فصلنامه مدیریت عملیات
سال اول، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰

شناسایی و اولویت‌بندی زیر ساخت‌های لازم جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز با استفاده از تاپسیس فازی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۱

صبا صادقی گاوگانی *
اکبر ولی‌زاده اوغانی **
محمد طاهری ***

چکیده:
امروزه نگهداری و تعمیرات در سیستم‌های تولیدی نقش اساسی را ایفا می‌کند و تاثیر بسزایی در دستیابی به اهداف سازمانی، کاهش زمان توقف تجهیزات، کیفیت تولیدات، افزایش بهره‌وری، ایمنی تجهیزات و غیره دارد. هدف این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی زیر ساخت‌های لازم جهت پیاده سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز با استفاده از تاپسیس فازی بوده است. جامعه آماری مطالعه حاضر شامل دو گروه اساتید مدیریت، مهندسی صنایع، کارشناسان و صاحب نظران این حوزه و مدیران و کارشناسان شرکت تراکتورسازی تبریز می‌باشد. حجم نمونه مرحله اول بر اساس اشباع نظری مشخص گردید. جهت تعیین نمونه آماری تحقیق در مرحله دوم نیز با استفاده از فرمول کوکران به تعداد ۷۶ نفر انتخاب گردیده است. به منظور اولویت‌بندی عوامل منتخب از تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس فازی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در زیرساخت‌های پیاده سازی استراتژیهای نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز، مسائل مالی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و عوامل نیروی انسانی، موانع تجهیزاتی و عوامل ساختاری در رده‌های بعدی این رتبه-بندی قرار می‌گیرند.

واژگان کلیدی:
استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات، عوامل ساختاری، مسائل مالی، مسائل نیروی انسانی، موانع تجهیزاتی

* نویسنده مسئول، استادیار گروه ریاضی، واحد سراب، دانشگاه آزاد اسلامی، سراب، ایران ,Sabasadeghi72@gmail.com، sadegi @iausa.ac.ir
** استادیار گروه مدیریت، واحد سراب دانشگاه آزاد اسلامی، سراب، ایران valizadeh@iausa.ac.ir
*** گروه مدیریت، واحد سراب، دانشگاه آزاد اسلامی، سراب، ایران mohammadtaheri0139@gmail.com

۱- مقدمه

در گذشته، ماشین آلات تولیدی در کارخانه‌ها معمولاً حالت دستی بودند. به تدریج با رشد تکنولوژی دستگاه ها به سمت دستگاه‌های خودکار و نیمه خودکار حرکت کردند. افزایش قیمت‌های ماشین‌آلات و حجم قابل توجه سرمایه گذاری ها برای تاسیس واحدهای صنعتی و بالا بودن قیمت‌های قطعات یدکی همگی نشانگر این حقیقت هستند که با پیشرفت زمان، نگهداری و تعمیرات در نمودارهای سازمانی صنایع جایگاه ویژه‌ای داشته است. به کارگیری سیستم نگهداری و تعمیراتِ خاصِ یک سازمان، می‌تواند نقش بسیار زیادی را در کاهش قیمت تمام شده محصول نهایی ایفا نماید. اما این تأثیرات تنها محدود به هزینه نبوده و در سرعت ارائه محصول در کل زنجیره تامین، کیفیت محصول، قابلیت اطمینان، چابکی سازمان و عواملی از این نوع نیز تأثیرات خاص خود را خواهد داشت که هر یک از آن‌ها باید مورد توجه واقع شوند. از این رو می‌توان به نقش مهم و تأثیرگذار استراتژی‌های مختلف نگهداری و تعمیرات بر روی کسب و کار یک بنگاه اقتصادی پی‌برد (سید حسینی، ۱۳۹۶). نگهداری و تعمیرات به شیوه سنتی و انجام تعمیرات پس از وقوع هر خرابی و نقص، منجر به افزایش تعداد دفعات خارج از سرویسی، طولانی شدن زمان تعمیرات و خارج از سرویسی، فرسودگی ماشین آلات و تجهیزات و کاهش تولید و در نهایت افزایش هزینه ها را به دنبال خواهد داشت. از این رو استفاده از یک سیستم کارآمد در نگهداری و تعمیرات و با هدف افزایش آماده به کاری تجهیزات، می‌تواند منجر به افزایش تولید و بهره‌وری شود که مهمترین هدف هر صنعت و سازمان است (اسدی، ۱۳۹۶). در صورتی که تمامی فعالیت‌ها و عملیات نگهداری در قالب یک سیستم تعریف شود، فعالیت و کار بی‌وقفه ماشین‌آلات و دستگاه در سیستم با کمترین هزینه مصرفی و تعمیراتی را موجب می‌شود (جاین و دیگران[1]، ۲۰۱۳). تعمیرات و نگهداری ماشین آلات و دستگاه ها، با توجه به استهلاک و فرسایش مداوم آنها، بخش عمده‌ای از هزینه‌های تولید را در یک مجموعه صنعتی در بر می‌گیرد.

[1] Jain et al.

در کشور ژاپن با توجه اهمیت ویژه به مدیریت فرآیند نگهداری و تعمیرات در سیستم‌های تولیدی، اقدام به طراحی سیستم‌های مختلف نگهداری و تعمیرات، از جمله TPM[1] (نگهداری بهره ور فراگیر) نمودند و آن را به عنوان یکی از زیر سیستم‌های سه‌گانه تولید ناب به جهان معرفی کردند (هاکس و ماجلوف[2]، ۲۰۱۶). انجام عملیات تعمیراتی پس از وقوع شکستگی و خرابی در ماشین‌آلات موجب توقف عملیات تولیدی می‌گردد (عالم تبریز و دیگران، ۲۰۰۹). زیان‌ها و هزینه ناشی از این توقف به مراتب بیشتر از تعمیر ماشین‌آلات مربوطه است. در نتیجه ایجاد سیستمی که بتواند از شکستگی و خرابی ماشین‌آلات جلوگیری کند لازم و ضروری است (صفری و دیگران، ۲۰۱۰). این سیستم علاوه بر افزایش راندمان تولیدی دستگاه، باعث کاهش زیان‌های ناشی از توقف کار، به حداقل ممکن می‌شود. نگهداری و تعمیرات یک هنر است؛ چرا که پیش از وقوع یک مشکل و همچنین در هنگام وقوع آن، توانایی انتخاب رویکردها و فعالیت‌های مختلف وجود دارد؛ لذا مدیران، سرپرستان، کارشناسان و مسئولان نگهداری و تعمیرات از نقش پررنگ‌تری نسبت به سایر پارامترهای دیگر حتی «ماهیت مشکل ایجاد شده» برخوردار خواهند بود (داگدویرن و همکاران[3]، ۲۰۰۸).

پیشرفت‌های نگهداری در سال‌های اخیر، علاوه بر افزایش آگاهی در مورد تعمیر و نگهداری، بر کیفیت محصول، در دسترس بودن تجهیزات، هزینه ها و ایمنی تاثیرگذار بوده است .امروزه، تعمیر و نگهداری یکی از فرآیندهای پیچیده مدیریتی در سازمانهاست و در سالهای گذشته با فرآیندهایی مانند تولید، تضمین کیفیت در سازمان و ایمنی کارکنان و آنالیز ریسک در ارتباط بوده است (آسمانی، ۱۳۹۶). در حال حاضر به دلیل ضعف و نارسایی سیستم مناسب جامع نگهداری، عدم مراقبت صحیح و انجام تعمیرات به موقع دستگاه‌ها و تجهیزات، ضایعات بزرگی در اغلب سیستم‌های صنعتی رخ می‌دهد. لذا وجود یک سیستم برنامه‌ریزی شده نگهداری و تعمیرات ضروری و

[1] Total Productive Maintenance
[2] Hax & Majluf,
[3] Dagdeviren et al.

الزامی است. در نتیجه ارایه مطلوب‌ترین خدمات نگهداری و تعمیرات و اتخاذ بهترین روش‌ها برای تداوم کار با هزینه کم امکان‌پذیر می گردد.

