

بررسی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات و انتخاب بهترین استراتژی با استفاده از روش ترکیبی BWM و برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعه‌ی موردی: یک شرکت فعال در صنعت پلاستیک)

Review maintenance strategies and selection of best strategy using a combination of BWM and ideal planning
(Case Study: An Active company in the Plastic Industry)

چکیده:

در دنیای رقابتی امروز و حضور رقیبان فعال در صنایع گوناگون، به‌ویژه در صنعت پلاستیک، فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، اهمیت بسیاری دارند و در صورتی‌که فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات به‌درستی انتخاب و اعمال نشود، می‌تواند آسیب‌های جدی بر سازمان وارد شود. به‌همین دلیل انتخاب یک استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات اهمیت فراوانی دارد. زمانی می‌توان به بهترین شکل فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات را سازمان‌دهی کرد که استراتژی نگهداری و تعمیرات برای هر تجهیز انتخاب شود.

در این پژوهش با بررسی صنعت پلاستیک تلاش شده است تا استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات مناسب برای تجهیزات و قطعه‌ها را بر اساس شرایط سازمان انتخاب کند. در این راستا ابتدا لیستی از تجهیزات و معیارهای مناسب برای بررسی، با کمک گرفتن از خبرگان نگهداری و تعمیرات در صنعت پلاستیک و همچنین مرور مطالعه‌های پیشین گردآوری شده و با نظرخواهی از افراد متخصص نهایی شد. در این مطالعه استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات اصلاحی، نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه، نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در گام بعد پس از تعیین معیارهای مناسب، با استفاده از روش بهترین و بدترین، وزن‌های هر معیار و همچنین وزن‌های استراتژی‌های مورد بررسی در هر یک از معیارها محاسبه شده است. سپس با استفاده از این وزن‌ها و در نظر گرفتن محدودیت‌هایی، یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای انتخاب استراتژی مناسب برای هر تجهیز ارائه شده است. در نهایت با استفاده از این مدل برنامه‌ریزی آرمانی، استراتژی مناسب برای هر یک از تجهیزات و قطعه‌ها انتخاب شده است.

واژه‌های کلیدی: نگهداری و تعمیرات، برنامه‌ریزی آرمانی، روش بهترین و بدترین، صنعت پلاستیک.

نوع مقاله: پژوهشی

مقدمه

امروزه یکی از موضوع‌های حیاتی و مهم صنایع کشور، اهمیت طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌های نگهداری و تعمیرات در صنایع است. حفظ سرمایه‌های ملی

هاشم معزز^(۲)، محمدرضا فتحی^(۱)، امین افتخار^(۳)

۱- استادیار دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، ایران

Reza.fathi@ut.ac.ir

* عهده‌دار مکاتبات:

تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲۲

تاریخ بازنگری: ۹۷/۷/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۴

برای آن‌همه سازمان باهم در تعامل‌اند. در صورتی می‌توان مدل مناسبی را برای پیاده‌سازی مدیریت نگاه‌داری برگزید که مدیریت نگاه‌داری، به‌عنوان اهرمی اثربخش و کارا برای رسیدن به هدف‌های سازمان از سوی مدیران بالای سازمان در نظر گرفته شود. مهم‌ترین وظیفه‌ی نگاه‌داری، حمایت و پشتیبانی کسب‌وکار برای سازمان است و اثربخشی مدیریت نگاه‌داری، زمانی رخ می‌دهد که سازمان دارای یک استراتژی معین باشد. مادو بیان می‌کند که برای رسیدن به یک مزیت رقابتی، می‌باید یک مدیریت نگاه‌داری اثربخش در یک سازمان تجاری وجود داشته باشد؛ بنابراین استراتژی نگاه‌داری مناسب برای ارائه‌ی خدمات و کالا با کیفیت مطلوب به مشتریان، امری غیرقابل‌انکار است [۲]. در زمینه‌ی نگاه‌داری و تعمیرات، استراتژی‌های فراوانی وجود دارد که به تعریف آن‌ها می‌پردازیم.

نگه‌داری و تعمیرات مبتنی بر خرابی

در این استراتژی تا هنگامی که تجهیزات خراب نشده باشند، تعمیر یا تعویض انجام نمی‌شود و حتماً باید یک وسیله به مرحله‌ی شکست یا خرابی برسد تا از ارائه‌ی خدمت و بهره‌برداری به بازایستد. مهم‌ترین هدف این استراتژی، بیشترین استفاده از تجهیزات در فرایند تولید است [۳].

نگه‌داری و تعمیرات اصلاحی

این استراتژی که یک استراتژی ابتدایی محسوب می‌شود، به استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات آتش‌نشانی نیز شهرت دارد. در این استراتژی، فعالیت‌ها پس از بروز حادثه و خرابی آغاز می‌شود و تا پیش از بروز حادثه، هیچ فعالیتی صورت نمی‌گیرد. زمانی استفاده از این استراتژی منطقی به نظر می‌رسد که حاشیه‌ی سود مناسبی وجود داشته باشد. با توجه به دنیای رقابتی امروز و کاهش حاشیه‌ی سود، مدیران مایل‌اند از استراتژی‌های کارتر و مطمئن‌تر بهره‌جویند.

از یک‌سو و ارزبری خرید تجهیزات و دستگاه‌ها در شرایط اقتصادی کنونی از سوی دیگر، لزوم بهره‌گیری از فعالیت‌های برنامه‌ریزی‌شده‌ی نگاه‌داری و تعمیرات را دوچندان کرده است. نحوه‌ی به‌کارگیری این حوزه به‌طور مستقیم در کارایی و سوددهی تولید اثر می‌گذارد؛ بنابراین انتخاب صحیح استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات مناسب، از اهمیت بالایی برخوردار است [۱]. این پژوهش که با تقاضای کارخانه‌ی پلاستیک جم که در شهر عسلویه واقع در استان بوشهر گردآوری شده است، به‌منظور کاهش مشکل‌های بخش نگاه‌داری و تعمیرات این کارخانه صورت گرفته است. این کارخانه به‌دلیل فرسایش بالا و همچنین نداشتن استراتژی مناسب برای نگاه‌داری و تعمیرات و مشکل‌هایی که در این حوزه به‌وجود آمده است، دچار خاموشی‌های زیادی در خط‌های تولید بوده است. این امر علاوه بر ایجاد هزینه‌های بالا و از دست رفتن سود به‌دست‌آمده از فروش محصولات که به‌دلیل این خاموشی‌ها از دست می‌رود (به‌موجب بدعهدی به‌وجود آمده برای تحویل کالا)، متحمل ضررهایی ازجمله خسارت‌های درج‌شده در قرارداد و همچنین از دست دادن سهم بازار شده است. اطمینان نداشتن به خط‌های پرداخت، منجر به نخریه کردن بیشتر و درنهایت افزایش هزینه‌های انبارداری شده است.

با توجه به شرایط به‌نظر می‌رسد که این کارخانه نیاز مبرمی به بهبود در سیاست‌های نگاه‌داری و تعمیرات خود دارد و در صورت رسیدگی نکردن به این موضوع، احتمال شکست سازمان وجود دارد. در این پژوهش هدف اصلی، انتخاب مناسب استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات برای هر تجهیز در صنعت پلاستیک و مشخصاً کارخانه‌ی پلاستیک جم است.

