انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات مناسب بویلرهای فایر تیوب در کارخانجات رنگرزی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

مهدی دارائی[۱]، محمدمهدی موحدی[۲،*]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سمنان، گروه مدیریت صنعتی، سمنان، ایران

[۲] استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه مدیریت صنعتی، فیروزکوه، ایران (عهده‌دار مکاتبات)

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۴، اصلاحیه: بهمن ۱۳۹۴، پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۵

چکیده

هدف تحقیق حاضر اولویت‌بندی استراتژی‌های تعمیرات و نگهداری با استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی فازی است. انتخاب و اجرای سطح بهینه‌ای از استراتژی‌های نت با توجه به فاکتورهای مؤثری همچون در دسترس بودن، قابلیت اطمینان و توجه به سرمایه‌گذاری‌های مجدد از مسائل چندمعیاره‌ای است که مهندسان نت و مدیران صنایع با آن مواجه هستند. ساختار تصمیم‌گیری و حل مسأله تحقیق حاضر مبتنی بر بررسی معیارهای ایمنی، هزینه، ارزش افزوده و امکان‌پذیری با بررسی استراتژی‌های چهارگانه نت پیشگیرانه، نت پیشگویانه، نت مبتنی بر قابلیت اطمینان و نت اصلاحی در بویلرهای لوله دودی مورد استفاده در صنعت رنگرزی می‌باشد.

فاز اول تحقیق شامل بررسی معیارهای اصلی و زیرمعیارهای اولیه و ثانویه با استفاده از نظرات خبرگان و تعیین وزن معیارها بوده و فاز دوم شامل تعیین رتبه نهایی گزینه‌ها با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری تحلیل سلسله مراتب فازی می‌باشد. نتایج به‌دست آمده و برگرفته شده از نظرات کارشناسان نت در صنعت ریسندگی و مهندسین تأسیسات حاکی از آن است که استراتژی نت مبتنی بر قابلیت اطمینان برای این تجهیز در صنعت مورد مطالعه مناسب می‌باشد. این مقاله با استفاده از حمایت مالی سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران طی قرارداد شماره ۸۹۰۲ تهیه گردیده است.

واژگان کلیدی: نگهداری و تعمیرات، استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات، تحلیل فرآیند سلسله مراتبی فازی، بویلر فایرتیوب

۱- 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 به‌نحوی طرح‌ریزی 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 یاد شده را می‌توان هزینه تعمیرات و نگهدای دانست که با توجه به نوع صنعت و استانداردهای مورد استفاده می‌تواند از ۱۵ تا ۷۰ درصد هزینه‌ها را شامل شود[۱۳]. 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[۴]. تحقق نت علاوه بر بقا و تداوم تولید[۱۰] موجب افزایش رضایتمندی، بالا رفتن سطح کیفیت محولات، بهبود بهره‌وری 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[۲۰]. اگرچه شرکت‌های تولیدی دارای اهداف متفاوتی در انتخاب و به‌کارگیری استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات می‌باشند.

اما در اکثر موارد دارای اهداف مشترکی همچون ایمنی، هزینه، ارزش افزوده و امکان‌پذیری اجرای استراتژی[۱] می‌باشند که از آنها برای انتخاب استراتژی مناسب بهره‌برداری می‌نمایند.

انتخاب استراتژی‌های نت را می‌توان با توجه به وجود معیارهای تصمیم به‌عنوان یک مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره در نظر گرفت[۲،۲۶].

این تحقیق برای یافتن پاسخی روشن، علمی و کاربردی و مقابله با قضاوت‌های مبهم کارشناسان از روش تحلیل سلسه مراتبی فازی به‌عنوان تکنیکی برای ارزیابی قضاوت‌ها استفاده نموده است. این امر باعث می‌شود تا نظرات مبهم و نامشخص کارشناسان را از طریق متغیرهای زبان‌شناختی و اعداد فازی به نتایج معینی تبدیل گردند. تحقیق حاضر پس از بررسی ادبیات موضوع پیرامون استراتژی‌های نت و استراتژی‌های چهارگانه نت پیشگیرانه، نت پیشگویانه، نت مبتنی بر قابلیت اطمینان و نت اصلاحی تلاش می‌نماید تا با بهره‌گیری از درخت تصمیم برگرفته شده از نظرات کارشناسان صنعت تأسیسات، ریسندگی و

* ma59da@yahoo.com

رنگرزی بهترین استراتژی جهت بویلرهای لوله دودی مورد استفاده در این صنعت را مورد شناسایی و تحلیل قرار دهد. لذا با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی معیارها وزن‌دهی شده و در نهایت رتبه‌بندی میان استراتژی‌های منتخب صورت گرفته است.