شرکت تراکتورسازی ایران، سازنده انواع تراکتور، کامیونت و ابزار در تبریز است. این شرکت در زمینی به مساحت ۴۰۰ هکتار قرار داشته و ظرفیت تولید ۲۰۰۰۰ دستگاه تراکتور، ۳۰۰۰۰ دستگاه موتور، ۳۳۰۰۰ تن انواع قطعات آهنگری و ۵۴۰۰۰ تن انواع قطعات ریخته‌گری را در سال دارد. با توجه به اهمیت شرکت تراکتورسازی تبریز و ضرورت بالا بردن راندمان و بهره‌وری در خطوط تولید، نیازمند بکارگیری سیستم‌های نوین تعمیرات و نگهداری می‌باشد. لذا شناخت زیر ساختهای لازم جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز و اولویت‌بندی این زیر ساخت‌ها با توجه به اهمیت این واحد صنعتی به خصوص در شمال غرب کشور امری ضروری است. با توجه به چند وجهی بودن مفهوم تحقیق، جهت اولویت‌بندی نیازمند بررسی شاخص‌های متعدد هستیم. بنابراین استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی چند شاخصه مانند تاپسیس[1] فازی برای اولویت بندی مناسب می‌باشد و این تکنیک برای سیستم نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز تاکنون استفاده نشده است. بر این اساس، ما در این کار تحقیقی به دنبال یافتن جواب به این سوال هستیم که، زیر ساخت‌های لازم جهت پیاده سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز کدامند؟ و ترتیب اولویت این زیرساخت‌ها با بکارگیری تاپسیس فازی به چه صورت می‌باشد؟

۲- پیشینه پژوهش

استراتژی نگهداری و تعمیرات، مجموعه‌ای منسجم، نظام‌مند، هماهنگ و در راستای تولید است که به منظور حفاظت از تجهیزات و دارایی‌های شرکت متناسب با نیازها، نوع تولیدات، هزینه‌های قابل تأمین، نیروی انسانی کارآمد و از قبیل آن تدوین می‌گردد

[1] TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)

(والمحمدی و همکاران ۱۳۹۶). استراتژی‌های نت[1] به سه دسته استراتژی‌های واکنشی، بازدارنده و تهاجمی طبقه‌بندی می‌شوند. استراتژی‌های واکنشی همان استراتژی‌های مبتنی بر خرابی می‌باشند. استراتژی‌های بازدارنده همان استراتژی‌های مبتنی بر پیشگویی و پیشگری می‌باشند، بگونه‌ای که بتوان، پیش از وقوع خرابی آن را پیش‌بینی کرد. استراتژی‌های تهاجمی مبتنی بر بهبود واقعی عملکرد و طراحی تجهیزات تولید در راستای کاهش میزان خرابی ماشین آلات تمرکز دارد. زهره‌ئی و محتشمی (۱۳۹۹) به ارائه یک روش جدید جهت انتخاب استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات بر مبنای فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و برنامه‌ریزی آرمانی پرداختند. استراتژی بهینه نت برای چهار دستگاه منتخب در شرکت صنایع پودر شیر مشهد از بین استراتژی‌های پیشگیرانه، مبتنی بر قابلیت اطمینان، مبتنی بر شرایط، مبتنی بر زمان، اصلاحی و طراحی مورد بررسی قرار گرفته است. یافته‌های این تحقیق می‌تواند دید جامعی به تصمیم‌گیران خصوصا مدیران نت ارائه و به آن‌ها در انتخاب استراتژی بهینه نت کمک نماید. آسمانی (۱۳۹۶) اصول اولیه سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات و عوامل کلیدی برای عملکرد موفق سازمان‌ها و همچنین ویژگیهای اصلی و مزایا و معایب استراتژی‌های مهم نگهداری و تعمیرات را مورد بررسی قرار داد. والمحمدی و همکاران (۱۳۹۶) استراتژی نگهداری و تعمیرات را برای بهبود شاخص‌های ارزیابی قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که، استراتژی نت ترکیبی موجب بهبود شاخص‌های ارزیابی قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری و افزایش بهره وری ماشین آلات و تجهیزات می‌شود. کامرانی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی عملکرد سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه با رویکرد بهره برداری بهینه در شبکه های توزیع برق پرداختند. ربانی و همکاران (۱۳۹۲) جهت پیاده‌سازی سیستم نگهداری و تعمیرات در کارخانجات خطوط تولید پیوسته، یک الگویی با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی

[1] نگهداری و تعمیرات

فازی ارائه دادند. کیم و همکاران[1] (۲۰۲۱) عوامل مختلف تاثیرگذار بر هزینه تعمیرات و نگهداری امکانات آموزشی را مورد بررسی قرار داده و یک چهارچوب تحلیلی برای مدیریت امکانات ارائه دادند. واکیرو و همکاران[2] (۲۰۱۸) از مدلسازی شبیه‌سازی برای به‌دست آوردن تاثیرات استراتژی‌های تعمیر و نگهداری و تولید مجدد استفاده کردند. چن[3] (۲۰۱۷) از روش فرآیند سلسله مراتبی فازی، جهت انتخاب استراتژی برتر تعمیرات و نگهداری در یک پالایشگاه در کشور چین استفاده کرد و چهار نوع استراتژی نت اصلاحی، نت مبتنی بر زمان، نت مبتنی بر شرایط و نت پیشگیرانه را مورد ارزیابی قرار داد. همیس و همکاران[4] (۲۰۱۶) مطالعه سیستماتیکی با روش فرایند سلسله مراتبی فازی بر اساس برنامه‌ریزی آرمانی در جهت انتخاب راهبردهای نگهداری در ترانسفورماتورها انجام دادند. گودرزی و مولایی (۲۰۱۶) با شناسایی عوامل حیاتی در پیاده‌سازی نگهداری و تعمیرات جامع بهره‌ور (TPM)، مدلی برای اجرای این سیستم نت نیروگاهی با روش AHP فازی طراحی کردند. عوامل حیاتی با توجه به چهار معیار (اثربخشی، رضایت‌مندی کارکنان، ضایعات و هزینه‌ها) سنجش و رتبه‌بندی شده‌اند. با شناسایی این عوامل حیاتی، می‌توان با برنامه‌ریزی و پیاده‌سازی این سیستم استفاده از تجهیزات و ماشین‌آلات تولیدی را بهینه‌سازی کرد و از خرابی‌ها و توقف واحدهای تولید انرژی جلوگیری کرد و واحدهایی با آمادگی کامل در اختیار شبکه برق کشور قرار داد. چن و لیو[5] (۲۰۱۵) رویکردی را با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه ای در زمینه انتخاب استراتژی بهینه نت برای ترن‌های حمل و نقل پیشنهاد کردند. آگون[6] (۲۰۱۵) مدلی را براساس فرایند سلسله مراتبی ارائه داد که این امکان را برای مدیران نگهداری و تعمیرات فراهم می‌کند تا بتوانند با ابزارهای مناسب انتخاب‌های مرتبط را اولویت‌بندی

[1] Kim et al.
[2] Wakiru et al.
[3] Chen
[4] Haimes et al.
[5] Chen & Liu
[6] Aggoune

