱۳۵ ،۰/۰۷۳)	(۰/۰۶۹ ،۰/۱۰۴ ،۰/۰۳۵)	(۰/۱۱۱ ،۰/۱۲۸ ،۰/۰۷۶)	(۰/۰۷۰ ،۰/۱۰۴ ،۰/۰۳۵)
C3	(۰/۱۳۹ ،۰/۰۴۹ ،۰/۰۰۷)	(۰/۰۷۶ ،۰/۱۱۱ ،۰/۰۴۹)	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)	(۰/۱۱۵ ،۰/۱۳۲ ،۰/۰۸۰)	(۰/۱۰۴ ،۰/۱۱۸ ،۰/۰۶۹)	(۰/۰۷۶ ،۰/۱۱۱ ،۰/۰۴۲)	(۰/۰۷۶ ،۰/۱۱۱ ،۰/۰۴۲)	(۰/۰۴۹ ،۰/۰۸۳ ،۰/۰۱۰)
C4	(۰/۰۶۹ ،۰/۱۰۴ ،۰/۰۳۵)	(۰/۰۸۷ ،۰/۱۱۵ ،۰/۰۵۶)	(۰/۶۵ ،۰/۴ ،۰/۸۷۵)	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)	(۰/۰۹۰ ،۰/۱۲۲ ،۰/۰۵۶)	(۰/۰۵۹ ،۰/۰۹۴ ،۰/۰۲۸)	(۰/۰۷۳ ،۰/۱۰۸ ،۰/۰۳۸)	(۰/۰۶۹ ،۰/۰۳۵ ،۰)
C5	(۰/۰۴۵ ،۰/۰۸۰ ،۰/۰۲۸)	(۰/۱۰۴ ،۰/۱۳۵ ،۰/۰۶۹)	(۰/۰۹ ،۰/۱۲۲ ،۰/۰۵۶)	(۰/۰۶۶ ،۰/۰۹۷ ،۰/۰۲۸)	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)	(۰/۱۰۱ ،۰/۱۳۵ ،۰/۰۶۶)	(۰/۰۴۹ ،۰/۰۸۳ ،۰/۰۱۴)	(۰/۱۰۴ ،۰/۱۳۹ ،۰/۰۶۹)
C6	(۰/۰۴۹ ،۰/۰۸۳ ،۰/۰۱۴)	(۰/۰۶۶ ،۰/۰۹۷ ،۰/۰۳۸)	(۰/۱۰۸ ،۰/۱۳۹ ،۰/۰۷۳)	(۰/۰۶۹ ،۰/۱۰۱ ،۰/۰۳۵)	(۰/۰۳۱ ،۰/۰۶۶ ،۰/۰۱۷)	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)	(۰/۱۱۱ ،۰/۱۲۸ ،۰/۰۷۶)	(۰/۱۱۵ ،۰/۱۳۹ ،۰/۰۸۰)
C7	(۰/۰۵۶ ،۰/۰۸۷ ،۰/۱۱۵)	(۰/۰۸۷ ،۰/۱۱۵ ،۰/۰۵۶)	(۰/۱۱۵ ،۰/۱۳۲ ،۰/۰۸۰)	(۰/۰۷۳,۰/۱۰۸ ،۰/۰۳۸)	(۰/۰۹۷ ،۰/۱۳۲ ،۰/۰۶۳)	(۰/۰۹۷ ،۰/۱۳۲ ،۰/۰۶۳)	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)	(۰/۰۹۴ ،۰/۱۲۵ ،۰/۰۵۹)
C8	(۰/۱۳۹ ،۰/۱۳۹ ،۰/۱۰۴)	(۰/۱۲۵ ،۰/۱۳۹ ،۰/۰۹)	(۰/۱۱۱ ،۰/۱۳۹ ،۰/۰۷۶)	(۰/۱۳۹ ،۰/۱۳۹ ،۰/۱۰۴)	(۰/۱۱۵ ،۰/۱۳۹ ،۰/۰۸۰)	(۰/۱۱۵ ،۰/۱۳۵ ،۰/۰۸۰)	(۰/۱۱۱ ،۰/۱۳۵ ،۰/۰۷۶)	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)

هر یک از مقادیر جدول (۱۲)، مقدار فازی نرمال شده‌ی مقادیر محاسبه شده در ماتریس ارتباطات مستقیم دیمتل‌فازی جدول (۸) می‌باشند که از تقسیم مقادیر موجود در ماتریس ارتباطات مستقیم بر ماکزیمم جمع سطری مقادیر ماتریس ارتباطات مستقیم حاصل شده‌اند.

