فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
سال هفدهم/ شماره ۶۱ / پاییز ۱۴۰۱

توسعه ماتریس تناقضات TRIZ به منظور انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی مناسب با استفاده از روش فراترکیب (مطالعه موردی: شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب)

محمد امین مرتضوی
دانشجوی دکتری گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
عاطفه امیندوست (نویسنده مسؤول)
استادیار گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
Email: atefeh_amindoust@yahoo.com
آرش شاهین
استاد گروه مدیریت دانشگاه اصفهان، اصفهان ، ایران
مهدی کرباسیان
دانشیار دانشکده مهندسی صنایع،دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان،ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۷/۱۸

چکیده

انتخاب اثر بخش تاکتیک های نگهداری وتعمیرات در صنعت با توجه به عوامل و شرایط تاثیر گذار بر هر یک از تجهیزات، ضرورت استفاده از رویکردهای ابداعی را نمایان می سازد. هدف از انجام این پژوهش دستیابی به ماتریسی همانند ماتریس تناقضات TRIZ می باشد تا به کمک این ماتریس بتوان تاکتیک های مناسب نگهداری و تعمیرات کنشی را انتخاب نمود. وجه تمایز این پژوهش با سایر پژوهش های مشابه، الگو گرفتن از ماتریس تناقضات TRIZ به منظور حل تناقضات عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات، اولویت بندی و انتخاب تاکتیک های مناسب می باشد. در این پژوهش به منظور انجام مقایسات و تحلیل داده های کیفی، از روش فراترکیب استفاده شده است، لذا بدین منظور پایگاههای داده مختلفی بین سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۲۲ بررسی شده است که حاصل بررسی های انجام شده، استخراج ۱۱۵ مقاله معتبر و مرتبط می باشد. حاصل این پژوهش دستیابی به ماتریسی، مشابه ماتریس تناقضات TRIZ با قابلیت ارائه و انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی، متناظر با پارامتر های اثر گذار بر هر تجهیز می باشد. به منظور اتخاذ تصمیم مناسب، نتایج نهایی در هر یک از سلول های ماتریس حاصل این پژوهش به کمک روش های تصمیم گیری اولویت بندی شده است. این ماتریس یاریگر مدیران و متخصصان نگهداری و تعمیرات واحدها در تصمیمگیری است و باعث افزایش سرعت در تصمیم گیری و انتخاب تاکتیک مناسب می گردد. بدر نهایت ماتریس حاصل جهت ارزیابی در شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی(فعال)، (TRIZ)، مطالعات کیفی، روش متاسنتز، (ANP).

۱-مقدمه

به کارگیری استراتژی مناسب نگهداری و تعمیراتِ خاصِ یک سازمان، می‌تواند نقش بسیار مهمی را در کاهش قیمت تمام شده محصول نهایی ایفا نماید. این تأثیرات تنها محدود به هزینه نبوده و در سرعت ارائه محصول در کل زنجیره تامین، کیفیت محصول، قابلیت اطمینان، چابکی سازمان اثر گذار خواهد بود. از این رو می‌توان به نقش مهم و تأثیر گذار انتخاب تاکتیک های مختلف نگهداری و تعمیرات بر روی کسب و کار یک بنگاه اقتصادی پی برد.

انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات مناسب در صنعت موضوع مورد نظر این پژوهش می باشد. تاکنون تحقیقات گسترده ای در خصوص نحوه انتخاب تاکتیکهای نگهداری و تعمیرات با روش های مختلف ازجمله روش های کمی، همچون تصمیم گیری چند معیاره ارائه شده است. با توجه به اینکه تعداد تاکتیک های نگهداری و تعمیرات و نیز عوامل موثر بر این تاکتیک ها گسترده می باشد و ضرورت دارد این عوامل به نحو صحیح تحلیل شوند تا در نهایت تاکتیک مناسب انتخاب گردد لذا استفاده از روش های کمی گذشته به دلیل حجم زیاد متغیر ها و محدودیت ها، مناسب نمی باشد و استفاده از این روش ها موجب بالا رفتن خطا در انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات خواهد شد. همچنین با توجه به ماهیت انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات و ضرورت جبران تناقض در یک ویژگی توسط ویژگی دیگر، انتخاب روشی که بتواند این موضوع را به صورت دقیق پوشش دهد بسیار حائز اهمیت می باشد.

انتخاب اثر بخش تاکتیک های نگهداری وتعمیرات در صنعت با توجه به عوامل و شرایط تاثیر گذار بر هر یک از تجهیزات و نیز به واسطه وجود محیط رقابتی و نیاز مشتری به محصول با کیفیت بالاتر و ارزان تر، ضرورت استفاده از رویکردهای ابداعی را نمایان می سازد. تحقیقات اخیر نشان میدهد که TRIZ[1] بین ۷۰٪ تا ۳۰۰٪ در بهبود کیفیت و افزایش سرعت در تولید ایده برای ایجاد محصولات و خدمات جدید موثر می باشد (Terninko et al., 2001).

از جمله وجوه تمایز این پژوهش با سایر پژوهش های مشابه، الگو گرفتن از ماتریس تناقضات TRIZ به منظور حل تناقضات عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات، اولویت بندی و انتخاب تاکتیک نگهداری و تعمیرات مناسب می باشد. علت انتخاب روش TRIZ در این پژوهش را می توان به جامعیت ماتریس آلتشولر نسبت داد. این ماتریس قابلیت ارائه راه حل در هر زمینه ای را دارد به شرط اینکه به نحو صحیح فرموله گردد. این ماتریس در حل تناقضات میان متغیر های موجود در حل مساله بسیار توانمند است. لذا استفاده از آن در انتخاب تاکتیک های مناسب نگهداری و تعمیرات با توجه به تناقضات موجود بسیار راه گشا می باشد.

آلتشولر (پدر علم TRIZ) به منظور دستیابی به ماتریس تناقضات TRIZ، اقدام به بررسی بیش از دویست هزار سند اختراع ثبت شده نمود و براساس نتایج حاصل از این نوع مطالعات خلاقیت شناسی تحلیلی به کشفیات بسیار مهمی دست یافت و اصول، مفاهیم و روش‌های TRIZ را به عنوان یک علم نوین و بسیار با ارزش به جهان ارائه نمود. توجه به این نکته که مطالعات کیفی نقش تاثیر گذاری در خلق این ماتریس داشته اند لذا کلید گسترش این ماتریس استفاده از روش های مطالعه کیفی می باشد.

بکارگیری TRIZ یعنی بازگشت به اصول اولیه، ولی معمولاً در این راه از اصول، علوم و راه حل های مهندسی که شناخته شده نیستند استفاده می گردد. این فرآیند با تجزیه تمام مسائل به وظایف بنیادی طراحی شده و با القاء درک کاملی از اساس مسئله ای که با آن دست به گریبانیم ساده میگردد. بررسی اساس تمام ابداعات و اختراعات به ثبت رسیده در جهان نشان می دهد که هزاران ساعت نیروی انسانی صرف حل مسائل مشابهی شده است که انسانها در زمینه های مختلفی با آن سر در گریبان بوده اند و در نهایت پس از حل آنها، به نتایج مشابهی دست یافته اند. آنچه که TRIZ انجام می دهد این است که با طبقه بندی این راه حل های هوشمندانه، راه های ابداعی حل هر مسئله ای را شناسایی می کند. با توجه به مفهوم TRIZ در می یابیم که تمام مسائل قبلاً به طریقی حل شده اند. مطمئناً در صورت عدم استفاده از TRIZ زمان زیادی هدر خواهد رفت. درست مثل اینکه

1 Theory of Inventive Problem Solving

به جای کشف راه حل هوشمندانه ای برای بهبود بخشیدن به عملکرد چرخ، آن را دوباره اختراع کنیم (Terninko et al., 2001).

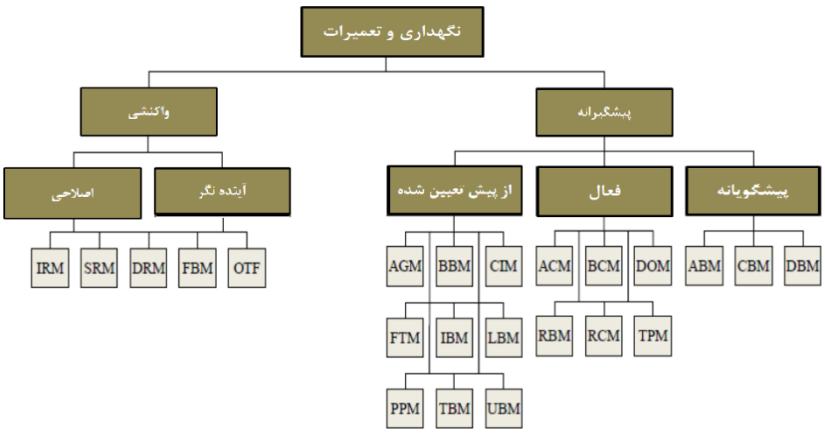
همانگونه که اشاره گردید، پژوهش های بسیاری اقدام به انتخاب و اولویت بندی تاکتیک های نگهداری و تعمیرات با یکی از روش تصمیم گیری چند معیاره نموده اند، اما پژوهشی که به صورت جامع و از طریق مطالعه کیفی (متاسنتز) اقدام به بررسی مطالعات پیشین، شناسایی و دسته بندی عوامل و یافتن ارتباط تکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی با اصول TRIZ نماید، انجام نگردیده است. لذا وجه تمایز این پژوهش با سایر پژوهش های مشابه، الگو گرفتن از ماتریس تناقضات TRIZ به منظور حل تناقضات عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات، اولویت بندی و انتخاب تاکتیک نگهداری و تعمیرات کنشی مناسب می باشد.

