چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۶ ـ تابستان ۱۳۹۱
ص‌ص ۱۰۷ -۸۹

بکارگیری رویکرد ترکیبی DEMATEL و ANP برای انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات (مطالعه موردی: صنعت خودروهای کار)

میلاد آقایی*، صفر فضلی**

چکیده

در محیط رقابتی امروز، مدیران شرکت‌های خودروسازی سعی دارند تا سازمان‌های خود را از طریق ایجاد قابلیت تحویل به موقع محصولاتی با کیفیت، مطابق با نیازهای مشتریان به سازمان‌هایی رقابتی تبدیل نمایند؛ در این راستا، نگهداری و تعمیرات نقش اساسی را در کاهش هزینه‌ها، کمینه‌سازی زمان از کارافتادگی تجهیزات، بهبود کیفیت، افزایش بهره‌وری و تأمین قابلیت اطمینان تجهیزات و درنتیجه، دست‌یابی به اهداف کمی و کیفی سازمانی ایفا می‌کند. انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات نوعی مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره در جهت دستیابی به اهداف مذکور است که نیازمند به بررسی حجم زیادی از عوامل به‌عنوان معیارهای چندگانه ارزیابی است. در این مقاله، از روش دلفی و ادبیات تحقیق برای تعیین عوامل مؤثر بر انتخاب استراتژی مناسب نت، از فرایند تحلیل شبکه (ANP) که در آن تعاملات سیستماتیک میان معیارها وجود دارد برای انتخاب استراتژی مناسب و از روش آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL) برای تعیین جهت روابط میان معیارها در دو شرکت ایران‌خودرو دیزل و سایپا دیزل به‌عنوان بزرگترین تولیدکنندگان خودروهای سنگین در ایران و خاورمیانه استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که رویکرد مناسب بااستفاده از روش ترکیبی این تحقیق، برای دو شرکت مورد مطالعه در قالب صنعت خودروهای کار، رویکرد نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) است.

کلیدواژه‌ها: نگهداری و تعمیرات؛ استراتژی؛ تصمیم‌گیری چندمعیاره؛ فرایند تحلیل شبکه؛ آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری.

تاریخ دریافت مقاله:۹۰/۰۹/۱۵، تاریخ پذیرش مقاله:۹۱/۰۴/۳۰.

* دانشجوی دکتری، دانشگاه شاهد (نویسنده مسئول).
E-mail: milad.aghaee@ymail.com

** استادیار، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) قزوین.

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

نگهداری و تعمیرات[1] که آن را به اختصار نت می‌نامیم؛ یکی از مفاهیم اساسی در سازمان‌های پیشرفته و در حال حرکت به سمت کلاس جهانی است که از جایگاه ویژه‌ای در سطح مدیران، به‌ویژه مدیران ارشد و کارکنان سازمان برخوردار است. شاید در گذشته، سازمان‌ها (اعم از مدیران و کارکنان) به اشتباه مفهوم نگهداری را در قالب تعمیرات مستتر می‌دیدند؛ اما، امروزه با گسترش مفاهیم علمی و پیشرفت‌های حوزه دانش وساختارهای دانایی‌محور، تفکر نسبت به تعمیرات به‌طور کلی متحول گردیده و رویکردها به‌سمت شکل‌گیری نگهداری به‌جای تعمیرات تغییر یافته است. به‌عبارت دیگر، اکنون مفهومی به‌عنوان تعمیرات در ادبیات علمی نت جایگاه خود را از دست داده است و تعمیرات نیز به‌عنوان جزئی از نگهداری، در قالب نت اضطراری و یا نت اصلاحی، تعریف می‌شود. شاید بتوان مبنای این تفکر صحیح را پارادایم متداول در حوزه سلامت یعنی "پیشگیری همواره بهتر از درمان است" دانست؛ چرا که سازمان‌های کنونی که در محیطی شدیداً رقابتی در حال فعالیت هستند، دیگر مجالی برای اشتباه ندارند و کوچکترین اشتباهی صدمات زیادی را به سازمان وارد می‌کند. از این‌رو، در این محیط که سازمان‌ها را ناگزیر از به‌کارگیری تجهیزات و دارایی‌های سرمایه‌ای با قیمت‌های گزاف نموده است، نگهداری از آن‌ها اهمیت بیشتری می‌یابد [۱]. یکی از عوامل مؤثر و تأثیرگذار در صنعت، عدم اطمینان[2] است. عدم اطمینان در محیط که به‌طور مستقیم تحت تأثیر رفتار انسانی بوده و دارای دو بُعد سودمند و غیرسودمند است. در بعد غیرسودمند، عدم اطمینان در محیط موجب تحمیل هزینه‌های بسیار بالا در حوزه نیروی انسانی، تجهیزات و... می‌گردد؛ اما در بعد مؤثر و سودمند، عدم اطمینان و شکل‌گیری پویایی در محیط موجب الزام سازمان‌ها به ایجاد قابلیت انعطاف‌پذیری سازمانی می‌شود. علاوه‌بر این، باتوجه به مفهوم مشتری محوری در سازمان‌ها که می‌توان از آن به‌عنوان مفهوم سازمان مشتری‌محور نیز یاد کرد، هر چقدر میزان انعطاف‌پذیری و قابلیت مانور سازمان افزایش یابد، می‌توان گفت که میزان رضایت‌مندی از سازمان نیز افزایش خواهد یافت. در این راستا، از جمله مهم‌ترین عواملی که باید به آن توجه نمود، به‌کارگیری رویکردهای نوین نگهداری و تعمیرات در جهت ایجاد قابلیت انعطاف سازمانی است که در نهایت، علاوه‌بر ایجاد قابلیت‌های مورد نظر، موجب افزایش بهره‌وری سازمان نیز خواهد شد [۲].
بر اساس این نگرش، سیستم‌های نگهداری و تعمیرات به‌عنوان یک کل متشکل از اجزای در هم تافته [۳] مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌ها [۴و۵] به‌همراه منابع، فرهنگ، ساختار و سیستم مدیریت یکپارچه [۶] با ایجاد ساختاری پویا و زنده[3] [۷] برای کنترل و تسلط و یا رقابت در

