فصلنامه علمی مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی
سال نهم، شماره ۳۷، زمستان ۱۳۹۸، صفحه ۱۱۳-۹۰

مقاله پژوهشی: راهبرد مناسب جهت نگهداری و تعمیر سامانه‌های دفاعی

رسول رمضانی دهقی [۱]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۷

چکیده

هدف از انجام این تحقیق آن است بررسی راهبردهای نوین نگهداری و تعمیرات، و انتخاب راهبرد مناسب جهت نگهداری و تعمیر سامانه‌های دفاعی است. لذا محقق درپی پاسخ‌گویی به این پرسش است که راهبرد مناسب جهت نگهداری و تعمیر سامانه‌های دفاعی کدام است؟

روش تحقیق در این مقاله، توصیفی(موردی) و با رویکرد آمیخته(کمی و کیفی)، کمی به صورت آمار توصیفی و بهره‌گیری از روش‌های پژوهش عملیاتی چندمعیاره و کیفی به روش تحلیل محتوا می‌باشد. برای دستیابی به راهبرد مناسب اجرای اقدامات خاص نگهداری و تعمیر تجهیزات، از تکنیک تاپسیس جهت اولویت‌بندی آلترناتیوها(روش‌ها) با توجه به پنج معیار سرعت انجام کار، هزینه اجرای اقدامات نت، کیفیت اجرای کار، تعداد کارکنان مورد نیاز و میزان دقت، استفاده شده است. جامعه آماری این تحقیق شامل ۹ نفر از خبرگان حوزه نگهداری و تعمیر بخش‌های دفاعی و تعداد ۵۰ نفر از مدیران، فرماندهان و روسای بخش‌های نت تجهیزات و سامانه‌های دفاعی در رده‌های صف و ستاد می‌باشند.

نتایج رتبه‌بندی نشان می‌دهد، برای مواجه با شرایط مورد بررسی، از میان روش‌های نگهداری و تعمیر، روش نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع با توجه به فاصله کم‌تر از معیارهای مثبت و همچنین فاصله بیشتر از معیارهای منفی، شرایط ایده‌ال‌تری نسبت به سایر روش‌های مورد بحث داشته و روش مناسب جهت نگهداری و تعمیر سامانه‌های دفاعی خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: راهبرد، چرخه عمر، تاپسیس، نگهداری و تعمیرات.

[۱] – دانشجوی دکتری مدیریت راهبردی فضای سایبر، دانشگاه عالی دفاع ملی، sepehrramezany@yahoo.com

مقدمه

حضرت امام خامنه‌ای(مدظله‌العالی) در دیدار با جمعی از فرماندهان و پرسنل ارتش جمهوری اسلامی ایران می‌فرماید: " نگهداری و تعمیر مسئله مهمی است" و ضرورت توجه به امر نگهداری و تعمیر سامانه‌ها را به همگان گوشزد می‌نمایند. بررسی تاریخچه فرهنگ‌های تعمیراتی نشان می‌دهد که جوامع بشری برای نگهداری و تعمیر ماشین‌آلات صنعتی در طول تاریخ از روش‌های مختلفی استفاده نموده و بر حسب ضرورت، نوع و یا انواع معینی از آن را به کار گرفته است. این روش‌ها در طول تاریخ به تدریج اصلاح شده و به سمت تکامل پیشرفت نموده است. عمده‌ترین عوامل این امر را باید در افزایش زیان‌های ناشی از خرابی و توقف ماشین‌آلات صنعتی دانست(Wang, Chua, Wu, ۲۰۰۷: ۱۵۲).

درحال حاضر روش‌های نگهداری و تعمیر مختلفی وجود دارد که هر سازمان می‌تواند جهت نیل به بهترین شرایط کارکرد، می‌تواند از آن‌ها بهره گیرد. هرچند اگر این مهم به نحو صحیحی انجام نپذیرد موجب هدررفت منابع و وارد آمدن خسارت به تجهیزات می‌گردد. بنابراین انتخاب روش مناسب جهت نگهداری و تعمیر تجهیزات یکی از اساسی‌ترین اقدامات، قبل از انجام نگهداری و تعمیر خواهد بود. این انتخاب به عوامل متعددی نظیر ابعاد سازمان، سطح تکنولوژی و پیچیدگی ماشین‌آلات، استاتیک یا دینامیک بودن آن، سرعت بهره‌داری، حساسیت سازمان به امر توقف، داشتن و نداشتن ماشین‌آلات یدکی، سطح علمی و تجربی کارکنان واحد تعمیرات و ... بستگی دارد.

در بخش دفاعی انتخاب روشی مناسب جهت نگهداری و تعمیر سامانه‌ها به دلیل اینکه موجب افزایش حاضر به کاری سامانه‌ها، صرفه‌جویی در منابع، کاهش حجم تعمیرات، افزایش کیفیت خدمات، افزایش ایمنی، کاهش ضایعات و مدیریت صحیح نیروی انسانی خواهد شد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. و عدم انتخاب روش مناسب، موجب بروز توقفات پی در پی عملیات، کاهش طول عمر تجهیزات، افزایش حجم تعمیرات، نزول کیفیت محصولات، کاهش قابلیت اطمینان و ایمنی، افزایش هزینه‌ها و افزایش زمان اجرای فعالیت‌های نت و در مواردی لزوم جایگزین نمودن یک سامانه خواهد گردد.

لذا محقق در این تحقیق برآن است که ضمن بررسی ابعاد مختلف روش‌های مختلف نگهداری و تعمیرات، روش مناسب جهت نگهداری و تعمیر سامانه‌های دفاعی را مشخص نماید.

مبانی نظری و پیشینه شناسی تحقیق

پیشینه تحقیق

۱. سیداکبر نیلی‌پورطباطبایی و مهدی علی‌محمدی در مقاله‌ای تحت عنوان "توسعه مدل EPQ با اعمال نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، محصول معیوب،کمبود و موجودی در جریان ساخت" در فصلنامه

علمی پژوهشی مدیریت تولید و عملیات، ضمن ارایه مدلی جدید برای انجام عملیات نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه بیان می‌دارد: انجام نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه بر روی ماشین موجب افزایش طول عمر و کارایی ماشین شده و از بروز خرابی‌های ناگهانی در ماشین هنگام فرآیند تولید جلوگیری می‌کند. پس لازم است کیفیت این تعمیرات در سطحی قاب قبول باشد(نیلی پورطباطبایی، سیداکبر و علی محمدی، مهدی، ۱۳۹۱: ۶۹-۸۴).

۲. حبیب فرج پور خاناپشتانی و دیگران در مقاله‌ای تحت عنوان "بکارگیری رویکرد ترکیبی FA، AHP و TOPSIS برای انتخاب و رتبه‌بندی راهبردهای مناسب نگهداری و تعمیرات" در فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، بیان می‌دارد: بررسی بخش نگهداری و تعمیرات پالایشگاه شهر ری نشان داده است که راهبردهای CM ، PDM ، RCM ، PM به ترتیب از راست به چپ دارای الویت پیاده‌سازی هستند(فرج‌پور خاناپشتانی، حبیب و دیگران، ۱۳۹۴: ۳۵-۶۲).

۳. مجید اسماعیلیان و دیگران در مقاله‌ای تحت عنوان "ارائه روش‌های ابتکاری جدید برای زمانبندی تعمیرات پیشگیرانه" در فصلنامه مدیریت تولید و عملیات، یک روش ابتکاری که تمامی ترکیبات ممکن انجام کارهای PM در حالت نیروی کار چندمهارته و تک‌مهارته رادار است ارایه می‌کند(اسماعیلیان، مجید و دیگران، ۱۳۹۲: ۱-۲۰).

۴. مهدی کرباسیان و دیگران در مقاله‌ای تحت عنوان "بهینه‌سازی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مبتنی بر قابلیت اطمینان سیستم برمبنای هزینه‌ها و قابلیت اطمینان وابسته به مکان اجزای سیستم" در فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت تولید و عملیات، مدلی چند هدفه که بین قابلیت اطمینان سیستم که برمبنای انتخاب مکان اجزاء است و هزینه‌های مکان‌یابی، نگهداری و تعمیرات سیستم موازنه‌ی مورد نظر را برقرار می‌نماید، ارائه شده نموده است(کرباسیان، مهدی و دیگران، ۱۳۸۹: ۱۹-۳۰).

۵. رضا آقایی و دیگران در مقاله‌ای تحت عنوان" شناسایی و رتبه بندی شاخص‌های کلیدی مؤثر بر نگهداری و تعمیرات چابک با استفاده از رویکرد دلفی فازی و دیمتل فازی" در فصلنامه مدیریت صنعتی، بیان می‌دارد: شاخص های کلیدی مؤثر بر نت چابک عبارت اند از: تصمیم گیری سریع، هماهنگی و همکاری، قابلیت ها و زیرساخت های فناوری اطلاعات، به اشتراک گذاری فعال اطلاعات با شرکا، کمیت و کیفیت خدمت، بهره گیری از فناوری مناسب، برنامه ریزی صحیح فعالیت‌ها، برنامه‌ریزی تأمین تقاضا، نت خودکنترلی، تعهد مدیران عالی، سبک مدیریت مشارکتی، سازمان مجازی(آقایی، رضا و دیگران، ۱۳۹۴: ۴۱-۷۲).

سیر تکاملی فرهنگ‌های نگهداری و تعمیر

روش‌های نگهداری و تعمیر با پیشرفت جوامع صنعتی و همچنین با تغییر نگرش آن‌ها دستخوش تغییرات زیادی گردیده است که در زیر با برشماری تعدادی از این روش‌ها، سیر تکاملی آن‌ها را نیز بیان خواهیم کرد.

تعمیرات بعد از خرابی(B.D.M[1])

این روش تعمیراتی با نام‌های مختلفی نظیر تعمیرات اضطراری، تعمیرات عکس العملی، بهره‌برداری از ماشین تا توقف کامل نامیده می‌شود و آن را می‌توان اولین روش تعمیراتی در طی تاریخ حیات بشر دانست. از انسان بدوی گرفته تا درصد بالایی از بشر متمدن امروزی، هنگامی به پزشک مراجعه می‌کنند که احساس بیماری و کسالت کنند. بسیاری از اتومبیل‌ها توسط بکسل یا چرثقیل به تعمیرگاه برده می‌شوند. این وقایع نشان می‌دهد که فرهنگ کهنه تعمیرات بعد از خرابی، هنوز هم جایگاهی قابل توجه در زندگی و فرهنگ تعمیراتی بشر دارد. البته در بعضی از صنایع که ماشین دارای جایگزین می‌باشد و هزینه‌های پرسنلی و مواد اولیه سهم چندانی در هزینه تولید ندارد، استفاده از این فرهنگ چندان نگران‌کننده نمی‌باشد.

با وجود تمامی معایبی که این فرهنگ دارد، هنوز هم در بسیاری از واحدهای صنعتی، بالاخص صنایع کوچک و قدیمی با تکنولوژی کهنه و سنتی، این حضور و یا حتی حاکمیت دارد. سازمآن‌ها در طی بهره‌گیری از این روش تجربیات جدیدی را کسب می‌کنند به طوری که قادرند تا حدودی بروز حوادث را پیش‌بینی کرده و تدابیر لازم را جهت تسریع در رفع عیوب اتخاذ نمایند(حاج شیرمحمدی، ۱۳۹۳ : ۷۱).

الف- معایب تعمیرات بعد از خرابی

۱- خرابی‌ها عموما در شرایط پیش‌بینی نشده و برنامه‌ریزی نشده رخ می‌دهد.

۲- در صورت بروز توقف و خرابی به خاطر گستردگی آن عموما به حجم زیادی از قطعات یدکی نیاز است.

۳- کارکنان واحد تعمیرات از روحیه و اعتماد به نفس پایینی برخوردار بوده و همواره مجبور به انجام اضافه کاری می‌شوند. همین امر شاید از نظر مالی منافع کوتاه مدتی برای کارکنان این واحد داشته باشد، ولی در بلند مدت موجب افسردگی‌های روحی، روانی و جسمی کارکنان خواهد شد.

۱ - Breakdown maintenance

۴- در اثر عدم تعمیر به موقع ماشین، بسیاری از قطعات سالم دچار آسیب‌دیدگی شده و همین امر هزینه تعمیرات را افزایش داده و زمان توقف ماشین جهت تعمیرات طولانی‌تر می‌شود.

۵- در این فرهنگ پرسنل واحد تعمیرات دایماً در محیطی پر تشنج و ناآرام کار کرده و همواره نگران خرابی و توقف ماشین و یا خط تولید می‌باشند.

ب- محاسن تعمیرات بعد از خرابی

۱- عدم نیاز به کارکنان ماهر و مجرب، موجب کاهش هزینه دستمزد نیروی انسانی می‌گردد.

۲- برای واحدهای کوچک با تکنولوژی قدیمی و ماشین‌های فرسوده مناسب است.

۳- در مواقعی که واحد با کمبود قطعات یدکی مواجه باشد، ادامه بهره‌برداری از ماشین تا رسیدن قطعات یدکی اجباری بوده و در همین دوران ممکن است خرابی ناخواسته در ماشین بروز کند.

۴- گاهی اوقات شرکت تولیدی با تعهداتی در مقابل مشتریان مواجه است که در صورت توقف کارخانه برای رفع نواقص موجود، ممکن است قادر به اجرای تعهد خود نبوده و به ازای آن محکوم به پرداخت خسارت خواهد شد. در چنین حالتی ناچاراً باید به بهره‌برداری از ماشین ادامه داده ولی همین امر احتمال بروز خرابی بیشتر و توقف کامل ماشین را به دنبال خواهد داشت.

۵- حداکثر بهره‌برداری ممکن از قطعات، از محاسن این روش می‌باشد.

۶- تعداد دفعاتی که ماشین در طی سال متوقف می‌شود کاهش یافته و به دنبال آن هزینه‌های آسیب دیدن قطعات سالم در اثر باز و بستن بی‌مورد کاهش می‌یابد(Pintelon, Gelders ۲۰۰۰: ۸-۱۵).

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه(PM[۱])

با گسترش کارخانجات صنعتی، بالا رفتن سرعت دورانی ماشین‌ها، افزایش هزینه‌های ناشی از توقف، گران شدن هزینه های تعمیراتی و... استفاده از تعمیر و نگهداری بعد از بروز خرابی، موجب گسترش نارضایتی در نزد صاحبان و سهامداران صنایع گردید. بررسی‌های انجام شده برروی خرابی‌های به وجود آمده نشان می دهد که بین خرابی و زمان کارکرد ماشین در بسیاری از موارد یک رابطه غیر قابل انکار وجود دارد. بر این اساس بسیاری از مدیران فنی و کارشناسان بر این باور شدند که برای تعویض یا تعمیر قطعات یک ماشین، زمان معینی را تعیین کرده و با فرا رسیدن آن نسبت به تعویض قطعه و یا تعمیر ماشین اقدام نمایند. به همین خاطر این روش تعمیر و نگهداری به روش پیشگیری و یا براساس زمان کارکرد ماشین نیز نامیده می‌شود. بسیاری از کارشناسان اعتقاد دارند که این روش از دهه ۱۹۶۰ در صنایع مورد

۱ - Preventive Maintenance

استفاده قرار گرفت ولی بررسی‌های تاریخی آن را بـه ۵۰۰۰ سـال قبـل مربـوط مـی‌دانـد . مصـریان بـرای جلوگیری از خرابی اهرام ثلاثه از این روش استفاده می‌کردند، ولی در هر حـال نمـی‌تـوان تـا قبـل از دهـه ۱۹۶۰ آن را به عنوان یک روش مرسوم در صنایع معرفی کرد(ویسی، ۱۳۹۴: ۷).

این روش بالاخص برای نگهداری و تعمیرات ماشین‌هایی که به صورت پیوسته مورد بهره‌برداری قـرار نمی‌گیرند و همچنین برای ماشین‌آلات استاتیکی و غیر حساس روش مناسبی می‌باشـد. مهـم‌تـرین مشـکل در اجرای این روش تعیین دقیق زمان انجام تعمیرات مورد نیاز می‌باشد.

هر چند که سازندگان ماشین‌آلات بر اساس تجربیات خود و نظـرات اعـلام شـده از سـوی مشـتریان، زمان تقریبی مورد نیاز برای انجام تعمیرات را دستورالعمل‌هـای مربوطـه درج نمـوده و در اختیـار مشـتریان خود قرار می‌دهند، ولی به لحاظ تاثیر عوامل بیرونی نظیر کیفیت اپراتوری، شـرایط جـوی و آلـودگی هـوا، نحوه سرویس و نگهداری و غیره عملا ممکن است ماشین دچار خرابـی‌هـای زودرس گـردد کـه در ایـن حالت گویی ماشین در روش قبلی نگهداری شده است.

همچنین نباید نگاه منفعت طلبانه سـازندگان را در امـر خـدمات‌دهـی فرامـوش کـرد. اکثـر سـازندگان ماشین‌آلات، سود اصلی خود را از فروش قطعات یدکی و پشتیبانی آن‌ها کسـب مـی‌کننـد و بـدیهی اسـت هرگونه کاهش مصرف قطعات به ضرر آن‌ها تمام خواهد شد. لذا دستورالعمل‌هـای شـرکت سـازنده نبایـد تنها معیار و ملاک هرگونه تصمیم‌گیری در امر برنامه‌ریزی تعمیرات باشد، بلکه باید از تجربیات سـازمانی و سایر راه‌کارها نیز برای اصلاح دوره‌های زمانی توصیه شده از سوی سازنده استفاده کرد.

نگهداری و تعمیرات به روش پیشگیرانه، در کارخانجـات بـا عنـوان PM شـناخته مـی‌شـود و معمـولا توسط واحد برنامه‌ریزی تعمیرات، بر اساس تقویم زمـانی و یـا سـاعت کـارکرد ماشـین‌آلات سـازماندهی می‌شود. برنامه فواصل تعمیرات در این روش، بر اسـاس دسـتورالعمل‌هـای سـازنده ، سـوابق تعمیراتـی و تجربیات کارشناسان با تجربه سازمان تهیه و تدوین می‌شود. سپس دستورالعمل‌های تهیه شـده بـرای انجـام فعالیت‌های لازم به واحد تعمیرات صادر می‌شوند.

از آنجا که این دستورالعمل‌ها به صورت ادواری و در قالب فعالیت‌های مشخصی بـه واحـد تعمیـرات ارسال می‌گردد. اصطلاحا روتین[1] نامیده می‌شوند. روتین‌های تعمیراتی در اکثر کارخانجـات بـه سـه دسـته A، B و C تقسیم می‌شوند.

۱ - Routine

البته نوع فعالیت‌های این روتین‌ها الزاما در همه سازمآن‌ها یکسان نبوده و ممکن است تفاوت‌هایی در دسته‌بندی و زمان‌بندی آن‌ها حسب نظر رییس برنامه‌ریزی تعمیرات وجود داشته باشد. دستورالعمل‌های تعمیراتی نوع A عموما به انجام اموری نظیر بازرسی عملکرد ماشین توسط حواس پنج‌گانه، گریس‌کاری، سر ریز روغن و در صورت لزوم تعویض روغن محدود می‌شود. به همین دلیل در بعضی سازمآن‌ها به روتین روغنکاری معروف است.

در روتین‌های تعمیراتی نوع B باردید از تجهیزات و تعمیرات ماشین در محل انجام می‌شود. به نحوی که معمولا ماشین به صورت کامل باز نمی‌شود و اگر احتیاج به توقف کوتاه مدت بهره‌برداری باشد، ماشین یدکی، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. به طور مثال در حین تمیز کردن فیلتر مکش A، پمپ B را مورد بهره‌برداری قرار می‌دهند. معمولا اموری نظیر تمیزکاری قطعات ماشین، آچارکشی، محکم کردن و کاهش لقی‌ها به شرطی که هم‌محوری یا بالانس را به هم نزند، تعویض و یا تمیز کردن صافی‌ها و ... در دستور کار روتین نوع B قرار دارد.

روتین‌های تعمیراتی از نوع C شامل تعمیرات اساسی ماشین‌آلات و محرک‌های آن می‌باشد. به این ترتیب که معمولا ماشین برای تعویض و یا تعمیر قطعات، به کارگاه منتقل شده و کاملا باز می‌شود. دستورالعمل‌های روتین C بسیار پرهزینه و زمان‌بر می‌باشد. چرا که پس از آن باید اقداماتی نظیر تست‌های بازرسی فنی، مونتاژ و نصب مجدد، هم‌محور کردن و راه‌اندازی مجدد دستگاه صورت گیرد و اگر دستگاه مورد نظر دارای جایگزین نباشد خساراتی زیادی را نیز برای واحدهای تولیدی در پی خواهد داشت. از جمله اقدامات لازم برای سازماندهی و انجام تعمیرات تجهیزات و ماشین‌آلات واحدهای مختلف می‌توان موارد ذیل را نام برد:

تهیه فهرست تجهیزات و ماشین‌آلات واحدهای مختلف.

- دسته‌بندی و کدبندی دستگاه‌ها، تعیین میزان بحرانی بودن آن‌ها و انتخاب دستگاه‌هایی که باید تحت نظر باشند.
- تهیه پرونده تعمیراتی برای هر ماشین و ثبت هرگونه تعمیرات در سوابق آن و کامپیوتری نمودن سیستم نت برنامه‌ریزی شده.
- ارایه نمودارهای مناسب جهت تحلیل و برنامه‌ریزی تعمیرات.
- درخواست تامین کمبود ابزارآلات، لوازم یدکی و پرسنل مورد نیاز که جهت انجام بازدیدها و سرویس‌های تعمیراتی لازم است.
- تهیه فرم‌های رایج مورد استفاده در واحد تعمیرات

الف- معایب نگهداری و تعمیرات به روش پیشگیرانه PM

۱- هرچند که تعداد توقفات پیش‌بینی نشده در مقایسه با فرهنگ قبلی کاهش می‌یابد ولی با این وجود تعداد دفعاتی که ماشین برای انجام اقدامات پیشگیرانه متوقف گردد، افزایش می‌یابد.

۲- افزایش تعداد دفعات تعمیرات، امکان خرابی قطعات سالم را در طی مراحل باز و بستن افزایش می‌دهد.

۳- بسیاری از قطعات بعد از باز کردن، هنوز قابل استفاده بوده ولی به خاطر قواعد حاکم بر این فرهنگ باید کنار گذاشته شده و تعویض گردند.

۴- اشتباه در تخمین زمان تعمیرات می‌تواند منجر به بروز خرابی زودرس در ماشین گردد.

۵- بی‌توجهی به عوامل بروز خرابی، می‌تواند منجر به بروز خرابی زودرس در ماشین گردد.

۶- بی‌توجهی به عوامل بروز خرابی، می‌تواند موجب عدم رفع خرابی اصلی گردیده و عملا تعمیرات فاقد نتیجه مطلوب باشد.

۷- این روش عملا برای ماشین‌های حساس که دارای پیچیدگی و سرعت دورانی بالایی می‌باشند، نتایج چندان مطلوبی ندارد.

ب- محاسن نگهداری و تعمیرات به روش پیشگیرانه(PM)

۱- در این فرهنگ تعداد توقفات پیش‌بینی نشده و تعمیرات اضطراری نسبت به روش قبلی کاهش می‌یابد.

۲- هزینه‌های تعمیراتی و زمان مورد نیاز برای انجام تعمیرات نسبت به فرهنگ قبلی کم‌تر است.

۳- قابلیت اعتماد ماشین‌آلات به لحاظ انجام سرویس‌های ادواری و تعویض به موقع قطعات افزایش می‌یابد.

۴- سازماندهی و برنامه‌ریزی دقیق برای انجام تعمیرات، موجب بهبود شرایط روحی و روانی حاکم بر واحد تعمیرات می‌گردد.

۵- با ارتقا کیفیت ماشین‌آلات در اثر سرویس و نگهداری مناسب همراه با افزایش تولید، کیفیت محصولات نیز بهبود می‌یابد که در نهایت موجب افزایش سوددهی سازمان می‌گردد.

۶-اطلاع از زمان انجام تعمیرات و امکان تهیه قطعات یدکی، تامین خدمات پشتیبانی، تدوین برنامه تعمیرات و اقدامات مورد نیاز قبل از انجام تعمیرات را در فرصت کافی میسر ساخته که به نوبه خود موجب کاهش زمان اجرای تعمیرات می‌گردد(محمدی و مه‌پیکر، ۱۳۹۲: ۲۰-۲۲).

نگهداری و تعمیرات به روش پیش‌بینانه[۱]

هر چند که تعمیر و نگهداری به روش پیشگیرانه(PM) توانست میزان توقف ماشین‌آلات صنعتی را به مقدار زیادی کاهش دهد ولی در هر حال نتوانست رضایت صاحبان صنایع را در حد مطلوب برآورده کند. در بررسی‌های به عمل آمده معلوم گردید که ضعف این فرهنگ را باید در موارد ذیل جستجو کرد:

۱- اشتباه در تخمین زمان مناسب برای انجام تعمیرات

۲- بالا رفتن سطح تکنولوژی ماشین‌آلات و ضعف نیروی انسانی

۳- بالا رفتن سرعت بهره‌برداری از ماشین‌آلات

۴- عدم توجه به شریط بهره‌برداری و تاثیر آن بر استهلاک قطعات

۵- وجود دیدگاه سودجویانه در توصیه‌های شرکت سازنده ماشین

بر این اساس از اوایل دهه ۸۰ جستجو برای یافتن فرهنگی مناسب برای ماشین‌آلات صنعتی(بالاخص ماشین‌های حساس و دوار) در دستور کار متخصصان و کارشناسان تعمیرات قرار گرفت. ماشین همانند انسان وقتی دچار مشکل(خرابی) می‌گردد، تغییراتی در وضعیت آن مشاهده می‌گردد. همان طوری که در بسیاری از بیماری‌ها انسان دچار تب، لرز و تغییرات در ترکیبات خون می‌گردد، ماشین‌ها(بالاخص ماشین‌های دوار نظیر کمپرسورها) دچار لرزش، بالا رفتن دما و مشاهده فلزات(ناشی از فرسایش قطعات) و آلودگی در روغن می‌گردد. از آنجا که در این روش، تعمیرات تنها بر اساس وضعیت ماشین و در صورت خرابی انجام می‌گیرد. آن را نگهداری و تعمیر بر اساس وضعیت ماشین یا به اختصار CBM[۲] نیز می‌نامند.

سازمان در تمامی زمینه‌ها از نظر نیروی انسانی، قطعات و خدمات مورد نیاز آمادگی داشته و لذا تعمیرات در کم‌ترین زمان ممکن اجرا و ماشین برای بهره‌برداری مجدد آماده می‌شود. در این روش این مدیران هستند که تصمیم می‌گیرند چه وقت ماشین را تعمیر کنند نه آن که خرابی و توقف ماشین، مدیران را مجبور به انجام تعمیرات کند.

البته بدیهی است در این روش نیز اگر هرگونه علایم خرابی مورد بی‌توجهی قرار گیرد، می‌تواند موجب تخریب سایر قطعات و توقف کامل ماشین گردد. امروزه محاسن و ویژگی‌های این فرهنگ، در تمامی صنایع و بالاخص صنایع بزرگ با روند کاری پیوسته نظیر صنایع نفت، گاز، پتروشیمی فولاد،

۱ - Predictive Maintenance

۲ - Condition –Based Maintenance

کاغذسازی و... که هزینه‌های توقف و راه‌اندازی مجدد در آن‌ها بسیار بالا باشد، به شدت به چشم می‌خورد. نگهداری و تعمیرات پیش‌بینانه در اکثر کارخانجات توسط واحد بازرسی فنی و اجرا می‌شود که اصطلاحا بخش CM[1] نامیده می‌شود.

بخش CM پس از بازدید و بررسی سوابق تعمیراتی به منظور دسته‌بندی و شناسایی ماشین‌آلات حساس که باید تحت نظر مداوم بخش CM قرار گیرند، به جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای مراقبت از وضعیت آن‌ها با استفاده از مدارک فنی سازنده، استانداردها، سوابق تعمیراتی و تجربیات سازمان می‌پردازد.

با این اطلاعات، فرهنگ تعمیراتی و گروه کاری، برآورد مواد و تجهیزات مورد نیاز، دقیق‌تر و آسان‌تر می‌شود. بخش CM از انجام تعمیرات بر روی تجهیزاتی که بر اساس نتایج بازرسی‌ها و آنالیزها نیاز به تعمیر ندارند جلوگیری می‌کند تا خسارت متداول در اجرای روتین‌های تعمیراتی نوع C کاهش یابد.

به این صورت که واحد برنامه‌ریزی تعمیرات قبل از صدور انجام روتین‌های تعمیرات پیشگیرانه از نوع C، از بخش CM می‌خواهد که شرایط ماشین را بررسی کند. بنابراین اگر بخش CM مشکل خاصی را تشخیص ندهد، تعمیرات بر روی آن ماشین لغو و از آن به بعد تحت کنترل بخش CM قرار می‌گیرد و چنانچه عیوب خاصی را تشخیص دهد، نتایج را برای انجام تعمیرات به واحد مربوطه گزارش خواهد کرد(Keith Mobley, ۲۰۰۲: ۲۷-۴۳).

تجربیات عینی نشان می‌دهد که خرابی اکثر ماشین‌آلات دوار با افزایش لرزش، افزایش دما، مشاهده ذرات جامد و تغییر در خواص شیمیایی و فیزیکی روغن، کاهش راندمان، خوردگی، افزایش توان مصرفی و غیره توام می‌باشد. بنابراین هر یک از این پارامترها، علایم مشخصه و ضعیت ماشین‌آلات بوده ودر بخش CM مورد بررسی قرار می‌گیرند.

CM از سه بخش اصلی زیر تشکیل شده است:

سخت‌افزار: شامل ابزارهای دقیق اندازه‌گیری،سنسورها، کابل‌های انتقال اطلاعات، کامپیوتر و در مجموع، کلیه تجهیزات و لوازمی است که در جهت اندازه‌گیری علایم مشخصه، جمع‌آوری و نگهداری اطلاعات مربوط به عملکرد سیستم(ماشین) به کار می‌روند.

نرم‌افزار: معمولا یک برنامه کامپیوتری است که اطلاعات تهیه شده توسط سخت‌افزار را دریافت کرده و روی آن پردازش‌های گوناگونی را انجام می‌دهد. به عنوان مثال، تهیه نمودارهای مربوط به لرزش، که نشان‌دهنده وضعیت ماشین باشد، ثبت و نمایش روند تغییرات مشخصات آن ماشین با زمان، یا اعلام

۱ - Condition Monitoring

هشدار در صورتی که یکی از علایم مشخصه ماشین وارد وضعیت بحرانی شود، از جمله فعالیت‌هایی است که یک نرم‌افزار در بخش CM انجام می‌دهد.

نیروی کارشناسی: کارشناسان بخش CM علاوه بر مدیریت برنامه‌ریزی سیستم و نظارت بر کار سخت‌افزارها و نرم‌افزارها، وظیفه نهایی را درباره تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده و تصمیم‌گیری در مورد وضعیت ماشین‌آلات را بر عهده دارند. گروه کارشناسی با استفاده از دانش و تجربه خود، داده‌های جمع‌آوری شده را ارزیابی می‌کنند و مشکل ماشین‌آلات را مشخص می‌کنند در طی سالیان اخیر سعی بر این بوده است که با به‌کارگیری از نرم‌افزارهای قوی‌تر و هوشمندتر، نقش نیروی انسانی را کم‌تر کنند ولی با این حال هنوز استفاده از کارشناسان با تجربه به منظور تشخیص نهایی عیوب امری اجتناب‌ناپذیر است. برای اجرای موفق پایش وضعیت در یک سازمان و دستیابی به نتایج مطلوب آن، حضور هر سه بخش فوق در کنار هم ضروری است و در صورت ضعف در هر یک از این بخش‌ها، نتیجه مطلوب از پایش وضعیت گرفته نخواهد شد(مایلی و چستن، ۱۳۹۳: ۳-۴).

نگهداری و تعمیرات اضطراری(EM[1])

فعالیت‌هایی هستند که در مواقع از کار افتادن تجهیزات انجام می‌شوند و به شکل اضطراری باید این گونه فعالیت‌ها را انجام داد زیرا که امکان سرایت خرابی به سایر مجموعه‌های تجهیزات وجود دارد و یا اینکه تجهیزات به طور کلی از کار افتاده و در سازمان بهکار گیرنده آن، دستگاه ضرورت حیاتی دارد و عدم کارکرد آن باعث زیان‌های مادی و جانی فراوان می‌شود(محمدی و مه‌پیکر، ۱۳۹۲: ۱۸).

نگهداری و تعمیرات اصلاحی (CM[2])

فعالیت‌هایی هستند که به منظور حفظ تجهیزات در سطح استاندارد به هنگام بروز شکست و یا پدید آمدن عیوب انجام می‌شود. این فعالیت‌ها می‌توانند به منظور اصلاح و یا بهبود وضعیت تجهیزات به کار برده شوند. در این شاخه نت امکان برنامه‌ریزی جهت تخصیص بهینه منابع و از بین بردن عیوب وجود دارد و می‌توان از انبار نمودن بیهوده ابزارآلات، تجهیزات، قطعات یدکی و مواد مصرفی جلوگیری نمود و با حداقل نیروی انسانی خدمات لازم را ارایه نمود. تفاوت نت اصلاحی با نت اضطراری در حساس بودن و یا غیرحساس بودن نوع فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات می‌باشد. این جمله بدین معنا است که در اجرای فعالیت‌های نت اضطراری نمی‌توان هیچ‌گونه تاخیری را متصور بود، ولی فعالیت‌های نت

۱ - Emergency Maintenance

۲ - Corrective Maintenance

اصلاحی را می‌توان در برنامه‌های سیستم نت وارد نمود و آن را در زمان مقرر انجام داد(معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۸: ۱۷).

نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع(TPM[1])

نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع یا TPM یک روش خاص در مدیریت نگهداری و تعمیرات است. اجرای این روش موجب خلاقیت و مشارکت تمامی پرسنل و بهبود مستمر در محیط کار می‌شود و می‌توان گفت TPM مجموعه فعالیت‌هایی است که به‌صورت اصلاح یک سیستم نت از طریق اصلاح ماشین‌آلات، دستگاه‌ها و تغییر در فرهنگ کارکنان انجام می‌گیرد.

TPM نظریه‌ای است که توسط ژاپنی‌ها در دهه ۱۹۶۰ بوسیله تجربیاتی که در زمینه نگهداری و تعمیرات در طول دهه ۱۹۵۰ در ایالات متحده کسب نموده بودند، مطرح شد. نیپوندینسو اولین شرکتی بود که تعمیرات پیشگیرانه را به صورت گسترده در سال ۱۹۶۰ اجرا نمود. تعمیرات پیشگیرانه روزنه‌ای بود برای خلق فکر جدید. اپراتورها توسط ماشین‌آلات، مشغول تولید محصول بودند و پرسنل نگهداری و تعمیرات وظیفه تعمیر این دستگاه‌ها را به عهده داشتند. با اتوماتیک شدن دستگاه‌ها حجم کار نگهداری ماشین‌آلات به شدت افزایش یافت و باید نیروی زیادی جهت انجام این کارها استخدام می‌شد. مدیریت به این فکر افتاد که فعالیت‌های روتین و ساده نگهداری را می‌توان به اپراتورها سپرد (این همان تعمیرات خود مختار است یکی از اصول TPM) واحد نگهداری و تعمیرات تنها تعمیرات تخصصی را انجام دهد. نیپوندینسو که به دنبال انجام تعمیرات پیشگیرانه بود فعالیت‌های نگهداری را به اپراتورهای تولید محول کرد و نیروی واحد نت بر روی بهینه‌سازی تجهیزات متمرکز شد. بنابراین تعمیرات پیشگیرانه و پیشگیری از تعمیرات و قابلیت دسترسی و تعمیرپذیری دستگاه‌ها افزایش یافت و نگهداری و تعمیرات بهره‌ور متولد شد. هدف نت بهره‌ور افزایش اثربخشی تجهیزات کارخانه به منظور بهینه‌سازی هزینه تولید محصول است(فرهادیان، ۱۳۸۷: ۳۳).

TPM مبتنی بر اصول زیر می‌باشد:

- بهره‌برداری هرچه کاراتر از تجهیزات
- برقراری یک سیستم جامع برای نت که در تمامی عمر مفید تجهیزات ادامه یابد
- درگیر نمودن تمام قسمت‌های سازمان در برنامه‌های سیستم نت
- مشارکت کلیه کارکنان اعم از مدیران طراز اول تا کاربران تجهیزات در سیستم نت

۱ - Total Productive Maintenance

- ایجاد انگیزش از سوی مدیریت از طریق حمایت از تشکیل و اجرای فعالیت‌ها توسط گروه‌های کوچک کاری(حاج شیر محمدی، ۱۳۹۰: ۳۷۸-۳۷۹).

نگهداری و تعمیرات ناب[۱]

نت ناب یک رویکرد نوین و نظام‌مند به سیستم نگهداری و تعمیرات است، که با تبعیت از اصول ناب به حفظ ارزش‌ها[۲] و حذف زواید[۳] می‌پردازد و در نهایت به دنبال تحقق رضایتمندی مشتری و کاربران تجهیزات می‌باشد. این رویکرد پس از رویکرد تولید ناب مطرح گردیده است. نت ناب، مجموعه‌ای از اصول، مفاهیم و تکنیک‌ها برای کمک به یافتن و حذف اتلاف می‌باشد. به طور خلاصه نت ناب ساده‌سازی، استفاده کمتر و کار بیشتر می‌باشد. نت ناب موجب افزایش در قابلیت اطمینان، دقت، کیفیت، رضایت کاربران و در دسترس بودن تجهیزات و کاهش در زمان انتظار، هزینه‌های سیستم، عیوب، دوباره‌کاری، حرکت‌های اضافی و حمل و نقل اضافی خواهد شد(Sheppard, ۲۰۰۵: ۱۱).

الف- هفت فرم اتلاف در نگهداری و تعمیرات

مفهوم محوری تولید ناب حذف هفت فرم اتلاف می‌باشد. این مفهوم می‌تواند به همان میزان در نت نیز یاری دهنده باشد.

۱. فعالیت‌های مازاد در نت

یک اتلاف کلیدی در کارخانجات تولیدی، تولید مازاد می‌باشد. فعالیت‌هایی که غالبا اجرا شده، در صورتی که هیچ نوع ارزش افزوده‌ای نداشته یا این که مشتریان تمایلی برای خرید آن‌ها ندارند. در نت این اتلاف به این صورت بیان می‌شود: اجرای فعالیت‌های نت پیشگیرانه و پیشگویانه در فواصلی کوتاه‌تر از فواصل بهینه که منجر به فعالیت‌های مازاد نت می‌گردد. نت پیشگیرانه غیر ضروری صد در صد اتلاف است.

۲. انتظار

انتظار در حوزه نت شامل انتظار دپارتمان‌های تولید برای پرسنل نت جهت سرویس‌دهی می‌باشد. انتظار برای ابزار، مستندسازی قطعات، انتظار برای حمل و نقل و دیگر موارد مشابه نیز جزء این فرم اتلاف محسوب می‌شوند. انتظار یک فعالیت دارای ارزش افزوده نمی‌باشد و باید حذف شده و یا به طور وسیعی کاهش یابد. از این رو فعالیت‌های برنامه‌ریزی و زمانبندی نت را به طور هماهنگ با تولید انجام دهید.

۱ - Lean Maintenance
۲ - Value
۳ - Waste

قطعات و مدارک را نزدیک محل انجام کار قرار دهید. ابزارهای بیشتری خریداری کرده و در نزدیکی محل مورد استفاده آن ها انبار کنید.

۳. حمل و نقل

اگر از افراد کارخانه بپرسیم که کارکنان نت چه می‌کنند، پاسخ آن ها " قدم زدن " می‌باشد. ابزارهایی که بسیار دورتر از محل انجام کار انبار می‌شوند، قطعات پر کاربردتر که از قبل مونتاژ نشده‌اند، مستندسازی‌هایی که باید صورت گیرند و سفارشات کاری برای ماشین‌هایی که در دسترس نیستند، همگی موجب حمل ونقل اضافی می‌گردند. پرسنل نت زمان زیادی را صرف قدم زدن می‌کنند که اکثر آن ارزش افزوده‌ای را به فرآیند اضافه نمی‌کند.

۴. اتلاف مربوط به فرآیند

در نت واکنشی یا پس از خرابی، تعمیرات عموما برای رساندن هرچه سریع‌تر ماشین‌آلات به سطح سرویس‌دهی هدایت می‌شوند، به طوری که گاهی اوقات موجب از دست دادن فرصت جهت اجرای تعمیرات با کیفیت‌تر و طولانی مدت‌تر می‌گردد. برنامه‌ریزی و زمانبندی نت مشابه آماده‌سازی جهت تولید بوده و کلیدهایی جهت حذف اتلاف مربوط به فرایند می‌باشد.

۵. موجودی

یک انبار معمول موجودی نت شامل ۵ درصد مواد مورد نیاز و ۳۵ درصد مواد متروک یا موادی که به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌باشد. به علاوه موجودی مخفی نیز ممکن است به صورت غیر رسمی نگهداری شود تا در دسترس بودن را در مواقع ضروری تضمین نماید. سازمان‌دهی یک راهبرد ذخیره ناب، اتلاف ایجاد شده توسط موجودی‌های مخفی و متروک را حذف خواهد کرد. موجودی جهت عملیات نت شامل انباشته‌های سفارشات کاری می‌باشد. مشابه موجودی فیزیکی، موجودی کاری بیش از حد در نت به معنای پاسخگویی کند خرابی‌های دور از انتظار می‌باشد. انباشته‌های موجودی کاری نت به معنای برنامه-ریزی و زمانبندی ناکارا می‌باشد.

۶. حرکت

حرکت اتلافی یا فرآیند غیر ضروری در عملیات نت معمولا در حیطه وظایف PM قرار می‌گیرد که هیچ نوع ارزش افزوده‌ای روی خروجی ندارد. برای مثال بازرسی ماهیانه PM روی یک پمپ که در طول سال هیچ نوع تغییر وضعیتی نداشته است، باید در فواصل طولانی‌تر مثل سالانه یا هر شش ماه یک‌بار بسته به درجه بحرانی بودن آن تجهیزات صورت گیرد.

۷. عیوب

چند بار کار بایستی تکرار شود تا به طور صحیح انجام شود؟ برگشت کار به علت تعمیر نامناسب منبع عظیمی از اتلاف می‌باشد. به کارگیری ابزارهایی همچون تجزیه و تحلیل علل ریشه‌ای می‌تواند تضمین دهد که عمل مناسبی جهت حذف منبع عیب صورت گرفته است(Larson, Habakangas ۲۰۰۲: ۲۹).

روش‌شناسی تحقیق

در این مقاله روش تحقیق، توصیفی(موردی) و با رویکرد آمیخته(کمی و کیفی)، کمی به‌صورت آمار توصیفی و بهره‌گیری از روش‌های پژوهش عملیاتی چند معیاره و کیفی به روش تحلیل محتوا می‌باشد. برای دستیابی به راهبرد مناسب جهت اجرای اقدامات خاص نگهداری و تعمیر تجهیزات، از تکنیک تاپسیس جهت اولویت‌بندی آلترناتیوها(روش‌ها) با توجه به معیارهایی که حایز اهمیت است، استفاده شده است. راه‌حل پیشنهادی توسط تاپسیس بر پایه این مفهوم است که آلترناتیو انتخابی به طور همزمان از ایده‌آل منفی دور و به ایده‌آل مثبت نزدیک است که این ویژگی، تکنیک تاپسیس را از سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری متمایز می‌کند.

جامعه آماری این تحقیق به دو دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول جامعه آماری را خبرگان بخش دفاعی تشکیل می‌دهند که ویژگی‌های دانش نظامی و فنی بالا، خدمت در بخش‌های نگهداری و مدیریتی، سابقه خدمت بالای بیست سال و میزان تحصیلات نظامی یا دانشگاهی کارشناسی ارشد و بالاتر را دارا می‌باشند و در سمت‌های معاونین و فرماندهان ارشد مرتبط با بخش‌های نگهداری و تعمیر در حال انجام خدمت بوده و تعداد آن‌ها ۹ نفر می‌باشد. دسته دوم جامعه آماری از مدیران، فرماندهان و روسای بخش‌های نت کلیه تجهیزات و سامانه‌های دفاعی در رده‌های صف و ستاد تشکیل می‌شود که با توجه به طبقه بندی بودن آمار نفرات، تعداد آن‌ها با اعمال ضرایب خاصی ۲۸۰ نفر است و حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران به دست می آید:

$$n=\frac{N*Z_{\frac{\alpha}{2}}^{2}*\sigma^{2}}{(N-1)\varepsilon^{2}+Z_{\frac{\alpha}{2}}^{2}*\sigma^{2}}=\frac{280\times3/84\times0/24}{279\times(0.02)+3/84\times0/24}=\frac{258}{5/14}=۵۰$$

یافته ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها

در راستای نیل به هدف این تحقیق و آشنایی با بهترین راهبردهای ممکن جهت انجام نگهداری و تعمیر تجهیزات و سامانه‌های دفاعی و همچنین مزایا و معایب هریک این روش‌ها، با تعداد ۹ نفر از خبرگان بخش دفاعی که ویژگی‌های دانش نظامی و فنی بالا، خدمت در بخش‌های نگهداری و

مدیریتی، سابقه خدمت بالای بیست سال و میزان تحصیلات نظامی یا دانشگاهی کارشناسی ارشد و بالاتر را دارا بوده و در سمت‌های معاونین و فرماندهان ارشد مرتبط با بخش‌های نگهداری و تعمیر در حال انجام خدمت می‌باشند مصاحبه بعمل آمد و راهبردهای مشروحه ذیل جهت نگهداری و تعمیر تجهیزات و سامانه‌های پدافند هوایی انتخاب گردید:

الف) نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه(PM)

ب) نگهداری و تعمیرات به روش پیش‌بینانه(CBM)

ج) نگهداری و تعمیرات اصلاحی (CM)

د) نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع (TPM)

ه) نگهداری و تعمیرات ناب(LM)

همچنین روش‌های یادشده فوق در سرعت انجام کار، هزینه اجرای اقدامات نت، کیفیت اجرای کار، میزان دقت، تعداد کارکنان مورد نیاز، نحوه بکارگیری نیروهای متخصص و میزان زیر ساخت‌ها مورد نیاز، با یکدیگر متفاوت می‌باشند و از موارد مذکور می‌توان به‌عنوان معیارهای قابل قبولی جهت انتخاب روش مناسب استفاده نمود.

در مرحله بعدی جمع‌بندی اطلاعات مجددا به خبرگان ارایه و از بین معیارهای ذکر شده، ۵ معیار سرعت انجام کار، هزینه اجرای اقدامات نت، کیفیت اجرای کار، تعداد کارکنان مورد نیاز و میزان دقت، انتخاب و جهت وزن دهی(مثبت و منفی) از طریق پرسشنامه به جامعه نمونه ارایه و میانگین وزن‌های داده شده در جدول شماره۲ مورد استفاده قرار گرفت.

تاپسیس و تصمیم‌گیری گروهی

با توجه به مسائل مربوط به گزینه‌های(روش‌های) گسسته، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه(MADM)[۱] ابزارهایی مفید برای حل مسائل جهان واقعی است. تصمیم‌گیرنده با انتخاب، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی تعداد معینی از فعالیت‌ها مواجه است(Hwang, Yoon,۱۹۸۱:۱۰۵). از آنجایی که تعداد بسیار زیادی تکنیک در این زمینه وجود دارد، هوانگ و یون یک طبقه‌بندی از این تکنیک‌ها را به صورت انواع اطلاعات از تصمیم‌گیرندگان، ویژگی‌های برجسته اطلاعات و یک طبقه اصلی از روش‌ها ارائه نمودند. این طبقه‌بندی، یادگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه را تسهیل می‌کند. از میان این تکنیک‌ها، تاپسیس با مفهوم معیار فاصله‌ی گزینه‌ها از راه‌حل ایده‌آل

۱- Multiple Attribute Decision Making (MADM)

و راه‌حل ایده‌آل منفی که توسط هوانگ و یون ارائه شده است، ساده و پرکاربردترین تکنیک در تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد. این مدل یکی از پرکاربردترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد(Rao, ۲۰۰۷: ۷). در این روش تصمیم‌گیری فرض بر این است که تعداد k نفر تصمیم‌گیرنده به ارزیابی m گزینه تصمیم‌گیری یا آلترناتیو می‌پردازند که توسط تعداد n معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرند(Chu, Lin, ۲۰۰۳: ۲۸٤). شاخص‌ها به دو نوع شاخصی از جنس سود که بیشتر بودن آن‌ها بهتر است و شاخصی از جنس هزینه که کم‌تر بودن آن‌ها بهتر می‌باشد، دسته بندی می‌گردند. این تکنیک بر مبنای این مفهوم استوار است که گزینه ایده‌آل نسبت به همه ویژگی‌های مورد نظر بهترین وضعیت را دارد، در حالیکه ایده‌آل منفی، گزینه‌ای است با بدترین ویژگی‌ها. مدل تاپسیس نقاطی را به عنوان راه‌حل ارائه می‌دهد که همزمان نسبت به راه‌حل ایده‌آل منفی، دورترین و نسبت به راه حل ایده‌آل مثبت، نزدیکترین باشد. در سال‌های اخیر، این مدل به طور موفقیت‌آمیزی در زمینه‌های مدیریت منابع انسانی(Chen, Tzeng, ۲۰۰٤:۳)، حمل و نقل(Tuzkaya , etc, ۲۰۰۹)، طراحی محصول(Kwong, Tam, ۲۰۰۲:۱۳٦)، تولید(Ahi , etc, ۲۰۰۹:۱۴)، کنترل‌کیفیت(Yang, Chou, ۲۰۰۵:۹–۲۱) و همچنین تعیین محل تسلیحات(Yong, ۲۰۰۶:۸۳۹–۸۴۴) مورد استفاده قرار گرفته است.

در این قسمت، روش تاپسیس و مراحل اجرای آن به صورت مختصر ارایه شده است.

مفهوم اولیه تاپسیس انتخاب بهترین گزینه از مجموعه گزینه‌های متفاوتی است که می‌بایست کوتاه‌ترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل و دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی در یک فضای اقلیدسی داشته باشد. روش تاپسیس ماتریس تصمیم ذیل که m گزینه بر حسب n معیار می‌باشد را ارزیابی می‌کند (جدول۱).

جدول(۱)ماتریس تصمیم‌گیری(R)

	C۱	C۲	C۳	⋯	Cn
آلترناتیوها	w۱	w۲	w۳	⋯	Wn
A۱	r۱۱	r۱۲	r۱۳	⋯	r۱n
A۲	r۲۱	r۲۲	r۲۳	⋯	r۲n
A۳	r۳۱	r۳۲	r۳۳	⋯	r۳n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Am	rm۱	rm۲	rm۳	⋯	rmn

در جایی‌که Ai، i امین گزینه، Cj، j امین معیار، wj وزن اختصاص داده شده به j امین معیار و rij رتبه (به عنوان مثال، در یک مقیاس ۱-۹ بالاترین رتبه، بهترین است) i امین گزینه بر حسب j امین معیار است. مراحل اجرا به صورت ذیل ارائه شده است:

گام۱: بدست آوردن وزن نسبی معیارها. روش‌های متعددی برای بدست آوردن وزن معیارها وجود دارد، اما در این گام با استفاده از تکنیک آنتروپی شانون مطابق با رابطه (۱) به محاسبه وزن نسبی هر یک از معیارها با توجه به ماتریس تصمیم می‌پردازیم.

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}; \quad \forall i,j$$

$$E_j = -\frac{1}{Lnm}\sum_{i=1}^{m}\left[P_{ij}.\,LnP_{ij}\right]; \quad \forall j \qquad (1)$$

$$(\text{درجه انحراف})\ d_j = 1 - E_j; \ \forall j \qquad \Rightarrow \qquad w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}; \forall j$$

گام۲: ساختن ماتریس تصمیم نرمال شده. این گام معیارهای ابعادی عملکرد را به ویژگی‌های غیر ابعادی تبدیل می‌کند. درایه‌های ماتریس R به صورت رابطه (۲) نرمال می‌شوند:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^{2}}}\ ;\ i = 1,2,\dots m\ , j = 1,2,\dots,n. \qquad (2)$$

گام۳: ساختن ماتریس موزون نرمال شده. مجموعه وزن‌های W = (w1, w2, ..., wn) به شرط $\sum w_j = 1$، که توسط تکنیک آنتروپی شانون مشخص شده است، به همراه ماتریس نرمال شده N، ماتریس موزون نرمال شده V را به صورت رابطه (۳) تشکیل می‌دهد.

$$V = W.N = \left[V_{ij}\right]_{m\times n} \qquad (3)$$

گام۴. تعیین راه‌حل‌های ایده‌آل و ایده‌آل منفی. راه‌حل‌های ایده‌آل (A^+) و ایده‌آل منفی (A^-) به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شوند.

$$A^+ = \left\{\left(\max_i v_{ij} \mid j \in J\right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J'\right)\ ;\ i = 1,2,\dots,m\right\}$$
$$= \left\{v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+\right\} \qquad (4)$$

$$A^- = \left\{\left(\min_i v_{ij} \mid j \in J\right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J'\right)\ ;\ i = 1,2,\dots,m\right\} \qquad (4$$
$$= \left\{v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-\right\}$$

به طوری که:

$$J = \{\text{j های مربوط به معیارهای مثبت}\} \qquad J' = \{\text{j های مربوط به معیارهای منفی}\}$$

در این رابطه‌ها A^+ ارجح‌ترین راه‌حل(ایده‌آل) و A^- کم ارجح‌ترین راه‌حل(ایده‌آل منفی) را نشان می‌دهند.

گام۵. محاسبه جداگانه فواصل. در این گام، مفهوم فاصله اقلیدسی n- بعدی برای اندازه‌گیری فواصل جداگانه رتبه هر گزینه از راه حل ایده‌آل و راه‌حل ایده‌آل منفی استفاده می‌شود. رابطه‌های (۵) و (۶) فرمول مربوطه را نشان می‌دهد.

$$\text{for } i = ۱, ۲, \dots, m \qquad (۵)$$

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^+\right)^2}$$

$$\text{for } i = ۱, ۲, \dots, m \qquad (۶)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2}$$

در جایی‌که s_i^+ فاصله اقلیدسی رتبه گزینه i از راه‌حل ایده‌آل و s_i^- فاصله اقلیدسی رتبه گزینه i از راه‌حل ایده‌آل منفی است.

گام۶. محاسبه ضریب نزدیکی نسبی. ضریب نزدیکی نسبی گزینه Ai با توجه به راه‌حل ایده‌آل A^+ به صورت رابطه(۷) تعریف می‌شود.

$$C_i = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^+} \qquad (۰ \le C_i \le ۱ \quad i = ۱, ۲, \dots, m) \qquad (۷)$$

گام۷. اولویت‌بندی گزینه‌ها. بهترین گزینه می‌تواند مطابق با بیشترین مقدار Ci تصمیم‌گیری شود. به این معنا که کم‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل را دارد[13].

ب: تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در این مقاله، همانطور که اشاره شد، پنج روش اجرا با پنج معیار انتخابی(هزینه، کیفیت، دقت، سرعت اجرای کار، تعدادکارکنان) جهت اولویت‌بندی در نظر گرفته شده است. معیارهای مذکور جهت وزن دهی(مثبت و منفی) از طریق پرسشنامه به جامعه نمونه ارایه شد که میانگین وزن‌های

داده شده در جدول شماره۲ قابل مشاهده است. همانطور که از جدول۲ مشخص است معیارها به دو معیار مثبت و منفی تفکیک شده است.

جدول(۲) ارزیابی هر روش با توجه به معیارها

روش‌های اجرا	معیارها				
	-تعداد کارکنان	+ سرعت	+ دقت	+کیفیت	– هزینه
PM	۳/۹۳	۱/۳۲	۱/۶۱	۲/۲۳	۴/۱۷
CBM	۳/۲۴	۴/۴۱	۳/۲۲	۳/۱۱	۲/۴۶
TPM	۲/۲۶	۳/۷۶	۴/۷۷	۳/۸۶	۲/۱۲
CM	۴/۴۳	۳/۲۲	۱/۴۴	۱/۲۲	۴/۸۴
LM	۱/۱۴	۲/۲۹	۳/۹۶	۴/۵۸	۱/۴۱

اکنون برای بدست آوردن وزن نسبی هر معیار مطابق گام۱ از داده‌های جدول۲ استفاده شده است و نتایج در جدول۳ ارائه شده است.

جدول(۳) اهمیت (وزن) نسبی معیارها

	-تعداد کارکنان	+ سرعت	+ دقت	+کیفیت	– هزینه
wj	۰/۱۹۹	۰/۱۶۵	۰/۲۲۷	۰/۱۹۴	۰/۲۱۵
Ej	۰/۹۴۶	۰/۹۵۶	۰/۹۳۹	۰/۹۴۸	۰/۹۴۲
dj	۰/۰۵۴	۰/۰۴۴	۰/۰۶۱	۰/۰۵۲	۰/۰۵۸

بعد از محاسبه ماتریس نرمال شده در گام۲ (جدول۴)، به محاسبه ماتریس موزون نرمال شده مطابق با گام۳ می‌پردازیم (جدول۵).

جدول(۴) ماتریس نرمال شده

روش‌های اجرا	معیارها				
	-تعداد کارکنان	+ سرعت	+ دقت	+کیفیت	– هزینه
PM	۲/۱۴	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۶۹	۲/۳۸
CBM	۱/۴۶	۲/۷۲	۱/۴۲	۱/۳۴	۰/۸۳
TPM	۰/۷۱	۱/۹۸	۳/۱۱	۲/۰۷	۰/۶۲
CM	۲/۷۲	۱/۴۵	۰/۲۸	۰/۲۱	۳/۲۱
LM	۰/۱۸	۰/۷۳	۲/۱۴	۲/۹۱	۰/۲۷

جدول(۵) ماتریس موزون نرمال شده

روش‌های اجرا	معیارها				
	– هزینه	+کیفیت	+ دقت	+ سرعت	–تعداد کارکنان
PM	۰/۵۱۲	۰/۱۳۴	۰/۰۸۱	۰/۰۴۰	۰/۴۲۶
CBM	۰/۱۷۸	۰/۲۶۰	۰/۳۲۲	۰/۴۴۹	۰/۲۸۹
TPM	۰/۱۳۲	۰/۴۰۱	۰/۷۰۷	۰/۳۲۷	۰/۱۴۱
CM	۰/۶۸۹	۰/۰۴۰	۰/۰۶۴	۰/۲۴۰	۰/۵۴۱
LM	۰/۰۵۸	۰/۵۶۴	۰/۴۸۸	۰/۱۲۱	۰/۰۳۶

مطابق با گام۴ راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی با استفاده از جدول۵ به صورت ذیل تعریف می‌شود:

$$A^* = \left\{ \max_j v_{ij} \quad \text{for } i = ۱, ۲, \dots, n \right\} = \{۰/۰۵۸, ۰/۵۶۴, ۰/۷۰۷, ۰/۴۴۹, ۰/۰۳۶\}$$

$$A^- = \left\{ \min_j v_{ij} \quad \text{for } i = ۱, ۲, \dots, n \right\} = \{۰/۶۸۹, ۰/۰۴۰, ۰/۰۶۴, ۰/۰۴۰, ۰/۵۴۱\}$$

در نهایت برای اولویت‌بندی روش‌ها ابتدا مطابق با گام۵ به محاسبه فواصل جداگانه رتبه هر آلترناتیو از راه‌حل ایده‌آل و راه‌حل ایده‌آل منفی پرداخته و سپس مطابق با گام۶ بر اساس بیشترین مقدار ضریب نزدیکی به اولویت‌بندی روش‌ها می‌پردازیم.

جدول(۶) فاصله اقلیدسی، ضریب نزدیکی و رتبه‌بندی

روش‌های اجرا	فاصله اقلیدسی		ضریب نزدیکی	رتبه‌بندی
	Si*	Si-	Ci	
PM	۱/۰۵۰	۰/۲۳۲	۰/۱۸۱	۴
CBM	۰/۵۶۵	۰/۷۷۹	۰/۵۸۰	۳
TPM	۰/۲۴۱	۱/۰۴۷	۰/۸۱۳	۱
CM	۱/۱۷۷	۰/۱۹۹	۰/۱۴۵	۵
LM	۰/۳۹۵	۱/۰۵۵	۰/۷۲۸	۲

همانطور که از جدول۶ مشخص است، روش‌های اجرا در ستون آخر بر حسب مقدار ضریب نزدیکی (Ci) بیشتر اولویت‌بندی شده است.

تجزیه و تحلیل

برابر نتایج بدست آمده از محاسبات(جدول شماره ۶)، فاصله روش PM(نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه) از معیارهای مثبت برابر ۱/۰۵۰ و از معیارهای منفی برابر ۰/۲۳۲، فاصله روش CBM(نگهداری و تعمیرات به روش پیش‌بینانه) از معیارهای مثبت برابر ۰/۵۶۵ و از معیارهای منفی برابر ۰/۷۷۹، فاصله روش TPM(نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع) از معیارهای مثبت برابر ۰/۲۴۱ و از معیارهای منفی برابر ۱/۰۴۷، فاصله روش CM(نگهداری و تعمیرات اصلاحی) از معیارهای مثبت برابر ۱/۱۷۷ و از معیارهای منفی برابر ۰/۱۹۹، فاصله روش LM(نگهداری و تعمیرات ناب) از معیارهای مثبت برابر ۰/۳۹۵ و از معیارهای منفی برابر ۱/۰۵۵ می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

این مقاله به ارزیابی و انتخاب راهبردهای نگهداری و تعمیر سامانه‌های دفاعی می‌پردازد. بدین منظور با توجه به نظرات خبرگان بخش دفاعی، از پنج معیار سرعت انجام کار، هزینه اجرای اقدامات نت، کیفیت اجرای کار، تعداد کارکنان مورد نیاز و میزان دقت، جهت اولویت‌بندی روش‌های اجرا استفاده شده و معیارهای مذکور توسط جامعه نمونه مورد سنجش و وزن دهی قرار گرفته‌اند. از آنجایی‌که بعضی از معیارها جنبه مثبت و برخی جنبه منفی دارند، لذا با تکنیک تصمیم‌گیری تاپسیس؛ هر روش را از این دو جنبه مورد بررسی قرار داده و با توجه به معیارهای مورد نظر، روشی به عنوان راه مناسب در نظر گرفته می‌شود که از معیارهای مثبت کم‌ترین فاصله و از معیارهای منفی بیشترین فاصله را داشته باشد. نتایج رتبه‌بندی نشان می‌دهد، برای مواجه با شرایط مورد بررسی، روش نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع با توجه به فاصله کم‌تر از معیارهای مثبت و همچنین فاصله بیشتر از معیارهای منفی، شرایط ایده‌ال‌تری نسبت به سایر روش‌های مورد بحث داشته و روش مناسب جهت نگهداری و تعمیر سامانه‌های دفاعی خواهد بود.

با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهاد می‌گردد مدیریت‌های نگهداری و تعمیرات در بخش‌های دفاعی ضمن آموزش مبانی و روش‌های اجرایی نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع به پرسنل زیر مجموعه بخش‌های مختلف نگهداری و تعمیرات، الزامات پیاده‌سازی و نهادینه نمودن روش یاد شده را فراهم نموده و با رصد آخرین نظریات و تکنیک‌های جدید، در صورت لزوم تغییرات مورد نیاز را اعمال نمایند.

منابع

الف– فارسی

۱. آقایی، رضا و دیگران(۱۳۹۴)، شناسایی و رتبه بندی شاخص های کلیدی مؤثر بر نگهداری و تعمیرات چابک با استفاده از رویکرد دلفی فازی و دیمتل فازی، ***فصلنامه مدیریت صنعتی***، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۴، زمستان۱۳۹۴،صص ۴۱-۷۲.

۲. اسماعیلیان، مجید و دیگران، ارائه روش‌های ابتکاری جدید برای زمان‌بندی تعمیرات پیشگیرانه، ***فصلنامه مدیریت تولید و عملیات***، دوره چهارم، شماره پیاپی۸ ، تابستان ۱۳۹۲، صص۲-۱۹.

۳. حاج شیرمحمدی، علی، (۱۳۹۳)، ***"برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات"***، تهران: انتشارات غزل.

۴. حاج شیر محمدی ، علی، ۱۳۹۰، ***نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر***، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.

۵. فرج‌پور خاناپشتانی، حبیب و دیگران، بکارگیری رویکرد ترکیبی FA، AHP و TOPSIS برای انتخاب و رتبه‌بندی راهبردهای مناسب نگهداری و تعمیرات، ***فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی***، سال سیزدهم، شماره۳۹ ، زمستان۹۴، صص ۳۵-۶۲.

۶. فرهادیان، بابک، (۱۳۸۷)، ***"نگاهی به نظام TPM و جایگاه شاخص OEE در نگهداری و تعمیرات"*** ، اصفهان: انتشارات ارکان دانش .

۷. کرباسیان، مهدی و دیگران، بهینه‌سازی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه مبتنی بر قابلیت اطمینان سیستم برمبنای هزینه‌ها و قابلیت اطمینان وابسته به مکان اجزای سیستم، ***فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت تولید و عملیات***، سال اول، شماره اول، پاییز و زمستان ۱۳۸۹، صص۱۹-۳۰.

۸. مایلی، آر کیت و چستن، لاری، ترجمه: قلیزاده،حسین، ۱۳۹۳، ***نگهداری و تعمیرات***، نت اصول مکانیکی، نشر طراح.

۹. محمدی جلالی، ناصر و مه‌پیکر، محمدرضا، ۱۳۹۲، ***نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر***، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۰. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۸، ***مدیریت نگهداری وتعمیرات ماشین آلات عمرانی***، نشریه شماره۴۴.

۱۱. نیلی پورطباطبایی، سیداکبر و علی محمدی، مهدی، توسعه مدل EPQ با اعمال نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، محصول معیوب، کمبود و موجودی در جریان ساخت، ***فصلنامه علمی***

پژوهشی مدیریت تولید و عملیات، دوره چهارم، شماره ۶ ، تابستان ۱۳۹۱، صص ۷۰-۸۴

۱۲. ویسی، امید، (۱۳۹۴)، ***"برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات"***، تهران : انتشارات دانشگاه افسری امام علی (ع).

ب– انگلیسی

۱. Keith Mobley. R, ***An Introduction To Predictive Maintenance***, ۲nd edition ,Elsevier Science,۲۰۰۲.

۲. Pintelon, L., Gelders, L., VanPuyvelde, F., ***Maintenance Management*** , second ed. Acco Belgium, Leuven. ۲۰۰۰ .

۳. Wang.L, J. Chua, J. Wu, Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process, ***International Journal of Production Economics Volume ۱۰۷***, Issue ۱, May ۲۰۰۷.

٤. Jill Sheppard. "***Bringing Lean into Maintenance***", Springsteen Publishing LLC, Copyright ۲۰۰٥.

٥. Susan J. Larson, Craig W. Habakangas, "***New Pathway to Business Success-Lean Maintenance***", the Boeing Company April ۲۰۰۲.

٦. Chu TC, Lin YC, (۲۰۰۳), ***A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection***, Int J Adv Manuf Technol ۲۱:۲۸٤–۲۹۰.

۷. Chen, M.F Tzeng, G.H. (۲۰۰٤), ***combining gray relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host***.

۸. Tuzkaya ,Gülfem, Gülsün ,Bahadır, Kahraman ,Cengiz, Özgen ,Dogan (۲۰۰۹), An integrated fuzzy multi-criteria decision making methodology for material handling equipment selection problem and an application,***Expert Systems with Applications***, p۳۷

۹. Kwong, C.K.Tam, S.M. (۲۰۰۲), Case-based reasoning approach to concurrent design of low power transformers, ***Journal of Materials Processing Technology,*** ۱۲۸ ۱۳٦–۱٤۱.

۱۰. Ahi ,Arshia, Aryanezhad, Mir.B, Ashtiani, Behzad, Makui ,Ahmad, (۲۰۰۹), A novel approach to determine cell formation, intracellular machine layout and cell layout in the CMS problem based on TOPSIS method,***Computers & Operations Research,*** ۳٦ ۱٤۷۸ – ۱٤۹٦

۱۱. Yang, T. Chou, P. (۲۰۰٥), solving a multiresponse simulation–optimization problem with discrete variables using a multi-attribute decision-making method, ***Mathematics and Computers in Simulation,*** ۲۱.

۱۲. Yong Deng, (۲۰۰٦), ***Plant location selection based on fuzzy TOPSIS***,Int J Adv Manuf Technol ۲۸: ۸۳۹–۸٤٤.