

اولویت‌بندی راهبردهای تعمیرات و نگهداری با رویکرد ترکیبی دیمتل، تحلیل شبکه‌ای و کپراس در صنایع تولیدی قطعات خودرو مطالعه (موردی: شرکت میلاد قم)

محمد پارسائی^۱، مجید نیلی احمدآبادی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه قم، قم، ایران.

۲- استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه قم، قم، ایران.

پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۷

دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۲۶

چکیده

تنوع راهبردهای تعمیرات و نگهداری، تنوع ماهیتی سازمان‌ها و تنوع معیارهای انتخاب استراتژی باعث شده تا مسئله انتخاب استراتژی دچار پیچیدگی شود. در این تحقیق راهبردهای مذکور از ادبیات تحقیق جمع‌آوری شده است. سپس از روش یونگ لن که مبتنی بر ترکیب تکنیک‌های دیمتل، تحلیل شبکه‌ای است و ترکیب آن با کپراس، برای اولویت‌بندی راهبردها استفاده شده است. در این روش، صرفه‌جویی‌هایی در جمع‌آوری اطلاعات و در محاسبات وجود دارد که در متن مقاله تشریح شده‌اند. پژوهش حاضر از نظر ماهیت توصیفی-پیمایشی، به لحاظ فرایند، کمی و به لحاظ نتیجه، کاربردی است و از نظر موضوعی در حوزه تصمیم‌گیری چند معیاره در انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات قرار می‌گیرد. در این تحقیق، تیم خبرگان متشکل از ده نفر از کارکنان شرکت و جامعه دانشگاهی که آشنایی بالایی با مسائل صنعت و مبانی علمی دارند و به روش هدفمند قضاوتی انتخاب شدند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها پرسشنامه است. نتایج نشان داد که استراتژی پیش‌بینانه برای صنعت قطعات خودروسازی مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: نگهداری و تعمیرات، تصمیم‌گیری چند معیاره، دیمتل، فرایند تحلیل شبکه‌ای، کپراس.

۱- مقدمه

حجم هزینه‌های تعمیرات و نگهداری در سازمان‌ها از یک طرف، افزایش رقابت و ایجاد فشار به سازمان‌ها جهت کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری از طرف دیگر و تنوع راهبردهای تعمیرات و نگهداری از طرف سوم باعث شده است تا انتخاب بهترین راهبرد برای هر سازمان (با توجه به ویژگی‌های خاصی که دارد) به یک مسئله تبدیل شود. این در حالی است که هر روزه محققان راهبردهای مختلفی را در این حوزه ارائه می‌دهند که هر راهبرد بسته به ویژگی‌های سازمان تجویز و یا توصیه می‌شود. از این تحقیقات می‌توان به راهبردهای تعمیرات و نگهداری در صنایع دریایی [۱]، روش‌های اقتضایی و انعطاف‌پذیر برای برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات در سیستم‌های چند بخشی [۲:۳] و راهبردهای نگهداری و تعمیرات برای تجهیزات اجاره‌ای [۴] اشاره کرد. در این میان راهبردهای عمومی نیز مانند راهبردهای اصلاحی، پیشگیرانه، مبتنی بر شرایط، مبتنی بر قابلیت اطمینان، پیش‌بینانه و بهره‌ور فراگیر ارائه شده‌اند که برای بیشتر سازمان‌ها قابل استفاده‌اند. در کنار این تحقیقات (که بر تدوین راهبرد متمرکزند و هر روزه بر تعدد و تنوع آن می‌افزایند)، محققان دیگری روش‌های انتخاب بهترین راهبرد برای سازمان را تحت مطالعه قرار داده‌اند که این مطالعات خود به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول بر شاخص‌هایی متمرکز دارند که به وسیله آنها راهبردها مورد بررسی قرار می‌گیرند. این مطالعات باعث شده‌اند شاخص‌های زیادی برای ارزیابی راهبردها مطرح شوند. با افزایش این شاخص‌ها، مسئله انتخاب راهبرد پیچیده‌تر شده است. دسته دوم بر روش‌هایی متمرکز دارند که با استفاده از آنها می‌توان مسائل پیچیده مذکور را تحلیل کرد. استفاده از تکنیک‌های کمی و مدل‌های ریاضی در بسیاری از این موارد دیده می‌شود [۵؛ ۶؛ ۷]. از آنجا که معیارهای زیادی در انتخاب راهبرد نقش دارند، در برخی از این تحقیقات از آغاز فرض شده است که استقلال کامل بین معیارها برقرار است. سپس از روش‌هایی مانند تاپسیس^۱، تحلیل سلسله مراتبی^۲ برای انتخاب راهبرد استفاده شده

است که اساس آنها بر استقلال معیارهاست [۸؛ ۹؛ ۱۰]. نتایج این تحقیقات زمانی که ارتباط میان معیارها مطرح می‌شود، با چالش مواجه می‌شوند. در برخی دیگر از آغاز فرض بر آن است که تمامی معیارها با هم ارتباط دارند و از روش‌هایی مانند تحلیل شبکه‌ای^۲ برای انتخاب یا رتبه‌بندی آنها استفاده شده است [۱۱؛ ۱۲؛ ۱۳]. در این تحقیقات نیز گاهی احتمال عدم وجود ارتباط میان معیارها مطرح شده است و روایی نتایج را تهدید می‌کند. دسته دیگری هستند که نخست با روش‌هایی مانند دیمتل^۴ روابط بین معیارها را شناسایی می‌کنند و سپس با روش‌هایی مانند تحلیل شبکه‌ای (و بر اساس روابط شناخته شده) اقدام به انتخاب گزینه برتر می‌کنند [۱۴؛ ۱۵]. در این تحقیقات، هم برای اندازه‌گیری ارتباط معیارها و هم برای مقایسه زوجی آنها، باید داده جمع‌آوری شود که برای محقق و نمونه آماری دشوار است و به علت گذر زمان و ایجاد تغییرات در نمونه آماری، باعث بروز خطاهای زیادی می‌شود.

هدف از انجام این تحقیق، تعیین راهبرد^۵ برتر با استفاده از داده‌های کمتر و سرعت عمل و دقت بالاتر است. سؤال اصلی تحقیق آن است که با استفاده از ترکیب دیمتل، کپراس و تحلیل شبکه‌ای مناسب‌ترین راهبرد تعمیرات و نگهداری برای صنعت قطعات خودروسازی کدام است؟ سؤال‌های فرعی تحقیق عبارتند از اینکه معیارهای مذکور کدامند؟ با هم چه ارتباط‌هایی دارند؟ و هر یک چه قدر اهمیت دارند؟

۲- ادبیات موضوع

با توجه به اینکه در این تحقیق با استفاده از ترکیب مدل‌های دیمتل، کپراس و تحلیل شبکه‌ای مناسب‌ترین راهبرد تعمیرات و نگهداری تعیین می‌شود، لذا در این بخش به ذکر ادبیاتی در مورد هر یک از این مفاهیم پرداخته می‌شود.