علت مقایسه تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی با ۴۰ اصل TRIZ را می توان به جامعیت اصول TRIZ نسبت داد. با توجه به اینکه اصول TRIZ که توسط آلتشولر شناسایی و استخراج گردید به واسطه جامعیت کافی به منظور شناسایی ویژگی های بهبود دهنده و نتایج نامطلوب، درحل کلیه مسائل قابل استفاده می باشد، لذا می توان با توسعه ماتریس تناقضات TRIZ به منظور انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی ماتریس جدیدی که در برگیرنده این تاکتیک ها به جای ۴۰ اصل TRIZ می باشد را ایجاد نمود. در این خصوص می توان به مقالات بسیاری اشاره نمود که اقدام به حل مساله موجود مرتبط با مبحث نگهداری و تعمیرات با استفاده از ۳۹ پارامتر و۴۰ اصول TRIZ نموده اند.

الف) تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی(فعال)

خضرایی و دئوس در پژوهشی با عنوان دیدگاه راهبردی در طبقه بندی نگهداری و تعمیرات به بررسی و مقایسه استراتژی های نگهداری و تعمیرات آمریکایی، آلمانی، استرالیایی و اروپایی پرداختند. ایشان در این مقاله نقاط قوت و ضعف این استراتژی ها را از لحاظ ساختار، نحوه پیاده سازی، مسائل اقتصادی، سیاسی مورد تحلیل و بررسی قرار دادند و نهایتا ساختار طبقه بندی انواع مختلف نگهداری و تعمیرات که در بردارنده اصول علم و استراتژی می باشد را به عنوان در بردارنده کاملترین تاکتیک های نگهداری و تعمیرات معرفی نمودند (Khazraei & Deuse, 2011).

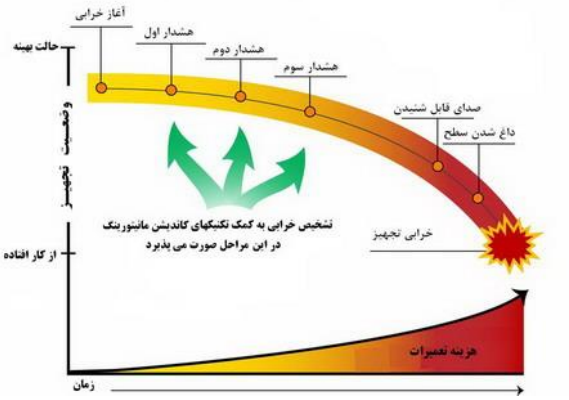
پیرو بررسی مقالات مختلف در حوزه طبقه بندی تاکتیک های نگهداری و تعمیرات تاکنون پژوهشی که جامع تراز پژوهش انجام شده توسط خضرایی و دئوس اقدام به طبقه بندی تاکتیک های نگهداری و تعمیرات نماید تدوین نشده است. لذا ایشان ساختار شکل(۱) را که در بردارنده کاملترین تاکتیک های نگهداری و تعمیرات است را ارائه نمودند. این تاکتیک ها شامل ۲۳ تاکیتک نگهداری و تعمیرات میباشند. با توجه به موضوع این پژوهش، تاکتیک های نگهداری و تعمیرات فعال مورد بررسی قرار خواهد گرفت.



شکل شماره (۱): طبقه بندی کلی نگهداری و تعمیرات (Khazraei & Deuse, 2011)

ب) اصول TRIZ

همانگونه که در شکل(۲) مشاهده میگردد شرایط یک تجهیز به مرور زمان (افزایش زمان) به سمت خرابی و از کارافتادگی می رود لذا به منظور قرار دادن تجهیز در وضعیت ایده آل(کاهش ریسک)، نیاز به صرف هزینه بیشتر می باشد. این امر مفهوم تناقض را در رفع خرابی و بازگشت تجهیز به حالت نرمال به خوبی نشان می دهد. منظور از تناقض دو ویژگی یا وضعیت متعارض یا متضاد با یکدیگر می باشد. اگر چنانچه بین دو ویژگی یک سیستم حالت تضاد وجود داشته باشد یعنی ایجاد تغییر مثبت در یک ویژگی (مثلا افزایش کیفیت یک محصول) منجر به ایجاد تغییر منفی در یک ویژگی دیگر (مثلا ازدیاد قیمت محصول) شود در این صورت سیستم دچار تناقض می باشد. دانش TRIZ بیان می دارد که مسئله ابداعی با وجود نوعی تناقض همراه است و حل مسئله هنگامی روی می دهد که این تناقض برطرف شود. یکی از مهم ترین نقش های TRIZ ، شناسائی و تحلیل تناقض ها و ارائه راهکارهای بر طرف نمودن آن می باشد. با توجه به اینکه دانش TRIZ با تکیه بر مفهوم تناقضات اقدام به ارائه راه حل های ابتکاری و خلاقانه به منظور حل مشکل پیش رو می نماید، بنابراین استفاده از این دانش به منظور حل تناقضات موجود میان عوامل موثر بر انتخاب مناسب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات فعال، پیشنهاد این پژوهش می باشد. ضمنا ماتریس جدید حاصل، ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات فعال نام گذاری خواهد شد.



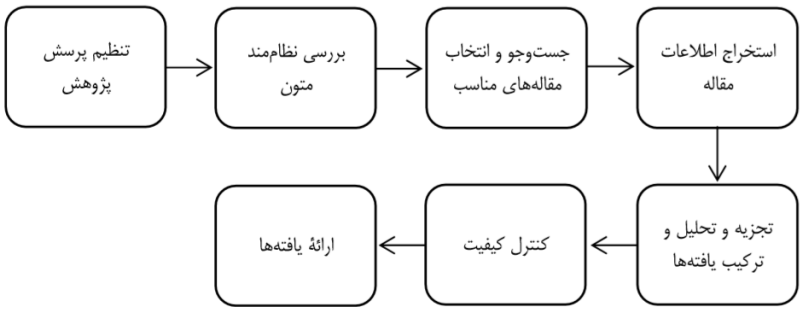
شکل شماره (۲): منحنی P-F وضعیت تجهیز

ج) فراترکیب

روش انتخاب شده جهت انجام این رساله استفاده از روش فراترکیب روسو و ساندوسکی (۲۰۰۷) که شامل هفت گام به شرح زیر و شکل (۳) می باشد:

- گام اول: تنظیم پرسش های پژوهش؛ پارامترهای تحقیق شامل (چه چیز،چه جامعه های، محدودیت زمانی و چگونگی روش است)که براساس پرسش های پژوهش شکل گرفته است.
- گام دوم: بررسی نظام مند متون؛ جامعهٔ آماری پژوهش را که شامل تمام اسناد علمی، گزارشهای پژوهشی، پایگاههای داده و نشریه های داخلی و خارجی می باشد.
- گام سوم: جستجو و انتخاب مقاله های مناسب؛ برای انتخاب مقاله های مناسب، پارامترهای مختلفی مانند عنوان، چکیده، محتوا، دسترسی، و کیفیت روش پژوهش ارزیابی خواهد شد.
- گام چهارم: استخراج نتایج؛ اطلاعات مقاله ها براساس مرجع مربوط به هر مقاله شامل نام و نام خانوادگی نویسنده، به همراه سال انتشار مقاله و اجزای هماهنگی بیان شده در هر مقاله طبقه بندی می گردد.
- گام پنجم: تجزیه و تحلیل و تلفیق یافته های کیفی؛ در این پژوهش، براساس مطالعات پیشین برای تمام اطلاعات استخراج شده کدی درنظر گرفته می شود و سپس با درنظرگرفتن مفهوم هریک از این کدها، در یک مفهوم مشابه دسته بندی انجام خواهد شد. براین اساس، مفاهیم تحقیق مشخص خواهند گردید.

- گام ششم: کنترل کدهای استخراجی؛ شاخص کاپا زمانیکه دو رتبه دهنده، پاسخگویان را رتبه بندی می کنند و قصد سنجش میزان توافق این دو رتبه دهنده را دارند، استفاده میشود. شاخص کاپا بین صفر تا یک نوسان دارد و هرچه مقدار سنجه به عدد یک نزدیکتر باشد، نشان میدهد توافق بین رتبه دهندگان وجود دارد.
- گام هفتم: ارائۀ یافته ها؛ براساس مطالعات پیشین و کدهای استخراج شده می باشد.