مبانی نظری پژوهش

استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات

مدیریت نگاه‌داری، یک برنامه‌ی کلی برای سازمان است که

نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه

وضعیت و نگهداری و تعمیرات بر مبنای شرایط هم مطرح است، تلاش می‌کند با بهره گرفتن از داده‌های اندازه‌گیری شده، تصمیمات نگهداری و تعمیرات را اتخاذ کند. شرط لازم برای اجرای این استراتژی وجود یک سیستم یکپارچه برای جمع‌آوری داده‌ها و مجموعه‌ای از ابزار اندازه‌گیری برای ارزیابی عملکرد ماشین‌ها در حین فعالیت ماشین‌آلات است. با ارزیابی همیشگی ماشین‌آلات به راحتی می‌توان شرایط غیرطبیعی را تشخیص داد و فعالیت‌های لازم را در زمان مناسب و در صورت لزوم و پیش از وقوع خرابی و خطا انجام داد [۵].

در این استراتژی بر اساس توصیه‌ها و راهنمایی‌های سازندگان و ارائه‌دهندگان دستگاه‌ها و قطعه‌ها و همچنین با استفاده از تجربه‌های گذشته و مرور داده‌های تاریخی، عملیات بازرسی، تعمیر یا تعویض اتفاق می‌افتاد. در این استراتژی دوره‌ی زمانی و کارکرد دستگاه‌ها مورد توجه فراوان قرار می‌گیرند. نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه عبارت است از انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، بر مبنای یک برنامه‌ی از پیش تعیین‌شده، مبتنی بر سیکل زمانی، در قالب یک برنامه‌ریزی سامان‌مند، به منظور کاهش فرسایش غیرعادی قطعه‌ها و دستگاه‌ها و کاهش خاموشی‌های اضطراری و برنامه‌ریزی نشده‌ی دستگاه‌ها.

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان

این استراتژی که توسط موبرای معرفی شد، برای اولین بار در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی در خط‌های هوایی، برای کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات که با شیب تند در حال افزایش بود و همچنین در پاسخ به نگرانی‌هایی که از انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در گذشته بود، اجرا شد. هدف این استراتژی افزایش قابلیت اطمینان و همچنین افزایش مدت‌زمان در دسترس بودن دستگاه‌ها و ماشین‌آلات است [۳]. استاندارد (IEC 1999 (IEC60300-3-11 نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان را این‌گونه معرفی می‌کند: روش منظم و برنامه‌ریزی‌شده‌ای برای تعیین فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه‌ی مؤثر و جامع که در آن قطعه‌ها و تجهیزات بنا بر مجموعه‌ای از فعالیت‌های خاص و به دلیل ایجاد تناوب‌هایی به این فعالیت‌ها، تحت فرایند نگهداری و تعمیرات قرار می‌گیرند. این استراتژی تلاش می‌کند تا با صرف کمترین فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات، قابلیت اطمینان تجهیزات را به‌واسطه‌ی اقدام‌های پیش‌گیرانه بهبود بخشد.

نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه

نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که با رصد کردن مداوم اجزای ماشین هنگام بهره‌برداری، شرایط فنی قطعه‌ها و دستگاه‌ها را ارزیابی کرده و میزان فرسایش اجزا و نشانه‌های خرابی قطعه‌ها را بیده و بر اساس داده‌های به‌دست آورده، فعالیت نگهداری و تعمیرات و زمان اجرای آن را تعیین می‌کند.

نگهداری و تعمیرات مؤثر

این استراتژی به منظور از بین بردن عامل‌ها و ریشه‌های هر خرابی و برای جای‌گزینی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه و پیش‌بینانه معرفی شد. نگهداری و تعمیرات مؤثر به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که با حذف تمامی دلایل‌های وقوع خرابی‌ها و خطاها، در پی بهبود وضعیت دستگاه‌ها و ماشین‌آلات است و نیاز آن‌ها را به فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات کاهش می‌دهد [۴].

پیشینه‌ی پژوهش

خدالدی [۶] در مقاله‌ی خود یک روش برای انتخاب بهترین

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط

این استراتژی که بانام‌های نگهداری و تعمیرات بر مبنای

سبز را مورد مطالعه قرار داده است. شاخص‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش شامل امکان‌پذیری، ایمنی، هزینه، ارزش افزوده، کارایی و ریسک هستند. میزان اهمیت این شاخص‌ها به روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی با تابع عضویت مثلثی و بر پایه‌ی نظرهای خبرگان تعیین شده و در نهایت استراتژی نگه‌داری و تعمیرات اصلاحی را مناسب نیروگاه خورشیدی ملارد و استراتژی نگه‌داری و تعمیرات مؤثر را مناسب برای واحد ۰۹ پسخولان نیروگاه بادی منجیل تشخیص داده است [۹].

پارسانی به منظور انتخاب بهترین استراتژی نگه‌داری و تعمیرات شرکت میلاد قم، در پژوهشی با استفاده از دیمتل، رابطه‌های درونی متغیرهای پژوهش را تعیین و با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای، وزن زیرمعیارها را معین و از راه روش کپراس، استراتژی‌ها را مورد بررسی و در نهایت استراتژی نگه‌داری و تعمیرات پیش‌بینانه را برای این شرکت انتخاب کرده است. در این پژوهش استراتژی‌های نگه‌داری و تعمیرات اصلاحی، نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه، نگه‌داری و تعمیرات پیش‌بینانه و نگه‌داری و تعمیرات مبتنی بر شرایط مورد ارزیابی قرار گرفته است. معیارهای مورد بررسی در پژوهش هزینه، ایمنی، ریسک ارزش افزوده و امکان‌سنجی است [۱۰]. آقاسی زاده برای رسیدن به بهترین استراتژی نگه‌داری و تعمیرات، پنج استراتژی نگه‌داری و تعمیرات اصلاحی، نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه، نگه‌داری و تعمیرات فرصتی، نگه‌داری و تعمیرات موقعیتی و نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گویانه را در پژوهشی با در نظرگیری معیارهای هزینه، قابلیت اجرا، ایمنی و ارزش افزوده با استفاده از پرسش‌نامه و استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، مورد مقایسه قرار داده است. در این راستا یک مطالعه‌ی موردی بر روی کارخانه‌های تولیدی تبرک انجام گرفته که استراتژی نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گویانه از لحاظ وزنی در رتبه‌ی اول قرار گرفته است [۱۱].

استراتژی نگه‌داری و تعمیرات ارائه کرده است. ۵ نوع از مهم‌ترین استراتژی‌های مطرح شده، شامل نگه‌داری و تعمیرات اصلاحی، نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه، نگه‌داری و تعمیرات مبتنی بر شرایط، نگه‌داری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان و نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گویانه در این روش لحاظ شده‌اند. در این روش با استفاده از تلفیق دو تکنیک تحلیل عاملی و تحلیل سلسله‌مراتبی، ابتدا شناسایی و خلاصه‌سازی فاکتورهای کلیدی از بین عامل‌ها مؤثر در موفقیت مطالعه‌های نگه‌داری و تعمیرات انجام و سپس با تشکیل درخت سلسله‌مراتبی، به ارزیابی این استراتژی‌ها پرداخته می‌شود. معیارهای مورد مطالعه در این پژوهش شامل امکان‌پذیری، ارزش افزوده، هزینه و ایمنی است. در نهایت با بررسی یک مطالعه‌ی موردی که در شرکت پتروشیمی شازند صورت گرفته، نشان داده شده است که استراتژی نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه، به عنوان مناسب‌ترین استراتژی قابل اجرا است.