- راهبردهای تعمیرات و نگهداری

نگهداری و تعمیرات به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که سبب افزایش عمر مفید ماشین‌آلات می‌شوند و کاهش مصرف قطعات یدکی و انرژی و هزینه را به دنبال دارد و کارایی و راندمان عملی ماشین‌آلات را افزایش می‌دهد. راهبرد تعمیرات و نگهداری عبارت است از رویکرد سازمان به طریقه اجرای فعالیت‌های این حوزه

به‌منظور افزایش بهره‌وری و بر اساس ویژگی‌هایی که سازمان و تجهیزات سازمان دارا می‌باشند [۴]، در این مقاله به چهار نوع از معروف‌ترین راهبردهای تعمیرات و نگهداری پرداخته می‌شود که در ادامه تشریح شده‌اند:

راهبرد پیش‌بینانه یا پیش‌گویانه: در این روش خرابی ماشین‌آلات پیش‌بینی می‌شود. وجه تمایز این راهبرد آن است که عملیات به صورت دوره‌ای و بدون توجه به شرایط تجهیزات انجام می‌شوند. این راهبرد با استفاده از تحلیل‌های آماری زمان فعالیت‌های پیشگیرانه را که باید روی تجهیزات اعمال شوند، پیش‌بینی می‌کند [۱۰].

راهبرد پیشگیرانه: این رویکرد بر مبنای ویژگی قابلیت اطمینان طرح‌ریزی شده است. در این روش، نگهداری از تجهیزات در دوره‌های زمانی خاصی بر اساس یک برنامه زمان‌بندی منظم صورت می‌گیرد. در این روش سعی می‌شود تا با جایگزینی‌ها و بازرسی‌های مجدد برای اجزایی که نرخ خرابی بالایی دارند، تعداد خرابی‌های ناگهانی را کاهش دهند [۱۱].

راهبرد مبنی بر شرایط: هدف از به‌کارگیری این روش دستیابی به زمان بهینه‌ای است که فعالیت‌های تعمیرات و نگهداری باید انجام شوند. در این روش با مرور پیوسته شرایط کار می‌توان نقاط انحراف از حالت عادی را مشخص کرد که تحلیلگر به ارزیابی دقیق آنها می‌پردازد و در صورت نیاز از ادامه کار یک ماشین قبل از وقوع خرابی جلوگیری می‌کند [۴].

راهبرد اصلاحی: این راهبرد مبتنی بر آن است که ماشین‌آلات تا زمانی که خراب شوند، کار می‌کنند و پس از خرابی یک ماشین، اقدام‌های تعمیرات و نگهداری (نگهداری به معنی انجام تعمیرات پیشگیرانه‌ای جهت جلوگیری از خرابی‌های بعدی) بر ماشین‌آلات انجام می‌شود. این اقدام‌ها برنامه‌ریزی نشده هستند [۱۲].

- دیمتل

روش دیمتل برای شناسایی روابط میان متغیرها استفاده می‌شود. این روش مانند تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر مقایسه‌های زوجی عوامل است با این تفاوت که در هر مقایسه نحوه اثرگذاری متغیرها بر یکدیگر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. حاصل ارزیابی به‌وسیله یکی از ۴ واژه (تأثیرگذار، تأثیرپذیر، تأثیر متقابل، بی‌اثر) بیان

می‌شود. خروجی روش دیمتل یک گراف است که ارتباط میان متغیرها را نشان می‌دهد [۱۴].

- تحلیل شبکه‌ای

از این تحلیل هم برای محاسبه وزن معیارها و هم برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود. این روش مانند تحلیل سلسله مراتبی مبتنی بر مقایسه‌های زوجی است و هر مقایسه با طیف ساعتی بیان می‌شود. در این روش تمام معیارها مستقل فرض نمی‌شوند و همین موضوع باعث شده است تا محاسبات این روش با تحلیل سلسله مراتبی متفاوت شود ولی در داشتن سلسله مراتب با این روش مشابه است [۱۵].

- کپراس

در روش کپراس نیازی به انجام مقایسه‌های زوجی نیست، بلکه ارزیابی گزینه‌ها به وسیله متغیرهای زبانی (از خیلی کم (۲) تا خیلی زیاد (۶)) صورت می‌گیرد. این روش مانند روش‌هایی مانند تاپسیس برای محاسبات به وزن شاخص‌ها نیازمند است. خروجی این تکنیک برخلاف این‌گونه روش‌ها که با استفاده از شاخص‌های انتزاعی مانند شاخص دوری نسبی از ایده‌آل منفی بیان می‌شوند، می‌تواند برای هر گزینه به طور مجزا شاخص مطلوبیت را محاسبه کند. از این شاخص هم می‌توان برای رتبه‌بندی گزینه‌ها و هم برای تحلیل هر گزینه به‌تنهایی استفاده کرد [۱۶].

۳-پیشینه پژوهش

شهانقی و برزگر با استفاده از معیارهای هزینه، ارزش افزوده، ایمنی و قابلیت اجرا، از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای رتبه‌بندی راهبردهای تعمیرات و نگهداری استفاده کردند [۸]. صفری و همکاران نیز از شاخص‌های مخاطره شکست تجهیزات و هزینه از روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کردند [۹]. آقای و فضلی از معیارهای هزینه، ایمنی، الزام‌های فنی و الزام‌های راهبرد استفاده کردند. ایشان از روش آزمایشگاه ارزیابی و دیمتل برای تعیین جهت روابط میان معیارها و سپس از فرایند تحلیل شبکه‌ای برای انتخاب راهبرد مناسب استفاده کردند [۱۷]. رحمانی و ایرج‌پور به معیارهای دسترس‌پذیری، پایداری و طول عمر تجهیزات،