۲- مروری بر پیشینه تحقیق

در میان تمامی پژوهندگان فارسی زبان، شاید جامع‌ترین مجموعه معیارها توسط پری آذر، زائری و شهرابی در سال ۱۳۸۶ ارائه گردیده است. این معیارها شامل: کیفیت خدمات، استهلاک تجهیزات، آموزش پرسنل، هزینه نرم‌افزار، امکانات سخت‌افزاری، خرابی محصولات، امکانات نرم‌افزاری، زمان نصب و راه‌اندازی تجهیزات، نیروی انسانی ماهر، رضایت مشتری، امنیت تجهیزات، صدمات وارده بر پرسنل، هزینه سخت‌افزار، 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[1] و الصیوف[2] ۲۰۰۳، بویلاکوا[3] و براگلیا[4] ۲۰۰۰، و وانگ[5] و دیگران۲۰۰۶ ارائه داده‌اند. ایشان با استفاده از تکنیک‌های آنالیز فاکتور معیارهای یاد شده را در چهار بخش اصلی برچسب‌گذاری نمودند. هزینه، ارزش افزوده، قابلیت اجرا و ایمنی در نهایت نیز با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله 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 در سال ۱۳۸۸پژوهشگرانی هستند که با به‌کارگیری روش آنالیز توسعه‌ای فازی و در قالب مطالعه موردی در نیروگاه شهید سلیمی نکاء با تعریف معیارهای چهارگانه 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، سیاحزاده و صادقی در سال ۱۳۸۹ در پژوهش خود باتوجه 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 تحلیل سلسله مراتبی[6] و برنامه‌ریزی 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 در سال 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 به‌کارگیری روش تحلیل سلسه 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 به‌کار 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. شاهین، بلندی و بالوئی در سال۱۳۹۰ گروه دیگری از محققین می‌باشند که در تحقیق خود با موضوع انتخاب سیاست مناسب نگهداری و تعمیرات در کارخانه مورد مطالعه (آجر قپانچی اصفهان) معیارهای انعطاف‌پذیری، نیازمندی‌های آموزشی، مؤلفه‌های خرابی و شرایط محیطی را بر اساس نظریه شیجیتس و همکاران در سال ۲۰۰۸ را تعریف نموده و از بین استراتژی‌های نت پیشگویانه، پیشگیرانه، مبتنی بر قابلیت اطمینان و مبتنی بر شرایط سیاست مناسب را با به‌کارگیری روش AHP فازی انتخاب نموده‌اند. ویسی، صادقیان و فتاحی در سال ۱۳۹۱ گروه دیگری از پژوهشگران هستند که به‌منظور انتخاب وضعیت ماشین جهت تدوین برنامه نت از روش AHP و تاپسیس فازی بهره برده‌اند. این پژوهشگران شش معیار را برای هدف خود انتخاب نموده‌اند. حساسیت فرآیند، میانگین زمان ما بین دو خرابی، میانگین زمان تعمیر، قابلیت در دسترس بودن قطعات مورد نیاز، قابلیت در دسترس بودن پرسنل تعمیرات و بار کاری شش معیار ویسی و دیگران برای انتخاب خود بوده است. از سوی دیگر احمدی، کرباسیان، علوی و پری زنگنه در سال۱۳۹۱ 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 در سال ۱۳۹۱ لیکن معیارهای چهار گانه هزینه، ارزش افزوده، امکان‌پذیری و ایمنی، معیارهای انتخابی این پژوهشگران برای انتخاب استراتژی نت مناسب تجهیزات دکل‌های حفاری بوده است. این محققین با استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی و از میان روش‌های نت اصلاحی، نت مبتنی بر قابلیت اطمینان، نت مبتنی بر وضعیت و نت پیشگیرانه مناسبترین سیاست نگهداری را جهت موضوع مورد مطالعه انتخاب نمودند.

اما آقایی و فضلی در سال ۱۳۹۱ با تغییر روش، از رویکرد ترکیبی DEMATEL- ANP برای انتخاب روش نگهداری و تعمیرات بهره برده‌اند. ایشان با مطالعه موردی در صنعت خودروهای کار و تعریف معیارهای الزامات ایمنی، الزامات هزینه ای، الزامات استراژیک و الزامات فنی از میان ۶ روش نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، بهره‌ور فراگیر، مبتنی بر وضعیت، اصلاحی و مبتنی بر قابلیت اطمینان روش مناسب را برگزیده‌اند. تأکید صوفی‌آبادی، دارائی و جمالی فیروزآبادی ۱۳۹۲ بر به‌کارگیری معیارهای پنجگانه ایمنی، ارزش افزوده، امکان‌سنجی، هزینه و اجراست. در این پژوهش از میان چهار روش نگهداری پیشگویانه،

1 -Al-Najjar
2 -Alsyouf
3 -Bevilacqua
4 -Braglia
5 -wang
6 -AHP

مبتنی بر زمان، مبتنی بر شرایط و اصلاحی با به‌کارگیری مدل ترکیبی کوپراس و تحلیل سلسله مراتبی فازی روش مناسب جهت به‌کارگیری در صنعت ماشین‌سازی پیشنهاد گردیده است.

روش‌های تصمیم‌گیری متعددی توسط پژوهشگران جهت انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات پیشنهاد شده است که می‌توان از آن جمله به تحلیل سلسله مراتبی، تئوری مجموعه‌های فازی، الگوریتم ژنتیک، برنامه‌ریزی ریاضی، تحلیل فاکتور، تکنیک رتبه‌بندی چند معیاره ساده که از میان بیشتر نویسندگان از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی به‌صورت مستقل یا در قالب ترکیبی با سایر روش‌ها استفاده نموده‌اند. روش تصمیم‌گیری چند معیاره بر انتخاب یا رتبه‌بندی تعداد محدودی از گزینه‌ها بر اساس معیارهای از پیش تعریف شده که متناسب با اهمیت خود وزن‌دهی شده استوار است[۱۵].