شکل شماره (۳): مراحل هفتگانه روش فراترکیب روسو و ساندوسکی (۲۰۰۷)

د) پژوهش های مرتبط

رجبی و همکاران در پژوهشی با عنوان انتخاب بهترین استراتژی نگهداری و تعمیرات با استفاده از تکنیک های AHP و TOPSIS عنوان نمودند نگهداری و تعمیرات نقش مهمی در حفظ قابلیت اطمینان، دردسترس بودن، کیفیت تولیدات، کاهش ریسک، افزایش بازدهی، امنیت تجهیزات برعهده دارد، لذا نگهداری و تعمیرات و استراتژی های آن از جایگاه ویژه ای در صنایع برخوردار است. در این مقاله ضمن بررسی چند نوع از مهم ترین انواع روش های نگهداری و تعمیرات به بررسی این روش ها با استفاده از تکنیک سلسله مراتبی AHP و TOPSIS در واحد صنعتی تبرک واقع در استان خراسان رضوی پرداخته شد و در نهایت به انتخاب بهینه ترین روش نگهداری و در تعمیرات در این واحد منجر گردید (Rajabi et al., 2012).

بیات و تربتی در پژوهشی با عنوان مدلی جهت تصمیم گیری های چند معیاره با هدف اولویت بندی استراتژی های نت به بررسی میزان ارجحیت استراتژی های نگهداری و تعمیرات به کمک روش های تصمیم گیری چند معیاره پرداختند. برای این منظور تصمیم گیری در شرایط عدم قطعیت مورد بررسی قرار گرفته است. بدین ترتیب که کلیه داده ها به صورت یک عدد فازی مثلثی تبدیل شده اند. در روش ارایه شده ابتدا وزن شاخص ها محاسبه شده و سپس استراتژی ها با در نظر گرفتن شاخص ها به وسیله روش های تاپسیس فازی، ویکور فازی و میانگین وزنی ساده فازی رتبه بندی گردیدند. سپس با درنظر گرفتن رتبه های بدست آمده از این روش ها به کمک روش های میانگین رتبه ها وکپلند رتبه بندی نهایی استراتژی ها محاسبه گردید. به منظور سنجش کارایی مدل فوق یک مطالعه موردی در یک پالایشگاه تشریح گردید (Bayat & Torbati, 2016).

خسروی و محرمی در پژوهشی با عنوان ضرورت توجه به تکنیک حل مساله به روش نظام یافته (TRIZ) در نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان عنوان نمودند، دانش TRIZ با شناسایی تناقض های موجود در سیستم، روشهایی را در دسترس قرارمی دهد که باعث حل این تناقض ها به شیوه ای نظام مند می شود. با این حال مشخص است که اگر مساله ای به درستی تعریف و بیان شده باشد، نیمی از مراحل حل خود را طی کرده است. به همین خاطر است که برای پیاده سازی روش TRIZ نیز ابتدا باید مساله به صورت دقیق تعریف شده باشد. روش نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان یا RCM نیز متشکل از چند مرحله ی نظام مند و پرسش های اساسی می باشد. این مراحل در RCM باعث می شود که شناخت بهتر و دقیق تری نسبت به مساله ی نگهداری و تعمیرات و انتخاب بهترین تکنیک مناسب، به وجود آید. در این مقاله، ارتباط های دو تکنیک TRIZ و RCM بررسی شد که منجر به شناخت دقیق تر مساله می شود و نقاط اشتراک و قابل پیوند این دو تکنیک مورد بررسی قرار می گیرد. این بهبود در شناخت و همچنین بهبود درRCM، می تواند منجر به کاهش زمان پاسخگویی به خرابی ها و افزایش پایایی سیستم ها شود که از پیامد آنها می توان افزایش قابلیت اطمینان سیستم ها را ذکر نمود (Khosravi & Moharrami, 2016).

قاسمی و رعیت پیشه در پژوهشی با عنوان ارائه مدلی برای ارزیابی پایداری زنجیره تامین با رویکرد فراترکیب اقدام به شناسایی شاخص ها و ابعاد زنجیره تامین پایدار با بهره گیری از روش پژوهشی کیفی فراترکیبی و نرم افزار مکس کیودا نمودند. با توجه به اهمیت بحث پایداری در زنجیره تامین به مفاهیم پایداری، مدل های پایداری و راه های رسیدن به پایداری زنجیره تامین به طور گسترده در ادبیات موضوع پرداخته شده که در این مدل سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به عنوان ابعاد پایداری مد نظر قرار گرفته است (Ghasemi & Rayatpishe, 2016).

مانیان و همکاران در پژوهشی با عنوان طراحی مدل بلوغ مدیریت دانش همراستا با استراتژی های کسب وکار به منظور تبیین یک مدل جامع، با مرور سیستماتیک ادبیات و به کمک روش پژوهش کیفی فراترکیب، کلیهٔ ابعاد بلوغ را شناسایی نمودند سپس میزان اهمیت و اولویت هر یک از عوامل پیشنهادی را به کمک روش کمی آنتروپی شانون، براساس رویکرد تحلیل محتوا تعیین نمودند، به طوری که این پژوهش هم در روش شناسی و هم نتایج به دست آمده دارای نوآوری است (Manian et al., 2014).

کارین و همکاران در پژوهشی با عنوان انتخاب استراتژی نت در صنعت سیمان با استفاده از روش ANP برای انتخاب استراتژی بهینه نگهداری در صنعت سیمان در هند استفاده شده است. یافته ها روش ANP می تواند با در نظر گرفتن وابستگی در بین عوامل استراتژیک، به عنوان ابزاری مؤثر برای ارزیابی گزینه های احتمالی در مشکلات تصمیم گیری استراتژی نگهداری و تعمیرات استفاده شود(Kurian et al., 2019).

سیچرن و همکاران در پژوهشی عنوان نمودند که مدیریت نگهداری و تعمیرات یک وظیفه استراتژیک حیاتی با توجه به تقاضای روزافزون به منظور در دسترس بودن ماشین آلات است. عملکرد ماشین در درجه اول بستگی به شدت و زمان خرابی دارد؛ بنابراین، رتبه بندی ماشین ها مبتنی بر این دو معیار برای تعیین استراتژی نگهداری و تعمیرات مناسب می باشد. پیشنهاد این پژوهش، مقایسه دو روش با استفاده از مطالعات موردی برای تخصیص استراتژی های نگهداری و تعمیرات بر اساس اولویت بندی عملکرد مبتنی بر شدت و زمان خرابی یا متوسط زمان برای تعمیر می باشد. این مقاله نشان می دهد که چگونه DMG و JKD[2] را می توان در برنامه های صنعتی گنجانید و به منظور تخصیص استراتژی نگهداری و تعمیرات مناسب و پیگیری عملکرد ماشین در طول زمان به کار گرفت(Seecharan et al., 2018).

شرافت و همکاران در پژوهشی با عنوان ارائه الگوی جامع سیستم نگهداری و تعمیرات با استفاده ار روش متاسنتز، به بررسی تحلیل نتایج و یافته های محققان قبلی پرداخته و با انجام گام های هفت گانه این روش، پدیده نگهداری و تعمیرات را در ۵ بعد ۳۱ زیر بعد و ۹۸ جز طبقه بندی کرده است. در نهایت با استفاده از روش آنتروپی شانون به تعیین اثر اجزای مشخص شده پرداخته و با تعیین رتبه هر یک از کد ها نشان داده که درتحقیقات گذشته تاکید در هر تم روی چه عوامل یا کدهایی بوده است(Sharafat et al., 2017).

ترجان و همکاران در پژوهشی باعنوان پیشنهاد طبقه بندی انواع مفاهیم نگهداری و تعمیرات در تولید و مدیریت عملیات و اولویت بندی طبقه بندی های سنتی بر اساس معیارهایی مانند : برنامه ریزی اقدامات، هزینه ها، نقاط بحرانی و منابع موجود بر اساس روش تصمیم گیری چند معیاره (الکتره) را ارائه نمودند. نتیجه پژوهش سازگاری طبقه بندی انجام شده با معیار های تولید و مدیریت عملیات می باشد(Trojan & Marçal, 2017).

وانیکر و واندیپن در پژوهشی ۳۷ دستورالعمل مرتبط با روش های نگهداری و تعمیرات را با اصول و مبانی TRIZ به صورت کیفی مقایسه نمود، پس از آن ایده ها و اصول استخراج شده را به عنوان نقشه راه فرآیند به منظور حل مسئله پیش رو در حداقل زمان ممکن ارائه نمود(Vaneker & Van Diepen, 2016).

گاوسنس و بستن از AHP در انتخاب استراتژی های نگهداری و تعمیرات برای سیستم های کشتی دریایی استفاده کردند. نویسندگان سه گروه مختلف در صنعت را انتخاب نمودند که شامل کشتی سازان، اپراتورها و تولید کنندگان تجهیزات اصلی در انتخاب استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات بودند. سیستم کشتی از سه استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحی، نگهداری و

2 Jack-Knife Diagram

تعمیرات مبتنی بر زمان و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر وضعیت استفاده می نماید. سطح اول شامل دو معیار تصمیم بود؛ سطح دوم شامل هشت و سطح سوم شامل ۲۹ معیار بود. از نتایج تجزیه و تحلیل انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات توسط هر یک از گروه های معرفی شده انتخاب نگهداری و تعمیرات مبتنی بر وضعیت است. با این حال، ساختار این مساله باعث شد تا محاسبات فشرده شود، زیرا نیاز به تشکیل و تجزیه و تحلیل بسیاری از قضاوت های دو طرفه از کارشناسان داشت (Goossens & Basten, 2015).