مؤمنی و همکاران در مقاله‌ای به ارزیابی استراتژی‌های نگه‌داری و تعمیرات با استفاده از روش تاپسیس فازی در یک مطالعه‌ی موردی پرداختند [۷]. صوفیا آبادی در پژوهشی در پی اولویت‌بندی استراتژی‌های نگه‌داری و تعمیرات، با استفاده از تلفیق تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و کپراس است [۸]. ساختار تصمیم‌گیری و حل مسأله‌ی این پژوهش، مبتنی بر بررسی معیارهای ایمنی، ارزش افزوده، هزینه و امکان‌سنجی اجرا، در استراتژی‌های نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه، نگه‌داری و تعمیرات مبتنی بر شرایط، نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه، مبتنی بر زمان و نگه‌داری و تعمیرات اصلاحی در صنایع ماشین‌سازی است و در آخر نشان داده است استراتژی نگه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه مبتنی بر زمان، برای استفاده در صنایع ماشین‌سازی مناسب‌تر است.

مهاجری در پژوهشی در یک مطالعه‌ی موردی، انتخاب استراتژی تعمیرات و نگه‌داری منابع نوین انرژی در صنعت

تشخیص‌پذیری است که بر اساس آن‌ها استراتژی‌های نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه‌ی نگاه‌داری و تعمیرات اصلاحی و نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌بینانه را مورد بررسی قرار داده است [۱۴].

یاوی جی در مقاله‌ی خود از روش ترجیح‌های فازی لگاریتمی، برای حل مسئله انتخاب استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات استفاده کرده است. در این روش از داده‌های کمی و کیفی استفاده شده است. استراتژی‌های مورد ارزیابی در این مقاله شامل استراتژی‌های نگاه‌داری و تعمیرات اصلاحی، نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه، نگاه‌داری و تعمیرات مبتنی بر شرایط و نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌بینانه است. ایمنی، هزینه، ارزش افزوده و امکان‌پذیری معیارهای این پژوهش‌اند. ایمنی به‌عنوان مهم‌ترین معیار و استراتژی پیش‌بینانه بهترین استراتژی معرفی شده است [۱۵].

تویت در پژوهشی که به‌منظور تعیین استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات بهینه برای سیستم‌های تولید برق باد ساحلی گردآوری شده است، با استفاده از پارامترهایی چون قابلیت اطمینان، اقتصادی بودن، شرایط آب و هوایی، مدت نگاه‌داری، برق تولید نشده در زمان نگاه‌داری و تعمیرات و قیمت برق بازار، در پی یک استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات بهینه برای تعیین یک زمان‌بندی نگاه‌داری فردی بهینه برای هر مؤلفه در توربین بادی ساحلی است [۱۶].

روش پژوهش

در این پژوهش برای رسیدن به هدف انتخاب استراتژی بهینه‌ی نگاه‌داری و تعمیرات برای هر تجهیز، مسیری طی شده که طی آن چهار فاز متفاوت را سپری شده است.

فاز اول: تعیین قطعه‌ها

همان‌گونه که پیش‌تر بحث شد، در این پژوهش فرصت مطالعه و بررسی برای تمامی قطعه‌ها وجود ندارد، در ابتدا باید مشخص

زعیم در مطالعه‌های خود با استفاده از روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل عاملی، استراتژی مناسب نگاه‌داری و تعمیرات برای صنعت چاپ را انتخاب کرده است. معیارهای در نظر گرفته‌شده در این پژوهش شامل ایمنی، تأثیرهای زیست‌محیطی، دسترسی‌پذیری و هزینه هستند. با این معیارها استراتژی‌های نگاه‌داری و تعمیرات اصلاحی، نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌بینانه و نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه در یک مطالعه‌ی موردی که بر روی روزنامه‌ی زامان ترکیه انجام شده است، مورد مقایسه قرار گرفته است. در نهایت استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌بینانه، مناسب‌ترین استراتژی برای این صنعت انتخاب شده است [۱۲].

جایاسوال در پژوهشی با استفاده از روش تاپسیس فازی، استراتژی‌های نگاه‌داری و تعمیرات اصلاحی، نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌گیرانه، نگاه‌داری و تعمیرات مبتنی بر شرایط، نگاه‌داری و تعمیرات فرصتی، نگاه‌داری و تعمیرات پیش‌بینانه و نگاه‌داری و تعمیرات مبتنی بر خرابی، توسط ده معیار موجودی انبار، هزینه‌ی قطعه‌ها، هزینه‌ی پرسنلی بخش نگاه‌داری و تعمیرات، قابلیت اطمینان، ایمنی، کیفیت، زمان در دسترس، امکانات، هزینه‌ی پشتیبانی و محیط‌زیست مورد مقایسه قرار داده است. او در پژوهش خود بر روی تجهیزات بارگیری در هندوستان و با نظرخواهی از پنج کارشناس بهره برده است. در نهایت استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات مبتنی بر خرابی به‌عنوان بهترین استراتژی معرفی شده است [۱۳].

اوزکان در پژوهشی به مطالعه‌ی استراتژی نگاه‌داری و تعمیرات برای هر تجهیز در نیروگاه برق‌آبی پرداخته است. ابتدا با استفاده از روش تاپسیس به انتخاب تجهیزات مؤثرتر برای انجام مطالعه پرداخته و سپس با کمک روش تحلیل سلسله‌مراتبی و یافتن وزن‌های معیارها به تشکیل یک مدل بر مبنای برنامه‌ریزی آرمانی اقدام کرده است. لازم به یادآوری است که در این مطالعه معیارهای بررسی شده شامل وقوع، شدت و

کارخانه‌ی یادشده مشخص کنند. سپس بر اساس اولویت‌بندی انجام‌شده، میانگین اولویت برای هر معیار محاسبه خواهد شد و درنهایت چهار معیاری که بالاترین اولویت را به‌دست آورند، به‌عنوان معیارهای برگزیده انتخاب می‌شوند.

فاز سوم: تعیین وزن‌ها

برای این‌که بتوان استراتژی‌های متفاوت نگاه‌داری و تعمیرات را باهم مقایسه کرد، به معیار نیاز خواهیم داشت، اما لازم است به این نکته دقت شود که میزان اهمیت هر معیار برای تعیین استراتژی‌ها، به یک‌میزان نبوده و وزن هرکدام متفاوت است. برای تعیین وزن هر معیار و همچنین تعیین وزن‌های هر استراتژی برای هر یک از معیارها، از روشی به نام روش بهترین و بدترین بهره خواهیم برد.

روش بهترین و بدترین

در این روش برای به‌دست آوردن وزن‌های هر معیار یا شاخص، ابتدا بهترین و بدترین معیار یا شاخص توسط افراد خبره انتخاب می‌شود، سپس مقایسه‌های زوجی میان هر یک از معیارها یا شاخص‌ها با معیار یا شاخص بهترین و سپس بدترین انجام می‌گیرد. سپس با فرمول کرن و حل کرن یک مسأله MaxMin، وزن هر معیار یا شاخص محاسبه می‌شود.

مرحله‌های روش بهترین و بدترین:

گام اول

در این گام مجموعه معیارهایی که باید موردبررسی قرار گیرند، مشخص شده و برای هرکدام اندیس‌هایی مانند (C_1, C_2, \dots, C_n) انتخاب می‌کنیم.