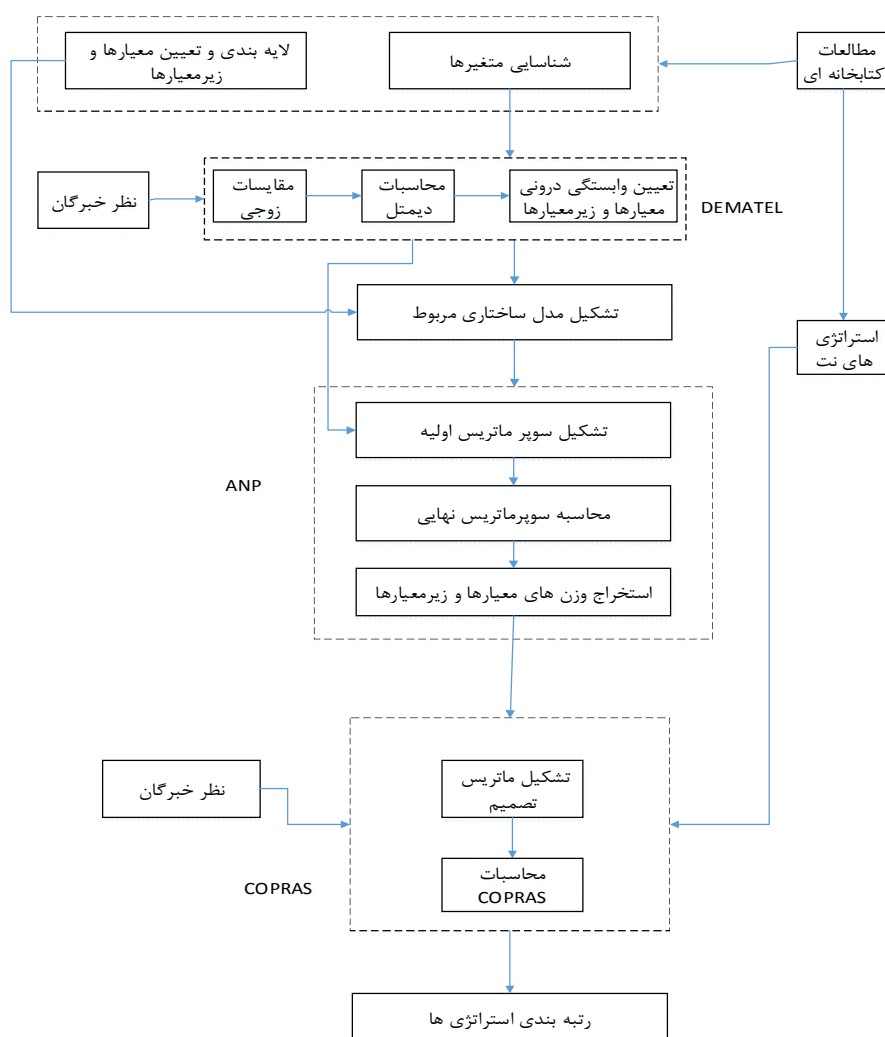
بهترین خروجی تولید، کیفیت محصول و کارایی هزینه‌های صرف شده در تعمیرات را به کار گرفتند. آنها از روش‌های دیمتل و تاپسیس استفاده کردند [۱۸]. مولایی و همکاران معیارهای ایمنی، (ایمنی کارکنان، ایمنی تجهیزات و ایمنی محیط)، هزینه (هزینه سخت‌افزار، هزینه نرم‌افزار و هزینه آموزش کارکنان)، ارزش افزوده (ارزش افزوده قطعات یدکی مورد نیاز، ارزش میزان تولید از دست رفته، ارزش تشخیص عیب)، و قابلیت اجرا (پذیرش کارکنان، امکان فنی) را به کار گرفتند. سپس وزن عوامل به‌وسیله تحلیل سلسله مراتبی فازی و در نهایت از روش تاپسیس فازی برای رتبه‌بندی راهبردها استفاده شده است [۱۹]. صیتی و همکاران از معیارهای هزینه (موجودی قطعات یدکی، دستمزد کارکنان، میانگین زمان تعمیر، میانگین زمان خرابی)، مخاطره (ضرر به محصول، صدمه به افراد، صدمه به محیط)، قابلیت دسترسی (فناوری، قابلیت دسترسی)، ارزش افزوده (کیفیت محصول، کارایی، ایمنی ذاتی استفاده کردند. آنها از طراحی بدیهه‌گرای فازی برای رتبه‌بندی راهبردها استفاده کردند [۲۰].

با توجه به مطالعات فوق و همچنین سایر مراجع بروز و مرتبط [۲۱؛ ۲۲؛ ۱۱] معیارهای انتخاب راهبرد مناسب تعمیرات و نگهداری عبارتند از ایمنی (ایمنی کارکنان، ایمنی تجهیزات و ایمنی محیط)، هزینه (هزینه سخت‌افزار، هزینه نرم‌افزار و هزینه آموزش کارکنان)، ارزش افزوده (ارزش افزوده قطعات یدکی مورد نیاز، ارزش میزان تولید از دست رفته، ارزش تشخیص عیب) و قابلیت اجرا (پذیرش کارکنان، امکان فنی). همچنین راهبردهای مورد بحث در این تحقیق عبارتند از راهبرد پیش‌بینانه، راهبرد پیشگیرانه، راهبرد مبنی بر شرایط و راهبرد اصلاحی.

۴- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر ماهیت توصیفی - پیمایشی، به لحاظ فرایند، کمی و به لحاظ نتیجه، کاربردی است. از نظر موضوعی در حوزه تصمیم‌گیری چند معیاره در انتخاب راهبرد نگهداری و تعمیرات قرار می‌گیرد. اعضای نمونه آماری در این تحقیق عبارتند از ده نفر از خبرگان شامل پنج نفر از کارکنان سازمان که در

مسائل مربوط به تعمیرات و نگهداری دارای تحصیلات و تجربه‌اند و همچنین پنج نفر از جامعه دانشگاهی که آشنایی بسیار بالایی با مسئله تحقیق و مبانی علمی مرتبط با آن دارند و از تحصیلات عالی در این زمینه بهره‌مندند. مراحل انجام پژوهش در قالب شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱ مراحل انجام پژوهش

۵- معرفی روش یونگ لن در ترکیب دیمتل و تحلیل شبکه‌ای

در این مقاله از روش یونگ لن [۲۳] برای ترکیب دیمتل و تحلیل شبکه‌ای استفاده شده است. این روش در بسیاری از زمینه‌ها از جمله راهبرد سرمایه‌گذاری مالی [۲۴] پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی [۲۵] و ارزیابی تولید ناب [۲۶] استفاده کرده است. در این روش به طور صرف یک بار مقایسه عوامل کافی است. روش کار آن است که نخست مقایسه عوامل به روش دیمتل انجام می‌شود و محاسبات مربوط روش روش معمول انجام می‌شود. لذا از توضیح دوباره این مراحل صرف نظر شده و به طور صرف به ذکر عنوان‌ها بسنده می‌شود:

محاسبه ماتریس میانگین (ماتریس اولیه روابط مستقیم (A)): در یک مسئله دیمتل با H خبره و n معیار اگر قضاوت خبرگان را با a_{ij} نشان دهیم:

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

محاسبه ماتریس اولیه جهت محور نرمال شده (D) با استفاده از روابط زیر:

$$D = \frac{A}{S} \quad (2)$$

$$S = \max \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (3)$$

محاسبه ماتریس روابط کلی (T_D) با استفاده از روابط زیر:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} D^m = [0]_{n \times n}, \quad \lim_{m \rightarrow \infty} (I + D + D^2 + D^3 + \dots + D^m) = D(I - D)^{-1} \quad (4)$$

بر این اساس ماتریس روابط کلی یک ماتریس $n \times n$ است که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$T = [t_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$T = D(I - D)^{-1} \quad (6)$$

برای تعیین ارزش آستانه‌ای و ترسیم نقشه شبکه روابط متقابل (IRM) نخست R و J از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$R = [r_{ij}]_{n \times 1} = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n} \quad (7)$$

$$J = [j_{ij}]_{n \times 1} = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n}' \quad (8)$$

در مرحله پایانی، به‌عنوان شاخص تعامل هر شاخص و $R_i - J_i$ به‌عنوان تأثیرگذاری هر شاخص محاسبه می‌شود که در ترسیم روابط میان شاخص‌ها استفاده می‌شوند [۱۵].

به منظور استفاده از داده‌های دیمتل در تحلیل شبکه‌ای، نخست $T_C = [t_{ij}]_{n \times n}$ که ماتریس تأثیرات کلی برای زیرمعیارهاست و $T_D = [t_{ij}]_{n \times n}$ که ماتریس تأثیرات کلی برای معیارهاست، با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌شوند. شکل کلی ماتریس T_C مطابق زیر است که در آن خوشه‌های هر معیار (شامل زیرمعیارهای آن) با T_C^{nm} نشان داده شده است:

$$T_C = \begin{matrix} & & D_1 & \dots & D_2 & \dots & D_n \\ & & c_{11} \dots e_{1m_1} & & c_{j1} \dots c_{jm_j} & \dots & c_{n1} \dots c_{nm_n} \\ D_1 & c_{11} & \left[\begin{array}{cccc} T_C^{11} & \dots & T_C^{1j} & \dots & T_C^{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{1m_1} & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ D_i & c_{i1} & T_C^{i1} & \dots & T_C^{ij} & \dots & T_C^{in} \\ \vdots & c_{i2} & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{im_i} & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ D_n & c_{n1} & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{n2} & \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ c_{nm_n} & T_C^{n1} & \dots & T_C^{nj} & \dots & T_C^{nn} \end{array} \right] & \end{matrix} \quad (9)$$

با نرمالیزه کردن ماتریس T_C و خوشه هر معیار (شامل زیرمعیارهای آن) در درون T_C ، ماتریس جدید T_C^α حاصل می‌شود که به صورت زیر نمایش داده می‌شوند:

$$T_C^\alpha = \begin{matrix} & & D_1 & \dots & D_2 & \dots & D_n \\ & & c_{11} \dots e_{1m_1} & & c_{j1} \dots c_{jm_j} & \dots & c_{n1} \dots c_{nm_n} \\ D_1 & c_{11} & \left[\begin{array}{cccc} T_C^{\alpha 11} & \dots & T_C^{\alpha 1j} & \dots & T_C^{\alpha 1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{1m_1} & & \vdots & & \vdots \\ D_i & c_{i1} & T_C^{\alpha i1} & \dots & T_C^{\alpha ij} & \dots & T_C^{\alpha in} \\ \vdots & c_{i2} & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{im_i} & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ D_n & c_{n1} & T_C^{\alpha n1} & \dots & T_C^{\alpha nj} & \dots & T_C^{\alpha nn} \\ \vdots & c_{n2} & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{nm_n} & & \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right. & \end{matrix} \quad (10)$$

سپس ماتریس تأثیرات کلی با خوشه‌های درونی تطبیق داده می‌شود. حاصل این کار سوپرماتریس غیر موزون نامیده می‌شود که از ترانزاده ماتریس تأثیرات نرمال شده T_C^α با توجه به خوشه‌بندی معیارها به دست می‌آید و شکل کلی آن به صورت زیر است:

$$W = (T_C^\alpha)' = \begin{matrix} & & D_1 & \dots & D_2 & \dots & D_n \\ & & c_{11} \dots e_{1m_1} & & c_{i1} \dots c_{im_i} & \dots & c_{n1} \dots c_{nm_n} \\ D_1 & c_{11} & \left[\begin{array}{cccc} W^{11} & \dots & W^{i1} & \dots & W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{1m_1} & & \vdots & & \vdots \\ D_i & c_{j1} & W^{1j} & \dots & W^{ij} & \dots & W^{nj} \\ \vdots & c_{j2} & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{jm_j} & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ D_n & c_{n1} & W^{1n} & \dots & W^{in} & \dots & W^{nn} \\ \vdots & c_{n2} & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ c_{nm_n} & & \vdots & & \vdots & & \vdots \end{array} \right. & \end{matrix} \quad (11)$$

برای تشکیل سوپرماتریس موزون (T_D^α) نخست ماتریس تأثیرات کلی معیارها نرمالیزه می‌شوند. برای این کار در ماتریس T_D تک تک عناصر بر مجموع سطر تقسیم می‌شوند (رابطه ۱۲). با ضرب کردن T_D^α در سوپرماتریس غیر موزون (W)، سوپرماتریس موزون (W^α) حاصل خواهد شد (رابطه ۱۳). در مرحله آخر، وزن نهایی شاخص‌ها با استفاده از رابطه (۱۴) استفاده می‌شود:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} (W^\alpha)^k \quad (11)$$

این در حالی است که روابط درونی متغیرها نیز در گام‌های قبل تعیین شده است. از این معلومات می‌توان برای ترسیم مدل تحلیل شبکه‌ای با وزن‌های معلوم استفاده کرد.