در مطالعه موردی صورت گرفته بر روی پالایشگاه نفت فالکونارا ماریتیما ایتالیا که در سال ۲۰۰۰ توسط بویلاکوآ، براگلیا منتشر گردید، تحلیل سلسله مراتبی به همراه آنالیز حساسیت به‌عنوان ابزار انتخاب استراتژی مناسب نت و متناسب با معیارهای ارزش افزوده، خسارات،کاربردی بودن و هزینه پیشنهاد گردید. این محققان استراتژی مناسب را از بین روش‌های نگهداری اصلاحی، پیشگویانه، فرصت‌طلبانه، مبتنی بر شرایط و پیشگیرانه انتخاب نمودند[۱۳]. النجار و الصیوف در سال ۲۰۰۳ در پژوهشی دقیق و جامع برای انتخاب بهینه‌ترین استراتژی نگهداری و تعمیرات معیارهای سیزده‌گانه خود را معرفی نموده‌اند. این معیارها شامل شرایط کارکرد (کارکرد پیوسته یا غیر پیوسته)، میزان بار، میزان سرعت، درجه حرارت کارکرد، میزان رطوبت، میزان تابش، دمای محیطی، میزان آلودگی محیطی، کیفیت ماده روانکار، درجه حرارت کاری ماده روانکار، لقی مکانیکی، سازگازی با کیفیت اجزاء، میزان در دسترس بودن داده‌های کیفی محصول می‌باشند. از سویی دیگر برتولینی، بویلاکوآ در سال ۲۰۰۶ از تکنیک ترکیبی برنامه‌ریزی آرمانی و تحلیل سلسله مراتبی برای گزینش بهینه‌ترین استراتژی نگهداری و تعمیرات از بین سه استراتژی نگهداری پیشگیرانه، اصلاحی و پیشگویانه استفاده نمودند. ایشان این انتخاب را با به‌کارگیری معیارهایی چون وقوع، شدت، قابلیت تشخیص صورت داده‌اند. وانگ، چو، وو در سال ۲۰۰۷ نیز در مقاله خود که به‌منظور انتخاب استراتژی مناسب نگهداری بویلرهای نیروگاهی تهیه شده بود با تعریف ۴ معیار هزینه، ارزش افزوده، ایمنی و انعطاف‌پذیری و با بهره‌گیری از متد تحلیل سلسله مراتبی فازی سیاست مناسب نگهداری را از میان روش‌های نگهداری اصلاحی، مبتنی بر زمان، پیشگویانه و مبتنی بر شرایط را انتخاب نمودند. همچنین دونگ، دو و دونگ در سال ۲۰۰۸ در مقاله خود با پیشنهاد معیارهای ایمنی و محیط زیست، قابلیت اطمینان، اقتصاد، قابلیت نگهداری در تلاش برای انتخاب بهینه‌ای از استراتژی‌های نت از میان استراتژی‌های اصلاحی، مبتنی بر زمان و مبتنی بر شرایط بوده‌اند. دونگ و دیگران این تلاش را با به‌کارگیری روش الگوریتم استدلال اثباتی و تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست[1] تکمیل نموده‌اند. گاُنکار، ورما و سریویدیا در سال ۲۰۰۸ در پژوهشی با بر شمردن معیارهایی چون هزینه پایین نگهداری، بهبود قابلیت اطمینان، بهبود ایمنی، کیفیت بالای محصولات، حداقل موجودی، بازگشت سرمایه و پذیرش از سوی کارگران از میان ۳ روش نگهداری اصلاحی، پیشگویانه و پیشگیرانه با بهره‌مندی از تکنیک نظریه تقدم ساعتی و مجموعه فازی پیشنهاد خود را ارائه داده‌اند. اما محققان دیگر نگاه متفاوتی به این موضوع دارند، دیدگاه شیجیتس، ایلان کوماران و کومانان در سال ۲۰۰۸ در خصوص روش انتخاب استراتژی مناسب بدین‌ترتیب است که با انتخاب ترکیبی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس و استفاده از معیارهای ۴گانه 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 در سال ۲۰۰۸ اما رویکرد به‌گونه دیگری ساختار یافته بدین‌ترتیب که با بهره‌گیری از روش دلفی فازی و به‌کارگیری معیارهای چهارگانه ایمنی (در حوزه‌های پرسنلی، ماشین آلات و محیط)، هزینه (در بخش‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری 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 در سال 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 در سال 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 آریانژاد در سال ۲۰۰۹ با استفاده از تکنیک ترکیبی آنالیز فاکتور و تاپسیس فازی بر روی استراتژی‌های نگهداری پیشگیرانه، پیشگویانه، اصلاحی، فرصت‌طلبانه و مبتنی بر شرایط بررسی نموده و بر اساس معیارهای ارزش افزوده (کیفیت محصولات، بازدهی تجهیزات و نیروی انسانی)، هزینه (آموزش نیروی انسانی، سخت‌افزار، نرم‌افزار)، ایمنی (تجهیزات، آسیب‌های نیروی انسانی، تأثیرات محیطی)، قابلیت‌های اجرایی (منابع انسانی، فناوری و ماشین‌آلات) استراتژی مناسب را انتخاب نموده‌اند. راتیاناکه و مارکست در سال ۲۰۱۰ از دیدگاه دیگری به این موضوع نگریسته است. ایشان برای انتخاب استراتژی نگهداری بهینه از دو مجموعه معیار بهداشت، ایمنی و الزامات زیست‌محیطی در کنار مسائل مالی بهره برده است. بدین‌ترتیب که با

1 -FMEA

تعریف زیرمعیارهایی مانند کاهش میزان نشتی، آسیب‌دیدگی 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. آرونراج و مایتی در سال ۲۰۱۰ در مطالعه موردی خود با بهره‌گیری از دو معیار ریسک و هزینه و به منظور انتخاب استراتژی نگهداری، با استفاده از ترکیب برنامه‌ریزی آرمانی و تحلیل سلسله مراتبی، از میان نگهداری اصلاحی، اضطراری، مبتنی بر اطمینان، مبتنی بر زمان روش مناسب را انتخاب نموده‌اند. در این میان بشیری، بدری و حجازی در سال ۲۰۱۱ روشی نوین را استفاده نمودند. ایشان با به‌کارگیری روش تعاملی تخصیص خطی فازی و تعریف معیارهایی چون هزینه (سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، آموزش)، فاصله بین خرابی‌ها، قابلیت اطمینان ماشین‌آلات، ایمنی، انعطاف‌پذیری، قابلیت‌پذیرش توسط نیروی کار و کیفیت بالای محصول از میان سیاست‌های نگهداری اصلاحی، پیشگیرانه، مبتنی بر زمان، مبتنی بر شرایط و پیشگویانه سیاست مناسب را پیشنهاد داده‌اند. قاضی نظامی و ایلدریم در سال ۲۰۱۱ اما در پژوهش خود که برای انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات مناسب صورت پذیرفته است، به سه معیار اصلی اشاره نموده‌اند. این معیارها شامل فاکتورهای تجاری و اقتصادی (شش زیر معیار)، فاکتورهای اجتماعی (سه زیر معیار) و فاکتورهای محیطی (سه زیر معیار) می‌باشند. این پژوهشگران با ترکیب روش‌های آنالیز فاکتور و ویکور فازی از بین ۵ استراتژی پیش فرض مبتنی بر شکست، پیشگیرانه، مبتنی بر قابلیت اطمینان، مبتنی بر شرایط و بهره‌ور فراگیر روش بهینه را انتخاب و جهت به‌کارگیری در شرکت تولیدی مورد مطالعه معرفی نموده‌اند.

