Ind. Manag. Persp. 2025, 15(3), 195-213; doi: 10.48308/JIMP.15.3.195

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Identifying critical safety assets and choosing their maintenance strategy with an integrated approach

Naser Sadra Abarghouei*
Hossein Malayjerdi**
Afarin Akhavan***
Rohollah Fallah Madvari****
Sepideh Kamali*****

Extended Abstract

Introduction: Optimal maintenance decision-making is one of the most critical managerial processes in industrial organizations. Well-designed maintenance strategies keep risk at an acceptable level through measures such as elimination, substitution, engineering and managerial controls, and the use of personal protective equipment (PPE). Depending on the context, this can be achieved through run-to-failure maintenance (RTFM), preventive maintenance (PM), condition-based maintenance (CBM), or reliability-centered maintenance (RCM). Selecting the most appropriate strategy for a given asset requires weighing multiple criteria including cost, safety, time, added value, reliability, and sustainability. Because sustainability considerations directly support HSE requirements, they can drive accident rates toward zero while minimizing total cost. Against this backdrop, the present study identifies critical safety-related assets and selects their maintenance strategies at the Eefaceram tile factory.

Methods: The study is descriptive analytical in design and applied in purpose. Data were gathered through library research, field observations, and documentation. A panel of ten experts completed a structured questionnaire. Based on the literature, three principal criteria cost, safety, and sustainability were adopted. Indicators extracted from previous studies were first screened via the Delphi method; an integrated approach combining ANP, DEMATEL, and TOPSIS was then used for prioritization.

Received: jan. 04, 2025; Revised: May. 11, 2025; Accepted: Jun. 14, 2025; Published Online: Aug. 06, 2025.

* Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, University of Applied Science and Technology, Yazd, Iran.

** Master of Industrial Safety, Health and Environmental Engineering, Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Science and Arts University, Yazd, Iran.

*** Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Science and Arts University, Yazd, Iran.
Corresponding Author: akhavan@sau.ac.ir

**** Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

***** Master of Professional health engineering, Department of Occupational Health, Esfarayen Faculty of Medical Sciences, Esfarayen, Iran.

Ind. Manag. Persp. 2025, 15(3), 195-213; doi: 10.48308/JIMP.15.3.195

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Results and Discussion: All ten experts (managers and senior HSE specialists) were male; %10 held associate degrees, %70 bachelor's degrees, and %20 postgraduate degrees. Most respondents fell into the 31–40 age bracket. A three-level analytic network was built: the study goal at level 1, the three main criteria at level 2, and ten Delphi-validated sub-criteria at level 3. DEMATEL was employed to map inter-criteria influences; the resulting network was modeled in Super Decisions to derive ANP weights. Finally, TOPSIS was applied to rank candidate maintenance strategies. Cost emerged as the most influential criterion, while safety was the most influenced and had the greatest overall interaction. The sub-criterion "health and human safety" ranked first among all sub-criteria. Among the alternative strategies, RTFM, PM, CBM, and RCM proved to be the most suitable options for the plant, in that order.

Conclusions: Cost ranked first, safety second, and sustainability third among the main criteria. Cost exerted the strongest causal influence, whereas safety and sustainability were the most receptive and interactive. "Material and consumable costs" and "labor costs" were the top two cost sub-criteria. Within the safety dimension, "health and human safety" took precedence over "equipment safety." For sustainability, "energy consumption" ranked highest, while "environmental management system" ranked lowest. Overall, run-to-failure maintenance was identified as the top strategy, followed by preventive maintenance, condition-based maintenance, and reliability-centered maintenance. Practical recommendations are offered to the Eefaceram tile factory to enhance human health and safety, reduce production costs, and maintain a safer work environment.

Keywords: ANP, Delphi, DEMATEL, HSE Assets, Maintenance and Repairs Strategy, Maintenance and Repairs, TOPSIS.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

How to Cite: Sadra Abarghouei, Naser; Malayjerdi, Hossein; Akhavan, Afarin; Fallah Madvari, Rohollah; amali, Sepideh (2025). Identifying critical safety assets and choosing their maintenance strategy with an integrated approach. *Ind. Manag. Persp.*, 15(3), 195-213 *(In Persian)*.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۳، صص ۱۹۵-۲۱۳، doi: 10.48308/JIMP.15.3.195

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

شناسایی دارایی‌های حیاتی ایمنی و انتخاب استراتژی نگهداری آنها با رویکرد تلفیقی

ناصرصدرا ابرقویی*

حسین ملایجردی**

آفرین اخوان***

روح‌الله فلاح مدواری****

سپیده کمالی*****

چکیده گستره

مقدمه و اهداف: یکی از مهم‌ترین فرآیندهای تصمیم‌گیری در سازمان‌های صنعتی، تعیین استراتژی نگهداری و تعمیرات بهینه است. استراتژی‌های نگهداری سبب کاهش ریسک‌ها تا سطح قابل قبول می‌شوند. این موارد به صورت خلاصه با بکارگیری رویه‌هایی چون حذف، جایگزین کردن، کنترل‌های مهندسی و مدیریتی و بهره‌گیری از تجهیزات حفاظت فردی قابل انجام است که با استفاده از استراتژی‌های مشخصی چون تعمیر و نگهداری از اجرا تا خرابی(RTFM)، نگهداری پیشگیرانه (PM)، نگهداری مبتنی بر شرایط (CBM) و تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) می‌توان به هدف دست یافت. انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نگهداری از میان مجموعه‌ای از گزینه‌های موجود برای یک قطعه تجهیزات شامل معیارهای ارزیابی متعددی مانند هزینه، ایمنی، زمان، ارزش افزوده، قابلیت اطمینان، پایداری و غیره است. بنابراین، عوامل پایداری، نقش مهمی در ارزیابی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات ایفا می‌کنند به طوری که به عنوان الزامات اجرای HSE در سیستم‌ها می‌تواند نرخ حوادث را نزدیک به صفر و هزینه‌ها را به حداقل برساند. از این‌رو این تحقیق با هدف شناسایی دارایی‌های ایمنی و انتخاب استراتژی نگهداری آنها در کارخانه کاشی ایفاسرام صورت گرفته است.

روش‌ها: پژوهش حاضر بر حسب نوع روش، توصیفی- تحلیلی و از لحاظ نوع هدف، کاربردی است. روش گردآوری اطلاعات مبتنی بر روش‌های اسنادی (کتابخانه‌ای)، مشاهده (مطالعات میدانی) و مستندسازی می‌باشد. جامعه آماری تحقیق حاضر که بوسیله پرسشنامه انجام شده است، به تعداد ۱۰ نفر از خبرگان کارخانه کاشی ایفاسرام بود. بر اساس مطالعات صورت‌گرفته معیارهای اصلی تحقیق شامل هزینه، ایمنی و پایداری بود. در ابتدا شاخص‌های بدست آمده از مرور ادبیات با استفاده از تکنیک دلفی غربال شدند، سپس با استفاده از رویکرد تلفیقی شامل تکنیک‌های ANP، DEMATEL و TOPSIS رتبه بندی، صورت گرفت.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۴، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸.

* استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع علمی کاربردی، یزد، ایران

** کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ایمنی صنعتی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

*** دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

نویسنده مسئول: akhavan@sau.ac.ir

**** استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی، یزد، ایران.

***** کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی اسفراین، اسفراین، ایران.

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۳، صص ۱۹۵-۲۱۳، doi: 10.48308/JIMP.15.3.195

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

یافته‌ها: تعداد افراد انتخاب شده ۱۰ نفر بودند شامل مدیران و کارشناسان با سابقه ایمنی صنعتی و بهداشت حرفه‌ای. همه‌ی خبرگان کارخانه کاشی ایفاسرام که در این تحقیق شرکت کردند مرد بودند. خبرگان با تحصیلات کاردانی ۱۰ درصد، کارشناسی ۷۰ درصد و تحصیلات تکمیلی ۲۰ درصد کل جامعه بودند. از بین تعداد افراد پاسخ دهنده بیشترین فراوانی مربوط به بازه سنی ۳۱ تا ۴۰ سال است که با ۱۵۷ نفر، ۴۰/۹ درصد حجم نمونه را تشکیل دادند. کمترین فراوانی مربوط به افراد با بازه سنی کمتر از ۳۰ سال است که با ۲۶ نفر، ۶/۸ درصد حجم نمونه را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به مطالعه‌ی مبانی نظری و بررسی سوابق موضوع معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با دارایی‌های ایمنی، تعیین گردید و روابط میان هر یک از این معیارها و زیرمعیارها توسط گروهی از متخصصین مشخص شد. در مدل شبکه‌ای این تحقیق، در سطح اول هدف پژوهش (انتخاب بهترین استراتژی نگهداری دارایی‌های حیاتی ایمنی) و در سطح دوم، ۳ معیار (هزینه، ایمنی و پایداری) در نظر گرفته‌شد و در سطح سوم، ۱۰ زیرمعیار که با استفاده از تکنیک دلفی و با در نظر گرفتن نظر خبرگان باقی ماندند، قرار گرفتند. در ادامه به منظور تعیین روابط داخلی میان معیارها در سطح دوم از روش DEMATEL استفاده شده است. در مرحله بعد شبکه ANP با استفاده از روابط مشخص شده از روش DEMATEL ترسیم شد و وزن هر یک از معیارها و زیر معیارها نسبت به یکدیگر در نرم افزار Super Decision تعیین گردید. در آخرین مرحله، برای انتخاب بهترین استراتژی نگهداری دارایی‌های حیاتی ایمنی از تکنیک TOPSIS استفاده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که معیار هزینه در اولویت اول میان معیارها و تأثیرگذارترین معیار و معیار ایمنی، تأثیرپذیرترین معیار بود است که بالاترین تعامل را با سایر معیارها دارا بود. زیرمعیار ایمنی سلامت و یملی انسان در اولویت اول میان زیرمعیارها تعیین شد. همچنین از میان راهکارهایی مثل تعمیر و نگهداری از اجرا تا خرابی ، نگهداری پیشگیرانه، نگهداری مبتنی بر شرایط و تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان به عنوان مهم‌ترین راهکارها برگزیده شدند.