1. Maintenance
2. Uncertainty
3. Organic Structure

Archive of SID

www.SID.ir

محیط‌هایی با ویژگی بی نظمی و آشفتگی طراحی گردیده‌اند که در آن، کل یا نتیجه فعالیت‌ها، بزرگتر از تک تک اجزای آن است [۸]. از طرفی، فقدان استراتژی مدون بر اساس اصول مدیریت علمی در حوزه نگهداری و تعمیرات، سیستم‌ها را به سیستمی واکنشی در برابر سیستمی فعال در محیطی پویا، بر اساس رویکرد کیفیت و مشتری‌محوری، تبدیل نموده است. برای حل این معضل، امروزه رویکردهای متفاوتی نسبت به نگهداری و تعمیرات مطرح شده‌اند که هر کدام دارای کاربردهای منحصر به‌فرد و چندگانه هستند. از جمله آن‌ها می‌توان به رویکردهای زیر اشاره نمود: نت اصلاحی (CM)[۱]باهدف تعمیر خرابی پس از وقوع آن، نت پیشگیرانه (PM)[۲] باهدف پیشگیری از بروز خرابی، نت بهره‌ور فراگیر (TPM)[۳] باهدف مشارکت همه کارکنان سازمان در تمامی سطوح سازمانی در فعالیت‌های نت، نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)[۴] باهدف دستیابی به قابلیت اطمینان حداکثری تجهیزات، نت مبتنی بر وضعیت فنی (CBM)[۵] باهدف پایش مستمر وضعیت فنی تجهیزات و نت پیشگویانه (PDM)[۶] باهدف پیش‌بینی زمان ازکارافتادگی و توقف دستگاه‌ها و تجهیزات. از طرف دیگر، انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات به‌نوعی مسأله‌ای است که در آن معیارهای متفاوتی تأثیرگذار می‌باشد. از این‌رو می‌توان گفت، انتخاب استراتژی مناسب نت نوعی مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)[۷] است که بر اساس آن می‌توان بهترین گزینه را در میان راهکارهای ممکن بر مبنای ارزیابی معیارهای چندگانه انتخاب نمود [۹]. آنچه در این بین از اهمیت بسیار بالایی برخودار است وجود ارتباط میان عوامل و به‌کارگیری تکنیک مناسب برای تعیین ارتباط و ارزیابی گزینه مناسب است. از این‌رو، این تحقیق در پی انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات بااستفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است.

۲. مبانی و چارچوب نظری تحقیق

انتخاب استراتژی مناسب با مجموعه‌ای از تصمیم‌گیری‌های ترکیبی و هم‌شکل به سازمان در راه رسیدن به هدف کمک می‌کند. از این‌رو، اثربخشی نگهداری و تعمیرات تنها زمانی قابل بررسی است که یک استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات معین شناخته شده و بررسی شود. از این‌رو، استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات باید مؤثر و با اهداف تجارت و تولید هم سازگار

1. Corrective maintenance
2. Preventive maintenance
3. Total productive maintenance
4. Reliability centered maintenance
5. Condition based maintenance
6. Predictive maintenance
7. Multi-criteria decision making

Archive of SID

www.SID.ir

باشد [۱۰]. در این بخش به بررسی مختصر مفهوم نگهداری و تعمیرات و شش استراتژی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌اند، خواهیم پرداخت.

نگهداری و تعمیرات مجموعه‌ای از فعالیت‌های مختلف است که به‌منظور حفظ و بقای قطعات، تجهیزات و صیانت از سرمایه‌ها و دارایی‌ها به‌کار می‌رود؛ تا از بروز حوادثی که منجر به خرابی دستگاه‌ها و وقفه در فرایند تولید و یا روند بهره‌برداری از تجهیزات مربوط می‌گردد، پیشگیری لازم به‌عمل آید [۱۱]. به‌عبارت بهتر، نت مجموعه‌ای از فعالیت‌های واحدهای سازمان به‌جهت حفظ آماده به‌کاری صد درصدی تجهیزات و ماشین‌آلات است. راهبردهای مختلف نگهداری و تعمیرات که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند، عبارتند است: نت اصلاحی، پیشگیرانه، بهره‌ور فراگیر، مبتنی بر قابلیت اطمینان، مبتنی بر وضعیت فنی و پیشگویانه.

نت اصلاحی. این رویکرد نت به‌عنوان استراتژی آتش‌نشانی[1]، نت بر مبنای خرابی[2] یا نت ازکارافتادگی[3] نیز معروف است [۱۲و۱۳] و زمانی به‌کار گرفته می‌شود که فعالیت‌های نت تا خرابی رخ ندهد و سود نهایی بالا باشد [۱۴و۱۵].

نت پیشگیرانه. نت مبتنی بر زمانبندی نام دارد که در آن، زمان ممکن است اشاره به تاریخ تقویمی[4] زمان و یا سال عملیاتی داشته باشد وبرای انجام آن به یک سیستم نیاز است [۱۶]. زمانی که از رویکرد نت پیشگیرانه استفاده می‌شود، دستگاه‌ها در بیشترین طول عمر خود فعالیت می‌کنند [۱۴].

نت مبتنی بر وضعیت فنی. امروزه روش‌های پایش نظیر: پایش لرزش[5]، آنالیز روغن کاری[6] و تست مافوق صوت[7] در دسترس هستند. داده‌های پایش‌شده مهندسان را از نرمال بودن شرایط مطلع می‌سازند و این امکان را فراهم کنند تا پیش از وقوع خرابی اقدامات لازم نت را انجام دهند [۱۷].

نت پیشگویانه. اغلب اشاره به همان نت مبتنی بر وضعیت فنی [۱۵و۱۸] و اشاره به رویکرد نتی دارد که قادر به پیش‌بینی روند موقت فرسایش و پیش‌بینی خرابی‌های داستگاه‌ها بااستفاده

1. Fire fighting
2. Failure based maintenance
3. Breakdown maintenance
4. Calendar time
5. Vibration monitoring
6. Lubricating analysis
7. Ultrasonic test

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل داده‌های پایش شده پارامترها است [۱۹]. اخیراً، سیستم‌های هوشمند نت که توسط دیجوردانویچ و دیگران[1] (۲۰۰۳) [۲۰] تشریح شد، متمرکز بر تکنیک‌های پیش‌بینی خرابی باهدف دستیابی به عملکرد نزدیک به صفر توقف ماشین‌آلات است.

نت بهره‌ور فراگیر TPM. توسط ناکاجیما (۱۹۸۸) [۲۱] تعریف شد و دربر گیرنده مشارکت فعال کلیه کارکنان سازمان از مدیران ارشد تا کارکنان برای گسترش اثربخشی تجهیزات از طریق حذف ۶ ضایعه بزرگ نظیر ضایعات توقف، ضایعات تنظیم و شروع به کار، ضایعات سرعت و... است [۲۲،۲۳و۲۴].

نت مبتنی بر قابلیت اطمینان RCM. رویکردی سیستماتیک است که برای بهینه‌سازی برنامه‌های نت پیشگیرانه و پیشگویانه و افزایش کارایی تجهیزات به‌کار گرفته می‌شود [۱۶]. در ادامه به بررسی سوابق تحقیقات گذشته خواهیم پرداخت.