۶- به‌کارگیری الگوریتم ترکیبی دیتمل، تحلیل شبکه‌ای، کپراس برای رتبه‌بندی راهبردهای نگهداری و تعمیرات در صنعت تولید قطعات خودرو

با استناد به پیشینه پژوهش و همچنین مصاحبه با خبرگان، معیارها و زیرمعیارهای انتخاب راهبرد به شرح زیر می‌باشند:

معیار هزینه (D_1) شامل زیرمعیارهای سخت‌افزار (C_1)، نرم‌افزار (C_2)، آموزش کارکنان (C_3);

معیار ایمنی/ مخاطره (D_2) شامل زیرمعیارهای کارکنان (C_4)، تجهیزات (C_5)، محیط‌زیست (C_6);

معیار ارزش افزوده (D_3) شامل زیرمعیارهای کیفیت (C_7)، تحویل (C_8)، سود (C_9);
و معیار امکان‌سنجی (D_4) شامل زیرمعیارهای پذیرش به‌وسیله کارکنان (C_{10})، پذیرش به‌وسیله مدیریت (C_{11})، تکنولوژی (C_{12});

در مرحله اول پرسشنامه دیتمل طراحی شد و مقایسه‌های زوجی عوامل به‌وسیله ۱۰ نفر از خبرگان صورت پذیرفت. بر اساس روش دیتمل، نخست ماتریس میانگین

نظرات خبرگان (A) محاسبه شدند. سپس با استفاده از رابطه (۳) ماتریس D به صورت زیر محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱ ماتریس شدت نسبی روابط مستقیم زیرمعیارها (D)

C_{12}	C_{11}	C_{10}	C_9	C_8	C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	
۸۲	۵۴	۷۳	۸۹	۸۹	۹۲	۸۲	۹۸	۷۳	۸۹	۸۲	۰	C_1
۶۶	۵۷	۷۵	۸۷	۹۰	۸۴	۶۳	۸۴	۷۵	۸۴	۰	۶۶	C_2
۷۵	۶۹	۸۷	۹۹	۹۳	۱۰۲	۷۸	۸۴	۷۸	۰	۷۸	۶۶	C_3
...
۷۵	۰	۶۹	۶۰	۷۸	۷۵	۶۶	۶۹	۴۸	۷۵	۵۴	۴۸	C_{11}
۰	۸۱	۷۵	۹۰	۹۰	۱۰۲	۸۴	۹۹	۸۱	۸۱	۸۴	۸۱	C_{12}

*اعداد به هزارم هستند.

سپس با استفاده از رابطه (۶) ماتریس‌های T_C و T_D به صورت زیر محاسبه شدند. در این ماتریس مقادیری که بزرگ‌تر از مقدار آستانه هستند، به شکل بولد شده نشان داده شده‌اند. این مقادیر نشانگر وجود تأثیر بین زیرمعیار مربوط به آن سطر و ستون است و جهت تأثیر نیز از زیرمعیار سطری به زیرمعیار ستونی می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲ ماتریس تأثیرات کلی زیرمعیارها

C_{12}	C_{11}	C_{10}	C_9	C_8	C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	
۳۸۳	۳۳۷	۳۶۸	۴۶۴	۴۴۵	۴۶۸	۴۱۹	۴۴۲	۳۷۹	۴۳۷	۳۸۸	۲۸۳	C_1
۳۴۵	۳۱۹	۳۴۸	۴۳۴	۴۱۹	۴۳۲	۳۷۶	۴۰۳	۳۵۷	۴۰۷	۲۸۸	۳۲۳	C_2
۳۷۶	۳۵۱	۳۸۱	۴۷۳	۴۴۹	۴۷۶	۴۱۵	۴۳۰	۳۸۳	۳۵۶	۳۸۴	۳۴۴	C_3
...
۳۱۶	۲۳۰	۳۰۶	۳۶۴	۳۶۴	۳۷۸	۳۳۷	۳۴۷	۲۹۵	۳۵۵	۳۰۱	۲۷۳	C_{11}
۳۲۰	۳۷۳	۳۸۳	۴۸۲	۴۶۲	۴۹۳	۴۳۵	۴۵۸	۳۹۹	۴۴۶	۴۰۳	۳۷۰	C_{12}

*اعداد به هزارم هستند.

جدول بالا رابطه مستقیم زیرمعیارها با یکدیگر را به صورت نسبی نشان می‌دهد. جدول ۳ رابطه مستقیم معیارهای اصلی با یکدیگر را نشان می‌دهد. محاسبات با استفاده از رابطه (۶) انجام شده است.

جدول ۳ ماتریس تأثیرات کلی معیارها

معیار	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
D ₁	۱۶۱۸	۱۷۸۷	۱۶۱۰	۱۳۵۲
D ₂	۱۹۱۴	۱۵۷۹	۱۵۸۹	۱۴۱۰
D ₃	۱۸۵۴	۱۷۳۴	۱۳۶۰	۱۳۳۵
D ₄	۲۱۱۱	۲۰۷۹	۱۸۳۱	۱۳۷۰

*اعداد به هزارم هستند.

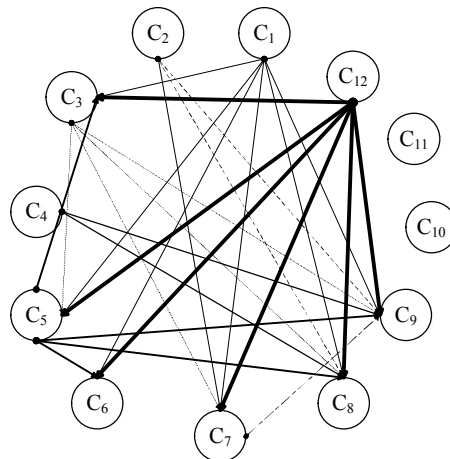
در نهایت و در گام آخر روش دیمتل، شدت تأثیر و تعامل متغیرها بر اساس جدول ۴ محاسبه شد که برای ترسیم IRM از آن استفاده شده است.

جدول ۴ شدت تأثیر متغیرها بر یکدیگر

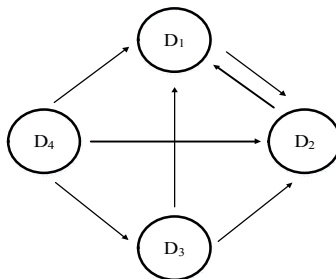
رتبه‌بندی بر اساس $R_i - J_i$	$R_i - J_i$	$R_i + J_i$	J_i	R_i		
امکان‌سنجی	-۱۱۲۹	۱۳۸۶۳	۷۴۹۶	۶۳۶۷	هزینه	بهره‌مندی
ارزش‌افزوده	-۶۸۷	۱۳۶۷۳	۷۱۸۰	۶۴۹۳	ایمنی/مخاطره	
ایمنی/مخاطره	-۱۰۷	۱۲۶۷۳	۶۳۹۰	۶۲۸۳	ارزش‌افزوده	
هزینه	۱۹۲۲	۱۲۸۵۹	۵۴۶۸	۷۳۹۰	امکان‌سنجی	
سخت‌افزار	۱۱۰۴	۸۵۲۲	۳۷۰۹	۴۸۱۳	سخت‌افزار	توسعه
تکنولوژی	۳۵۱	۸۵۵۰	۴۰۹۹	۴۴۵۰	نرم‌افزار	
کارکنان	۱۳۹	۹۴۹۹	۴۶۸۰	۴۸۱۹	آموزش کارکنان	
نرم‌افزار	۵۱۴	۸۶۷۷	۴۰۸۱	۴۵۹۵	کارکنان	
آموزش کارکنان	۲۸	۹۲۹۶	۴۶۳۴	۴۶۶۲	تجهیزات	
پذیرش به‌وسیله کارکنان	-۸۸۱	۸۱۲۴	۴۵۰۲	۳۶۲۲	محیط‌زیست	
پذیرش به‌وسیله مدیریت	-۶۷۷	۹۴۰۶	۵۰۴۱	۴۳۶۴	کیفیت	
تجهیزات	-۸۸۸	۸۶۷۲	۴۷۸۰	۳۸۹۲	تحویل	
کیفیت	-۹۰۲	۹۱۵۰	۵۰۲۶	۴۱۲۴	سود	
محیط‌زیست	۱۱۳	۸۰۱۸	۳۹۵۳	۴۰۶۵	پذیرش کارکنان	
تحویل	۱۰۸	۷۶۲۶	۳۷۵۹	۳۸۶۷	پذیرش مدیریت	
سود	۹۹۰	۹۰۵۹	۴۰۳۴	۵۰۲۵	تکنولوژی	