نتیجه‌گیری: در بررسی اولویت‌بندی معیارهای اصلی پژوهش، معیار هزینه در اولویت اول، معیار ایمنی در اولویت دوم و معیار پایداری در اولویت سوم قرار گرفت. در بررسی ارتباطات میان معیارها، معیار هزینه از بیشترین تاثیرگذاری و معیار ایمنی و پایداری از میزان تاثیرپذیری و تعامل بسیار زیادی برخوردار بودند. زیر معیار هزینه مواد و مواد مصرفی در اولویت اول و زیرمعیار هزینه نیروی انسانی در اولویت دوم قرار گرفت. همچنین زیرمعیارهای معیار ایمنی بدین صورت شد که یز معیار ایمنی سلامت و یملی انسان در اولویت اول و زیرمعیار ایمنی تجهیزات در اولویت دوم قرار گرفت و در انتها در مورد زیرمعیارهای معیار پایداری بدین صورت حاصل شد که یز معیار مصرف انرژی در اولویت اول و زیرمعیار سیستم مدیریت محیطی در اولویت دهم قرار گرفت. استراتژی تعمیر و نگهداری از اجرا تا خرابی در جایگاه اول، نگهداری پیشگیرانه در جایگاه دوم، نگهداری مبتنی بر شرایط در جایگاه سوم و در نهایت تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان در اولویت آخر قرار گرفت. به کارخانه کاشی ایفاسرام در راستای بهبود وضعیت سلامت و یملی انسان، کاهش هزینه‌های تولید و محیط کار مناسب و یمن پیشنهاداتی ارائه شد

کلمات کلیدی: دارایی‌های ایمنی، نگهداری و تعمیرات، استراتژی نگهداری و تعمیرات، دلفی، مقایسات زوجی، DEMATEL، TOPSIS.

استناددهی: صدرا ابرقویی، ناصر؛ ملایجردی، حسین؛ اخوان، آفرین؛ فلاح مدواری، روح‌الله؛ کمالی، سپیده (۱۴۰۴). شناسایی دارایی‌های حیاتی ایمنی و انتخاب استراتژی نگهداری آنها با رویکرد تلفیقی چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۵(۳)، ۱۹۵-۲۱۳.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱. مقدمه

در طول دهه‌های گذشته، نگهداری وتعمیر صنعتی از جمله وظایفی بوده است که توسط اپراتورها انجام می‌شد و به تدریج به مدیریت استراتژی نگهداری تجهیزات تبدیل شد [۶]. استراتژی‌های نگهداری سبب کاهش پسک‌ها تا سطح قابل قبول می‌شوند. این موارد به صورت خلاصه با بکارگیری رویه‌هایی چون حذف، جایگزین کردن، کنترل‌های مهندسی و مدیریتی و بهره‌گیری از تجهیزات حفاظت فردی قابل انجام است که با استفاده از استراتژی‌های مشخصی چون تعمیر و نگهداری از اجرا تا خرابی(RTFM[1])، نگهداری پیشگیرانه (PM[2])، نگهداری مبتنی بر شرایط (CBM[3]) و تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM[4]) می‌توان به هدف دست یافت [۸]. اگر زیرساخت ایجاد شده برای پدید آوردن و ارتقاء سطح ایمنی در سازمان را متشکل از دارایی‌ها بدانیم، می‌توان گفت که حتی اساسی‌ترین عملکردهای این سیستم مستلزم عمل متقابل با گروهی از نظام‌های دارایی‌های حیاتی ایمنی در آن است [۲۳]. نظرسنجی انجام شده توسط دانشگاه MIT نشان داد که سالانه بیش از ۲۰۰ میلیارد دلار جهت تعمیر و نگهداری توسط شرکت‌ها در آمریکای شمالی هزینه می‌شود [۷] یا حتی ممکن است در برخی موارد هزینه نگهداری وتعمیر سود خالص سالانه فراتر رود [۲۴]. بنابراین، صنایع تحت فشار فزاینده‌ای قرار دارند تا هزینه‌های خود را کاهش دهند و در عین حال خدمات مشتریان را افزایش دهند [۲۵]. امکانات توسعه استراتژی نگهداری وتعمیر می‌تواند به کسب وکارها کمک کند تا یک برنامه عملیاتی حاوی توصیه‌های خاص در مورد نحوه نگهداری دارایی‌های خود در شرایط ایمن و قابل استفاده ارائه دهند. استراتژی های نگهداری اجرای این طرح می‌تواند منجر به افزایش قابل توجه، در دسترس بودن دارایی‌ها، ایمنی محل کار و یکپارچگی محیطی شود [۱۳].

با صنعتی‌شدن حوادث شغلی زیادتر شده که همین باعث افزایش خسارت‌های جانی، مالی، کاری و اقتصادی شده است. عملکرد ایمن با عملکرد شغلی و رفتار ایمن کارکنان کسب می‌شود [۲۹]. عملکرد ایمن را می‌توان به صورت یک سازة دو بعدی؛ که شامل مشارکت در موارد ایمنی و رعایت موارد ایمنی می‌شود، در نظر گرفت. مشارکت ایمن را می‌توان به حضور سرپرستان مافوق و کارکنانی که بصورت مشوقانه در انجام وظایف ایمنی و ارائه توصیه‌های ایمنی مشارکت دارند، اشاره کرد [۱۸]، به طوری که بتوان در پی آن محیطی امن ساخت [۱۰]، میزان رعایت ایمنی افراد سنجیده شود [۳۱] و پیامدهای ایمنی را کاهش داد [۱۴]. همچنین نگرش، باور و رفتار انسان نقش بسزایی در بروز حوادث دارد، به طوری که فرهنگ ایمنی و جو ایمنی دو اصطلاح کاربردی برای توصیف وضعیت خط مشی سازمان و ادراک کارکنان نسبت به مسائل ایمنی هستند [۱۷] و رخدادهای شغلی را می‌توان به عدم اشاعه فرهنگ ایمن ارجاع داد. بنابراین برنامه ریزی و اجرای طرح‌های فرهنگ سازی ایمنی نیاز به رعایت موارد فرهنگی دارد و عدم توجه به فرهنگ، هدر رفتن منابع، بازده پایین پرسنل و بی انگیزگی را به همراه خواهد داشت [۲۲]. در ایران خسارت مالی حوادث ناشی از کار، سالیانه بیش از ۳۰ هزار میلیارد تومان و بیش از ۱۸۰۰ مورد مرگ ناشی از حوادث کاری برآورد شده است [۴]. همین مشکلات باعث شده است که در سال‌های اخیر، دیدگاه‌ها و اولویت‌ها تغییر کنند و ایمنی به یک ارزش تبدیل شود [۲۰]. در این بین توسعه استراتژی‌های نگهداری می‌تواند به کسب وکارها کمک نماید تا یک برنامه عملیاتی حاوی توصیه‌های خاص در مورد نحوه نگهداری دارایی‌های خود در شرایط ایمن و قابل استفاده ارائه دهند. اجرای این طرح می‌تواند منجر به افزایش چشم‌گیر در حفظ دارایی‌ها، ارتقای ایمنی محل کار و محافظت از محیط زیست شود؛ لذا تعیین استراتژی نگهداری بهینه دارایی‌های ایمنی یکی از مهمترین فرآیندهای تصمیم گیری در سازمان‌های صنعتی است [۶]. اما وضع قوانینی که به شناسایی دارایی‌های ایمنی و انتخاب استراتژی نگهداری آنها کمک نماید مستلزم بررسی همه جانبه این حوزه است. تعیین استراتژی مدیریت نگهداری و تعمیرات بهینه یکی از مهمترین فرآیندهای تصمیم‌گیری در سازمان‌های صنعتی است [۵]. انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نگهداری از میان مجموعه‌ای از گزینه‌های موجود برای یک قطعه تجهیزات شامل معیارهای ارزیابی متعددی مانند هزینه، ایمنی، زمان، ارزش افزوده، قابلیت اطمینان و غیره است [۲۱]. علاوه بر این، نگرانی‌های امروزی در مورد گرم شدن کره زمین، کاهش منابع انرژی و افزایش سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای، چندین عامل زیست محیطی، اجتماعی و حاکمیتی را معرفی کرده است و به عنوان شاخص‌های"پایداری" شناخته شده است به طوری که در تصمیم‌گیری نگهداری وتعمیر