۵-۴-تشکیل ماتریس ارتباطات کامل (T)

در گام چهارم با استفاده از روابط (۵) تا (۸) ماتریس ارتباطات کامل (T) محاسبه شد. برای محاسبه‌ی ماتریس ارتباط کامل، ابتدا ماتریس همانی $(I8\times8)$ ایجاد گردید و ماتریس نرمال از ماتریس همانی کم شد و سپس ماتریس به دست آمده معکوس گردیده و در ماتریس نرمال ضرب شد. حاصل این عملیات بصورت ماتریس ارتباطات کامل در جدول (۱۳) منعکس گردید.

جدول۱۳ : ماتریس ارتباطات کامل دیمتل فازی

X	C1 تجهیزات	C2 سیاست مدیریت	C3 ارتباطات	C4 نظارت مستمر	C5 شخصیت	C6 آموزش ایمنی	C7 دانش و مهارت	C8 نگرش به ایمنی
C1	(۰/۰۸۵ ،۰/۰۱۸ ،۰/۰۴۸۲)	(۰/۱۷۶ ،۰/۰۶۴ ،۰/۰۶۳۶)	(۰/۰۲۱۲ ،۰/۰۷۰۹ ،۰/۰۸۴)	(۰/۰۲۰۵ ،۰/۰۶۵۵ ،۰/۰۸۸)	(۰/۰۱۹۲ ،۰/۰۶۴۶ ،۰/۰۷۸)	(۰/۰۱۸۶ ،۰/۰۶۵۱ ،۰/۰۷۴)	(۰/۰۲۰۵ ،۰/۰۶۶۹ ،۰/۰۹۱)	(۰/۰۱۰۵ ،۰/۰۵۲۷ ،۰/۰۲۷)
C2	(۰/۰۲۳۶ ،۰/۰۶۳۶ ،۰/۰۱۲۴)	(۰/۱۳۹ ،۰/۰۶۳۸ ،۰/۰۳۷)	(۰/۰۲۷۱ ،۰/۰۸۰۴ ،۰/۰۱۲۱)	(۰/۰۲۳۰ ،۰/۰۷۲۵ ،۰/۰۹۱)	(۰/۰۲۴۲ ،۰/۰۷۳۵ ،۰/۰۱۰۸)	(۰/۰۲۰۲ ،۰/۰۷۱ ،۰/۰۶۸)	(۰/۰۲۴۲ ،۰/۰۷۳ ،۰/۱۰۷)	(۰/۱۷۵ ،۰/۶۳۵ ،۰/۰۵۷)
C3	(۰/۱ ،۰/۴۷۵ ،۰/۰۲۵)	(۰/۱۷۶ ،۰/۶۱ ،۰/۰۷۱)	(۰/۱۲۶ ،۰/۵۹۹ ،۰/۰۳۱)	(۰/۲۱۲ ،۰/۶۳۱ ،۰/۰۹۸)	(۰/۲۰۲ ،۰/۶۲ ،۰/۰۹۱)	(۰/۱۷۲ ،۰/۶۱۵ ،۰/۰۶۲)	(۰/۱۷۵ ،۰/۶۱۴ ،۰/۰۶۲)	(۰/۱۳۳ ،۰/۵۳۳ ،۰/۰۲۸)
C4	(۰/۱۴۷ ،۰/۰۵۳ ،۰/۰۴۹)	(۰/۱۸۲ ،۰/۶۲۲ ،۰/۰۷۴)	(۰/۲۰۶ ،۰/۶۸۹ ،۰/۰۱۸)	(۰/۱۰۷ ،۰/۵۵۲ ،۰/۰۲۱)	(۰/۱۸۹ ،۰/۶۳۲ ،۰/۰۷۶)	(۰/۱۵۵ ،۰/۶۰۹ ،۰/۰۴۷)	(۰/۱۷۱ ،۰/۶۵۵ ،۰/۰۵۷)	(۰/۱۱۷ ،۰/۵۲۶ ،۰/۰۱۶)
C5	(۰/۱۴۳ ،۰/۵۵۶ ،۰/۰۵۳)	(۰/۲۱۵ ،۰/۶۹۴ ،۰/۰۹۶)	(۰/۲۴۳ ،۰/۷۶۴ ،۰/۱۰۸)	(۰/۱۸۹ ،۰/۶۶۵ ،۰/۰۶)	(۰/۱۲۳ ،۰/۶۰۵ ،۰/۰۳۲)	(۰/۲۰۹ ،۰/۶۹۹ ،۰/۰۹)	(۰/۲۲ ،۰/۶۵۶ ،۰/۱۰۲)	(۰/۱۹۲ ،۰/۶۳۶ ،۰/۰۸۶)
C6	(۰/۱۴۲ ،۰/۵۲۶ ،۰/۰۳۸)	(۰/۱۷۹ ،۰/۶۲۲ ،۰/۰۶۸)	(۰/۲۴۴ ،۰/۷۱۴ ،۰/۱۱۴)	(۰/۱۸۹ ،۰/۶۳۰ ،۰/۰۶۶)	(۰/۱۵۳ ،۰/۵۹۹ ،۰/۰۵)	(۰/۱۱۴ ،۰/۵۶۹ ،۰/۰۲۸)	(۰/۱۲۸ ،۰/۶۲۸ ،۰/۰۳۱)	(۰/۱۹۷ ،۰/۶ ،۰/۰۹۵)
C7	(۰/۱۵۵ ،۰/۵۸۱ ،۰/۰۴۲)	(۰/۲۰۶ ،۰/۶۹۶ ،۰/۰۸۵)	(۰/۲۵۳ ،۰/۷۸۶ ،۰/۱۱۳)	(۰/۲۰۱ ،۰/۶۹۴ ،۰/۰۷)	(۰/۲۱۸ ،۰/۷۱۴ ،۰/۰۹۲)	(۰/۲۱۲ ،۰/۷۱۷ ،۰/۰۸۹)	(۰ ،۰ ،۰/۰۳۵)	(۰/۱۸۹ ،۰/۶۴۵ ،۰/۰۷۹)
C8	(۰/۲۶۴ ،۰/۶۸۵ ،۰/۱۳۵)	(۰/۲۸۳ ،۰/۷۸۹ ،۰/۱۳۴)	(۰/۳۲۵ ،۰/۸۶۷ ،۰/۱۵۵)	(۰/۳۰۴ ،۰/۷۹۴ ،۰/۱۴۹)	(۰/۲۸ ،۰/۷۹۴ ،۰/۱۲۸)	(۰/۲۷۱ ،۰/۷۹۳ ،۰/۱۲۱)	(۰/۲۷۶ ،۰/۷۹۴ ،۰/۱۲۲)	(۰/۱۳۶ ،۰/۶۲۲ ،۰/۰۳۳)