سیو-هونگ، دینگ و کمرالدین در سال ۲۰۱۲ با به‌کارگرفتن معیارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان و امکان‌پذیری از بین روش‌های نت خودگردان، پیشگیرانه، پیشگویانه و اصلاحی و با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی استراتژی مناسب را برای مورد مطالعه انتشارات اسکرو انتخاب نمودند. از سوی دیگر زعیم، تورک ایلماز، آکار، التورکی و دمیرل در سال ۲۰۱۲ با به‌کارگیری ترکیب تحلیل سلسله‌مراتبی 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 چمزینی، لشگری، زاوادسکاس، تورسکیس در سال ۲۰۱۱ در پژوهش خود در مجموعه معدن مس سانگان به‌منظور 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 فرصت‌طلبانه، زمان‌بندی شده، مبتنی بر اطمینان، مبتنی بر شکست و پیشگیرانه دانسته‌اند. چان و پراکاش در سال ۲۰۱۲ هم در پژوهشی دقیق و عمق‌نگر با به‌کارگیری ترکیبی موفق از تحلیل سلسله مراتبی و نگرشی نو به شیوه سنتی تاپسیس و در نظر گرفتن یازده معیار تصمیم‌گیری در محیطی فازی از بین پنج استراتژی نگهداری مبتنی بر شکست، نگهداری پیشگویانه، نگهداری مبتنی بر شرایط، بهره‌ور فراگیر و نگهداری کیفی بهره‌ور استراتژی مناسب را انتخاب نمودند. یازده معیار چان و پراکاش شامل موارد زیر می‌باشد: هزینه‌های اصلی یا ثابت (مانند هزینه‌های به‌کارگیری روش‌های پیشرفته نت که لازمه آن استفاده از روش‌های پایش وضعیت می‌باشد)، هزینه‌های اجرایی یا متغیر (مانند هزینه نیروی انسانی، هزینه تعمیرات، هزینه‌های توقف و عدم تولید و ...)، مدت زمان توقف تجهیزات به علت انجام عملیات نگهداری و تعمیرات، قابلیت اطمینان، بار تعمیرات، مهارت‌های نیروی انسانی، انعطاف‌پذیری، بهره‌وری، استفاده از امکانات، در دسترس بودن منابع دو محقق دیگر اما، بدون بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری و صرفاً در قالب جمع‌بندی نظرات فعالان در این حوزه، با مقایسه میان تحقیقات صورت گرفته در قالب ۱۸ مقاله در فاصله سال‌های ۱۹۹۵ الی ۲۰۱۱ به نتایج جالب توجهی دست یافته‌اند. از نتایج پژوهشگران گندهاره و آکارته می‌توان به تمرکز در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و خصوصاً روش تحلیل سلسله‌مراتبی و انتخاب روش‌های نگهداری اصلاحی، مبتنی بر قابلیت اطمینان و پیشگویانه اشاره نمود[۱۵].

۳- استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات

۳-۱- نگهداری و تعمیرات اصلاحی

نت اصلاحی یا نت مبتنی بر خرابی یا اصطلاحاً واکنشی ساده‌ترین[۱۶] و در عین حال قدیمی‌ترین و اصلی‌ترین نوع در میان استراتژی‌های نت بوده[۲۴] و همواره پس از آسیب یا وقوع حادثه مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲۷] همچنین بر اساس استاندارد MIL-STD-721B تعمیرات اصلاحی فعالیت‌هایی هستند که پس از وقوع خرابی و به منظور راه‌اندازی مجدد سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد[۸].

۳-۲- نگهداری و تعمیرات خودگردان (مستقل)

به‌منظور کاهش توقف‌های سیستم و افزایش قابلیت بهره‌برداری از تجهیزات، می‌توان مسؤولیت نگهداری تجهیزات را به مالک سیستم واگذار نمود. این روش را اصطلاحاً نگهداری و تعمیرات مبتنی بر تشخیص نیز نامیده‌اند[۲۴]. این روش هنگامی به‌کار برده می‌شود که واحد تولید و نگهداری بصورت توأمان با یکدیگر فعالیت‌های نگهداری را

هدایت نمایند. در این روش نگهداری و تعمیرات دیگر صرفاً مسئولیت بخش تعمیر و نگهداری نبوده بلکه پرسنل بخش تولید نیز در حفظ نظام نگهداری دخیل می‌شوند[۲۹].

۳-۳- نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

مفهوم نت پیشگیرانه به معنای نوعی بررسی و معاینه تجهیزات است که به‌منظور پیشگیری از خرابی ماشین‌آلات و افزایش طول عمر تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۱]. بنا به تعریف ارائه شده از سوی هرباتی، نت پیشگیرانه در برگیرنده آن دسته از فعالیت‌های نگهداری است که پس از گذشت مدت معینی از کارکرد ماشین‌آلات (اعم از زمانی یا کارکردی) بر روی تجهیز اعمال می‌گردد و اغلب سرویس‌های دوره‌ای را شامل می‌شود[۱]. این سرویس‌ها شامل روانکاری تجهیزات، نظافت، تعویض قطعات معیوب یا فرسوده، آچارکشی و تنظیم دستگاه می‌باشد[۱۱].

۳-۴- نگهداری و تعمیرات پیشگویانه

در این استراتژی تصمیمات نگهداری بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق ابزارآلات اندازه‌گیری مخصوص همچون سیستم‌های حسگر، فنون پایش، پایش ارتعاشات، آنالیز روغن و تست‌های اولتراسونیک اخذ می‌گردد[۲۷]. بر اساس نظر ایلان کوماران و کومانان نت پیشگویانه به مجموعه‌ای از روش‌ها که به‌منظور مشخص نمودن میزان صحت کارکرد یک ماشین را مادامی که جهت انجام وظایف خود مورد استفاده قرار می‌گیرند اطلاق می‌گردد. آنچه در این روش بایستی پیشگویی گردد، زمان خرابی قریب‌الوقوعی است که می‌تواند منجر به هزینه‌های سنگین خسارت مالی یا جانی گردد[۱۷].

