



انتخاب بهترین راهکار برای افزایش اثربخشی کلی تجهیزات با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره؛ ص ۱-۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۰۳

چکیده

هدف این مقاله پیدا کردن راهکارهایی برای افزایش مقدار اثربخشی کلی تجهیزات (OEE) می‌باشد. لذا در این مقاله سعی شده است تا با استفاده از تحقیقات مختلف و مصاحبه‌های ساختارمند با خبرگان واحد نگهداری و تعمیرات (نت) این شرکت، راهکارهایی را برای افزایش OEE یافت و از آنجایی که استفاده از همه راهکارها در تمامی واحدها امری پرهزینه و بی‌فایده است می‌بایست راهکارهایی که بیشترین تأثیر را در افزایش OEE دارند و واحدهایی که بیشترین تجهیزات و دستگاه‌ها را دارا می‌باشند (واحدهایی که اهمیت نت در آنها بیشتر است) معین شوند. در این راستا پرسشنامه‌هایی باهدف تعیین واحدهایی که اصول نت در آنها پراهمیت‌تر است در میان سرپرستان واحدهای مختلف این کارخانه توزیع می‌شود و سپس با استفاده از نرم‌افزار AHP فازی، دو واحدی که اولویت برتر دارند به‌عنوان بازیکنان انتخاب می‌شوند. همچنین دو راهکار از میان راهکارهایی که بیشترین تأثیر را در افزایش مقدار OEE دارند از طریق توزیع پرسشنامه‌هایی در میان سرپرستان بخش‌های مختلف کارخانه و استفاده از نرم‌افزار AHP فازی تعیین می‌گردند. سپس این راهکارها با استفاده از نظریه بازی‌ها به این واحدها تخصیص داده می‌شوند و در پی آن برترین راهکار برای هر واحد که باعث افزایش مقدار OEE می‌شود به این واحد صنعتی معرفی می‌گردد. نتایج بیانگر آن است که واحد رنگرزی و بوبین پیچی از میان واحدهای این شرکت از لحاظ اهمیت نت دارای اولویت برتری می‌باشند و استفاده از راهکار آموزش نیروی انسانی شامل آشنایی کاربران با عملکرد ماشین‌آلات و به‌روزرسانی علمی و تجربی گروه نگهداری و تعمیرات در این دو واحد باعث حداکثر شدن مقدار OEE می‌گردد.

واژگان کلیدی: نگهداری و تعمیرات، اثربخشی کلی تجهیزات، نظریه بازی‌ها، روش تجزیه تحلیل سلسله مراتبی فازی

مقدمه و بیان مسئله

امروزه صنایع با بسیاری از چالش‌ها مانند بهینه‌سازی عملیات، نگهداری و تعمیرات (نت) با توجه به سیر تکاملی فناوری‌های جهانی، رقابت جهانی و مسائل ایمنی روبرو می‌باشند. نگرانی در مورد کیفیت و سودآوری سازمان از عوامل بسیار مهم در کسب‌وکار می‌باشد (ول مورگان و

هینگرا^۱، ۲۰۱۵). بدیهی است که عملیات نگهداری و تعمیرات در صنایع مختلف در چند دهه اخیر توجه بسیار زیادی را به خود جلب کرده است (اسوانسون، ۲۰۰۳:۲). در نتیجه طی سال‌های اخیر راهبردهای مختلفی برای حمایت از مدیریت نت طراحی شده است (جی^۲ و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین هزینه‌های مربوط به نت درده‌های اخیر به‌طور مداوم در حال افزایش است (ایلانکوماران و کوماران^۳، ۲۰۱۲:۳). از طرفی مدت‌هاست که صنعت نساجی و زوال تدریجی آن در محافل صنعتی و اقتصادی کشور مورد بحث قرار گرفته است. متخصصین و کارشناسان مربوطه هرکدام بنا به تشخیص خود، راه‌کاری ارائه داده‌اند و گهگاه مسئولیت عدم رفع مشکلات را ناهماهنگی دیگران عنوان می‌کنند. آنچه نادیده گرفته می‌شود این است که صنعت نساجی در حال اضمحلال است و هرچه زودتر بایستی برای جلوگیری از زوال کامل آن چاره‌ای اندیشید. بی‌شک اگر مشکلات صنعت نساجی در حال حاضر ریشه‌یابی نگردد و علل و عواملی که باعث شده به این وضعیت دچار شود مشخص نگردد، شاهد نابودی ریشه‌دارترین و قدیمی‌ترین صنعتی خواهیم بود که دوران ماشینی شدن آن به حدود یک قرن می‌رسد (توکلی و دهقانی، ۱۳۸۹:۱۸). متأسفانه به علت عدم قطعیت و ناکارآمدی موجود در برنامه‌های نت، حدود یک‌سوم از هزینه‌های نت به هدر می‌رود (مبلی، ۲۰۰۲:۳). علاوه بر این، انتخاب راهبرد مناسب نت به‌اندازه پیچیدگی موجود در مدیریت نت مهم می‌باشد و تعیین کمیت و اندازه‌گیری خروجی نت بسیار دشوار است (کریس و ونگ^۴، ۲۰۰۱:۳). به این منظور به‌عنوان مطالعه موردی از خبرگان و متخصصین نت کارخانه نساجی رنگین نخ علل این مشکلات به‌منظور کشف بهترین راهکارهای مربوط به آن مورد بررسی قرار گرفته شده است. نتیجه مصاحبه‌های صورت گرفته در این واحد صنعتی نشان می‌دهد که در این کارخانه به دلیل عدم توجه به نوسازی ماشین‌آلات در طی سال‌های اخیر سیستم‌های نت نقش بسیار مهمی در فرآیند تولیدی و حفظ و نگهداری ماشین‌ها و تجهیزات مرتبط در شرایط قابل قبول و استاندارد ایفا می‌کنند لذا می‌بایست راهکارهایی قابل اجرا را به‌منظور بهبود شرایط، جلوگیری از نابودی این صنعت و افزایش سرعت و کیفیت در ارائه محصولات ارائه داد. با بررسی و مرور مقالات و نیز استفاده از تجربیات پرسنل و مهندسیین و خبرگان، سیاست‌های نت قابل اجرا عبارتند از: نت پیش‌بینانه، نت پیشگیرانه، نت مبتنی بر وضعیت، نت اصلاحی و نت مبتنی بر قابلیت اطمینان. از میان سیاست‌های ذکر شده چهار سیاست نت پیشگیرانه، مبتنی بر وضعیت،

1. Velmurugan and Dhingra

2. Jay

3 -Ilanko Maran and Komaran

4- Chris and woong

اصلاحی و مبتنی بر قابلیت اطمینان از عمومیت بیشتری برخوردار هستند (شهانقی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین برگزاری دوره‌های مختلف آموزشی برای پرسنل در مورد مفاهیم جدید نت، به‌کارگیری و استخدام نیروهای متخصص، چانه‌زنی با ذینفعان به‌منظور افزایش بودجه بخش نت، پیاده‌سازی TPM با استفاده از IT از جمله راهبردهای پیشنهادشده توسط خبرگان نت می‌باشند. بنابراین می‌بایست با بررسی نظرات و پیشنهادات خبرگان نت و مطالعه ادبیات پژوهش راهکارها و راهبردهای مختلف امکان‌سنجی شوند و برترین راهبرد و راهکار برای واحدها به‌درستی تعیین شود. نظریه بازی حالت‌های مختلفی دارد. یکی از حالت‌های آن حالت همکارانه می‌باشد. الزاماً بحث تعارض وجود ندارد بلکه می‌توان شرایطی را در نظریه بازی فراهم نمود که افراد یا واحدهای ذینفع از منابع در دسترس به‌صورت همکارانه ای بهره‌مند شوند. هدف این است که از طریق همکاری به این هدف نائل آیند. رویکرد کارگرا ماحصل و نتیجه بازی همان دستاوردی است که مدنظر طرفین یا هدایتگران بازی می‌باشد. در این پژوهش، در شرکت رنگین نخ به‌منظور انتخاب بهترین راهکار برای افزایش اثربخشی کلی تجهیزات از این حالت نظریه بازی بهره گرفته شده است.

