نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

سال دهم، شماره بیست و یکم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، صفحه ۱۸۷-۲۰۷
www.ier.basu.ac.ir

ISSN: 2345-2269

DOI: 10.22084/IER.2023.26289.2090

ارائه یک متدولوژی جهت طراحی و استقرار نگهداری و تعمیرات ناب (مطالعۀ موردی: شرکت جهان تراش آریا)

ام‌البنین یوسفی[1*]، علی مظفری[2]

۱. استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان، ایران
۲. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
دریافت ۱۴۰۱/۰۳/۰۳
پذیرش ۱۴۰/۰۹/۰۵
(مقاله پژوهشی)

کلمات کلیدی:
نگهداری و تعمیرات ناب
تشخیص
برنامه‌ریزی و زمان‌بندی
ماتریس ارزیابی عوامل داخلی

خلاصه

نگهداری و تعمیرات ناب یکی از مفاهیم اساسی در سازمان‌های پیشرفته است که با کاهش یا حذف اتلافات سعی در افزایش طول عمر تجهیزات، کاهش هزینه و ... دارد. در مقاله پیش‌رو سعی شده با ارائه یک متدولوژی جدید با کیفیت و سرعت بیشتری به ناب‌سازی فرآیندهای نگهداری و تعمیرات توجه شود. جهت انجام پژوهش ابتدا مطالعه‌ای بر روی اسناد صنعت و ادبیات تحقیق صورت گرفت، باتوجه به این اسناد و نظر خبرگان دانشگاهی پرسشنامه‌ای باز طراحی و دراختیار تعدادی از کارشناسان خبره صنعت مورد مطالعه که همگی دارای شناخت کافی و لازم از صنعت بودند قرار گرفته و ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE) حوزه نگهداری و تعمیرات صنعت تعیین گردیده است. درادامه با بررسی وضعیت صنایع دیگر و همچنین مطالعات قبلی صورت گرفته یک متدولوژی جهت پاسخ‌گویی به نقاط ضعف شناسایی شده ارائه شد؛ این امر از طریق بررسی شش گام از فاز تشخیص خرابی تا تکمیل دستور کار صورت پذیرفته است. سپس جهت بررسی موافقت و یا عدم موافقت دسته‌بندی ضعف‌های شناسایی شده به‌منظور یکپاچه‌سازی گام‌های متدولوژی پیشنهادی توسط خبرگان و کارشناسان صنعت، پرسشنامه‌ای دیگر طراحی و با استفاده از ضریب کاپای کوهن گام‌های متدولوژی برای پیاده‌سازی در صنعت قطعی شده است. همچنین با برگزاری کارگاه‌ها و جلسات طوفان فکری به تعیین طرح‌های اقدام جهت پاسخ به اتلافات شناسایی شده پرداخته شد، پیاده‌سازی طرح‌های اقدامی با فوریت بالا منجر به کاهش ۴۰ درصدی در برنامه نت پیش‌گیرانه کمپرسورها طی دوره ۸ ماهه و استانداردسازی تعداد نفرات در بخش تعمیر لیفتراک‌ها شده است.

۱. مقدمه

باتوجه به روند رو به رشد و سریع صنایع و ایجاد رقابت تنگاتنگ در دهه‌های اخیر، شرکت‌ها در صدد به‌کار بردن روش‌ها و تکنیک‌هایی هستند که بتوانند منجربه افزایش تولید، بهبود کیفیت، رضایتمندی مشتری و ... شوند. عواملی چون، وجود سرمایه کافی، مواد اولیه مرغوب، کاهش حداکثر خرابی و ... می‌توانند در تعیین موفقیت یا عدم موفقیت شرکت‌ها سهم به‌سزایی را ایفا کنند که در این میان یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین عوامل موفقیت شرکت‌های صنعتی و تولیدی مبحث نگهداری و تعمیرات است. نگهداری و تعمیرات (نت) سهم قابل توجهی از بودجه یک سازمان را به‌خود اختصاص داده و به‌عنوان ستون اصلی عملکرد سازمانی درنظر گرفته می‌شود [۱]. ازآنجایی‌که فرآیندهای نگهداری و تعمیرات مستقیماً بر کیفیت، قابلیت اطمینان، رضایتمندی مشتریان، در دسترس‌پذیری تجهیزات، هزینه و ... تأثیر می‌گذارند یافتن یک رویکرد و استراتژی مؤثر برای افزایش عوامل

* نویسنده مسئول: ام‌البنین یوسفی
تلفن: ۰۳۱-۴۵۹۱۴۳۴۷؛ پست الکترونیکی: yousefi_1302@yahoo.com

مثبت ذکر شده و کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تبدیل به یک مسأله مهم برای صنایع گوناگون و تولیدکنندگان شده است. یکی از رویکردهای جدید در حوزه نگهداری و تعمیرات که می‌تواند خواسته‌های بالا را برای صنایع و تولیدکنندگان تا حد قابل قبولی پوشش دهد، استفاده از رویکرد نگهداری و تعمیرات ناب است، که با شناسایی اتلافات در این حوزه و کاهش یا حذف آن‌ها کار خود را انجام می‌دهد[۱،۲].

این پژوهش به بررسی این موضوع که چگونه منابع در مجموعه نگهداری و تعمیرات به‌صورت کارآمد و پربازده مدیریت شود و چگونه بهبود آن‌ها شروع گردد پرداخته است. در این راه اصلی‌ترین کار، شناسایی نقاط قابل بهبود است که این نقاط همان اتلافات موجود هستند که در طول مراحل انجام فرآیندهای نگهداری و تعمیرات به‌وجود آمده یا وجود دارند. این دیدگاه (یعنی شناسایی و حذف یا کاهش اتلافات) در ادبیات و در صنایع تحت عنوان رویکرد ناب شناخته می‌شود، و چون این پژوهش در حوزه نگهداری و تعمیرات است، تحت عنوان نگهداری و تعمیرات ناب بیان می‌شود.

۲. بیان مسأله

در بازار رقابتی امروزه استفاده از فرآیندهای مناسب نگهداری و تعمیرات دستیابی به اهداف استراتژیک را امکان‌پذیر کرده و بهره‌وری را بالا می‌برد [۲]. این فرآیندها شامل فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده و برنامه‌ریزی نشده‌ای است که منجربه حفظ دارایی‌های فیزیکی و ایجاد شرایط عملیاتی قابل قبول خواهد شد [۳]. هدف از نگهداری و تعمیرات افزایش قابلیت اطمینان، ایمنی و کیفیت مجموعه‌ای از تجهیزات است. در برخی از سازمان‌ها نگهداری و تعمیرات به‌عنوان یک عنصر استراتژیک و منبع ذخیره درآمد تلقی می‌شود. علت این امر تأثیر فرآیند نت بر کیفیت محصول، ایمنی و سطح بودجه یک سازمان است [۴]. در کنار تمامی مزایای ذکر شده برای نگهداری و تعمیرات، هزینه‌های فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات نیز موضوع قابل تأملی است. هزینه این فعالیت‌ها ۱۵ تا ۷۰ درصد از کل هزینه‌های تولید را دربر می‌گیرد. این هزینه‌ها به‌صورت مستقیم با زمان از کارافتادگی تجهیزات متناسب است [۵]. افزایش زمان از کارافتادگی منجربه ایجاد فعالیت‌های اتلافی یا فعالیت‌هایی بدون ارزش افزوده خواهد شد؛ زمان مورد نیاز برای انجام این فعالیت‌ها باعث ایجاد تفکری می‌شود که در نهایت منجربه کاهش یا حذف آن‌ها شود. این تفکر تحت عنوان تفکر ناب معرفی شده و در نگهداری و تعمیرات به‌عنوان یک استراتژی حذف فعالیت‌های زاید ایفای نقش می‌کند. در اکثر مراجع از این استراتژی تحت عنوان نت ناب یاد می‌شود [۳،۴،۵].

طی مطالعات انجام شده و همچنین در حین برنامه تحول و توسعه در طول پروژه متوجه شدیم که در دهه‌های گذشته علی‌رغم تحقیقات صورت گرفته در سیستم‌های نت ناب، این مفهوم به دو دلیل توسعه نیافته است. اول اینکه فاقد تعریفی است که به‌طور کلی پذیرفته شده باشد، (محققان مختلف تعریفشان از نابی با یکدیگر متفاوت است). دوم اینکه هیچ مطالعه‌ای یک مقیاس سیستماتیک و نسبی از سیستم‌های نت ناب توسعه نداده است. از این‌رو نیاز به وجود یک متدولوژی ساده که هر تیم نگهداری و تعمیرات در هر صنعتی با کمک آن به‌وسیله‌ی برخی گام‌ها به‌سمت ناب شدن حرکت پیدا کند به‌شدت احساس می‌شد. باتوجه به این موضوع و لزوم توجه به این خلاء مطالعاتی در پژوهش پیش‌رو یک متدولوژی برگرفته از تحلیل نقاط ضعف شناسایی شده به‌واسطه ماتریس ارزیابی عوامل داخلی که به‌کمک حضور در صنعت و برگزاری کارگاه‌ها و جلسات متعدد طوفان فکری چارچوب مشخص پیدا کرده ارائه شده است. این متدولوژی با مجموعه‌ای از گام‌ها نقش راهنما را داشته و هدف اصلی آن بهبود قابل توجه اجرای فرآیندهای معمولی نگهداری و تعمیرات (در شش نقطه بحرانی (۱) اخطار نویسی (درخواست) نگهداری و تعمیرات، (۲) انتخاب و اولویت‌بندی، (۳) برنامه‌ریزی، (۴) زمان‌بندی، (۵) اجراء و (۶) بازبینی عملکرد) است که به‌همراه نتایج ارائه گردیده است، تا به‌راحتی هر سازمان دارای دپارتمان نگهداری و تعمیرات بتواند از آن استفاده نماید.

صنعت مورد مطالعه با هدف توسعه فناوری، ارتقاء فرآیندهای کاری، پاسخ به نیازهای صنایع مختلف (در حوزه نفتی، گازی، نظامی و ...) و رشد مالی که در نهایت منجربه افزایش رضایت مشتریان و ذینفعان می‌شود در حال فعالیت است، از این‌رو نیازمند ایجاد بهبود به‌ویژه در حوزه فرآیندهای نگهداری و تعمیرات است، که این امر به‌کمک شناسایی و حذف اتلافات به واسطه گام‌هایی خاص حاصل شده است.

۳. مرور ادبیات

۳-۱. مبانی نظری

در این بخش به تعریف برخی مباحث و روابط که در طول انجام پروژه از آن‌ها بهره گرفته شده پرداخته شد.

۳-۱-۱. مفهوم و رویکردهای نگهداری و تعمیرات

تضمین ادامه فعالیت دارایی‌های فیزیکی در انجام آنچه کاربرانشان از آن‌ها انتظار دارند تحت عنوان تعریف و مفهوم نگهداری و تعمیرات بیان می‌شود [۶]. و رویکردهای متفاوتی دارد، که درادامه به تعریف هر کدام پرداخته و در جدول (۱) مقایسه‌ای بین رویکردهای مختلف نت نمایش داده شده است.

۳-۱-۱-۱. نت واکنشی

پایه رویکرد نگهداری و تعمیرات مبتنی‌بر واکنش این است که تا وقتی تجهیز خراب نشده باشد، تعویض و یا تعمیر نمی‌شود درواقع از تجهیز تا زمانی‌که به مرحله‌ی شکست یا خرابی نرسیده است، بهره‌برداری می‌شود. از مهم‌ترین اهداف این رویکرد نگه داشتن دسترس‌پذیری در حداکثر مقدار خود در فرآیند تولید است [۷].

جدول (۱). مقایسه اصلی‌ترین رویکردهای نگهداری و تعمیرات با یکدیگر [۱۳]

رویکرد (نت)	خلاصه	هزینه استقرار	مزایا	معایب
واکنشی	تعمیر هنگام خرابی	کم	ایده‌آل برای تجهیزات با اولویت پایین	امکان هزینه تراشی‌های مهار نشدنی تعمیراتی
پیش‌گیرانه	نگهداری و تعمیرات بر اساس برنامه از پیش تعیین شده	متوسط	بهترین استراتژی برای استقرار در سازمان‌هایی با خبرگی متوسط	هدر رفتن هزینه‌ها و منابع در صورت عدم بهینه‌سازی
پیشگویانه	کنترل دستور کارها مبتنی بر شرایط تجهیز و یا وقوع یک محرک از پیش تعیین شده	زیاد	کنترل زمان‌مند و آگاهانه، آگاهی بیشتر نسبت به دلایل خرابی‌ها و توقف‌های تجهیز	نیازمند هزینه‌های زیاد برای راه‌اندازی
مبتنی بر قابلیت اطمینان	بررسی حالت‌های مختلف خرابی‌های احتمالی برای تعیین بهترین استراتژی نگهداشت	بسیار زیاد	تحقق حداکثر کارایی برنامه نگهداشت در صورت اجرای صحیح استراتژی	نیاز به زمان، مهارت و منابع مالی زیاد برای اثرگذاری
بهره‌ور فراگیر	افزایش اثربخشی کلی، با بهبود عوامل مؤثر بر اثربخشی تجهیزات و استفاده از اپراتور به‌عنوان اولین خط دفاعی در برابر زمان‌های برنامه‌ریزی نشده‌ی برای از کار افتادگی تجهیزات	نسبتا زیاد	کاهش تعداد خرابی‌های منجر به از کار افتادگی به ۰.۱ میزان قبلی با بهره‌گیری از TQM، JIT و ...	عدم پشتیبانی از فعالیت‌های نت بعد از خرابی و ازکار افتادگی تجهیزات
ناب	بهبود سری فرآیدهای نت از زمان عدم پاسخ‌گویی اپراتور به مسائل مربوطه پیش آمده	نسبتا کم	ایده‌آل برای انواع صنایع و کمک به افزایش زمان کار ارزش آفرین	نیاز به تشکیل کارگاه‌هایی متشکل از افراد درگیر در فرآیند جهت اثرگذاری

۳-۱-۱-۲. نت پیش‌گیرانه

نگهداری و تعمیرات پیش‌گیرانه عبارتست از یک رویکرد سیستماتیک برنامه‌ریزی و زمان‌بندی شده جهت انجام کارهای نگهداری مورد نیاز بر طبق برنامه‌ی تنظیمی، با هدف جلوگیری از فرسایش غیرعادی اجزای ماشین و کاهش توقفات اضطراری ماشین‌آلات [۸].