1. Run-To-Failure Maintenance
2. Preventive Maintenance
3. Condition-Based Maintenance
4. Reliability-Based Maintenance

در نظر گرفته شده است [۹]. در این ارتباط هر تعطیلی برنامه‌ریزی نشده می‌تواند تأثیرات منفی بر روی زیستگاه‌های منطقه و همچنین خانواده پرسنل و مشتریان داشته باشد. بنابراین، عوامل پایداری، نقش مهمی در ارزیابی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات ایفا می‌کنند [۳۳] به طوری که به عنوان الزامات اجرای HSE در سیستم‌ها می‌تواند نرخ حوادث را نزدیک به صفر و هزینه‌ها را به حداقل برساند [۱۹]. آقایی و فضلی (۱۳۹۱) از رویکرد ترکیبی DEMATEL و ANP برای انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات در صنعت خودروهای کار در دو شرکت ایران‌خودرو دیزل و سایپا دیزل به‌عنوان بزرگترین تولیدکنندگان خودروهای سنگین در یران استفاده نمودند. نتایج نشان داد رویکرد مناسب با استفاده از روش ترکیبی این تحقیق، برای دو شرکت مورد مطالعه، رویکرد نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) است [۳]. شرافت و همکاران (۱۳۹۷) عنوان نمودند انتخاب نوع راهبرد نگهداری و تعمیرات در قبال ین پدیده به عوامل مختلفی بستگی دارد. اهمیت این مسئله زمانی دوچندان می‌شود که خط تولید پیوسته باشد، بویژه در شرکت‌های تولید انرژی الکتریکی. آنها سعی نمودند عوامل و شرایط مؤثر بر عملکرد نامناسب تجهیزات و استراتژی نگهداری و تعمیرات مناسب برای غلبه بر عملکرد نامناسب تجهیز و پیامدهای آن را تعیین نمایند. از رویکرد سه‌مرحله‌ای نظریه برخاسته از داده‌ها، با روشی استقرایی به مطالعه پدیده موردنظر که عملکرد نامناسب تجهیزات است، پرداختند و با گردآوری نظر خبرگان صنعت مورد مطالعه و تحلیل داده‌های مربوطه ین پدیده در ۵ مقوله و ۲٤ زیرمقوله و ۹۰ مشخصه دسته‌بندی نمودند. سپس نحوه انتخاب استراتژی مناسب در شرایط مختلف تشریح شد [۳۲]. صادقی گاوگانی و همکاران (۱٤۰۰) به شناسایی و اولویت‌بندی زیر ساخت‌های لازم جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز با استفاده ازتاپسیس فازی پرداختند. نتایج نشان داد که در زیرساخت‌های پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز، مسائل مالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود و عوامل یروی انسانی، موانع تجهیزاتی و عوامل ساختاری در رده‌های بعدی این رتبه‌بندی قرار گرفتند [۲۷]. سلمان[1] (۲۰۲٤) یک سیستم پشتیبانی تصمیم جامع را معرفی کرد. چارچوبی که در سه مدل سازمان‌دهی شده است: مدل بحرانی، مدل بازسازی و مدل بحرانی بهینه برای مدیریت بازسازی دارایی‌های تأسیساتی. این چارچوب یکپارچه، رویکردی سیستماتیک و مبتنی بر داده را برای مدیریت تأسیسات در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار داد و کارایی و اثربخشی اقدامات بازسازی را افزایش داد. به دست آمده نشان داد اصول و روش‌شناسی‌های گنجانده شده در ین تحقیق می‌توانند برای کاربرد در دارایی‌های زیرساختی در مقیاس بزرگ تعمیم و توسعه یابند و از پایداری سطح خدمات مورد یاز و مدیریت ریسک قابل قبول در مقیاس وسیع‌تر اطمینان حاصل کنند [۲۸].

پیش از ین در زمینه‌ی شناسایی دارایی‌های سازمانی و انتخاب استراتژی نگهداری آنها تحقیقات متفاوتی انجام گرفته است. اکثر آن‌ها بحث‌های استراتژی نگهداری را تنها به استقرارس یستم مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی محدود کرده و یا این استراتژی‌ها را تنها حولس یستم آموزشی و تشویق و تنبیه محدود کرده‌اند. اما در هیچ یک از تحقیقات پیشین مشخص نشده است، استقرار سیستم مدیریتی برای نگهداری و تعمیرات باید شامل چه مواردی باشد. تنها در تحقیق ارجمندی و همکاران (۲۰۲۱) عوامل مؤثر بر دارایی‌های ایمنی مشخص شد و به صورت ریز استراتژی‌ها تعیین گردید. ولی عوامل مؤثر و استراتژی‌ها غربال نگردیدند و بر اساس مطالعه‌ی موردی خاص و بر اساس جو سازمانی موجود مشخص نشدند [۶]. کلته و همکاران (۲۰۲۱) نیز با وجود مشخص‌کردن عوامل مؤثر هیچ ارزیابی کمی در تحلیل خود وارد نکردند [۱۷].

کارخانه کاشی ایفاسرام دارای ۵۰۰ نفر نیروی انسانی مشغول به فعالیت است که همواره در معرض خطرات و آسیب‌های متنوعی در زمینه‌های ایمنی و بهداشت شغلی هستند همین امر ضرورت بیشتر به مسائل یمنی و بهداشت و تلاش جهت حفظ و نگهداری دارایی‌های ایمنی در این مجموعه با استفاده از وضع قوانین اثرگذار را نمایان می‌سازد. در نتیجه این تحقیق در صدد است یمنی را در انتخاب استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در کارخانه کاشی ایفاسرام پیاده‌سازی و کارایی‌های آن را شناسایی و اولویت‌بندی کند، تا با انتخاب استراتژی‌های مناسب به حفظ و نگهداری دارایی‌های ایمنی کمک شود .

1. Salman

۲. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر بر حسب نوع روش، توصیفی- تحلیلی و از لحاظ نوع هدف، کاربردی است. روش گردآوری اطلاعات مبتنی بر روش‌های اسنادی (کتابخانه‌ای)، مشاهده (مطالعات میدانی) و مستندسازی می‌باشد. در بخش تحلیل، از تکنیک تلفیقی DELPHI-ANP-DEMATEL-TOPSIS برای ارزیابی استفاده شد. در این راستا، ابتدا یک مدل سه سطحی از هدف، معیارها، زیر معیارها ارائه گردید. لازم به ذکر است جهت تعیین معیارها و زیر معیارهای موجود در مدل، از مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای استفاده شد. بر این اساس با مرور مطالعات پیشین معیارها و زیرمعیارها استخراج گردید. معیارها و زیر معیارهای استخراج شده از طریق روش دلفی [۱۵] در اختیار خبرگان قرار گرفت. دو زیرمعیار "تلقین ارزش‌ها و نقش‌های مورد اهمیت در جامعه" و "انتقال دانش‌ها، ارزش‌ها و انتظارات" با نظر خبرگان به دلیل همپوشانی با سایر زیرمعیارها حذف گردید و مابقی تایید شدند. سپس جهت بررسی روابط درونی میان معیارها و روابط درونی میان زیرمعیارها از تکنیک DEMATEL استفاده شد [۱۱]. در تکنیک DEMATEL مراحل انجام شده شامل تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (M)، نرمال‌کردن ماتریس ارتباط مستقیم، محاسبه ماتریس ارتباط کامل و ایجاد نمودار علی است. به‌منظور انجام مقایسات زوجی و تعیین وابستگی‌های بین معیارها و زیرمعیارها، پرسشنامه‌های طراحی شده [۱] میان افراد خبره توزیع گشت. روایی پرسشنامه‌ها با استفاده از تکنیک دلفی و پایایی آن با محاسبه نرخ ناسازگاری محاسبه شد. با اشاره به این نکته که تعداد خبرگان به عنوان مصاحبه شونده نباید زیاد باشد در کل ۵ الی ۱۵ نفر را پیشنهاد دادند به طوری که از نظرات ۱۰ نفر از کارشناسان و خبرگان آشنا با HSE در کاشی ایفاسرام به عنوان نمونه استفاده شد. جهت تحلیل اطلاعات به‌دست آمده از پرسش‌نامه‌ها و اولویت‌بندی معیارها و زیرمعیارها، نرم افزار Super Decision با روش ANP [۱۱] بکار گرفته‌شد. در نهایت اولویت‌بندی استراتژی نگهداری دارایی‌های ایمنی از طریق تکنیک TOPSIS مشخص گردید .