مبانی نظری

شاخص اثربخشی کلی تجهیزات^۱ و اهمیت آن در صنایع

اکثر مؤسسات دریافته‌اند که علی‌رغم پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه تولید، توان بهتر و بزرگتری برای به‌کارگیری ابزارآلات و ماشین‌ها وجود دارد که از آن طریق بهتر می‌توان به تولید برتر دست یافت. نت بهره‌ور فراگیر یکی از شیوه‌های اصلی برای دستیابی به این هدف می‌باشد. پس از اجرای مؤثر نت بهره‌ور فراگیر باید وضعیت سازمان ارزیابی شود و با بهترین سازمان‌های جهان مقایسه شود. ارزیابی مقایسه‌ای این امکان را می‌دهد تا برای دستیابی به یک سازمان استاندارد در سطح جهانی اهداف خود را معین سازیم (ناچیپان و آناندرامان^۲، ۲۰۰۵:۱). این روزها افزایش بهره‌وری بزرگ‌ترین چالش برای کارخانجات جهت باقی ماندن در صحنه رقابت در بازار جهانی می‌باشد. یکی از راه‌های معروف برای اندازه‌گیری اثربخشی، شاخص اثربخشی کلی تجهیزات^۳ است. شاخص‌هایی به‌مانند ضریب اثربخشی کلی تجهیزات یا عملکرد مؤثر کلی تجهیزات وسیله‌ای برای مقایسه ماشین‌آلات و خطوط تولید نسبت به یکدیگر و حتی نسبت به شرکت‌های دیگر و

1 - Overall Equipment Effectiveness (OEE)

2 - Nachiapan and Anandraman

3- Overall Equipment Effectiveness

همچنین امتیازدهی به عملکرد واحد نگهداری و تعمیرات شرکت‌ها می‌باشد (داسیلوا و همکاران^۱، ۲۰۰۸). مفهوم نت بهره‌ور معیار OEE را برای سنجش تأثیر تجهیزات منحصربه‌فرد در یک کارخانه ارائه داده است (کوپن^۲، ۲۰۰۸). OEE یک ابزار اندازه‌گیری جامع از تجهیزات تولیدی کارخانه می‌باشد که متدولوژی کاهش مشکلات ماشین‌آلات تولیدی و اجرای بهبود مداوم تولید را به کار گرفته و در ابتدا از اقدامات اصلاحی به بهترین وجه در جهت محدود کردن تجهیزاتی که تأثیر منفی بر تولید داشته باشند استفاده می‌کند و در انتها اقدامات اصلاحی به دیگر قسمت‌های کارخانه بسط داده می‌شود (آهوچا و خامبا^۳، ۲۰۰۸). اگرچه OEE به طرز فزاینده‌ای محبوبیت پیدا کرده و به صورت یک ابزار ضروری و کمی برای اندازه‌گیری بهره‌وری مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما این ابزار محدود به رفتار تجهیزات مستقل است. باید تمرکز بر آن‌سوی عملکرد یک ماشین منحصربه‌فرد و در جهت عملکرد کلی خط تولید یا کارخانه مورد نظر باشد. اندازه‌گیری اثربخشی که در آن از ضریب اثربخشی کلی تجهیزات استفاده می‌شود برای پیشرفت در زمینه اثربخشی تجهیزات تولیدی منحصربه‌فرد بسیار مفید است. برای ایجاد پیشرفت در زمینه اثربخشی یک سیستم پیوسته خط تولید، عملکرد مؤثر کلی تجهیزات شیوه‌ای مناسب به حساب می‌آید. معیارهای OEE عبارتند از: قابلیت دسترسی، ضریب عملکرد و ضریب کیفیت و مقدار OEE از ضرب این سه مقدار (قابلیت دسترسی × ضریب عملکرد × ضریب کیفیت) محاسبه می‌شود (مویلی و همکاران^۴، ۲۰۱۳). نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که شیوه پیشنهاد شده OEE و عملکرد مؤثر کلی تجهیزات برای ایجاد پیشرفت جهت افزایش اثربخشی خط تولید در داخل یک دوره زمانی خاص از طریق مشخص ساختن اشکالات خط تولید، بسیار مؤثر است. علاوه بر آن می‌توان از این معیارها به عنوان ارزیابی مقایسه‌ای در سطوح مختلف استفاده کرد تا بتوان به استاندارد جهانی^۵ دست یافت (نیلی پورطباطبایی و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۶).

معرفی شاخص‌های OEE

شاخص قابلیت دسترسی^۶

1 - Dasilva et al.

2 - Kevin

3 - Ahooja and Khamba

4 - Muili et al.

5. International Standard

1. Availability

قابلیت دسترسی عبارتست از درصد زمانی که تجهیز برای اجرای عملیات نسبت به کل زمان بارگیری تجهیز در دسترس است. به عبارت دیگر، مقایسه بین زمان عملیات بالقوه با زمانی که سیستم در حقیقت در حال تولید محصولات یا ارائه خدمات می‌باشد. تمامی توقفات برنامه ریزی شده و از کار افتادگی‌ها از جمله: زمان بارگذاری، تعمیرات پیشگیرانه، از کار افتادگی‌ها و کمبود کاربر، نسبت قابلیت دسترسی را کاهش می‌دهند.

$$A = \frac{\text{زمان عملیات}}{\text{زمان بارگذاری}}$$

نسبت کارایی^۱

عبارت است از سرعت اجرای عملیات در مقایسه با حداکثر توانایی اجرای عملیات که گاهی اوقات سرعت اسمی نیز نامیده می‌شود. مقایسه بین سرعت/ خروجی واقعی با مقداری که سیستم قادر به تولید آن در همان چارچوب زمانی از دست رفته تولید به دلیل سوء استفاده از ماشین آلات می‌باشد. به بیان دیگر تلفات زمانی که تجهیز با حداکثر سرعت کار نمی‌کند اتفاق می‌افتد. توقفات کوتاه و ثبت نشده ممکن است بر نسبت کارایی تأثیر گذار باشند.

$$P = \frac{\text{تولید واقعی}}{\text{نرخ ایده آل تولید} \times \text{زمان عملیات}}$$

ضریب کیفیت^۲

عبارت از نسبت محصول سالم به کل مقدار محصول که توسط ماشین تولید شده است. به عبارتی دیگر، مقایسه مقدار مواد اولیه یا ورودی و تعداد محصولات و خدمات که مطابق با مشخصات مورد نظر مشتری می‌باشد (نایاک و همکاران، ۲۰۱۳).

$$Q = \frac{\text{خروجی سالم}}{\text{تولیدات کل}}$$

مقدار OEE از حاصل ضرب سه عامل فوق حاصل می‌شود (نایاک و همکاران^۳، ۲۰۱۳):

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance} \times \text{Quality}$$

2. Performance

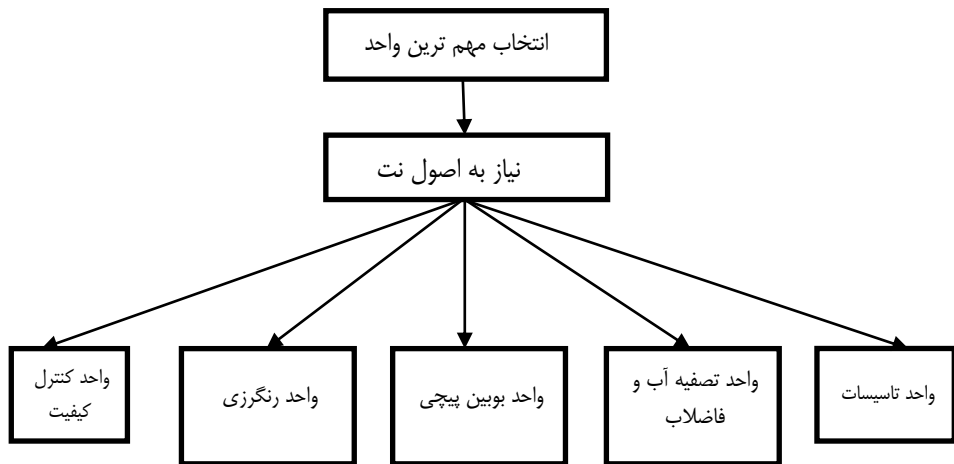
3. Quality

3 -Nayak et al.

$$OEE = A \times P \times Q$$

واحدهای در نظر گرفته شده به منظور رتبه بندی

در این پژوهش واحدهای کنترل کیفیت، رنگریزی، بوبین پیچی، تصفیه آب و فاضلاب و تاسیسات با توجه به نیاز به اصول نت به منظور رتبه بندی انتخاب گردیده‌اند. در شکل یک ساختار سلسله مراتبی اولویت بندی واحدها نشان داده شده است.