کنند. ویسه و آفرند (۲۰۱۵) به بررسی و انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات برای صنایع با استفاده از رویکرد تاپسیس پرداختند. آن‌ها یک دیدگاه جدیدی در تکنیک-های تصمیم‌گیری چند معیاره را برای انتخاب یک استراتژی نگهداری و تعمیرات بهینه ارائه نمودند. نتایج نشان داد که چگونه منطق فازی، اطلاعات نادرست، مبهم و دو پهلو را در شرایط کمی و عددی ترجمه کرده و به شناسایی مفیدترین و موثرترین استراتژی نگهداری و تعمیرات، کمک می‌کند. طبق تحقیق حاجی‌زاده و همکارانش (۲۰۱۵) در پیاده‌سازی سامانه مکانیزه مدیریت نگهداری و تعمیرات ناجا، هشت عامل اساسی ۱- عدم آشنایی کاربران با مزایای سامانه ۲- آموزش و تحصیلات کاربر ۳- سخت افزار و توسعه شبکه ۴- جایگاه شغلی ۵- ثبات کاربر در شغل ۶- اشرافیت مدیران ارشد ۷- مقاومت در برابر تغییرات ۸- ثبت اطلاعات اولیه، در موفقیت یا عدم موفقیت و کندی اجرای پیاده سازی سامانه مکانیزه تعمیرات موثر هستند. آلوی و همکاران[1] (۲۰۱۴) سیاست نت بهینه را در یک خط مونتاژ خودکار، برای یک سیستم چند ماشینه بدون تاثیرپذیری از محدودیت‌های منابع به دست آوردند. ربانی و همکارانش (۲۰۱۳) به ارائه الگوی مناسب جهت پیاده‌سازی سیستم نگهداری و تعمیرات در کارخانجات خطوط تولید پیوسته با رویکرد مدل‌های تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی آرمانی فازی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که راهبرد نگهداری و تعمیرات پیشگویانه و پیشگیرانه نسبت به راهبرد اصلاحی در استفاده از منابع و کاهش شکست‌ها برتری دارند. لذا این راهبردها اطلاعات مفیدی در اختیار مدیران نگهداری قرار می‌دهد تا جنبه‌های منفی یک شکست محدود گردد. سپری و اسدی کیاپی (۲۰۱۰) برای اولویت‌بندی نمودن تجهیزات جهت تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. این روش روی یک شبکه نمونه (شبکه توزیع امور شهرستان نکاء استان مازندران) اعمال شد. بریت[2] (۲۰۰۴) به رتبه‌بندی مولفه‌های تاثیرگذار بر پیاده‌سازی استراتژیهای

[1] Allaoui et al
[2] Breit

نگهداری و تعمیرات بر اساس تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی در صنایع کوچک و متوسط پرداخت. چهار معیار اصلی و ۴۱ معیار فرعی به دست آمد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، معیارهای اصلی مثل امور مالی، مسایل نیروی انسانی، موانع تجهیزاتی و عوامل ساختاری، به ترتیب در رتبه های اول تا چهارم قرار گرفتند.

۳- روش شناسی تحقیق

روش انجام پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی، از نظر روش اجرا استقرایی، از نظر زمان اجرا از نوع مقطعی و از نظر ماهیت از نوع توصیفی است. در مرحله اول، به منظور شناسایی زیر ساخت‌های مورد نیاز پیاده سازی استراتژیهای نگهداری و تعمیرات در شرکت از ابزار مصاحبه با مدیران و کارشناسان انجام گردید. در مرحله دوم، برای اولویت‌بندی زیر ساخت‌های مورد نیاز در شرکت تراکتورسازی، از ابزار پرسش‌نامه استفاده شده است. نمونه‌گیری در مرحله اول با روش هدفمند و در مرحله دوم بصورت در دسترس بوده است. پرسش‌نامه به دست آمده از مرحله مصاحبه دارای ۴ مولفه (زیر ساختهای تجهیزاتی، مسائل مالی، مسائل نیروی انسانی و عوامل ساختاری) و ۱۴ سوال می‌باشد. روایی پرسشنامه با نظرات افراد متخصص و قضاوت اساتید دانشگاه، کارشناسان و همچنین مدیران شرکت بررسی و تنظیم گردید. برای بررسی پایایی پرسشنامه از ضریب الفای کرونباخ استفاده گردید، بطوری که بازآزمایی مجدد پرسشنامه در فاصله دو هفته‌ای مورد آزمون و ضریب آلفا عدد ۰/۸۷ را نشان داده که حاکی از مناسب بودن اعتماد و پایایی پرسشنامه بوده است. با توجه به اینکه نوع این تحقیق به‌صورت مورد پژوهشی بوده و هدف آن شناسایی و اولویت‌بندی زیر ساخت‌های لازم جهت پیاده‌سازی استراتژیهای نت است، لذا جامعه آماری این پژوهش دو گروه (۱. اساتید مدیریت و مهندسی صنایع، کارشناسان و صاحب نظران این حوزه ۲. مدیران و کارشناسان شرکت تراکتورسازی تبریز) می‌باشند. جهت اولویت‌بندی زیر ساخت‌های لازم جهت پیاده‌سازی استراتژیهای نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز با استفاده از تاپسیس

فازی، از نظرات مدیران و کارشناسان شرکت تراکتورسازی تبریز استفاده گردید. بر اساس اطلاعات به دست آمده از شرکت تراکتورسازی تبریز تعداد جامعه آماری ۷۹ نفر می باشد. در مرحله اول یعنی مرحله انجام مصاحبه‌های تحقیق، نمونه‌گیری بر اساس نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شد. یعنی افرادی به عنوان نمونه انتخاب شدند که آشنایی عمیق‌تری با زیر ساخت‌های لازم جهت پیاده‌سازی استراتژیهای نگهداری و تعمیرات داشتند. حجم نمونه در این مرحله نیز بر اساس اشباع نظری مشخص گردید و مصاحبه-ها تا جایی ادامه یافت که مصاحبه‌های جدید، مطلب جدیدی به یافته‌ها اضافه ننمود بر اساس یافته‌ها بعد از انجام مصاحبه، در تعداد ۱۲ نفر به اشباع رسید و یافته جدیدی افزوده نشد. جهت تعیین نمونه آماری تحقیق در مرحله دوم نیز از فرمول کوکران به تعداد ۷۶ نفر بصورت در دسترس انتخاب گردید. در مرحله اول مطالعه، جهت شناسایی و استخراج استراتژیهای نگهداری و تعمیرات از طریق مصاحبه و یافته‌های حاصل از چارچوب نظری تحقیق استفاده گردید. در مرحله دوم، برای اولویت‌بندی زیرساختهای نت از نظرات پاسخگویان و از طریق تکنیک تاپسیس فازی انجام گردید.

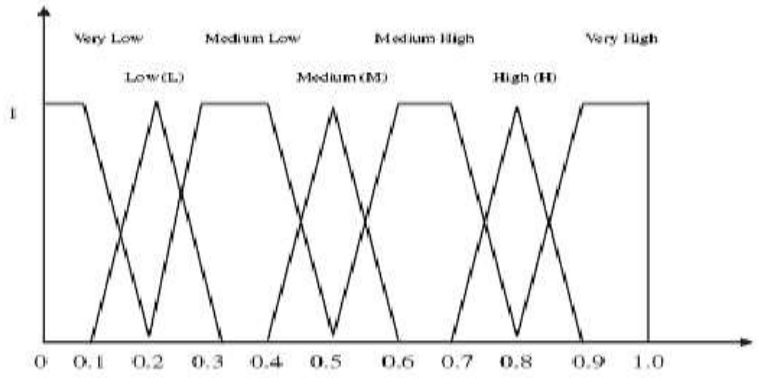
تکنیک تاپسیس فازی: روش تاپسیس از جمله روشهای زیر مجموعه تکنیک‌های برنامه-ریزی چند شاخصه است. در این روش با استفاده از محاسبات خاص ریاضی، فاصله گزینه انتخابی از نقطه ایده‌آل مثبت و منفی در نظر گرفته می‌شود. بدین معنی که گزینه انتخابی باید دارایم کمترین فاصله از راه حل ایده آل مثبت بوده و در عین حال دارای بیشترین فاصله از راه حل ایده آل منفی باشد. مزیت تاپسیس فازی بر روش کلاسیک، بکارگیری متغیرهای زبانی که بوسیله اعداد فازی ارائه می‌شوند. در نتیجه برای تغییر وزن‌ها در رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده از مقادیر دقیق و معین لازم نیست. در مدل تاپسیس فازی، متغیرها به صورت اعداد ذوزنقه‌ای و یا مثلثی نشان داده می‌شوند. در این تحقیق نیز از اعداد مثلثی برای تبیین متغیرها استفاده شده است. طرح پیشنهادی این تحقیق براساس مطالعات چن[1] و همکاران (۲۰۰۶) است. ایشان راه حل

[1]. Chen et al.