نسا مردانی (۱۳۸۸) [۲۵] در پایان‌نامه کارشناسی ارشد تحت‌عنوان انتخاب استراتژی نت مناسب بااستفاده از روش TOPSIS فازی (مطالعه موردی: کارخانه سیمان سپاهان) به‌دنبال تعیین استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات برای کارخانه سیمان سپاهان بود. در این تحقیق، در ابتدا ماشین‌آلات طبقه‌بندی شده و استراتژی برای ماشین‌آلات حیاتی نت پیشگویانه، برای ماشین‌آلات مهم نت پیشگیرانه و برای ماشین‌آلات معمولی نت اصلاحی انتخاب گردیده است. سابقه تحقیقات خارجی نیز به سال ۱۹۹۹ باز می‌گردد. آزادیوار و شو در سال ۱۹۹۹در تحقیقی تحت‌عنوان انتخاب سیاست نگهداری و تعمیرات برای سیستم‌های JIT در مجله اقتصاد تولید روشی را برای انتخاب استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات برای هر طبقه از سیستم‌ها در یک محیط JIT، ارائه دادند و ۱۶ فاکتور را که در انتخاب استراتژی بهینه نقش اساسی را بازی می‌کنند، بیان کردند. پس از آن، بویلاکوا و براگلیا (۲۰۰۰) [۲۶] در تحقیقی باعنوان به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب استراتژی نت، روش اصلی برای انتخاب استراتژی نت را در یک پالایشگاه نفت ایتالیایی ارائه کردند. معیارهایی که آن‌ها به‌کار گرفتند به نظر کافی می‌آید، اما روش تصمیم‌گیری قطعی مانند AHP سنتی نمی‌تواند مناسب باشد به‌خاطر این‌که بسیاری از اهداف نت که به‌عنوان معیارهایی در نظر گرفته می‌شوند بلندمدت هستند و کمی کردن آن‌ها مشکل است. از طرف دیگر، النجار و السیوف (۲۰۰۳) [۱۷] و شارما و دیگران (۲۰۰۵) [۱۵] مشهورترین استراتژی‌های نت را از روش ارزیابی تیوری استنباط فازی و تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره فازی مشخص کردند. وانگ و همکاران (۲۰۰۳) [۲۷] نیز در

1. Djurdjanovic

Archive of SID

www.SID.ir

مقاله‌ای برای ارزیابی و انتخاب استراتژی بهینه نت و تفکیک مدیریت شرایط از کلمات فازی استفاده کردند. آن‌ها دریافتند که روش فازی بر مبنای ورودی‌های کلامی کیفی عملی‌تر از روش‌های قبلی می‌باشد؛ چرا که بسیاری از اهداف نت در سازمان نامحسوس هستند. شارما و دیگران (۲۰۰۵) [۱۵] در مقاله مدل‌سازی زبانی فازی برای انتخاب استراتژی مناسب نت در صنایع فرایندی به انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات برای قطعات و تجهیزات مرتبط با سیستم‌ها پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که چگونه رویکرد منطق فازی اطلاعات مبهم، دوپهلو و کیفی را به واژه‌های کمی و عددی ترجمه می‌کند و این کار موجب ایجاد استراتژی‌هایی با اطلاعات دقیق و ناکارا می‌شود. در این تحقیق، مشخص شده است که استراتژی‌های فعال مانند نت مبتنی بر وضعیت فنی و استراتژی‌های تهاجمی مانند نت بهره‌ور فراگیر در مقایسه با رویکردهای سنتی مانند استراتژی‌های واکنشی از جایگاه بهتری برخوردار هستند. شیجیث، کی و دیگران (۲۰۰۸) [۲۸] نیز رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره به ارزیابی استراتژی بهینه‌نگهداری و تعمیرات در صنایع نساجی را باهدف به‌کارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی و TOPSIS برای انتخاب استراتژی بهینه در صنایع نساجی بررسی کردند. در این تحقیق از استراتژی‌های نت پیشگویانه، بهره‌ور فراگیر، مبتنی بر قابلیت اطمینان و مبتنی بر وضعیت به‌عنوان رویکردهای رایج استفاده شده است که در انتها این رویکردها به این‌ترتیب اولویت‌بندی شده‌اند: نت پیشگویانه، مبتنی بر وضعیت، مبتنی بر قابلیت اطمینان و پیشگیرانه. در این مقاله بااستفاده از تکنیک AHP برای وزن دهی به معیارها و از تکنیک TOPSIS برای اولویت‌بندی معیارها استفاده شده است. در انتها نیز بشیری و دیگران (۲۰۱۱) [۹] در مقاله‌ای تحت‌عنوان انتخاب استراتژی بهینه‌نگهداری و تعمیرات با روش تخصیص خطی فعال فازی، روش جدیدی را بر مبنای رویکرد فازی در ترکیب با روش تخصیص خطی فعال جهت انتخاب استراتژی بهینه‌نگهداری و تعمیرات استفاده کردند. از جمله مهم‌ترین رویکردهایی که در این تحقیق ارزیابی شده‌اند عبارتند از: نت اصلاحی، نت پیشگیرانه، نت مبتنی بر وضعیت فنی و نت پیشگویانه. از جمله مهم‌ترین معیارهای ارزیابی عبارتند از هزینه کل، فاصله بین خرابی‌ها، و ۴ معیار کیفی. باتوجه به این‌که در تمامی تحقیقاتی که به آن‌ها اشاره شد از روش‌هایی استفاده گردیده است که فرض استقلال میان معیارها را در نظر گرفته‌اند؛ در این تحقیق، بر آن هستیم تا به بررسی وجود رابطه میان معیارها پرداخته و در صورت وجود رابطه از روش تصمیم‌گیری مناسب برای انتخاب استراتژی برتر استفاده نماییم.

Archive of SID

www.SID.ir

۳. روش شناسی تحقیق

در این تحقیق، بااستفاده از روش دلفی و ادبیات تحقیق، معیارهای مؤثر بر ارزیابی استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات طبقه‌بندی، از روش DEMATEL برای تعیین جهت رابطه میان معیارها، بااستفاده از نظرات ۱۰ نفر از خبرگان سیستم نگهداری و تعمیرات و از روش ANP برای وزن دهی به معیارها و تعیین استراتژی برتر استفاده شده است. در ادامه، روش ترکیبی DEMATEL و ANP و رویه‌هایی که در روش پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفته است، تشریح گردیده‌اند.