شکل ۱- ساختار سلسله مراتبی اولویت بندی واحدها

راهکارهای در نظر گرفته شده به منظور رتبه بندی

با استناد به مصاحبه‌هایی که با سرپرستان واحد نت شد، مواردی که لزوم استفاده از OEE را در یک کارخانه صنعتی مطرح می‌کنند عبارتند از: استفاده از OEE در صنایع باعث بالا بردن دسترسی به تجهیزات، بهره‌وری عملکرد، و همچنین نرخ کیفی و بهبود بخشیدن به تولید می‌شود. همچنین باعث بهبود فرهنگ کار گروهی در راستای بهبود عملکرد مدیریت و بهره‌وری می‌شود. بهبود مهارت‌های نت کاربرها، تکنسین‌ها و مهندسين، افزایش نرخ کیفی با کاهش خرابی تجهیزات (کاهش دوباره کاری و ضایعات)، بهبود توان عملیاتی تجهیزات در گلوگاه‌ها برای بالا بردن ظرفیت تولید کارخانه، که می‌تواند نیاز به افزایش تعداد تجهیزات را کم کند. تمرکز روی منابع اقدامات اصلاحی که باعث شناسایی سریع نگهداری‌های پایدار می‌شود، افزایش کارگروهی بین پیمانکاران (نت) و تولیدکنندگان در جهت یافتن راه‌های پایدار برای رفع توقف تجهیزات، کاهش زمان و تعداد تعمیرات تکراری، مصرف لوازم یدکی کمتر و کمتر شدن هزینه خدمات که

انتخاب بهترین راهکار برای افزایش اثربخشی کلی تجهیزات با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره در

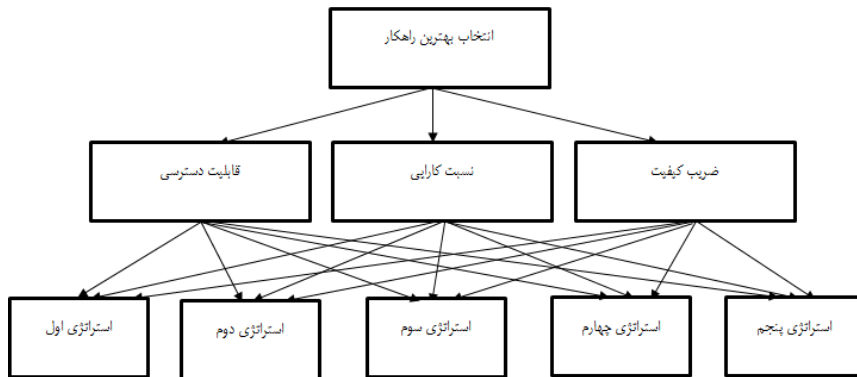
همه در کنار هم هزینه عملکرد کارخانه را بهبود می بخشد. همچنین کاهش نیاز به تعمیرکاران برای تعمیر تجهیزات و ماشین آلات و نیز با درگیر شدن کاربرها در جهت جلوگیری از خرابی های روزانه تجهیزات تیم نت بزرگتری خواهیم داشت. با توجه به بررسی ادبیات موضوع و راهکارهای مختلف می توان جدول یک را به عنوان راهکارهای اولیه و پیشنهادی ارائه نمود:

جدول ۱- راه کارهای پیشنهادی جهت بهبود OEE

منبع استخراج راهکار	راهکارها
شهنقی و همکاران (۱۳۹۰)، براگلیا و همکاران (۲۰۱۳)، کرباسی و همکاران (۱۳۹۱)	۱- برنامه ریزی جامع و مدون برای نت و نظارت بر اجرای صحیح آن در کنار پایش و تجزیه و تحلیل داده ها.
ویوکیرابهو و همکاران (۲۰۱۴)، راتیناک (۲۰۱۰)، کرباسی و همکاران (۱۳۹۱)	۲- آموزش نیروی انسانی شامل آشنایی کاربرها با عملکرد ماشین آلات و به روز رسانی علمی و تجربی گروه نت (که باعث افزایش ضریب کارایی (عملکرد) می گردد).
کرباسی و همکاران (۱۳۹۱)، راتیناک (۲۰۱۰)	۳- ایجاد تعهد و احساس مسئولیت کارکنان واحد تولید و نت با در نظر گرفتن تشویقات و تنبیهات.
نیلی پورطباطبایی و همکاران (۱۳۹۰)، کرباسی و همکاران (۱۳۹۱)	۴- استفاده از ابزار کار مناسب و نوین تعمیرات همگام با فناوری جدید و پیشرفته نت.
نیلی پورطباطبایی و همکاران (۱۳۹۰) و ویوکیرابهو و همکاران (۲۰۱۴)	۵- استفاده از مواد اولیه مرغوب و جدید.

لذا این راهکارها به عنوان راهکارهای پیشنهادی برای این مطالعه در نظر گرفته می شوند. می توان از نظریه بازی ها در مسائل فنی نظیر این پژوهش نیز استفاده نمود، تا امکان انتخاب یک راهکار به منظور ارتقاء OEE و در پی آن بهبود وضعیت فنی یک واحد صنعتی فراهم گردد. راهکارهای ذکر شده در جدول فوق با توجه به شاخص های OEE (قابلیت دسترسی، نسبت کارایی و ضریب کیفیت) به منظور رتبه بندی در نظر گرفته شده اند. در شکل دو ساختار سلسله مراتبی اولویت بندی راهکارها نشان داده می گردد.

شکل ۲- ساختار سلسله مراتبی اولویت بندی راهکارها



پیشینه مرتبط

ویوک و همکاران^۱ (۲۰۱۴)، در مقاله خود با در نظر گرفتن شاخص‌های OEE، با استفاده از الگوریتم ژنتیک به بهینه‌سازی OEE در یک سیستم تولیدی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که اگر به شاخص ضریب عملکرد توجه بیشتری شود، OEE به طور قابل توجهی بهبود خواهد یافت. مویلی و همکاران^۲ (۲۰۱۳)، در پژوهش خود به بررسی و بهینه‌سازی OEE لودر و کامیون‌های سنگین در معدن ساحلی جنوب نامیبیا پرداخته‌اند. آن‌ها برای محاسبات و تجزیه و تحلیل کارآمدتر داده‌های جمع‌آوری شده از بسته Microsoft Excel استفاده کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که برای در دسترس بودن کامیون‌ها دسته بندی کردن آن‌ها می‌بایست حداقل شود. نایاک و همکاران^۳ (۲۰۱۳)، در مقاله خود به بررسی OEE و شناسایی عوامل اصلی تلفات در فرایند در واحد تولیدی کابل و مقایسه نتایج بدست آمده با سطح کلاس جهانی می‌پردازند. و به این نتیجه رسیده‌اند که معیار عملکرد در واحد تولیدی آن‌ها ۶۷/۶۸ درصد می‌باشد که برای رسیدن به کلاس جهانی این مقدار باید به ۹۵ درصد افزایش یابد که به این منظور شش ضایعه بزرگ می‌بایست شناسایی شوند، این ضایعات به طور کلی مربوط به تلفات ناشی از کیفیت، سرعت و از کار افتادگی می‌باشند که بر OEE تأثیر زیان بار می‌گذارند و برای رسیدن به کلاس جهانی می‌بایست برطرف شوند. کرباسی و همکاران (۱۳۹۱)، به منظور افزایش اثربخشی تجهیزات در نزاچا، با توجه به ضایعات و هزینه‌های ناشی از استفاده نکردن از روش‌های مناسب و علمی نت،

1. Vivek Prahbu et al.

2. Muili et al.

3. Nayak et al.

ضمن بررسی انواع روش‌های نگهداری و تعمیر، به شناسایی مواردی که اثربخشی تجهیزات یگان‌های نزا را افزایش می‌دهد و این که هر کدام چه تأثیری بر افزایش اثربخشی تجهیزات دارند، پرداخته‌اند. آن‌ها برای این کار پس از جمع‌آوری داده‌ها به تجزیه و تحلیل آن توسط نرم‌افزار SPSS18 پرداخته‌اند و بر اساس مصاحبه‌های انجام شده به این نتیجه رسیده‌اند که با توجه به اینکه حاضر به کاری و کارایی از مؤلفه‌های اثربخشی تجهیزات یک سازمان می‌باشند عواملی از قبیل استفاده از کاربران مجرب و متعهد، تدارک و تهیه به موقع قطعات تند مصرف و کند مصرف، انجام سرویس‌های دوره‌ای و زمان بندی شده، استفاده از افراد فنی و ابزار مناسب در تعمیر تجهیزات، تنظیم و تعویض به موقع و استفاده صحیح از تجهیزات از طریق افزایش حاضر به کاری و کارایی در افزایش اثربخشی تجهیزات یگان‌های نزا تأثیر قابل توجهی دارند. نیلی پورطباطبایی و همکاران (۱۳۹۰)، به منظور بررسی تأثیر ضایعات عمده صنعت بر روی شاخص OEE، شاخص اثر بخشی کلی تولید نورد سرد با استاندارد جهانی صنعت را بررسی کرده‌اند؛ همچنین دلایل ناکارآمدی سیستم تولیدی مورد مطالعه قرار گرفته و میزان اثربخشی سیستم نت بهره‌ور فراگیر، نقاط گلوگاهی در بین تجهیزات و میزان تأثیر هر کدام از ضایعه‌های مهم صنعت بر OEE مورد بررسی قرار گرفته است و به این نتیجه رسیده‌اند که وقتی اولین بار OEE محاسبه می‌شود ممکن است شاخص مقدار OEE بسیار پایین باشد. در مجموع پایین بودن شاخص OEE در شروع کار چیز بدی نیست چون که فرصت‌های زیادی برای ایجاد بهبود در دست است. اصولاً وقتی مقدار OEE پایین است ایجاد بهبود بسیار آسان‌تر است. علت آن نیز این است که افراد، آمادگی بیشتری برای حذف مشکلات و ضایعات آشکار دارند.