*اعداد به هزارم هستند.

اعداد بولد شده در ماتریس‌های T_C و T_D بیانگر وجود روابط بین عناصر سطر و ستون عدد مربوط می‌باشد که جهت تأثیر از عنصر سطر بر عنصر ستون استفاده شده است. با استفاده از این ماتریس‌ها می‌توان نقشه روابط درونی زیرمعیارها و نقشه روابط متقابل معیارها را به ترتیب بصورت شکل‌های ۲ و ۳ ترسیم کرد:



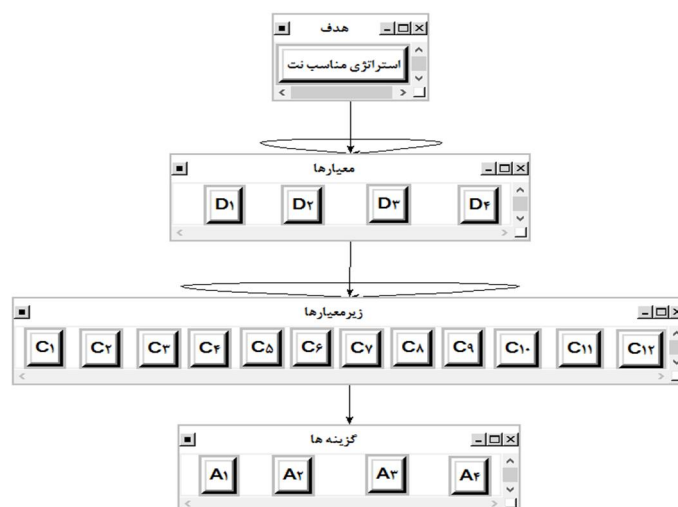
شکل ۲ نقشه روابط زیرمعیارها



شکل ۳ نقشه روابط درونی و روابط متقابل معیارها

با توجه به شکل‌های بالا، D_4 (۱,۹۲۲) دارای بیشترین تأثیرگذاری در بین معیارها و D_1 (۱,۱۲۹) تأثیرپذیرترین معیار است. نظیر این کار برای متغیرهای جزئی‌تر نیز انجام شد که نتیجه آن در شکل مشهود است. در این شکل C_1 (۱/۱۰۴) دارای بیشترین تأثیرگذاری در بین زیرمعیارها و C_9 (۰/۹۰۲) تأثیرپذیرترین زیرمعیار است.

گام بعدی شامل ترسیم ساختار تحلیل شبکه‌ای با استفاده از روابط تعیین شده در گام‌های قبلی است. شکل کلی مدل تحلیل شبکه‌ای مطابق زیر است که به دلیل پیچیده بودن ارتباط متغیرها با یکدیگر، از ترسیم یک به یک این ارتباطها صرف‌نظر شده است. یادآور می‌شود که وزن معیارها و زیرمعیارها هنوز مشخص نشده است.



شکل ۴ ساختار مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای مسئله پژوهش

جهت تعیین وزن معیارها نخست با استفاده از فرمول (۱۰) ماتریس T_C به صورت زیر نرمال شد (این ماتریس در فاز دیمتل محاسبه شده است) (جدول ۵).

جدول ۵ ماتریس نرمال شده جدید T_C^a

C_{12}	C_{11}	C_{10}	C_9	C_8	C_7	C_6	C_5	C_4	C_3	C_2	C_1	
۲۵۲	۳۱۰	۳۳۸	۳۳۷	۳۲۳	۳۴۰	۳۳۸	۳۵۷	۳۰۵	۳۹۵	۳۵۰	۲۵۵	C_1
۳۴۱	۳۱۵	۳۴۴	۳۳۸	۳۲۶	۳۳۶	۳۳۱	۳۵۵	۳۱۴	۳۹۹	۲۸۳	۳۱۷	C_2
۳۴۰	۳۱۷	۳۴۴	۳۳۸	۳۲۱	۳۴۱	۳۳۸	۳۵۰	۳۱۲	۳۲۸	۳۵۴	۳۱۷	C_3
....
۳۷۱	۳۷۰	۳۵۹	۳۲۹	۳۲۹	۳۴۲	۳۴۴	۳۵۴	۳۰۲	۳۸۲	۳۲۴	۲۹۳	C_{11}
۲۹۷	۳۴۷	۳۵۶	۳۳۵	۳۲۲	۳۴۳	۳۳۷	۳۵۵	۳۰۹	۳۶۶	۳۳۱	۳۰۳	C_{12}
۳۴۴	۳۲۰	۳۳۶	۳۳۹	۳۲۲	۳۴۰	۱۰۱۶	۱۲۴۰	۱۰۴۸	۳۷۵	۳۲۸	۲۹۷	میانگین

*اعداد به هزارم هستند.

در گام بعدی بر اساس رابطه (۱۱) سوپرماتریس غیر موزون تدوین شد که حاصل این محاسبات در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

جدول ۶ سوپرماتریس غیر موزون W

C ₁₂	C ₁₁	C ₁₀	C ₉	C ₈	C ₇	C ₆	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	
۳۰۳	۲۹۳	۲۹۰	۲۹۵	۲۹۸	۳۰۱	۲۹۵	۳۰۰	۲۹۹	۳۱۷	۳۱۷	۲۵۵	C ₁
۲۳۱	۲۲۴	۲۲۶	۲۲۴	۲۲۶	۲۲۱	۲۲۱	۲۳۱	۲۳۱	۲۵۴	۲۸۳	۲۵۰	C ₂
۲۶۶	۲۸۲	۲۸۵	۲۷۱	۲۷۵	۲۷۸	۲۸۲	۲۶۹	۲۷۰	۲۲۸	۲۹۹	۲۹۵	C ₃
....
۲۴۷	۲۷۰	۲۵۰	۲۲۷	۲۲۸	۲۲۶	۲۱۴	۳۱۴	۲۲۰	۳۱۷	۳۱۵	۳۱۰	C ₁₁
۲۹۷	۳۷۱	۳۵۸	۳۴۱	۳۳۷	۳۴۵	۳۴۹	۳۵۲	۳۴۷	۳۴۰	۳۴۱	۳۵۲	C ₁₂

* اعداد به هزارم هستند.