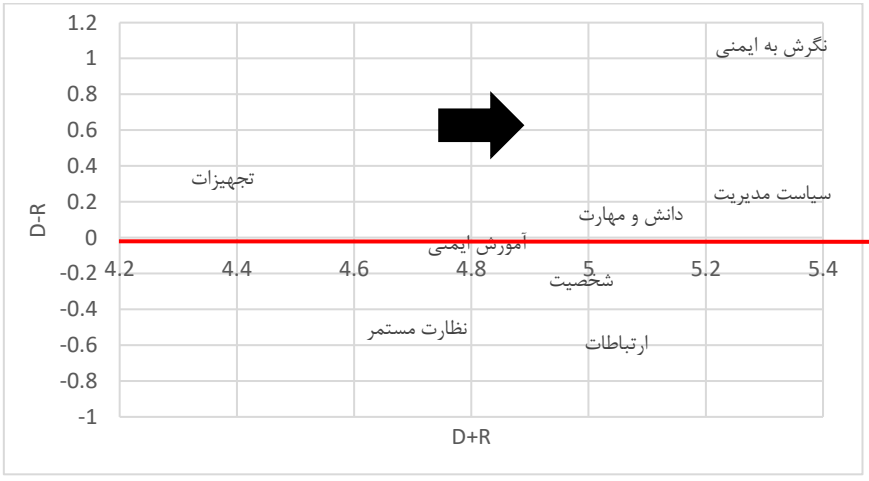
۵-۵-ایجاد و تجزیه و تحلیل نمودار علی

در گام پنجم سطرها و ستون‌های ماتریس ارتباطات کامل جدول (۱۳) با یکدیگر جمع شد و به ترتیب در ستون‌های D و R قرار داده شد، سپس مقدار $D+R$ و $D-R$ محاسبه گردید. جهت غیرفازی کردن ستون‌های D و R از رابطه ۱۱ استفاده شد. کلیه‌ی نتایج بدست آمده از محاسبات فوق، در جدول (۱۴) آورده شده است. همچنین اولویت‌بندی عوامل، در شکل (۷) دید می‌شود.

جدول۱۴ : مقادیر D و R (اثرپذیری و اثرگذاری)