تشریح مدل

مدل ایستا با اطلاعات کامل

یکی از انواع بازی‌ها، بازی ایستا (بازی با حرکت همزمان بازیکنان) است. اگر در یک بازی چند بازیکن وجود داشته باشد و هر بازیکن چند انتخاب (عمل) ممکن داشته باشد، هر بازیکن نداند که بازیکن دیگر چه عملی را انتخاب می‌کند (خواهد کرد) آن را بازی ایستا می‌گویند. به عبارت دیگر ممکن است بازیکنان در زمان‌های مختلف عمل خود را انتخاب کنند ولی انتخاب آن‌ها برای همدیگر معلوم نباشد، چنین بازی‌هایی را نیز بازی ایستا می‌گویند (عبدلی، ۱۳۸۶: ۲۱).

نشان دادن بازی ایستا با اطلاعات کامل در فرم راهبردی

فرض اساسی در این بازی‌ها این است که هر طرف بازی از انتخاب طرف مقابل (حریف) اطلاعی ندارد و در واقع گویی هر کدام به طور همزمان انتخاب خود را انجام می‌دهند. ممکن است بازیکنان در یک بازی انتخاب خود را در زمانهای مختلف انجام دهند ولی انتخاب آن‌ها برای یکدیگر معلوم نباشد. گاهی اوقات به واسطه تعریف مذکور بازی‌های ایستا را بازی با اطلاعات نامتام^۱ نیز می‌گویند. فرض اساسی دیگر در این بازی‌ها این است که کلیه پیامدهای بازی برای همه بازیکنان معلوم و به صورت اطلاعات عمومی باشد؛ یعنی هر بازیکن بداند که در مقابل هر انتخاب خود و حریف چه عاید آن‌ها می‌شود. در اصل در این نوع بازی‌ها برای تمام ترکیبات موجود از انتخاب (تصمیم) بازیکنان، پیامد بازی برای همه آن‌ها معلوم است. می‌توان بازی ایستا با اطلاعات کامل را به صورت زیر تعریف کرد: بازی ایستا با اطلاعات کامل به آن نوعی گفته می‌شود می‌شود که در آن بازیکنان به طور همزمان انتخاب خود را انجام داده و پیامد بازی برای هر ترکیب انتخاب آن‌ها برای همه بازیکنان به صورت اطلاعات (آگاهی) عمومی می‌باشد.

قدم اول در مطالعه بازی‌های ایستا با اطلاعات کامل، فهم طریقه نشان دادن یک بازی است. یک بازی را معمولاً به دو صورت می‌توان نشان داد: یکی نمایش بازی در فرم راهبردی (عادی) و دیگری نمایش بازی در فرم بسط یافته. فرم بسط یافته بیشتر در بازی‌های پویا به کار گرفته می‌شود و فرم عادی یا راهبردی در بازی‌های ایستا. با این حال هر بازی (ایستا یا پویا) را به هر دو صورت می‌توان نشان داد. نمایش بازی در فرم راهبردی یا عادی شامل موارد ذیل است:

۱- مجموعه بازیکنان: به هر کدام از تصمیم گیران در محیط بازی یک بازیگر گفته می‌شود. به عبارت دقیق‌تر در محیط راهبرد اگر افراد احساس کنند که بین تصمیمات و عمل آن‌ها وابستگی متقابل وجود دارد و به این وابستگی متقابل آگاه باشند به آن‌ها بازیکن گفته می‌شود. بازی ممکن است بین افراد، بنگاه‌ها، بین دولت‌ها، بین افراد و بنگاه‌ها و ... باشد. مجموعه بازیکنان را با N نشان می‌دهند و اگر در یک بازی n بازیکن باشد مجموعه بازیکنان به صورت زیر خواهد بود:

$$N = \{1, 2, \dots, n\}$$

۲- راهبرد: راهبرد عبارت است از برنامه کامل عمل برای هر بازیکن در بازی. یک بازی با حرکت (انتخاب عمل) همزمان بازیکنان که فقط برای یک بار انجام می‌شود، هر بازیکن فقط یک بار فرصت انتخاب دارد و این انتخاب را بدون اطلاع از انتخاب حریف اتخاذ می‌کند. لذا می‌توان گفت

در این نوع بازی‌ها هیچ تفاوت واقعی بین راهبرد و عمل وجود ندارد. منظور از عمل، انتخاب‌های ممکن پیش روی هر بازیکن است که یکی از آن‌ها را انتخاب می‌کند و به آن انتخاب یا عمل بازیکن می‌گوییم. در بسیاری از بازی‌ها هر بازیکن تعداد محدودی راهبرد (عمل) دارد که از میان آن‌ها یکی را انتخاب می‌کند. مجموعه راهبرد هر بازیکن در یک بازی را با S_i (i نشان دهنده بازیکن i ام است) نشان می‌دهند اعضا مجموعه S_i کلیه انتخاب‌های ممکن i را نشان می‌دهد:

$$S_i = \{s_1, s_2, \dots, s_k\} \quad i \in N$$

در نمایش مذکور فرض بر این است که هر بازیکن K راهبرد دارد ولی در عمل لزوماً این طور نیست که تعداد راهبردهای بازیکنان با هم برابر باشد.

۳- پیامد بازیکنان: پیامد هر بازیکن در بازی، یکی از عناصر اصلی و تابع راهبرد انتخابی آن بازیکن و بازیکنان حریف است. پیامد بازیکن i را با u_i نشان می‌دهند و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$u_i: S \longrightarrow R \quad i \in N$$

S حاصل ضرب دکارتی مجموعه راهبرد بازیکنان است یعنی:

$$S = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n = \{(s_1, s_2, \dots, s_1), \dots, (s_k, s_k, \dots, s_k)\}$$

حاصل ضرب مذکور مجموعه n تایی‌های مرتب را به دست می‌دهد که هریک از آن‌ها یک ترکیب راهبرد انتخابی توسط بازیکنان را نشان می‌دهد (عبدلی، ۱۳۸۶: ۲۴-۲۲).

بازی همکارانه

بازی‌هایی که در آنها همه بازیکنان ممکن است به منفعت دست یابند (یعنی بازی‌های با حاصل جمع مثبت) یا ضرر کنند (یعنی بازی‌های با حاصل جمع منفی) معمول تر هستند. در این بازی‌ها، درجات مختلفی از تعارض وجود دارد. تمرکز این نظریه در سال‌های اول شکل‌گیری‌اش، بر بازی‌های دارای تعارض خالص (بازی‌های با حاصل جمع صفر) بود. سایر بازی‌ها، همکارانه در نظر گرفته می‌شدند؛ بازی همکارانه به این معناست که شرکت کنندگان اعمال خود را به اتفاق یکدیگر انتخاب کرده و انجام می‌دهند (یگانگی دست‌گردی، ۱۳۸۹).