زانیدن در پژوهشی با عنوان نقد و بررسی کاربردهای عملی روش شبکه تصمیم گیری، با لحاظ نمودن معیار های زمان خرابی و تعداد تکرار وقوع خرابی برای هر یک از تجهیزات و نهایتا استفاده در ماتریس شبکه تصمیم گیری، اقدام به اولویت بندی تکنیک های نت با توجه به انواع تجهیزات نموده است(Aslam-Zainudeen & Labib, 2011).

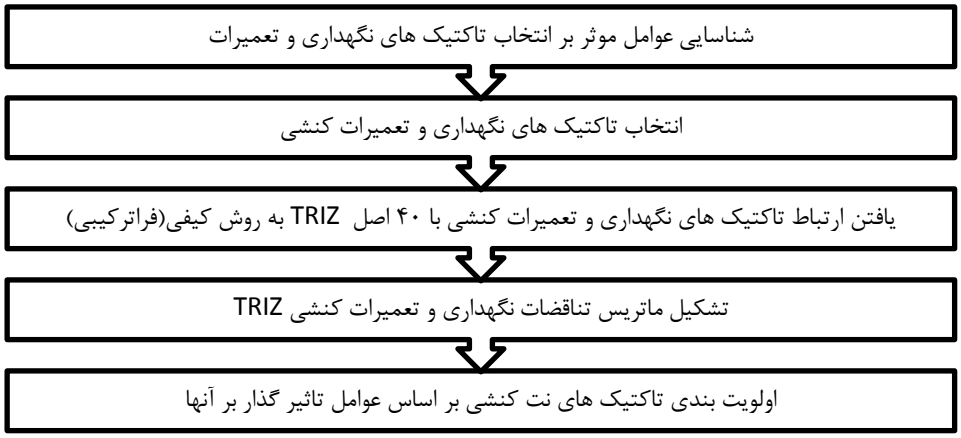
خضرایی و دئوس در پژوهشی با عنوان دیدگاه راهبردی در طبقه بندی نگهداری و تعمیرات به بررسی و مقایسه استراتژی های نگهداری و تعمیرات آمریکایی، آلمانی، استرالیایی و اروپایی پرداختند . ایشان در این مقاله نقاط قوت و ضعف این استراتژی ها را از لحاظ ساختار، نحوه پیاده سازی، مسائل اقتصادی، سیاسی وغیره مورد تحلیل و بررسی قرار دادند و نهایتا ساختار طبقه بندی انواع مختلف نگهداری و تعمیرات که در بردارنده اصول علم استراتژی می باشد را به عنوان در بردارنده کاملترین تکنیک های نگهداری و تعمیرات معرفی نمودند (Khazraei & Deuse, 2011).

لبیب پژوهشی در خصوص تحلیل وبررسی و اولویت بندی تکنیک های نگهداری و تعمیرات ارائه نمود. ایشان در این مقاله روش تحلیل سلسله مراتبی و استفاده از ماتریس DMG را ارائه نمودند. ماتریس DMG ارائه شده دارای دو پارامتر فراوانی خرابی و زمان خرابی می باشد که بر اساس آن تکنیک های نگهداری و تعمیرات درون سلول های ماتریس مورد نظر قرار می گیرند. نحوه استفاده از این ماتریس بدین ترتیب می باشد که با جمع آوری داده های مربوط به پارامتر فراوانی خرابی و زمان خرابی هر تجهیز می توان تاکتیک مناسب جهت انجام فرآیند نگهداری و تعمیرات هر تجهیز را انتخاب نمود (Seecharan et al., 2018).

۲- روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف توسعه ای کاربردی و از نظر روش، توصیفی تحلیلی می باشد به عبارت دیگر، روش کلی تحقیق توصیفی تحلیلی (مطالعه پیمایشی از انواع روش تحقیق توصیفی تحلیلی)، در بخش مطالعه موردی از روش توصیفی تحلیلی (مطالعه موردی از انواع روش تحقیق توصیفی تحلیلی)، در بخش شناسایی متغیر ها از روش توصیفی تحلیلی (مطالعات همبستگی از انواع روش تحقیق توصیفی تحلیلی) استفاده شده است.

به منظور ایجاد ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات واکنشی TRIZ، گام های شکل (۴) به ترتیب انجام خواهد شد. روش انتخاب شده جهت انجام این پژوهش استفاده از روش فراترکیب روسو و ساندوسکی (۲۰۰۷) که شامل هفت گام می باشد که در ادامه به منظور شناسایی و مقایسه تاکتیک های نگهداری و تعمیرات واکنشی با اصول TRIZ، مراحل متاسنتز به ترتیب انجام شده است. در ادامه مراحل انجام تحقیق به تفصیل آمده است .



شکل شماره (۴): فلوچارت مراحل تشکیل ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات واکنشی TRIZ

خبرگان تحقیق شامل متخصصان سیستم نگهداری و تعمیرات، مدیریت و اساتید این حوزه می باشند. در ضمن برای تست پایایی از خبره ای با تخصص نگهداری وتعمیرات و مدیریت استفاده شده است. سوابق و مشخصات تمامی خبرگان در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول شماره (۱): سوابق و مشخصات خبرگان

خبرگان	سابقه کار	حوزه تخصصی	مدرک تحصیلی	سمت
۱	۲۱	نگهداری و تعمیرات	کارشناسی /مهندسی کارشناسی مدیریت ارشد	مدیر نگهداری و تعمیرات
۲	۲۲	تولید /تعمیرات و نگهداری	کارشناسی مهندسی	معاوت تولید
۳	۲۵	مدیریت صنعتی	دکترای مدیریت	رئیس بخش نگهداری و تعمیرات
۴	۲۰	نگهداری و تعمیرات/ تولید	کارشناسی ارشد مدیریت	رئیس بخش نگهداری و تعمیرات
۵	۱۱	نگهداری و تعمیرات	کارشناسی مهندسی	کارشناس نت
۶	۱۳	نگهداری و تعمیرات	کارشناسی مهندسی	کارشناس نت
۸	۱۴	مدیریت صنعتی	دکترای مدیریت	مشاور و هیئت علمی دانشگاه
۹	۲۳	تولید و عملیات	دکترای مهندسی	مدیر فنی
خبره (تست پایایی)	۱۸	تولید و عملیات	کارشناسی مهندسی/ کارشناسی ارشد و دکتری مدیریت	مدرس دانشگاه / مدیر نت

۳- نتایج و بحث

الف) شناسایی و انتخاب عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات مطابق الگوریتم ارائه شده لازم است عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات شناسایی گردند. به همین منظور آندسته از پارامترهای ماتریس تناقضات TRIZ که بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات موثر می باشند شناسایی و انتخاب می گردند. از تعداد ۳۹ پارامتر آلتشولر تعداد ۲۶ پارامتر بدین منظور انتخاب شده است.لازم به ذکر است که این عوامل از مقاله ای که قبلا در این خصوص تهیه شده است استخراج گردیده است. جدول شماره(۲) (Mortazavi et al., 2020)

جدول شماره (۲) : عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات

شماره پارامتر	عنوان پارامتر	شماره پارامتر	عنوان پارامتر
۹	سرعت	۲۴	فقدان یا ازدست رفتن اطلاعات
۱۱	کشش، فشار	۲۵	تلفات زمان
۱۲	شکل	۲۶	مقدار مواد
۱۳	ثبات و پایداری جسم	۲۷	قابلیت اطمینان
۱۴	استحکام	۳۰	عوامل زیان بار خارجی موثر بر جسم
۱۵	مدت زمان عملکرد جسم متحرک	۳۱	عوامل زیان بار داخلی
۱۶	مدت زمان عملکرد جسم غیر متحرک	۳۳	راحتی استفاده
۱۷	دما	۳۴	سهولت تعمیر
۱۹	انرژی مصرفی جسم متحرک	۳۵	قابلیت سازگاری
۲۰	انرژی مصرفی جسم غیر متحرک	۳۶	پیچیدگی وسیله
۲۱	توان	۳۷	پیچیدگی کنترل
۲۲	تلفات انرژی	۳۸	سطح خودکار بودن
۲۳	ضایعات مواد	۳۹	بهره وری

ب) انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی

در این پژوهش تاکتیک های مرتبط با سیاست های نگهداری و تعمیرات کنشی که از پژوهش خضرایی و دئوس (۲۰۱۱) استخراج گردیده است و شامل ۶ تاکتیک به شرح زیر می باشد که مورد تحلیل و بررسی قرار می گیرد.

۱. نگهداری و تعمیر مبتنی بر در دسترس بودن (ACM)
۲. نگهداری و تعمیر متمرکز بر کسب و کار(BCM)
۳. باز طراحی نگهداری و تعمیرات (DOM)
۴. نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک (RBM)
۵. نگهداری و تعمیرات متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)
۶. نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر (TPM)

ج) یافتن ارتباط تاکتیک های نگهداری وتعمیرات کنشی با ۴۰ اصل TRIZ به روش کیفی(فراترکیبی)

همانگونه که قبلا اشاره گردید تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی، به منظورانجام مقایسات و تحلیل داده های کیفی و یافتن ارتباط این تاکتیک ها با ۴۰ اصل TRIZ از طریق روش فراترکیب استفاده می گردد.