کد معیار	نام معیار	D_i	R_i	$(D_i)^{deffuzy}$	$(R_i)^{deffuzy}$	D_i+R_i	D_i-R_i	نوع معیار
C1	تجهیزات	(۰/۵۲۴ ،۰/۱۰۵ ،۴/۹۷۶)	(۰/۴۸۳ ،۱/۲۷۳ ،۴/۴۷۱)	۲/۳۳۲	۲/۲۹۷	۴/۶۲۹	۰/۰۳۵	تأثیرگذار
C2	سیاست مدیریت	(۰/۷۱۵ ،۰/۱۷۵ ،۵/۶۱۳)	(۰/۶۲۹ ،۱/۵۵۷ ،۵/۳۰۸)	۲/۷۴۷	۲/۵۹	۵/۳۳۷	۰/۱۵۶	تأثیرگذار
C3	ارتباطات	(۰/۴۶۹ ،۰/۱۳۳ ،۴/۶۹۷)	(۰/۸۰۷ ،۱/۸۸ ،۵/۹۳۴)	۲/۲۵۷	۲/۹۲۶	۵/۱۸۴	-۰/۶۶۹	تأثیرپذیر
C4	نظارت مستمر	(۰/۴۲۲ ،۰/۱۱۷ ،۴/۷۸۲)	(۰/۶۳۴ ،۱/۶۳۶ ،۵/۳۴۵)	۲/۲۲۸	۲/۵۹	۴/۸۱۹	-۰/۳۶۲	تأثیرپذیر
C5	شخصیت	(۰/۵۷ ،۰/۱۹۲ ،۵/۲۷۵)	(۰/۶۵۵ ،۱/۵۹۸ ،۵/۳۴۶)	۲/۵۲۵	۲/۵۸	۵/۱۰۵	-۰/۰۵۵	تأثیرپذیر
C6	آموزش ایمنی	(۰/۵۶۱ ،۰/۱۹۷ ،۴/۹۱۵)	(۰/۵۷۹ ،۱/۵۲۱ ،۵/۳۶۳)	۲/۴۰۷	۲/۵۴	۴/۹۴۷	-۰/۱۳۳	تأثیرپذیر
C7	دانش و مهارت	(۰/۶۰۱ ،۰/۱۸۶ ،۵/۴۶۱)	(۰/۶۱۸ ،۱/۵۸۹ ،۵/۳۶۶)	۲/۶۱۷	۲/۵۷۵	۵/۱۹۲	۰/۰۴۲	تأثیرگذار
C8	نگرش به ایمنی	(۰/۹۷۷ ،۰/۱۳۶ ،۶/۱۳۸)	(۰/۴۲۲ ،۱/۲۴۳ ،۴/۷۲۳)	۳/۱۴۶	۲/۱۶۱	۵/۳۰۷	۰/۹۸۵	تأثیرگذار

در جدول (۱۴)، مجموع اعداد هر سطر (D) بیانگر مقدار اثرگذاری آن معیار بر روی سایر معیارهای سیستم است. در نتیجه نگرش به ایمنی دارای بیشترین اثرگذاری می‌باشد. مجموع اعداد هر ستون (R) برای هر معیار مشخص‌کننده مقدار اثرپذیری آن معیار از دیگر معیارهای سیستم بوده که بیان می‌کند ارتباطات از میزان تأثیرپذیری بسیار زیادی برخوردار است. بردار افقی $(D+R)$مقدار تأثیر و تأثر معیار مشخص شده را در سیستم نشان می‌دهد. در نتیجه هرچقدر $D+R$ یک معیار بزرگتر باشد، آن معیار دارای تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم می‌باشد. در نتیجه نگرش به ایمنی دارای بیشترین تعامل با عوامل دیگر مورد مطالعه است. بردار عمودی $(D-R)$، بیانگر شدت اثرگذاری هر معیار است. بطورکلی در صورتیکه $D-R$ بزرگتر از صفر باشد، آن متغیر علّت به حساب می‌آید و اگر کوچکتر از صفر باشد، معلول محسوب می‌شود[۲۴]. در جدول (۱۴) علّت و معلول بودن معیارها مشخص شده‌است.



شکل۷ : روابط علت و معلولی میان معیارها

مطابق شکل (۷)، نمودار به دو قسمت منفی و مثبت تقسیم شده‌است. معیارهای نگرش به ایمنی، تجهیزات، سیاست مدیریت و دانش و مهارت با مقادیر مثبت در بالای خط قرار گرفته اند، در نتیجه جزو عوامل تأثیرگذار منظور می‌شوند. همچنین معیارهایارتباطات، نظارت مستمر، آموزش‌ایمنی و شخصیت مقادیر منفی را به خود اختصاص داده‌اند و در پایین خط قرار گرفته‌اند، در نتیجه جزو عوامل تأثیرپذیر محسوب می‌شوند. همچنین در نمودار فوق با حرکت از سمت چپ به راست مقدار تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری معیارها افزایش

میابد. بر این اساس، تجهیزات و نگرش به ایمنی به ترتیب دارای کمترین و بیشترین تأثیرگذاری و نظارت مستمر و ارتباطات نیز به ترتیب دارای کمترین و بیشترین تأثیرپذیری می‌باشند.

۵-۶-روابط داخلی بین معیارها

در گام ششم برای ترسیم روابط قابل اعتنا، ماتریس فازی ارتباطات کل با استفاده از رابطه (۱۱) غیرفازی شد(جدول۱۵)، سپس حد آستانه(میانگین حسابی درایه‌ها) مشخص گردید. با توجه به مقدار آستانه معیارها که ۰/۳۰۷ به دست آمد، هر کدام از اعداد که از این حد کمتر بودند مقدار صفر و در غیر اینصورت مقدار یک اخذ کردند که نشانگر وجود رابطه میان سطر با ستون است(جدول۱۶). این روابط در جدول (۱۵) با علامت (*) مشخص شده‌اند. همچنین شکل (۸) نشان‌دهنده روابط داخلی بین معیارها(نمودار عِلّی) است.