۳-۵- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط

منظور از نگهداری مبتنی بر شرایط عبارت است از به‌دست 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 به کار خود ادامه دهد[۹] 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[۱۹].

۳-۶- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان[1]

پژوهشگر جان موبرای نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان را این‌گونه تعریف کرده است فرآیندی که برای تعیین فعالیت‌هایی که برای نگهداشتن 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 نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان را به‌عنوان فرآیندی ساختار یافته و منطقی برای به‌سازی یا بهینه‌سازی الزامات نگهداری دارایی‌های فیزیکی در زمینه کارکردی‌شان که به‌منظور تحقق قابلیت اطمینان ذاتی (به‌عنوان سطحی از قابلیت اطمینان که با استفاده از یک برنامه نگهداری مؤثر بدان رسید)، تعریف می‌نمایند[۱۱].

۳-۷- نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر

نت بهره‌ور فراگیر بیشینه‌کردن اثر بخشی تجهیزات و کمینه‌کردن ضایعات ناشی از آماده‌سازی و تنظیم، حرکت بدون تولید و توقف‌های کوتاه‌مدت تجهیزات را کاهش داده و استفاده از تجهیزات را مطمئن می‌سازد. عالم تبریز و بهرامی در مقاله خود و به نقل از محقق بمبر عنوان داشته‌اند بررسی متون مرتبط با نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر، نشان‌دهنده 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 اثربخشی تجهیزات در حد ماکزیمم و تدوین یک سیستم جامع از سیستم نگهداری برنامه‌ریزی شده جامع می‌باشد. دیدگاه غربی اما تعریف را به‌گونه‌ای دیگر ارائه می‌دهند. در این تعاریف چهارگانه نت فراگیر بهره‌ور این‌گونه تعریف شده است: نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر به دنبال یک رویکرد در سطح کارخانه در جهت دستیابی به استانداردی از عملکرد تولید در سطح جهانی و در قالب اثر بخشی کلی تجهیزات ماشین‌آلات و فرآیندها است[۶].

۳-۸- 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، ابزارآلات، انرژی، سرمایه و تلاش مدیریت است[۱۴]. نت ناب یک عملیات تعمیر و نگهداری کنش‌گرایانه است که با استفاده از فعالیت‌های برنامه‌ریزی و زمانبندی شده، نگهداری برای رسیدن به معنایی چون افزایش قابلیت اطمینان، بهره‌وری، کارایی، کیفیت و سودآوری تلاش کرده[۱] و بر پایه شیوه‌های تعمیر و نگهداری بهره‌ور فراگیر[2] و با استفاده از استراتژی‌های نگهداری و از طریق منطق تصمیم‌گیری برنامه نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان و تمرین توانمندسازی تیم‌های عملیاتی توسعه می‌دهد[۲۵].

۳-۹- نگهداری و تعمیرات بهره ور 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 راه‌حل عملی برای ارتباط با بهبود مستمر و قابل رؤیت ایجاد می‌کند[۱].

1- RCM
2 -TPM

۳-۱۰- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک[1]

استفاده از یک استراتژی نگهداری با رویکرد مبتنی بر ریسک، تضمین دستیابی به به این اهداف است. پیشنهاد دهنده مجموعه‌ای از توصیه‌ها در زمینه چگونگی به‌کارگیری 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 غیرمنتظره را کاهش می‌دهد[۱۸]. ریسک را می‌توان به لحاظ کمی از طرق مختلف تعریف نمود، لیکن آنچه در این بخش بدان استناد می‌گردد تعریفی است که توسط مؤسسه استانداردسازی نروژ ارائه داده شده و طبق آن ریسک را لیستی از عواقب محتمل بر خطر (شامل عواقب مترتب بر انسان، ماشین‌آلات، محیط‌زیست و منافع مالی) با احتمالات مرتبط با آن (توزیع احتمال) تعریف نموده است. همچنین در تعریفی دیگر: ریسک، ترکیبی است از احتمال وقوع خرابی در یک جزء خاص از یک تجهیز و عواقب محتمل ناشی از خرابی[۲۳].

۳-۱۱- نگهداری فرصت طلبانه

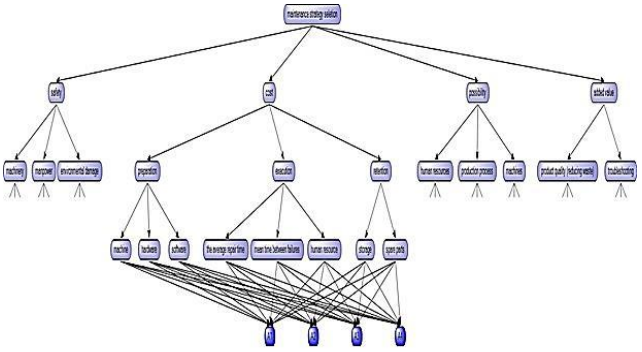
در این استراتژی با بررسی شباهت‌ها، کنترل تصادفی و زمان تعویض اجزای مختلف ماشین‌های مشابه، فعالیت‌های مرتبط با نگهداری سازماندهی می‌شوند. نتایج حاصل از اقدامات نگهداری مربوطه در این رویکرد می‌تواند منجر به از کارافتادگی همه تاسیسات در یک زمان شود. لذا این استراتژی نگهداری و تعمیرات نیازمند همیاری و حمایت پرسنل تولیدی است[۴].

جهت انتخاب بهترین گزینه به عنوان استراتژی نت در صنعت رنگرزی ابتدا درخت تصمیم مبتنی بر چهار معیار انتخاب (ایمنی، ارزش افزوده، هزینه، امکان‌پذیری) و بیست و سه زیر معیار و چهار گزینه اصلی جهت انتخاب و بررسی اولویت به شرح زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد تا در ادامه فرآیند تحقیق با به‌کارگیری تکنیک تحلیل فرآیند سلسله‌مراتبی فازی بهترین گزینه مورد انتخاب قرار گیرد. درخت تصمیم تحقیق حاضر در شکل شماره ۱ نمایش داده شده است.