۳-۱-۱-۳. نت پیشگویانه

نگهداری و تعمیرات پیشگویانه را می‌توان به‌عنوان روشی برای نظارت در جهت تعیین اینکه ماشین‌آلات و تجهیزات تا چه حد خوب کار می‌کنند، تعریف کرد [۹]. درعمل در بسیاری از مواقع استفاده از این رویکرد بسیار پرهزینه و دشوار است و برای همین رویکرد غالب بحث بازرسی‌های دوره ایست [۱۰].

۳-۱-۱-۴. نت مبتنی‌بر قابلیت اطمینان

به حفظ دسترس‌پذیری و قابلیت اطمینان تجهیزات در طول زمان گفته می‌شود [۶].

۳-۱-۱-۵. نت بهره‌ور فراگیر

مجموعه فعالت‌هایی است که به‌عنوان اصلاح یک سیستم نگهداری و تعمیرات از طریق اصلاح ماشین‌آلات و دستگاه‌ها و تغییر در فرهنگ کارکنان انجام می‌گیرد. نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع طراحی شده است تا اثر بخشی تجهیزات را به‌وسیله‌ی برنامه‌ریزی یک سیستم جامع آموزشی ماکزیمم کند و همچنین همه کارکنان شرکت از مدیران ارشد تا اپراتوران را از طریق فعالیت‌های داوطلبانه‌ی کوچک برای ترویج نگهداری و تعمیرات بهره‌ور، مشارکت دهد [۱۱].

۳-۱-۱-۶. مفهوم نگهداری و تعمیرات ناب

هر فرآیندی شامل (ورودی-فعالیت‌ها و وظایف-خروجی) است. اگر فرآیند بدون تغییر در ورودی بهبود داده شود، به خروجی بهتر و بالاتر دست می‌یابد، نت ناب با به حداقل رساندن مصرف ورودی‌ها در فرآیندهای نگهداری و تعمیرات تضمین می‌کند با حذف ضایعات فرآیند، تمامی منابع برای فعالیت‌هایی با ارزش افزوده مصرف می‌شوند و قابلیت انجام کارهای بیشتر با منابع فعلی ایجاد گردد [۱۲].

۳-۱-۲. برنامه‌ریزی، زمانبندی نگهداری و تعمیرات

انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات نیازمند استفاده از انواع مختلفی از منابع است. مواد، قطعات یدکی، نیروی کار متبهر، ابزار، ادوات گوناگون و حتی پول نمونه‌هایی از این منابع هستند. مدیریت این منابع به‌طور هم‌زمان، برنامه‌ریزی آن‌ها به‌منظور در دسترس بودن به‌هنگام مقدار صحیحی از هر منبع و ترکیبی که مورد نیاز است، اکثر امور را به فعالیت-های پرزحمتی تبدیل می‌کند که اغلب سازمان‌ها برای آن‌ها آمادگی ندارند. به‌طور مثال تعداد قابل توجهی از وظایف نگهداری و تعمیرات نیازمند کارکنان بسیار ماهر و همچنین مستلزم وجود متخصصان با مهارت‌های گوناگون است. تحت این شرایط اموری پیش خواهد آمد که تخصیص وظایف نگهداری و تعمیرات به کارآمدی آنچه که می‌توانست باشد، نخواهد بود. چراکه به‌طور آشکار تمام متخصصین در زمان‌های مساوی در دسترس نخواهند بود.

یک راه‌حل می‌تواند زمان‌بندی منحصربفرد هر تکنسین به‌جای فعالیت‌های گروهی باشد، اما در محیط‌های خاص این امر به‌دلیل وجود قوانین یا مقررات خاص در مورد ایمنی که مانع انجام کارهای خاصی توسط تنها یک نفر می‌شود، غیرممکن است. راه‌حل دیگر می‌تواند ارتقای حالت چندوضعیتی کارگران نت باشد، که دارای محدودیت‌های خاص خود، عرفاً در رابطه با سطوح تکنولوژیکی تجهیزات نگهداری شده است.

به‌طور کلی، به‌منظور توانمند بودن در حل این مسائل می‌بایست به‌طور صحیح تعادلی بین هزینه زمان از کار افتادگی تجهیزات و هزینه زمان بی‌کاری کارکنان نت، ایجاد نمود. رویکرد درنظر گرفته شده جهت پیشبرد این پژوهش برای پاسخ به مسأله واقعی شناسایی شده استفاده از مدل‌های تحلیلی است.

۳-۱-۲-۱. مدل‌های تحلیلی

در راستای بررسی مدل‌های تحلیلی، مدل‌های تئوری صف از پرکاربردترین مدل‌های رایج می‌باشند. این مدل‌ها کارکنان نت را با استفاده از معیارهای کمینه‌سازی هزینه کل، عدم در دسترس‌پذیری تجهیزات و کمینه‌سازی هزینه نیروی انسانی تعیین می‌کنند. استفاده از این مدل‌ها مستلزم آگاهی از نرخ خرابی‌ها (به اصطلاح نرخ ورود به مدل‌های تئوری صف) و توزیع زمان جهت نت اصلاحی است.

فرآیندهای صف‌بندی می‌توانند به‌عنوان فرآیندهای تصادفی با پیوستگی زمانی با یک تعداد گسسته از حالات، مدل شوند. این فرآیند هنگامی‌که مشتریان یا تجهیزات جدید وارد سیستم می‌شوند یا از آن خارج می‌شوند، تغییر می‌یابد. اگر فرض شود که زمان بین دو ورود متوالی، متغییرهای تصادفی مستقل با توابع توزیع یکسان باشند، گفته می‌شود که فرآیند ورود یک (فرآیند تکرار)[1] است و زمانی‌که تابع توزیع، نمایی باشد، فرآیند تحت عنوان فرآیند پواسون همگن[2] خوانده می‌شود. و در یک فرآیند پواسون [۱۴]:

۱) فرآیند بی‌حافظه است. تعداد رخدادها در بازه زمانی $[t_0, t_0 + t]$ مستقل از پیشینه قبلی پدیده هاست.

۲) احتمال n ورود در یک فاصله زمانی معین، به طول فاصله زمانی بستگی دارد اما به زمان اولیه ورود بستگی ندارد.

۳) احتمال اینکه یک عنصر در dt وارد شود متناسب است با dt و این نسبتی است از طول فاصله زمانی.

$$P_1(t) = \lambda . dt \quad (۱)$$

در اینجا λ، میانگین تعداد ورودی‌ها به‌ازای هر زمان واحد است (نرخ ورود). به‌ازای dt به اندازه کافی کوچک:

$$P_1(t) + P_0(t) = 1 \quad (۲)$$

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad (۳)$$

حالا می‌توان یک مورد خاص از HPP تحت عنوان فرآیند پیدایش و مرگ را بررسی نمود. در این فرآیندها فرض بر این است که:

- نرخ ورود و نرخ‌های سرویس برابر هستند، صرف‌نظر از حالت سیستم.

$$\lambda_k = \lambda \quad , \quad \mu_k = \mu \qquad \forall k$$

- زمان ورود و زمان خدمت‌دهی به‌صورت نمایی توزیع می‌شوند.

برای فرآیندهای پیدایش و مرگ معادله (۱۶) به‌صورت زیر تغییر می‌کند:

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n p_0 = \rho^n p_0 \quad (۴)$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

1. Renewal process
2. Homogeneous Poisson Processes

ρ ضریب بهره‌وری[3] است.

در عین حال خواهیم داشت:

$$\sum_{i=0}^{i=\infty} p_i = p_0 \sum_{i=0}^{i=\infty} \rho^i = 1 \quad (۵)$$

اگر $\rho < 1$ سری‌های هندسی همگرا خواهند شد به:

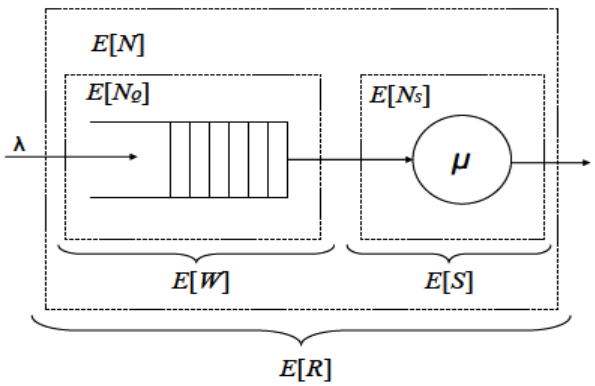
$$\sum_{i=0}^{i=\infty} \rho^i = \frac{1}{1-\rho} \quad (۶)$$

سپس اگر معادله (۱) در معادله (۵) جایگزین شود، رابطه حالت پایای فرآیند پیدایش و مرگ به شرح زیر می‌شود:

$$p_0 \frac{1}{1-\rho} = 1 \Longrightarrow p_0 = 1 - \rho$$
$$p_n = (1-\rho)\rho^n \quad (۷)$$

اگر $\rho \geq 1$ باشد آنگاه $\lambda \geq \mu$ خواهد بود و صف در طول زمان تمایل به افزایش پیدا می‌کند. همین که دارای احتمالاتی برای حالت پایا شود، تعداد مشتریان مورد انتظار برای مسأله که در صف منتظر دریافت خدمت گرفتن هستند محاسبه می‌شود. فرض کنید N تعداد مشتریان یا تجهیزات در صف باشد که در انتظار یک خدمت‌دهنده هستند. از این‌رو تعداد مشتریان یا تجهیزات مورد انتظار E[N] به‌صورت زیر محاسبه می‌شود، شکل (۱).

$$E[N] = \sum_{i=0}^{i=\infty} i p_i = p_0 \sum_{i=0}^{i=\infty} i\rho^i =$$
$$(1-\rho) \sum_{i=0}^{i=\infty} i\rho^i = \frac{\rho}{(1-\rho)} \quad (۸)$$



شکل (۱). علائم مورد استفاده در حل مسأله و نمایش صف

طبق قانون لیتل زمان پاسخ مورد انتظار E[R] با تعداد مشتریان یا تجهیزات مورد انتظار جهت دریافت خدمت یا سرویس E[N] به شرح زیر است:

$$E[N] = \lambda E[R] \quad (۹)$$

از معادله (۹) زمان مورد انتظار پاسخ E[R] می‌تواند به‌عنوان نسبتی بین زمان متوسط خدمت‌دهی $(1/\mu)$ و احتمال بیکار ماندن خدمت

3. Utilization factor

دهنده $(1-\rho)$ تفسیر شود. اما اندازه‌گیری‌های عملکرد مسأله را ادامه می‌دهیم. در این راستا زمان انتظار W= R-S را به‌عنوان زمانی‌که یک مشتری یا تجهیز قبل از دریافت خدمت یا سرویس در صف منتظر می‌ماند تعریف می‌شود، که در اینجا R معرف زمان پاسخ و S بیانگر زمان خدمت‌دهی است. سپس زمان انتظار مورد نظر E[W] به‌وسیله رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$E[W] = E[R] - E[S] = \frac{1}{\mu(1-\rho)} - \frac{1}{\mu} = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} \quad (۱۰)$$

حال اگر زمان انتظار مورد نظر در دسترس باشد، می‌توان دوباره از قانون لیتل برای محاسبه تعداد مشتریان و تجهیزات مورد انتظار در صف به‌شرح زیر استفاده شود (تنها افراد یا تجهیزاتی که برای خدمت‌گیری منتظر هستند):

$$E[N_Q] = \lambda E[W] = \frac{\rho^2}{(1-\rho)} \quad (۱۱)$$

و تعداد مشتریان و تجهیزات مورد انتظار که در حال دریافت خدمت هستند، عبارتند از:

$$E[N_S] = E[N] - E[N_Q] = \rho \quad (۱۲)$$

این میزان باید مطابق با نتیجه به‌دست آمده از به‌کارگیری قانون لیتل تنها برای خدمت دهنده باشد:

$$E[N_S] = \lambda E[S] = \frac{\lambda}{\mu} = \rho \quad (۱۳)$$

۳-۱-۳. ماتریس ارزیابی عوامل داخلی

ماتریس ارزیابی عوامل داخلی یکی از ابزارهای بررسی و تحلیل محیط داخلی سازمان‌ها و شرکت‌ها است. برای تهیه یک ماتریس ارزیابی عوامل داخلی عمدتاً به قضاوت‌های شهودی و نظرات دست‌اندرکاران تکیه می‌شود. این ابزار عموماً در تحلیل اطلاعات درون سازمانی در فرآیند برنامه‌ریزی استراتژیک کاربرد دارد. ماتریس IFE نقاط قوت و ضعف‌های موجود در عملکرد و وضع موجود شرکت را ارزیابی می‌کند [۱۵].

۳-۲. پیشینه تحقیق

در زمینه رویکردها و موضوعات موجود در حوزه نگهداری و تعمیرات پژوهش‌های زیادی انجام گرفته است. اما جای خالی تفکر ناب در میان این تحقیقات در این حوزه کاملاً مشهود است. هرچند بحث‌های صورت گرفته در حوزه تفکر ناب با تمرکز بر تولید ناب کم نبوده اما در تحقیقات اندکی موضوع نگهداری و تعمیرات ناب بررسی گشته است و دلیل اصلی آن این بوده است که صنایع مختلف تولید را منبع درآمد و نگهداری و تعمیرات را منبع هزینه می‌دانستند از این‌رو اهمیت چندانی برای آن قائل نبوده‌اند تا اینکه در سال‌های اخیر به اهمیت این مهم پی برده شد و بررسی‌هایی در این حوزه شکل گرفت. در میان پژوهش‌هایی که بر روی این موضوع کار کرده‌اند نیز دو ویژگی مشترک به چشم می‌خورد: اولاً اکثر پژوهش‌ها تنها به بیان اتلافات و برخی ابزارها برای رفع اتلافات پرداخته و راهکاری جهت پیدا کردن نقاط قابل بهبود ارائه نداده‌اند و ثانیاً برخی تحقیقاتی هم که مدلی جهت دستیابی به نقاط قابل بهبود برای کاهش و حذف اتلافات بیان نموده‌اند، روش‌هایشان بسیار ابتدایی بوده (مثلاً انتقال از نت واکنشی به نت کنش‌گرایانه یا کاهش زمان PM تا حد امکان) به‌طوری‌که این مدل‌ها برای تعداد محدودی از اتلافات قابل استفاده است و نمی‌شود از آن‌ها در کلیه فرآیندهای نگهداری و تعمیرات استفاده نمود.