گام اول: تنظیم پرسش تحقیق

با توجه به مطالب اشاره شده در بالا، اولین گام در روش فراترکیب، طرح سؤال هایی است که پژوهشگر در فرایند انجام پژوهش خود قصد پاسخ گویی به آنها را دارد. سؤال های این بخش به شرح زیر مطرح شده اند:

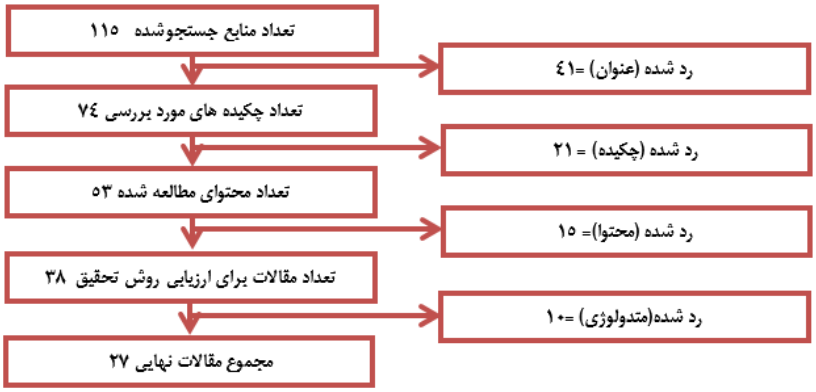
۱. یافتن ارتباط تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی و اصول TRIZ چگونه انجام می شود«
۲. جامعه مورد مطالعه و محدودیت های زمانی جهت شناسایی ارتباط تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی و اصول TRIZ شامل چه مواردی می باشند؟
۳. ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات کنشی چگونه ایجاد می گردد؟

گام دوم: بررسی محتوا

در این پژوهش پایگاه های داده، نشریه ها و موتورهای جست وجوی مختلفی بین سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۲۲ بررسی شده است. برای جست وجوی مقاله های پژوهش از واژه های کلیدی جدول شماره(۵) استفاده شد. که در نتیجهٔ جست وجو و بررسی پایگاه های داده، نشریه ها و موتورهای جست وجوی مختلف و با استفاده از واژه های کلیدی مورد نظر، ۱۱۵ مقاله معتبر و مرتبط یافت شد.

گام سوم : جست وجو و انتخاب مقاله های مناسب

برای انتخاب مقاله های مناسب براساس الگوریتم مشاهده شده در شکل(۵)، پارامترهای مختلفی مانند عنوان، چکیده، محتوا، دسترسی، کیفیت روش پژوهش ارزیابی شده است.



شکل شماره (۵): الگوریتم انتخاب مقالات نهایی به منظور انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی

گام چهارم :استخراج نتایج

اطلاعات مقاله ها براساس مرجع مربوط به هر مقاله طبقه بندی شده است.

همانگونه که در جدول (۳) مشاهده می گردد در این پژوهش پایگاه های داده، نشریه ها و موتورهای جست وجوی مختلفی بین سال های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۸ بررسی شده است.

جدول شماره (۳): منابع جستجو شده به منظور انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی

ردیف	منابع	ردیف	منابع
۱	Science Direct(Elsevier)	۳	Springer
۲	IEE	۴	Emerald

مطابق جدول (۴) از پایگاه و مجلات زیر به منظور بررسی موضوع استفاده شده است.

جدول شماره (۴): مجلات بررسی شده به منظور انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی

ردیف	مجلات بررسی شده	ردیف	مجلات بررسی شده
۱	Computers & Industrial Engineering	۱۱	Loss Prevention in the Process Industries
۲	Industrial Management	۱۲	Hazardous Materials
۳	Production Economics	۱۳	Modern Processes in Manufacturing and Production
۴	Reliability Engineering and System Safety	۱۴	Computational Design and Engineering
۵	Operational Research	۱۵	Process Mechanical Engineering
۶	Intelligent Manufacturing	۱۶	Advanced Manufacturing Technology
۷	Production Research	۱۷	Engineering Applications of Artificial Intelligence
۸	Computer Integrated Manufacturing	۱۸	Statistical Planning and Inference
۹	Modeling, Simulation, and Scientific Computing	۱۹	the Operations Research Society of Japan
۱۰	Operations Management	۲۰	Quality in Maintenance Engineering

مطابق جدول (۵) از واژگان زیر در حوزه پژوهش مورد مطالعه استفاده شده است.

ردیف	واژگان بررسی شده	ردیف	واژگان بررسی شده
۱	Maintenance Policy Assessment	۶	preventive Maintenance Strategy
۲	Maintainability Evaluation Model	۷	Maintenance Policy
۳	Maintenance Optimization Model	۸	Maintenance Management System
۴	TRIZ	۹	Scheduling Maintenance Activity
۵	Maintenance Policy Assessment	۱۰	Proactive tactics

جدول شماره (۵): واژگان بررسی شده به منظور انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی

گام پنجم: تجزیه و تحلیل و تلفیق یافته های کیفی

همانگونه که در جدول شماره (۶) مشاهده می گردد، ابتدا تم های مرتبط با هر یک از تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی با مرور محتوا و مطالعات پیشین مشخص می شود. سپس با درنظرگرفتن مفهوم هریک از این تم ها و قرار دادن درمقابل هر یک از اصول ۴۰ گانه TRIZ که به صورت کد در نظرگرفته شده اند ارتباط بین تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی و اصول TRIZ استخراج می گردد.

براساس تحلیل های صورت گرفته، با کمک روش تحلیل محتوا روی ۱۱۵ مقالهٔ نهایی انتخاب شده، درمجموع از میان ۴۰ اصل TRIZ تعداد ۱۶ اصل با ۶ تاکتیک نگهداری و تعمیرات واکنشی مرتبط می باشد. جدول (۶)، کدهای نهایی استخراج شدهٔ مرتبط با هر مقوله و مفهوم مشاهده می شود.

جدول شماره (۶): استخراج تم های مرتبط با تاکتیک های نت کنشی

تم	شرح مختصر هر تاکتیک	تاکتیک های نت	اختصار[۳]
در دسترس بودن تجهیز	انجام سه اقدام خدمات مکانیک، تعمیر و جایگزینی مبتنی بر در دسترس بودن تجهیزات می باشد.	نگهداری و تعمیر مبتنی بر در دسترس بودن (ACM)	O
سودآوری	این تکنیک مبتنی بر شناسایی اهداف کسب و کار می باشد.	نگهداری و تعمیر متمرکز بر کسب و کار(BCM)	P
طراحی مجدد	نگهداری و تعمیرات که متمرکز بر تغییرات در طراحی ناشی از خطاهای مشابه و مکرر پس از آنکه سیستم راه اندازی شد می باشد.	باز طراحی نگهداری و تعمیرات (DOM)	Q
کاهش ریسک	نگهداری و تعمیرات که برای به حداقل رساندن ریسک بر اساس نتایج حاصل از خرابی یا شکست در سیستم می باشد.	نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک (RBM)	R
قابلیت اطمینان	نگهداری و تعمیرات که متمرکز بر این نظریه است که غالب تجهیزات در یک کارخانه دارای اهمیت یکسانی از لحاظ فرآیند و قابلیت اطمینان تجهیزات نیستند.	نگهداری و تعمیرات متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)	S
اثربخشی – کارایی–کاهش اتلاف	نگهداری و تعمیرات با تمرکز بر فرآیند، نیروی انسانی که پیش بینی می کند خرابی سیستم را و نیز خواستار ممانعت از ایجاد هر گونه رخداد یا تولید اتلاف می باشد.	نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر (TPM)	T

گام ششم :کنترل کدهای استخراجی

برای کنترل مفاهیم استخراجی از نظرات متخصصین حوزه نگهداری و تعمیرات استفاده شده است. جهت ارزیابی میزان توافق بین رتبه دهنده از شاخص کاپای کوهن استفاده می گردد. شاخص کاپا فقط برای متغیرهایی استفاده می شوند که سطح سنجش آنها یکی باشد و همچنین تعداد طبقات آنها با یکدیگر برابر باشد. مقدار شاخص کاپا بین صفر تا یک نوسان دارد. هرچه مقدار این سنجه به عدد یک نزدیک تر باشد، نشان دهندۀ توافق بیشتر بین رتبه دهندگان است، اما زمانی که مقدار کاپا به عدد صفر نزدیک تر باشد، توافق کمتر بین دو رتبه دهنده وجود دارد. با توجه به کوچک تربودن عدد معناداری از ۰.۰۵ خطای کدهای استخراجی رد می شود. پس می توان ادعا کرد مطابق جدول (۷) استخراج کدها پایایی مناسبی داشته است.

جدول شماره (۷): نتایج توافق کاپا به منظور انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی

مجموع کد گذار اول	مجموع کد گذار دوم		
	۱	۰	
۰	۰	۰	مجموع کد گذار اول
۶	۵	۱	۱
۶	۵	۱	مجموع کد گذار دوم

عدد معنا داری	مقدار
۰/۰۵	۰/۸ کاپای توافق
	۶ تعداد مورد

گام هفتم : ارئه یافته ها

جدول شماره (۸) حاصل مقایسه تاکتیک های نگهداری و تعمیرات از پیش تعیین شده با اصول TRIZ با استفاده از روش متاسنتز می باشد.