به کار گیری مدل

وزن دهی شاخص‌های مدل با فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

به دلیل اینکه استفاده از تمامی راهکارها در تمامی واحدهای کارخانه از لحاظ امکان سنجی‌های مالی، فنی و انسانی به صرفه نمی‌باشد، لذا به منظور تعیین اولویت واحدها و راهکارها از روش AHP فازی استفاده می‌شود. و واحدهایی که بیشترین تعداد ماشین آلات و تجهیزات را دارا می‌باشند و نیازمند بیشترین برنامه نت می‌باشد اولویت بندی می‌شوند و این دو واحد به عنوان واحدهای منتخب تعیین می‌شوند. همچنین راهکارها با توجه به تاثیری که در افزایش مقدار OEE دارند اولویت بندی می‌شوند و از میان آن دو راهکار برتر که اولویت بیشتری داشتند به عنوان راهکارهای منتخب تعیین می‌گردند. به این منظور تعداد ۱۰ پرسشنامه شامل ۱۰ سؤال تهیه و در میان ۱۰ نفر از خبرگان این واحد صنعتی اعم از کارشناس مکانیک، کارشناس صنایع، کارشناس برق، کارشناس مدیریت پروژه، مدیریت فنی کارخانه، سرپرست واحد رنگرزی، تأسیسات، کنترل کیفیت، تصفیه آب و فاضلاب و بوبین پیچی توزیع و پس از پاسخ گویی جمع آوری می‌گردد.

روایی و محاسبه نرخ سازگاری پرسشنامه‌ها

روایی پرسشنامه‌ها: پرسشنامه‌های مورد استفاده در این پژوهش دارای روایی ظاهری و محتوایی بوده و مورد تأیید اساتید و خبرگان صنعت بوده است.
پایایی پرسشنامه‌ها: پایایی پرسشنامه نیز از طریق نرخ سازگاری به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

روش AHP فازی

در جدول دو اوزان نهایی واحدها نسبت به نیاز به اصول نت که با استفاده از نرم افزار AHP فازی به دست آمده‌اند نشان داده می‌شود.

جدول ۲- اوزان نهایی واحدها نسبت به هدف

مؤلفه	وزن قطعی نهایی گزینه‌ها	اولویت بندی بر اساس وزن قطعی
کنترل کیفیت	۰/۰۳۱	پنج
رنگرزی	۰/۳۳۶	یک
بوبین پیچی	۰/۲۴۵	دو
تصفیه آب و فاضلاب	۰/۱۹۳	چهار
تأسیسات	۰/۱۹۵	سه

شاخص‌های ناسازگاری نسبت به نیاز به اصول نت با استفاده از نرم افزار AHP فازی به صورت

زیر می باشد:

$$CR^m = 0.071 \quad CR^s = 0.096$$

به دلیل اینکه مقدار اعداد به دست آمده کوچکتر از ۰/۱ است، بنابراین پرسشنامه ارزیابی و اولویت بندی واحدها نسبت به نیاز به اصول نت سازگار می باشد. در جدول سه اوزان راهکارها نسبت به شاخص های OEE که از طریق نرم افزار AHP فازی به دست آمده است، نشان داده می شود.

جدول ۳- اوزان هایی راهکارها نسبت به هدف

اولویت بندی بر اساس وزن قطعی	وزن قطعی نهایی گزینه ها	مؤلفه
یک	۰/۲۹۲	برنامه ریزی جامع و مدون برای نت و نظارت بر اجرای صحیح آن در کنار پایش و تجزیه و تحلیل داده ها
دو	۰/۲۲۴	آموزش نیروی انسانی شامل آشنایی کاربرها با عملکرد ماشین آلات و به روز رسانی علمی و تجربی گروه نت
سه	۰/۱۹۲	ایجاد تعهد و احساس مسئولیت کارکنان واحد تولید و نت با در نظر گرفتن تشویقات و تنبیهات
پنج	۰/۱۴	استفاده از ابزار کار نوین تعمیرات همگام با فناوری جدید و پیشرفته نت
چهار	۰/۱۵۱	استفاده از مواد اولیه مرغوب و جدید

شاخص های ناسازگاری نسبت به قابلیت دسترسی که با استفاده از نرم افزار AHP فازی به دست آمده است به صورت زیر می باشد:

$$CR^m = 0.035 \quad CR^s = 0.055$$

بنابراین پرسشنامه ارزیابی و اولویت بندی راهکارها نسبت به قابلیت دسترسی سازگار است.

شاخص های ناسازگاری نسبت به ضریب کیفیت که با استفاده از نرم افزار AHP فازی به دست آمده است به صورت زیر می باشد:

$$CR^m = 0.036 \quad CR^s = 0.056$$

بنابراین پرسشنامه ارزیابی و اولویت بندی راهکارها نسبت به ضریب کیفیت سازگار است.

شاخص های ناسازگاری نسبت به نسبت کارایی که با استفاده از نرم افزار AHP فازی به دست آمده است به صورت زیر می باشد:

$$CR^m = 0.047 \quad CR^s = 0.073$$

بنابراین پرسشنامه ارزیابی و اولویت بندی راهکارها نسبت به نسبت کارایی سازگار است.

اندازه گیری شاخص اثربخشی کلی تجهیزات در زمان صفر

به منظور ارزیابی اثربخشی راهبردها می‌بایست ابتدا مقدار OEE قبل از پیاده سازی برنامه ریزی راهبردی مورد سنجش قرار گیرد تا وضعیت عملکرد سازمان پیش از اجرای راهبردها مشخص و لزوم ایجاد تغییرات در برنامه نت با استفاده از راهکارها تعیین گردد. زمان سنجش شاخص‌ها در اولین بار قبل از پیاده سازی برنامه ریزی راهبردی، زمان صفر پروژه نامیده شده است. در این گام شاخص OEE قبل از اجرای راهبردها یعنی در انتهای سال ۱۳۹۴ مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفته است.

در این گام با در نظر قرار دادن مطالب زیر به محاسبه مقدار OEE پرداخته شده است: اطلاعات اولیه مورد نیاز جهت محاسبه مقدار OEE برای واحدها در جدول شماره چهار و جدول شماره پنج درج گردیده‌اند و مقدار OEE واحدها با توجه به این اطلاعات محاسبه شده‌اند. در این تحقیق مقدار OEE به دست آمده برای واحدها در انتهای سال ۹۴ محاسبه شده و با مقدار استاندارد جهانی مقایسه شده است. کلیه داده‌ها در این تحقیق از دفاتر رسمی شرکت استخراج شده‌اند.

جدول ۴- داده‌های استخراج شده واحد رنگرزی

زمان هر شیفت کاری	۸ ساعت = ۴۸۰ دقیقه
زمان استراحت	۲۵ دقیقه
زمان وعده غذایی	۰
زمان آماده سازی و بازرسی ماشین آلات	۶۰ دقیقه
نرخ ایده آل تولید	۳/۱۲۵ کیلوگرم در دقیقه
مقدار کل تولیدات در یک شیفت کاری	۱۰۰۰ کیلو گرم
میزان نخ‌های ناسالم تولید شده در یک شیفت کاری	۳۵ کیلو گرم

با استفاده از فرمول‌های مربوط به شاخص‌های OEE، مقدار OEE واحد رنگرزی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

انتخاب بهترین راهکار برای افزایش اثربخشی کلی تجهیزات با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره در

$$\text{زمان بارگذاری} = 480 - 25 = 455$$

$$\text{زمان عملیات} = 455 - 60 = 395$$

$$A = \frac{\text{زمان عملیات}}{\text{زمان بارگذاری}} = \frac{395}{455} = 0.868$$

$$\text{مقدار تولید اسمی} = 395 \times 2 / 125 = 628 / 125$$

$$P = \frac{\text{تولید واقعی}}{\text{تولید اسمی}} = \frac{1000}{628 / 125} = 0.825$$

$$\text{مقدار تولیدات ناسالم} - \text{کل تولیدات} = 1000 - 25 = 975$$

$$Q = \frac{\text{خروجی سالم}}{\text{کل تولیدات}} = \frac{975}{1000} = 0.975$$

$$OEE = A \times P \times Q = 0.868 \times 0.825 \times 0.975 = 0.694$$

با استفاده از فرمول‌های فوق و داده‌های جدول پنج، مقدار OEE برای واحد بوبین پیچی در زمانی صفر در جدول شش محاسبه شده است.

جدول ۵- داده‌های استخراج شده واحد بوبین پیچی

زمان هر شیفت کاری	۸ ساعت = ۴۸۰ دقیقه
زمان استراحت	۲۵ دقیقه
زمان وعده غذایی	۰
زمان آماده سازی و بازرسی ماشین آلات	۶۵ دقیقه
نرخ ایده آل تولید	۳/۱۲۵ کیلوگرم در دقیقه
مقدار کل تولیدات در یک شیفت کاری	۱۰۰۰ کیلوگرم
میزان نخ‌های ناسالم تولید شده در یک شیفت کاری	۳۰ کیلوگرم

جدول ۶- محاسبه مقدار OEE واحد بوبین پیچی

زمان بارگذاری	۴۵۵
زمان عملیات	۳۹۰
A	۰.۸۶۸
مقدار تولید اسمی	۶۲۸/۱۲۵
P	۰.۸۲۵
خروجی سالم	۹۷۰
Q	۰.۹۷۵
OEE	۰.۶۹۴

در جدول ذیل مقادیر معیارهای اثر بخشی کلی تجهیزات و همچنین مقدار ایده آل OEE در کلاس جهانی به منظور بررسی وضعیت کارخانه و تعیین جایگاه آن در سطح استاندارد جهانی به نمایش گذاشته شده است.