۳-۲-۱. پژوهش‌های خارجی

کوپر (۲۰۰۲) به بررسی متدولوژی شش سیگما در نت ناب پرداخته است. مسأله‌ی اصلی در نت، یافتن راهی برای حذف توقف‌های برنامه‌ریزی شده و افزایش دسترس‌پذیری تجهیزات است. برای رسیدن به این مقصود از روش DMAIC که در شش سیگما مطرح است، استفاده کرده است. در پایان نویسنده این‌گونه نتیجه‌گیری کرده است: نت ناب اساساً روی قابلیت‌اطمینان تجهیزات تمرکز و نیاز به عیب‌یابی و تعمیر را کاهش می‌دهد. نت ناب، مقاوم‌سازی تجهیزات در مقابل علت‌های واقعی توقف است، نه فقط مبارزه با نشانه‌های خرابی [۱۶].

اندرسون (۲۰۰۳) در تحقیق خود یک بررسی جامع از کاربرد اصول تفکر ناب در کاهش تلفات نت پیش‌گیرانه ارائه داده است که باعث کاهش هزینه در نت پیش‌گیرانه شده است. ایشان با اشاره به هفت ضایعه اصلی در تولید و ارتباط آن با نت پیش‌گیرانه بحث PM را به دوبخش تناوب و دستورالعمل‌ها تقسیم کرده و نشان می‌دهد که با بررسی‌هایی می‌توان محتوی دستورالعمل‌ها را بهبود و تناوب آن‌ها را به‌صورت مؤثرتری معین کرد. بدین منظور یک فرآیند بازنگری pm به نام بهینه‌سازی نت پیش‌گیرانه پیشنهاد نموده است. این تحقیق درادامه با بررسی تناوب PM و اثر آن بر قابلیت اطمینان نشان داد که کاهش و بهبود تناوب اجرای دستورالمل‌ها قابلیت اطمینان را کاهش نمی‌دهد، بلکه آن را بهبود نیز می‌بخشد [۱۷].

پاوناسکار و همکاران (۲۰۰۳) سیستمی را برای طبقه‌بندی و ارتباط ابزارهای ناب با مشکلات مشخص شده در یک سازمان تولیدی پیشنهاد کردند. جنبه جالب این مطالعه تعداد زیادی از تکنیک‌های ناب است که از طریق یک بررسی جامع کتاب‌شناختی یافت شد، بنابراین سیستم را پیچیده و دشوار می‌کند [۱۸]. بایو و کوروین (۲۰۰۸) برای مقایسه سطح ناب بودن در شرکت فورد موتور با شرکت ژاپنی هوندا، یک اندازه‌گیری ناب منظم را با استفاده از هفت ویژگی تعریف کردند [۱۹]. هو و همکاران (۲۰۰۸) برای انتخاب یک سبد کاری از پروژه‌های اجرایی ناب در شرکت‌های تولید کننده، الگوی چند هدفی را برای کمک به تصمیم‌گیری پیشنهاد دادند [۲۰]. آناند و کدالی (۲۰۰۹) یک چارچوب مرجع شامل ۶۵ عنصر یا ابزار ناب طبقه‌بندی شده توسط اولویت‌های رقابتی سازمان ارائه دادند [۲۱]. کلارک و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از برخی شاخص‌های کلیدی مانند MTBF به شناسایی تجهیزات بحرانی پرداخته و جهت کاهش زمان تعمیر تجهیز منتخب از ابزار SMED[1] استفاده کردند [۲۲]. وینود و چینتا (۲۰۱۱) یک مدل برای اندازه‌گیری میزان نابی با استفاده از منطق فازی به‌عنوان ابزار مدل‌سازی طراحی کردند [۲۳]. وینود و همکاران (۲۰۱۱) از استخراج قوانین

1. Single Minute Exchange of Dies

وابستگی فازی (FARM)[1] برای تجزیه و تحلیل میزان ناب بودن یک شرکت تولیدی در هند بهره بردند. هفت ویژگی درنظر گرفته شد تا عملکرد را ازمنظر ناب بودن منعکس کنند: هزینه، سودآوری، بهره‌وری، کیفیت، زمان انتظار، نقص (عیوب) و در دسترس بودن. تمام این مطالعات به ارزیابی ناب بودن در سیستم‌های تولیدی پرداخت، اما آن‌ها فاقد تمرکز بر روی مرحله تصمیم‌گیری جهت معرفی یا انتخاب ابزارهای ناب هستند که می‌توانند به بهبود جنبه خاصی از تفکر ناب کمک کنند [۲۴]. ویمال و وینود (۲۰۱۲) یک تکنیک ارزیابی ناب را با استفاده از مجموعه‌ای از قوانین (اگر-پس IF-THEN) براساس منطق فازی و هدف قرار دادن پنج عامل ایجاد شده پیشنهاد کردند: مسئولیت مدیریت، مدیریت تولید، نابی نیروی کار، نابی فناوری و استراتژی تولید [۲۵]. امین و کریم (۲۰۱۲) روشی را برای سنجش کمی از عملکرد سیستم تولید، بررسی وضعیت بلوغ آن و کشف علل ناکارآمدی در آن زمان، برای انتخاب استراتژی‌های ناب مناسب تهیه نمودند. در این مطالعه، تکنیک‌های ناب به سه دسته تقسیم شدند: (الف) ابزارهایی برای بهبود کیفیت/بهبود مستمر و پیوسته. (ب) ابزارها و تکنیک‌هایی برای بهبود فرآیند. و (ج) ابزارهای ناب برای سیستم‌های پشتیبانی تولید [۲۶].

دیویس و گرینوف (۲۰۱۳) تحقیقی با هدف اندازه‌گیری تأثیر تفکر ناب در نگهداری و تعمیرات انجام دادند. در این پژوهش تولیدکنندگان اتومبیل که قبلاً تولید ناب را به‌کار برده بودند، تمایل به استفاده از مفاهیم ناب به‌منظور بهبود نگهداری و تعمیرات داشتند. در این تحقیق مجموعه‌ای از روش‌های سنجش کارایی برای تحلیل اثر تفکر ناب در نت بررسی شده است. "تفکر ناب اثربخش عملیات نت را بهبود می‌بخشد" به‌عنوان فرضیه این تحقیق مطرح است. در این مقاله برخی تکنیک‌های ناب که توسط نت به‌کار گرفته شده‌اند بررسی شده و همچنین با استفاده از نظرسنجی از افراد با تجربه برخی تلفات در نت شناسایی گشت و به راه‌حل رفع آن نیز اشاره شده است جدول (۲)، [۲۷].

جدول (۲). تلفات تولید و نت و راه‌حل‌های رفع تلفات در نت [۲۷]

تلفات تولید	تلفات نت	چگونه تلفات نت را برطرف کنیم؟
تولید بیش از حد	فعالیت‌های نت پیش‌گیرانه زیاد	برنامه‌ریزی و زمان‌بندی صحیح نت پیش‌گیرانه
حمل و نقل	نت متمرکز	تمرکز زدایی از نت
انبار	سطح قطعات یدکی بالا	اصل اولین ورودی- اولین خروجی در قطعات یدکی
نقص پتانسیل انسانی	نگهداری ضعیف	افزایش مهارت‌ها
	فقدان آموزش	برقراری دوره‌های آموزش
زمان مشتری	روال‌های کاری ضعیف	استاندارد سازی و افزایش کنترل‌های بصری

کریم و عارف (۲۰۱۳) روشی را برای شناسایی سیستماتیک ضایعات در یک واحد تولیدی و سپس کمک به انتخاب ابزارهای ناب مناسب پیشنهاد دادند. شاخص‌های کلیدی برای همراهی با فرآیند نیز مشخص شد [۲۸]. انوری و همکاران (۲۰۱۳) ادغام AHP و تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها را برای انتخاب ابزارها و تکنیک‌های ناب پیشنهاد نمودند. نویسندگان روشی را برای سنجش اثربخشی ابزارهای ناب بر ناب بودن و اولویت‌بندی آن‌ها در فرآیندهای اجرای ناب پیشنهاد کردند [۲۹]. مصطفی و همکاران (۲۰۱۳) برای به‌کار بردن ابزارهای ناب برای هر نوع ضایعات از روش توسعه کارکرد کیفیت استفاده نمودند. با این حال، این مطالعه در یک محیط تولیدی و در کارکردهای نگهداری و تعمیر خاصی انجام نشده است [۳۰]. انوری و همکاران (۲۰۱۴) رویکردی برای اندازه‌گیری مقدار تأثیر ویژگی‌های ناب در سیستم‌های تولیدی با استفاده از توابع عضویت فازی پیشنهاد دادند. این رویکرد به کاربر امکان می‌دهد درجه ناب بودن را اندازه بگیرد و بینش مدیران را برای بهبود بیشتر سیستم‌های تولیدی فراهم کند [۳۱]. انوری و همکاران (۲۰۱۴) برای حل مشکل انتخاب ابزار ناب در سیستم‌های تولیدی، روش VIKOR اصلاح شده را ارائه دادند. نویسندگان برای کمک به همکاران در تعیین اهداف و اجرای تولید ناب، روشی را برای انتخاب ابزارهای ناب توسعه دادند [۳۲]. ایرج پور و همکاران (۲۰۱۴) چارچوبی را برای تعیین اثربخشی راهبردهای نگهداری و تعمیر براساس رویکرد تفکر ناب پیشنهاد کردند. رویکرد پیشنهادی برای تعریف ویژگی‌های تفکر ناب که در مورد نگهداری کاربرد دارد، مبتنی‌بر هیچ استانداردی نیست و تعداد کمی از ابزارهای ناب را درنظر می‌گیرد [۳۳]. مصطفی و همکاران (۲۰۱۵) طرحی را برای نشان دادن ارتباط بین ضایعات نت و ابزارهای ناب ارائه دادند. ابزار ناب درنظر گرفته شده در آن کار، شامل دو سطح چهار دسته و ۲۶ روش/ابزار است. این طرح مبتنی‌بر تنوع در روش خانه کیفیت است که به اصطلاح "خانه ضایعات" توسعه داده شد. متأسفانه، این اثر شواهدی از کاربرد ندارد که طرح پیشنهادی را تأیید کند [۳۴]. پانوار و همکاران (۲۰۱۵) مجموعه‌ای از تکنیک‌های ناب را برای "زمینه"های مختلف، ازجمله حذف ضایعات و تکاپو و درگیری تأمین‌کننده ذکر کرد [۳۵].

دوران و همکاران (۲۰۱۷) تجربیات جمع‌آوری شده خود در دو پروژه نت ناب در یک نیروگاه حرارتی را بیان نمودند. در این مقاله ابتدا با استفاده از پرسشنامه‌ای که دربردارنده‌ی برخی ابعاد استراتژیک در حوزه نت ناب و همچنین ۶ اصل اساسی در تولید ناب است به بررسی میزان نابی این نیروگاه پرداخته و ابعاد استراتژیک ضعیف را نیز شناسایی نمودند. سپس با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی AHP برای هر بعد استراتژیک یک ابزار مناسب جهت پیاده‌سازی انتخاب کرده و با استفاده از ابزارهای شناسایی شده برای بعد ضعیف تشخیص داده شده در مرحله اول، شروع به پیاده‌سازی ابزار انتخابی جهت دستیابی به نابی بیشتر کردند. ابزارهای‌های انتخاب شده 5S و SMED است.

به‌طورکلی می‌توان گفت در این مطالعه، چارچوبی برای افزایش

1. Fuzzy Association Rules Mining

درجه نابی نت در سازمان‌ها ارائه شده است. این چارچوب مبتنی‌بر استاندارد SAE J4000 است، و بر روی ارزیابی، تشخیص و تجویز ابزارهای ناب تمرکز دارد تا به سطوح بالاتر راندمان در نگهداری برسد [۳۶].

مالگورزاک و سانوک (۲۰۱۸) در مقاله خود با بهره‌گیری از ابزارهای VSM، 5S، استانداردسازی و رویکرد TPM سعی در نشان دادن کاهش اتلافات در امور نت به شکل تئوریک و نه یک موضوع واقعی دارند. دراصل در این مقاله تنها به معرفی ابزارها و شاخص‌هایی کاربردی در حوزه نگهداری و تعمیرات ناب اشاره شده است [۳۷].

۳-۲-۲. پژوهش‌های داخلی

جهانبخش (۱۳۹۱) در پایان‌نامه خود با عنوان بررسی و تعیین سیاست اثربخش نت با رویکرد مدیریت نگهداری و تعمیرات ناب در شرکت سایپا، به بازنگری در نوع فعالیت‌های نت در صنعت مذکور پرداخت، و سپس سعی نمود با استفاده از فلسفه تفکر ناب به بیان نکاتی جهت بهبود وضع موجود بپردازد تا موجب بالا بردن سطح عملکرد فعالیت‌های نت شود [۳۸].

دیانتی (۱۳۹۳) در پایان‌نامه خود با عنوان طراحی یک الگوی نت ناب در صنعت توزیع نیروی برق در جهت افزایش بهره‌وری نگهداری و تعمیرات به ارائه یک روش ناب‌سازی که شامل سه مرحله بسترسازی، ایجاد زیرساخت و بهبود مستمر می‌باشد پرداخته است [۳۹].

قربان‌پور (۱۳۹۶) نیز در پایان‌نامه خود با عنوان توسعه یک الگوی نگهداری و تعمیرات براساس تولید ناب در واحدهای تولیدی بزرگ (مطالعه موردی-پتروشیمی اصفهان) به‌دنبال بررسی تأثیر روند استفاده از سیستم مکانیزه مدیریت نگهداری و تعمیرات (CMMS) براساس تولید ناب بر روی شاخص‌های عملکرد نگهداری و تعمیرات شرکت پتروشیمی اصفهان بود. این پژوهش نیز به معرفی ابزار پرداخته و مدل جدیدی ارائه یا گسترس نداده است [۴۰].

صدقیانی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله خود تحت عنوان عوامل مؤثر بر ناب‌سازی سیستم نگهداری و تعمیرات، سعی داشته‌اند با بهره‌گیری از مدل‌های ناب قبلی عوامل اثرگذار بر نابی سیستم نت ناجا را مورد بررسی قرار دهند. اصلی‌ترین عوامل شناسایی شده برای ناب‌سازی را قابلیت‌ها و راهبردها معرفی نمودند [۴۱].

رحمانی و ایرج‌پور (۱۳۹۲) سعی در ارائه یک الگو کاربردی به‌منظور جاری‌سازی تفکر ناب در سیستم نت صنعت مورد مطالعه داشتند. در این را نیز از روش Dematel و Topsis بهره‌گرفته‌اند [۴۲].