روش DEMATEL. روش DEMATEL برای اولین بار در مرکز تحقیقات ژنو[1] معرفی گردید. این روش در آن زمان برای حل مسائل پیچیده ای نظیر مسائل قحطی، انرژی، حفاظت از محیط زیست و... مورد استفاده قرار گرفت [۲۹]. روش DEMATEL یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره بر مبنای تیوری گراف است که ما را قادر می‌سازد تا مسائل را برنامه‌ریزی و حل کنیم؛ به‌نحوی که ممکن است برای درک بهتر روابط علی، نقشه روابط شبکه‌ای چندین معیار را در گروه علت/معلول ترسیم کنیم [۳۰ و ۳۱ و ۳۲ و ۳۳ و ۳۴]. محصول نهایی فرایند DEMATEL ارائه تصویری است که پاسخ‌گو بر اساس آن فعالیت‌های خود را سازمان داده و جهت روابط میان معیارها را مشخص می‌نماید [۳۵]. وو[2] (۲۰۰۸) چهار گام زیر را برای روش DEMATEL بر اساس روش فونتلا و گابوس (۱۹۷۶) ارائه کرده است [۲۹و ۳۶و ۳۷].

گام اول: ماتریس میانگین را بیابید. تصور کنید که در این مطالعه H خبره و n معیار مورد بررسی داریم. از هر خبره خواسته می‌شود تا سطحی را که نشان‌دهنده تأثیرات i بر j معیار است، مشخص کند. این مقایسات دو به دو بین هر دو معیار با aij بیان شده و معیار رتبه‌بندی عدد صحیح از ۰و۱و۲و۳و ۴ می‌باشد که بر اساس آن، صفر نشان‌دهنده عدم تأثیر، ۱ تأثیر کم، ۲ تأثیر متوسط، ۳ تأثیر بالا، ۴ تأثیر بسیار بالا است. نمرات ارائه شده توسط هر خبره، یک ماتریس غیرمنفی $X^K = [X_{ij}^k]_{n\times n}$ را با $1\leq K\leq H$ می‌دهد که $x^1, x^2, x^3, \ldots, x^H$ ماتریس‌های پاسخ برای هر H خبره و هر عنصر x^k عدد صحیح ارائه شده توسط xij^k است. عناصر قطری هر ماتریس x^k همه در جهت صفر تدوین می‌شوند. سپس می‌توان میانگین n×n ماتریس A را برای نظرات تمام خبره‌ها به‌وسیله میانگین گیری نمرات H خبره به‌ترتیب زیر محاسبه کنیم:

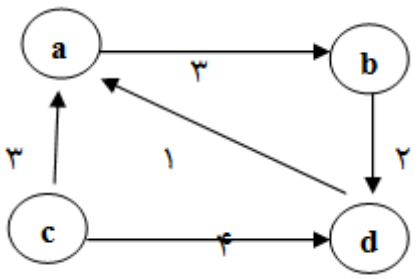
1. Geneva Research Center
2. Wu

Archive of SID

www.SID.ir

$$[a_{ij}]_{n\times n} = \frac{1}{H}\sum_{k=1}^{H}[X_{ij}^{k}[_{n\times n} \quad (۱)$$

ماتریس میانگین $A=[a_{ij}]_{n\times n}$ ماتریس اولیه روابط مستقیم نامیده می‌شود. A، نشان‌دهنده تأثیرات اولیه مستقیم است که یک معیار بر روی خود و سایر معیارها نشان می‌دهد. علاوه‌بر این، می‌توان تأثیرات علّی میان هر جفت معیار سیستم را با ترسیم نقشه تأثیر، نمایش داد. شکل ۱. مثالی از چنین نقشه شبکه تأثیرات، هر حرف نشان گر یک معیار در سیستم و هر پیکان از c به d نشانگر تأثیری است که c بر d داشته و میزان تأثیر 4 است.



شکل ۱. نمونه نقشه تأثیر

گام دوم: محاسبه ماتریس اولیه جهت محور نرمال شده. ماتریس اولیه D محور نرمال شده به‌وسیله نرمال‌سازی ماتریس میانگین A به‌روش زیر به‌دست می‌آید:

$$S = max\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \quad (۲)$$

$$D = \frac{A}{S} \quad (۳)$$

به‌دلیل این‌که جمع هر ردیف i ماتریس A نشان‌گر تأثیرات جهت کلی است که معیار i به معیار دیگر می‌دهد. S نشانگر تأثیرات کلی مستقیم معیار با بیشترین تأثیرات بر روی سایر معیارها است. مشابه با آن، مجموع هر ستون j از ماتریس A بیان‌گر تأثیرات کلی و مستقیم دریافت شده نسبت به سایر معیارهای i است. به‌طور مثال، چنان‌چه مجموع ردیف اول، دوم، سوم و چهارم یک ماتریس چهار در چهار به ترتیب ۲، ۳، ۴ و ۵ باشد، مقدار S برابر با ۵ خواهد بود. در

Archive of SID

www.SID.ir

مرحله بعد، هر یک از درایه‌های ماتریس A را بر عدد ۵ تقسیم کرده و ماتریس D حاصل می‌گردد.

گام سوم: ماتریس کلی روابط را محاسبه کنید. مجموع دنباله نامحدود از آثار مستقیم و غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر (توأم با کلیه بازخورهای ممکن) به‌صورت یک تصاعد هندسی، بر اساس قوانین موجود از گراف‌ها محاسبه می‌شود. محاسبه این مجموع نیاز به استفاده از $(\mathrm{I}-\mathrm{D})^{-1}$ خواهد داشت. آثار غیرمستقیم از عناصر موجود ماتریس معکوس همگرایی دارد، زیرا اثرهای غیرمستقیم در طول زنجیره‌ها از دیاگراف موجود به‌صورت پیوسته کاهشی است. مجموع دنباله نامحدود از اثرهای مستقیم و غیرمستقیم عناصر بر یکدیگر به‌صورت $\mathrm{D}(\mathrm{I}-\mathrm{D})^{-1}$ است. توجه داشته باشید که:

$$\lim_{m\to\infty} D^m = [0[_{n\times n}\,, \lim_{m\to\infty}(I + D + D^2 + D^3 + \cdots + D^m) = (I-D)^{-1} \qquad (۴)$$

که در آن ۰ ماتریس تهی n×n و I ماتریس تعریف n×n است. ماتریس روابط کلی T یک ماتریس n×n بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mathrm{T} = [\mathrm{t_{ij}}], \quad \mathrm{i,j} = 1,2,\dots,\mathrm{n} \qquad (۵)$$

$$\begin{aligned}\mathrm{T} = \mathrm{D} + \mathrm{D}^2 + \mathrm{D}^3 + \cdots + \mathrm{D}^{\mathrm{m}}) &= \mathrm{D}(\mathrm{I} + \mathrm{D} + \mathrm{D}^2 + \mathrm{D}^3 + \cdots + \mathrm{D}^{\mathrm{m}-1}) \\ &= \mathrm{D}[(\mathrm{I} + \mathrm{D} + \mathrm{D}^2 + \mathrm{D}^3 + \cdots + \mathrm{D}^{\mathrm{m}-1})(1-\mathrm{D})](\mathrm{I}-\mathrm{D})^{-1} \\ &= \mathrm{D}(\mathrm{I}-\mathrm{D})^{-1}\end{aligned}$$