۳. یافته‌ها

در ابتدا خصوصیات دموگرافیک خبرگان کارخانه کاشی ایفاسرام بررسی شد. تعداد افراد انتخاب شده ۱۰ نفر بودند شامل مدیران و کارشناسان با سابقه ایمنی صنعتی و بهداشت حرفه‌ای. همه‌ی خبرگان کارخانه کاشی ایفاسرام که در این تحقیق شرکت کردند مرد بودند .خبرگان با تحصیلات کاردانی ۱۰ درصد، کارشناسی ۷۰ درصد و تحصیلات تکمیلی ۲۰ درصد کل جامعه بودند. از بین تعداد افراد پاسخ دهنده بیشترین فراوانی مربوط به بازه سنی ۳۱ تا ۴۰ سال است که با ۱۵۷ نفر، ۴۰.۹ درصد حجم نمونه را تشکیل دادند. کمترین فراوانی مربوط به افراد با بازه سنی کمتر از ۳۰ سال است که با ۲۶ نفر، ۶.۸ درصد حجم نمونه را به خود اختصاص داده‌اند. سپس از خبرگان خواسته شد که با استفاده از پرسشنامه دلفی به اهمیت هر کدام از زیرمعیارهای مرتبط بین ۱ تا ۱۰ امتیاز دهند تا بتوان زیرمعیارها را غربال نمود. نتایج دو مرحله دلفی به ترتیب در جداول (۱) و (۲) آورده شده است

جدول ۱. خلاصه نتایج مرتبه اول تکنیک دلفی

معیار مرتبط	زیرمعیار مرتبط	کارشناس شماره ۱	کارشناس شماره ۲	کارشناس شماره ۳	کارشناس شماره ۴	کارشناس شماره ۵	کارشناس شماره ۶	کارشناس شماره ۷	کارشناس شماره ۸	کارشناس شماره ۹	کارشناس شماره ۱۰	میانگین نظرات کارشناسان
هزینه	هزینه مواد و مواد مصرفی	۷	۷	۹	۹	۹	۷	۷	۹	۸	۸	۸.۰۰۰
	هزینه نیروی انسانی	۷	۵	۷	۹	۷	۷	۹	۹	۷	۷	۷.۴۰۰
ایمنی	ایمنی سلامت و ایمنی انسان	۵	۷	۹	۸	۹	۷	۷	۷	۸	۷	۷.۴۰۰

معیار مرتبط	زیرمعیار مرتبط	کارشناس شماره ۱	کارشناس شماره ۲	کارشناس شماره ۳	کارشناس شماره ۴	کارشناس شماره ۵	کارشناس شماره ۶	کارشناس شماره ۷	کارشناس شماره ۸	کارشناس شماره ۹	کارشناس شماره ۱۰	میانگین نظرات کارشناسان
	ایمنی تجهیزات	۷	۷	۴	۸	۸	۷	۹	۷	۸	۸	۷.۳۰۰
پایداری	تنوع محصول	۷	۹	۹	۸	۳	۹	۷	۹	۹	۷	۷.۷۰۰
	آموزش پرسنل	۶	۷	۹	۹	۷	۸	۷	۸	۶	۹	۷.۶۰۰
	پذیرش توسط پرسنل	۹	۹	۹	۷	۷	۹	۷	۹	۹	۹	۸.۴۰۰
	سیستم مدیریت محیطی	۷	۷	۷	۹	۹	۹	۸	۸	۹	۸	۸.۱۰۰
	مصرف انرژی	۸	۹	۷	۴	۸	۸	۷	۹	۷	۸	۷.۵۰۰
	برنامه ریزی زیست محیطی	۷	۵	۷	۹	۸	۹	۷	۷	۷	۸	۷.۴۰۰

جدول ۲. خلاصه نتایج مرتبه دوم تکنیک دلفی

معیار مرتبط	زیرمعیار مرتبط	کارشناس شماره ۱	کارشناس شماره ۲	کارشناس شماره ۳	کارشناس شماره ۴	کارشناس شماره ۵	کارشناس شماره ۶	کارشناس شماره ۷	کارشناس شماره ۸	کارشناس شماره ۹	کارشناس شماره ۱۰	میانگین نظرات کارشناسان
هزینه C1	هزینه مواد و مواد مصرفی S11	۹	۸	۹	۹	۹	۹	۷	۹	۸	۸	۸.۵۰۰
	هزینه نیروی انسانی S12	۷	۹	۹	۵	۸	۹	۹	۹	۷	۹	۸.۱۰۰
ایمنی C2	ایمنی سلامت و ایمنی انسانS21	۹	۷	۷	۷	۷	۹	۹	۹	۸	۹	۸.۱۰۰
	ایمنی تجهیزاتS22	۷	۷	۹	۷	۹	۷	۹	۷	۸	۸	۷.۸۰۰
پایداری C3	تنوع محصولS31	۷	۸	۸	۹	۸	۹	۷	۹	۷	۹	۸.۱۰۰
	آموزش پرسنلS32	۶	۹	۹	۹	۷	۸	۷	۸	۶	۹	۷.۸۰۰
	پذیرش توسط پرسنل S33	۹	۹	۹	۷	۷	۹	۹	۹	۹	۹	۸.۶۰۰
	سیستم مدیریت محیطیS34	۷	۹	۷	۹	۹	۹	۸	۸	۹	۸	۸.۳۰۰

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معیار مرتبط	زیرمعیار مرتبط	کارشناس شماره ۱	کارشناس شماره ۲	کارشناس شماره ۳	کارشناس شماره ۴	کارشناس شماره ۵	کارشناس شماره ۶	کارشناس شماره ۷	کارشناس شماره ۸	کارشناس شماره ۹	کارشناس شماره ۱۰	میانگین نظرات کارشناسان
	مصرف انرژیS35	۹	۷	۹	۷	۹	۷	۷	۹	۹	۷	۸.۰۰۰
	برنامه‌ریزی زیست محیطیS36	۷	۹	۷	۹	۸	۹	۷	۷	۹	۸	۸.۰۰۰

به منظور محاسبه میزان هماهنگی دیدگاه های خبرگان شرکت کاشی ایفاسرام از مقدار ضریب توافقی کندال بهره گرفته شد که نتایج آن در جدول (۳) ذکر شده است.

جدول ۳. ضریب توافق کندال

	تعداد گویه	تعداد کارشناسان	ضریب توافق کندال	درجه‌آزادی	مقدار معناداری
مرتبه اول	۱۰	۱۰	۰/۳۲۹	۹	۰/۰۰۰
مرتبه دوم	۱۰	۱۰	۰/۴۲۲	۹	۰/۰۰۰

مطابق با جدول ۱ مقدار ضریب توافق کندال در هر دو مرتبه‌ی آزمون از ۰.۳ بالاتر بدست آمد، از طرفی مقدار معناداری آزمون ضریب توافق کندال برابر با ۰.۰۰۰ شد که مقداری کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد. بنابراین معناداری آزمون مناسب است و نظرات خبرگان با یکدیگر هماهنگ است

با توجه به مطالعه‌ی مبانی نظری و بررسی سوابق موضوع معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با دارایی‌های ایمنی، تعیین گردید و روابط میان هر یک از این عوامل توسط گروهی از متخصصین مشخص شد .مدل شبکه‌ای این پژوهش مطابق با شکل (۱)، در سطح اول هدف پژوهش (انتخاب بهترین استراتژی نگهداری دارایی‌های حیاتی ایمنی) و در سطح دوم، ۳ معیار (هزینه، ایمنی و پایداری) در نظر گرفته‌شد و در سطح سوم، ۱۰ زیرمعیار مندرج در جدول (۲) که با استفاده از تکنیک دلفی و با در نظر گرفتن نظر خبرگان باقی ماندند، قرار گرفتند. در ادامه به منظور تعیین روابط داخلی میان معیارها در سطح دوم از روش DEMATEL استفاده شده است مقدار روابط میان زیرمعیارها، با توجه به زیاد بودن تعداد زیرمعیارها و همگرا شدن اعداد به یک عدد کوچک قابل چشم پوشی می‌باشد.

با استفاده از میانگین حسابی ساده، نظرات ده خبره در خصوص تاثیر معیارها بر یکدیگر محاسبه شد و ماتریس ارتباط مستقیم یا M (جدول (۴)) بدست آمد.

جدول ٤. ماتریس ارتباط مستقیم (M)

	هزینه	ایمنی	پایداری
هزینه	۰.۰۰۰	۲.۸۰۰	۲.۷۰۰
ایمنی	۳.۰۰۰	۰.۰۰۰	۲.۳۰۰
پایداری	۱.۶۰۰	۲.۶۰۰	۰.۰۰۰

ماتریس N از طریق ضرب معکوس حداکثر جمع تمام سطرها و ستون‌ها در ماتریس M بدست‌آمد و با استفاده از رابطه $T = N \times (I - N)^{-1}$ ماتریس ارتباط کامل به شرح جدول (۵) محاسبه شد

جدول۵. ماتریس ارتباط کامل (T)

	هزینه	ایمنی	پایداری
هزینه	۳.۱۵۱	۳.۸۳۴	۳.۶۴۱
ایمنی	۳.۴۵۱	۳.۴۳۴	۳.۴۹۰
پایداری	۲.۸۳۹	۳.۲۱۲	۲.۷۳۷

مقدار شدت آستانه که میانگین درایه‌های ماتریس ارتباط کامل است، ۳.۳۱۶ بدست آمد. الگوی روابط معنی‌دار در جدول (۶) آورده شده است

جدول۶. الگوی روابط معنی دار معیارهای اصلی

	هزینه	ایمنی	پایداری
هزینه	_	۳.۸۳۴	۳.۶۴۱
ایمنی	۳.۴۵۱	_	۳.۵۴۹
پایداری	_	_	_

بر اساس جدول (۶) روابط میان معیارها در شکل (۱) نشان داده شده است

هزینه (c1)