[۳] علت انتخاب حروف اختصار از حرف O در این پژوهش، به دلیل این است که این پژوهش بخش از یک پژوهش کلی می باشد و سایر حروف برای سایرتاکتیک های مورد نظر انتخاب شده است. لازم به ذکر است که در زمان تدوین این مقاله دو مقاله مرتبط دیگر در شرف می باشند.

جدول شماره (۸): ارتباط بین اصول TRIZ و تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی

مرجع	اصول TRIZ مرتبط	کد	تم	تاکتیک های نت
[۱۳][۳۲][۳۳][۴۱][۵۴][۵۹][۳۰][۶۰][۷۵][۴۰][۵۵]	۲۰–۱۵	پویایی–تداوم کار مفید	در دسترس بودن تجهیز	نگهداری و تعمیر مبتنی بر در دسترس بودن (ACM)
[۱۵][۱۷][۶][۷][۱۳][۱۶][۲۰][۲۳][۲۴][۱۸][۱۰][۱۱]	۲۲	تبدیل ضرر به سود	سودآوری	نگهداری و تعمیر متمرکز بر کسب و کار(BCM)
[۱۱][۵۸][۴۸][۵۹][۶۲][۶][۱۹][۲۲][۲۴][۲۵]	۳۶–۳۵–۱۷–۱۳	تغییر جهت– حرکت به بعدی جدید–تغییر ویژگی–تغییر فاز	طراحی مجدد	باز طراحی نگهداری و تعمیرات (DOM)
[۱۵][۵۸][۵۳][۵۶][۵۴][۵۰][۴۹][۴۸][۴۵][۳۴][۳۳][۲۸]	۲۱–۱۰–۹	واکسیناسیون–اقدام مقدماتی– حمله سریع	کاهش ریسک	نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک (RBM)
[۱۴][۱۸][۲۳][۳۲][۱۳][۱۶][۱۰][۱۹][۱۴][۳][۲][۱۶][۵۹]	۱۱–۱۰–۹	راه نجات–واکسیناسیون– اقدام مقدماتی	قابلیت اطمینان	نگهداری و تعمیرات متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)
[۷][۸][۳۲][۳۳][۱۴][۱۲][۱۸][۲۰][۲۴][۲۹][۳۰][۴۳][۴۰][۳۷][۳۵]	۲۵–۲۲–۲۰–۶–۵–۳–۲	اقتباس–کیفیت موضعی–ادغام– چندکارگی–تداوم کار مفید– تبدیل ضرر به سود–خدمت دهی به خود–	اثربخشی – کارایی–کاهش اتلاف	نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر (TPM)

د) تشکیل ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات کنشی

جدول شماره (۹) ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات کنشی می باشد، این ماتریس حاصل جایگزین نمودن تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی به جای اصول TRIZ می باشد.

ه) اولویت بندی تاکتیک های نت کنشی بر اساس عوامل تاثیر گذار بر آنها به روش ANP

در ادامه تاکتیک های نت کنشی بر اساس عوامل تاثیر گذار بر آنها به روش ANP مدل‌سازی می گردد. بدین منظور، عوامل تاثیر گذار بر انتخاب تاکتیک های نت جدول شماره (۲) به عنوان معیارهای تصمیم‌گیری و تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی به عنوان گزینه ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. این عوامل دسته‌بندی شده و خوشه‌ها را تشکیل می‌دهند، سپس روابط بین آنها تعیین می‌شود که نقش تأثیرگذاری بر مدل مسئله دارد. این دسته‌بندی و تعیین ارتباطات بین کلاسترها، بر اساس نقطه نظرات کارشناسان منتخب صورت می‌پذیرد. جهت انجام محاسبات از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شده است.

جدول شماره (۹): ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات کنشی

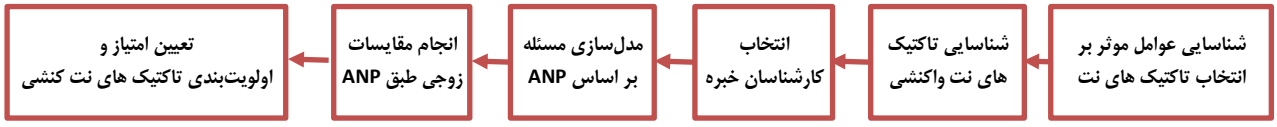
		۹	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲
	نتیجه نامطلوب ویژگی های بهبود												
۹	سرعت		T	QO		T	TQT		QT	OQ		QT	OTQ
۱۱	کشش، فشار	TQ		QORS	QT	RST	T		QT	RS		RSQ	TQT
۱۲	شکل	QO	ORS			RS	RST		PT	T		T	
۱۳	ثبات و پایداری جسم	O	TQ	PT		QRSO	QRSQ	TQ	Q	Q		Q	T
۱۴	استحکام	Q	RST	RSQ	Q		T		RS	QRS	Q	RSQ	Q
۱۵	مدت زمان عملکرد جسم متحرک	TQ	T	T	QTQ	TRS			Q	TQ		RSQ	

۱۶	مدت زمان عملکرد جسم غیر متحرک				TQ				Q					
۱۷	دما	TQ	QT	PT	Q	RSPT	Q	Q		OTQ		TQ	RQ	
۱۹	انرژی مصرفی جسم متحرک	OQ	T	T	Q	TRSQ	QT		T			T	PTO	
۲۰	انرژی مصرفی جسم غیر متحرک					Q								
۲۱	توان	OQT	PTRSQ	T	QO	RS	QRS		TQ	T			RSQ	
۲۲	تلفات انرژی	Q			T							T		
۲۳	ضایعات مواد	RSQ	TQRS	QT	T	Q	T		RQ	QT			QT	
۲۴	فقدان یا ازدست رفتن اطلاعات						RS	RS				RS	RS	
۲۵	تلفات زمان		Q	RSQ	QTPT	T	OTRS	OTRS	QR	Q		QOTRS	RST	
۲۶	مقدار مواد	Q	RSQT	Q	OTQ	QRS	TQRS	TQ	TQ		TQ	Q	T	
۲۷	قابلیت اطمینان	RQS	RSQ	QS		S	TQT	T	TQRS	RS	Q	RS	RSQ	
۳۰	عوامل زیان بار خارجی موثر بر جسم	RPTQ	PT	PTQ	Q	Q	PTO	Q	PTQ	T	RSTP	PT	RPTQ	
۳۱	عوامل زیان بار داخلی	QT	T	Q	Q	OQPT	OPT	RPT	PTQ	TQ	PT	TQ	RQTP	
۳۳	راحتی استفاده	Q	T	O	Q	T	T	T	Q	Q		QTRS	TQ	
۳۴	سهولت تعمیر	RS	Q	QT	TQ	STRS	S		RS	O		ORST	O	
۳۵	قابلیت سازگاری	QRS	Q	O	Q	QT	Q	T	TQ	Q			O	
۳۶	پیچیدگی وسیله	RS	Q	QO	TPTQ	TQ	RSO		TQ	T		OT	RSQT	
۳۷	پیچیدگی کنترل	TQ	Q	Q	SPT	TO	T	TQ	TQ	Q	Q	RS	QTO	
۳۸	سطح خودکار بودن	RS	Q	OQ		TQ	TRS		T	TQ		T		
۳۹	بهره وری		RS	RS	QTPT	RS	QRST	OTRS	QRS	QRS		QOTRS	RSQ	

ادامه جدول شماره (۹): ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات کنشی

	نتیجه نامطلوب ویژگی های بهبود	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۳۰	۳۱	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹
۹	سرعت	RSQ	Q			SQ	Q	TQR	Q	T	ORS	RS	T	RS	
۱۱	کشش، فشار	RSQT		Q	RSQ	RSQ	PT	T	S	T	Q	Q	TQ	Q	RSQ
۱۲	شکل	QT		RSQ	QPT	RS	PTQ	Q	O	TQ	O		OQ	O	QRS
۱۳	ثبات و پایداری جسم	T		Q	OQ		Q	Q	Q	TQRS	QT	TQP	QPT	Q	QT
۱۴	استحکام	Q		TRS	RS	ST	Q	OQPT	T	ST	OT	TQ	TO	O	QRS
۱۵	مدت زمان عملکرد جسم متحرک	T	RS	OTRS	TQRS	STQ	PTO	RPT		RS	Q	RSO	Q	TRS	Q
۱۶	مدت زمان عملکرد جسم غیر متحرک		RS	OTRS	TQ	T	Q	PT			T		TQ		RSOT
۱۷	دما			QR	TQ	QTRS	PTQT	PTQ		RS	T	TQ	TQ	T	OQ
۱۹	انرژی مصرفی جسم متحرک	QT		Q		RS	QT	TQ	Q	OQ	OQ	T	Q	T	Q
۲۰	انرژی مصرفی جسم				TQ	RSQ	RSTP	PT					QT		T