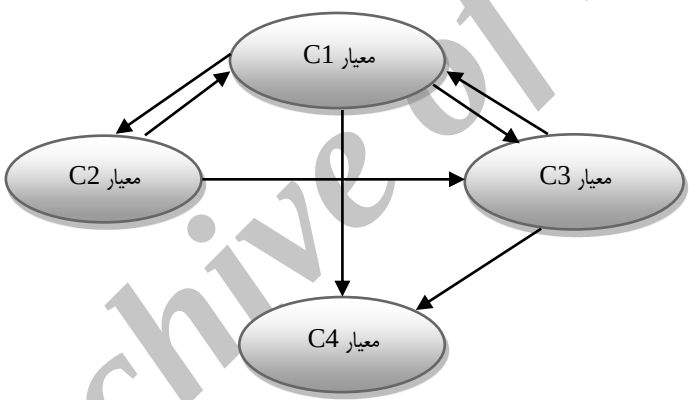
گام چهارم: ارزش آستانه‌ای را تدوین و نقشه شبکه روابط را ترسیم کنید. به‌منظور تشریح روابط ساختاری میان معیار و حفظ پیچیدگی سیستم با یک سطح قابل مدیریت، لازم است که ارزش آستانه‌ای p برای فیلتر نمودن تأثیرات ناچیز در ماتریس T تدوین شود. تنها برخی از معیارها که تأثیر آن‌ها در ماتریس T بیشتر از ارزش آستانه‌ای است باید انتخاب شده و در نقشه روابط شبکه‌ای نمایش داده شود. پس از تصمیم‌گیری نسبت به ارزش آستانه‌ای، نتایج تأثیر نهایی معیار می‌تواند در نقشه روابط نشان داده شود. برای بیان رویه‌های روش DEMATEL، نمونه ساده برای نمایش چگونگی روابط مورد بحث معیارها را می‌توان تعریف نمود. به‌طور مثال، سیستمی را فرض کنید که دربرگیرنده ۴ معیار C_4,C_3,C_2,C_1 ماتریس تأثیر نهایی T می تواند به‌وسیله فعالیت از گام ۱ تا گام ۴ تعیین شود. بعد از آن، بر مبنای ارزش P

Archive of SID

www.SID.ir

(ارزش آستانه‌ای بر اساس میانگین حسابی تمامی درایه‌های ماتریس T تعیین می‌گردد)، می‌توانیم تأثیرات جزئی را در عناصر ماتریس T فیلتر نماییم. چنان‌چه ارزش‌های ما کمتر از P (در مثال زیر ۱/۱۳۰) باشد. از این‌رو، تأثیرات کمتر با سایر معیارها زمانی وجود دارد که ارزش‌های آن‌ها کمتر از P باشد. بنابراین، ماتریس جدید تأثیرات کلی Tp حاصل شده و نقشه شبکه روابط را می‌توان در شکل زیر دید:

$$T = \begin{bmatrix} & C1 & C2 & C3 & C4 \\ C1 & 1.078 & 1.504 & 1.333 & 1.380 \\ C2 & 1.205 & 1.104 & 1.154 & 1.276 \\ C3 & 1.174 & 1.276 & 0.932 & 1.144 \\ C4 & 0.823 & 1.023 & 0.907 & 0.759 \end{bmatrix} \quad (۶)$$



شکل ۲. نقشه روابط شبکه سیستم

روش ANP: ANP توسعه‌ای از روش AHP بوده و حالت کلی آن است. ANP، وابستگی در یک معیار (وابستگی دورنی) و بین معیارهای مختلف (وابستگی بیرونی) را مدیریت می‌کند [۳۸]. AHP، ساختار تصمیم‌گیری را بااستفاده از روابط غیرمستقیم سلسله مراتبی میان معیارها، مدل‌سازی می‌کند؛ اما ANP، امکان بررسی روابط داخلی پیچیده‌تر میان معیارها را ایجاد می‌کند. روش ANP را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد. در گام اول،ANP معیارها را در کل سیستم برای ایجاد سوپرماتریس شکل می‌دهد. این کار از طریق مقایسات دو به دو با پرسش این سؤال آغاز می‌شود: تا چه میزان این معیار در مقایسه با سایر معیارها باتوجه به علایق و ترجیحات

Archive of SID

www.SID.ir

اهمیت/تأثیر دارد؟ ارزش اهمیت نسبی را می‌توان بااستفاده از یک مقیاس ۱–۹ با در نظر گرفتن اهمیت تعریف نمود [۳۹و۴۰]. فرم کلی ماتریس نهایی را می‌توان به‌صورت زیر تعریف نمود:

$$W = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ e_{11}\ldots e_{1m_1} & e_{21}\ldots e_{2m_2} & \cdots & e_{n1}\ldots e_{nm_n} \end{array} \\ \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \cdots & W_{n2} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (7) \qquad (۷)$$

که در آن Cn بیانگر n امین گروه، enm بیانگر m امین عنصر در n امین گروه است و Wij بردار ویژه اصلی تأثیر عناصر در مقایسه با j امین گروه با i امین گروه است. علاوه‌بر این، اگر گروه j ام تأثیری بر گروه i ام ندارد، پس [Wij= 0]. پس از آن، سوپرماتریس موزون به‌وسیله ضرب سوپرماتریس تأثیر، که مطابق با روش DEMATEL به‌دست‌آمده است، حاصل می‌شود. سوپرماتریس موزون، با تغییر مجموع تمام ستون‌ها به ستون واحد ایجاد می‌شود. این گام بیشتر شبیه مفهوم زنجیره مارکوف است که در آن اطمینان حاصل می‌کنیم مجموع این احتمالات از همه حالات برابر ۱ است. هر چند، می‌دانیم که تأثیر هر معیار ممکن است مطابق با نتایج روش DEMATEL متفاوت باشد. اگر درجات تأثیر این معیار مساوی در نظر گرفته شود، می‌توان از روش میانگین برای حصول سوپرماتریس موزون استفاده نمود. نتایج وزن‌های ارزیابی شده بالاتر و پایین‌تر از موقعیت واقعی خواهد بود. به این دلیل، روش DEMATEL را برای غلبه بر محدودیت‌ها به‌کار می‌گیریم و فرض می‌کنیم که سوپرماتریس تأثیر Tp مطابق با نتایج روش DEMATEL تعیین می‌شوند. به‌دلیل سطح تأثیر بین معیارها در ماتریس روابط کلی Tp متفاوت هستند، تمام معیارهای ماتریس تأثیر کلی Tp باید نرمال‌سازی شوند. عناصر نرمال‌شده ماتریس تأثیر نهایی Tp عبارتند از: $t_{ij}^z = \frac{t_{ij}^p}{\sum_{i=1}^{n} t_{ij}^p}$ و ماتریس تأثیر نهایی Tz به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T_z = \begin{bmatrix} t_{11}^z & \cdots & t_{1j}^z & \cdots & t_{1n}^z \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i1}^z & \cdots & t_{ij}^z & \cdots & t_{in}^z \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{n1}^z & \cdots & t_{nj}^z & \cdots & t_{nn}^z \end{bmatrix} \qquad (8) \qquad (۸)$$