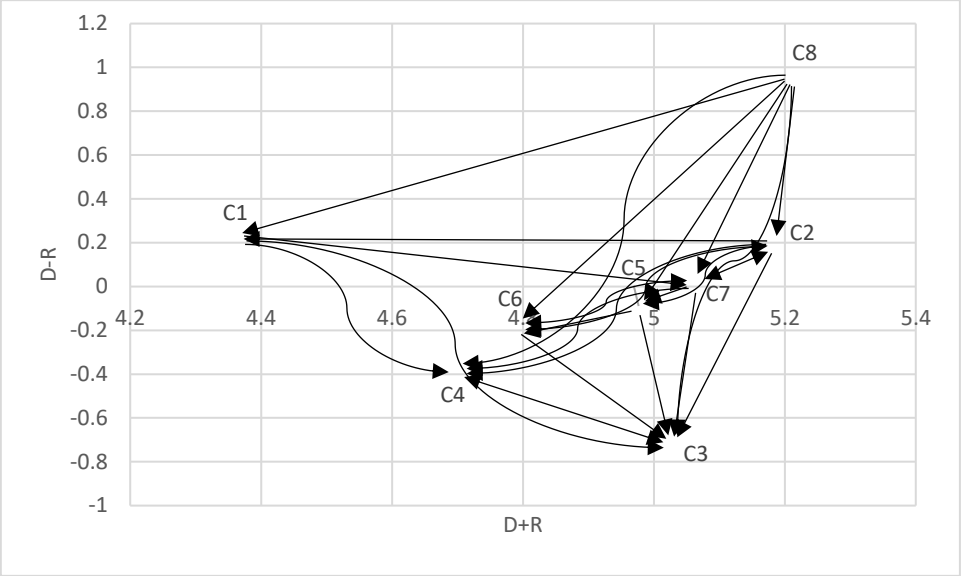
جدول۱۵ : مقادیر غیرفازی معیارها

	تجهیزات	سیاست مدیریت	ارتباطات	نظارت مستمر	شخصیت	آموزش ایمنی	دانش و مهارت	نگرش به ایمنی
X	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	۰/۱۶۸	۰/۲۶۳	۰/۳۰۴*	۰/۲۸۸*	۰/۲۷۷	۰/۲۷۴	۰/۲۹۳*	۰/۱۹۱
C2	۰/۳۰۸*	۰/۲۳۸	۰/۳۶۷*	۰/۳۱۹*	۰/۳۳۲*	۰/۲۹۵*	۰/۳۳*	۰/۲۶
C3	۰/۱۷۵	۰/۲۵۸	۰/۲۲۱	۰/۲۸۸*	۰/۲۷۸	۰/۲۵۵	۰/۲۵۷	۰/۲۰۷
C4	۰/۲۱۸	۰/۲۶۵	۰/۲۹۵*	۰/۱۹۷	۰/۲۷۱	۰/۲۴۲	۰/۲۵۵	۰/۱۹۴
C5	۰/۲۲۴	۰/۳۰۵*	۰/۳۴*	۰/۲۷۶	۰/۲۲۱	۰/۳۰۲*	۰/۲۶	۰/۲۷۷
C6	۰/۲۱۲	۰/۲۶۲	۰/۳۲۹*	۰/۲۶۹	۰/۲۳۹	۰/۲۰۶	۰/۲۹۹*	۰/۲۷۲
C7	۰/۲۳۳	۰/۲۹۸*	۰/۳۵۱*	۰/۲۹۱*	۰/۳۱۱*	۰/۳۰۸*	۰/۲۲۹	۰/۲۷۵
C8	۰/۳۳۷*	۰/۳۷۳*	۰/۴۱۸*	۰/۳۸۸*	۰/۳۷۱*	۰/۳۶۴*	۰/۳۶۷*	۰/۲۳۲

جدول۱۶ : مقادیر غیرفازی معیارها بر اساس مقدار آستانه

	تجهیزات	سیاست مدیریت	ارتباطات	نظارت مستمر	شخصیت	آموزش ایمنی	دانش و مهارت	نگرش به ایمنی
X	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰
C2	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰
C3	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
C4	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
C5	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰
C6	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰
C7	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰
C8	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰

همانطور که در جدول (۱۶) مشاهده می‌شود مقادیر غیرفازی معیارهایی که در جدول (۱۵) از حد آستانه بیشتر بودند با عدد یک و مقادیر کمتر از حد آستانه با عدد صفر مشخص شده‌اند. در جدول (۱۶) ثبت عدد یک در هر سطر نشان دهنده‌ی تأثیرگذاری آن معیار بر روی معیارهای دیگر بوده و عدد صفر عدم تأثیرگذاری آن عامل بر روی دیگر عوامل را نشان می‌دهد. همچنین ثبت عدد یک در هر ستون نشان‌دهنده تأثیرپذیری آن معیار از معیارهای دیگر و ثبت عدد صفر بیانگر عدم تأثیرپذیری آن عامل از عوامل دیگر است.