گام دوم

در این گام بهترین معیار و بدترین معیار توسط افراد خبره

کنیم که کدامیک از قطعه‌ها و تجهیزات مورداستفاده در خط تولید، نقش مهمتری را برای ادامه فعالیت خط تولید ایفا می‌کند. برای انتخاب قطعه‌های مناسب ابتدا نظر خبرگان نگاه‌داری و تعمیرات در کارخانه پلاستیک جم را جویا شده؛ آن‌ها با توجه به اتفاق‌ها و رویدادهایی که در کارخانه در مدت فعالیت خود روی‌داده است. حال برای انتخاب نهایی میان این قطعه‌ها و گزینش بهترین قطعه‌ها برای بررسی و مطالعه، پرسش‌نامه‌ای بر اساس روش رتبه‌بندی طراحی شده است که توسط ده نفر از متخصصان و خبرگان کارخانه‌ی جم پاسخ‌داده‌شده است. در این پرسش‌نامه از پاسخ‌دهندگان خواسته‌ایم که قطعه‌های نامبرده را اولویت‌بندی کنند. سپس بر اساس اولویت‌بندی انجام‌شده، میانگین اولویت برای هر قطعه را محاسبه خواهیم کرد. چهار قطعه‌ای که بالاترین اولویت را به‌دست آورند، مورد مطالعه‌ی نهایی قرار خواهند گرفت.

فاز دوم: تعیین معیارها

برای سنجش هر چیزی به معیارهایی نیاز است که توسط آن‌ها بتوان شاخص موردنظر را مورد ارزیابی قرار داد. برای آن‌که بتوانیم استراتژی‌های گوناگون نگاه‌داری و تعمیرات را باهم مقایسه کنیم، باید بدانیم که با چه معیارهایی می‌توانیم این مقایسه‌ها را برای این استراتژی‌ها در صنعت موردنظر انجام دهیم. برای این منظور و انتخاب مناسب معیارها و سنجش استراتژی‌ها در صنعت پلاستیک، ابتدا با استفاده از مرور ادبیات این حوزه و همچنین با بهره‌گیری از نظرهای خبرگان نگاه‌داری و تعمیرات کارخانه‌ی پلاستیک جم، لیستی از معیارهایی که می‌تواند ما را به سمت سنجش صحیح‌تر راهنمایی کند، جمع‌آوری خواهد شد. حال برای انتخاب نهایی از میان این معیارها و گزینش بهترین آن‌ها برای سنجش استراتژی‌ها، پرسش‌نامه‌ای بر اساس روش رتبه‌بندی طراحی شده است که توسط ده نفر از متخصصان و خبرگان کارخانه‌ی جم پاسخ‌داده‌شده است. در این پرسش‌نامه از پاسخ‌دهندگان تقاضا کرده‌ایم که اولویت معیارها را برای

انتخاب می‌شوند.

مسئله بالا می‌تواند به مسأله زیر تبدیل شود:

min Z

s. t.

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq Z$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq Z$$

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j$$

گام سوم

هدف از این گام مقایسه میزان عملکرد بهترین معیار در برابر معیارهای دیگر است.

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

گام چهارم

مقایسه‌ی میزان عملکرد معیارهای دیگر در برابر بدترین معیار است.

$$A_w = (a_{1w}, a_{2w}, \dots, a_{nw})$$

گام پنجم

برای یافتن وزن هر معیار، باید به‌گونه‌ای عمل شود که میزان فاصله‌ی وزن هر معیار به بدترین معیار از عدد مشخص شده در مقیاس زوجی میان این دو کمترین باشد به عبارت دیگر معادله‌ی روبه‌رو حداقل شود.

برای یافتن وزن هر معیار، باید به‌گونه‌ای عمل شود که میزان فاصله‌ی وزن هر معیار به بدترین معیار از عدد مشخص شده در مقیاس زوجی میان این دو کمترین باشد به عبارت دیگر معادله‌ی روبه‌رو حداقل شود.

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|$$

و در نهایت مسئله زیر قابل بیان باشد:

$$\min \max \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} - a_{Bj} \right|, \left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \right\}$$

s. t.

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j$$

نرخ سازگاری

در اینجا به معرفی نرخ سازگاری برای روش بهترین و بدترین پرداخت خواهد شد، در روش بهترین و بدترین زمان یک مقایسه‌ی کاملاً سازگار است که معادله‌ی روبه‌رو برای تمام j ها برقرار باشد.

$$a_{Bj} \times a_{jw} = a_{Bw}$$

a_{Bj} : عملکرد بهترین معیار نسبت به معیار j است.

a_{jw} : عملکرد معیار j نسبت به بدترین معیار است.

a_{Bw} : عملکرد بهترین معیار نسبت به بدترین معیار است.

منطقی‌ست که $a_{ij} \in \{1, 2, \dots, 9\}$ باشد و بیشترین مقدار ممکن برای a_{Bw} برابر با ۹ باشد.

زمانی که معادله‌ی بالا برقرار نباشد، یا به عبارت دیگر جواب معادله از a_{Bw} کمتر یا بیشتر باشد، مقدار سازگاری کاهش می‌یابد و منطقی خواهد بود که بیشترین میزان نابرابری زمانی رخ دهد که a_{Bj} و a_{jw} بیشترین مقدار ممکن خود باشند که مقدار Z^* را نتیجه می‌دهد. به عبارت دیگر:

$$(a_{Bj} - Z) \times (a_{Bj} - Z) = (a_{Bw} + Z) \Rightarrow$$

$$Z^2 - (1 + 2a_{Bw})Z + (a_{Bw}^2 - a_{Bw}) = 0$$

با حل این معادله برای مقدارهای متفاوت a_{Bw} ، می‌توان بیشترین مقدار ممکن برای Z را محاسبه کرد. این مقدار

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SC_{1j} \cdot X_{ij} + d_1^- - d_1^+ &= n \cdot TS_1 \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SC_{2j} \cdot X_{ij} + d_2^- - d_2^+ &= n \cdot TS_2 \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SC_{0j} \cdot X_{ij} + d_0^- - d_0^+ &= n \cdot TS_0 \\ \sum_{j=1}^m X_{1j} &= 1 \\ \sum_{j=1}^m X_{2j} &= 1 \\ \sum_{j=1}^m X_{ij} &= 1 \\ x \in (0,1) \text{ و } d &\geq 0 \end{aligned}$$

که در آن موردهای زیر با جزئیات تعریف می‌شود:
 P_1 نشان‌دهنده اولویت هدف‌های و آرمان‌ها و سلسله‌مراتب آن‌هاست.