٤- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

همه ما اساساً تصمیم‌گیرنده هستیم[۲۲]. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین نظام‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌نماید و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی را در مسئله فراهم می‌آورد[۷] این فرآیند در عین حال یکی از عمومی ترین روش‌های تصمیم‌گیری در خصوص مسائل پیچیده می‌باشد[۲۱].

فن FAHP، روشی سلسله مراتبی است که اساس آن بر درخت سلسله مراتب نهفته است. بر این اساس هر موضوع تصمیم‌گیری دارای درختی است که سطح یک آن را هدف، سطح دو آن را معیار و سطح آخر آن گزینه‌های رقیب یا جایگزین‌ها تشکیل داده است.



شکل (۱): درخت تصمیم گیری مسأله

چانگ در سال ۱۹۹۲ روشی بسیار ساده را برای بسط فرایند تحلیل سلسله مراتبی به فضای فازی اراده داد. این روش مبتنی بر میانگین حسابی نظرات خبرگان و روش نرمالیزه کردن ساعتی و استفاده از اعداد فازی مثلثی توسعه داده شده بود و مورد استقبال محققین قرار گرفت[۵]. چنانچه $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots x_n\}$ مجموعه اهداف و $U =$ $\{u_1, u_2, u_3, \dots u_n\}$ مجموعه آرمان‌ها (اهداف) باشد، آنگاه طبق روش تحلیل توسعه‌ای چانگ با در نظر گرفتن هر هدف، آنالیز توسعه را می‌توان برای هر یک از آرمان‌ها (g_i) انجام داد. بنابراین می‌توان به‌صورت زیر m مقدار آنالیز توسعه برای هر هدف داشت.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{i}\right]^{-1}$$

چنانچه$M_{g_i}^{i} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشد، آنگاه$\sum_{j=i}^{m} M_{gi}^{i}$ به وسیله عملگر جمع فازی روی تحلیل توسعه‌ای m آرمان به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left[\sum_{j=1}^{m} l_i, \sum_{j=1}^{m} m_i, \sum_{j=1}^{m} u_i\right]$$

همچنین برای به‌دست آوردن $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{i}\right]^{-1}$ با اعمال عملگر جمع فازی خواهیم داشت:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$$

بنابراین:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$$

مرحله ۲: محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکان‌پذیری) M_1 بر M_2 .

1 -RBM

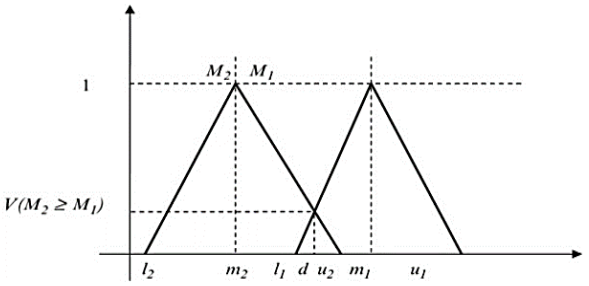
چنانچه $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ باشد،آنگاه درجه ارجحیت (یا احتمال بزرگتر بودن) M_2 بر M_1 که به‌صورت $V(M_2 \geq M_1)$ نمایش داده می‌شود، به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = sup_{y \geq x}\left[min\left(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)\right)\right]$$

که برای اعداد فازی مثلثی معادل با رابطه زیر است:

$$\mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & if\ m_2 \geq m_1 \\ 0, & if\ l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & otherwise \end{cases}$$

که d متناظر با بزرگترین نقطه تقاطع بین μM_1 و μM_2 است. شکل ذیل نمایش‌دهنده نقطه d می‌باشد:



شکل (۲)

مرحله ۳: محاسبه درجه ارجحیت (درجه امکانپذیری) یک عدد فازی محدب M که بزرگتر از k عدد فازی محدب $M_i = (i = 1,2,3, \dots, k)$ باشد، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) =$$
$$V[(M \geq M_1) and (M \geq M_2) and \dots and (M \geq M_k)] =$$
$$min V(M \geq M_i),\ i = 1,2, \dots.$$

چنانچه برای هر $k = 1,2,3, \dots, n; k \neq i$ فرض کنیم $\acute{d}(A_i) = min\, v(s_i \geq s_k)$ آنگاه بردار وزن به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$W' = \left(d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n)\right)^T$$

مرحله ۴: نرمالیزه کردن بردار $\acute{w}$ و به‌دست آوردن بردار وزن نرمالیزه شده w که عددی غیر فازی است.

$$W = \left(d\,(A_1), d\,(A_2), \dots, d\,(A_n)\right)^T$$

۵- مطالعه موردی

شرکت کارخانه‌جات ریسندگی و رنگرزی کرک نخ سمنان، شرکتی متوسط و با سابقه در تولید نخ‌های اکریلیک است که در تولید و رنگرزی نخ‌های الیاف بلند فعال است. به‌منظور تأمین درجه حرارت لازم و مورد نیاز در دیگ‌های رنگرزی، شرکت از دو دستگاه دیگ بخار لوله دودی[1] استفاده می‌کند. نگهداری این دیگ‌ها و نگهداری آنها در مدار تولید با استفاده از روش‌های نگهداری پیشگیرانه صورت می‌پذیرد. به‌منظور بهبود کیفی و ارتقای سطح خدمات این واحد بدون سرمایه‌گذاری اضافی در این حوزه هدف این تحقیق می‌باشد. برای این مقصود روش FAHP به‌منظور انتخاب گزینه مناسب مورد استفاده قرار گرفته است. با مشخص شدن گزینه‌ها و معیارهای تصمیم که در بخش‌های قبل به آن اشاره شد جهت انتخاب استراتژی با توجه به مدل ارائه شده ابتدا می‌بایست وزن معیارهای تصمیم‌گیری با استفاده از تحلیل سلسله مراتب فازی محاسبه گردد. در این مرحله جهت محاسبه وزن از نظر ۱۵ خبره در صنعت رنگرزی و تأسیسات مکانیکی بهره‌مند شده‌ایم. با انجام گام‌های سلسله مراتب فازی اوزان قطعی به‌دست آمده برای معیارها و زیرمعیارها به شرح زیر تعیین گردید:

جدول (۱): ماتریس اوزان نهایی معیارها نسبت به انتخاب استراتژی نگهداری

مولفه	وزن قطعی نهایی مولفه‌ها
ایمنی	۰.۳۶۱
هزینه	۰.۳۳۹
امکان پذیری	۰.۱۷
ارزش افزوده	۰.۱۳

1 -Fire Tube Steam Boiler

جدول (۲): ماتریس اوزان نهایی زیر معیارها نسبت به انتخاب استراتژی نگهداری

مولفه	وزن قطعی نهایی مولفه‌ها
ماشین‌آلات	۰.۱۳۱
نیروی انسانی	۰.۲۳
آسیب‌های زیست محیطی	۰
پیاده سازی	۰.۰۹۶
اجرا	۰.۱۸۳
نگهداری و تعمیرات	۰.۰۶
منابع انسانی	۰.۰۶۱
فرآیند تولید	۰.۰۶۲
ماشین‌آلات	۰.۰۴۷
کیفیت محصولات (کاهش ضایعات)	۰.۰۸۳
عیب یابی	۰.۰۴۶

جدول (۳): ماتریس اوزان نهایی زیر معیارهای نسبت به انتخاب استراتژی نگهداری

مولفه	وزن قطعی نهایی مولفه‌ها
آموزش	۰.۰۵۹
سخت‌افزار	۰.۰۱۷
نرم‌افزار	۰.۰۲
متوسط زمان تعمیر	۰.۰۸۴
متوسط زمان بین تعمیرات	۰.۰۶۴
منابع انسانی	۰.۰۳۵
انبارداری	۰.۰۱۱
قطعات یدکی	۰.۰۴۹

ادامه فرآیند محاسبه جهت انتخاب مناسب ترین استراتژی با استفاده از تکنیک FAHP و به‌کارگیری نتایج بخش پیشین منجر به رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم گردید.

جدول (٤): ماتریس اوزان نهایی گزینه‌ها نسبت به انتخاب استراتژی نگهداری و اولویت‌بندی آنها

مولفه	وزن قطعی نهایی گزینه‌ها	اولویت بندی بر اساس وزن قطعی
PM	۰.۱۵	۳
PDM	۰.۲۸۱	۲
RCM	۰.۵۲۲	۱
CM	۰.۰۴۷	۴

٦-نتیجه‌گیری

به‌کارگیری ماشین آلات و تجهیزات با فناوری به روز در صنعت ریسندگی و رنگرزی موجب شده است تا مدیران همواره به ایجاد تعادل میان هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، هزینه‌های عملیاتی فکر نمایند. این مدیران تلاش می‌نمایند تا از طریق یکپارچه‌کردن رویه‌ها و فرآیندها بتوانند به توازن در هزینه و منفعت دست یابند. بررسی تجربه کارشناسان صنعت نشان می‌دهد، اکثر هزینه‌هایی که پس از خرید تجهیزات و ماشین‌آلات به سازمان‌های صنعتی قالب می‌شود ناشی از عدم شناخت جامع نسبت به ریسک‌ها، نقاط شکست و خرابی و خطاهای یک ماشین یا ابزار کار می‌باشد. چنانچه بخواهیم از ادبیات صرفا آکادمیک و اثبات فرضیه‌های پوچ که منجر به مرگ یک تحقیق خواهند شد فاصله بگیریم و رویکردی کاربردی به مسئله مطرح شده در پژوهش حاضر داشته باشیم باید اذعان کنیم که صنایع از اطلاعات جامع برخوردار نمی‌باشند و باید صرفا بر اساس آزمون و خطا، روش‌هایی منظم در نگهداری و تعمیرات از یک ماشین را به‌دست آورند و این در صورتی است که امروز در ادبیات علمی و کاربردی جهان بیش از ۱۱ نوع راهبرد نت قابل به‌کارگیری می‌باشد. بررسی تجربیات در صنعت ریسندگی و رنگرزی نشان می‌دهد بروز یک خطا از سوی اپراتور می‌تواند حتی به مرگ ماشین منتهی شود تا هزینه‌ها در دفاتر مالی با ضریب تکاثری مواجه گردند. هدف نگارنده در سطرهای قلم‌فرسائی شده فوق این هست که یک بار دیگر به اهمیت نت در صنایع توجه کند. انتخاب استراتژی نت می‌تواند براساس شناسایی ریسک در ماشین، نقاط شکست و خرابی و بررسی سایر معیارها که توسط تیم مدیریت مورد توجه قرار گیرد. اگرچه محققان در این پژوهشی فرصتی برای شناسایی ریسک ماشین‌آلات در اختیار نداشته‌اند و صرفا براساس انتخاب معیارهای مدیریت سعی در انتخاب مناسب‌ترین استراتژی داشته‌اند، اما قطعا بررسی ریسک می‌تواند راهکار مناسب‌تری در انتخاب استراتژی نت باشد. هدف محققان در این تحقیق صرفا ارائه یک نمونه عملی شده برای انتخاب یک استراتژی نت بر اساس رویکردهایی نوین‌تر بوده است تا مدیران و سایر مخاطبان بتوانند با نگرشی جامع‌تر فعالیت‌های نت خود

را پیگیری نمایند.