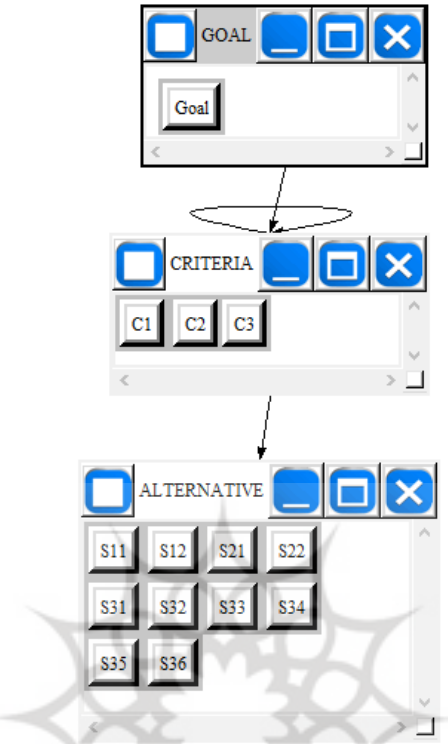
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

هزینه (c2) **هزینه (c3)**

شکل ۱. روابط میان معیارها

در مرحله بعد شبکه ANP با استفاده از روابط مشخص شده از روش DEMATEL ترسیم شد. سپس به تعیین وزن هر یک از معیارها و زیر معیارها نسبت به یکدیگر پرداخته شد. ارتباط میان هدف، معیارها و زیرمعیارها بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی توسط متخصصین انجام گرفت پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها و شاخص‌ها نسبت به یکدیگر، ماتریس‌های مقایسات زوجی مطابق با شکل (۲) به نرم افزار Super

Decision وارد شدند .از آنجا که نظرات بیش از یک خبره البته با وزن برابر گرفته شده و در محاسبات مد نظر قرار گرفته، برای ترکیب نظرات خبرگان، میانگین هندسی نظرات محاسبه شده و در ماتریس مقایسات زوجی از آن استفاده شده است



شکل ۲. رتبه‌بندی شاخص‌ها با تکنیک مقایسات زوجی در نرم افزار *Super Decision*

مقایسات زوجی معیارها که توسط خبرگان طبق مقیاس ساعتی درج شده است، در جدول (۷) آمده است. سپس نظرات مطرح شده توسط خبرگان به صورت میانگین هندسی محاسبه شده است.

جدول ۷. مقایسات زوجی معیارها طبق نظرات خبرگان شرکت

شماره کارشناس	C1-C2	C1-C3	C2-C3
کارشناس شماره ۱	۰.۳۳۳	۰.۵۰۰	۰.۲۵
کارشناس شماره ۲	۳	۳	۴
کارشناس شماره ۳	۰.۱۲۵	۷	۵
کارشناس شماره ۴	۳	۰.۲۰۰	۳
کارشناس شماره ۵	۷	۰.۲۵	۰.۱۲۵
کارشناس شماره ۶	۵	۵	۶
کارشناس شماره ۷	۵	۴	۷
کارشناس شماره ۸	۳	۲	۴
کارشناس شماره ۹	۰.۱۲۵	۰.۲۰۰	۰.۱۲۵
کارشناس شماره ۱۰	۵	۴	۷
میانگین هندسی ۱۰ نفر کارشناس	۱.۶۱۸	۱.۲۳۶	۱.۷۵۴

در جدول (۸)، تحلیل یافته‌های حاصل از مقایسات زوجی معیارها در نرم‌افزار Super Decision نشان داده شد.

جدول ۸. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی پژوهش

	هزینه	ایمنی	پایداری	میانگین هندسی	بردار ویژه
هزینه	۱.۰۰۰	۱.۶۱۸	۱.۳۲۶	۱.۲۹۰	۰.۴۲۰
ایمنی	۰.۶۱۸	۱.۰۰۰	۱.۷۵۴	۱.۰۲۷	۰.۳۳۴
پایداری	۰.۷۵۴	۰.۵۷۰	۱.۰۰۰	۰.۷۵۵	۰.۲۴۶

مطابق با شکل (۳) نتایج حاصل از نرم‌افزار Super Decision نشان داد که در اولویت اول معیار "هزینه" با وزن نرمال شده ۰.۴۲۰، در اولویت دوم معیار "ایمنی" با وزن نرمال شده ۰.۳۳۴ و در اولویت سوم معیار "پایداری" با وزن نرمال شده ۰.۲۴۶ قرار گرفتند.

شکل ۳. اولویت بندی معیارهای اصلی حاصل از نرم افزار *Super Decision*

با توجه به محاسبات انجام شده، نرخ ناسازگاری معیارها مطابق با جدول (۹) با مقدار عددی ۰.۰۶ حاصل شد که در واقع پایین‌تر از ۰.۱ می‌باشد. بنابراین نظرات خبرگان با یکدیگر موافق می‌باشند.

جدول ۹. محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری در بر اساس هدف

۳.۰۶۴۷	**Λ**	۳.۰۶۴۷		۱.۲۸۶۹	
۰.۰۳۲	**CI**	۳.۰۶۴۷	**aw/w**	۱.۰۲۴۹	**Aw**
۰.۰۶۰	**CR**	۳.۰۶۴۷		۰.۸۵۳۰	

به همین ترتیب زیرمعیارهای هر معیار نیز بر اساس نظر خبرگان رتبه‌بندی شدند و وزن نسبی آن‌ها بدست آمد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. سوپرماتریس ناموزون حاصل از نرم افزار *Super Decision*

Cluster Node Labels		ALTERNATIVE				CRITERIA			GOAL
		S33	S34	S35	S36	C1	C2	C3	Goal
ALTERNATIVE	S32	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.205000	0.000000
	S33	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.176000	0.000000
	S34	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.116000	0.000000
	S35	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.244000	0.000000
	S36	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.120000	0.000000
CRITERIA	C1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.506224	0.495881	0.252219
	C2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.499318	0.000000	0.504119	0.317162
	C3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500682	0.493776	0.000000	0.430618

سوپرماتریس موزون (نرمال) در جدول (۱۱) نشان داده شده است. در سوپرماتریس موزون جمع عناصر تمامی ستون‌ها برابر با یک می‌شود .

جدول ۱۱. سوپرماتریس موزون حاصل از نرم افزار *Super Decision*

Cluster Node Labels		ALTERNATIVE				CRITERIA			GOAL
		S33	S34	S35	S36	C1	C2	C3	Goal
ALTERNATIVE	S32	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.102500	0.000000
	S33	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.088000	0.000000
	S34	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.058000	0.000000
	S35	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.122000	0.000000
	S36	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.060000	0.000000
CRITERIA	C1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.253112	0.247941	0.252219
	C2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.249659	0.000000	0.252059	0.317162
	C3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.250341	0.246888	0.000000	0.430618

در نهایت سوپرماتریس حد محاسبه شده است. سوپرماتریس حد با توان رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون بدست آمده است این عمل آنقدر تکرار شده تا تمام عناصر سوپر ماتریس شبیه هم شود (جدول ۱۲).

جدول ۱۲. سوپرماتریس حد حاصل از نرم افزار *Super Decision*

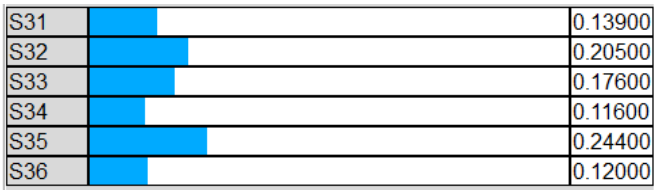
Cluster Node Labels		ALTERNATIVE				CRITERIA			GOAL
		S33	S34	S35	S36	C1	C2	C3	Goal
ALTERNATIVE	S32	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.034040	0.034040	0.034040	0.034040
	S33	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.029225	0.029225	0.029225	0.029225
	S34	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.019262	0.019262	0.019262	0.019262
	S35	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.040516	0.040516	0.040516	0.040516
	S36	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.019926	0.019926	0.019926	0.019926
CRITERIA	C1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.166904	0.166904	0.166904	0.166904
	C2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.167047	0.167047	0.167047	0.167047
	C3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.166049	0.166049	0.166049	0.166049

در جدول (۱۳)، به طور نمونه تحلیل یافته‌های حاصل از مقایسات زوجی زیرمعیارهای پایداری در نرم‌افزار Super Decision نشان داده شد.