۳-۲-۳. جمع‌بندی مطالعات انجام شده

باتوجه به اینکه ریشه‌ی هر دو استراتژی تولید و نت ناب به تفکر ناب برمی‌گردد از مطالعات انجام شده الگوگیری کرده و کمک گرفته‌ایم تا در بحث نت ناب از آن‌ها درصورت امکان استفاده نماییم. دسته‌بندی پژوهش‌ها بر اساس ۴ مورد از متغیرهایی است که هنگام پیاده‌سازی نت ناب درنظر گرفتن آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود، و می‌تواند به‌خوبی تفاوت پژوهش حاضر که مبتنی‌بر تشخیص اتلاف و بعد استفاده از ابزار است را نشان دهد. هرچند لازم به ذکر است که این طبقه‌بندی را می‌توان براساس عوامل دیگری نیز انجام داد. در جداول (۳) و (۴) جمع‌بندی پیشینه‌ی پژوهش‌های خارجی و داخلی آورده شده است.

با بررسی روش‌ها و نظریات موجود در زمینه موضوع پژوهش مشخص شد که اکثر پژوهش‌های قبلی نتوانسته‌اند روشی برای تشخیص نقاط قابل بهبود ارائه دهند و اگر هم ارائه داده باشند تنها می‌تواند یک نوع فرآیند خاص را بررسی نماید، همچنین بحث‌های صورت گرفته در تحقیقات قبلی جامعیت نداشته و نمی‌توان از آن‌ها برای صنعت‌های مختلف استفاده نمود؛ به‌طور کلی می‌توان گفت هر روش، شیوه رفع اتلاف و ابزار به‌کار گرفته شده فقط مخصوص یک صنعت یا یک فرآیند خاص است.

درنتیجه نیاز به یک نگاه جدید و متفاوت جهت ارائه یک متدولوژی جامع کاملاً مشهود است. لذا در پژوهش حاضر سعی شده است این رویکرد جامع به نت ناب لحاظ شود.

۴. روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف یک پژوهش کاربردی است چراکه هدف از پژوهش‌های کاربردی به‌دست آوردن دانش لازم برای تهیه ابزاری است که به‌وسیله آن نیازی مشخص و شناخته شده برآورده شود. و این پژوهش نیز کاربرد مشخصی را در واقعیت دنبال می‌کند. چراکه با مطالعه و بررسی بر روی واحد کارگاهی و نظر خبرگان متدولوژی توسعه یافته‌ی جدیدی برای پیاده‌سازی فرآیندهای نگهداری تعمیرات به بهترین شکل ممکن و کمترین مقدار ضایعات ارائه نموده است.

قلمرو زمانی تحقیق نیز از مرداد ماه ۱۳۹۸ تا دی ماه ۱۳۹۹ است. مراحل انجام تحقیق به‌صورت گام به گام در شکل (۲) آورده شده است

۴-۱. شناسایی نقاط ضعف و قوت سازمان با مطالعه و مرور اسناد بالادستی (گام اول-مرحله اول)

یکی از مهم‌ترین و جزء جدایی‌ناپذیر هر پژوهش مطالعه مطالب مرتبط با موضوع و اشراف پیدا کردن به حوزه مورد مطالعه می‌باشد. در این راستا اولین مرحله، مطالعه اسناد و مدارک صنعت جهت آشنایی با استراتژی‌های صنعت در حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی بوده است.

با بررسی اسناد موجود و در دسترس از این صنعت، تمامی استراتژی‌ها و رویکردهایی که در حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی تدوین گریده، در کنار یکدیگر جمع‌آوری شده است. این اسناد عبارتند از: سند استراتژی صنعت، تحلیل فرآیندها، نقشه راه تعالی نت، رتبه‌بندی برنامه و اهداف و نقشه راه تحقیق و توسعه.

۴-۲. شناسایی نقاط ضعف و قوت سازمان و تحلیل این نقاط از طریق تشکیل ماتریس عوامل اثرگذار (گام اول-مرحله دوم)

ازجمله عوامل اساسی و تعیین‌کننده در شناسایی نقاط ضعف و قوت، تعیین عوامل داخلی اثرگذار و همچنین نیازمندی‌های حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی در صنعت از منظر و دیدگاه کارکنان و کارشناسان صنعت است. باتوجه به هم‌اندیشی صورت گرفته و بررسی‌های انجام شده، پرسشنامه‌ای باز طراحی شده است و تلاش گردیده بدور از هرگونه القا کردن مطلب و سمت و سو دادن به ذهنیت و دیدگاه جامعه آماری

دخیل در این مرحله، به خروجی‌های عینی و واقعی در مورد نیازمندی‌ها و مهم‌ترین عوامل داخلی که در این حوزه وجود دارد، دست پیدا شود. از این‌رو در این پرسشنامه ابتدا عوامل داخلی و در زیرمجموعه آن نقاط قوت و ضعف به مخاطبین توضیح داده شد و درادامه خواسته شد در بخش اول پرسشنامه (نیازمندی‌های حوزه نت تجهیزات صنعتی در صنعت) و در بخش دوم (عوامل داخلی اثرگذار بر این حوزه در دو بخش نقاط قوت و ضعف) به‌صورت باز ارائه و شرح داده شود.

سپس باتوجه به میزان اهمیت و حساسیت هر عامل با مقایسه این عوامل با همدیگر، ضریب اهمیتی بین صفر و یک (۱-۰ نسبتی از کل) به آن عامل‌ها تعلق گرفته است. تخصیص این ضرایب باید به گونه ای باشد که مجموع ضرایب تمام عوامل بیش از یک نشود.

جدول(۳). جمع‌بندی پیشینه‌ی پژوهش

شماره مرجع	نویسنده/نویسندگان سال	تشخیص نقاط قابل بهبود					ارائه راه حل جهت بهبود نقاط دارای اتلاف					تصمیم‌گیری جهت انتخاب و رتبه‌بندی ابزارهای ناب							پیاده‌سازی	
		بله (ابزار؟)					بله (ابزار؟)					بله (ابزار؟)						خیر		
		پرسشنامه	KPI(s)	نشانگرها	سایر ابزارها مانند vsm، منطق فازی ...	خیر	شش سیگما	بازنگری دستورالعمل‌ها	تشکیل کارگاه‌های پرسش و پاسخ	ابزاهای دیگر مانند RCA ...	خیر	AHP	DEA	QFD	VICOR	غیره ...		خیر	بله	خیر
۱	کوپر ۲۰۰۲					✓	✓										✓			✓
۲	اندرسون ۲۰۰۳					✓		✓									✓		✓	
۳	پاوناسکار و همکاران ۲۰۰۳					✓					✓					✓				✓
۴	بایو و کوروین ۲۰۰۸				✓						✓						✓		✓	
۵	هو و همکاران ۲۰۰۸					✓					✓	✓								✓
۶	آناند و کدالی ۲۰۰۹					✓				✓							✓			✓
۷	جرارد و همکاران ۲۰۱۰		✓							✓							✓		✓	
۸	وینود و چینتا ۲۰۱۱				✓						✓						✓			✓
۹	وینود و همکاران ۲۰۱۱				✓						✓						✓		✓	
۱۰	ویمال و وینود ۲۰۱۲				✓						✓						✓			✓
۱۱	امین و کریم ۲۰۱۲	✓								✓						✓				✓

جدول (۴). جمع‌بندی پیشینه‌ی پژوهش-ادامه

ردیف	نویسنده/ نویسندگان سال	تشخیص نقاط قابل بهبود				ارائه راه حل جهت بهبود نقاط دارای اتلاف				تصمیم‌گیری جهت انتخاب و رتبه‌بندی ابزارهای ناب								پیاده‌سازی	
		بله (ابزار؟)				بله (ابزار؟)				خیر				بله (ابزار؟)					
		پرسشنامه	KPI(s)	نشانگرها	سایر ابزارها مانند vsm، منطق فازی ...	خیر	شش سیگما	VSM	تشکیل کارگاه‌های پرسش و پاسخ	ابزارهای دیگر مانند RCA ...	خیر	AHP	DEA	QFD	VICOR	غیره ...		بله	خیر
۱۲	دیویس و گرینوف ۲۰۱۳	✓			✓				✓							✓		✓	
۱۳	کریم و عارف ۲۰۱۳		✓								✓					✓			✓
۱۴	انوری و همکاران ۲۰۱۳					✓					✓	✓	✓						✓
۱۵	مصطفی و همکاران ۲۰۱۳					✓					✓			✓					✓
۱۶	انوری و همکاران ۲۰۱۴				✓						✓						✓		✓
۱۷	انوری و همکاران ۲۰۱۴					✓					✓				✓				✓
۱۸	ایرج‌پور و همکاران ۲۰۱۴					✓				✓							✓		✓
۱۹	مصطفی و همکاران ۲۰۱۵					✓		✓						✓					✓
۲۰	پانوار و همکاران ۲۰۱۵					✓				✓							✓		✓
۲۱	مصطفی و همکاران ۲۰۱۵					✓		✓		✓						✓			✓
۲۲	دوران و همکاران ۲۰۱۷	✓						✓		✓		✓		✓			✓	✓	
۲۳	مالگورزاک و همکاران ۲۰۱۸					✓		✓		✓							✓	✓	
۲۴	جهانبخش ۱۳۹۱					✓				✓							✓	✓	
۲۵	دیانتی ۱۳۹۳					✓				✓							✓	✓	
۲۶	قربان‌پور ۱۳۹۶		✓							✓							✓	✓	
۲۷	پژوهش حاضر	✓		✓	✓				✓	✓							✓	✓	

شکل (۲). مراحل تحقیق

درادامه باتوجه به کلیدی یا عادی بودن قوت‌ها و ضعف‌ها به‌ترتیب رتبه ۴ یا ۳ (به قوت‌ها) و رتبه ۲ یا ۱ به (ضعف‌ها) اختصاص پیدا می‌کند. تخصیص رتبه بدین صورت است که اگر قوت پیش روی حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی در صنعت یک قوت استثنایی باشد، رتبه ۴ و چنانچه یک قوت معمولی باشد، رتبه ۳ به عامل مورد نظر داده می‌شود، و اگر تهدید رو در روی حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی در صنعت یک ضعف معمولی باشد، رتبه ۲ و چنانچه یک ضعف جدی باشد رتبه ۱ به عامل مورد نظر داده می‌شود. روند رتبه‌دهی طوری است که هر قدر از قوت استثنایی به‌سمت ضعف جدی حرکت شود، میزان رتبه کمتر شده و از ۴ به ۱ می‌رسد.

سپس ستون دوم و ستون سوم (ضریب اهمیت و نمره) برای هر عامل در هم ضرب شده تا امتیاز آن عامل (قوت یا ضعف) برای حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی مشخص شود. در انتهای این ستون از مجموع امتیازات به‌دست آمده، امتیاز نهایی حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی ازنظر برخورداری از قوت یا ضعف تعیین می‌شود.

۴-۳. ارائه متدولوژی پیشنهادی از طریق بررسی ادبیات موضوع و بررسی وضعیت صنایع دیگر (گام دوم)

از منابع مهم در راستای الگوبرداری یا ایده‌یابی، مطالعه و بررسی تحقیقات مشابه انجام گرفته در حوزه‌ی برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات بوده که در ادبیات موضوع به آن‌ها اشاره شده است. این بازنگری با تأکید بر پژوهش‌هایی که دارای تعیین استراتژی و رویکرد خاص در صنایع مشابه بودند، صورت گرفته است. ازجمله اصلی‌ترین منابع مورد بررسی منابع [۴۳] و [۴۴] هستند. چراکه در این مراجع به بحث و ارائه تجربیات در زمینه تفکر ناب در صنایع واقعی (حوزه انرژی) پرداخته شده است.

۴-۴. دریافت تایید متدولوژی پیشنهادی از طریق نظرات خبرگان و کارشناسان (گام سوم)

این گام به‌دنبال قرار دادن مجموعه نقاط ضعف شناسایی شده در یک دسته‌بندی مطلوب به‌شکل یک متدولوژی جدید به‌منظور پاسخ به نیاز صنعت است. بدین منظور نقاط ضعف شناسایی شده در دسته‌بندی پیشنهادی به تعدادی از خبرگان و کارشناسان دانشگاهی و صنعتی سپرده شده (پرسشنامه دوم) تا در مورد آن اعلام نظر کنند. به‌منظور تجزیه و تحلیل نظر خبرگان و کارشناسان از ضریب کاپای کوهن استفاده شده است.

۴-۵. تعیین طرح‌های اقدام (گام چهارم)

برنامه عملیاتی یا طرح اقدام عبارت ا ست از یک برنامه و یا تلاشی که در راستای اهداف، و به‌منظور ایجاد یک نتیجه منحصربفرد، و با به‌کارگیری منابع زمانی، مالی و انسانی صنعت، زمان‌بندی می‌شود. برای دستیابی به نتایج منحصربفرد در حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی، یکی از لازمه‌های موفقیت و حصول این نتایج، تعیین و تعریف طرح‌های اقدام مناسب جهت بهبود نقاط ضعف شناسایی شده است. این امر با درنظرگیری ۳ مرحله (مطالعه دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی- برگزاری کارگاه‌ها و جلسات طوفان فکری و بررسی پروژه‌های انجام شده مشابه) صورت پذیرفته است.

۴-۶. بررسی نتایج اقدامات (گام پنجم)

در این گام نتایج حاصل از پیاده‌سازی برخی از طرح‌های اقدامی شناسایی شده، که به بهبود فعالیت‌ها و فرآیندهای نت منجر شده بررسی گشته است.

۴-۷. روش جمع‌آوری اطلاعات

جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از سه روش کتابخانه‌ای، میدانی و پرسشنامه صورت گرفته است. به‌منظور بررسی جامع پیشینه و ادبیات موضوع از کتاب‌ها، پایان‌نامه‌ها، مقالات فارسی و لاتین و پایگاه‌های علمی اینترنتی استفاده شده است. در تحقیقات میدانی نیز از نظر اساتید، خبرگان، مشاهده صنعت و همچنین در مراحل مختلف تحقیق از پرسشنامه به‌عنوان ابزار یاری‌رسان بهره برده شده است.

۴-۷-۱. جامعه آماری

جامعه آماری مورد مطالعه در پرسشنامه اول کارشناسان و متخصصان حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی در صنعت و در پرسشنامه دوم اساتید دانشگاهی و متخصصان صنعت، هستند.

۴-۷-۲. نمونه‌گیری

سرشماری به روشی از مطالعه آماری گفته می‌شود که در آن کلیه افراد جامعه ازنظر یک یا چند صفت، مورد بررسی قرار گرفته شوند. ازآنجاکه میزان اشراف مدیران، سرپرستان و مسؤلین واحدهای مختلف شرکت‌های تولیدی نسبت به نقاط قوت و ضعف داخلی از هر شخص دیگری بیشتر است، لذا جامعه آماری یک که تعداد آن ها ۱۰ نفر بود و ۶۰ ٪ آن‌ها دارای حداقل مدرک کارشناسی ارشد، ۴۰ ٪ دارای حداقل مدرک کارشناسی،۸۰٪ دارای سابقه کاری بیش از ۲۰ سال و ۲۰ ٪ دارای سابقه کاری کمتر از ۲۰ سال بودند، شامل تمام مدیران و سرپرستان و کارکنان حوزه نت صنعتی شرکت درنظر گرفته شد. به‌همین دلیل به‌جای استفاده از نمونه‌گیری، از سر شماری بهره برده شده است. و جامعه آماری دوم شامل ۱ نفر از اساتید دانشگاهی و ۱ نفر از کارشناسان و خبرگان صنعت می‌باشد. به‌طور کلی جامعه آماری یک و دو این تحقیق شامل مدیران، کارشناسان و کارمندان حوزه صنعت و همچنین محققان حوزه‌ی دانشگاه بوده، که پیرامون پژوهش حاضر دارای تخصص تجربی و علمی هستند.

۴-۷-۳. ابزار جمع آوری اطلاعات

از لحاظ منبع اطلاعات تحقیق حاضر از نوع منابع دست اول و همچنین دست دوم می‌باشد. داده‌های دست اول به‌وسیله پرسشنامه از جامعه تحقیق جمع‌آوری شدند درحالی‌که داده‌های دست دوم از منابعی همچون اسناد و مدارک صنعت، اینترنت، مقالات و پایان‌نامه‌های موجود و گزارش‌های در دسترس تهیه گشت.

۴-۷-۴. ابزار تجزیه و تحلیل اطلاعات

این کار به‌کمک نرم‌افزار SPSS انجام شده است.

۴-۷-۴-۱. ضریب کاپای کوهن

به‌منظور سنجش میزان توافق دو رتبه‌دهنده زمانی‌که آن دو بخواهند پاسخ‌گویان را رتبه‌بندی کنند، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. شاخص کاپا تنها برای متغیرهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که هم سطح سنجش آن‌ها یکی باشد و هم تعداد طبقات آن‌ها با یکدیگر برابر باشد. مقدار شاخص کاپا که به کاپای کوهن معروف است، درصد توافق مشاهده شده را برای شانس و تصادف تصحیح و استاندارد می‌کند به‌طوری‌که همواره بین مثبت یک تا منفی یک نوسان دارد. هرچه مقدار این سنجه به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان می‌دهد که توافق بیشتری بین رتبه‌دهندگان وجود دارد.

مقادیر اطراف صفر به این معنا است که شباهت مشاهده شده برابر با مقداری است که از شانس انتظار داریم [۴۵].

۴-۸. مطالعه موردی

مطالعه موردی این تحقیق در بخش‌های نت و ماشین‌آلات شرکت جهان تراش آریا انجام شده است.

۴-۸-۱. معرفی صنعت

این شرکت در سال ۱۳۹۳ در حوزه ساخت و تولید، تعمیر، طراحی، تحلیل و شبیه‌سازی قطعات صنعتی در حوزه‌های نفتی، گازی، نظامی و ... پایه‌گذاری شد. و در سال‌های اخیر عمده فعالیت آن در حوزه ساخت و تعمیر تجهیزات مکانیکی شاره‌ای (کمپرسورها، پمپ‌ها، هایدرانت‌ها و ...) بوده است.

۵. یافته‌های تحقیق

۵-۱. یافته‌های حاصل از گام اول تحقیق (شناسایی نقاط ضعف و قوت و تشکیل ماتریس عوامل اثرگذار)

با توزیع پرسشنامه باز شماره یک در جامعه آماری کارشناسان و متخصصان صنعت و اساتید دانشگاهی، نظر آن‌ها راجع به عوامل داخلی (نقاط قوت و ضعف) اثرگذار و همچنین نیازمندی‌های صنعت در آینده

مورد پرسش واقع گردید و تفاوت مابین آنچه در اسناد مکتوب گردیده و آنچه در صنعت رخ می‌دهد و کارمندان با آن روبرو هستند، حاصل شد.

سپس باتوجه به نظر خبرگان، تعیین امتیاز هریک از عوامل داخلی صورت گرفت. چنانچه جمع کل امتیاز نهایی شاخصی در این ماتریس بیش از ۲.۵ باشد، بدین معنی است که طبق پیش بینی‌های به‌عمل آمده، قوت‌های پیش روی نگهداری و تعمیرات صنعت بر ضعف‌های آن غلبه خواهد داشت و اگر این امتیاز کمتر از ۲.۵ باشد نشان‌دهنده‌ی غلبه ضعف‌ها بر قوت‌ها خواهد بود.

در جداول (۵) نتایج حاصل از تحلیل و تجمیع نظرات مشارکت‌کنندگان در تحقیق در قالب نقاط ضعف و قوت پیش روی حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی در ۶ بعد پیشنهادی که از ادبیات موضوع شناسائی شده‌اند و (عبارتند از: اخطار نت، انتخاب و اولویت‌بندی، برنامه‌ریزی، زمان‌بندی، اجرا و بازبینی عملکرد) آورده شده است.

باتوجه به امتیاز نهایی حاصل که از حاصلضرب اهمیت و نمره در هر کدام از عوامل به‌دست آمد، می‌توان گفت در ماتریس‌های مربوط به (نوشتن اخطار) و (برنامه‌ریزی و زمان‌بندی) ضعف‌ها بر قوت‌ها غلبه داشته و باید در اولویت بهبود قرار بگیرند. ماتریس‌های مربوط به (انتخاب و اولویت‌بندی اخطارها) و (بازبینی عملکرد) در مرز قرار داشته و باید برنامه‌ریزی مناسبی برای آن‌ها نیز درنظر گرفته شود.

جدول (۵). استخراج و ارزیابی عوامل داخلی (نقاط ضعف و قوت) حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی

ماتریس ارزیابی عوامل داخلی مؤثر بر نگهداری و تعمیرات			
عوامل داخلی (نوشتن اخطار)	ضریب اهمیت	نمره ۴کنمره≤۱	امتیاز ضریب اهمیت*نمره
نقاط قوت:			
۱- وجود سیستم‌های بروز کامپیوتری جهت ارسال اخطار	۰.۳	۳	۰.۹
نقاط ضعف:			
۱- عدم شناسایی منحصر به فرد قطعه، تجهیز یا سیستم معیوب	۰.۳	۲	۰.۶
۲- توضیح در مورد اتفاقاتی (نامشخص) که منجر به خرابی تجهیز شده است	۰.۲	۲	۰.۴
۳- عدم ثبت تأثیر خرابی و شکست ایجاد شده بر روی فرآیند تولید (محدودیت‌های جدی تحمیل شده بر تولید، کاهش افزونگی و ...)	۰.۲	۲	۰.۴
جمع:	۱	۸	۲.۳

جدول (۵). استخراج و ارزیابی عوامل داخلی (نقاط ضعف و قوت) حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی

ماتریس ارزیابی عوامل داخلی مؤثر بر نگهداری و تعمیرات			
عوامل داخلی (انتخاب و اولویت‌بندی اخطارها)	ضریب اهمیت	نمره ۴کنمره≤۱	امتیاز ضریب اهمیت*نمره
نقاط قوت:			
۱- وجود ارتباط مناسب بین ناظر نت و سرپرست تولید	۰.۵	۴	۲
نقاط ضعف:			
۱- عدم بررسی در انتخاب نت خودکنترلی و یا رویکردها و پاسخ‌های دیگر	۰.۲۵	۲	۰.۵
۲- وجود تغییرات لحظه آخری در انجام امور نت	۰.۲۵	۱	۰.۲۵
جمع:	۱	۷	۲.۷۵

جدول (۵). استخراج و ارزیابی عوامل داخلی (نقاط ضعف و قوت) حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی

ماتریس ارزیابی عوامل داخلی مؤثر بر نگهداری و تعمیرات			
عوامل داخلی (برنامه‌ریزی و زمان‌بندی)	ضریب اهمیت	نمره ۴کنمره≤۱	امتیاز ضریب اهمیت*نمره
نقاط قوت:			
۱- اهمیت دادن به موضوع فرآیندهای برنامه‌ریزی و زمان‌بندی نت	۰.۴	۴	۱.۶
نقاط ضعف:			
۱- وجود ناهماهنگی بین بسته‌های کاری (اخطارها- قطعات یدکی- مهارت پرسنل و ...)	۰.۲	۱	۰.۲
۲- تاخیر در صدور پرمیت کار از سوی واحد تولید یا نت	۰.۲	۱	۰.۲
۳- عدم وجود درک مناسب بین تفاوت امور برنامه‌ریزی و زمان‌بندی	۰.۲	۱	۰.۲
جمع:	۱	۷	۲.۲

جدول (۵). استخراج و ارزیابی عوامل داخلی (نقاط ضعف و قوت) حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی

ماتریس ارزیابی عوامل داخلی مؤثر بر نگهداری و تعمیرات			
عوامل داخلی (اجراء)	ضریب اهمیت	نمره ۴≤نمره≤۱	امتیاز ضریب اهمیت*نمره
نقاط قوت:			
۱- در اختیار داشتن ابزارها و تجهیزات پیشرفته	۰.۱	۳	۰.۳
۲- توانایی جذب و به‌کارگیری افراد با تخصص بالا	۰.۱	۳	۰.۳
۳- در اختیار داشتن بودجه مناسب جهت اجرای کارها	۰.۲	۴	۰.۸
نقاط ضعف:			
۱- نبود ابزار مناسب جهت مشاهده هدف محور و قابل مقایسه از کارهای نگهداری و تعمیرات	۰.۱	۲	۰.۲
۲- عدم تفکیک مناسب کارهای ارزش افزا، تصادفی و اتلافی درست در حین انجام امور نت	۰.۱	۲	۰.۲
۳- استفاده نامناسب از تکنولوژی	۰.۲	۲	۰.۴
۴- انبارش بیش از حد و تکرار و دوباره کاری	۰.۲	۲	۰.۴
جمع:	۱	۱۸	۲.۶

جدول (۵). استخراج و ارزیابی عوامل داخلی (نقاط ضعف و قوت) حوزه نگهداری و تعمیرات صنعتی

ماتریس ارزیابی عوامل داخلی مؤثر بر نگهداری و تعمیرات			
عوامل داخلی (بازبینی عملکرد)	ضریب اهمیت	نمره ۴≤نمره≤۱	امتیاز ضریب اهمیت*نمره
نقاط قوت:			
۱- وجود دستور کاری مشخص جهت بازبینی و اندازه‌گیری عملکرد	۰.۵	۴	۲
نقاط ضعف:			
۱- نبود ابزار مناسب جهت محاسبه بهره‌وری کارکنان نت درست در حین انجام امور	۰.۲	۱	۰.۲
۲- عدم زمان‌گذاری کافی جهت تحلیل عملکرد و باز بیش‌بینی شاخص‌ها	۰.۲	۱	۰.۲
۳- عدم بهره‌گیری صحیح از هوش	۰.۱	۲	۰.۲
جمع:	۱	۸	۲.۶

۵-۲. یافته‌های حاصل از گام دوم تحقیق (ارائه متدولوژی پیشنهادی)

متدولوژی مورد نظر جهت پیاده‌سازی نت ناب، متدولوژی مبتنی‌بر فرآیند شناسایی و تشخیص نقاط قابل بهبود در طول سری فرآیندهای معمولی نگهداری و تعمیرات (۶ فرآیند) بوده، که البته اولویت سری فرآیندهای موجود در کف کارگاه است. اطلاعات حاصل شده از نقاط ضعف و قوت شناسایی شده از مرحله قبل، نظرات اساتید و برخی مراجع اصلی‌ترین منابع جهت دستیابی به متدولوژی مورد نظر هستند.

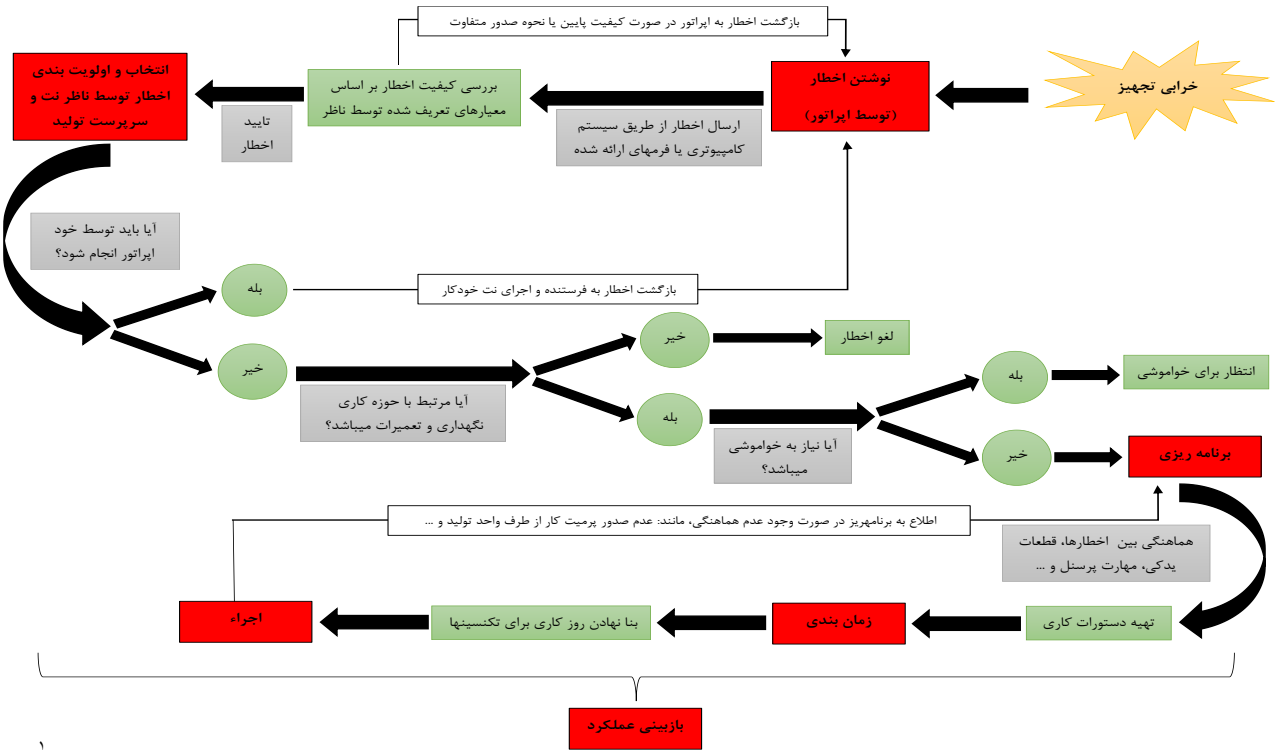
این متدولوژی به‌دنبال یک روش نگهداری و تعمیرات مبتنی‌بر فعالیت‌های گروهی در تمام سطوح و کارکردهای سازمان بود، به‌طوری‌که کلیه مدیران اجرایی ارشد تا کف کارخانه را دربر بگیرد.

سعی برآن بود، که در پژوهش حاضر یک متدولوژی ساده ارائه شود تا با مجموعه‌ای از گام‌ها نقش راهنما را داشته و هدف اصلی آن بهبود قابل توجه اجرای فرآیند نگهداری و تعمیرات باشد، که تمامی مراحل از فاز تشخیص خرابی تا تکمیل دستور کار یعنی شش گام (۱) اخطار نت، (۲) انتخاب و اولویت‌بندی، (۳) برنامه‌ریزی، (۴) زمان‌بندی، (۵) اجرا و (۶) بازبینی عملکرد را پوشش دهد.

جهت شفافیت بیشتر از شکل (۳) استفاده شده است، به این ترتیب که شش گام اصلی با رنگ قرمز نمایش داده شدند.

۵-۳. یافته‌های حاصل از گام سوم تحقیق (دریافت تایید گام‌های اصلی متدولوژی پیشنهادی)

پس از تعیین و تشخیص نقاط ضعف و قوت نهایی، آن‌ها در دسته بندی-هایی پیشنهادی که از ادبیات موضوع و نظر اساتید استخراج شده بود و به‌عنوان گام‌های اصلی متدولوژی درنظر گرفته شد، قرار گرفتند. سپس این دسته بندی در قالب یک نظر سنجی به ۲ نفر از خبرگان دانشگاهی و صنعتی داده شد و از آن‌ها درخواست گردید در صورت توافق با دسته بندی حاضر در ستون موافقم، و در غیر این صورت در ستون مخالفم در مقابل هر یک از عوامل اثرگذار علامت گذاری کنند و در صورت مخالف بودن دسته‌بندی پیشنهادی خود را ذکر کنند. سپس نتایج حاصل با بهره‌گیری از آزمون کاپای کوهن در نرم افزار SPSS مورد سنجش قرار گرفت. مقدار عددی ضریب کاپا برابر با عدد یک حاصل گردید. این مقدار بیانگر وجود توافق کامل بین دو خبره با دسته بندی پیشنهادی پژوهش است. در جدول (۶) دسته‌بندی عوامل، قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل (۳). مراحل تشخیص خرابی تا تکمیل دستور کار (شش گام اصلی)

جدول (۶). دسته‌بندی گام‌های اصلی متدولوژی پیشنهادی

ردیف	دسته‌بندی/ گام‌ها	عوامل اثرگذار شناسایی شده (نقاط ضعف و قوت)
۱	نوشتن اخطار	وجود سیستم‌های بروز کامپیوتری جهت ارسال اخطار
۲		عدم شناسایی منحصربفرد قطعه، تجهیز یا سیستم معیوب
۳		توضیح در مورد اتفاقاتی (نامشخص) که منجربه خرابی تجهیز شده است
۴		عدم ثبت تأثیر خرابی و شکست ایجاد شده بر روی فرآیند تولید (محدودیت‌های جدی تحمیل شده بر تولید، کاهش افزونگی و ...)
۵	انتخاب و اولویت‌بندی اخطارها	وجود ارتباط مناسب بین ناظر نت و سرپرست تولید
۶		عدم بررسی در انتخاب نت خودکنترلی و یا رویکردها و پاسخ‌های دیگر
۷		وجود تغییرات لحظه آخری در انجام امور نت
۸	برنامه‌ریزی-زمان‌بندی	اهمیت دادن به موضوع فرآیندهای برنامه‌ریزی و زمان‌بندی نت
۹		وجود ناهماهنگی بین بسته‌های کاری (اخطارها-قطعات یدکی-مهارت پرسنل و ...)
۱۰		تاخیر در صدور پرمیت کار از سوی واحد تولید یا نت
۱۱		عدم وجود درک مناسب بین تفاوت امور برنامه‌ریزی و زمان‌بندی
۱۲	اجراء	دراختیار داشتن ابزارها و تجهیزات پیشرفته
۱۳		توانایی جذب و به‌کارگیری افراد با تخصص بالا
۱۴		دراختیار داشتن بودجه مناسب جهت اجرای کارها
۱۵	بازبینی عملکرد	نبود ابزار مناسب جهت مشاهده هدف‌محور و قابل مقایسه از کارهای نگهداری و تعمیرات
۱۶		عدم تفکیک مناسب کارهای ارزش‌افزا، تصادفی و اتلافی درست در حین انجام امور نت
۱۷		وجود دستور کاری مشخص جهت بازبینی و اندازه‌گیری عملکرد
۱۸		نبود ابزار مناسب جهت محاسبه بهره‌وری کارکنان نت درست در حین انجام امور
۱۹		عدم زمان‌گذاری کافی جهت تحلیل عملکرد و باز بیش‌بینی شاخص‌ها

۵-۴. یافته‌های حاصل از گام چهارم تحقیق (تعیین طرح‌های اقدام)

پژوهش‌های مورد نظر در ادبیات موضوع و همچنین دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی صنعت بار دیگر مورد بازبینی و ارزیابی قرار گرفته و تلاش در جهت الگوگیری از طرح‌های اجرایی شده در صنعت و یا حوزه‌های مشابه صورت پذیرفت. درادامه با بررسی‌ها و برگزاری کارگاه‌ها و جلسات طوفان فکری متعدد با اساتید و کارشناسان صنعت و تحقیق و تفحص در منابع بیشتر همچون پروژه‌های در دست اجرا در حوزه‌های متفاوت و در مناطق مختلف کشور، تلاش در جهت کسب طرح‌های بیشتر و واقع گرایانه‌تر صورت پذیرفت.

نتایج کارگاه‌های برگزار شده در جدول (۷) آورده شده است، که در آن دلایل اصلی تشکیل کارگاه، سوالات اصلی بیان شده (محور اصلی گفت‌و گو) و دلایل وجود سوالات بیان گردیده است.

راه‌حل‌های به توافق رسیده جهت پاسخ‌گویی به دلایل نیز که از خروجی‌های این جلسات است، در جدول (۸) قرار گرفته است.
راه‌حل‌های خروجی از کارگاه‌های برگزار شده همان طرح‌های اقدامی ما برای پاسخ به اتلافات حاصل از ضعف در هر گام اصلی می‌باشند. ۲ مورد از اصلی‌ترین اقدامات انجام شده که مربوط به ضعف‌های شناسایی شده در گام برنامه‌ریزی و زمان‌بندی (عدم و جود درک مناسب از امور برنامه‌ریزی) است و حتی می‌تواند پاسخ‌گوی ضعف (عدم شناسایی منحصربفرد قطعه، تجهیز و سیستم معیوب) در اخطارنویسی نیز باشد، در بخش بررسی نتایج اقدامات آورده شده است، که منجربه ایجاد بهبود در ۲ گام ضعیف اصلی شده‌اند.

جدول (۷). بررسی کارگاه‌های تشکیل شده به‌همراه ارائه مهم‌ترین جزئیات (سه مورد اول)

شماره کارگاه‌های تشکیل شده	دلیل تشکیل کارگاه	سوالات بیان شده یا موارد خواسته شده طی کارگاه	دلایل (پاسخ به سوالات بیان شده)
۱	✓ توضیح وضعیت فعلی شرکت بعد از بررسی داده‌های قبلی (انباشت دستور کارها) و (اولویت صادر شده در اخطارها) ✓ بیان دلایل شناسایی شده از وجود کانال‌های مختلف برای صدور اخطارها	● دلیل عدم پاسخ‌گویی به برخی از اخطارها چیست؟ ● دلیل وجود برخی اخطارهای ضروری تکراری در هرماه چیست؟	* مهارت کم پرسنل، ضعف در انبارداری و کیفیت پایین، اولویت اشتباه و کانال‌های مختلف ورودی در اخطارهای ارسال شده. * احتمالا تبعیت از برنامه‌ریزی‌های قبلی صورت گرفته.
۲	✓ توضیح وضعیت کیفیت اخطارهای بررسی شده به‌همراه جزئیات ✓ بیان مهم‌ترین و پرتکرارترین اخطار ضروری طی هر ماه	● دلیل کیفیت پایین در نوشتن اخطار چیست؟ ● دلیل تعویض فیلترهای کمپرسور در هر ماه چیست؟	* عدم ثبت داده‌ها و نکات اصلی در اخطار * تبعیت از برنامه نت پیش‌گیرانه قبلی و عدم بازنگری مجدد در آن (عدم تعیین صحیح تناوب انجام وظایف)
۳	✓ بررسی برنامه‌ها و زمان‌بندی‌های صورت گرفته از طریق مقایسه کار واقعی انجام شده با کار برنامه-ریزی شده	● دلیل عدم مطابقت برنامه و زمان‌بندی با کار واقعی شکل گرفته؟	* امور و وظایف به روشنی توضیح داده نشده و به‌شکل مبهم و بی دقت بیان گشته‌اند. * عدم حفظ تعادل بین نیروی کار و حجم کار
۴	✓ ارائه بررسی صورت گرفته از یک کار مشخص جهت دستیابی به جزئیات امور به کمک تحلیل زمان ارزش افزا	● دلیل زمان کم انجام امور ارزش آفرین چیست؟	* بهم‌ریختگی شدید انبار و عدم وجود ابزارآلات در جای خود * عدم حفظ تعادل بین نیروی کار و حجم کار
۵	✓ ارائه گزارش از بررسی انجام شده قبل و بعد از اعمال فازهای مختلف بهبود.	● دلیل بررسی این موارد چه بوده؟	* تأثیرگذاری و تأثیرپذیری این موارد بر فازهای مختلف بهبود و همچنین راحت‌تر بودن زمان‌سنجی در آن‌ها
۶	✓ ارائه لیستی از برخی شاخص‌ها و نشانگرهای (تعریف شده درون سازمان) جهت بازبینی عملکرد	● دلیل انتخاب این شاخص‌ها چیست؟	* پاسخ‌گو بودن جهت ارزیابی عملکرد گام‌های مختلف بهبود

جدول(۸). راه‌حل‌های شناسایی شده

شماره کارگاه	راه‌حل‌های به توافق رسیده (پاسخ به دلایل)
۱	● عدم پاسخ‌گویی به اخطارهایی که از راهی غیر از سیستم کامپیوتری یا فرم ارسال اخطار فرستاده می‌شوند و آگاه‌سازی پرسنل از این موضوع. ● آموزش کلیه پرسنل از نحوه ایجاد و ثبت اخطار در سیستم کامپیوتری. ● تنظیم مسیری جهت انتخاب و اولویت‌بندی اخطارهای صادر شده و بهره‌گیری از آن در طی یک جلسه ۱۵ دقیقه‌ای در پایان هر روز بین ناظر نت و تولید و سرپرست نگهداری و تعمیرات.
۲	● استفاده از یک ترانسمیتر اختلاف فشاری بر روی کمپرسور تا با محاسبه دقیق فشار کمپرس شده توسط تجهیز درست در جایی‌که نیاز هست تعویض را انجام دهیم. ● عدم پاسخ‌گویی به اخطارهایی که موارد مهم قابل نیاز در یک اخطار را در خود ندارند. ● آموزش کلیه پرسنل جهت صدور یک اخطار با کیفیت.
۳	● شناسایی کارهای ارزش‌آفرین و غیر ارزشمند و تلاش جهت کاهش انجام امور بدون ارزش ● مشتق‌گیری از کارهای بزرگ و تبدیل آن به کارهای کوچکتر و ریزکردن هرچه بیشتر زمان‌بندی جهت کنترل هرچه بهتر امور و افزایش وضوح اندازه‌گیری. ● برآورد تعداد مناسب نیروی انسانی برای انجام امور
۴	● پیاده‌سازی ابزار 5S جهت بهبود بهم‌ریختگی‌های موجود و عدم دسترس‌پذیری تجهیزات در انبار و کف کارگاه ● برآورد تعداد مناسب نیروی انسانی برای انجام امور
۵	● به‌دلیل تکرارپذیر بودن روش به‌جز مجموعه‌ای از راهکارهای بهبود، باید بر روی سیستم اندازه‌گیری، شاخص‌ها و نشانگرها جهت بازبینی عملکرد توافق نمود.
۶	● بهبود مستمر

۵-۵. یافته‌های حاصل از گام پنجم تحقیق (بررسی نتایج اقدامات)

باتوجه به امتیازات حاصل شده برای هر گام اصلی در ماتریس‌های عوامل اثرگذار داخلی اولویت اقدام مربوط به طرح‌هایی بود که منجربه بهبود برنامه‌ریزی و زمان‌بندی و اخطارنویسی شوند. از این‌رو دو مورد از راه‌حل‌های جلسات طوفان فکری که منجربه بهبود در این دو حوزه بودند پیاده‌سازی شده و نتایج درادامه بیان گشت.

۵-۵-۱. عدم تعیین صحیح تناوب انجام وظایف

یکی از مشکلات شناسایی شده بعد از بررسی اخطارهای ضروری تکرار شونده در هر ماه که در کارگاه نیز مطرح شد مربوط به تعداد دفعات ایست کمپرسور واحد مورد بررسی جهت پاک‌سازی یا تعویض فیلترهای آن است.

کمپرسورهای هوای معمولی مورد استفاده در صنعت مورد مطالعه از نوع پیستونی بوده و برای امور مختلف مورد استفاده قرار گرفته است، که اگر فیلتر آن کثیف باشد، علاوه‌بر خسارت بر تجهیزات متصل به کمپرسور و قطعات درونی کمپسور، موجب کاهش شدید کیفیت انجام کار می‌شود. اهمیت پاک‌سازی فیلترها از اینجا نشأت گرفت. شکل (۴) تصویری از یک سوپاپ شکسته شده کمپرسور را نشان می‌دهد، که یکی از دلایل اصلی شکست آن آلاینده‌هایی می‌باشد که فیلتر نتوانسته جلوی آن‌ها را بگیرد، و شکل (۵) محل قرارگیری این سوپاپ در کمپرسورها را نشان می‌دهد، محل قرارگیری خود نشان‌دهنده دردسر باز و بست شدن کمپرسور و زمانی که این کار می‌برد است.

شکل (۴). تصویری از یک سوپاپ شکسته شده کمپرسور [۴۶]

پرسنل نت برای این فیلترها یک برنامه نت پیش‌گیرانه ماهانه درنظر گرفته بودند، به‌گونه‌ای که مدت‌ها این برنامه در حال پیاده‌سازی بود. و از نظر اپراتورهای نت زمان‌بندی این برنامه صورت گرفته صحیح نبوده و اصلاً کاری با عملکرد واقعی کمپرسور نداشته و تنها بر نرخ خرابی‌ها بر روی کاغذ تمرکز دارد و این باعث ایجاد اتلاف زیادی هم در زمان و هم در هزینه برای صنعت می‌شود که با اصل اساسی نت ناب یعنی کاهش و حذف اتلافات در تناقض است.

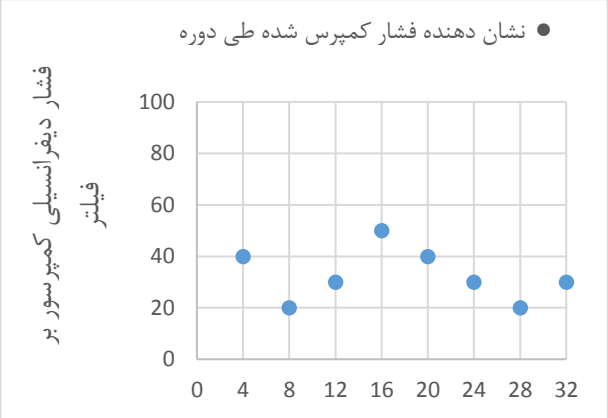
شکل (۵). محل و نحوه قرارگیری سوپاپ در کمپرسور [۴۷]

همچنین یک چالش اساسی در طی زمان این است که اجزای تجهیز همواره رفتار مشابهی در طول یک دوره زمانی ندارند. به‌ویژه اینکه تعداد باز و بسته کردن‌های تعمیری که مبنای تعیین آن زمان بوده برای مدت‌ها قبل بوده باشد. همین‌طور یک مشکل اصلی دیگر این است که آیا تجهیز در آینده درست مشابه رفتاری که در گذشته داشته است رفتار می‌کند یا خیر. از این‌رو جهت جلوگیری از خرابی‌های تصادفی و مشکل بیان شده (برنامه‌ریزی و زمان‌بندی طبق جدول نرخ خرابی تجهیزات) اگر حداقل معیار عملکردی برای یک پارامتر کنترل شده تشکیل شود، روند آن پارامتر می‌تواند با دقت قابل توجهی پیش‌بینی شده و جلوی بسیاری از اتلافات گرفته شود. کاری که در مورد زمان تمیزکاری فیلترهای کمپرسور یاد شده انجام شد.

از این‌رو به کمک ابزارهایی کنترل شرایط، که مربوط به وظیفه نگهداری و تعمیرات پیشگویانه یا مبتنی‌بر شرایط بود برای ارزیابی کارآمدی نگهداری و تعمیرات و بهینه کردن زمان‌بندی فراهم شد.

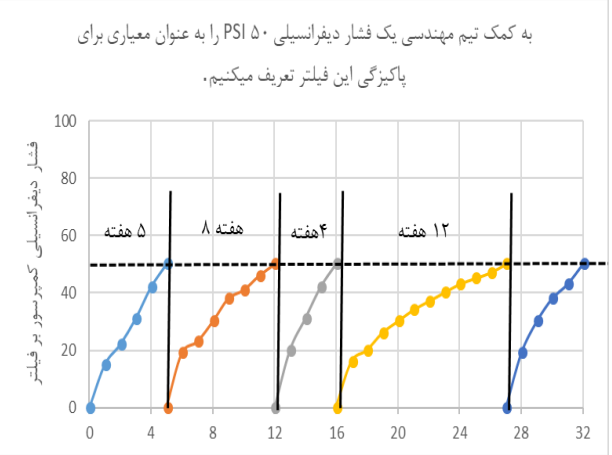
باتوجه به توضیحات بیان شده، از سوی تیم مهندسی نت و اعضاء شرکت‌کننده در کارگاه تصمیم گرفته شد از یک ترانسمیتر اختلاف فشاری جهت ثبت فشار دیفرانسیلی وارد بر فیلترها استفاده شود. تا توسط آن عملکرد واقعی تجهیز بررسی شده تا از انجام فعالیت‌های غیرضروری، توقف‌های متعدد تجهیزات، تأمین قطعات یدکی بیشتر و درنظرگیری نیروی کاری اضافه (نفر-ساعت بیشتر) و ... جلوگیری شود و فیلترها زمانی پاک‌سازی شوند که واقعاً نیاز است، شکل (۶).

با ثبت اندازه‌گیری اختلاف فشار ترانسمیتر (به‌کمک تیم مهندسی یک فشار دیفرانسیلی ۵۰ PSI به‌عنوان معیاری برای تعویض فیلترها تعریف شد) یک خط روند ساده ترسیم شد و تمیز کردن فیلتر به زمان‌بندی مبتنی‌بر شرایط تغییر یافت (انتقال از نت پیش‌گیرانه به نت مبتنی‌بر شرایط) و تعداد دفعات تمیز کردن فیلتر در طول ۳۲ هفته تقریباً به نصف کاهش پیدا کرد که تأثیر بسیار زیادی در بلندمدت بر کاهش اتلافات و در نتیجه کاهش هزینه خواهد گذاشت، شکل (۷).



شکل (۶). مقدار فشار کمپرسور در هر دوره تعویض فیلتر

با کار انجام شده علاوه‌بر اینکه بر یکی از اخطارهای پرتکرار و ضروری که نشات گرفته از عدم شناسایی منحصربفرد قطعه، تجهیز یا سیستم معیوب بود پاسخ داده شد، وجود برنامه‌ریزی نامناسب در سطح کارگاه نیز شناسایی گشت.



شکل (۷). دوره نظافت فیلترها بعد از استفاده از ترانسمیتر

۵-۵-۲. برآورد تعداد مناسب نیروی انسانی برای انجام امور

یکی دیگر از مسائلی که طی کارگاه ۳ و ۴ ذهن افراد را به‌خود مشغول کرد و این موضوع در رابطه با برنامه‌ریزی (عدم وجود درک مناسب از امور برنامه‌ریزی) و نحوه انجام دستورات کاری (عدم شناسایی صحیح کار ارزش‌آفرین) بود، بحث برآورد تعداد مناسب نیروی انسانی برای انجام امور بود، برای این امر در ابتدا تعیین استاندارد تعداد تعمیرکاران ماشین‌های لیفتراک صنعت، مورد ارزیابی قرار گرفت، (تعداد تکنسین نگهداشت لیفتراک‌ها ۲ نفر است).

اگر اندازه تیم نگهداری و تعمیرات اختصاص داده شده به تعمیر تجهیزات کوچک باشد، ماشین‌های جدیدی که آسیب ببینند می‌بایست برای رسیدگی منتظر بمانند و هزینه مرتبط با زمان خواب با وجود این تاخیر افزایش می‌یابد. البته می‌شود احتمال این رویداد را با افزایش اندازه تیم کاهش داد، اما این امر سبب صرف هزینه و افزایش زمان بیکاری اعضا تیم که منتظر حادث شدن خرابی هستند می‌شود.

درنتیجه این مشکل ضربه‌ای است به تعادل بین هزینه زمان از کارافتادگی تجهیزات و هزینه زمان بی‌کاری کارکنان نت. جهت پاسخ‌گویی به این مسأله از مدل‌های تحلیلی (بیان شده در مبانی نظری) استفاده شد.

باتوجه به پیروی زمان بین خرابی‌ها و زمان انجام عملیات نگهداری و تعمیرات از توزیع نمایی. زمان متوسط بین خرابی‌ها به‌ازای هر ۸ ساعت کار لیفتراک ($\lambda = {}^{1}/_{8}$) محاسبه شد و میانگین زمان امور نت بر روی این تجهیزات ۶ ساعت بود ($\mu' = M\mu = {}^{1}/_{6}$)، M تعداد تکنسین نت (۱ نفر) درنظر گرفته شده در ابتدا است. پس ضریب بهره‌وری به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu'} = \frac{{}^{1}/_{8}}{{}^{1}/_{6}} = \frac{6}{8} = 0.75$$

ضریب بهره‌وری محاسبه شده، بدان معنی است که ۰.۲۵ زمان این تکنسین تلف می‌شود. تعداد متوسط لیفتراک‌های غیر قابل دسترس که منتظر تعمیر شدن هستند:

$$E[N_Q] = \frac{\rho^2}{(1-\rho)} = \frac{(0.75)^2}{(1-0.75)} = 2.25$$

زمان متوسط از کارافتادگی لیفتراک‌های منتظر عملیات نت نیز به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$[W] = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)} = \frac{0.75}{\frac{1}{6}(1-0.75)} = 18h$$

حال جهت تعیین بهترین تعداد تکنسین‌ها یا تعمیرکاران به‌منظور حداقل‌سازی هزینه‌های کلی نگهداشت ماشین‌های لیفتراک و عدم دسترس‌پذیری آن‌ها، با فرض هزینه یک ساعت کار مکانیک یا نیروی نت ۱۵ واحد در ساعت و عدم دسترسی به تجهیز ۳۲ واحد در ساعت (به گفته اعضاء کارگاه)، محاسبات زیر را انجام شد:

*هزینه کل یک نیرو:

هزینه هر ساعت نیروی کار = 1مکانیک × 15 = 15 (واحد/ ساعت)

هزینه هر ساعت عدم دسترس پذیری = 2.25 لیفتراک × 32 = 72 (واحد/ساعت)

هزینه کل به‌ازای هر ساعت = ۸۷ (واحد/ساعت)

به‌همین شکل هزینه کل به‌ازای ۲ نیرو و ۳ نیرو نیز محاسبه شد.

*هزینه کل دو نیرو:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu'} = \frac{{}^{1}/_{8}}{2(\frac{1}{6})} = \frac{3}{8} = 0.38$$

$$E[N_Q] = \frac{\rho^2}{(1-\rho)} = \frac{(0.38)^2}{(1-0.38)} = 0.23$$

ملاحظه شد که با افزایش یک نفر نیروی دیگر، هم تعداد تجهیزات در صف و غیرقابل دسترس و هم بهره‌وری نیروها کاهش می‌یابد. اما باید هزینه کل نیز مجدداً بررسی شود.

هزینه هر ساعت نیروی کار = 2 نیرو × 15 = 30 (واحد/ساعت)

هزینه هر ساعت عدم دسترس پذیری = 0.23 لیفتراک × 32 = 7.36 (واحد/ساعت)

هزینه کل به‌ازای هر ساعت = 37.36 (واحد/ساعت)

*هزینه کل سه نیرو:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu'} = \frac{1/8}{3(\frac{1}{6})} = \frac{2}{8} = 0.25$$

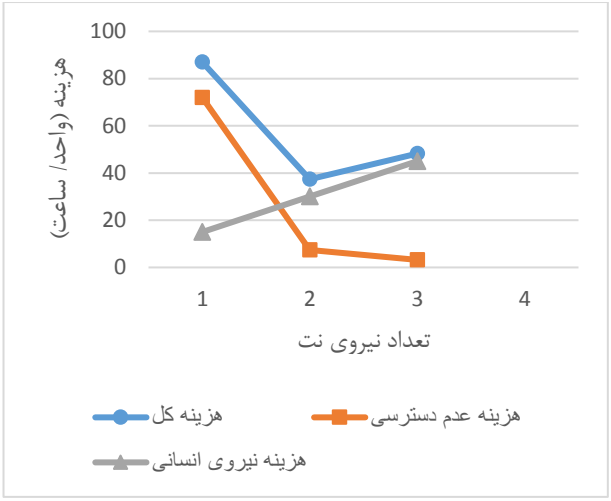
$$E[N_Q] = \frac{\rho^2}{(1-\rho)} = \frac{(0.25)^2}{(1-0.25)} = 0.1$$

هزینه هر ساعت نیروی کار= 3 نیرو × 15 = 45 (واحد/ ساعت)

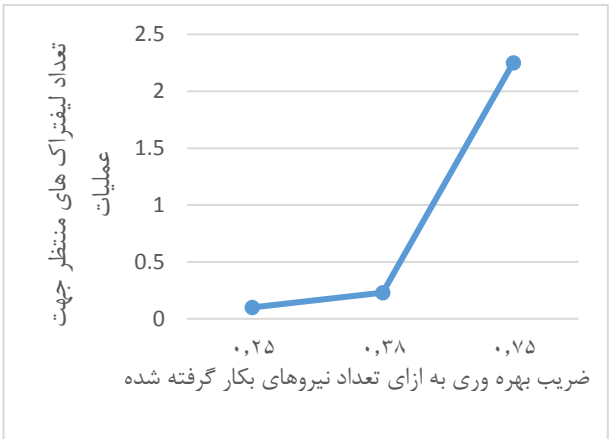
هزینه هر ساعت عدم دسترس پذیری = 0.1 لیفتراک × 32 = 3.2 (واحد/ساعت)

هزینه کل به‌ازای هر ساعت = 48.2 (واحد/ساعت)

همان‌طور که محاسبات نشان داده شد، طراحی یک تیم نگهداری و تعمیرات ۲ نفره برای برنامه‌های نگهداشت لیفتراک‌های صنعت، هزینه کل شرکت را در این زمینه به حداقل رساند، که این‌گونه نیز بود، و نیازی به تغییر نداشت، و این کار به‌عنوان طرح اقدامی در سایر واحدها نیز اجراء شد. شکل (۸) و شکل (۹) به‌کارگیری نیروهای نت در مقابل طول صف ایجاد شده را نشان داده است.



شکل (۸). هزینه کل به‌عنوان تابعی از تعداد نیروها



شکل (۹). به‌کارگیری کارکنان نت در مقابل تعداد لیفتراک‌های غیرقابل دسترس در صف

۶. نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این پژوهش، پس از بررسی اسناد، ادبیات موضوع و بهره‌گیری از پرسشنامه اول کلیه نقاط قوت و ضعف در صنعت شناسایی و از طریق ماتریس ارزیابی عوامل داخلی تحلیل شدند، به‌گونه‌ای‌که مشخص شد، دو بعد (نوشتن اخطار و برنامه‌ریزی و زمان‌بندی) در اولویت بهبود قرار دارند. درادامه یک متدولوژی پیشنهادی مبتنی‌بر شش گام اصلی (۱- نوشتن اخطار، ۲- انتخاب و اولویت‌بندی اخطارها، ۳- برنامه‌ریزی، ۴- زمان‌بندی، ۵- اجراء و ۶- بازبینی عملکرد) که دسته‌بندی اولیه ماتریس‌های IFE نیز بر اساس آن‌ها انجام شده بود (به‌جز گام‌های برنامه‌ریزی و زمان‌بندی که یکی درنظر گرفته شدند)، از طریق بهره‌گیری از منابع اصلی و نظر اساتید ارائه شد. سپس این دسته-بندی‌ها (گام‌های اصلی مِتُد) که نقاط قوت و ضعف شناسایی شده را در خود جای داده بودند در قالب یک فرم نظرسنجی به دو نفر از خبرگان دانشگاهی و کارشناسان صنعت سپرده شد تا موافقت یا عدم موافقت خود را نسبت به این دسته‌بندی‌ها اعلام کرده و در صورت عدم موافقت، دسته‌بندی پیشنهادی خود را ارائه دهند. در آخر باتوجه به مورد آزمون قرار دادن نظر خبرگان با کمک آزمون کاپای کوهن، و حاصل شدن عدد ۱ برای ضریب این آزمون، توافق کامل حاصل شد. درادامه با برگزاری کارگاه‌ها و جلسات طوفان فکری متعدد با اساتید و کارشناسان صنعت، طرح‌های اقدامی جهت پاسخ به اصلی‌ترین اتلافات شناسایی شده در گام‌های مِتُد که شامل عدم تعیین صحیح تناوب انجام وظایف به‌دلیل عدم شناسایی منحصربفرد قطعه، تجهیز و سیستم و عدم حفظ تعادل بین نیروی کار و حجم کار به‌دلیل درک نامناسب از امور برنامه‌ریزی بود، ارائه شد که در نتیجه پیاده‌سازی این طرح‌های اقدامی، در گام اول بهبود که شامل نصب ترانسمیتر برای کمپرسورهای مورد نظر و برآورد تعداد مناسب نیروی انسانی برای انجام امور نت ازطریق روابط تحلیلی بود، کاهش ۴۰ درصدی در برنامه نت پیش‌گیرانه کمپرسورها طی یک دوره هشت ماهه و استانداردسازی نیروی کار مورد نیاز در بخش تعمیر لیفتراک‌ها صورت پذیرفت.

۶-۱. محدودیت‌های پژوهش

۱) پژوهش حاضر دربرگیرنده و پاسخ‌گوی الزامات ایمنی نمی‌باشد.

۲) این متدولوژی تنها برای سازمان‌هایی اثربخش خواهد بود که، بر روی دلایل ایجاد اتلاف و ناکارآمدی تمرکز دارند؛ نه سازمان‌هایی که در تله تمرکز بر ابزارها و تکنیک‌های مرتبط ناب می‌افتند.

۶-۲. پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

۱) همیشه بحثی مبنی‌بر تضاد بین عملکرد بالا و فضای کاری ایمن وجود دارد. همچنین عموماً زمانی‌که عادت‌های قدیمی باید تغییر کنند اشتباهاتی رخ می‌دهد. از این‌رو ازآنجایی‌که ناب‌سازی منجربه افزایش عملکرد و تغییر عادت‌های قبلی می‌شود، پیشنهاد می‌شود در خصوص تأثیر ناب‌سازی فرآیندهای نت بر روی ایمنی مطالعاتی صورت گیرد.

۲) پیشنهاد می‌شود مطالعاتی به‌منظور به‌کارگیری روش‌های مختلف دیگر درخصوص تشخیص و شناسایی نقاط ضعف حوزه نت که

منجربه ایجاد اتلاف می‌شود صورت پذیرد.

مراجع

[1] S. Mostafa, J. Dumark and H. Soltan. (2015), Lean maintenance roadmap, in: 2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference (MIME), Bali Indonesia, 4-6 February.

[2] K. Fraser. (2014), Facilities management: the strategic selection of a maintenance system, Journal of Facilities Management. 18-37.

[3] C.A. Márquez (2007), The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Systems Maintenance, Springer-Verlag, London.

[4] K. Khazraei, J. Deuse. (2011), A strategic standpoint on maintenance taxonomy, Journal of Facilities Management. 96-113.

[5] S.K. Pinjala, L. Pintelon, A. Vereecke (2006), An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies, International Journal of Production Economics. 214-229.

[۶] زواشکیانی، علی. آزادگان، رضا، (۱۳۹۵). نگهداری و تعمیرات مبتنی‌بر قابلیت اطمینان، انتشارات آریانا قلم، تهران.

[7] R.K. Sharma, D. Kumar and P. Kumar, FLM to select suitable maintenance strategy in process industries using MISO model, Journal of Quality in Maintenance Engineering 11-4 (2005) 359-374.

[۸] عبدالهی، حسین. ملاوردی اصفهانی، ناصر. (۱۳۹۳). انتخاب استراتژی-های بهینه نگهداری و تعمیرات با رویکرد کمی- کیفی. پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[۹] شاهین، آرش. بلندی، دنیا. بالوئی جام خانه، هادی. (۱۳۹۰). ارزیابی و انتخاب سیاست نگهداری و تعمیرات با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی با مطالعه موردی در کارخانه آجر قپانچی اصفهان، هشتمین کنفرانس بین المللی مهندصی صنایع، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ۲۶ و ۲۷ بهمن ماه.

[۱۰] فتاحی، پرویز. اسدزاده ملکی، سعیده. شیخ تاجیان، ساناز. بابایی مراد، سمانه. (۱۳۹۹). زمان‌بندی تولید و بازرسی تجهیزات با درنظر گرفتن هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از افت تجهیزات، دو فصل‌نامه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، سال هشتم، شماره ۱۶، بهار و تابستان ۱۳۹۹، صفحه ۱-۱۳.

[11] K.E. McKone, R.G. Schroeder and K.O. Cua, (1999). Total productive maintenance: a contextual view, Journal of operations management 17-2. 123-144.

[۱۲] یوسفی، ام البنین. مظفری، علی. کاظمی‌نژاد، طوفان. (۱۳۹۹). نگهداری و تعمیرات ناب. انتشارات ارکان دانش. شماره جلد: ۶۰۰۲۸۷۱۴۹۷. ویرایش اول.

[13] make-lean-easy (2020), What is the difference between Total Productive Maintenance (TPM) and Lean Maintenance?https://leaninsider.blogspot.com/2017/10/total-productivity-maintenance-tpm-and.html , Last modified: September.

[14] Márquez AC. (2007). The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance: Springer Science & Business Media.

[۱۵] امینی خوزانی، زهرا. یوسفی، ام البنین. وحیدی، حسینعلی. (۱۳۹۹). شناسایی، دسته‌بندی و اولویت‌بندی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات در صنعت ساخت سامانه‌های هوایی شرکت هسا، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع (گرایش مدیریت مهندسی)، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

[16] H. Cooper, (2002). Lean maintenance for lean manufacturing (using Six Sigma DMAIC).

[17] D.Anderson, (2003). Reducing the cost of preventive maintenance, Maintenance Journal, 15.

[18] S. Pavnaskar, J. Gershenson and A. Jambekar, (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools, International Journal of Production Research, 3075-3090.

[19] M.E. Bayou and A. De Kervin, (2008). Measuring the leanness of manufacturing systems—a case study of Ford Motor Company and General Motors, Journal of Engineering and Technology Management, 287-304.

[20] G. Hu, et al, (2008). A multi-objective model for project portfolio selection to implement lean and Six Sigma concepts, international journal of production research, 6611-6625.

[21] G. Anand and R. Kodali, (2009). Development of a framework for lean manufacturing systems, International Journal of Services and Operations Management, 687-716.

[22] G. Clarke, G. Mulryan and P. Liggan, (2010). Lean maintenance–A risk-based approach, Pharmaceutical Engineering, 31-6.

[23] S. Vinodh and S.K. Chintha, (2011). Leanness assessment using multi-grade fuzzy approach, International Journal of Production Research, 431-445.

[24] S. Vinodh, N.H. Prakash and K.E. Selvan, (2011). Evaluation of leanness using fuzzy association rules mining, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 343-352.

[25] K. Vimal and S. Vinodh, (2012). Leanness evaluation using IF–THEN rules, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 407-413.

[26] M.A. Amin and M.A. Karim, (2012). A systematic approach to evaluate the process improvement in lean manufacturing organizations, in Sustainable manufacturing, Springer, 65-70.

[27] C.Davies and R. Greenough, (2013). Measuring the effectiveness of lean thinking activities within maintenance, Retrieved June.

[28] A. Karim and k. Arif-Uz-Zaman, (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations, Business Process Management Journal, 169-196.

[29] A. Anvari, N. Zulkiflia and R.M. Yusuff, (2013). A dynamic modeling to measure lean performance within lean attributes, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 663-677.

[30] S. Mostafa, J. Dumrak and H. Soltan, (2013). A framework for lean manufacturing implementation, Production & Manufacturing Research, 44-64.

[31] A. Anvari, et al, (2014). an integrated design methodology based on the use of group AHP-DEA approach for measuring lean tools efficiency with undesirable output, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2169-2186.

[32] A. Anvari, N. Zulkiflia and O. Arghish, (2014). Application of a modified VIKOR method for decision-making problems in lean tool selection, The international journal of advanced manufacturing technology,) 829-841

[33] A. Ira pour, et al, (2014). A framework to determine the effectiveness of maintenance strategies lean thinking approach, Mathematical Problems in Engineering.

[34] S. Mostafa, et al, (2015). Lean thinking for a maintenance process, Production & Manufacturing Research, 236-272

[35] A. Panwar, et al, (2015). On the adoption of lean

manufacturing principles in process industries, Production Planning & Control, 564-587.

[36] O. Duran, A. Capaldi and P. Duran Acevedo, (2017). Lean maintenance applied to improve maintenance efficiency in thermoelectric power plants, Energies, 1653-1673.

[37] Jasiulewicz-Kaczmarek M., Saniuk A, (2018). How to Make Maintenance Processes More Efficient Using Lean Tools, International Conference on Social & Occupational Ergonomics, Advances in Intel-ligent Systems and Computing Vol. 605, pp. 9-20 DOI: 10.1007/978-3-319-60828-0.

[۳۸] جهانبخش، میلاد ایرج‌پور، علیرضا. (۱۳۹۱). بررسی و تعیین سیاست اثربخش نت با رویکرد مدیریت نگهداری و تعمیرات ناب (مطالعه موردی: شرکت سایپا)، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی (گرایش تولید)، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین.

[۳۹] دیانتی، جمشید. جمالی‌فیروزآبادی، کامران. (۱۳۹۳). طراحی یک الگوی نت ناب در صنعت توزیع نیروی برق در جهت افزایش بهره‌وری نگهداری و تعمیرات، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع (گرایش سیستم و بهره‌وری)، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه.

[۴۰] قربانپور، غلامرضا. علوی، ابوالقاسم. (۱۳۹۶). توسعه یک الگوی نگهداری و تعمیرات براساس تولید ناب در واحدهای تولیدی بزرگ (مطالعه موردی- پتروشیمی اصفهان)، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع (گرایش سیستم مدیریت و بهره‌وری)، دانشکده مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی نقش جهان، اصفهان.

[۴۱] صالحی صدقیانی، جمشید. آقائی، اصغر. آقائی، میلاد.(۱۳۹۱). عوامل مؤثر بر ناب‌سازی سیستم نگهداری و تعمیرات (مطالعه موردی: سیستم نت ناجا)، فصلنامه مطالعات کمی در مدیریت، دوره ۳، شماره۲.

[۴۲] رحمانی، نیما. ایرج‌پور، علیرضا. (۱۳۹۲). ارائه الگویی به‌منظور تعیین راهبرد اثر بخش تعمیرات و نگهداری با استفاده از رویکرد تفکر ناب، فصلنامه بهبود مدیریت، شماره ۳. پیاپی ۲۱.

[43] Levitt J. (2008). Lean maintenance: Industrial Press Inc, Printed in the United States of America.

[44] Blanco JG, Dederichs T. (2018). Lean maintenance: A practical, step-by-step guide for increasing efficiency: Taylor & Francis

[۴۵] حبیب پور، کرم. صفری شالی، رضا. راهنمای جامع کاربرد spss در تحقیقات.

[46] Sayahbadkhor M, Mozafari A, Naddaf Oskouei A. (2019). Study of the Early Development Factors of Failure in Valves of Reciprocating Compressors by Experimental and Numerical Simulation. ADMT Journal. 12(3):9-18.

[۴۷] سیاح بادخور، مصطفی. مظفری، علی. نداف اوسکوئی، علیرضا. (۱۳۹۸). بررسی تجربی و عددی عوامل شکست در سوپاپ‌های یک‌طرفه رینگی در کمپرسورهای رفت و برگشتی، ماهنامه علمی- پژوهشی مهندسی مکانیک مدرس، دوره ۱۹ ، شماره ۹، شهریور.

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Autumn and Winter 2022, Volume 10., No. 21, pp. 187-207
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/IER.2023.26289.2090

Presenting a Methodology for the Design and Deployment of Lean Maintenance (Case Study: Jahan Tarash Aria Company)

O. Yousefi[1*], A. Mozaffari[2]

[1.] Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan, Iran
[2.] Master of Science, Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan, Iran

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received 24 May 2022
Accepted 26 Nov 2022

***Keywords*:**

Lean Repair and Maintenance
Identification
Planning and Timing
Internal Factor Evaluation Matrix

ABSTRACT

Maintenance is one of the basic concepts in state of-the-art organizations. the main objectives of Maintenance, is increasing equipment life-span, reducing costs, and augmenting machinery productivity. Achieving these things by the lean processes is faster. In this research, a study was conducted on industry documents and literature review, according to these documents and the opinion of academic experts, an open questionnaire was designed and provided to industry experts and staff, the number of which reached 10 people and all of them had knowledge. Sufficient and necessary of the industry were located and the Internal Factor Evaluation (IFE) Matrix in the maintenance area of the industry were determined. According to the information obtained and also the literature review, a model was presented to respond to the identified weaknesses. which steps are realized through 6 steps: (1) notification of Maintenance (2) selection and prioritization, (3) planning, (4) timing, (5) execution, and (6) performance inspection. Then, in order to check or not to confirm the non-approval of the classification of identified weaknesses in order to integrate the steps of the proposed model by experts and projects, other questionnaires and using the kappa coefficient of the steps of the proposed model in the industry. Have been cut. Then, by holding training workshops and storm meetings, planning to respond to the identified damages, implementing high-urgency operational plans, he thought of reducing the compressor preventive network program by 40% in the standard 8-month period. Production of the number of people in the forklift repair department.

[*] Corresponding author. O. Yousefi
Tel.:031-45914347; E-mail address: yousefi_1302@yahoo.com