جدول ۷ ماتریس نرمال شده روابط کلی است که سطر پنجم این جدول وزن معیارهای اصلی را نشان می‌دهد.

جدول ۷ ماتریس نرمال شده T_D^α

D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	معیار
۲۱۲	۲۵۳	۲۸۱	۲۵۴	D ₁
۲۱۷	۲۴۵	۲۴۳	۲۹۵	D ₂
۲۱۳	۲۱۶	۲۷۶	۲۹۵	D ₃
۱۸۵	۲۴۸	۲۸۱	۲۸۶	D ₄
۲۰۷	۲۴۱	۲۷۰	۲۸۳	میانگین

* اعداد به هزارم هستند.

با استفاده از رابطه (۱۳) سوپرماتریس موزون W^α محاسبه شد و با استفاده از رابطه (۱۴) و $k=3$ سوپرماتریس حددار محاسبه شد و به همگرایی رسید. ستون W وزن نهایی زیرمعیارها را نشان می‌دهد (جدول ۸).

جدول ۸ سوپرماتریس حددار $\lim_{k \rightarrow \infty} (W^k)$

W	C ₁₂	C ₁₁	C ₁₀	C ₉	C ₈	C ₇	C ₆	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	
۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	C ₁
۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	۵۸	C ₂
...													
۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	C ₁₁
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	C ₁₂

* اعداد به هزارم هستند.

با نگاهی به فرایند تحقیق، تا اینجا وزن معیارهای انتخاب راهبرد مشخص شده است. این معیارها به همراه وزن‌های آنها به عنوان ورودی کپراس در نظر گرفته شده‌اند. دلیل استفاده از کپراس در این گام آن است که (۱) استفاده از هر روش دیگری در این مرحله مستلزم جمع‌آوری مجدد داده‌هاست، لذا هیچ هزینه اضافی تحمیل نشده است؛ (۲) در این روش اطلاعات در قالب متغیرهای زبانی جمع‌آوری می‌شوند. این طیف در مقایسه با طیف ساعتی یا لیکرت از سرعت و سادگی بیشتری برخوردار است. همچنین محاسبات این روش بسیار ساده بوده و نیازی به نرم‌افزار خاصی احساس نمی‌شود؛ (۳) مطالعات دیگری وجود دارند که وزن حاصل از تحلیل شبکه‌ای به عنوان ورودی تاپسیس (یا سایر روش‌ها) استفاده شده است. استفاده از کپراس در این زمینه علاوه بر اینکه جزو نوآوری‌های این تحقیق است بلکه باعث می‌شود امکان مطالعات آتی در زمینه اثر استفاده از تکنیک‌های متفاوت در نتیجه تحقیق، ایجاد شود.

در این مرحله از تحقیق، پرسشنامه روش کپراس میان خبرگان توزیع و جمع‌آوری شد. سپس نظرات کارشناسان تلفیق شد و ماتریس حاصل نرمال‌سازی و وزین شد. به جهت پرهیز از اطاله متن، نتیجه آخر محاسبات به صورت درصد مطلوبیت در جدول ۹ آورده شده است:

جدول ۹ اولویت‌بندی راهبردهای نت

رتبه	ترتیب اولویت راهبردهای نت	درصد مطلوبیت
۱	راهبرد پیش بینانه	۱۰۰
۲	راهبرد پیشگیرانه	۹۹/۳
۳	راهبرد مبنی بر شرایط	۹۸/۴
۴	راهبرد اصلاحی	۸۲/۷

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله از ترکیب روش یونگ لن و کپراس برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب راهبرد تعمیرات و نگهداری. روش یونگ لن تلفیق روش‌های دیمتل و تحلیل شبکه‌ای است به‌نحوی که برای تشخیص ارتباطها و همچنین تعیین وزن عوامل (تا قبل از گزینه‌ها) به طور صرف یک بار نیازمند جمع‌آوری داده است. در این مقاله به کمک دسته‌بندی‌هایی که از ادبیات تحقیق اقتباس شده است، معیارهای اصلی و زیرمعیارها (مدل سلسله مراتبی) مشخص شد. سپس به روش دیمتل وجود ارتباط‌های اضافی بین آنها بررسی شد. حاصل کار در مدل تحلیل شبکه‌ای ترسیم شد. سپس با همان داده‌ها و با روش یونگ لن، وزن معیارها و زیرمعیارها محاسبه شد. معیارها، زیرمعیارها و وزن‌های آنها به عنوان ورودی‌های روش کپراس (ستون‌ها)، و راهبردهای تعمیرات و نگهداری به عنوان گزینه‌های آن (سطرها) در نظر گرفته شد. با نظرخواهی مجدد از جامعه آماری، ماتریس کپراس تشکیل شد و پس از حل آن، گزینه‌ها (راهبردها) رتبه‌بندی شدند.

به‌کارگیری روش یونگ لن در این مقاله باعث شد تا بتوان از مزایای ترکیب دیمتل با تحلیل شبکه‌ای استفاده کرد بدون اینکه هزینه اضافی جمع‌آوری اطلاعات مجدد را داشته باشد. استقبال از ترکیب دیمتل با تحلیل شبکه‌ای به آن علت است که (برخلاف مدل‌هایی مانند تحلیل سلسله مراتبی یا تاپسیس که فقط متغیرها را نشان می‌دهند و یا مدل‌هایی مانند تحلیل شبکه‌ای که تمامی متغیرها را با هم مرتبط می‌دانند) مدل کاملی از متغیرها و ارتباط‌های میان آنها را نشان می‌دهد. ترکیب روش یونگ لن با کپراس از دیگر نقاط قوت مقاله است. در این روش از متغیرهای زبانی استفاده می‌شود که در مقایسه با طیف ساعتی یا لیکرت از سادگی بیشتری برخوردار است و باعث صرفه‌جویی در زمان و کاهش حجم محاسبات می‌شود. همچنین در این پژوهش آخرین مطالعات حوزه راهبردهای تعمیرات و نگهداری بررسی شدند و متغیرهای مهم در این حوزه مورد شناسایی و استفاده قرار گرفتند.