جدول ۱۳. ماتریس مقایسه زوجی زیرمعیارها

	تنوع محصول	آموزش پرسنل	پذیرش توسط پرسنل	سیستم مدیریت محیطی	مصرف انرژی	برنامه‌ریزی زیست محیطی	میانگین هندسی	بردار ویژه
تنوع محصول	۱.۰۰۰	۰.۴۹۲	۱.۱۲۸	۰.۸۵۶	۰.۵۵۲	۱.۵۹۱	۰.۸۶۵	۰.۱۳۹
آموزش پرسنل	۲.۰۳۲	۱.۰۰۰	۰.۵۸۲	۲.۶۰۵	۰.۶۴۵	۲.۲۰۶	۱.۲۷۹	۰.۲۰۵
پذیرش توسط پرسنل	۰.۸۸۷	۱.۷۱۹	۱.۰۰۰	۱.۱۸۲	۰.۷۳۸	۱.۳۳۳	۱.۱۰۰	۰.۱۷۶
سیستم مدیریت محیطی	۱.۱۶۸	۰.۳۸۴	۰.۸۴۶	۱.۰۰۰	۰.۴۸۷	۰.۷۷۱	۰.۷۲۳	۰.۱۱۶
مصرف انرژی	۱.۸۱۰	۱.۵۵۰	۱.۳۵۵	۲.۰۳۵	۱.۰۰۰	۱.۵۸۷	۱.۵۲۱	۰.۲۴۴
برنامه‌ریزی زیست محیطی	۰.۶۲۸	۰.۴۵۳	۰.۷۵۰	۱.۲۹۷	۰.۶۳۰	۱.۰۰۰	۰.۷۴۸	۰.۱۲۰

مطابق با شکل (٤) نتایج حاصل از نرم‌افزار Super Decision اولویت‌بندی زیر معیارهای پایداری مشخص شده است



شکل ٤. اولویت بندی زیرمعیارهای پایداری‌حاصل از نرم افزار *Super Decision*

با توجه به محاسبات انجام شده، نرخ ناسازگاری زیرمعیارهای پایداری مطابق با جدول (۱۴) نمایش داده شده است. نرخ ناسازگاری برابر ۰.۰۳۸ حاصل شد که مطلوب بودن مقایسات زوجی را نشان می‌دهد و نتیجه سازگاری نظرات خبرگان با هم می‌باشد

جدول۱۴. محاسبه ی نرخ ناسازگاری در بر اساس زیرمعیارهای پایداری

٦.٢٣٧	λ	٦.٢٢٧		۰.۸٦۳	
۰.۰۴۷	CI	۶.۴۰۲		۱.۳۱۳	
۰.۰۳۸	CR	۶.۳۹۹	aw/w	۱.۱۲۹	Aw
		۶.۱۸۸		۰.۷۱۷	
		۶.۰۶۸		۱.۴۸۰	
		۶.۱۴۲		۷۳۶۰.۷۳۶	

اولویت‌بندی نهایی حاصل از تکنیک ANP پس از تحلیل در نرم‌افزار Super Decision در جدول (۱۵) نمایش داده شده است.

جدول۱۵. اولویت‌بندی نهایی زیرمعیارهای تحقیق

معیار	نماد معیار	زیرمعیار	نماد زیر معیار	وزن نهایی زیر معیار	رتبه‌بندی نهایی زیر معیارها
هزینه	C1	هزینه مواد مصرفی	S11	۰.۱۷۹۶	۲
		هزینه نیروی انسانی	S12	۰.۱۵۴۲	۳
ایمنی	C2	ایمنی سلامت و ایمنی انسان	S21	۰.۱۸۷۱	۱
		ایمنی تجهیزات	S22	۰.۱۴۷	۴
پایداری	C3	تنوع محصول	S31	۰.۰۴۶	۸
		آموزش پرسنل	S32	۰.۰۶۷۱	۶
		پذیرش توسط پرسنل	S33	۰.۰۵۸۴	۷
		سیستم مدیریت محیطی	S34	۰.۰۳۸۵	۱۰
		مصرف انرژی	S35	۰.۰۸۱	۵
		برنامه‌ریزی زیست محیطی	S36	۰.۰۳۹۹	۹

در مرحله بعد، برای انتخاب بهترین استراتژی نگهداری دارایی‌های حیاتی ایمنی از تکنیک TOPSIS استفاده شد. در ابتدا ماتریس امتیازدهی گزینه‌ها براساس زیرمعیارها تشکیل شد. نمره متناسب به هر یک از استراتژی‌ها براساس معیارها با توجه به میانگین ساده نظرات کارشناسان محاسبه شد (جدول ۱۶).

جدول ۱۶. ماتریس تصمیم‌گیری تکنیک *TOPSIS*

	S11	S12	S21	S22	S31	S32	S33	S34	S35	S36
تعمیر و نگهداری از اجرا تا خرابی (RTFM)	۵	۷	۹	۵	۷	۹	۷	۹	۱۰	۴
نگهداری پیشگیرانه (PM)	۵	۷	۹	۷	۹	۱۰	۵	۷	۹	۵
نگهداری مبتنی بر شرایط (CBM)	۳	۲	۳	۵	۷	۹	۵	۷	۹	۷
تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)	۳	۵	۷	۳	۵	۷	۳	۳	۳	۵

سپس بی‌مقیاس‌سازی از روش اقلیدسی انجام شد. همچنین جهت بدست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون، از طریق وزن معیارهای بدست آمده از تکنیک ANP-DEMATEL محاسبه گردید. برای هر شاخص مثبت، ایده‌آل مثبت برابر با بزرگترین مقدار ستون و ایده‌آل منفی برابر با کوچکترین مقدار ستون و همچنین برای هر شاخص منفی، ایده‌آل مثبت برابر با کوچکترین مقدار ستون و ایده‌آل منفی برابر با بزرگترین مقدار ستون در ماتریس V تعیین شد. در انتها فاصله هر گزینه از ایده‌آل‌های مثبت و منفی محاسبه شد و میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل (CL) محاسبه گردید. هرچه میل مقدار به یک نزدیک‌تر باشد استراتژی اهمیت بیشتری دارد [۱۶]. بدین ترتیب اولویت‌بندی استراتژی‌ها با توجه به مقادیر بدست آمده در در جدول (۱۷) ذکر شده است.

جدول ۱۷. اولویت بندی استراتژی‌ها

استراتژی‌ها	+d	-d	وزن نهایی	رتبه نهایی
تعمیر و نگهداری از اجرا تا خرابی (RTFM)	۰.۰۰۲	۰.۰۲۸	۰.۹۳۵	۱
نگهداری پیشگیرانه (PM)	۰.۰۰۷	۰.۰۲۶	۰.۷۸۸	۲
نگهداری مبتنی بر شرایط (CBM)	۰.۰۲۵	۰.۰۰۴	۰.۱۴۸	۴
تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)	۰.۰۰۹	۰.۰۱۵	۰.۶۱۵	۳

٤. بحث

در پژوهش حاضر به شناسایی معیارها و زیرمعیارهای مرتبط با نگهداری دارایی‌های ایمنی پرداخته شد و معیارهای مختلفی مانند هزینه، ایمنی و پایداری در صنعت ایفاسرام با استفاده از تکنیک‌های DELPHI، ANP، DEMATEL و TOPSIS مورد بررسی قرار گرفته شد.

آقایی و فضلی (۱۳۹۱) پژوهشی تحت عنوان بکارگیری رویکرد ترکیبی DEMATEL و ANP جهت انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات انجام دادند. به طوری که به مدل ترکیبی ANP-DEMATEL در ارزیابی استراتژی سیستم نگهداری و تعمیرات پرداخته شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بکارگیری الزامات فنی در انتخاب رویکرد مناسب بسیار حائز اهمیت است و این روش ترکیبی یک استراتژی مناسب، استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد [۳]. ارجمندی و همکاران درسال ۲۰۲۱ تحقیقی با عنوان یک مدل تحلیلی فازی DEMATEL-ANP-VIKOR برای انتخاب استراتژی نگهداری دارایی‌های حیاتی ایمنی مورد بررسی قرار دادند و همانند تحقیق حاضر ۱۲ زیر معیار در سه دسته هزینه، ایمنی و پایداری به عنوان دارایی‌های حیاتی ایمنی معرفی کردند و با استفاده از تکنیک DEMATEL-ANP اولویت‌بندی و وزن دهی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که استراتژی نگهداری مبتنی بر شرایط (CBM) و تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) به عنوان استراتژی برتر تعیین شدند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۶]. پورجواد[1] و همکاران (۲۰۱۳) به انتخاب استراتژی نگهداری در صنعت معدن با فرآیند شبکه تحلیلی و تاپسیس پرداختند که در این تحقیق پنج استراتژی تعمیر و نگهداری به نام‌های DOM، TPM، CBM، TBM، EM اجرا شد که با توجه به چهار معیار هزینه، قابلیت نگهداری، در دسترس بودن و قابلیت اطمینان برای دسته‌ای از تجهیزات این کارخانه مقایسه شد که در آن استراتژی‌های CBM و TPM در بین سایر موارد رتبه اول