جدول ۷- ضریب اثربخشی کلی تجهیزات در کلاس جهانی (ویوکوپرابهو و همکاران، ۲۰۱۴، ۱۱۹۵)

مقادیر (حداقل) مرحله‌ها در کلاس جهانی	عامل ضریب اثر بخشی کلی تجهیزات
۹۰ درصد	قابلیت دسترسی
۹۵ درصد	نسبت کارایی
۹۹/۹ درصد	ضریب کیفیت
۸۵ درصد	میزان ضریب اثربخشی کلی تجهیزات

همان طور که مشخص است مقدار اثربخشی کلی تجهیزات در شرکت رنگین نخ از ضریب اثربخشی کلی تجهیزات در کلاس جهانی کمتر می‌باشد. بنابراین هدف پیدا کردن وضعیتی است که در آن، مطلوبیت حاصل از اثربخشی کلی تجهیزات در هر دو واحد حداکثر شود. و به این ترتیب مقدار اثربخشی کلی تجهیزات هر چه بیشتر به مقدار کلاس جهانی نزدیکتر شود.

تعیین راهبردها

همانطور که پیشتر آمده است، با توجه به بررسی ادبیات موضوع و همچنین مصاحبه ساختارمند با سرپرستان و خبرگان شرکت رنگین نخ به منظور افزایش OEE راهکارهای در نظر گرفته شده به منظور رتبه بندی در جدول یک درج گردیده است.

قاعده بازی

حالت الف) در صورتی که واحد رنگریزی از راهکار اول (برنامه ریزی جامع و مدون برای نگهداری و تعمیرات و نظارت بر اجرای صحیح آن در کنار پایش و تجزیه و تحلیل داده‌ها) استفاده کند اطلاعات مربوط به محاسبه OEE واحد رنگریزی به صورت جدول هشت می‌باشد. مقدار OEE برای این واحد در جدول نه محاسبه شده است.

جدول ۸- داده‌های مربوط به واحد رنگریزی در صورت استفاده هر دو واحد از راهکار S1

زمان هر شیفت کاری	۸ ساعت = ۴۸۰ دقیقه
زمان استراحت	۲۵ دقیقه
زمان وعده غذایی	۰
زمان آماده سازی و بازرسی ماشین آلات	۵۰ دقیقه
نرخ ایده آل تولید	۳/۱۲۵ کیلوگرم در دقیقه
مقدار کل تولیدات در یک شیفت کاری	۱۱۰۰ کیلوگرم
میزان نخ‌های رنگی ناسالم تولید شده در یک شیفت کاری	۲۵ کیلوگرم

انتخاب بهترین راهکار برای افزایش اثربخشی کلی تجهیزات با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره در

جدول ۹- محاسبه مقدار OEE واحد رنگری

زمان بارگذاری	۴۵۵
زمان عملیات	۴۰۵
A	۰/۱۸۹
مقدار تولید اسمی	۱۲۶۵/۶۲۵
P	۰/۱۸۶۹
خروجی سالم	۱۰۷۵
Q	۰/۹۹۷
OEE	۰/۷۵۶

حالت ب) در صورتی که واحد بوبین پیچی از راهکار اول استفاده کند اطلاعات مربوط به محاسبه OEE واحد بوبین پیچی در جدول ۱۰ درج گردیده است. مقدار OEE برای این واحد در جدول ۱۱ محاسبه شده است.

جدول ۱۰- داده‌های مربوط به واحد بوبین پیچی در صورت استفاده از راهکار S1

زمان هر شیفت کاری	۸ ساعت = ۴۸۰ دقیقه
زمان استراحت	۲۵ دقیقه
زمان وعده غذایی	۰
زمان آماده سازی و بازرسی ماشین آلات	۵۵ دقیقه
نرخ ایده آل تولید	۳/۱۲۵ کیلوگرم در دقیقه
مقدار کل تولیدات در یک شیفت کاری	۱۲۰۰ کیلوگرم
میزان نخ‌های سخت پیچ شده ناسالم تولید شده در یک شیفت کاری	۱۰ کیلوگرم

جدول ۱۱- محاسبه مقدار OEE واحد بوبین پیچی

زمان بارگذاری	۴۵۵
زمان عملیات	۴۰۰
A	۰/۱۸۷۹
مقدار تولید اسمی	۱۲۵۰
P	۰/۹۳۵
خروجی سالم	۱۱۹۰
Q	۰/۹۹۲
OEE	۰/۸۱۵

حالت ج) در صورتی که واحد رنگرزی از راهکار دوم (آموزش نیروی انسانی شامل آشنایی کاربرها با عملکرد ماشین آلات و به روز رسانی علمی و تجربی گروه نگهداری و تعمیرات) استفاده کند، اطلاعات مربوط به محاسبه OEE واحد رنگرزی به صورت جدول ۱۲ می‌باشد. مقدار OEE برای این واحد در جدول ۱۳ محاسبه شده است.

جدول ۱۲- داده‌های مربوط به واحد رنگرزی در صورت استفاده از راهکار S2

زمان هر شیفت کاری	۸ ساعت = ۴۸۰ دقیقه
زمان استراحت	۲۵ دقیقه
زمان وعده غذایی	۰
زمان آماده سازی و بازرسی ماشین آلات	۴۵ دقیقه
نرخ ایده آل تولید	۳/۱۲۵ کیلوگرم در دقیقه
مقدار کل تولیدات در یک شیفت کاری	۱۲۰۰ کیلوگرم
میزان نخ‌های رنگی ناسالم تولید شده در یک شیفت کاری	۲۵ کیلوگرم

جدول ۱۳- محاسبه مقدار OEE واحد رنگرزی

زمان بارگذاری	۴۵۵
زمان عملیات	۴۱۰
A	۰/۹۰
مقدار تولید اسمی	۱۲۸۱/۲۵
P	۰/۹۳۷
خروجی سالم	۱۱۷۵
Q	۰/۹۷۹
OEE	۰/۸۲۶

حالت د) در صورتی که واحد بوبین پیچی از راهکار دوم استفاده کند، اطلاعات مربوط به محاسبه OEE این واحد به صورت جدول ۱۴ می‌باشد. مقدار OEE برای این واحد در جدول ۱۵ محاسبه شده است.

جدول ۱۴- داده‌های مربوط به واحد بوبین پیچی در صورت استفاده از راهکار S2

زمان هر شیفت کاری	۸ ساعت = ۴۸۰ دقیقه
زمان استراحت	۲۵ دقیقه
زمان وعده غذایی	۰
زمان آماده سازی و بازرسی ماشین آلات	۴۵ دقیقه
نرخ ایده آل تولید	۳/۱۲۵ کیلوگرم در دقیقه
مقدار کل تولیدات در یک شیفت کاری	۱۲۰۰ کیلوگرم
میزان نخ‌های سخت پیچ شده ناسالم تولید شده در یک شیفت کاری	۲۵ کیلوگرم

انتخاب بهترین راهکار برای افزایش اثربخشی کلی تجهیزات با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره در

جدول ۱۵- محاسبه مقدار OEE واحد بوبین پیچی

زمان بارگذاری	۴۵۵
زمان عملیات	۴۱۰
A	۰/۹۰
مقدار تولید اسمی	۱۲۸۱/۲۵
P	۰/۹۳۷
خروجی سالم	۱۱۹۵
Q	۰/۹۹۶
OEE	۰/۸۴

حالت ه) در صورتی که هر دو واحد واحدهای رنگرزی و بوبین پیچی از راهکار S1 استفاده کنند، مقدار OEE به صورت جدول ۱۶ می‌باشد.

جدول ۱۶- مقدار OEE واحدهای رنگرزی و بوبین پیچی در حالت استفاده از راهکار S1

مقدار OEE	واحد بوبین پیچی راهکار S1	واحد رنگرزی راهکار S1
قابلیت دسترسی (A)	۰/۸۷۹	۰/۸۹
نسبت کارایی (P)	۰/۹۳۵	۰/۸۶۹
ضریب کیفیت (Q)	۰/۹۹۲	۰/۹۹۷
OEE	۰/۸۱۵	۰/۷۵۶

حالت و) در صورتی که هر دو واحد واحدهای رنگرزی و بوبین پیچی از راهکار S2 استفاده کنند، مقدار OEE به صورت جدول ۱۷ می‌باشد.