روش شباهت به گزینه ایده ال فازی را به صورت زیر ارائه کرده اند و ماتریس تصمیم-گیری به صورت زیر است:

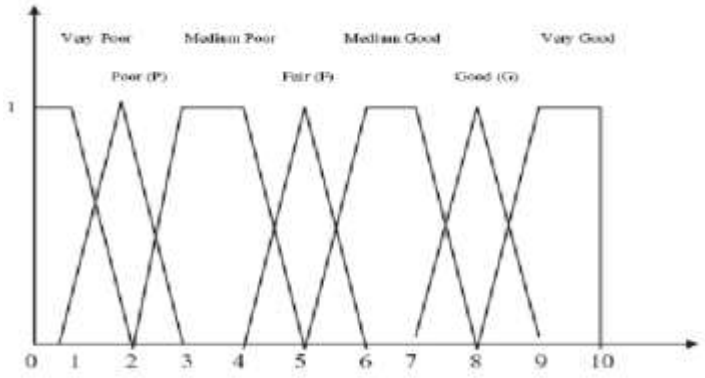
$$X = \begin{bmatrix} x_{11}, \cdots, x_{1n} \\ \vdots \quad\quad \vdots \\ x_{m1}, \cdots, x_{mn} \end{bmatrix}$$

همچنین آنها درجه اهمیت هر یک از معیارها را همانند شکل (۱) نشان داده‌اند:



شکل (۱): درجه اهمیت هر یک از معیارها

از سوی دیگر چن و همکارانش (۲۰۰۶) پیشنهاد کردند که متغیرهای زبانی برای مقدار شاخص‌های کیفی را به صورت زیر باید تعریف شود. در این تعریف از طیف لیکرت هفت‌گانه استفاده شده و برای شناسایی وضعیت هر معیار در موسسه یا بنگاه بسیار مناسب است.



شکل (۲): شناسایی وضعیت هر معیار

فرض می‌شود که مقدار اهمیت شاخص J برابر با $W_J=(W_{J1}, W_{J2}, W_{J3}, W_{J4})$ و مقدار شاخص J در گزینه I نیز برابر با $X_{ij}=(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ باشد. از آنجا که ذات معیارها متفاوت است، لذا لازم است نرمال‌سازی معیارها صورت پذیرد، تا تمام شاخص‌ها بی‌مقیاس شوند. برای این منظور مقدار شاخص j در گزینه i بر طبق معادله زیر به r_{ij} تغییر می‌یابد:

$$d_j = \max_{\forall i} \; d_{ij} \qquad r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{d_j}, \frac{b_{ij}}{d_j}, \frac{c_{ij}}{d_j}, \frac{d_{ij}}{d_j}\right)$$

پس از این مرحله برای هر گزینه مقدار شاخص هر معیار در ضریب اهمیت آن معیار ضرب می‌شود تا مقدار $v_{ij}= r_{ij}\text{-}W_J$ آید. با توجه به داده‌های بدست آمده دو بردار حدی مثبت و منفی را برای n شاخص موجود طبق روابط زیر تشکیل داده می شود:

$$A^+ = \left\{v_1^+, v_2^+, ..., v_n^+\right\}, \quad A^- = \left\{v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-\right\}$$

که اعدا فازی ذوزنقه‌ای طبق روابط زیر بدست می‌آیند:

$$v_j^+ = (\max_{\forall i}\{v_{ij4}\}, \max_{\forall i}\{v_{ij4}\}, \max_{\forall i}\{v_{ij4}\}, \max_{\forall i}\{v_{ij4}\})$$

$$v_j^- = (\min_{\forall i}\{v_{ij4}\}, \min_{\forall i}\{v_{ij4}\}, \min_{\forall i}\{v_{ij4}\}, \min_{\forall i}\{v_{ij4}\})$$

پس از این مرحله فاصله هرگزینه تا این دو حد به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^{n} d(v_{ij}, v_j^+)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(v_{ij}, v_j^-)$$

در صورتی که در مساله از اعداد فازی مثلثی استفاده شود: $X_{ij}=(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ می باشد که در این تحقیق از این روش استفاده شده است. اگر ارزیابی گزینه‌ها بر مبنای معیارها، بوسیله‌ی نظرخواهی از یک گروه دارای k عضو انجام گیرد و ارزیابی فازی kامین تصمیم گیرنده $X_{ijk}=(a_{ijk},b_{ijk},c_{ijk})$ باشد. که در آن , $a_{ij} = \text{Min}\ \{a_{ij}\ k\}$ $b_{ij}=\sum b_{ijk} / k$, $c_{ij}=\text{Max}\{c_{ij}k\}$ بوده است (k، تعداد اعضای کمیته تصمیم‌گیری است). با توجه به معیارهای رتبه‌بندی فازی ترکیبی، گزینه‌ها را می‌توان در نظر گرفت. برای عنصر i شاخص C_i طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

رتبه‌بندی براساس میزان C_i^*. میزان فوق بین صفر و یک در نوسان است. در این راستا $C_i^*=1$ نشان‌دهنده بالاترین رتبه و $C_i^*=0$ نیز نشان‌دهنده‌ی کمترین رتبه است.

در این پژوهش رتبه‌بندی گزینه‌های انتخابی با استفاده از مجموعه اعداد مثلثی فازی وزن داده شده و از طریق تکنیک تاپسیس نقاط ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه گردیده و امتیاز گزینه‌های مورد نظر محاسبه شده است.

۴- یافته‌های پژوهش

زیرساخت‌های لازم جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی: در این مرحله در استخراج و شناسایی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز از شیوه مصاحبه (با سوالات از پیش تعیین شده) اقدام گردید.

جدول (۱): متغیرها و شاخص های شناسایی شده

عوامل	شاخص های شناسایی شده	فراوانی در مصاحبه
زیر ساختهای تجهیزاتی	کاهش تعداد پرسنل تولید با افزایش درجه اتوماسیون ماشین آلات	۸
	وجود خطر در زمینه اجرای تمیزکاری همراه با لمس	۹
	کمبود تعداد پرسنل آموزش دیده	۱۱
امور مالی	عدم تخصیص بودجه کافی	۷
	نبود حمایت های مالی دولتی از شرکتها	۹
	نبود نقدینگی در شرکت	۷
	هزینه های بالای اجرای نت	۱۰
مسائل نیروی انسانی	عدم انگیزه پرسنل	۹
	آموزش ناکافی پرسنل	۸
	عدم پیگیری امور TPM از سوی مدیریت	۷
عوامل ساختاری	انگیزه کم مدیران	۹
	عدم تطابق ساختار با نیازهای سیستمهای جدید	۱۱
	مخالفت مدیران تولید با توقف ماشینها جهت نت	۱۰
	عدم بومی سازی سیستم TPM	۸

لذا از مصاحبه‌شوندگان (متشکل ۱۰ نفر از اساتید مدیریت و مهندسی صنایع و ۲ نفر از کارشناسان و صاحب نظران که بر اساس اشباع نظری برابر ۱۲ نفر تعیین گردید) درخواست شد تا، نظرات خود را در رابطه با عواملی که می‌تواند بر استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز تاثیرگذار باشد را بیان نمایند. با توجه به عقاید اجماع کسب شده از اعضای کمیته تصمیم‌گیری، نتایج استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز به شرح جدول (۱) استخراج گردید.