شکل۸ : گراف روابط داخلی بین معیارها(نمودار عِلّی)

۵-۷-وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها

در گام هفتم با استفاده از روش دالالا[۱۶][۲۲]، وزن و اولویت‌بندی معیارها محاسبه شد. با استفاده از ماتریس ارتباطات مستقیم و مطابق رابطهٔ (۱۲)، وزن معیارها محاسبه شده و سپس با توجه به وزن هر معیار،رتبه‌بندی صورت پذیرفته‌است.

جدول۱۷ : وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها [۲۲]

کد معیار	نام معیار	$D_i + R_i$	$D_i - R_i$	وزن خام	وزن نرمال	رتبه کل	نوع معیار	رتبه بر اساس نوع معیار
C1	تجهیزات	۴/۶۲۹	۰/۰۳۵	۴/۶۲۹	۰/۱۱۴	۸	تأثیرگذار	۴
C2	سیاست مدیریت	۵/۳۳۷	۰/۱۵۶	۵/۳۳۹	۰/۱۳۱	۲	تأثیرگذار	۲
C3	ارتباطات	۵/۱۸۴	-۰/۶۶۹	۵/۲۲۷	۰/۱۲۹	۳	تأثیرپذیر	۱
C4	نظارت مستمر	۴/۸۱۹	-۰/۳۶۲	۴/۸۳۳	۰/۱۱۹	۷	تأثیرپذیر	۴
C5	شخصیت	۵/۱۰۵	-۰/۰۵۵	۵/۱۰۵	۰/۱۲۶	۵	تأثیرپذیر	۲
C6	آموزش ایمنی	۴/۹۴۷	-۰/۱۳۳	۴/۹۴۹	۰/۱۲۲	۶	تأثیرپذیر	۳
C7	دانش و مهارت	۵/۱۹۲	۰/۰۴۲	۵/۱۹۲	۰/۱۲۸	۴	تأثیرگذار	۳
C8	نگرش به ایمنی	۵/۳۰۷	۰/۹۸۵	۵/۳۹۸	۰/۱۳۳	۱	تأثیرگذار	۱

در جدول (۱۷)، برای محاسبه‌ی وزن نرمال، هر وزن خام بر مجموع اوزان خام تقسیم شده است.

[1] Dalalaht Method

۶- بحث و بررسی جداول

۱- با بررسی و تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته، نتایج نشان داد که میان عوامل مؤثر بر فرهنگ ایمنی، عواملی اثرگذار و اثرپذیر وجود دارد که مطابق شکل (۷) هر کدام به اندازه‌ای دارای اهمیت می‌باشند.

۲- پس از بررسی ۸ عامل مؤثر بر فرهنگ ایمنی، مشخص شد در میان عوامل تأثیرگذار معیارهای نگرش به ایمنی، سیاست مدیریت، دانش و مهارت و تجهیزات و در میان عوامل تأثیرپذیر معیارهای ارتباطات، شخصیت، آموزش ایمنی و نظارت مستمر به ترتیب اهمیت قرار دارند. مطابق جدول (۱۷)

۳- در میان معیارهای بررسی شده، مطابق جداول (۱۴) و (۱۷) و شکل (۷)، بعضی از عوامل در رتبه بندی از اهمیت، تأثیرگذاری و تأثیرپذیری بیشتری برخوردار هستند:

الف) معیار نگرش به ایمنی دارای بالاترین اهمیت بوده و تعامل بیشتری با سایر عوامل دارد.

ب) معیار نگرش به ایمنی، دارای بیشترین تأثیرگذاری و معیار تجهیزات، دارای کم‌ترین تأثیرگذاری هستند.

ج) معیار ارتباطات، دارای بیشترین تأثیرپذیری و معیار نظارت مستمر، دارای کم‌ترین تأثیرپذیری هستند.

۷- نتیجه‌گیری

در پژوهش‌هایی که پیش از این پیرامون فرهنگ‌ایمنی و عوامل مؤثر بر آن صورت گرفته بود، عمدتاً نقش یک عامل بخصوص بر روی فرهنگ‌ایمنی مورد مطالعه قرار گرفته و یا اینکه مطالعه‌ی موردی صورت پذیرفته بود. بنابراین در پژوهش حاضر در وهله‌ی اول به طور همزمان نقش چندین معیار اساسی و مهم در پروژه‌های عمرانی پس از استخراج از پژوهش‌های پیشین و پالایش با استفاده از نظر خبرگان در این حوزه، بدون محدود کردن در یک پروژه خاص، بر روی فرهنگ ایمنی مورد بررسی قرار گرفت، سپس جهت دست‌یابی به نتایج واقعی‌تر، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره دیمتل‌فازی به بررسی اثرگذاری و اثرپذیری هر یک از معیارها بر روی یکدیگر و در نتیجه بر روی عملکرد ایمنی کارکنان نیز پرداخته‌شد و معیارهای علّت و معلول مشخص شدند. در نهایت با مشخص کردن رتبه بندی معیارها، میزان درجه اهمیت هر یک از آنها به منظور برنامه‌ریزی مؤثرتر صورت پذیرفت.