جدول ۱۷- مقدار OEE واحدهای رنگرزی و بوبین پیچی در حالت استفاده از راهکار S2

مقدار OEE	واحد بوبین پیچی راهکار S2	واحد رنگرزی راهکار S2
قابلیت دسترسی (A)	۰/۹۰	۰/۹۰
نسبت کارایی (P)	۰/۹۳۷	۰/۹۳۷
ضریب کیفیت (Q)	۰/۹۹۶	۰/۹۷۹
OEE	۰/۸۴	۰/۸۲۶

حالت ز) در صورتی که واحد رنگرزی از راهکار S1 و واحد بوبین پیچی از راهکار S2 استفاده کنند، مقدار OEE به صورت جدول ۱۸ می‌باشد.

جدول ۱۸- مقدار OEE واحدهای رنگرزی و بوبین پیچی در حالت استفاده از راهکارهای مختلف

مقدار OEE	واحد بوبین پیچی راهکار S2	واحد رنگرزی راهکار S1
قابلیت دسترسی (A)	۰/۹۰	۰/۸۹
نسبت کارایی (P)	۰/۹۳۷	۰/۸۶۹
ضریب کیفیت (Q)	۰/۹۹۶	۰/۹۷۷
OEE	۰/۸۴	۰/۷۵۹

حالت ح) در صورتی که واحد رنگرزی از راهکار S2 و واحد بوبین پیچی از راهکار S1 استفاده کنند، مقدار OEE به صورت جدول ۱۷ می‌باشد.

جدول ۱۹- مقدار OEE واحدهای رنگرزی و بوبین پیچی در حالت استفاده از راهکارهای مختلف

مقدار OEE	واحد بوبین پیچی راهکار S1	واحد رنگرزی راهکار S2
قابلیت دسترسی (A)	۰/۸۷۹	۰/۹۰
نسبت کارایی (P)	۰/۹۳۵	۰/۹۳۷
ضریب کیفیت (Q)	۰/۹۹۲	۰/۹۷۹
OEE	۰/۸۱۵	۰/۸۲۶

از مقایسه جداول مذکور چند نکته مهم قابل درک است: ۱- مقدار OEE (پیامد) هر کدام از واحدها کاملاً به نوع راهکاری انتخابی خود بستگی دارد. ۲- مقدار OEE هر واحد در تمام حالات مذکور برای هر یک معلوم است. ۳- فرض بر این است که راهکاری که یک واحد انتخاب می‌کند برای واحد دیگر (حریف) معلوم نیست. بنابراین در این حالت شرایط یک بازی ایستا با اطلاعات کامل است، زیرا تمام عوامل تأثیر گذار بر OEE هر واحد، برای هر دو واحد رنگرزی و بوبین پیچی معلوم بوده و هر کدام از راهکار انتخابی یکدیگر با خبر نیستند. می‌توان بازی را در فرم راهبردی به صورت زیر نوشت:

مجموعه بازیکنان

$$N = \{R, B\}$$

که در آن R معرف واحد رنگرزی و B معرف واحد بوبین پیچی می‌باشد.

مجموعه راهبرد بازیکنان:

$$S_R = \{S1, S2\}$$

$$S_B = \{S1, S2\}$$

که در آن S1 معرف راهکار اول یعنی برنامه ریزی جامع و مدون برای نگهداری و تعمیرات و نظارت بر اجرای صحیح آن در کنار پایش و تجزیه و تحلیل داده‌ها و S2 معرف راهکار دوم یعنی آموزش نیروی انسانی شامل آشنایی کاربرها با عملکرد ماشین آلات و به روز رسانی علمی و تجربی گروه نگهداری و تعمیرات می‌باشد. مجموعه ترکیب راهبرد بازیکنان به صورت زیر است و از آنجایی که دو بازیکن وجود دارد عناصر این مجموعه زوج مرتب می‌باشد.

$$S = S_R \times S_B = \{S1, S2\} \times \{S1, S2\} = \{(S1, S1), (S1, S2), (S2, S1), (S2, S2)\}$$

در واقع مجموعه مذکور بیان می کند که اگر بازی شروع شود در عمل یکی از ترکیب های مذکور مثلاً (S2,S2) رخ می دهد و مفهوم آن این است که واحد رنگرزی و بوبین پیچی هر دو راهکار دوم را انتخاب می کنند.

پیامد بازیکنان با توجه به ترکیب راهبرد نوشته شده، مقدار حداکثر OEE می باشد:

$$\begin{array}{lll}
 u_R(S_1, S_1) = 0,756 & , & S_1 \epsilon S_R & , & S_1 \epsilon S_B \\
 u_B(S_1, S_1) = 0,815 & , & S_1 \epsilon S_R & , & S_1 \epsilon S_B \\
 u_R(S_1, S_2) = 0,756 & , & S_1 \epsilon S_R & , & S_2 \epsilon S_B \\
 u_B(S_1, S_2) = 0,84 & , & S_1 \epsilon S_R & , & S_2 \epsilon S_B \\
 u_R(S_2, S_1) = 0,826 & , & S_2 \epsilon S_R & , & S_1 \epsilon S_B \\
 u_B(S_2, S_1) = 0,815 & , & S_2 \epsilon S_R & , & S_1 \epsilon S_B \\
 u_R(S_2, S_2) = 0,826 & , & S_2 \epsilon S_R & , & S_2 \epsilon S_B \\
 u_B(S_2, S_2) = 0,84 & , & S_2 \epsilon S_R & , & S_2 \epsilon S_B
 \end{array}$$

عبارات مذکور مجموعه پیامد بازیکنان را نشان می دهد.

فرم ماتریس نمایش بازی در فرم راهبردی به صورت زیر است:

جدول ۲۰- نمایش بازی در فرم راهبردی

		واحد بوبین پیچی	
		S1	S2
واحد رنگرزی	S1	0,756, 0,815	0,756, 0,84
	S2	0,826, 0,815	0,826, 0,84

برای واحد بوبین پیچی راهبرد S2 کاملاً بر راهبرد S1 غالب است و هر راهبردی که حریف او یعنی واحد رنگرزی انتخاب کند واحد بوبین پیچی همیشه راهبرد S2 را انتخاب می کند. با بررسی مشابه متوجه می شویم که برای واحد رنگرزی نیز راهبرد S2 کاملاً بر راهبرد S1 غالب است. بنابراین ترکیب راهبرد (S2,S2) حالت تعادل راهبرد کاملاً غالب می باشد (به این معنا که حریف هر راهبردی را که انتخاب کند بازیکن مورد نظر راهبرد خود را تغییر نمی دهد) که در آن S2 سمت راست متعلق به راهبرد بازیکن B و S2 در سمت چپ متعلق به بازیکن R می باشد. برای بازیکن R داریم:

$$u_R(S1,S1) = 0,756 < u_R(S2,S1) = 0,826$$

$$u_R(S1,S2) = 0,756 < u_R(S2,S2) = 0,826$$

پس راهبرد S2 راهبرد کاملاً غالب برای بازیکن R می‌باشد.