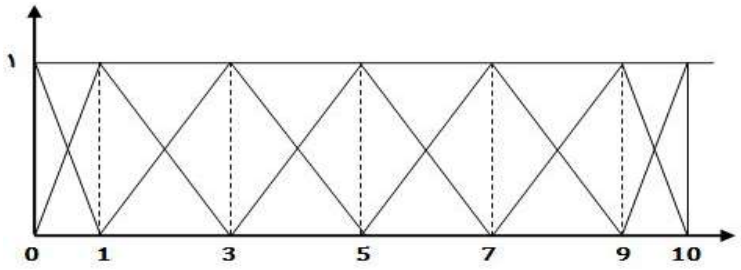
اولویت‌بندی زیرساخت‌های پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات: در این مرحله بر اساس نظرات تعدادی از استادان و صاحب نظران رشته‌های مربوطه، بر پایهٔ عوامل شناسایی شده در بخش قبل، پرسش‌نامه‌ای بر این اساس تهیه گردید. این پرسشنامه از

چهار معیار اصلی عوامل ساختاری، مسائل نیروی انسانی، امور مالی و موانع تجهیزاتی تشکیل شده است. پرسش‌نامه مذکور مبتنی بر ۴ قسمت و شامل ۱۴ پرسش دربارهٔ میزان تأثیر معیارهای مؤثر بر زیر ساخت های لازم جهت پیاده سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز بود. برای تعیین وزن چهار دسته از معیارهای اصلی، از پرسشنامه‌ای بر اساس مفهوم فرایند تاپسیس فازی، استفاده گردید. هدف پژوهش رتبه‌بندی این عوامل با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط فازی است. از طرف دیگر در ارزیابی کیفی گزینه‌ها در روش تاپسیس فازی معمولا از مقیاس هفت درجه‌ای استفاده می‌شود. طیف هفت درجه‌ای که برای ارزیابی روش تاپسیس فازی در این تحقیق بصورت جدول زیر بوده که توسط چن و همکاران (۲۰۰۶) پیشنهاد شده و برای نظرسنجی از اعداد فازی و عبارتهای کلامی مندرج در جدول (۲)، استفاده گردید.

جدول (۲): اعداد فازی متناظر با عبارت‌های کلامی

عبارات کلامی	اعداد فازی مثلثی	مقدار فازی
خیلی کم	(۰، ۰، ۲)	۱
کم	(۱، ۲، ۳)	۲
نسبتاً کم	(۲، ۳/۵، ۵)	۳
متوسط	(۴، ۵، ۶)	۴
نسبتاً زیاد	(۵، ۶/۵، ۸)	۵
زیاد	(۷، ۸، ۹)	۶
خیلی زیاد	(۸، ۱۰، ۱۰)	۷

نمایش اعداد فازی مثلثی هفت درجه برای ارزیابی عوامل نت در شکل شماره (۳) نشان داده شده است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل شماره (۳): اعداد فازی مثلثی برای ارزابی عوامل نت

جهت تعیین قابلیت اعتماد پرسش‌نامه، از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شده است که میزان آن ۸۷٪ به دست آمد و نشان دهندهٔ پایایی مناسب پرسش‌نامه است. بر این اساس اعداد فازی متناظر با ارجحیت‌ها در مقایسه‌های زوجی، در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول (۳): اعداد فازی متناظر با ارجحیت ها در مقایسه‌های زوجی

عبارتهای کلامی	اعداد فازی مثلثی	معکوس اعداد فازی مثلثی
ارجحیت برابر	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
ارجحیت خیلی ضعیف	(۳/۲، ۱، ۱/۲)	(۲، ۱، ۲/۳)
ارجحیت ضعیف	(۲، ۳/۲، ۱)	(۱، ۲/۳، ۱/۲)
ارجحیت زیاد	(۵/۲، ۲، ۳/۲)	(۲/۳، ۱/۲، ۲/۵)
ارجحیت خیلی زیاد	(۳، ۵/۲، ۲)	(۱/۲، ۲/۵، ۱/۳)
ارجحیت کامل یا مطلق	(۷/۲، ۳، ۵/۲)	(۲/۵، ۱/۳، ۲/۷)

برای رتبه‌بندی معیارهای فرعی مؤثر بر پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات، با در نظر گرفتن شرایط مساله و مطالعات مشابه و با توجه به این‌که ماهیت داده‌های جمع‌آوری شده فازی است، روش تاپسیس فازی استفاده شد. این روش توسط هوانگ و یوان،[1] (۱۹۸۱) ارائه شده است. بر اساس این روش، هر مساله از نوع تصمیم‌گیری‌های چند معیاره با m گزینه را که به وسیلهٔ n شاخص مورد ارزیابی قرار

[1] Hwang & Yoon.

گیرد، می‌توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. از آنجا که در ابتدا باید وزن معیارهای اصلی مؤثر بر پیاده‌سازی استراتژی-های نگهداری و تعمیرات را داشته باشیم، نخست روش فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی در رتبه‌بندی و تعیین درجهٔ اهمیت هر کدام از معیارهای اصلی به کار گرفته شد و سپس با به‌کارگیری وزن‌های به دست آمده از این روش، همهٔ معیارهای فرعی با شیوهٔ تاپسیس فازی رتبه‌بندی گردید.

با توجه به توضیحات ارائه شده (در قسمت ۳. ۲) در خصوص فرایند اجرایی تکنیک تاپسیس فازی، در این بخش برآنیم تا وزن هریک از معیارهای اصلی مؤثر بر پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات را با استفاده از این تکینک به‌دست آوریم. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌های مقایسه‌های زوجی معیارهای اصلی پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات، نرخ ناسازگاری هر جدول برای هر یک از افراد نمونه آماری محاسبه و پرسش‌نامه‌هایی که نرخ ناسازگاری آنها از ۰/۱ بیشتر بود، به نمونه آماری مربوطه برگشت داده‌شد تا در آن تجدید نظر کند. نرخ ناسازگاری شاخصی است که میزان سازگاری پاسخ‌های خبرگان به ارزیابی‌ها و مقایسات زوجی را اندازه‌گیری می-کند. به عبارت‌دیگر با کمک شاخص نرخ ناسازگاری می‌توان پی برد که بین مقایسه‌های دو به دو و زوجی در پرسش‌نامه‌های ما سازگاری وجود دارد یا خیر.

پس از این‌که تمام پرسش‌نامه‌ها، از نرخ ناسازگاری قابل قبولی برخوردار شدند (نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱)، میانگین هندسی نظر افراد نمونه آماری برای هر پرسش-نامه محاسبه گردید. برای بدست آوردن امتیازات و وزن نهایی هر کدام از معیارهای اصلی نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز، با بهره‌گیری از تکنیک تاپسیس فازی مراحل زیر طی شده است:

مرحله اول: به دست آوردن بسط مرکب فازی برای هر یک از معیارها

S1: عوامل ساختاری، S2: مسایل نیروی انسانی، S3: امور مالی، S4: موانع تجهیزاتی

$$\sum_{j=1}^{4} = (1,1,1) + (0.81, 2.25, 0.42) + (0.39, 1.41, 2) + (2.21, 1.25, 3.17) = (4.64, 6, 7.39)$$
$$\sum_{j=1}^{4} = (0.94, 1.33, 2.17) + (1,1,1) + (0.63, 1, 1.39) + (1.8, 2.17, 2.56) = (2.75, 5.7, 7.12)$$
$$\sum_{j=1}^{4} = (0.52, 0.72, 1.22) + (0.89, 1.22, 1.83) + (1,1,1) + (1.5, 2, 2.5) = (2.91, 4.94, 6.55)$$
$$\sum_{j=1}^{4} = (0.32, 0.39, 0.49) + (0.69, 0.89, 1.1) + (0.41, 0.52, 0.72) + (1,1,1) = (2.42, 2.8, 3.31)$$
$$(\sum_{j=1}^{4} \sum_{j=1}^{4})^{-1} = (0.1245, 0.526, 0.1548)$$

$$S1 = (4.64, 6, 7.39) \times (0.1245, 0.526, 0.1548) = (0.124, 0.245, 0.324)$$
$$S2 = (2.75, 5.5, 7.12) \times (0.1245, 0.526, 0.1548) = (0.244, 0.145, 0.338)$$
$$S3 = (2.91, 4.94, 6.55) \times (0.1245, 0.526, 0.1548) = (0.231, 0.475, 0.244)$$
$$S4 = (2.42, 2.8, 3.31) \times (0.1245, 0.526, 0.1548) = (0.214, 0.1, 0.412)$$

مرحله دوم: محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکان‌پذیری) Si بر Sk:

$$V(S4 \geq S1) = 1, V(S3 \geq S1) = 1, V(S2 \geq S1) = 1$$
$$V(S1 \geq S2) = 1, V(S4 \geq S2) = 1, V(S3 \geq S2) = 1$$
$$V(S2 \geq S3) = 0.235, V(S1 \geq S3) = 1, V(S4 \geq S3) = 0.754$$
$$V(S3 \geq S4) = 0.412 V(S2 \geq S4) = 1, V(S1 \geq S4) = 1$$