$$(P_1 > P_2 > P_3)$$

W_k : وزن معیار k ام

TC: هزینه کل برنظر گرفته‌شده‌ی نگهداری و تعمیرات برای قطعه‌های موردبررسی

TD: زمان کل در دسترس برای نگهداری و تعمیرات

قطعه‌های موردبررسی

TS_k : بهترین امتیاز یا وزن استراتژی‌ها در معیار k ام

C_{ij} : هزینه نگهداری و تعمیرات برای قطعه‌ی i ام در استراتژی j ام

D_{ij} : زمان کل در دسترس برای نگهداری و تعمیرات برای

قطعه‌ی i ام در استراتژی j ام

SC_{kj} : وزن و یا امتیاز استراتژی j ام در معیار k ام

n : تعداد قطعه‌های موردبررسی

d_c^- : مقدارهای کمتر از هزینه‌ی کل تعیین شد

d_c^+ : مقدارهای بیشتر از هزینه‌ی کل تعیین شد

d_D^- : مقدارهای کمتر از زمان کل تعیین شد

d_D^+ : مقدارهای بیشتر از زمان کل تعیین شد

بیشترین را شاخص سازگاری بیان می‌کنند. با استفاده از شاخص سازگاری، می‌توان نرخ سازگاری را محاسبه کرد. این نرخ سازگاری که باید در بازه‌ی صفر تا یک قرار گیرد، هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، مقایسه‌ها از سازگاری و ثبات کمتر و هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، مقایسه‌ها از سازگاری و ثبات بیشتری برخوردار است.

$$\text{شاخص سازگاری} = \frac{Z}{\text{نرخ سازگاری}}$$

در این مطالعه به‌وسیله‌ی روش بهترین و بدترین و وزن‌های هر معیار محاسبه‌شده است؛ اما تنها محاسبه‌ی وزن معیارها برای تشکیل و اجرای مدل برنامه‌ریزی آرمانی کافی نیست و لازم است برای هر معیار مشخص شود که وزن هر استراتژی موردبررسی به چه میزان است. در این مطالعه که چهار استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحی، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان موردبررسی قرار گرفته‌اند، باید برای هر معیاری که در فاز دوم مشخص شده است وزن تمامی استراتژی‌ها محاسبه شود.

فاز چهارم: مدل‌سازی برنامه‌ریزی آرمانی

در فاز نهایی این پژوهش با استفاده از وزن‌های به‌دست‌آمده توسط روش بهترین و بدترین و همچنین با بهره‌گیری از برنامه‌ریزی آرمانی، به تشکیل مدلی برای یافتن استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات برای هر تجهیز اقدام می‌کنیم. مدل ارائه‌شده برای این پژوهش به‌صورت زیر است:

$$\min z = P_1(d_c^+) + P_2(d_D^+) + P_3\left(\sum_{k=1}^o w_k \cdot d_k^-\right)$$

s. t.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot X_{ij} + d_c^- - d_c^+ = TC$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m D_{ij} \cdot X_{ij} + d_D^- - d_D^+ = TD$$

d_k^- : مقدارهای کمتر از امتیاز بهینه مشخص شد
 d_k^+ : مقدارهای بیشتر از امتیاز بهینه مشخص شد.

مجموعه‌ها:

i : نوع قطعه ($i = 1, 2, \dots, n$)

j : نوع استراتژی ($j = 1, 2, \dots, m$)

k : نوع قطعه ($k = 1, 2, \dots, o$).

متغیر تصمیم‌گیری

۱، در صورتی که استراتژی j از i برای معیار i انتخاب شود
 X_{ij}
 ۰، در غیر این شرایط

محدودیت اول

این محدودیت نشان می‌دهد که در موضوع انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات، میزان هزینه‌ها تا مقدار مشخصی می‌تواند بالا برود. هر استراتژی برای هر قطعه هزینه‌ی مشخصی را به سیستم تحمیل می‌کند. انتخاب استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات قطعه‌ها برای هر قطعه باید به گونه‌ای باشد که مجموع هزینه‌ها از مقدار مشخص شده کمتر باشد؛ در واقع آرمان این محدودیت آن است که هر چه مقدار مجموع هزینه‌ها از هزینه کل در نظر گرفته شده کمتر باشد مطلوب‌تر است.

محدودیت دوم

این محدودیت نشان می‌دهد که در موضوع انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات، میزان زمان در دسترس برای پرداختن به موضوع نگهداری و تعمیرات، میزان مشخصی است. اجرای هر استراتژی بر روی هر قطعه، زمان مشخصی نیاز دارد. انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات برای هر قطعه،

باید به گونه‌ای باشد که مجموع زمان اختصاص یافته، از مقدار زمان در دسترس برای این حوزه کمتر باشد؛ در واقع آرمان این محدودیت آن است که هر چه مقدار مجموع زمان‌ها از زمان کل در دسترس کمتر باشد، مطلوب‌تر است.

محدودیت سوم

در این سری از محدودیت‌ها در پی تأثیرگذاری انتخاب استراتژی‌ها بر روی سازمان هستیم. هدف از انتخاب استراتژی، نحوه‌ی تأثیرگذاری آن استراتژی بر روی معیارهایی است که هدف‌های سازمان را به پیش می‌برند. پس برای مطالعه‌ی نحوه‌ی تأثیرگذاری استراتژی‌ها، باید به بررسی نحوه‌ی تأثیر انتخاب هر استراتژی بر روی هر یک از معیارهای تأثیرگذار سازمان پرداخت. لازم به یادآوری است همان‌طور که در فاز سوم روش پژوهش نشان داده شد، هر استراتژی در هر معیار دارای یک امتیاز یا یک وزن منحصر به فرد است. در هر معیار یک استراتژی وجود دارد که در صورت گزینش آن استراتژی، معیار مورد نظر در بالاترین میزانی که می‌تواند به آن دسترسی داشته باشد، خواهد رسید. در این سری از محدودیت‌ها نشان می‌دهیم که مطلوب ما انتخاب استراتژی‌ای است که بالاترین امتیاز را از میان استراتژی‌ها، برای آن معیار خاص کسب کرده است؛ در واقع آرمان ما در این سری از محدودیت‌ها، به کمترین میزان رساندن جمع امتیازهای استراتژی‌ها با استراتژی مطلوب است. لازم به یادآوری است که برای هر تجهیز لازم است که بهترین استراتژی انتخاب شود و بدیهی است که جمع تمامی امتیازهای استراتژی‌ها برای تمامی قطعه‌ها و تجهیزات، باید با جمع بهترین امتیاز استراتژی‌ها برای هر قطعه مورد مقایسه قرار گیرد.

محدودیت چهارم

در این سری از محدودیت‌ها نشان داده‌ایم که هر قطعه تنها می‌تواند از یک استراتژی برای نگهداری و تعمیرات بهره ببرد.

محدودیت پنجم

در این محدودیت مشخص می‌شود که تمامی متغیرهای تصمیم، تنها می‌توانند مقادیر صفر و یک را اختیار کنند و تمامی انحرافات نیز، باید صفر و یا مثبت شوند.

در این پژوهش با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و داده‌های میدانی، داده‌ها گردآوری شده است. در ابتدا برای شناسایی تجهیزات و معیارها متناسب با کارخانه‌ی پلاستیک جم، از روش کتابخانه‌ای و همچنین گفت‌وگوی آزاد با خبرگان نگره‌داری و تعمیرات در این کارخانه استفاده شده است. برای نهایی‌سازی تجهیزات و معیارها، پرسش‌نامه‌ای طراحی و میان ده تن از مدیران و متخصصان که همگی دارای مدرک لیسانس به بالا هستند، توزیع و از آن‌ها تقاضا می‌شود اولویت‌های تجهیزات و معیارها را تعیین کنند. در نهایت با تجزیه و تحلیل این پرسش‌نامه‌ها، قطعه‌ها و معیارهای مناسب برای انجام پژوهش انتخاب می‌شود. بدین گونه، میانگین اولویت هر تجهیز و هر معیار مطابق با نظرهای کارشناسان گرفته می‌شود و چهار تجهیز و چهار معیار که بالاترین امتیاز و اولویت را دریافت می‌کنند، انتخاب می‌شوند. سپس برای گردآوری داده‌های مربوط به اولویت‌دهی به معیارها و استراتژی‌ها در هر معیار و وزن‌دهی به هر کدام از آن‌ها، پرسش‌نامه‌ای مطابق با تکنیک بهترین و بدترین تدوین و میان ده نفر برگزیده توزیع می‌شود. برای تجزیه و تحلیل داده‌های

گرفته‌شده و تعیین وزن‌های معیارها و استراتژی‌ها در هر معیار، از نرم‌افزار Lingo استفاده شده است. سپس با استفاده از گفت‌وگو با خبرگان منابع در دسترس برای تخصیص و میزان تخصیص لازم منابع برای هر استراتژی مشخص می‌شود. در نهایت پس از تشکیل مدل برنامه‌ریزی آرمانی با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده، از نرم‌افزار GAMS برای انتخاب استراتژی بهینه برای هر تجهیز استفاده می‌شود.