با مشخص شدن و اولویت‌بندی هر یک از عوامل تأثیرگذار در فرهنگ ایمنی و یافتن ارتباط آنها با یکدیگر در پروژه‌های عمرانی، می‌توان با اختصاص منابع مالی و انسانی به صورت هدفمند، به بیشترین بازدهی در راستای بهبود عملکرد ایمنی کارکنان مجموعه دست یافت. به عنوان راهکاری عملیاتی می‌توان به تشکیل منظم و پیوسته جلسات کوتاه توجیهی در کارگاه ها(Tool Box mitting)، جهت بالا بردن نگرش ایمنی پرسنل و تبیین صرفه اقتصادی و زمانی دراز مدت ناشی از توجه به اصول ایمنی در راستای بالا بردن نگرش ایمنی در کارفرمایان، برگزاری سمینارهای تخصصی در جهت سو دادن به سیاست‌های کلان مدیران در رده‌های سازمانی، برنامه‌ریزی در زمینه تشکیل کمیته‌های تخصصی ایمنی در سازمان‌های نظام مهندسی و سایر ارگان‌های زیربط در حوزه‌ی ساخت و ساز به منظور گزینش، ساماندهی و نظارت بر کار مسئولین ایمنی کارگاه‌های ساختمانی و ارائه سرفصل‌های مدون جهت برگزاری دوره‌های آموزشی تئوری و عملی به‌روز با هدف بالا بردن سطح دانش و مهارت کارگران و پرسنل و همچنین پیش‌بینی بودجه‌ی اختصاصی جهت تأمین تجهیزات ایمنی استاندارد در کارگاه‌های ساختمانی اشاره کرد. در نتیجه با مدیریت عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر می‌توان قدمی در راستای بهبود عملکرد ایمن افراد شاغل در پروژه‌های عمرانی و در نتیجه کاهش آمار حوادث ناشی از کار برداشت و از ضررهای غیر قابل جبران جانی و مالی ناشی از آن جلوگیری نمود و با حفظ سرمایه‌های انسانی و اقتصادی مجدداً بخشی از آن را در چرخه بالا به‌کار گرفت.