مرحله سوم: محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکان‌پذیری) یک عدد فازی محدب S که از K عدد فازی محدب Si: i=1,2,…,k بزرگتر می‌باشد.

$$V(S1 \geq S2, S3, S4) = \text{Min} V(S1 \geq S2), V(S1 \geq S3), V(S1 \geq S4) = 1$$
$$V(S2 \geq S1, S3, S4) = \text{Min} V(S2 \geq S1), V(S2 \geq S3), V(S2 \geq S4) = 0.932$$
$$V(S3 \geq S1, S2, S4) = \text{Min} V(S3 \geq S1), V(S3 \geq S2), V(S3 \geq S4) = 0.805$$
$$V(S4 \geq S1, S2, S3) = \text{Min} V(S4 \geq S1), V(S4 \geq S2), V(S4 \geq S3) = 0.286$$

مرحله چهارم: نرمالیزه کردن بردار W:

$$W = (1, 0.932, 0.805, 0.286), W_n = (0.222, 0.207, 0.179, 0.063)$$

با استفاده از وزن نهایی ماتریسهای میانگین هندسی، مقایسه‌های زوجی وابستگی داخلی معیارهای اصلی پیاده‌سازی استراتژی‌های نت، ماتریس وابستگی عوامل شکل گرفت. وزن نهایی هر معیار اصلی که در زیر نشان داده شده، از حاصل ضرب ماتریس وابستگی عوامل در ماتریس وزن نهایی (به دست آمده از ماتریس میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی معیارهای اصلی پیاده‌سازی استراتژی‌های نت)، محاسبه شده است.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.390 & 0.468 & 0.126 \\ 0.403 & 1 & 0.363 & 0.214 \\ 0.333 & 0.212 & 1 & 0.045 \\ 0.000 & 0.091 & 0.059 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.222 \\ 0.207 \\ 0.179 \\ 0.063 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3267 \\ 0.2827 \\ 0.3275 \\ 0.3451 \end{bmatrix}$$

جدول (۴): ماتریس میانگین هندسی مقایسه زوجی معیارهای اصلی پیاده سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات

معیارهای اصلی استراتژی-های نت	عوامل ساختاری	مسائل نیروی انسانی	امور مالی	موانع تجهیزاتی	وزن نهایی
عوامل ساختاری	(۱ ، ۱، ۱)	(۰/۸۱،۲/۲۵ ،۰/۴۲)	(۰/۳۹ ،۱/۴۱ ،۲)	(۲/۲۱ ،۱/۲۵ ،۳/۱۷)	۰/۲۲۲
مسائل نیروی انسانی	(۱/۳۶ ،۲/۲۵ ،۱/۲۷)	(۱ ، ۱، ۱)	(۰/۹۸ ،۱/۲۵ ،۱/۳۹)	(۱/۲۴ ،۱/۱۲ ،۲/۵۶)	۰/۲۰۷
امور مالی	(۰/۹۸ ،۱/۰۸ ،۱/۷۱)	(۲ ،۲/۳۶ ،۱/۸۳)	(۱ ، ۱، ۱)	(۱/۳۶ ،۲/۱۴ ،۲/۵۰)	۰/۱۷۹
موانع تجهیزاتی	(۱/۰۸ ،۰/۹۸ ،۰/۳۹)	(۱/۱۴ ،۲ ،۱/۹۸)	(۲ ،۱/۲۴ ،۰/۷۲)	(۱ ، ۱، ۱)	۰/۰۶۳

جدول (۵): ماتریس میانگین هندسی مقایسات زوجی با توجه به معیار عوامل ساختاری

عوامل ساختاری	مسائل نیروی انسانی	امور مالی	موانع تجهیزاتی	وزن نهایی
مسایل نیروی انسانی	(۱، ۱، ۱)	(۱/۳، ۱/۶۷، ۲/۰۶)	(۲، ۲/۵، ۳)	۰/۴۰۳
امور مالی	(۱/۳۳، ۱/۶۷، ۲)	(۱، ۱، ۱)	(۱/۸، ۲/۱۷، ۲/۵۶)	۰/۳۳۳
موانع تجهیزاتی	(۰/۶۵، ۰/۶۹، ۰/۸۳)	(۰/۵۴، ۰/۵۸، ۰/۶۳)	(۱، ۱، ۱)	۰/۰۰۰

جدول (۶): ماتریس میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی، با توجه به معیار مسایل نیروی انسانی

مسائل نیروی انسانی	عوامل ساختاری	امور مالی	موانع تجهیزاتی	وزن نهایی
عوامل ساختاری	(۱، ۱، ۱)	(۱/۵، ۲، ۲/۵)	(۱، ۰/۳۹، ۱/۸۳)	۰/۳۹۰
امور مالی	(۱/۳۳، ۱/۵، ۱/۶۷)	(۱، ۱، ۱)	(۰/۶۳، ۰/۸۹، ۱/۲۲)	۰/۲۱۲
موانع تجهیزاتی	(۰/۷۸، ۰/۸، ۰/۸۳)	(۰/۴۱، ۰/۵۲، ۰/۷۲)	(۱، ۱، ۱)	۰/۰۹۱

جدول (۷): ماتریس میانگین مقایسه‌های زوجی، با توجه به معیار امور مالی

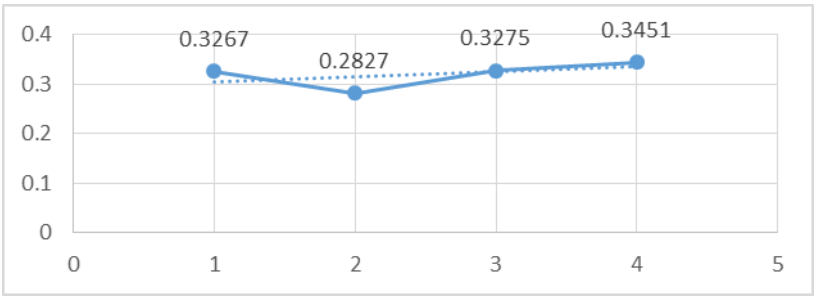
امور مالی	عوامل ساختاری	مسائل نیروی انسانی	موانع تجهیزاتی	وزن نهایی
عوامل ساختاری	(۱، ۱، ۱)	(۱/۸۳، ۲/۱۷، ۲/۵)	(۲، ۲/۳۳، ۲/۶۷)	۰/۴۶۸
مسائل نیروی انسانی	(۱/۱۷، ۱/۶۷، ۲/۱۷)	(۱، ۱، ۱)	(۱/۳۹، ۱/۸۳، ۲/۵)	۰/۳۶۳
موانع تجهیزاتی	(۰/۷۸، ۰/۸، ۰/۸۳)	(۱/۱۷، ۱/۵، ۱/۸۳)	(۱، ۱، ۱)	۰/۰۵۹

جدول (۸): ماتریس میانگین هندسی مقایسه‌های زوجی، با توجه به معیار موانع تجهیزاتی

موانع تجهیزاتی	عوامل ساختاری	مسائل نیروی انسانی	امور مالی	وزن نهایی
عوامل ساختاری	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱/۱۷، ۱/۳۳)	(۰/۶۷، ۱، ۱/۳۳)	۰/۱۲۶
مسائل نیروی انسانی	(۰/۸۹، ۱، ۱/۳۳)	(۱، ۱، ۱)	(۱/۳۳، ۱/۶۷، ۲)	۰/۲۱۴
امور مالی	(۱، ۰/۸۹، ۰/۸۳)	(۰/۴۷، ۰/۸۳، ۱/۲۲)	(۱، ۱، ۱)	۰/۰۴۸

جدول (۹): درجه اهمیت معیارهای اصلی مؤثر بر پیاده سازی سیستم نت

شرح	درجه اهمیت حاصل از فرایند تاپسیس فازی	رتبه از لحاظ میزان تاثیرگذاری
موانع تجهیزاتی(A1)	۰/۳۲۶۷	۳
عوامل ساختاری(A2)	۰/۲۸۲۷	۴
مسایل نیروی انسانی(A3)	۰/۳۲۷۵	۲
مسایل مالی(A4)	۰/۳۴۵۱	۱