شناسایی تجهیزات مؤثرتر در حوزه‌ی نت در کارخانه‌ی پلاستیک جم

با توجه به وجود قطعه‌های گوناگون و متفاوت در خط‌های تولید کارخانه‌ی پلاستیک جم، نمی‌توان تمامی قطعه‌ها را مورد بررسی و مطالعه قرار داد. از این‌رو، در این بخش از پژوهش تلاش می‌شود قطعه‌های مؤثرتر برای انجام پژوهش گزینش شوند؛ بنابراین ابتدا با گفت‌وگو که با مدیر بخش نگره‌داری و تعمیرات کارخانه‌ی پلاستیک جم انجام شد، هفت تجهیز پکینگ، اورینگ، المنت، ترموکویل، شیر برقی، مازول و کفشک برای اولویت‌دهی توسط مدیران و متخصصان در حوزه‌ی تولید و نگره‌داری و تعمیرات در کارخانه‌ی پلاستیک جم، انتخاب شد. قطعه‌ها و تجهیزاتی که بیشترین اثرگذاری را بر خط تولید دارند انتخاب کرده که لیست آن‌ها به صورت شکل (۱) است.

• یک قطعه‌ی پلاستیکی ست که وظیفه‌ی آب‌بندی کردن و مسدودسازی نشتی روغن را بر عهده دارد.	پکینگ
• همچون پکینگ یک قطعه‌ی پلاستیکی ست که وظیفه‌ی آب‌بندی کردن و مسدودسازی نشتی روغن را بر عهده دارد.	اورینگ
• این قطعه به دنبال گرم کردن محیط و به تبع آن ذوب شدن مواد پلیمری ست.	المنت
• نوعی کابل است که رابطه‌های بین المنت و PLC دستگاه را برقرار می‌کند.	ترموکویل
• قطعه‌ای الکترونیکی ست که به‌عنوان یک پردازنده‌ی دستورهای PLC را انجام می‌دهد.	شیر برقی
• قطعه‌ای الکترونیکی ست که دارای برنامه‌های پیش‌فرض است و بین PLC و شیر برقی قرار می‌گیرد.	ماژول
• یک قطعه‌ی تفلونی ست که میان آن گیرس قرار می‌گیرد و وظیفه‌ی آن کاهش اصطکاک و روان کردن حرکت هاست.	کفشک

شکل ۱- لیست قطعه‌ها و تجهیزات اثرگذاری بر خط تولید

معیار توسط روش بهترین و بدترین، ابتدا باید بهترین و بدترین معیار برای کارخانه انتخاب شود. در گفت‌وگویی با مدیر بخش نگهداری و تعمیرات کارخانه‌ی پلاستیک جم، بهترین معیار ساعت خاموشی و بدترین معیار تعداد وقوع تعیین شد. در ادامه با تشکیل مدل متناسب روش بهترین و بدترین و حل آن با استفاده از نرم‌افزار Lingo نتیجه‌های جدول (۳) به‌دست آمد.

شاخص سازگاری در این مدل برابر است با:

$$Z^2 - (1 + 2a_{BW})Z + (a_{BW}^2 - a_{BW}) = 0 \Rightarrow$$

$$Z^2 - (1 + 8.4)Z + (8.4^2 - 8.4) = 0 \Rightarrow Z = 4/77$$

$$\text{شاخص سازگاری} = \frac{Z}{\text{نرخ سازگاری}} = \frac{0/33}{4/771} = 0/069$$

سپس با توزیع پرسش‌نامه میان ده نفر از افراد متخصص، اولویت‌های تجهیزات در نگهداری و تعمیرات مشخص شد. نتیجه‌های این پرسش در جدول (۱) ارائه شده است. برای انتخاب تجهیزات، میانگین اولویت‌های در نظر گرفته شده توسط پاسخ‌دهندگان، برای هر تجهیز، محاسبه شده و چهار تجهیز که پایین‌ترین عدد را به خود اختصاص دهند، برای انجام مطالعه و بررسی انتخاب می‌شوند. با انجام محاسبه‌ها، قطعه‌های شیر برقی، پکینگ، ماژول و کفشک انتخاب شدند.

تعیین وزن‌های معیارها و استراتژی‌ها در هر معیار

توسط روش بهترین و بدترین

برای تعیین اولویت‌ها و همچنین مشخص کردن وزن هر

جدول ۱- پاسخ پاسخ‌دهندگان به تعیین اولویت قطعه‌ها

کفشک	اورینگ	شیر برقی	ماژول	پکینگ	ترموکوپل	المنت	قطعه پاسخ‌دهنده
۴	۶	۲	۳	۱	۷	۵	۱
۴	۶	۲	۵	۱	۳	۷	۲
۵	۶	۱	۳	۲	۷	۴	۳
۱	۶	۲	۴	۳	۵	۷	۴
۷	۲	۴	۳	۱	۶	۵	۵
۲	۷	۱	۴	۳	۶	۵	۶
۱	۷	۳	۲	۴	۵	۶	۷
۶	۴	۱	۲	۳	۷	۵	۸
۴	۵	۳	۲	۱	۷	۶	۹
۴	۵	۱	۲	۳	۷	۶	۱۰

جدول ۲- تعیین اولویت قطعه‌ها

کفشک	اورینگ	شیر برقی	ماژول	پکینگ	ترموکوپل	المنت	
۳۸	۵۴	۲۰	۳۰	۲۲	۶۰	۵۶	مجموع
۳/۸	۵/۴	۲	۳	۲/۲	۶	۵/۶	میانگین

جدول ۳- تعیین وزن‌های معیارها

تعداد وقوع (W4)	تشخیص پذیری (W3)	شدت خرابی (W2)	ساعت خاموشی (W1)	
۰,۰۷۷	۰,۱۲۹	۰,۱۸۸	۰,۶۰۶	وزن
۰,۳۶۶				مقدار Z

تن از مدیران و کارشناسان بخش تولید و نگهداری و تعمیرات توزیع شد. نتیجه‌های این پرسش‌ها به‌عنوان نمونه در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵- داده‌های هزینه و زمان در استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحی

پارامتر/تجهیز	زمان (ده دقیقه)	هزینه‌ی قطعه (هزار تومان)	هزینه‌ی نیروی انسانی (هزار تومان)	هزینه‌ی فرصت از دست رفته (هزار تومان)	هزینه‌ی کل (هزار تومان)
شیر برقی	۶۰	۴۰۰	۱۰۰۰	۵۵۰۰۰	۶۰۰۰۰
پکیگ	۸۰	۳۰۰	۱۲۰۰	۳۷۰۰۰	۳۸۵۰۰
مازول	۱۰	۲۵۰۰	۴۰۰	۲۵۰۰۰	۲۷۹۰۰
کفشک	۲۴۰	۳۵۰۰	۳۸۰۰	۷۵۰۰۰	۸۲۵۰۰

از طرف مدیران کارخانه‌ی پلاستیک جم، مجموع هزینه‌های پیش‌بینی‌شده، مبلغ صد میلیون تومان و زمان در دسترس برای نگهداری و تعمیرات این قطعه‌ها، چهار هزار دقیقه تعیین شده است. با جمع‌آوری داده‌های لازم مدل را به‌صورت زیر تشکیل می‌دهیم:

$$\min z = P_1(d_1^+) + P_2(d_2^+) + P_3(0.623 * d_1^- + 0.139 * d_2^- + 0.167 * d_3^- + 0.071 * d_4^-)$$

s. t.)

$$60000 * X_{11} + 38000 * X_{12} + 30600 * X_{13} + 27000 * X_{14} + 38500 * X_{21} + 19480 * X_{22} + 17500 * X_{23} + 23150 * X_{24} + 27900 * X_{31} + 18500 * X_{32} + 13450 * X_{33} + 14900 * X_{34} + 82500 * X_{41} + 49300 * X_{42} + 43000 * X_{43} + 39200 * X_{44} + d_c^- - d_c^+ = 100000$$

$$60 * X_{11} + 120 * X_{12} + 90 * X_{13} + 130 * X_{14} + 80 * X_{21} + 90 * X_{22} + 120 * X_{23} + 100 * X_{24} + 10 * X_{31} + 40 * X_{32} + 20 * X_{33} + 75 * X_{34} + 240 * X_{41} + 120 * X_{42} + 600 * X_{43} + 135 * X_{44} + d_D^- - d_D^+ = 400$$

$$0.06 * X_{11} + 0.231 * X_{12} + 0.17 * X_{13} + 0.539 * X_{14} + 0.06 * X_{21} + 0.231 * X_{22} + 0.17 * X_{23} + 0.539 * X_{24} + 0.06 * X_{31} + 0.231 * X_{32} + 0.17 * X_{33} + 0.539 * X_{34} + 0.006 * X_{41} + 0.231 * X_{42} + 0.17 * X_{43} + 0.539 * X_{44} + d_1^- - d_1^+ = 2.156$$

$$0.153 * X_{11} + 0.484 * X_{12} + 0.071 * X_{13} + 0.292 * X_{14} + 0.153 * X_{21} + 0.484 * X_{22} + 0.071 * X_{23} + 0.292 * X_{24} + 0.153 * X_{31} + 0.484 * X_{32} + 0.071 * X_{33} + 0.292 * X_{34} + 0.153 * X_{41} + 0.484 * X_{42} + 0.071 * X_{43} + 0.292 * X_{44} + d_2^- - d_2^+ = 1.936$$

$$0.063 * X_{11} + 0.167 * X_{12} + 0.222 * X_{13} + 0.548 * X_{14} + 0.063 * X_{21} + 0.167 * X_{22} + 0.222 * X_{23} + 0.548 * X_{24} + 0.063 * X_{31} + 0.167 * X_{32} + 0.222 * X_{33} + 0.548 * X_{34} + 0.063 * X_{41} + 0.167 * X_{42} + 0.222 * X_{43} + 0.548 * X_{44} + d_3^- - d_3^+ = 2.192$$

$$0.058 * X_{11} + 0.233 * X_{12} + 0.488 * X_{13} + 0.221 * X_{14} + 0.058 * X_{21} + 0.233 * X_{22} + 0.488 * X_{23} + 0.221 * X_{24} + 0.058 * X_{31} + 0.233 * X_{32} + 0.488 * X_{33} + 0.221 * X_{34} + 0.058 * X_{41} + 0.233 * X_{42} + 0.488 * X_{43} + 0.221 * X_{44} + d_4^- - d_4^+ = 1.952$$

برای تعیین اولویت‌ها و همچنین مشخص کردن وزن هر استراتژی در هر معیار، توسط روش بهترین و بدترین، ابتدا باید بهترین و بدترین استراتژی برای هر معیار انتخاب شود. در گفت‌وگویی که با مدیر بخش نگهداری و تعمیرات کارخانه‌ی پلاستیک جم، بهترین استراتژی و بدترین استراتژی برای هر معیار به‌صورت زیر تعیین شد:

جدول ۴- تعیین بهترین و بدترین استراتژی برای هر معیار

معیار	بهترین استراتژی	بدترین استراتژی
شدت خرابی	نت مبتنی بر قابلیت اطمینان	نت اصلاحی
تشخیص پذیری	نت بهره‌ور جامع	نت پیشگیرانه
ساعت خاموشی	نت مبتنی بر قابلیت اطمینان	نت اصلاحی
تعداد وقوع	نت پیشگیرانه	نت اصلاحی

در گام بعد تهیه‌ی پرسش‌نامه‌ی استاندارد روش بهترین و بدترین برای تعیین وزن‌های استراتژی‌ها در هر معیار، میان ده

باقی می‌ماند. با توجه به این‌که در این پژوهش از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای مدل‌سازی یک موضوع نگهداری و تعمیرات استفاده شده است، پیشنهاد می‌شود سایر رویکردهای برنامه‌ریزی و مدل‌سازی برای موضوع‌های نگهداری و تعمیرات نیز به‌کار گرفته شوند. در انتخاب معیارها و تجهیزات سایر روش‌های گزینش نیز می‌توانند مورد استفاده در پژوهش‌های آینده قرار گیرند. با توجه به اشتراک استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات میان صنایع گوناگون، این پژوهش می‌تواند راه‌گشای سایر مرکزهای صنعتی نیز باشد. پژوهش‌های پیشینی که بر روی این واحد صنعتی انجام گرفته است، منجر به عدم رضایت کارکنان شده و در نهایت به عدم ارتباط مناسب با پژوهش‌گر منتج شده و به انجام همکاری تمایل نداشته‌اند. محدودیت دیگری که در این پژوهش به‌وجود آمد، عدم درک مناسب پاسخ‌دهندگان به نحوه‌ی پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه‌ی استاندارد روش بهترین و بدترین بود. از دیگر محدودیت‌های این پژوهش عدم تعمیم نتیجه‌های آن به سایر واحدهای صنعتی است.