مراجع

[1] Amirianfar, Amirvala. Ravanshadnia, Mehdi (2014). *Assessing the risks in building demolition operations using the job safety analysis (JSA) method and providing solutions to reduce its effects.* In: The 2nd international congress of structures, architecture and urban development, Tabriz.
[2] Sunindijo, R. Y., & Zou, P. X. (2012). *Political skill for developing construction safety climate*. Journal of Construction Engineering and Management, 138(5), 605.
[3] Alaei, Iraj. (2008). *Examining the safety management model of construction projects based on the PMBOK guide*. In: The first national safety conference in construction workshops, Tehran.
[4] Zahedi Rad, Iman. Ardeshir, Abdolla. Keshavarz Rad, Asghar. (2014*). Evaluation of safety level in order to improve safety management in Isfahan construction projects.* In: National Conference on Civil Engineering, Urban Planning and Sustainable Development, Tehran.
[5] Shah Karami, Reza. Masine Asl, Hamed. (2009). *Presenting the health, safety and environment (H.S.E) management system development model based on the PMBOK standard for petrochemical industry projects.* In: The third national conference of safety engineering and HSE management, Tehran.
[6] Moradi, Hossein. (2014). *Dimensions of the safety environment as predictors of high-risk behaviors in construction projects.* In: The second international congress of structures, architecture and urban development, Tabriz.
[7] Pinto, A., Nunes, I. L., & Ribeiro, R. A. (2011). *Occupational risk assessment in construction industry–Overview and reflection.* Safety science, 49(5), 616-624.
[8] Shekari, M., Shirali, G. A., & Hosseinzadeh, T. (2014). *Safety culture assessment among laboratory personnel of a petrochemical company.* Health and Safety at Work, 4(1), 65-72.
[9] Choudhry, R. M., Fang, D., & Mohamed, S. (2007). *The nature of safety culture: A survey of the state-of-the-art.* Safety science, 45(10), 993-1012.
[10] Correll, M., & Andrewartha, G. (2000). *Positive safety culture: the key to a safer meat industry*. A literature review.
[11] Jalali Tabatabaei, Mohammad reza. (2010). *Investigating the reasons for not establishing safety points in construction projects and construction workshops.* In: The 2nd national building safety conference, Tehran.
[12] Kerami, Sajjad. Delnavaz, ali. Abbasi Dezfouli, Abdolkarim (2013). *Using value engineering to reduce time cost and increase the safety level of construction projects in South Pars region.* In: International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development. Tabriz.
[13] Hashemian, Ali reza. Taher khani, Rouholla. Nekouei, Mohammad ali. (2014). *Solutions for using RFID technology to increase the safety of construction projects.* In: National conference of civil engineering, urban planning and sustainable development. Tehran.
[14] Mortezavi, Seyyed Bagher. Gharibi, Vahid. (2014). *Investigating the difference in safety attitude among workers who have had an accident and those who have not had an accident in several tunnel excavation projects.* Masters. Tarbiat Modarres, Faculty of Medical Sciences, Tehran.
[15] Ardeshir, Abdolla. Nik'khah manesh, Saba. Alipouri, Yaghoub. (2013). *Investigating the role of the employer in the safety of construction projects in Iran.* In: National conference of applied civil engineering and new achievements. Karaj.
[16] Kasiri Dezfouli, Mohammad. Kasiri Dezfouli, Mehdi. Kazemi, Seyyad ebrahim. (2013). *The effect of project manager skills in implementing safety and creating a safe environment.* In: National conference of applied civil engineering and new achievements. Karaj.
[17] Aminazade, Amin. (2021). *Evaluation of safety performance in construction projects using DEA method.* In: The 2nd international conference on new challenges and solutions in industrial engineering and management and accounting. Damghan.
[18] Sadini, Abdolmajid. Mohammadi zade, Mohsen (2019). *Performance of safety management in construction projects (case study of Mehr Bandar Abbas housing).* In: The 6th National Congress of Civil Engineering, Architecture and Urban Development. Tehran.
[19] Mohammadi, A. Tavakolan, M. & Khosravi, Y. (2018). *Factors influencing safety performance on construction projects:* A review. Safety science, 109, 382-397.
[20] Curcuruto, M. Conchie, S. M. Mariani, M. G. & Violante, F. S. (2015). *The role of prosocial and proactive safety behaviors in predicting safety performance*. Safety science, 80, 317-323.
[21] Parvari, Ali. Ghorbannezhad, Bahareh. (2021). *Providing a Using the Structural Model of the influence of Organizational factors on employee safety climate that effect on Behavioral Safety of construction projects.* Journal of Structural and Construction Engineering, 8 (3), 24-38.
[22] Yeh, TM., Huang, YL. (2014). *Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP*. Journal of Renewable Energy, 66, 159-169.
[23] Khodadadi, Ekhtiar. Aghabeigi, Mehdi (2018). *A Novel Hybrid MCDM Approach Based on Fuzzy DEMATEL, ANP, and Fuzzy VIKOR for Selecting the Best Project Managers,* International Journal of Information Technology Project Management, Volume 9, Issue 2, April-June 2018.

[24] Zhi, L., Muhammad, F., Vipul, J., Abraham, Z. (2020). *Fuzzy DEMATEL analysis of barriers to Block chain based life cycle assessment in China,* Computers & Industrial Engineering,Elsevier, 147, 1-10.
[25] Chang, B., Chang, C.W., Wu, C.H. (2011). *Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria,* Expert system with applications, 38, 1850-1858.
[26] Parvari, Ali. Goudarzi, Reza. (2021). *Prioritizing safety risk factors in thermal power plant construction projects*. Journal of Structural and Construction Engineering, 8 (11), 61-76.
[27] Dalalah, Doraid. Hayajneh, Mohammed. Batieha, Farhan. (2011). *A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection,* Expert system with applications, 38, 8384-8391.
[28] Khaki, Gholam reza. (2010). *Research method with an approach to thesis writing*. 9th Edition. Tehran: Fouzhan Publisher, Page(42).
[29] Maleki, Afshin. Darvishi, Ibrahim. Moradi, Afshar. (2013), *Investigating factors affecting safety culture and its relationship with accidents in a dam construction project,* Occupational Health and Safety Quarterly. Volume 4, Number 4, Winter 2013.
[30] Gerzin, Abdul Reza. Sadeghi, Mandana. (2019), *Investigating the relationship between safety culture and some demographic variables in employees Aburihan Pharmaceutical Company*, Tehran, occupational health and health promotion. Year 4, Number 4, Winter 2019.
[31] Shirazei, Shiraz. Pouyan Kian, Mustafa. Gudarzi, Rahim (2016), *Identifying the factors affecting the safety culture in thermal power plants Iran's electricity production,* occupational health engineering journal. Volume 3, Number 2, Summer 2015.
[32] Tutian Isfahani, Siddiqa. Matiyan, Saida. Asadi, Abbas (1401), *The effect of safety leadership and ethical leadership on safety behavior and safety performance with the mediating role of safety climate (case study: Tehran Municipal Artistic Cultural Organization),* Behavioral Studies in Management. 13(30). 123-145.