به همین صورت برای بازیکن B داریم:

$$u_B(S1,S1)=0/۸۱۵ < u_B(S1,S2)=0/۸۴$$

$$u_B(S2,S1)=0/۸۱۵ < u_B(S2,S2)=0/۸۴$$

پس راهبرد S2 راهبرد کاملاً غالب برای بازیکن B می‌باشد. لذا می‌توان تعادل راهبرد کاملاً غالب را باری این بازی به صورت زیر نوشت:

$$D^S=(S2,S2)$$

و پیامد بازیکنان در تعادل $(S2,S2) u_R=0/۸۲۶$ و $(S2,S2) u_B=0/۸۴$ است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

همان طور که قبلاً عنوان شده بود، هدف ما بهبود وضعیت بخش نت از طریق افزایش اثربخشی کلی تجهیزات می‌باشد. آنچه در این مدل به آن تأکید شده است حداکثر کردن اثربخشی کلی تجهیزات در واحدهایی می‌باشد که اصول نت در آن‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. همانطور که محاسبات حاصل از AHP فازی نشان می‌دهد واحدهای "رنگری" و "بوبین پیچی" دارای بیشترین تجهیزات و دستگاه‌ها می‌باشند، همچنین راهکارهای دارای اولویت بدست آمده از طریق AHP فازی برنامه ریزی جامع و مدون برای نگهداری و تعمیرات و نظارت بر اجرای صحیح آن در کنار پایش و تجزیه و تحلیل داده‌ها و آموزش نیروی انسانی شامل آشنایی کاربرها با عملکرد ماشین آلات و به روز رسانی علمی و تجربی گروه نگهداری و تعمیرات می‌باشند. بدیهی است که اگر هر کدام از این دو واحد به وجود واحد دیگر و اثری که عملکرد آن بر او خواهند گذاشت توجهی نداشته باشد، هر یک از این دو واحد به طور طبیعی راهبرد (راهکاری) که باعث افزایش بیشتر OEE می‌شود را به کار خواهند گرفت. لذا باید بررسی کرد که بهترین ترکیب راهبرد که مطلوبیت هر دو واحد را تأمین کند و باعث افزایش هرچه بیشتر OEE در این دو واحد می‌شود کدام است. مقدار OEE واحد رنگری در حال حاضر (پیش از استفاده از راهبردها) ۰/۶۷۴ می‌باشد و مقدار OEE واحد بوبین پیچی در حال حاضر ۰/۶۸۲ می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده $(S2,S2) u_R=0/۸۲۶$ و $(S2,S2) u_B=0/۸۴$ مشخص است زمانی که واحد رنگری از راهبرد "آموزش نیروی انسانی شامل آشنایی کاربرها با عملکرد ماشین آلات و به روز رسانی علمی و تجربی گروه نگهداری و تعمیرات" استفاده کند مقدار OEE این واحد ۰/۸۲۶ می‌باشد و همچنین زمانی که واحد بوبین پیچی از

همین راهبرد استفاده کند مقدار OEE این واحد ۰/۸۴ می‌باشد که در مقایسه با زمانی که این دو واحد از این راهبرد استفاده نمی‌کردند مقدار بیشتری است و به مقدار OEE در کلاس جهانی ۰/۸۵ می‌باشد نسبت به حالت قبلی نزدیکتر است.

به منظور تحقیقات و مطالعه در آینده، بنابر امکان سنجی‌های مختلف مدل سازی با سه بازیکن و سه راهبرد پیشنهاد می‌شود. ابزار نظریه بازی‌های امروزه در بسیاری از کشورهای به منظور یافتن راه حل‌های بهینه در بسیاری از موقعیت‌های استفاده می‌شود.

منابع

توکلی، احمد، دهقانی سانج، جلال (۱۳۸۹)، ((بررسی عوامل تأثیر گذار بر توسعه صادرات صنعت نساجی (مطالعه موردی: صنعت نساجی استان یزد))، مجله دانش و توسعه (علمی - پژوهشی)، سال هجدهم، شماره ۳۱، تابستان ۱۳۸۹، ص ۶۰-۷۵.

سالارزهی، حبیب اله و جاوید، سنا (۱۳۹۳)، ((شناسایی و رتبه بندی ابعاد مدیریتی مؤثر در استقرار سامانه مدیریت امنیت اطلاعات با رویکرد تحلیل سلسله مراتب فازی))، فصلنامه پژوهش‌های حفاظتی - امنیتی دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)، سال سوم، شماره ۳، ص ۱۱۵-۱۳۲.

شهانقی، کامران، آریا نژاد، میر بهادر، برزگر، علی (۱۳۹۰)، ((کاربرد رویکرد بازرسی بر مبنای ریسک در انتخاب سیاست‌های نگهداری و تعمیرات (نت))، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، جلد ۲۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص ۱۹۵-۲۰۴.

عبدلی، قهرمان (۱۳۸۶)، ((نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن (بازی‌های ایستا و پویا با اطلاعات کامل))، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی.

کرباسی، منصور، شهبواری، مهرداد، ویسی، امید، فتحی، صمد (۱۳۹۰)، ((افزایش اثربخشی تجهیزات در نزاچا با بهره‌گیری از روش‌های نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه، پی‌شگویانه و سامانه نت بهره‌ور جامع))، فصلنامه علمی - پژوهشی مدیریت نظامی، سال یازدهم، شماره ۴۳، پائیز ۱۳۹۰، ص ۱۳۴-۱۰۴.

نیلی پور طباطبایی، سید اکبر، رستم زاده، عبدالرحیم، رستم زاده، محمد مهدی (۱۳۸۹)، ((بررسی تأثیر شش ضایعه عمده صنعت بر اثر بخشی کلی تجهیزات در کارخانه نورد سرد مجتمع فولاد مبارکه))، مجله علمی - پژوهشی مدیریت تولید و عملیات، سال اول، شماره اول، پائیز و زمستان ۱۳۸۹، ص ۸۶-۷۲.

یگانگی دستگردی، وحید (۱۳۸۹)، ((نظریه بازی‌ها))، دانشنامه اقتصاد شهر، شماره هشت، زمستان ۱۳۸۹، ص ۱۴۱-۱۳۵.

Cassady, C. R., Bowden R. O., Liew, L., and Pohl, E. A(2003). "Combining preventive maintenance and statistical process control: a preliminary investigation", IIE Transactions, 2000, 32: 471-478.

Chan, L(2003)., Design of inspection and maintenance models based on the CCC-chart, Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium.

Chris, K.M. and Wang, Z (2001). "Using fuzzy linguistics to select optimum & condition based strategies", International Journal of Mechanical Systems & Signal processing, Vol. 15 No. 6, pp. 1129-1140.

Da Silva Manuel Inacio, C; Manuel Pereira Cabrita, C; de Oliveira Matias Joao Carlos.P(2008). "reliability maintenance:a case study concerning maintenance service study concerning maintenance service costs"., Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 14 No. 4, pp. 343-355.

I.P.S. Ahuja, J.S. Khamba(2008). "Strategies and success factors for overcoming challenges in TPM implementation in Indian manufacturing industry", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol 14 No. 2, pp.123-147.

Ilangkumaran, M. and Kumaran, S (2012). "Application of hybrid VIKOR model in selection of maintenance strategy", International Journal of Information Systems and Supply Chain Management, Vol. 5 No. 2, pp. 59-81.

Jay, L., Jun, N., Dragan, D., Hai, Q. and Haitao, L (2006). "Intelligent prognostics tools and e-maintenance", Journal of Computers in Industry, Vol. 57 No. 6, pp. 476-489.

Jide Muili, Akande; Abiodun Ismail, Lawal; Adeyemi Emman, Aladejare (2013). "Optimization of the overall equipment efficiency (OEE) of loaders and rigid frame trucks in NAMDEB Southern Coastal Mine Stripping fleet, Namibia". Earth Science, Vol. 2, No. 6. pp. 158-166.

Kevin.B (2008). "TPM implementation"., Jornal of maintenance& asset management, Vol 20, pp.4-8.

Khoo, M. B. C., and Xie, M (2009). "A study of time-between-events control chart for the monitoring of regularly maintained systems". Quality and Reliability Engineering International, No. 25, pp. 805-819.

Mobley, R.K (2002). "An Introduction to Predictive Maintenance, Butterworth-Heinemann", Elseveir, New York, NY.

Nachiappan R.M; Anantharaman, N (2005). "Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in acontinuous product line manufacturing system", Journal of Manufacturing Technology Managemen, Vol. 17 No. 7, pp. 987-1008.

Nayak, Disha M; Kumar M N, Vijaya; Naidu, G.Sreenivasulu; Shankar, Veena (2013). "Evaluation of OEE in a Continuous Process Industry on an Insulation Line in a Cable Manufacturing Unit". International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, No. 5.Vol. 2.

Panagiotidou, S., and Nenes, G (2009). "An economically designed, integrated quality and maintenance model using an adaptive Shewhart chart", Reliability Engineering and System Safety, No. 94. Pp. 732–741.

Saaty, T. L(1994). "How to make a decision: the analytic hierarchy process". Interfaces, No. 24(6), pp. 19–43.

Swanson, L (2001). "Linking maintenance strategies to performance, International Journal of Production Economics", Vol. 70 No. 3, pp. 237-244.

R S Velmurugan Tarun Dhingra (2015), "Maintenance strategy selection and its impact in maintenance function", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 35, No. 12. pp. 1622 – 1661.

VivekPrabhu, M; Karthick, R; Senthil Kumar,G (2014). "Optimization of Overall Equipment Effectiveness in A Manufacturing System". International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 3.

Yeung, T. G., Cassady, C. R., and Schneider, K (2008). "Simultaneous optimization of Xbar control chart and age-based preventive maintenance policies under an economic objective", IIE Transactions, No. 40, pp. 147–159.