جدول ۶- نتیجه‌های به‌دست‌آمده از حل

مقدار	متغیر
۱	X_{14}
۱	X_{22}
۱	X_{33}
۱	X_{44}
۰	باقی متغیرها
۰	d_c^+
۰	d_d^+
۸۷۰	d_c^-
۲۵	d_d^-
۰٫۶۷۷	d_1^-
۰٫۷۹۷	d_2^-
۰٫۷۰۷	d_3^-
۰٫۷۸۹	d_4^-
۰	d_k^+
۰٫۷۱۳	Z

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = 1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} = 1$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} = 1$$

$$X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} = 1$$

$$x \in (0,1) \text{ و } d \geq 0$$

لازم به یادآوری است که در اینجا اندیس i برای نشان دادن نوع قطعه؛ $i=1$ نشان‌دهنده‌ی قطعه‌ی شیر برقی؛ $i=2$ نشان‌دهنده‌ی قطعه‌ی پکینگ؛ $i=3$ نشان‌دهنده‌ی قطعه‌ی ماژول و $i=4$ نشان‌دهنده‌ی قطعه‌ی کفشک است. همچنین اندیس j برای نشان دادن نوع قطعه؛ $j=1$ نشان‌دهنده‌ی استراتژی نگهداری و تعمیرات اصلاحی؛ $j=2$ نشان‌دهنده‌ی استراتژی نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه؛ $j=3$ نشان‌دهنده‌ی استراتژی نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع و $j=4$ نشان‌دهنده‌ی استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان است. اندیس k هم برای نشان دادن معیار؛ $k=1$ نشان‌دهنده‌ی معیار ساعت خاموشی؛ $k=2$ نشان‌دهنده‌ی معیار تشخیص‌پذیری؛ $k=3$ نشان‌دهنده‌ی معیار شدت خرابی و $k=4$ نشان‌دهنده‌ی معیار تعداد وقوع است. با استفاده از نرم‌افزار GAMS نتیجه‌های جدول (۶) به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌های زیر به‌دست‌آمده از حل مدل نشان می‌دهد که برای قطعه‌ی شیر برقی استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان، برای قطعه‌ی پکینگ استراتژی نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه، برای قطعه‌ی ماژول استراتژی نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع و برای قطعه‌ی کفشک استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان مناسب‌ترین هستند با انتخاب این استراتژی‌ها برای قطعه‌ها مورد بررسی مبلغ هفتصد و هشتاد هزار تومان از منابع هزینه‌ای مصرف نشده و نویست و پنجاه دقیقه از منبع زمانی در اختیار بدون استفاده

مراجع

- ۱- نیلی‌پور طباطبایی، ا، باقرزاده، م، شعبانی، م (۱۳۸۶). طراحی مدل کاربردی ارزیابی متوازن عملکرد سیستم‌های نگهداری و تعمیرات، چهارمین کنفرانس بین‌المللی نگهداری و تعمیرات.
2. Madu, N.C., (2000). Competing through maintenance strategies, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(9), 937- 948.
3. Sharma, R.K., kummar, D., & kumar, p., (2005). FLM to Select Suitable Maintenance Strategy in Process Industries Using MISO Model. *Journal of Quality in Maintenance Strategy in Process Industries Using Miso Model*, 11(4), pp. 359- 374.
4. Jafari, A., Jafarian, M., Zareei, A., Zaerpour, F., (2008). Using Fuzzy Delphi Method in Maintenance Strategy Selection Problem, *Journal of Uncertain Systems* 2(4): 289- 298.
5. Bevilacqua, M., & Braglia, M., (2000). The Analytic Hierarchy Process Applied to Selection. *Reliability Engineering & System Safety*, 70(1), pp. 71- 83.
- ۶- خدادادی، ع، دنیوی، ع و ساکی، ق (۱۳۹۳). انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نگهداری و تعمیرات در شرکت پتروشیمی شانزند با استفاده از دو تکنیک تحلیل عاملی و تحلیل سلسله‌مراتبی، اولین همایش ملی پژوهش‌های مهندسی صنایع، همدان، شرکت علم و صنعت طلوع فرزین.
7. Momeni, M., Fathi, M. R., Karimi Zarchi, M., Azizollahi, S., (2011). A fuzzy TOPSIS- based approach to maintenance strategy selection: a case study, *Middle- East Journal of Scientific Research*, 8(3), 699- 706.
- ۸- صوفیا آبادی، ج؛ نارائی، م و جمالی فیروزآبادی، ک (۱۳۹۲). کاربرد Fuzzy AHP & COPRAS در انتخاب استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات، نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۹- مهاجری، ش و فاطمه، ه (۱۳۹۴). انتخاب استراتژی تعمیر و نگهداری منابع نوین انرژی در صنعت سبز، هشتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق با محوریت انرژی‌های نو، علی‌آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آباد کتول.
- ۱۰- پارسائی، م (۱۳۹۵). انتخاب بهترین استراتژی نگهداری و تعمیرات با به‌کارگیری رویکرد ترکیبی ANP و COPRAS مطالعه‌ی موردی شرکت میلاد قم، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، چاپ‌نشده دانشگاه قم.
- ۱۱- آقاسی‌زاده، ز (۱۳۹۵). انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات توسط تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)- (مطالعه‌ی موردی: کارخانه‌ی تبرک مشهد)، اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب: ۱۰۹.
12. Zaim, S., Turkylmaz, A., Acar, M. F., Al- Turki, U., Demirel, O. F. (2012), Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms: a case study, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 18(1): 16- 29.
13. Jayaswal, P., Sagar, M.K., Kushwah, K. (2013), Maintenance Strategy Selection by Fuzzy TOPSIS Method of Material Handling Equipment, *International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development*, 3(2): 126- 135.
14. Özcan, E. C., Ünlüsoy, S and Eren, T., (2017). A combined goal programming- AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78: 1410- 1423.
15. Ge, Y., Xiao, M., Yang, Z., Zhang, L., Hu, Z., Feng, D., (2017). An integrated logarithmic fuzzy preference programming based methodology for optimum maintenance strategies selection, *Accepted Manuscript for Applied Soft Computing Journal*.
16. Thi Anh Tuyet, N., Chou, S. Y, (2017). Maintenance strategy selection for improving cost-effectiveness of offshore wind systems, *Energy Conversion and Management* 157: 86- 95.

R

Review maintenance strategies and selection of best strategy using a combination of BWM and ideal planning (Case Study: An Active company in the Plastic Industry)

H. Mazzaz¹, M.R. Fathi^{2,*} and A. Eftekhari³

1. MSc in Industrial Management, Faculty of Management and Accounting, Farabi University of Tehran, Iran
1. Assistant Prof. of Management and Accounting College, Farabi University of Tehran, Qom, Iran

*Corresponding author Email: Reza.fathi@ut.ac.ir

Received: September 2018, Revised: October 2018, Accepted: October 2018

Abstract: Today's competitive world has increased the importance of maintenance issues for the plastic-related industries, to be aware of. The wrong implementation of maintenance activities in an organization would have severe damages on a company's performance. The decreased product's quality, wrong delivery time, placement lost in the market, lower rate of efficiency, and enormous costs are some of the damages seem to happen while the inaccuracies exist in maintenance strategies. Therefore, applying an appropriate maintenance strategy in an organization is exceptionally vital. The proper maintenance strategy is achieved by applying a unique maintenance strategy for each facility considering the primary goals of the organization. This study is conducted in order to determine the appropriate maintenance strategies for the more critical facilities and parts within a plastic factory. First, the list of proposed facilities and criteria is prepared with regard to the related experts' comments and then finalized through reviewing the subject's literature and analyzing the practitioners' viewpoints. Corrective, preventive, total productive and reliability-centered maintenance strategies are investigated and evaluated in this research. In the next step, after determining the proper facilities and criteria, the weight of each criterion and strategy is calculated. In succession, using the Best Worst Method (BWM), the weight of each criterion and the weight of each strategy in the related criterion is computed. Applying the resulted weights and considering the budget and time constraints, a goal programming model is introduced for selecting the appropriate strategy for each facility. Finally, using the presented goal programming model, the proper strategy for each facility and part is defined.

Keywords: Maintenance, Goal programming, Best Worst Method (BWM), Optimal maintenance strategy, plastic industry