استفاده از روش کپراس، راهبرد نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه را به عنوان راهبرد مناسب برای این صنعت تأیید می‌کند. این دستاورد با تحقیقات [۱۰؛ ۱۲] همخوانی دارد. همچنین راهبرد اصلاحی در آخرین رتبه قرار گرفته است. این راهبرد معمولاً در کسب‌وکارهایی که ماشین‌آلات پیشرفته‌ای استفاده می‌کنند در رده‌های آخر قرار می‌گیرد [۱۱؛ ۱۳] که صنعت قطعات خودروسازی نیز در این دسته واقع است.

از آنجا که تاکنون اولویت‌بندی راهبردهای تعمیرات و نگهداری با استفاده از ترکیب روش یونگ لن با کپراس انجام پذیرفته و از روش‌های دیگری برای کارهای مشابه استفاده شده است، لذا برای مطالعات آتی توصیه می‌شود نتایج حاصل از به‌کارگیری این ترکیب با نتایج تحقیقات دیگر مقایسه شود.

۸- پی‌نوشت‌ها

1. TOPSIS
2. AHP
3. ANP
4. DEMATEL
۵. با توجه به تکرار عبارت «راهبرد تعمیرات و نگهداری»، در این مقاله به اختصار آن را «راهبرد» نامیده‌ایم.
6. Yung-Lan

۹- منابع

- [1] Bakken Sperstad I., Devoy McAuliffe F., Kolstad M., Sjomark S. (2016) " Investigating key decision problems to optimize the operation and maintenance strategy of offshore wind farms"; 13th Deep Sea Offshore Wind R&D Conference, Trondheim, Norway.
- [2] Verbert K., De Schutter B., Babuška R. (2017) "Timely condition-based maintenance planning for multi-component systems"; *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 159, pp. 310–321.
- [3] Cuong D., Ming J. (2017) "Selective maintenance of multi-state systems with structural dependence"; *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 159, pp.184–195.
- [4] Ben Mabrouk A., Chelbi A., Radhoui M. (2016) "Optimal imperfect maintenance strategy for leased equipment"; *Intern. Journal of Production Economics*.
- [5] Hemmati M., Abbasi S. (2016) "A multi-stage method of joint-weight and TOPSIS for ranking units"; *Modern Researches in Decision Making*, Vol. 1, No. 2, (in Persian).

- [6] Ghasemnia Arabi N., Safai Qadyklayei A. (2016) "A new approach of MCDM models in classification of Bank Credit customers"; *Modern Researches in Decision Making*, Vol. 1, No. 3, (in Persian).
- [7] Karimi M., Afshar kazemi M. A. (2016) "Predict failure and planning maintenance for bank's ATM using data mining"; *Modern Researches in decision making*, Vol. 1, No.3, (in Persian).
- [8] Shhanqi K., Barzegar A. (2010) "Maintenance decision Model RBI qualitative approach"; The Sixth Conference of the Maintenance and Repair of Iran, Tehran.
- [9] Safari S. (2010) "Maintenance policy choices using AHP and goal programming"; The Sixth Conference of the Maintenance and Repair of Iran, Tehran.
- [10] Ebrahimi S. K. (2010) "Maintenance strategy selection using a fuzzy MADM approach"; The Sixth Conference of the Maintenance and Repair of Iran, Tehran.
- [11] Zaim S., Turkyilmaz A., Acar M. F., Al-Turki U., Demirel O. F. (2012) "Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms"; *Quality in Maintenance*, Vol. 18, No. 1, pp. 16-29.
- [12] Hsiang Cheng Y., Lei Tsao H. (2010) "Rolling stock maintenance strategy selection, spares parts' estimation, and replacements' interval calculation"; *Int. J. Production Economics*, pp. 404–412.
- [13] Sadeghi A., Alborzi Manesh R. (2012) "The application of fuzzy group analytic network process to selection of best maintenance strategy- A case study in Mobarakeh steel company"; *Social and Behavioral Sciences*, pp. 1378 – 1383.
- [14] Lan S., Zhong Y. (2016) "An evaluation model for financial reporting supply chain using DEMATEL-ANP"; 9th *International Conference on Digital Enterprise Technology*.
- [15] Chen I. (2016)" A combined MCDM model based on DEMATEL and ANP for the selection of airline service quality improvement criteria: A study based on

- the Taiwanese airline industry"; *Journal of Air Transport Management*, No. 57, pp.7-18.
- [16] Madhuri Ch., Anand Chandulal J., Padmaja M. (2010) "Selection of best web site by applying COPRAS-G method"; *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, Vol. 1, No. 2, pp.138-146.
- [17] Aghaei M., Fazli S. (2012) "Using the hybrid approach DEMATEL and ANP to choose the right strategy and Maintenance, Case study: Automotive industry enterprises"; pp. 89-107.
- [18] Rahmani N., Irajpour A. (2013) "Model to determine the effective maintenance strategy Lean Thinking approach"; The National Maintenance Conference, Tehran.
- [19] Molaei S. (2013) "Select the optimal maintenance strategy using fuzzy AHP-TOPSIS technique"; The National Maintenance Conference, Tehran.
- [20] Syty H. (2013) "Maintenance strategy using FAD"; The National Maintenance Conference, Tehran.
- [21] Hsiang Cheng Y., Lei Tsao H. (2010) "Rolling stock maintenance strategy selection, spares parts' estimation, and replacements' interval calculation"; *Int. J. Production Economics*, pp. 404-412.
- [22] sarkar A., Kumar Behera D., Sarkar B. (2011) "The maintenance strategy selection of a gas turbine power plant system"; *Information and Operations Management*, Vol. 2, No. 1, pp. 09-16.
- [23] Yung-Lan W., Gwo-Hshiung T. (2012), "Brand marketing for creating brand value based on a MCDM model combining DEMATEL with ANP and VIKOR methods", *Expert Systems with Applications*, no. 39, pp. 5600-5615.
- [24] Lee W., Huang A., Chen C., Cheng M. (2011) *Financial Investment Strategy by DEMATEL and Analytic Network Process*, *Expert Systems with Applications*, Vol 38, No. 7, pp 8375-8383.
- [25] Amalnik M., Ansari Nejad A., Ansari Nejad S., Miri Nargesi S. (2010) *Finding causal relations and rank the critical success factors and success is the implementation of information systems by using a combination of ANP and*

DEMATEL fuzzy group, Journal of Industrial Engineering (Faculty of Tehran University), Vol 44, No. 2, pp 195-212.

- [26] Jafarnejad A., Maleki M.H. (2011) *A lean manufacturing assessment approach using a combination of techniques in terms of ANP and DEMATEL fuzzy*, Studies in Industrial Management, Vol 8, No.20, pp 1-25.