	غیر متحرک						T								
۲۱	توان		RS	QOTRST			PT	TQ	QRS	QTRS	Q	OT	Q	TQ	Q
۲۲	تلفات انرژی	QT	RS	RS	T	SRSQ	RPTQT	RQTP	QPT	T			QTO	T	RSQ
۲۳	ضایعات مواد			OQRS	TRS	RSQ	PT	RS	T	TQ	ORST	QRS	QRS	QRS	QRS
۲۴	فقدان یا ازدست رفتن اطلاعات				Q	RS	PTRS	RSPT	PT				Q	Q	QO
۲۵	تلفات زمان	QRS			Q	RS	Q	QPT	RS	RS	Q	T	RS	Q	
۲۶	مقدار مواد	TRS	Q	Q		T	Q	TQ	QTRS	TRS	OT	TQRS	T	Q	QT
۲۷	قابلیت اطمینان	RSQ	RS	RS	RT		QT	QT	Q	S	Q	Q		SQ	Q
۳۰	عوامل زیان بار خارجی موثر بر جسم	PT	PTRST	Q	Q	T			T	QRST	QSPT	PT	PT	T	PTQ
۳۱	عوامل زیان بار داخلی	RS	RSR	PT	T	T							TR	T	PTQ
۳۳	راحتی استفاده	T	RSPT	RS	Q	QT	T				O	Q		T	O
۳۴	سهولت تعمیر	TQ		RST	TRST	SRS	QRST		O			QS		Q	RS
۳۵	قابلیت سازگاری	ORSTQ		Q	TQO	Q	QS		O			O		Q	QT
۳۶	پیچیدگی وسیله	QRS		T	QTRS	Q	PT		RS	Q	O		ORS	O	Q
۳۷	پیچیدگی کنترل	QRS	QPT	RS	T		PT	TR	T		O	ORS		R	Q
۳۸	سطح خودکار بودن	QRST	Q	Q	Q	S	T	T	T	Q	Q	ORS	T		TQ
۳۹	بهره وری	RSQ	QO		Q	QRS	PTQ	QPT		RST	Q	Q	QT	TQ	



شکل شماره (۶): الگوریتم مدل ANP

همانگونه که مشاهده می گردد، هر یک از تاکتیک های نگهداری و تعمیرات واکنشی به روش ANP و بر اساس عوامل موثر بر انتخاب این تاکتیک ها طبق جدول شماره ۱۰ اولویت بندی شده است.

جدول شماره (۱۰): اولویت بندی تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی

رتبه	RAI	LPI	تاکتیک های نت واکنشی
۱	۰/۴۵۰۱	۰/۰۱۴۲۵	باز طراحی نگهداری و تعمیرات (DOM)
۲	۰/۰۴۴۲۵	۰/۰۱۳۲۱	نگهداری و تعمیرات متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM)
۳	۰/۴۲۲۸	۰/۰۱۲۳۵	نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک (RBM)
۴	۰/۴۰۲۵	۰/۰۱۱۲۶	نگهداری و تعمیر مبتنی بر در دسترس بودن (ACM)
۵	۰/۴۰۰۱	۰/۰۱۱۲۴	نگهداری و تعمیر متمرکز بر کسب و کار(BCM)
۶	۰/۳۹۹۸	۰/۰۱۱۱۲	نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر (TPM)

و) مورد مطالعه (فرموله نمودن مسئله)

نام سیستم و علت انتخاب سیستم

ماتریس های حاصل این پژوهش دربخش نمکزدایی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب جهت حل مساله و تصمیم گیری در خصوص انتخاب تاکتیک مناسب نگهداری و تعمیرات کنشی به کار گرفته شد.

کارکرد سودمند اولیه سیستم

واحد عملیات و واحد نگهداری و تعمیرات در هر سازمانی به منزله دو بال برای تولید منسجم و پایدار هستند که باعث می شوند امر تولید به صورت مداوم و مطمئن به کار خود ادامه دهد. لذا تجهیز و آمادگی و توانمندی سیستم نگهداری و تعمیرات نقش ارزنده و حیاتی در استمرار تولید دارد.

چگونگی کارکرد سیستم

اصولاً فعالیت های تعمیراتی در این شرکت، بسته به نوع آن به چهار دسته تقسیم می گردد که عبارت است از تعمیرات پیشگیری، تعمیرات اساسی دوره ای، تعمیرات غیرمترقبه که باعث از مدار خارج شدن تجهیزات می گردد و تعمیرات اصلاحی که تغییرات و اصلاحیه های درخواستی و تصویب شده در سیستم موجود را شامل می شود. برای هر کدام از فعالیتهای فوق دستورالعملها و فرایندهای مدون و تعریف شده ای وجود دارد که بر پایه های مهندسی و دستوالعملهای سازندگان تجهیزات و استانداردهای مرتبط استوار شده است.

سیستم نگهداری و تعمیرات برای اجرای فعالیت های تعمیراتی گفته شده باید از جنبه های نیروی انسانی متخصص، اطلاعات مهندسی و نرم افزاری و دستورالعمل های مدون، برنامه ریزی دقیق، ابزارهای مخصوص کار، لوازم آزمایش و عیب یابی و قطعات یدکی مناسب، تجهیز و آماده به کار باشد.

منابع موجود

۱) کاهش زمان فرآیند، منبعی است که می توان به کمک آن کل سیستم را تقویت نمود .
۲) کارکنان موجود در سازمان وقت آزاد دارند .
۳) امکان انبار کردن قطعات یدک وجود دارد .
۴) امکان بستن قرارداد با سازندگان داخلی میسر می باشد.
۵) نیرو های متخصص با دانش فنی

اطلاعاتی در مورد موقعیت سیستم

ایجاد بهبود های مطلوب یا حذف اثرات نامطلوب

۱) قابلیت اطمینان به عنوان عامل قابل بهبود
۲) پارامتر تلفات زمان به عنوان نتیجه نامطلوب

فرآیندی که موجب ایجاد مسئله شده است.

در این شرکت به منظور انجام عملیات نگهداری و تعمیرات در واحد نمکردایی به دلیل عدم امکان از سرویس خارج نمودن تجهیزات از روش (نگهداری و تعمیرات اساسی) استفاده می شده است. به دلیل عدم آمادگی این واحد در دو دوره گذشته هیچ گونه نگهداری و تعمیراتی انجام نشده و قابلیت اطمینان سیستم به شدت پایین آمده است.

تغییرات اساسی در سیستم

تغییرات اساسی در سازمان، نیازمند سرمایه گذاری زیاد یا تغییر کلی فرهنگ سازمان است، که هر دو روش هزینه و زمان زیادی نیاز دارد و ضرورت دارد راه حل سریع تر و کم هزینه تر بدست آید.

محدودیت هایی که برای تغییر سیستم وجود دارد

۱) سود آوری سازمان چه در کوتاه مدت و چه در دراز مدت نباید کاهش یابد .
۲) نیازی به تغییر در فرهنگ سازمان نباشد .
۳) هزینه گزافی به سازمان تحمیل نگردد.

مشخصات فنی مطلوب

۱) روش باید حتی الامکان ساده باشد.
۲) تغییر طراحی و فرآیند مطلوب تر از تغییر روش و فرهنگ است .

مشخصات اقتصادی مطلوب

راه حل مطلوب نباید به حدی هزینه تحمیل کند که تا سال های متمادی سازمان به جای افزایش سود آوری عکس آن را مشاهده کند .

زمان بندی مطلوب

راه حل باید در کوتاه مدت جوابهای خوبی ارائه کند و در دراز مدت پایدار و رو به پیشرفت باشد .

سطح نوگرایی مطلوب

میزان نوگرایی محدودیت خاصی ندارد، به شرطی که با معیار های بالا تضادی پیدا نکند .

شرح مساله و معرفی سیستم جنبه های زیادی از مساله که غالبا شامل مشکلات و محدودیت هاست را روشن نمود، در ادامه جهت فرموله کردن و حل مساله از ماتریس نهایی این پژوهش استفاده شده است .

فرآیند فرمول بندی مساله

در فرآیند فرمول بندی مساله ابتدا یک کارکرد سودمند اولیه یا یک کارکرد زیان بار اولیه انتخاب می شود. سپس تلاش می شود کل کارکرد هایی که در سیستم وجود دارند و بایکدیگر مرتبط هستند را تعیین کرده و روابط بین آنها مشخص گردد . کارکرد سودمند اولیه سیستم مساله مورد نظر، افزایش قابلیت اطمینان تجهیزات در بخش نمکزدایی می باشد و همچنین کارکرد زیانبر سیستم عدم انجام برنامه های نگهداری و تعمیرات پیش بینی شده در بازه های زمانی مشخص می باشد که تاکنون دو دوره گذشته است.

حل مسائل تضادهای فنی و کسب و کار

در این بخش ابتدا مسئله ها مدلسازی و سپس حل می شود، لازم به توضیح است که که این مرحله از فرآیند، کاملا وابسته به خلاقیت تیم تصمیم گیرنده جهت حل مسئله دارد.

به منظور حل مساله موجود، پس از آنکه پارامتر های مورد نظر(ویژگی های بهبود یافتنی و عوامل تضعیف کننده) مشخص گردید، به ماتریس های استخراج شده پژوهش رجوع می شود. راه حل استخراج شده از این ماتریس، سلول مرتبط که حاصل تقاطع سطرها و ستون های مشخص شده می باشد است. در صورتی که بیش از یک تاکتیک در این سلول ها موجود باشد، بر اساس اولویت بندی که قبلا توضیح داده شد گزینه مورد نظر انتخاب می گردد.