Archive of SID

www.SID.ir

علاوه‌بر این، سوپرماتریس موزون Ww نظیر معادله ۹ را می‌توان با ضرب ماتریس نهایی غیر موزون W و ماتریس تأثیر کلی Tz نرمال‌سازی کرد. Ww=Tz×W (9). در نهایت، به ماتریس نهایی موزونی برای محدود نمودن توان‌ها/نظیر معادله ۱۰ می‌رسیم.

$$\lim_{t\to\infty} W_w{}^{t} \qquad (۹)$$

علاوه‌بر این، چنان‌چه سوپرماتریس تنها محدودکننده ماتریس نباشد، می‌توان برای رسیدن به سوپرماتریس محدود کننده موزون Wf به‌صورت زیر عمل نمود:

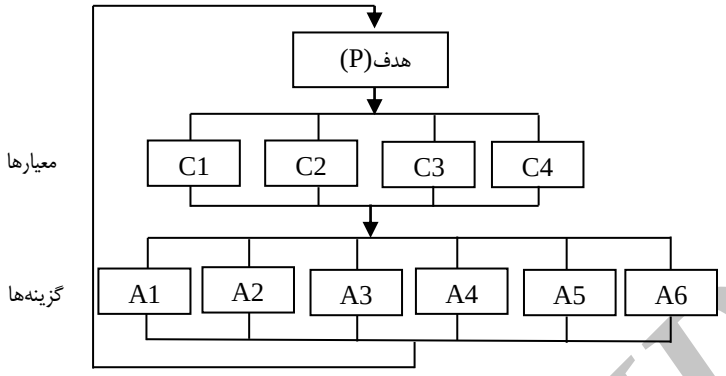
$$\lim_{k\to\infty}\left(\frac{1}{N}\right)\sum_{j=1}^{N} W_j{}^{k} \qquad (۱۰)$$

که در آن Wj، jامین ماتریس نهایی محدودکننده را مشخص می‌کند.

در انتخاب استراتژی مناسب سیستم نگهداری و تعمیرات از خبرگان واحد نگهداری و تعمیرات دو شرکت بزرگ تولیدکننده خودروهای کار ایران (شرکت‌های ایران‌خودرو دیزل و سایپا دیزل) استفاده شده است. در این راستا، کمیته‌ای روش پیشنهادی را در ۴ فاز تدوین نمود. در فاز اول، هدف (انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات) با عبارت اختصاری (P) تعیین گردید. در فاز دوم، معیارهای مؤثر بر انتخاب استراتژی مناسب بااستفاده از روش دلفی در قالب چهار معیار زیر تعیین گردید: الزامات ایمنی (C1)، الزامات هزینه‌ای (C2)، الزامات استراتژیک (C3) و الزامات فنی (C4). پس از آن گزینه‌ها در قالب ۶ استراتژی نگهداری و تعمیرات به‌صورت زیر تعیین شد: CM (A1)، PM (A2)، TPM (A3)، RCM (A4)، CBM (A5) و PDM(A6). در فاز سوم، ساختار تصمیم مطابق با شکل ۳ مورد بحث و بررسی قرار گرفته است که مطابق با آن، بر اساس روش DEMATEL روابط داخلی نیز مدیریت می‌گردند. در فاز آخر، برای حصول تأثیرگذاری نسبی میان عناصر، ازخبرگان (اعضای کمیته) خواسته شد تا به مقایسات زوجی طراحی شده پاسخ دهند. به‌منظور تجمیع ارزیابی‌ها از روش میانگین هندسی در ANP و DEMATEL استفاده شده است. پس از تجمیع نظرات، از طریق روش DEMATEL ماتریس روابط مستقیم (جدول ۱) حاصل و در جدول شماره ۲ ماتریس روابط مستقیم و غیرمستقیم حاصل می‌شود. برای محاسبات روش DEAMATEL بااستفاده از نرم‌افزار MATLAB و معادلات ۸-۱۲ مربوط به سوپرماتریس را می‌توان بااستفاده از نرم‌افزار Super Decisions انجام داده شده است. ساختار تعریف مسأله و انتخاب رویکرد مناسب در شکل زیر ارائه گردیده است:

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳. ساختار تصمیم برای انتخاب رویکرد مناسب نگهداری و تعمیرات صنعت خودروهای کار

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از اجرای گام به گام مدل ترکیبی در این بخش ارائه گردیده است. برای اجرای این تحقیق از نظرات ۱۰ نفر خبره منتخب از دو شرکت خودروساز استفاده شده است. یافته‌های حاصل از اجرای گام‌های DEMATEL به‌صورت زیر می‌باشد.

جدول ۱. ماتریس روابط مستقیم

	C1	C2	C3	C4
C1	0	0.314	0.355	0.355
C2	0.193	0	0	0.290
C3	0.097	0.314	0	0.218
C4	0.290	0.314	0.242	0

جدول ۲. ماتریس روابط مستقیم و غیرمستقیم (ماتریس T)

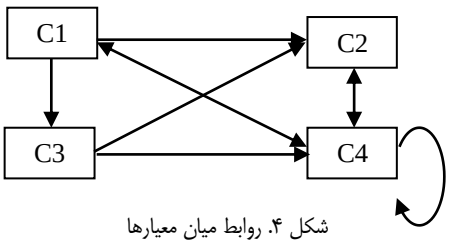
	C1	C2	C3	C4
C1	0.601	1.098	0.827	1.067
C2	0.536	0.496	0.355	0.698
C3	0.483	0.790	0.339	0.692
C4	0.746	0.790	0.675	0.696

باتوجه به مذاکره با خبرگان، ارزش آستانه ای در این تحقیق، میانگین کل اعداد حاصل از جدول ماتریس روابط مستقیم و غیرمستقیم در نظر گرفته شد. بدین‌جهت، ارزش آستانه‌ای در این تحقیق عبارت است از ۰/۶۸۰. بر این اساس و همان‌گونه که در شکل ۴ نیز به آن اشاره

Archive of SID

www.SID.ir

شده است، C1 بر C2، C3 و C4، C2 بر C4، C3 بر C2 و C4 و C4 بر C1، C2 و C4 تأثیرگذار است.