نمودار (۱): اوزان معیارهای موثر بر پیاده سازی استراتژیهای نگهداری و تعمیرات

وزن هریک از معیارهای اصلی مؤثر بر پیاده‌سازی استراتژی‌های نت در جدول شماره (۹) آورده شده است. نمودار (۱) نیز اوزان نهائی معیارهای موثر بر پیاده‌سازی استراتژی

های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول (۹) و نمودار (۱) ملاحظه می‌شود، از لحاظ میزان اثرگذاری، مسائل مالی و نیروی کار در حد پایینی قرار دارند، بنابراین به مدیران شرکت تراکتورسازی تبریز توصیه می‌شود که به مسائل مالی و مسائل نیروی انسانی در حوزه نگهداری و تعمیرات توجه ویژه ای داشته باشند. رتبه‌بندی هر کدام از مولفه‌های مربوط به عوامل نت در شرکت تراکتورسازی تبریز بر اساس نظر اعضای کمیته تصمیم‌گیری در جداول (۱۰) تا (۱۳) به‌دست آمده است. با توجه به وزنهای به دست آمده برای هر یک از چهار دسته معیارهای اصلی و امتیازهای جمع شده براساس پرسشنامه، رتبه‌بندی معیارهای فرعی هریک از چهار دسته معیار اصلی مذکور، با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی به شرح جدول‌های (۱۰) تا (۱۳) می‌باشد. مدیریت شرکت می‌تواند به معیارها و مولفه‌هایی که در رتبه‌های بالاتری قرار دارند، توجه ویژه‌ای نماید. به‌عنوان مثال در معیار امور مالی که مهمترین معیار حاصل از اجرای تکنیک تاپسیس فازی است، با توجه به جدول شماره (۱۳) رتبه اول مربوط به مولفه "هزینه‌های بالای اجرای نت" بوده است که مدیران باید مدیریت صحیح و بهبود هزینه‌ها را در دستور کار خود قرار دهند. چراکه توجه اساسی به این مولفه می‌تواند تاثیر بسزایی در بهبود عوامل امور مالی شرکت داشته باشد.

جدول (۱۰): رتبه‌بندی مؤلفه‌های مربوط به معیار موانع تجهیزاتی با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی

مؤلفه‌های مربوط به معیار موانع تجهیزاتی	فاصله با ایده‌آل مثبت	فاصله با ایده‌آل منفی	Ci	وزن نهایی	رتبه
وجود خطر در زمینه اجرای تمیزکاری همراه با لمس	۲/۰۳	۵/۱۹	۰/۷۱۹	۰/۰۹۹	۱
کمبود تعداد پرسنل آموزش دیده	۲/۳۴	۴/۹۱	۰/۶۷۷	۰/۰۹۴	۲
کاهش تعداد پرسنل تولید با افزایش درجه اتوماسیون ماشین آلات	۳/۵۶	۳/۵۶	۰/۵۰۰	۰/۰۶۹	۳

جدول (۱۱): رتبه‌بندی مؤلفه‌های مربوط به معیار عوامل ساختاری با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی

مؤلفه‌های مربوط به معیار عوامل ساختاری	فاصله با ایده آل مثبت	فاصله با ایده‌آل منفی	Ci	وزن نهایی	رتبه
انگیزه کم مدیران	۱/۱۶	۶/۱۶	۰/۸۴۱	۰/۰۶۸	۱
عدم تطابق ساختار با نیازهای سیستمهای جدید	۱/۳۲	۶/۰۱	۰/۸۲۰	۰/۰۶۶	۲
عدم بومی سازی سیستم TPM	۱/۹۶	۵/۱۹	۰/۷۲۶	۰/۰۵۸	۳
مخالفت مدیران تولید با توقف ماشین-ها جهت نت	۲/۱۱	۵/۰۵	۰/۷۰۵	۰/۰۵۷	۴

جدول (۱۲): رتبه‌بندی مولفه های مربوط به معیار مسایل نیروی انسانی با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی

مؤلفه‌های مربوط به معیار مسائل نیروی انسانی	فاصله با ایده آل مثبت	فاصله با ایده‌آل منفی	Ci	وزن نهایی	رتبه
آموزش ناکافی پرسنل	۲/۱۸	۵/۰۰	۰/۶۹۶	۰/۰۷۳	۱
عدم پیگیری امور TPM	۲/۶۴	۴/۵۷	۰/۶۳۴	۰/۰۶۷	۲
عدم انگیزه پرسنل	۲/۷۵	۴/۴۴	۰/۶۱۸	۰/۰۶۵	۳

جدول (۱۳): رتبه‌بندی مؤلفه‌های مربوط به معیار امور مالی با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی

مؤلفه‌های مربوط به معیار امور مالی	فاصله با ایده آل	فاصله با ایده‌آل	Ci	وزن نهایی	رتبه
هزینه های بالای اجرای	۱/۶۷	۵/۴۹	۰/۷۶۷	۰/۰۴۱	۱
نبود نقدینگی در شرکتها	۲/۰۵	۵/۱۶	۰/۷۱۶	۰/۰۳۸	۲
نبود حمایت های دولتی	۲/۲۵	۴/۸۹	۰/۶۸۵	۰/۰۳۷	۳
عدم تخصیص بودجه کافی	۲/۲۷	۴/۹۱	۰/۶۸۴	۰/۰۳۷	۴

۵- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه هدف اصلی این پژوهش، پس از انجام مصاحبه معیارهای موثر شناسایی شدند. این معیارها شامل زیر ساختهای تجهیزاتی، امور مالی، مسائل نیروی انسانی و عوامل ساختاری هستند. پرسش‌نامه‌ای براساس این معیارها تهیه شد که روایی و پایایی آن بررسی و تایید شد و نظر استادان و صاحب‌نظران مورد استفاده قرار گرفت. با بهره‌گیری از فرایند تاپسیس فازی و جدول مقایسات زوجی درجه اهمیت معیارهای اصلی اندازه‌گیری شد. در میان عوامل موثر بر زیر ساخت های لازم جهت پیاده‌سازی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز، مسائل امور مالی و نیروی انسانی از مهمترین عوامل تعیین شد. عوامل مربوط به موانع تجهیزاتی و عوامل ساختاری در رده های بعدی این رتبه‌بندی قرار دارند. همچنین مطابق نتایج پژوهش در زیر معیارهای مسائل امور مالی مولفه‌های "هزینه های بالای اجرای نت" و "عدم نقدینگی" در شرکت از عوامل اساسی و موهم اجرای سیستم نت است. همچنین در مورد معیار نیروی انسانی زیر معیار "آموزش ناکافی پرسنل" از مهمترین عوامل در اجرای یک سیستم نت است. در رتبه‌بندی زیر معیارهای عوامل ساختاری نیز زیر معیار "انگیزه کم مدیران" یکی عوامل تاثیرگذار بر اجرای سیستم نت مورد توجه است.

همچنین در رتبه‌بندی عوامل معیار موانع تجهیزاتی وجود خطر در زمینه "اجرای تمیزکاری همراه با لمس" و "آموزش ناکافی کارکنان" دارای اهمیت بالاتری هستند.
با توجه به اینکه امور مربوط به مسائل مالی تاثیرگذارترین عامل بر پیاده‌سازی استراتژیهای نگهداری و تعمیرات در شرکت تراکتورسازی تبریز می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌شود؛ مدیریت بهینه هزینه‌های نت و اختصاص بودجه ویژه بر اساس محرک فعالیت نت در جهت اجرای سیستم‌های تعمیرات و نگه‌داری انجام شود. پاداش‌های غیرمادی برای کارکنان و متخصصان بخش تعمیرات و نگه‌داری در تشویق آنان به بروزرسانی دانش فنی و علمی خود صورت پذیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که تمامی مولفه‌ها با توجه به رتبه در تمامی معیارها مورد توجه قرار گیرند تا تمامی داشته‌ها، تجهیزات و امکانات این شرکت بزرگ کشور چه مادی و چه غیر مادی صحیح و به‌جا مصرف شوند و بودجه‌ای برای بهبود اهدافی که در سطح بالاتری قرار دارند اختصاص یابد. پژوهش حاضر برای واحد نگهداری و تعمیرات شرکت تراکتورسازی تبریز اجرا شد، پیشنهاد می-شود، تحقیق مشابهی برای سایر واحدهای شرکت از جمله واحد بازاریابی و خدمات پس از فروش، واحد تولید و امور مالی و حسابداری شرکت نیز اجرا شود. همچنین مشابه این تحقیق می‌تواند در سایر صنایع تولیدی و تجاری کشور توسط دانشجویان تحصیلات تکمیلی و پژوهشگران مطالعه گردد.