1. Pourjavad

و دوم را کسب کردند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد [۲۶]. دری[1] و همکاران (۲۰۱۴) پژوهشی تحت عنوان ارائه مدلی جهت انتخاب استراتژی تعمیر و نگهداری سیستم‌های IT با کمک فرآیند فازی DEMATEL و ANP انجام دادند. به منظور شناسایی پارامترهای مؤثر، پرسشنامه‌ای با ۵۱ شاخص تهیه کردند که با جامعه آماری ۸۶ نفر به آن پاسخ داده شد ۲۱ مورد از شاخص‌ها به عنوان عوامل موثر بر انتخاب استراتژی تعمیر و نگهداری سیستم‌های فناوری اطلاعات در شرکت سیمان تهران شناسایی شدند. سپس وزن هر شاخص و ابعاد سایر پرسشنامه‌ها بر اساس روش DEMATEL و تکنیک فرآیند شبکه تحلیلی فازی (FANP) برای هر نفر اندازه‌گیری شد .نتایج نشان داد که زمان نصب و راه‌اندازی تجهیزات، میزان سرمایه‌گذاری در سیستم‌های فناوری اطلاعات و هزینه خرید تجهیزات به ترتیب دارای بیشترین ارزش و اهمیت هستند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد [۱۲]. آقایی[2] و همکاران (۲۰۲۰) پژوهشی تحت عنوان یک رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارزیابی استراتژی‌های تعمیر و نگهداری در صنعت پتروشیمی انجام دادند. در این مطالعه از روش دلفی (FDM) برای اصلاح معیارهای موثر، DEMATEL برای تعریف جهت و روابط بین معیارها و ANP برای انتخاب استراتژی تعمیر و نگهداری بهینه استفاده شده است نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مدیریت استراتژیک به عنوان معیار اصلی شناسایی کرده است و نگهداری پیش بینی کننده (PdM) با بالاترین اولویت و بهترین استراتژی و به ترتیب قابلیت اطمینان محور (RCM)، شرایط مبتنی بر (CBM)، تولید کل (TPM)، پیش بینی (PM) و تعمیر و نگهداری اصلاحی (CM) تعیین شده است که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد [۲]. شفیعی نیک آبادی و همکاران (۱۳۹۴) به بکارگیری رویکرد ترکیبی FA، HHP و TOPSIS برای انتخاب و رتبه‌بندی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات پرداختند. در این مطالعه با تکیه بر نظرات کارشناسان نگهداری و تعمیرات، به این نتیجه رسیدند که با بکارگیری مدل TOPSIS برای تجهیزات با درجه اهمیت کم، استراتژی CM به عنوان بهترین استراتژی نگهداری و تعمیرات است و برای تجهیزات با درجه اهمیت متوسط و اهمیت بالا، استراتژی PDM به عنوان مناسب‌ترین استراتژی نگهداری و تعمیرات می‌باشد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد [۳۰].

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه مطالعه حاضر با هدف شناسایی دارایی‌های ایمنی و انتخاب استراتژی نگهداری آنها با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره انجام شده است، با بررسی نتایج حاصل از این تحقیق موارد زیر قابل ذکر است:

در بررسی اولویت‌بندی معیارهای اصلی پژوهش، معیار هزینه در اولویت اول، معیار ایمنی در اولویت دوم و معیار پایداری در اولویت سوم قرار گرفت. در بررسی ارتباطات میان معیارها با استفاده از تکنیک بهتل، معیار هزینه از بیشترین تاثیرگذاری و معیار ایمنی و پایداری از میزان تاثیرپذیری و تعامل بسیار زیادی برخوردار بودند. زیر معیار هزینه مواد و مواد مصرفی در اولویت اول و زیرمعیار هزینه نیروی انسانی در اولویت دوم قرار گرفت. همچنین زیرمعیارهای معیار ایمنی بدین صورت شد که زیر معیار ایمنی سلامت و یملی انسان در اولویت اول و زیرمعیار ایمنی تجهیزات در اولویت دوم قرار گرفت و در انتها در مورد زیرمعیارهای معیار پایداری بدین صورت حاصل شد که زیر معیار مصرف انرژی در اولویت اول، زیرمعیار آموزش پرسنل در اولویت دوم، زیرمعیار پذیرش توسط پرسنل در اولویت سوم، زیرمعیار سیستم مدیریت محیطی در اولویت چهارم، زیرمعیار تنوع محصول در اولویت پنجم و زیرمعیار برنامه‌ریزی زیست محیطی در اولویت آخر قرار گرفت. زیرمعیار ایمنی سلامت و یملی انسان در اولویت اول، زیرمعیار هزینه مواد و مواد مصرفی در اولویت دوم، زیرمعیار هزینه نیروی انسانی در اولویت سوم، زیرمعیار ایمنی تجهیزات در اولویت چهارم، زیرمعیار مصرف انرژی در اولویت پنجم، زیرمعیار آموزش پرسنل در اولویت ششم، زیرمعیار پذیرش توسط پرسنل در اولویت هفتم، زیرمعیار تنوع محصول در اولویت هشتم، زیرمعیار برنامه‌ریزی زیست محیطی در اولویت نهم و زیرمعیار سیستم مدیریت محیطی در اولویت دهم قرار گرفت. در نهایت تکنیک تاپسیس استراتژی تعمیر و نگهداری از اجرا تا خرابی (RTFM) در جایگاه اول، نگهداری پیشگیرانه (PM) در جایگاه دوم، نگهداری مبتنی بر شرایط (CBM) در جایگاه سوم و در نهایت تعمیر و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) در اولویت آخر قرار گرفت.

1. Dorri
2. Aghaee

در راستای نتایج این تحقیق پیشنهاداتی به کارخانه ارائه شد. با توجه به آنکه زیرمعیار "ایمنی سلامت و یملی انسان" در اولویت اول قرار گرفت، پیشنهاد شد برای بهبود یمنی سلامت به صورت دوره ی کارکنان مورد آزمایش‌های پزشکی قرار گیرند تا وضعیت سلامت آنها تأیید شود. تجهیزات ایمنی و محوطه محل کار تمیز نگه داشته شوند. دیوارهای داخلی محل کار همواره تمیز و به دور از گرد و غبار نگهداری شوند. زباله‌ها به صورت روزانه و مداوم جمع‌آوری شوند. زباله‌ها و سطل‌های جمع‌آوری را با درپوش و محفظه مناسب نگه داری نمایند. کف‌ها و پله‌ها را تمیز کنند و در صورت لزوم از سیستم تخلیه آب استفاده نمایند. از طرفی به دلیل اهیمت بالای معیار هزینه مناسب است کارخانه برای کاهش هزینه‌ی تولید دو مسئله بودجه‌بندی و چشم انداز مجموعه را در کنار هم در نظر بگیرد. به منظور خدشه‌دار نشدن راستای چشم انداز و تصمیمات کلان سازمان، شرایط سازمان مشخص و مد نظر قرار داده شود که تا چه میزان باید کاهش هزینه انجام شود. چرا که در هنگام کاهش هزینه تولید برخی متغیرهای تولید تغییر می‌نماید. به عنوان مثال بخشی از بازار هدف از دست می‌رود یا کلا برنامه‌ی دیگری برای کسب و کار یش گرفته شود. همه هزینه‌های خرد ثبت شود، خط‌های کم‌بازده شناسایی‌شده و از چرخه کاری حذف شوند. روی خطوط پر بازده سرمایه‌گذاری شود تا همزمان با کاهش هزینه ظرفیت تولید افزایش یابد. همچنین نیروی‌های کار روی تولید محصول پربازده تقسیم شوند. از آنجایی که معیار ایمنی بیشترین تأثیر پذیری و تعامل را در میان معیارها دارا بود، پیشنهاد می‌شود برای کارکنان محیط کار مناسب و ایمن ایجاد شود و کارکنان هر بخش از تجهیزات ایمنی و حفاظت فردی مخصوص خود استفاده کنند. یل تجهیزات شامل کلاه یمنی، کفش یمنی، دستکش یمنی، لباس یمنی وعینک ایمنی است. به طور کلی باید در کارخانه فضای کافی برای حرکت و دسترسی ایمن ایجاد شود. هرگونه حفر در کف زمین با درپوش و حفاظ پوشانده شود. برای جلوگیری از سقوط افراد یا اشیا از راه پله‌ها، ارتفاع، لبه‌های پنجره و کناره‌های باز احتیاط‌ها و یمنی ایجاد شود. از انجام تعمیرات ضروری و مناسب در ساختمان‌های محل کار اطمینان حاصل شود. در نگهداری تجهیزات ایمنی محل کار خود تلاش شود تا همیشه این تجهیزات قابل دسترس باشند و یمنی محیط کار تضمین شود. به دلیل آنکه بهترین استراتژی، تعمیر و نگهداری از اجرا تا خرابی بود. باید برای انجام استراتژی های نگهداری و تعمیرات در ابتدا فرض را بر ین بگذارند که تمامی ماشین‌آلات از یک الگو پیروی می‌کنند. به این معنی که در ابتدا تعداد خرابی تجهیزات زیاد است. پس از آن خرابی‌ها کاهش می‌یابد و مجدد در هنگام فرسودگی، تعداد خرابی افزایش می‌یابد ولی با پیاده‌سازی استراتژی نگهداری و تعمیرات و انجام آزمایشات و بررسی آمار خرابی‌ها، می توان زمان عمر مفید دستگاه‌ها را افزایش داد. در مونتاژ قطعات و مکانیزم‌های ماشین بسیار اهمیت دارد. علت بسیاری از یرادتی که در ماشین‌آلات به وجود می‌آید، ضعف مراحل مونتاژ است. مونتاژ اصولی قطعات، به اندازه کیفیت تک تک قطعات اهمیت دارد. در مرحله مونتاژ باید از افراد کارآزموده و خبره برای مونتاژ ماشین‌آلات استفاده شود تا دوره‌ی خرابی اولیه به حداقل برسد. زمانی که ماشین آلات وارد دوره عمر مفید خود می‌شوند باید با رسیدگی و انجام‌دادن سرویس‌های دوره‌ای، هر دستگاهی را در بهترین حالت خود نگه داشت. در دوران یری ماشین‌آلات اکثر قطعات ماشین‌آلات در معرض سایش، خوردگی، انبساط و سایر عوامل فرساینده قرار دارند. معمولا زنگ‌زدگی، خستگی، سایش و خزش از اصلی‌ترین دلیل از کارافتادن قطعات به‌کاررفته در ماشین‌آلات هستند که باید به سرعت و با دقت ین عیوب شناسایی و رفع گردند