شکل ۴. روابط میان معیارها

پس از تعیین روابط میان معیارهای تحقیق، می‌توان بااستفاده از رویکرد ANP و مقایسه زوجی میان گزینه‌های تحقیق، ماتریس غیرموزون و ماتریس نهایی را به‌دست آورده و باتوجه به هر یک، وزن هر معیار و انتخاب و اولویت‌بندی گزینه‌های تحقیق را انجام داد. نتایج حاصل از محاسبات این بخش در جداول ۳ و ۴ ارائه گردیده است.

WC= (C1, C2, C3, C4) = (0.128, 0.104, 0.048, 0.220), WA = (A1, A2, A3, A4, A5, A6) = (0.023, 0.153, 0.092, 0,096, 0.058, 0.078).

بنابراین، مهمترین معیار C4 (الزامات فنی) با وزن ۰/۲۲۰ است و گزینه A2 (نت پیشگیرانه) با وزن ۰/۱۵۳ است.

جدول ۳. سوپرماتریس غیرموزون

SELEC	C4	C3	C2	C1	A6	A5	A4	A3	A2	A1	
۰,۰۰۰	۰,۰۳۳	۰,۰۴۳	۰,۰۸۸	۰,۰۳۵	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	A1
۰,۰۰۰	۰,۳۴۳	۰,۲۹۲	۰,۲۲۸	۰,۳۱۳	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	A2
۰,۰۰۰	۰,۲۳۷	۰,۱۷۸	۰,۱۵۳	۰,۱۲۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	A3
۰,۰۰۰	۰,۱۸۱	۰,۱۸۰	۰,۱۸۱	۰,۲۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	A4
۰,۰۰۰	۰,۰۹۹	۰,۱۲۹	۰,۱۴۹	۰,۱۰۹	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	A5
۰,۰۰۰	۰,۱۰۶	۰,۱۷۷	۰,۲۰۲	۰,۱۹۴	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	A6
۰,۶۹۲	۰,۵۸۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C1
۰,۰۴۶	۰,۲۷۲	۰,۳۹۹	۰,۰۰۰	۰,۱۹۵	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C2
۰,۱۴۲	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۳۷۹	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C3
۰,۱۱۹	۰,۱۴۵	۰,۶۰۰	۰,۰۰۱	۰,۴۲۶	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	C4
۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰	SELEC

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴.ماتریس نهایی رتبه‌بندی گزینه‌ها

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	C1	C2	C3	C4	SELEC
A1	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۲۳	۰٫۰۲۳	۰٫۰۲۳	۰٫۰۲۳	۰٫۰۲۳
A2	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۱۵۳	۰٫۱۵۳	۰٫۱۵۳	۰٫۱۵۳	۰٫۱۵۳
A3	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۹۲	۰٫۰۹۲	۰٫۰۹۲	۰٫۰۹۲	۰٫۰۹۲
A4	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۹۶	۰٫۰۹۶	۰٫۰۹۶	۰٫۰۹۶	۰٫۰۹۶
A5	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۵۸	۰٫۰۵۸	۰٫۰۵۸	۰٫۰۵۷	۰٫۰۵۸
A6	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۷۸	۰٫۰۷۸	۰٫۰۷۸	۰٫۰۷۸	۰٫۰۷۸
C1	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۱۲۸	۰٫۱۲۸	۰٫۱۲۸	۰٫۱۲۸	۰٫۱۲۸
C2	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۱۰۴	۰٫۱۰۴	۰٫۱۰۴	۰٫۱۰۴	۰٫۱۰۴
C3	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۴۸	۰٫۰۴۸	۰٫۰۴۸	۰٫۰۴۸	۰٫۰۴۸
C4	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۴۸	۰٫۰۴۸	۰٫۲۱۹	۰٫۲۱۹	۰٫۲۱۹
SELEC	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اولویت‌بندی معیارها به‌ترتیب عبارت است از: معیار الزامات فنی در رتبه اول، و الزامات ایمنی، الزامات هزینه‌ای و الزامات راهبردی در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار دارند. علاوه‌بر این، رویکرد مناسب رویکرد نت پیشگرانه بوده و اولویت‌بندی سایر رویکردها به‌ترتیب عبارت است از: نت مبتنی بر قابلیت اطمینان، نت بهره‌ور فراگیر، نت پیشگویانه، نت مبتنی بر وضعیت فنی و نت اصلاحی.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف اصلی واحدهای نگهداری و تعمیرات دستیابی به تجهیزاتی با قابلیت اطمینان بالا است تا از این طریق، قابلیت اطمینان به حداکثر میزان ممکن افزایش یابد. یکی از مشکلات پیش روی مدیران عدم وجود استراتژی مناسبی در راستای هدف و چشم‌انداز نگهداری و تعمیرات است و برای حل این مشکل امروزه رویکردهای متفاوتی در نت وجود دارد. هدف از این پژوهش، به‌کارگیری رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل مسئله ارزیابی استراتژی مناسب سیستم نگهداری و تعمیرات با تأکید بر دو شرکت خودروسازی سایپا دیزل و ایران‌خودرو دیزل به‌عنوان مطالعه موردی در صنعت تولید خودروهای کار است. امروزه روش‌های مختلفی در ارزیابی استراتژی بهینه سیستم نگهداری و تعمیرات در دنیا مطرح گردیده است که ضعف عمده تمامی این روش‌ها در نظر گرفتن فرض استقلال هر یک از عوامل (معیارها) نسبت به عامل (معیار) دیگر است؛ درصورتی‌که فرض وابستگی و وجود ارتباط میان عوامل در هر شرایطی محتمل است. از این‌رو، به‌منظور اتخاذ تصمیمی صحیح‌تر استفاده از فرایند تحلیل شبکه (ANP) مناسب به نظر می‌رسد. یکی از نقاط ضعف این تکنیک، محدودیت در تعیین ارتباط میان عوامل است که

Archive of SID

www.SID.ir

توسط تکنیک DEMATEL قابل حل می‌باشد. همچنین محدودیت تکنیک DEMATEL در عدم دستیابی به وزن معیارها و دستیابی به سازگاری قضاوتی نیز توسط ANP قابل حل است. بنابراین در این پژوهش مدل ترکیبی ANP– DEMATEL در ارزیابی استراتژی مناسب سیستم نگهداری و تعمیرات مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل از تحقیق بیانگر آن است که توجه به الزامات فنی در انتخاب رویکرد مناسب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و به‌عبارت دیگر، مهم‌ترین معیار در ارزیابی استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات در دو شرکت خودروساز، الزامات فنی است. از طرف دیگر، با به‌کارگیری روش ترکیبی DEMATEL و ANP استراتژی مناسب، استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM) است. در تحقیقات آتی می‌توان از روش پیشنهادی در این تحقیق در کل شرکت‌های خودروسازی و یا در حالت فازی استفاده نموده و نتایج حاصل از آن را با این تحقیق مقایسه نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

۱. آقایی، اصغر و میلاد(۱۳۸۹). نگهداری و تعمیرات نوین، چاپ اول، تهران: انتشارات معاونت آموزش ناجا.