تحقیق حاضر صرفاً بر روی مدیران و کارشناسان شرکت تراکتورسازی تبریز در واحد نت صورت گرفته است، بنابراین تعمیم نتایج به سایر واحدها و سایر شرکتهای مشابه با احتیاط صورت پذیرد. بی دقتی و عدم تمایل برخی از اعضای کمیته تصمیم-گیری در پاسخ دادن به سؤالات به گونه‌ای که برخی از پرسش‌نامه‌ها به علت پاسخ‌های نیمه تمام کنار گذاشته شدند. پیشنهاد می‌شود ابتدا مدیران و کارکنان آموزش‌های لازم را مجدد ببینند تا اهمیت نت بیش از پیش مشخص شود تا مدیران بتوانند اجرای مولفه‌هایی همچون عوامل ساختاری و موانع تجهیزاتی که از اولویت پایینی برخوردار هستند را به نحو موثرتری مد نظر قرار داده و اجرا کنند.

فهرست منابع

اسدی، حامد. (۱۳۹۶) استراتژی های تعمیر و نگهداری و تاثیر آن بر وضعیت تجهیزات و ماشین آلات، سومین کنفرانس سالانه ملی مهندسی مکانیک و راهکارهای صنعتی.

آسمانی، یاسر. (۱۳۹۶) مدیریت نگهداری و تعمیرات و استراتژیهای کاربردی در صنعت سیمان، ماهنامه تخصصی فناوری سیمان، ۱۰۵ ، ۲۱-۳۲.

حاجی‌زاده اصل، رضا، نوری، مصطفی، زرگر، مهدی (۱۳۹۴) عوامل مؤثر در پیاده‌سازی سامانه مکانیزه مدیریت نگهداری و تعمیرات ناجا و بررسی چالش‌های آن، نشریه علمی اندیشه آماد، ۱۴(۵۴)، ۱۲۵-۱۳۶.

حبیبی، آرش؛ ایزدیار، صدیقه؛ سرافرازی، اعظم (۱۳۹۳) کتاب تصمیم گیری چندمعیاره فازی، انتشارات سیمای دانش، چاپ اول، ۵۲-۹۴.

ربانی، علی، زارع، حبیب، بهنیا، فروغ. (۱۳۹۲) ارائه الگوی مناسب جهت پیاده‌سازی سیستم نگهداری و تعمیرات در کارخانجات خطوط تولید پیوسته با رویکرد مدل های تصمیم گیری و برنامه‌ریزی آرمانی فازی، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، ۳۱،۸۵-۱۰۰.

زهره ئی، ایمان، و محتشمی، علی (۱۳۹۹) ارائه یک روش جدید جهت انتخاب استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات بر مبنای فرآیند تحلیل شبکهای فازی و برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی فازی، فصلنامه مدیریت راهبردی سیستم‌های صنعتی، ۱۵(۵۱)، ۳۱-۵۰.

سید حسینی، محمد. (۱۳۹۶) برنامه ریزی سیستماتیک نظام نگهداری و تعمیرات در بخش صنایع و خدمات، تهران: سازمان مدیریت صنعتی، چاپ هفتم.

عالم تبریز، اکبر، و باقرزاده آذر، محمد (۱۳۸۸) تلفیق ANP فازی و TOPSIS تعدیل شده برای گزینش تامین کننده راهبردی، پژوهش‌های مدیریت، ۳(۲)، ۱۴۹-۱۸۱.

کامرانی، محسن، قنبری، محسن، توکلی، عبدالرضا. (۱۳۹۳) بررسی عملکرد سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) با رویکرد بهره برداری بهینه در شبکه های توزیع، بیست و نهمین کنفرانس بین المللی برق.

والمحمدی، چنگیز؛ صوفیابادی، جواد؛ لطف زاده، فخرالدین. (۱۳۹۶) انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات به منظور بهبود شاخص‌های ارزیابی قابلیت اطمینان و تعمیرپذیری، مدیریت بهره‌وری، ۱۱(۴۲)، ۱۷۵-۱۹۶.

Aggoune, R. (2015). Minimizing the makes pan for the flow shop scheduling problem with availability constraints. *European Journal of Operational Research*, 153(3), 534-543.

Allaoui, H., Artiba, A., Elmaghrabyb, S. E., & Rianea, F. (2014). Scheduling of a two-machine flow shop with availability constraints on the first machine, *International Journal of Production Economics*, 99(1–2), 16–27.

Breit, J. (2004). An improved approximation algorithm for two-machine flow shop scheduling with an availability constraint. *Information Processing Letters*, 90(6), 273-278.

Chen, C-T., Lin, C-T., & Huang, S-F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *Int. J. Production Economics*, 102, 289-301.

Chen, T. C. E., & Liu, Z. (2015). Approximability of two-machine no-wait flow shop scheduling with availability constraints, *Operations Research Letters*, 31(4), 319-322.

Chen, C. T. (2017) Extensions of the for group decision-making under fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 114: 1–9.

Dagdeviren, M., Yuksel, I., & Kurt, M. (2008). A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behavior risk (FBR) in work system. *Safety Science*, 46, 771–783.

Goodarzi, M., & Molaei, M. (2016). Identify Critical Factors in Implementing Comprehensive Productivity Maintenance. *International Congress on Management, Economics and Business Development*.

Haimes, Y. Y., Wismer, D. A., and Lasdon, D. S. (2016). On bi criterion formulation of the integrated systems identification and system optimization. IEEE Transactions on Systems, *Man and Cybernetics*, SMC-1 (3), 97-296.

Hax, A. C., Majluf, N. S. (2016). The Strategy Concept and Process - A Pragmatic Approach. *Prentice-Hall International, Inc.*, New Jersey.

Hwang, CL., & Yoon K, (1981). Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications. *Springer*, Berlin.

Jain, K., Singh Jain, S. & Singh Chauhan, M. (2013). Selection of optimum maintenance and rehabilitation strategy for multiline highways. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*. 3(3), 269-278.

Kim, J., Yum, S., Son,,S., Son, K., Bae, J. (2021). Modeling Deep Neural Networks to Learn Maintenance and Repair Costs of Educational Facilities. *Buildings*,11, 165, 1-12.

Rabbani, A., Zare, H. & Behnia, F. (2013). Providing a suitable model for implementing the maintenance system in factories of continuous production lines with the approach of decision models and fuzzy ideal planning. *Journal of Industrial Management Studies*, 31(11), 85-100.

Safari, Saeed, Sayyahzadeh, S., & Sadeghi, R. (2010). Selection of Maintenance Policy using AHP and Ideal Planning. *Sixth Maintenance Conference*. (https://civilica.com/doc/88059)

Sapari, F, Asadi Kiapi, M. B. (2010) Reliability-based maintenance strategy with the AHP Method in Distribution Networks, *25th International Electricity Conference*. (https://civilica.com/doc/133465)

Wakiru, J., L.Pintelon, L., Muchiri, P.N., Chemweno, P. (2018). Maintenance Optimization: Application of Remanufacturing and Repair Strategies. *Procedia CIRP*, 69, 899- 904.

Weiseh, A., & Afrand, A. (2015). Selection of Maintenance Strategies for Industries Using a Combined Multi-Criteria Decision Making Approach. *Third International Conference on New Research in Management, Economics and Accounting*. (https://civilica.com).