مطابق آنچه بیان گردید، قابلیت اطمینان ویژگی بهبود یافتنی، تلفات زمان نتیجه نامطلوب معرفی می گردد. بنابراین طبق ماتریس جدول شماره(۹) نتیجه حاصل استفاده از تاکتیک های نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک (RBM) و نگهداری و تعمیرات متمرکز بر قابلیت اطمینان (RCM) به شرح جدول(۱۰) می باشد.

همانگونه که مشاهده می گردد پاسخ ارائه شده جهت مسئله موجود بر اساس سیاست های نگهداری و تعمیرات کنشی دارای بیش از یک تاکتیک در سلول منتهی به سطر و ستون متناظر می باشد. پیرو توضیحات ارائه شده، همانگونه که در جدول شماره(۱۱) مشاهده می گردد« نتیجه حاصل استفاده از تاکتیک RCM می باشد.

جدول شماره (۱۱): بخش جدا شده از ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات کنشی

۲۵			
نتیجه نامطلوب			
تلفات زمان			
RBM - RCM	قابلیت اطمینان	ویژگی بهبود یافتنی	۲۷

مطابق آنچه که پیشتر ارائه گردید، انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات از جایگاه ویژه ای در صنایع برخوردار است وآنچه اهمیت این تاکتیک ها را بیش از پیش بالا می برد ضرورت شناخت عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی در موقعیت های مختلف می باشد.

تاکنون تحقیقات زیادی در خصوص انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات و اولویت بندی این تاکتیک ها بر اساس عوامل موثر بر آنها به روش هایی چون MCDM، الگوریتم مورچگان، ماتریس DMG و غیره انجام شده است لذا تاکنون تحقیقی که به صورت جامع اقدام به شناسایی مولفه های موثر برانتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات دسته بندی این تاکتیک ها و ارئه ماتریسی که بتواند تناقض بین این مولفه ها را جهت انتخاب تاکتیک مناسب برطرف نماید مشاهده نشده است.

در این پژوهش، تاکتیک های نت کنشی استخراج شده از پژوهش خضرایی و دئوس (۲۰۱۱)، به عنوان جامعترین طبقه بندی تاکتیک های نگهداری وتعمیرات انتخاب شده است. پس از آن عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات در مقایسه با پارامترهای آلتشولر و نیز تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی در مقایسه با اصول TRIZ از طریق روش متاسنتز به شکلی نظام مند گروه بندی گردید و پس از تجزیه و تحلیل در مقابل هر یک از پارامترهای آلتشولر قرار داده شد. حاصل این تحقیق ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات کنشی می باشد که درون هر یک از سلول های آن تاکتیک های نت کنشی است و سطرها و ستون آن، عوامل موثر برانتخاب این تاکتیک ها می باشد. به منظور افزایش کارایی این ماتریس و ارائه تاکتیک مناسب، تاکتیک های نگهداری و تعمیرات کنشی به وسیله روش ANP و بر اساس عوامل موثر بر انتخاب این تاکتیک ها، اولویت بندی گردیده است.

از جمله تمایز های موجود در این پژوهش نسبت به سایر پژوهش های انجام شده، مرور کلیه پژوهش های انجام شده در حوزه نگهداری و تعمیرات و تشکیل ماتریس تناقضات نگهداری و تعمیرات کنشی به روش متاسنتز می باشد. از جمله موارد نوآوری در این پژوهش را می توان به حل تناقضات میان عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نت کنشی و تصمیم سازی و ارائه تاکتیک مناسب جهت هر فرآیند و یا تجهیز دانست.

نتایج حاصل از این پژوهش یاریگر مدیران و متخصصان حوزه نگهداری و تعمیرات در رفع تناقض میان عوامل موثر بر انتخاب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات می باشد. همچنین انتخاب مناسب تاکتیک های نگهداری و تعمیرات در کمترین زمان ممکن با توجه به مساله پیش رو از جمله مزایای این پژوهش می باشد.

ازجمله پیشنهاد های کاربردی به منظور ادامه این پژوهش می توان به استفاده از روش متاسنتز در یافتن ارتباط میان تاکتیک های نگهداری و تعمیرات و ۴۰ اصل TRIZ بر اساس سایر سیاست های نگهداری و تعمیرات (پیشگویانه، فعالانه، از پیش تعیین شده) اشاره نمود.

همچنین پیشنهاد میگردد تجهیزاتی که ممکن است به هر دلیل دچار عملکرد نامناسب گردند از طریق روش متاسنتز مورد تحلیل و بررسی قرار گیرند و سناریوهای مناسب نگهداری و تعمیر هر تجهیز با توجه به احتمال کارکرد آن جهت سرعت بخشیدن به تصمیم گیری با کمک ماتریس حاصل از این پژوهش مورد ارزیابی قرار گیرند.

٤-منابع

1. Aslam-Zainudeen, N., & Labib, A. (2011). Practical application of the decision making grid (DMG). Journal of Quality in Maintenance Engineering, 17, 138-149.
2. Bayat, A., & Torbati, F. (2016). A model for deciding on multiple criteria with the aim of prioritizing net strategies, *12th National Conference on Maintenance and Repairs*, Tehran, Iranian Maintenance Association.
3. Ghasemi, A., & Rayatpishe, M. (2016). Presenting a Model for Assessing of Supply Chain Sustainability with Meta Synthesis Approach. *Journal of Executive Management*, 7(14), 91-112.
4. Goossens, A. J., & Basten, R. J. (2015). Exploring maintenance policy selection using the Analytic Hierarchy Process; an application for naval ships. *Reliability Engineering & System Safety*, *142*, 31-41.
5. Kurian, Mary & P.R., Shalij & V.R., Pramod. (2019). Maintenance strategy selection in a cement industry using analytic network process. J*ournal of Quality in Maintenance Engineering*. ahead-of-print. 10.1108/JQME-07-2017-0048.

6. Khazraei, K., & Deuse, J. (2011). A strategic standpoint on maintenance taxonomy. *Journal of Facilities Management*.
7. Khosravi, M., & Moharremi. (2016), The need to pay attention to the systematic problem solving technique (TRIZ) in reliability-based maintenance (RCM), *the 3rd conference on recent innovations in industrial engineering and mechanical engineering*, Tehran.
8. Manian, A., Moosakhani, M., Hassanzadeh, A. R., & Jami Pour, M. (2014). Designing a Maturity Model of KM Aligned with Business Strategies Using Meta Synthesis Method. *Journal of information technology management*, *6*(2), 307-332.
9. Mortazavi, M. A., Amindoust, A. T. E. F. E. H., Shahin, A. R. A. S. H., & Karbasian, M. E. H. D. I. (2020). Identification and Extraction of Factors Affecting Maintenance Strategy Selection With 39 Parameters of TRIZ Approach Using Meta-Synthesis. *Journal of Critical Review*, *7*, 2428-2447.
10. Rajabi, Reza & Tavakoli, Ali & Shadkam, Elham. (2012). Using AHP and TOPSIS techniques: Case study of Tabarak Industrial Unit. *7th International Conference on Innovation and Research in Engineering Sciences, select the best design and repair strategy*.
11. Seecharan, T., Labib, A., & Jardine, A. (2018). Maintenance strategies: decision making grid vs Jack-Knife diagram. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
12. Trojan, F., & Marçal, R. F. (2017). Proposal of maintenance-types classification to clarify maintenance concepts in production and operations management. *Journal of Business Economics*, *8*(7), 560-572.
13. Terninko, J., Zusman, A., & Zlotin, B. (2001). *Systematic innovation: an introduction to TRIZ (theory of inventive problem solving)*. (Translated by Alireza Mansourian), Tehran: Rasa Publications.
14. Vaneker, T., & Van Diepen, T. (2016). Design support for maintenance tasks using TRIZ. *Procedia CIRP*, *39*, 67-72.

Development of the TRIZ Contradiction Matrix to Select Appropriate Procative Maintenance Tactics Using the Meta-Synthesis Method (Case Study: NISOC)

Mohammad Amin Mortazavi
Department of Industrial Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran
Atefeh Amindoust (Corresponding Author)
Department of Industrial Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran
Email: atefeh_amindoust@yahoo.com
Arash Shahin
Department of Management, University of Isfahan, Isfahan, Iran
Mehdi Karbasian
Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan, Iran

Abstract
Effective selection of maintenance tactics in the industry, depending on the factors and conditions that affect each device, indicates the need to use an innovative approach. This study aims to obtain a matrix similar to the TRIZ Contradiction Matrix, which can be used to select the appropriate maintenance tactics and functional repairs depending on the state of each equipment. Because the study used Meta-synthesis to compare and analyze qualitative data, various databases, publications, and search engines from 1960 to 2022 were investigated for this purpose. The result of the study conducted by the meta-synthesis method is the extraction of 115 valid related articles. The relationship between TRIZ principles and operational maintenance tactics has been obtained using the Meta-synthesis method. The results show that the achievement of a matrix similar to the TRIZ contradiction matrix with the ability to provide and select maintenance tactics is corresponding to the parameters affecting each equipment. To make the right decision, the final results of each matrix cell in this study are prioritized using a decision method. This matrix supports managers and maintenance specialists in decision making, accelerating decision making and choosing the right tactics. Finally, the resulting matrix was examined for evaluation at the National Iran South Oilfield Company.
Keywords: Procative Maintenance, (TRIZ), Meta-synthesis, (ANP).