۲. آقایی، اصغر(۱۳۸۹). طراحی و تبیین الگوی سیستم یکپارچه نت خودرویی ناجا، پایان نامه دکتری مدیریت سیستم، تهران: دانشگاه امام حسین(ع).

۳. رضاییان، علی(۱۳۸۶). تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم، چاپ یازدهم ، تهران: انتشارات سمت.

۴. داگلاس، ام لمبرت و جیمز. آر، استاک (۱۳۸۲). مدیریت استراتژیکی لجستیک، ترجمه: محمد ازگلی و سید سعادت حسینی، چاپ اول، تهران: مرکز مطالعات و پژوهشهای آماد و پشتیبانی ناجا.

۵. سید حسینی ، سید محمد (۱۳۸۴) . برنامه ریزی سیستماتیک نظام نگهداری و تعمیرات و مقدمه‌ای بر TPM، چاپ چهارم، تهران: انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.

۶. مردانی، نسا (۱۳۸۸). انتخاب استراتژی نت مناسب بااستفاده از روش فازی(مطالعه موردی: کارخانه سیمان سپاهان)، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، تهران: دانشگاه علامه طباطبایی.

۷. آقایی، میلاد(۱۳۹۰). رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره به ارزیابی استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اجتماعی، قزوین: دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره).

۸. عطایی، محمد(۱۳۸۹).تصمیم‌گیری چندمعیاره، چاپ اول، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

9. Bowersox, D & Closs, D (1996). Logistical Management: the integrated Supply Chain Management, Mc Graw – Hill, 283 – 286.
10. Aubert, B., Beniot. A., Bosch, V & Mignerat, M (2003). Toward the Measurement of process Integration, CIRANO.
11. Chan, F. K. Y., & Thong, J.Y. L (2009). Acceptance of agile methodologies: a critical reviews and conceptual frameworks, *Journal of decision support systems*, 46, 814-803.
12. Karlof, B & Lovingsson, F. H (2005). The A-Z of Management Concepts and Models, *Published by Thorogood Publishing*, London.
13. Bashiri, M., Badri, H., & Hejazi, T.H (2011). Selecting optimum maintenance strategy by FUZZY interactive linear assignment method, Applied Mathematical Modeling, 35, 152-164.
14. Pinjala, S.A (2004). Bridging the gap between manufacturing and maintenance, 11, 587-596.
15. Waeyenbergh, G., & Pintelon, L(2002). A framework for maintenanceconcept development,*International Journal ofProduction Economics*, 77, 299–313.
16. Mechefske, C. K., & Wang. Z (2003). Using fuzzy linguistics toselect optimum maintenance and condition monitoringstrategies, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 17(2), 305–316.
17. Swanson, L (2001). Linking maintenance strategies to performance.*International Journal of Production Economics*, 70, 237–244.
18. Sharma, R. K., Kumar, D., & Kumar, P (2005). FLM to select suitable maintenance strategy in process industries using MISO model, *Journal of Quality in Maintenance Industries*, 11(4), 359-374.

Archive of SID

www.SID.ir

19. Mann, L., Saxena, A., & Knapp, G.M (1995). Statistical-based orcondition-based preventive maintenance? , *Journal of Qualityin Maintenance Engineering*, 1(1),46–59.
20. Al-najar, .B, & Alsyuof, I (2003). Selecting the most efficient maintenance approach using FUZZY multiple criteria decision making, *International Journal of Production Economics*, 84, 85-100.
21. Mobley, R. K (2002). An Introduction to Predictive Maintenance, Second ed, Elsevier Science, New York.
22. Bengtsson, M (2004). Condition based maintenance systemtechnology-where is development heading? *Proceedings ofthe 17th European Maintenance Congress*, Barcelona, Spain,May, 11–13.
23. Djurdjanovic, D., Lee, J., & Ni, J (2003). Watchdog agent aninfotronics based prognostics approachfor productperformance assessment and prediction, *InternationalJournal of Advanced Engineering Informatics*, 17,109–125.
24. Nakajima, S (1988). Introduction to Total Productive Maintenance (TPM), Productivity Press, Cambridge, MA.
25. Blanchard, S.B (1997). An enhanced approach for implementation and total productive maintenance in manufacturing environment, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(2), 69-80.
26. Mckone, K., Schroeder, R., & Kristy, C (1999). Total productive maintenance: a contextual view, *Journal of Operations Management*, 17, 123-44.
27. Chand, G., & Shirvani, B (2000). Implementation of TPM in cellular manufacturing, *Journal of Material Processing Technology*, 103,149-54.
28. Bevilacqua, M., & Braglia, M (2000). The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection, *Reliability Engineering and System Safety*, 70, 71–83.
29. Wang, L., Chua, J., & Wu, J (2007). Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process, *International Journal of Production Economics*, 107(1), 151-163.
30. Shygith, K., Ilangkumaran, M., & Kumanan, S (2008). Multi-criteria decision making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 375-386.
31. Fontela, E., & Gabus, A. (1976). The DEMATEL observer, DEMATEL 1976 Report, Switzerland, Geneva: Battelle Geneva Research Center.
32. Chiu, Y. J., Chen, H. C., Tzeng, G. H., & Shyu, J. Z (2006). Marketing strategy based on customer behavior for the LCD-TV, *International Journal of Management and Decision Making*, 7(2), 143–165.
33. Hori, S., & Shimizu, Y (1999). Designing methods of human interface for supervisory control systems, Control *Engineering Practice*, 7(11), 1413–1419.
34. Tamura, M., Nagata, H., & Akazawa, K (2002). Extraction and systems analysis of factors that prevent safety and security by structural models, *In 41st SICE annual conference*, Osaka, Japan.
35. Lee, Y. C., Lee, M. L., Yen, T. M., & Huang, T. H (2011). Analysis of fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory on technology acceptance model, *Expert Systems with Applications*, 23, 1-10.
36. Dalalah, D., Hayajneh, M., & Batieha, F (2011). A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection, *Expert Systems with Applications*, 38, 8384-8391.

Archive of SID

www.SID.ir

37. Tzeng, G. H., Chiang, C. H., & Li, C. W (2007). Evaluating intertwined effects in e-learning programs: A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL, *Expert Systems with Applications*, 32(4), 1028–1044.
38. Wu, W. W (2008). Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach, *Expert Systems with Applications*, 35, 828–835.
39. Saaty, T. L (1980). The analytic hierarchy process, New York: McGraw-Hill.
40. Saaty, T. L (1996). Decision making with dependence and feedback: Analytic networkprocess. Pittsburgh: RWS Publications.

Archive of SID

www.SID.ir