از آنجایی که جمع‌آوری داده‌ها در این مطالعه، با استفاده از پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان انجام شد، از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به تأثیرگذاری دیدگاه‌ها، جهت‌گیری‌ها، نظرات مغرضانه‌ی خبرگان یا بی‌دقتی آن‌ها در نتایج نهایی اشاره کرد، همچنین پیشنهاد می‌شود که برای رفع این مشکل از روش محاسبات فازی یا خاکستری بهره گرفته شود. همچنین می‌تواند از تکنیک‌های دیگر تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شود و نتایج مقایسه گردد. بررسی مقوله‌ی دارایی‌های حیاتی ایمنی برای سایر صنایع توانایی بالا بردن دامنه نتیجه را داشته و خود می‌تواند ابزاری تلقی شود که مطالعه‌های آتی را بهبود بخشد.

تعارض منافع برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به عنوان شاهدی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

منابع

1. Adams, W. J. L., & Saaty, R. (2003). Super decisions software guide. *Super Decisions*, *9*, 43.
2. Aghaee, A., Aghaee, M., Fathi, M. R., Shoa'bin, S., & Sobhani, S. M. (2021). A novel fuzzy hybrid multi-criteria decision-making approach for evaluating maintenance strategies in petrochemical industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *27*(2), 351-365.
3. Aghaee, M., & Fazli, S. (2012). Applying a Hybrid DEMATEL and ANP Approach for Suitable Maintenance Approach Selection (Case Study: Work Vehicle Industry). *Journal of Industrial Management Perspective*, *2*(*2*), 89-107.[In Persian].
4. Ahmadi Marzaleh, M., Vosoughi, S., Kavousi, A., & Jameh Bozorg, H. (2017). Investigation of the Relation between Level of Awareness in Health, Safety and Environment Management System and its Effects on Employee Safety Climate in Kermanshah oil refinery in 2015. *Iran Occupational Health*, *14 (3)*, 117-129. [In Persian].
5. Ahmed, U., Carpitella, S., & Certa, A. (2021). An integrated methodological approach for optimising complex systems subjected to predictive maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, *216*, 108022.
6. Arjomandi, M. A., Dinmohammadi, F., Mosallanezhad, B., & Shafiee, M. (2021). A fuzzy DEMATEL-ANP-VIKOR analytical model for maintenance strategy selection of safety critical assets. *Advances in Mechanical Engineering*, *13*(4), 1687814021994965.
7. Asuquo, M. P., Wang, J., Zhang, L., & Phylip-Jones, G. (2019). Application of a multiple attribute group decision making (MAGDM) model for selecting appropriate maintenance strategy for marine and offshore machinery operations. *Ocean Engineering*, *179*, 246-260.
8. Bahr, N.J. *(2014). System safety engineering and risk assessment: a practical approach*. CRC press.
9. Chen, X., Liu, S., Liu, R. W., Wu, H., Han, B., & Zhao, J. (2022). Quantifying Arctic oil spilling event risk by integrating an analytic network process and a fuzzy comprehensive evaluation model. *Ocean & Coastal Management*, *228*, 106326.
10. Chong, D., Zhu, N., Luo, W., Zhang, Z., & Pan, X. (2020). Effects of heat acclimation on individual safety performance in hyperthermal indoor environments. *Building and Environment*, *168*, 106537.
11. de Queiroz, A., & Gatesy, J. (2007). The supermatrix approach to systematics. *Trends in ecology & evolution*, *22*(1), 34-41.
12. Dorri, M., Kazemipour, H., & Peydae, M. M. (2014). Proposing a model for the selection of repair & maintenance strategy for it systems with the help of dematel & ANP fuzzy process. *Arabian Journal of Business and Management Review (Kuwait Chapter)*, *3*(6), 202-218.
13. Gholian-Jouybari, F., Hashemi-Amiri, O., Mosallanezhad, B., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2023). Metaheuristic algorithms for a sustainable agri-food supply chain considering marketing practices under uncertainty. *Expert Systems with Applications*, *213*, 118880.
14. Gracia, F. J., Tomas, I., Martinez-Corcoles, M., & Peiro, J. M. (2020). Empowering leadership, mindful organizing and safety performance in a nuclear power plant: A multilevel structural equation model. *Safety Science*, *123*, 104542.
15. Habibi, A., Sarafrazi, A., & Izadyar, S. (2014). Delphi technique theoretical framework in qualitative research. *The International Journal of Engineering and Science*, *3*(4), 8-13.
16. Izadiyar, A., & Habibi, A. (2014). *Fuzzy Multi Criteria Decision Making*. Pars Manager.[In Persian]
17. Kalteh, H. O., Mortazavi, S. B., Mohammadi, E., & Salesi, M. (2021). The relationship between safety culture and safety climate and safety performance: a systematic review. *International journal of occupational safety and ergonomics*, *27*(1), 206-216.
18. Kang, L., Wu, C., Liao, X., & Wang, B. (2020). Safety performance and technology heterogeneity in China's provincial construction industry. *Safety Science*, *121*, 83-92.
19. Kefayati, M., Tehrani, M. M. E., & Fard, O. S. (2021). Investigating the economic effects of long-term investment in HSE, Oil company in Iran. *Journal of Health and Safety at Work*, *10*(4), 421-435. [In Persian]
20. Khaleghinejad, A., & Ziaaldini, M. (2015). Relationship between employees' safety climate and safety performance with respect to mediating effect of safety knowledge and safety motivation in Sarcheshmeh copper complex. *Journal of Health and Safety at Work*, *5*(4), 69-86. [In Persian]
21. Mosallanezhad, B., Gholian-Jouybari, F., Cárdenas-Barrón, L. E., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2023). The IoT-enabled sustainable reverse supply chain for COVID-19 Pandemic Wastes (CPW). *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *120*, 105903.
22. Nassiripour, A., Nikoomaram, H., Ghafari, F., & Tajedini, M. (2012). The relationship between organizational culture and personnel HSE performance in a production company: A case study in Saipa Car Company. *J Health Safety Work*, *2*(3), 71-84. [In Persian]

23. Nurollahi, H., Barzegar, A., Evaz Abadian, F., Soleimani, A., & Alikhani, A. (2015). Developing a New Model for Risk Assessment, Combining Critical Infrastructure Studies and Spatial Planning Criteria. *Emergency Management*, *4*(Special Issue of Passive Defense Week 94), 47-56. [In Persian]
24. Özcan, E., Yumuşak, R., & Eren, T. (2019). Risk based maintenance in the hydroelectric power plants. *Energies*, *12*(8), 1502.
25. Patil, A., Soni, G., Prakash, A., & Karwasra, K. (2022). Maintenance strategy selection: a comprehensive review of current paradigms and solution approaches. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *39*(3), 675-703.
26. Pourjavad, E., Shirouyehzad, H., & Shahin, A. (2013). Selecting maintenance strategy in mining industry by analytic network process and TOPSIS. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, *15*(2), 171-192.
27. Sadeghi gavgani, S., Valizadeh Oughani, A. &Taheeri, M. (2021). Identifying and prioritizing the necessary infrastructure to implement maintenance and repair strategies in IRAN Tractor Manufacturing Company using fuzzy TOPSIS. *Journal of Operations Management, 4(1),* 9-36. [In Persian].
28. Salman, A. (2024). Criticality-Based Management of Facility Assets. *Buildings*, *14*(2), 339
29. Sanni-Anibire, M. O., Mahmoud, A. S., Hassanain, M. A., & Salami, B. A. (2020). A risk assessment approach for enhancing construction safety performance. *Safety science*, *121*, 15-29.
30. Shafiee Nick Abadi, M., Farajpour Khanaposhtani, H., Eftekhari, H., & Sadadadi, A. (2015). Using hybrid approach FA, AHP and TOPSIS for selecting and ranking the appropriate maintenance strategies. *Industrial Management Studies*, *13*(*39*), 35-62.[In Persian].
31. Shamim, M. Y., Buang, A., Anjum, H., Khan, M. I., & Athar, M. (2019). Development and quantitative evaluation of leading and lagging metrics of emergency planning and response element for sustainable process safety performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, *62*, 103989.
32. Sherafat, A. , Mohaghar, A. , Karimi, F. and Davoodi, S. M. R. (2018). Designing the Mechanism for Choosing the Appropriate Maintenance Strategy. *Journal of Industrial Management Perspective*, 8(2), 31-69. [In Persian]
33. Sielaff, L., Lucke, D., & Sauer, A. (2023). Evaluation of a production system's technical availability and maintenance cost–development of requirements and literature review. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *36*(12), 1801-1822.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی