

مدیریت نگهداری و تعمیرات تجهیزات کارگاهی از طریق انتخاب استراتژی نت مناسب مراکز آموزش فنی و حرفه‌ای با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

مطالعه موردی: کارگاه ماشین ابزار مرکز آموزش فنی و حرفه‌ای سمنان

مهدی دارائی^۱

چکیده

نگهداری و تعمیرات ایفاگر نقشی کلیدی در بسیاری از پارامترهای مؤثر آموزش همچون قابلیت اطمینان، دسترسی، کیفیت آموزش، کاهش ریسک، افزایش بازدهی و ایمنی تجهیزات می‌باشد. هدف کلی فرآیند نگهداری و تعمیر، افزایش منافع حاصل از انجام عملیات و بهینه کردن هزینه‌های چرخه عمر با در نظر گرفتن کلیه ملاحظات ایمنی و مقوله‌های زیست محیطی می‌باشد. لذا انتخاب یک استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات به منظور افزایش قابلیت دسترسی و اطمینان تجهیزات آموزشی بدون افزایش هزینه از الزامات یک محیط آموزشی می‌باشد. عدم توجه به این مسأله در حال حاضر یکی از مشکلات فراروی سیستم آموزشی سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای می‌باشد. در این پژوهش با بررسی بکارگیری تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مقایسه روش‌های نت موجود بهترین روش نگهداری تجهیزات و اموال سازمان را در کارگاه‌ها، مورد مطالعه قرار گرفت و آنچه از تحلیل و مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها منتج گردید، برتری معنادار استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) نسبت به سایر گزینه‌های نت را مشخص نمود.

واژگان کلیدی: نگهداری و تعمیرات، تحلیل سلسله مراتبی، ماشین ابزار

^۱مدیر مسابقات ملی و بین‌المللی مهارت سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور، کارشناس ارشد مدیریت صنعتی

مقدمه

مدیران صنایع به صورت پیوسته با فشار و محدودیت در جهت کاهش هزینه‌های تولید و هزینه‌های کل مواجه می‌باشند و همواره ساختارها و فرآیندهای عملیاتی و پشتیبانی خود را به نحوی طرح ریزی و اجرا می‌نمایند که بتوانند علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید به اهدافی نظیر بهینه کردن سطح کیفیت، افزایش سهم بازار و افزایش حاشیه سود دست یابند. یکی از مهم‌ترین هزینه‌های یادشده را می‌توان هزینه تعمیرات و نگهداری دانست که با توجه به نوع صنعت و استانداردهای مورد استفاده می‌تواند از ۱۵ تا ۷۰ درصد هزینه‌ها را شامل شود (آقائی، نصرت پناه، و جوادیان، ۱۳۸۹). نگهداری و تعمیرات ایفاگر نقشی کلیدی در بسیاری از پارامترهای مؤثر تولید همچون قابلیت اطمینان، دسترسی، کیفیت محصولات، کاهش ریسک، افزایش بازدهی و ایمنی تجهیزات می‌باشد (ابراهیمی، همتی و رستمیان، ۱۳۸۹). تحقق نت علاوه بر بقا و تداوم تولید (احمدی، کرباسیان، علوی و پری زنگنه، ۱۳۹۱) موجب افزایش رضایت مندی، بالا رفتن سطح کیفیت محولات، بهبود بهره وری و کاهش هزینه‌های تولید می‌گردد. استراتژی‌های نت به عنوان یک سیستم اجرایی و استراتژیک می‌تواند موجب کاهش خرابی تجهیزات و شکست‌های تصادفی در صنایع گردد (پری آذر، زائری و شهرابی، ۱۳۸۶).

مروری بر پیشینه تحقیق

در میان تمامی پژوهندگان فارسی زبان، شاید جامع‌ترین مجموعه معیارها توسط پری آذر، زائری و شهرابی (۱۳۸۶) ارائه گردیده است. این معیارها شامل: کیفیت خدمات، استهلاک تجهیزات، آموزش پرسنل، هزینه نرم افزار، امکانات سخت افزاری، خرابی محصولات، امکانات نرم افزاری، زمان نصب و راه اندازی تجهیزات، نیروی انسانی ماهر، رضایت مشتری، امنیت تجهیزات، صدمات وارده بر پرسنل، هزینه سخت افزار، کیفیت تولیدات، اثرات محیطی، بازدهی تجهیزات پرسنل، دستمزد پرسنل، ریسک و قابلیت اطمینان می‌باشد. پری آذر و دیگران این معیارها را بر اساس نظرات النجار و الصیوف (۲۰۰۳)، بویلاکوآ و براگلیا (۲۰۰۰)، و وانگ و دیگران (۲۰۰۶) ارائه داده‌اند. ایشان با استفاده از تکنیک‌های آنالیز فاکتور معیارهای یاد شده را در چهار بخش اصلی برجسب گذاری نمودند.

هزینه، ارزش افزوده، قابلیت اجرا و ایمنی در نهایت نیز با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسه مراتبی از میان پنج استراتژی نگهداری اصلاحی، نگهداری پیشگیرانه، نگهداری فرصتی، نگهداری موقعیتی و نگهداری پیشگویانه استراتژی مناسب را انتخاب نموده‌اند. گروه دیگری از پژوهشگران اما روش دیگری را برای انتخاب استراتژی بهینه استفاده نموده‌اند.

نوری فر، عمادی و نوری فر (۱۳۸۸) پژوهشگرانی هستند که با بکارگیری روش آنالیز توسعه‌ای فازی و در قالب مطالعه موردی در نیروگاه شهید سلیمی نکاء با تعریف معیارهای چهار گانه ایمنی، هزینه، ارزش افزوده و امکان‌پذیری (پذیرش روش نگهداری از سوی کارکنان) که ماحصل مصاحبه با کارکنان و مدیران شرکت می‌باشد، از بین استراتژی‌های نت مبتنی بر زمان، اصلاحی، مبتنی بر شرایط و پیشگویانه استراتژی مناسب را انتخاب نموده‌اند.

صفری، سیاح زاده و صادقی (۱۳۸۹) در پژوهش خود با توجه به حوزه انجام تحقیق، یعنی بخش تولید آبگرمکن گازی مجموعه تولید لوازم گازسوز در شمال ایران، تنها به دو معیار اشاره نموده‌اند: ریسک و هزینه. آن‌ها با استفاده از روش روش تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی آرمانی و از بین چهار استراتژی نگهداری اصلاحی، مبتنی بر وضعیت، مبتنی بر ریسک و خاموشی، استراتژی مناسب را انتخاب نموده‌اند.

پژوهشگران ابراهیمی، همتی و رستمیان (۱۳۸۹) در شرکت مورد مطالعه خود که از فعالان حوزه تولید تجهیزات صنعت سیم و کابل است، بهترین روش نگهداری را بر مبنای نظر ۵ تن از خبرگان و بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انتخاب نموده‌اند. این پژوهشگران جهت انتخاب بهینه و در سیستم تصمیم‌گیری AHP معیارهایی همچون خدمات، تحویل به موقع، انعطاف‌پذیری، قیمت و کیفیت را بکار گرفته‌اند.

این انتخاب از بین پنج روش نگهداری و تعمیرات مبتنی بر کسب و کار، نت مبتنی بر شرایط، نت بهره‌ور فراگیر، نت مبتنی بر زمان و نت بر پایه قابلیت اطمینان صورت گرفته است. از سوی دیگر احمدی، کرباسیان، علوی و پری زنگنه (۱۳۹۱) ایمنی، استمرار تولید و کاهش هزینه‌های نگهداری و بازرسی و افزایش قابلیت تجهیزات اطمینان تجهیزات را مهم‌ترین دستاوردهای حاصل از اجرای یک استراتژی نگهداری و تعمیرات مناسب برای تجهیزات با درجه ریسک‌های متفاوت می‌باشد. (احمدی و دیگران ۱۳۹۱) تأکید صوفیابادی، دارائی و جمالی فیروزآبادی (۱۳۹۲) بر بکارگیری معیارهای پنج گانه ایمنی، ارزش افزوده، امکان‌سنجی، هزینه و اجراست. در این پژوهش از میان چهار روش نگهداری پیشگویانه، مبتنی بر زمان، مبتنی بر شرایط و اصلاحی با بکارگیری مدل ترکیبی کوپراس و تحلیل سلسله مراتبی فازی روش مناسب جهت بکارگیری در صنعت ماشین‌سازی پیشنهاد گردیده است.

اما محققان دیگر نگاه متفاوتی به این موضوع دارند، دیدگاه شیجیتس، ایلان کوماران و کومانان (۲۰۰۸) در خصوص روش انتخاب استراتژی مناسب بدین ترتیب است که با انتخاب ترکیبی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس و استفاده از معیارهای ۸ گانه شرایط محیطی، شکست تجهیزات، نیازمندی‌های آموزشی و انعطاف‌پذیری می‌توان از بین روش‌های نگهداری پیشگویانه، مبتنی بر شرایط، مبتنی بر قابلیت اطمینان و پیشگیرانه استراتژی مناسب را انتخاب نمود.

در نگاه جعفری، جعفریان، زارعی و زائرپور (۲۰۰۸) اما رویکرد به گونه دیگری ساختار یافته بدین ترتیب که با بهره‌گیری از روش دلفی فازی و بکارگیری معیارهای چهارگانه ایمنی (در حوزه‌های پرسنلی، ماشین آلات و محیط)، هزینه (در بخش‌های سخت افزاری، نرم افزاری و آموزش نیروی انسانی)، ارزش افزوده (در قسمت تأمین قطعات یدکی، ضایعات تولید و تشخیص و گزارش عیوب) و در نهایت امکان‌پذیری (پذیرش از سوی نیروی کار، قابلیت اطمینان تکنیک مورد استفاده) که مبتنی بر دیدگاه وانگ و دیگران (۲۰۰۷) می‌باشد.

از میان گزینه‌های مطرح، یعنی استراتژی نگهداری مبتنی بر شکست، پیشگیرانه و مبتنی بر قابلیت اطمینان، نسبت به انتخاب روش مناسب اقدام نموده‌اند. ایلان کوماران و کومانان (۲۰۰۹) در تحقیقی دیگر با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس و با لحاظ معیارهای شرایط محیطی، شکست تجهیزات، نیازمندی‌های آموزشی و انعطاف‌پذیری، از بین چهار استراتژی نگهداری پیشگیرانه، پیشگویانه، مبتنی بر شرایط و مبتنی بر قابلیت اطمینان پیشنهاد استراتژی مناسب را ارائه داده‌اند.

در تحقیقی دیگر موسوی، نظامی، حیدر و آریا نژاد (۲۰۰۹) با استفاده از تکنیک ترکیبی آنالیز فاکتور و تاپسیس فازی بر روی استراتژی‌های نگهداری پیشگیرانه، پیشگویانه، اصلاحی، فرصت طلبانه و مبتنی بر شرایط بررسی نموده و بر اساس معیارهای ارزش افزوده (کیفیت محصولات، بازدهی تجهیزات و نیروی انسانی)، هزینه (آموزش نیروی انسانی، سخت افزار، نرم افزار)، ایمنی (تجهیزات، آسیب‌های نیروی انسانی، تأصیرات محیطی)، قابلیت‌های اجرایی (منابع انسانی، فناوری و ماشین آلات) استراتژی مناسب را انتخاب نموده‌اند. راتیاناکه و مارکست (۲۰۱۰) از دیدگاه دیگری به این موضوع نگریسته است.

ایشان برای انتخاب استراتژی نگهداری بهینه از دو مجموعه معیار بهداشت، ایمنی و الزامات زیست محیطی در کنار مسائل مالی بهره برده است. بدین ترتیب که با تعریف زیرمعیارهایی مانند

کاهش میزان نشتی، آسیب دیدگی نیروی انسانی، مصلحت‌های محیط کار، ایمنی فرآیند، آسیب‌های زیست محیطی به همراه مواردی چون میزان ذخیره قطعات یدکی، هزینه بیمه، هزینه‌های عدم تولید (متوسط زمان بین دو خراب و مدت زمان خرابی دستگاه و در نهایت سرمایه‌گذاری مورد نیاز، از بین روش‌های فرصت طلبانه، مبتنی بر شرایط، اصلاحی و مبتنی بر زمان، روش مناسب را انتخاب نمودند.

از سوی دیگر زعیم، تورک ایلماز، آکار، التورکی و دمیرل (۲۰۱۲) با بکارگیری ترکیب تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل شبکه‌ای با استفاده از شاخص‌های ارزش افزوده، هزینه، ایمنی، مسائل اجرایی از میان روش‌های نگهداری دوره‌ای، اصلاحی و پیشگویانه (مبتنی بر شرایط) روش بهینه را جهت مورد مطالعه خود روزنامه زمان در کشور ترکیه انتخاب نمودند. فولادگر، یزدانی چمیزی، لشگری، زاوادسکاس، تورسکیس (۲۰۱۱) در پژوهش خود در مجموعه معدن مس سانگان به منظور یافتن بهترین روش نگهداری، از ترکیب تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و کوپراس در محیط فازی استفاده نموده‌اند. فولادگر و دیگران برای این مقصود معیارهایی نیز تعریف نموده‌اند که شامل هزینه (انبار قطعات یدکی، دستمزد نیروی انسانی، متوسط مدت زمان تعمیر، متوسط مدت زمان بین دو خرابی)، قابلیت دسترسی (فناوری، منابع انسانی)، ریسک (ضایعات تولید، آسیب نیروی انسانی، آسیب‌های محیطی)، ارزش افزوده (کیفیت محصولات، بهره‌وری، ایمنی ذاتی) می‌باشند. این محققین محدوده گزینه‌های خود را شامل روش‌های نگهداری فرصت طلبانه، زمان بندی شده، مبتنی بر اطمینان، مبتنی بر شکست و پیشگیرانه دانسته‌اند.

انواع استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات

نگهداری و تعمیرات اصلاحی

نت اصلاحی یا نت مبتنی بر خرابی یا اصطلاحاً واکنشی ساده‌ترین (موحدی، رضایی نصرتی و یزدانی، ۱۳۸۸) و در عین حال قدیمی‌ترین و اصلی‌ترین نوع در میان استراتژی‌های نت بوده (نیلی پور طباطبایی، باقرزاده نیری و شعبانی سیجانی، ۱۳۸۶) و همواره پس از آسیب یا وقوع حادثه مورد استفاده قرار می‌گیرد. (Ahuja, Khabba, ۲۰۰۸).

نگهداری و تعمیرات خودگردان (مستقل)

به منظور کاهش توقف‌های سیستم و افزایش قابلیت بهره برداری از تجهیزات، می‌توان مسؤلیت نگهداری تجهیزات را به مالک سیستم واگذار نمود. این روش را اصطلاحاً نگهداری و تعمیرات مبتنی بر تشخیص نیز نامیده‌اند (Siew-Hong, Kamaruddin, ۲۰۱۲). این روش هنگامی بکار برده می‌شود که واحد تولید و نگهداری بصورت توأمان با یکدیگر فعالیت‌های نگهداری را هدایت نمایند. در این روش نگهداری و تعمیرات دیگر صرفاً مسؤلیت بخش تعمیر و نگهداری نبوده بلکه پرسنل بخش تولید نیز در حفظ نظام نگهداری دخیل می‌شوند (Tajiri, Goto, ۱۹۹۲).

نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

مفهوم نت پیشگیرانه به معنای نوعی بررسی و معاینه تجهیزات است که به منظور پیشگیری از خرابی ماشین آلات و افزایش طول عمر تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ahuja, Khamba, ۲۰۰۸). بنا به تعریف ارائه شده از سوی هرباتی، نت پیشگیرانه در بر گیرنده آن دسته از فعالیت‌های نگهداری است که پس از گذشت مدت معینی از کارکرد ماشین آلات (اعم از زمانی یا کارکردی) بر روی تجهیز اعمال می‌گردد. و اغلب سرویس‌های دوره‌ای را شامل می‌شود (آقائی، نصرت پناه، جوادیان، ۱۳۸۹).

نگهداری و تعمیرات پیشگویانه

در این استراتژی تصمیمات نگهداری بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق ابزار آلات اندازه‌گیری مخصوص همچون سیستم‌های حسگر، فنون پایش، پایش ارتعاشات، آنالیز روغن و تست‌های اولتراسونیک اخذ می‌گردد (Zaim, Al-Turki, Acar, Turkyilmaz, Demirel, ۲۰۱۲). بر اساس نظر ایلان کوماران و کومانان نت پیشگویانه به مجموعه‌ای از روش‌ها که به منظور مشخص نمودن میزان صحت کارکرد یک ماشین را مادامی که جهت انجام وظایف خود مورد استفاده قرار می‌گیرند اطلاق می‌گردد.

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط

منظور از نگهداری مبتنی بر شرایط عبارت است از بدست آوردن علائم و نشانه‌هایی از وضعیت سیستم در حالی که ماشین مشغول به کار است، تا بر اساس آن سیستم بتواند در شرایط ایمن و

اقتصادی بکار خود ادامه دهد (موحدی، رضایی نصرتی و یزدانی، ۱۳۸۸) نگهداری مبتنی بر شرایط تحت عنوان: اجرای عملیات نگهداری در پاسخ به مشخص شدن نشانه‌های زوال و خرابی قطعه یا دستگاه و مبتنی بر ایجاد تغییرات در پارامترهای استحصال شده از واحد در حین کار یا پایش وضعیت آن تعریف شده است (Kelly)، Harris، (۱۹۷۸).

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان^۱

پژوهشگر جان موبرای نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان را اینگونه تعریف کرده است فرآیندی که برای تعیین فعالیت‌هایی که برای نگاهداشتن دارایی‌های فیزیکی در سطح مشخصی از کارایی و حفظ کارکرد آن‌ها مطابق با نظر استفاده کننده آن‌ها ضرورت دارد. از سویی دیگر محققان ایلان کوماران و کومانان بعنوان فرآیندی ساختار یافته و منطقی برای بهسازی یا بهینه‌سازی الزامات نگهداری دارایی‌های فیزیکی در زمینه کارکردی‌شان که به منظور تحقق قابلیت اطمینان ذاتی تعریف می‌نمایند (Ahuja)، Khamba، (۲۰۰۸).

نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر

نت بهره‌ور فراگیر بیشینه کردن اثر بخشی تجهیزات و کمینه کردن ضایعات ناشی از آماده‌سازی و تنظیم، حرکت بدون تولید و توقف‌های کوتاه مدت تجهیزات را کاهش داده و استفاده از تجهیزات را مطمئن می‌سازد. بررسی متون مرتبط با نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر، نشان دهنده دو رویکرد اصلی در تعریف این روش می‌باشد که شامل تعریف ژاپنی و تعریف غربی است. در دیدگاه ژاپنی نت بهره‌ور در برگیرنده مشارکت کامل همه افراد در اثر بخشی تجهیزات در حد ماکزیمم و تدوین یک سیستم جامع از سیستم نگهداری برنامه ریزی شده جامع ولی در دیدگاه غربی نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر به دنبال یک رویکرد در سطح کارخانه در جهت دستیابی به استاندارد از عملکرد تولید در سطح جهانی و در قالب اثر بخشی کلی تجهیزات ماشین آلات و فرآیندها است (عالم تبریز و بهرامی، ۱۳۸۵).

نگهداری و تعمیرات ناب

نگهداری ناب عبارت است از ارائه خدمات نگهداری به مشتریان با حداقل تلفات ممکن. این امر باعث دستیابی به نتیجه مطلوب نگهداری در شرایط مواجه با بدترین ورودی ممکن خواهد شد.

مقصود از ورودی در اینجا نیروی کار، قطعات یدکی، ابزار آلات، انرژی، سرمایه و تلاش مدیریت اس (Clarke)، Liggan, Mulryan، (۲۰۱۰). نت ناب یک عملیات تعمیر و نگهداری کنش گرایانه است که با استفاده از فعالیت‌های برنامه ریزی و زمانبندی شده، نگهداری برای رسیدن به معنایی چون افزایش قابلیت اطمینان، بهره‌وری، کارایی، کیفیت و سودآوری تلاش کرده تمرین توانمندسازی تیم‌های عملیاتی توسعه می‌دهد (آقائی، نصرت پناه و جوادیان، ۱۳۸۹) (Smith)، (Hawkings، ۲۰۰۴).

نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر ناب

نت بهره‌ور فراگیر ناب یک الگوی کسب و کار آینده‌نگر را همراه با ترکیب توانمندسازی و یادگیری در جهت عملکرد مطلوب ارائه می‌دهد. تفکر این نوع نت یک راه حل عملی برای ارتباط با بهبود مستمر و قابل رویت ایجاد می‌کند (آقائی، نصرت پناه و جوادیان، ۱۳۸۹).

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک^۱

استفاده از یک استراتژی نگهداری با رویکرد مبتنی بر ریسک، تضمین دستیابی به این اهداف است. پیشنهاد دهنده مجموعه‌ای از توصیه‌ها در زمینه چگونگی بکارگیری بسیاری از وظیفه‌ها و تکالیف پیشگیرانه در حوزه نگهداری تجهیزات است. مواردی مانند نوع، وسیله و زمان اجرای نت از آن جمله‌اند. پیاده‌سازی RBM احتمال وقوع خرابی‌های غیر منتظره را کاهش می‌دهد (Khan & Haddara، ۲۰۰۳).

نگهداری فرصت طلبانه

در این استراتژی با بررسی شباهت‌ها، کنترل تصادفی و زمان تعویض اجزای مختلف ماشین‌های مشابه، فعالیت‌های مرتبط با نگهداری سازماندهی می‌شوند. نتایج حاصل از اقدامات نگهداری مربوطه در این رویکرد می‌تواند منجر به از کارافتادگی همه تاسیسات در یک زمان شود. لذا این استراتژی نگهداری و تعمیرات نیازمند همیاری و حمایت پرسنل تولیدی است (پری آذر، زائری و شهرابی، ۱۳۸۶).

^۱RBM

تحلیل سلسله مراتبی

کاربرد فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی، علاقه محققان بسیاری در دارایی‌های ریاضی این روش را جذب کرده است و این واقعیت که داده ورودی مورد نیاز بدست آوردنش نسبتاً آسان است (تریانتا فیلو و مان ۱۹۹۵). برنامه ریزی چند معیاری از طریق استفاده از کاربرد فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی، تکنیکی برای تصمیم‌گیری در محیط‌های پیچیده که بسیاری از متغیرها یا معیارها در اولویت بندی کردن و انتخاب پیشنهادات یا پروژه‌ها در نظر گرفته می‌شوند. AHP در دهه ۷۰ توسط توماس ال. ساعتی ایجاد شد و از آن پس بطور گسترده‌ای مطالعه شد، هم اکنون در تصمیم‌گیری‌های مسائل پیچیده که مردم به کمک یکدیگر تصمیم می‌گیرند استفاده می‌شود وقتی که فهم بشر، قضاوت‌ها و نتیجه‌ها عکس العمل دراز مدت دارد (بوشان و رای ۲۰۰۴). AHP شرکت‌هایی را که اکثر اوقات تجربی هستند به مقادیر عددی‌ای که پردازش و مقایسه خواهند شد، تبدیل می‌کند. سنگینی انتقال هر داده تجربی به مدل‌های ریاضی، همکاری متمایز اصلی تکنیک AHP است و تئیکه با تکنیک‌های مقایسه‌ای دیگر مغایرت دارد. مقایسه میان دو عامل با استفاده از AHP به طرق مختلفی انجام می‌شود. با این وجود، درجه اهمیت نسبی میان دو پیشنهاد ارائه شده توسط ساعتی، بسیار استفاده می‌شود. صفت دادن مقادیری که از ۱ تا ۹ تغییر می‌کنند، درجه، اهمیت نسبی یک پیشنهاد را وقتی با پیشنهادات دیگر مقایسه می‌شود، تعیین می‌کند (ساعتی ۲۰۰۵).

معمولاً AHP با چهار مرحله زیر به کار گرفته شده است:

- ۱- سلسله مراتب تصمیم را با دقت شرح دهید: تصمیم به عناصر مستقل تجزیه می‌شود
- ۲- اهمیت صفت‌ها و زیر صفت‌ها را تعیین کنید: صفت‌های جفتی بر درجه ۹ ارزیابی می‌شوند.
- ۳- عملکرد هر پیشنهاد را بسنجید
- ۴- پایداری ارزیابی‌های ذهنی را کنترل کنید

جدول ۱- درجه اهمیت نسبی ساعتی

ارزش عددی	مفهوم لفظی برای ارزیابی عوامل ریسک	مفهوم لفظی برای ارزیابی جایگزین
۱	به همان اندازه مهم	به همان اندازه مورد نظر
۲	به همان اندازه به اهمیت نسبتاً بیشتر	به همان اندازه متوسط ترجیح داده شده
۳	نسبتاً مهم	نسبتاً مطلوب
۴	نسبتاً به شدت مهم	نسبتاً به قویا ترجیح داده شده
۵	به شدت مهم	قویا ترجیح داده شده

۶	مهم به شدت مهم	ترجیح داده شده به شدت ترجیح داده شده
۷	به شدت مهم	به شدت مورد نظر
۸	به شدت بسیار مهم	به شدت به بسیار مهم
۹	بسیار مهم	بسیار مورد علاقه

هنگامی که تمام مقایسات انجام شد وزن‌های نسبی میان هر کدام از معیارها ارزیابی و ایجاد شدند، احتمال عددی هر پیشنهاد محاسبه می‌شود. این احتمال تعیین می‌کند که پیشنهاد باید هدف مورد انتظار را تامین کند. هرچه احتمال بالاتر باشد، شانس بهتری برای برآوردن هدف نهایی مشکل حاضر وجود دارد. سودمندی AHP به طور خاص مهم است هنگامی که نامعلوم نیاز به سنجش دارند (سنجیدن ۵ پیشنهاد ضروری برای یک همکاری خوب). تیم تحقیق بر تحقیق فعال با AHP تمرکز کرد تا وزن‌های اولویت را برای عوامل ریسک مرتبط با مفهوم همکاری تعیین کند و سپس ۵ پیشنهاد را برای یک همکاری خوب ارزیابی و رتبه دهی کند.

ابزارها و روش‌های جمع‌آوری اطلاعات

در این تحقیق با استفاده از روش کتابخانه‌ای، اطلاعات موردنیاز در خصوص معیارهای انتخاب استراتژی از کتب و مقالات مرتبط استخراج گردیده است. همچنین به منظور بررسی میزان اهمیت معیارها از دید بومی، از ماتریس گردآوری داده و نظریه خبرگان بهره برداری شده است. با توجه به اینکه روش‌های تصمیم‌گیری به لحاظ منطق ریاضی به اثبات رسیده‌اند و محقق به دنبال بررسی ادعا یا رد ادعا (استنباط) نمی‌باشد لذا بررسی پایایی ابزار گردآوری اطلاعات، با استفاده از روش‌هایی همچون ضریب آلفای کرونباخ ضروری نمی‌باشد. لیکن بایستی توجه نمود معیارها و گزینه‌های تحقیق دقیقاً همان چیزی باشند که تصمیم گیرنده را به پاسخی کارا و مطلوب رهنمون نماید. در انجام این تحقیق، باعنایت به لزوم بهره‌مندی از دیدگاه افراد دارای سوابق فنی و اجرایی در حوزه تحقیق، آگاهی عمیق، وسعت نظر، توان، تخصص مناسب و تجربه کافی در خصوص هدف تحقیق؛ از نظرات ده تن از خبرگان جهت تامین نتایج تحقیق بهره برداری شده است. این خبرگان از میان مهندسان شاغل در بخش تأسیسات مکانیکی شرکت‌های مستقر در شهرک صنعتی سمنان و مریان تأسیسات مکانیکی سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور در شهرهای سمنان، نیشابور، کرج، همدان، زاهدان، اصفهان و بوشهر انتخاب شده‌اند.

روش تجزیه و تحلیل داده ها

در این پژوهش از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مقیاس قضاوت ساعتی (زنجیرچی ۱۳۹۰، ص ۳۰) منظور مشخص نمودن امتیاز هر یک از معیارها از بهره برده شده است. امتیاز حاصل از جمع بندی پاسخها تعیین کننده امتیاز معیار است. در ادامه و با بهره گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی اوزان شاخصها و زیر شاخصها، با نظر به دیدگاه خبرگان تعیین گردیده و در نهایت رتبه بندی استراتژیهای نت صورت گرفته است. در جدول زیر مجموعه معیارها حسب مطالعات صورت پذیرفته و نظر کارشناسان ارائه گردیده است.

جدول ۲- شاخصها و زیر شاخصها

زیر شاخصها	شاخصها	ردیف
ایمنی ماشین آلات	ایمنی	۱
منابع انسانی		۲
کیفیت آموزش	ارزش افزوده	۳
عیب یابی		۴
پیاده سازی	هزینه	۵
اجرا		۶
نگهداری و پشتیبانی		۷
نیروی انسانی	امکان پذیری	۸
فرآیند آموزش		۹
امکان پذیری ماشین آلات		۱۰

در این پژوهش تعداد گزینهها ۴ عدد انتخاب گردیده است. پس از ساخت مدل در برنامه Expert Choice V11 و ورود ماتریسهای مقایسات زوجی، وزن معیارها بدست آمد. اولویت بندی ۴ معیار از نظر افراد نمونه به کمک نرم افزار Expert Choice نشان داده شده است.

جدول ۳- نام گزینهها و علامت اختصاری آن ها

شرح گزینه	نام گزینه
نگهداری پیشگیرانه	PM
نگهداری پیشگویانه	PDM
نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان	RCM
نگهداری اصلاحی	CM

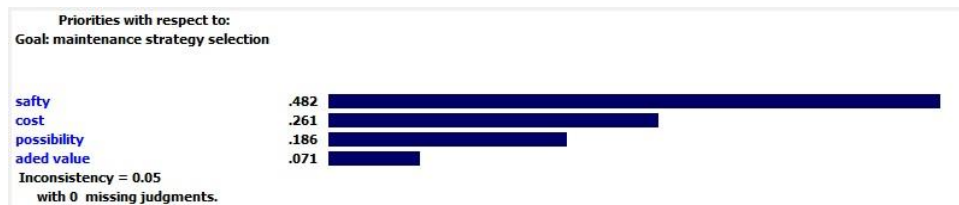
جدول ۴-اولویت بندی شاخص‌های اصلی

اولویت	وزن	شاخص‌ها	ردیف
۱	۰.۴۸۲	ایمنی	۱
۲	۰.۲۶۱	هزینه	۲
۴	۰.۰۷۱	امکان پذیری	۳
۳	۰.۱۸۶	ارزش افزوده	۴

جدول ۵- مقایسه زوجی معیارهای اصلی انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات

Compare the relative importance with respect to: Goal: maintenance strategy selection

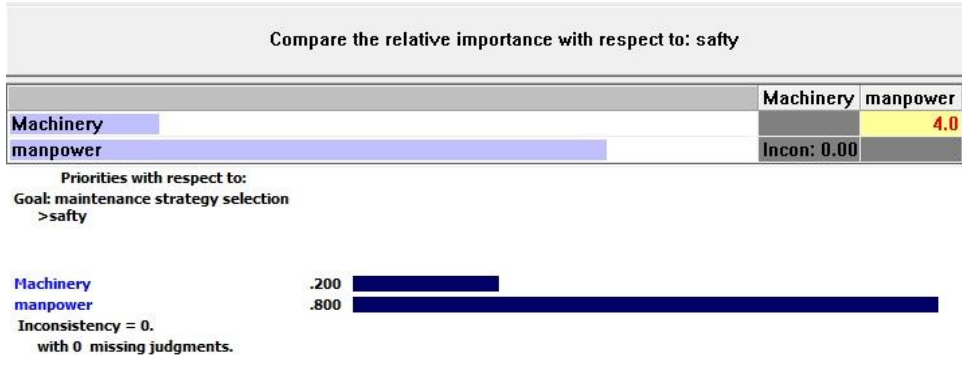
	safty	cost	aded value	possibility
safty		3.0	5.0	2.0
cost			4.0	2.0
aded value				3.0
possibility	Incon: 0.05			



جدول ۶- اولویت بندی زیر معیارهای استراتژی نگهداری و تعمیرات

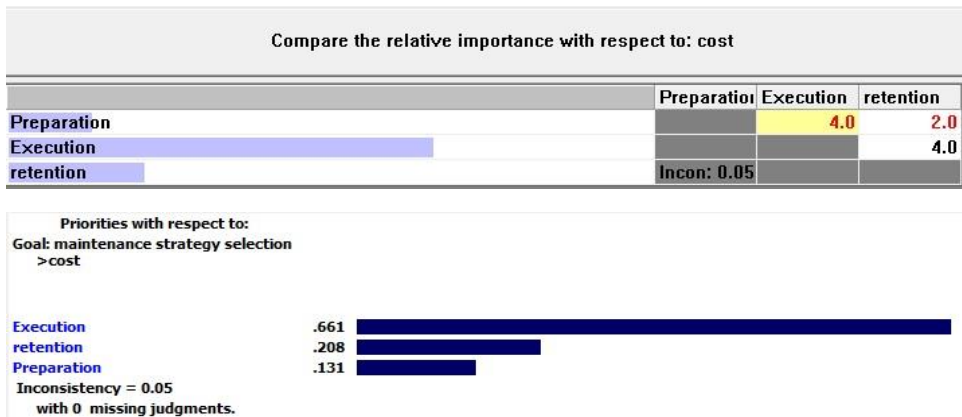
اولویت	وزن	زیر معیارها	معیارها	ردیف
۴	۰.۰۹۶	ایمنی ماشین آلات	ایمنی	۱
۱	۰.۳۸۵	منابع انسانی		۲
۶	۰.۰۵۳	کیفیت آموزش	ارزش افزوده	۳
۱۰	۰.۰۱۷	عیب یابی		۴
۸	۰.۰۳۴	پیاده سازی	هزینه	۵
۲	۰.۱۷۲	اجرا		۶
۵	۰.۰۵۴	نگهداری و پشتیبانی		۷
۷	۰.۰۵۳	نیروی انسانی	امکان پذیری	۸
۳	۰.۱۰۶	فرآیند آموزش		۹
۹	۰.۰۲۶	امکان پذیری ماشین آلات		۱۰

جدول ۷- مقایسه زوجی زیر معیارهای ایمنی



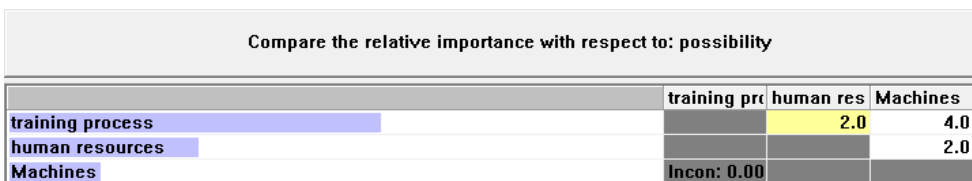
همچنانکه در جدول فوق مشاهده می‌شود، زیرشاخص منابع انسانی با وزن نسبی ۰/۸ بیشترین اهمیت را دارد. بنابراین در بین ۲ زیرشاخص بیشترین تاثیر را دارد. نرخ ناسازگاری ۰ است.

جدول ۸- مقایسه زوجی زیر معیارهای هزینه



همچنانکه در جدول فوق مشاهده می‌شود، زیرشاخص اجرا با وزن نسبی ۰/۶۶۱ بیشترین اهمیت را دارد. بنابراین در بین سایر زیرشاخص‌ها بیشترین تاثیر را دارد. نرخ ناسازگاری ۰.۰۵ است.

جدول ۹- مقایسه زوجی زیر معیارهای امکان پذیری



Priorities with respect to:
Goal: maintenance strategy selection
>possibility



همچنانکه در جدول فوق مشاهده می‌شود، زیرشاخص فرآیند آموزش با وزن نسبی ۰/۵۷۱ بیشترین اهمیت را دارد. بنابراین در بین سایر زیرشاخص‌ها بیشترین تاثیر را دارد. نرخ ناسازگاری ۰ است.

جدول ۱۰- مقایسه زوجی زیر معیارهای ارزش افزوده

Compare the relative importance with respect to: aded value		
	training qu	troublesho
training quality		3.0
troubleshooting	Incon: 0.00	

Priorities with respect to:
Goal: maintenance strategy selection
>aded value



همچنانکه در جدول فوق مشاهده می‌شود، زیرشاخص کیفیت آموزش با وزن نسبی ۰/۷۵ بیشترین اهمیت را دارد. بنابراین در بین سایر زیرشاخص‌ها بیشترین تاثیر را دارد. نرخ ناسازگاری ۰ است.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته با نرخ ناسازگاری ۰/۰۶ اولویت اول در انتخاب روش تعمیر و نگهداری بویلر در کارخانجات مورد مطالعه متعلق به RCM می‌باشد. همچنین اولویت دوم بر اساس استراتژی PDM بوده و روش‌های PM و CM کمترین اولویت را دارند.

Synthesis with respect to: Goal: maintenance strategy selection

Overall Inconsistency = .06



نتیجه گیری

آنچه از تحلیل فوق و مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها منتج گردید، برتری معنادار استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) نسبت به سایر گزینه‌های نت می‌باشد. پیشنهاد پژوهش پیاده‌سازی نظام جامع نگهداری و تعمیرات در سطح مراکز دولتی تابعه سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور به منظور حفظ تراز تعریف شده کارایی تجهیزات و مدیریت دارائی‌های فیزیکی سازمان به عنوان پیشنهادی امری اجتناب ناپذیر بوده و پس از پیاده‌سازی نظام نت، بهره‌گیری از رویکرد نت مبتنی بر قابلیت اطمینان در ارتقاء چشمگیر کیفیت نگهداری تجهیزات و حفظ شرایط روزآمدی آن‌ها مؤثر خواهد بود.

فهرست منابع

- آقائی، ا، نصرت پناه، س و جوادیان، ر (۱۳۸۹). ارزیابی نظام موجود نگهداری و تعمیرات در واحد خودرویی ناجا. فصلنامه مطالعات مدیریت انتظامی، دوره ۵، ش ۲.
 - ابراهیمی، س. همتی، م و رستمیان، م (۱۳۸۹). انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات با استفاده از رویکرد MADM گروهی فازی. ششمین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، تهران، انجمن نگهداری و تعمیرات
 - احمدی، م، کرباسیان، م، علوی، ا، و پری زنگنه، م. (۱۳۹۱). ارزیابی ریسک تجهیزات دکل حفاری و انتخاب سیاست نگهداری و تعمیرات به روش تحلیل سلسله مراتبی. اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی، تهران.
 - پری آذر، م، زائری، م، و شهرابی، ج. (۱۳۸۶). انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات توسط تکنیک‌های آنالیز فاکتور و تحلیل سلسله مراتبی. اولین کنفرانس داده کاوی ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
 - زنجیرچی، س. (۱۳۹۰). فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی. انتشارات صناعی شه میرزادی، تهران.
 - عالم تبریز، ا، و بهرامی، م. (۱۳۸۵). ارزیابی میزان آمادگی جهت پیاده‌سازی TPM (بررسی موردی در شرکت شاسی ساز ایران). مطالعات مدیریت صنعتی، ش ۱۳، ۱-۱۸.
 - کلاهان، ف، ماموریان، م، و دوست پرست، م. (۱۳۸۶). تعیین نوع و زمانبندی بهینه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه سیستم‌های چندجزیی بر اساس قابلیت اطمینان. نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، ش ۴.
 - موحدی، م، رضایی نصرتی، و، و یزدانی، ا. (۱۳۸۸). پایش وضعیت (CM)، تحولی در کاهش هزینه صنعت. فصلنامه مدیریت توسعه و تحولش ۱، ۵۹-۷۵.
 - نیلی پور طباطبایی، س، باقرزاده نیری، م، و شعبانی سیچانی، م. (۱۳۸۶). طراحی مدل کاربردی ارزیابی متوازن عملکرد سیستم‌های نگهداری و تعمیرات. پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت، تهران.
- Ahuja J. & Khamba J. (۲۰۰۸) Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management* ۲۵(7)-۷۰۹

- Baluch N. Abdullah .C. & Mohtar S. (۲۰۱۰). *Maintenance Management Performance—An Overview towards Evaluating Malaysian Palm Oil Mill. The Asian Journal of Technology Management* ۳ (1) ۵-۱۱.
- Clarke .G. Mulryan .G. & Liggan P. (۲۰۱۰). *Lean Maintenance—A Risk-Based Approach. Pharmaceutical Engineering.*
- I. P. S A. & J. S K. (۲۰۰۸). *Total productive maintenance: literature review and directions. International Journal of Quality & Reliability Management* ۲۵(7)-۷۰۹-۷۵۶.
- Ilangkumaran M. & Kumanan S. (۲۰۰۹). *Selection of maintenance policy for textile industry using hybrid multi-criteria decision making approach. Journal of Manufacturing Technology Management* ۲۰ (7) ۱۰۲۲-۱۰۰۹.
- Kelly A. & Harris M. (۱۹۷۸). *Management of industrial maintenance. London: Newnes-Butterworths.*
- Khan F. & Haddara M. (۲۰۰۳). *Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. Journal of Loss Prevention in the Process Industries* ۵۷۳-۵۶۱ .
- N .B. .C. S. B A. & S. B M. (۲۰۱۰). *Maintenance Management Performance—An Overview towards Evaluating Malaysian Palm Oil Mill. The Asian Journal of Technology Management* ۳ (1) 1-5.
- Sepeda A. (۲۰۰۹). *A risk based maintenance approach (for facilities complying with the US OSHA PSM regulation). Journal of Loss Prevention in the Process Industries* ۷۸۴-۷۸۰ .
- Siew-Hong D. & Kamaruddin S. (۲۰۱۲). *Selection of optimal maintenance policy by using fuzzy multi criteria decision making method. In presented at the ۲۰۱۲. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management . Istanbul Turkey* ۴۴۳-۴۳۵ .
- Smith R. & Hawkings B. (۲۰۰۴). *Lean maintenance: reduce costs improve quality . and increase market share. Butterworth-Heinemann.*
- Tajiri M. & Goto F. (۱۹۹۲). *TPM implementation a Japanese approach. New York: McGraw-Hill.*
- Zaim S. Turkyilmaz A. Acar M. Al-Turki .U. & Demirel .O. (۲۰۱۲). *Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms: a case study. Journal of Quality in Maintenance Engineering* ۱۸ (1) ۲۹-۱۶ .