در این تحقیق چهار راهبرد نت براساس مرور ادبیات علمی معرفی گردید و تلاش شد با گردآوری نظرات خبرگان در قالب ۱۹ زیر معیار و ۴ معیار اصلی با به‌کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی بهترین راهبرد نت در صنعت رنگرزی مورد انتخاب قرار گیرد. نتایج حاصل از بررسی نظرات خبرگان پس از دیفازی شدن نظرات، بردار وزن معیارهای مسئله را تشکیل داد و سپس مجدداً نظرات خبرگان گردآوری شد. بررسی‌های ما نشان می‌دهد نت پیشگیرانه مبتنی بر زمان از اولویت بالاتری در این صنعت برخوردار می‌باشد. محققان هیچ پیشنهاد آکادمیکی برای تحقیقات آتی مبنی بر تلفیق تئوری‌های کمی یا کیفی مختلف با یکدیگر ندارد اما اضافه می‌نمایند، مدیران محترم نت می‌توانند برای انتخاب استراتژی مناسب نت ابتدا ریسک هر دستگاه با توجه به نقاط خرابی یا شکست بالقوه را محاسبه و تحلیل نمایند و براساس عامل‌های تحلیل شده از این نقاط، استراتژی خود را انتخاب نمایند.

منابع و مأخذ

[۱] آقائی، اصغر. نصرت‌پناه، سیاوش. جوادیان، رضا. (۱۳۸۹)، **ارزیابی نظام موجود نگهداری و تعمیرات در واحد خودرویی ناجا، فصلنامه مطالعات مدیریت انتظامی**، ش ۵، ص ۳۰۵–۳۲۱.

[۲] ابراهیمی، سیدکاظم. همتی، محمد. رستمیان، مهدی. (۱۳۸۹)، **انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات با استفاده از رویکرد MADM گروهی فازی، ششمین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، تهران، انجمن نگهداری و تعمیرات.**

[۳] احمدی، مهرشاد. کرباسیان، مهدی. علوی، ابوالقاسم. پری زنگنه، مینا (۱۳۹۱)، **ارزیابی ریسک تجهیزات دکل حفاری و انتخاب سیاست نگهداری و تعمیرات به روش تحلیل سلسله مراتبی، اولین کنفرانس بین‌المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی، تهران.**

[٤] پری آذر، محمود. زائری، محمد سعید. شهرابی، جمال. (۱۳۸٦). **انتخاب استراتژی نگهداری و تعمیرات توسط تکنیک‌های آنالیز فاکتور و تحلیل سلسله مراتبی. اولین کنفرانس داده کاوی ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.**

[۵] زنجیرچی، سید محمود. (۱۳۹۰). **فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی**. انتشارات صانعی شهمیرزادی، تهران

[٦] عالم‌تبریز، اکبر. بهرامی، مریم. (۱۳۸۵). **ارزیابی میزان آمادگی جهت پیاده‌سازی TPM (بررسی موردی در شرکت شاسی‌ساز ایران). مطالعات مدیریت صنعتی، ش ۱۳**، ص ۱–۱۸.

[۷] قدسی‌پور، سیدحسن. (۱۳۸۹)، **فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)**، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

[۸] کلاهان، فرهاد. مامؤریان، مجتبی. دوست‌پرست، محمد. (۱۳۸٦). **تعیین نوع و زمانبندی بهینه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه سیستم‌های چندجزیی بر اساس قابلیت اطمینان، نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران، ش٤**، ص ۵۱۱–۵۲۳

[۹] موحدی، محمد مهدی. رضایی نصرتی، ولی‌الله. یزدانی، امیرعباس. (۱۳۸۸). **پایش وضعیت(CM)، تحولی در کاهش هزینه صنعت. فصلنامه مدیریت توسعه و تحول ش ۱**، ص ۵۹–٦۵.

[۱۰] نیلی‌پورطباطبایی، سیداکبر. باقرزاده‌نیری، مهدی. شعبانی‌سیچانی، . مهدی. (۱۳۸٦). **طراحی مدل کاربردی ارزیابی متوازن عملکرد سیستم‌های نگهداری و تعمیرات، پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت**، تهران،

[11] Ahuja, I. P. S., & Khamba. J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions**. International Journal of Quality & Reliability Management 25 (7**), 709–756 .

[12] Baluch, N., Abdullah, C. S. B., & Mohtar, S. B. (2010). Maintenance Management Performance–An Overview towards Evaluating Malaysian Palm Oil Mill. **The Asian Journal of Technology Management**, 3(1), 1-5.

[13] Bevilacqua, M., & Braglia, M. (2000). The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection**. Reliability Engineering & System Safety**, **70(1**), 71-83.

[14] Clarke, G., Mulryan, G., & Liggan, P. (2010). Lean Maintenance–A Risk-Based Approach. **Pharmaceutical Engineering**.

[15] Gandhare, B., & Akarte, M. (2012). Maintenance Strategy Selection. **In Ninth AIMS international conference on manegement (pp. 1328-1334).**

[16] Horner, R. M. W., El-Haram, M. A., & Munns, A. K. (1997). Building maintenance strategy: a new management approach. **Journal of Quality in Maintenance Engineering, 3(4), 273-280**.

[17] Ilangkumaran, M., & Kumanan, S. (2009). Selection of maintenance policy for textile industry using hybrid multi-criteria decision making approach. **Journal of Manufacturing Technology Management, 20(7), 1009-1022**.

[18] Khan, F. I., & Haddara, M. M. (2003). Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 16(6), 561-573 .**

[19] Kelly, A., & Harris, M. (1978). **Management of industrial maintenance**. London: Newnes-Butterworths.

[20] Nikolopoulos, K., Metaxiotis, K., Lekatis, N., & Assimakopoulos, V. (2003). Integrating industrial maintenance strategy into ERP. **Industrial Management & Data Systems, 103(3), 184-191**.

[21] Rao, B. (2007). Condition Based Maintenance System. **Everyman's Science, 43(3), 153-156.**

[22] Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences, 1(1), 83.**

[23] Sepeda, A. (2009). A risk based maintenance approach (for facilities complying with the US OSHA PSM regulation). **Journal Of Loss Prevention In The Process Industries, 22(6), 680-684**.

[24] Siew-Hong, D., & Kamaruddin, S. (2012). Selection of optimal maintenance policy by using fuzzy multi criteria decision making method. In peresented at the 2012. **Internatonal Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Istanbul Turkey**, 435-443.

[25] Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share*. **Butterworth-Heinemann**.

[26] Wang, L., Chu, J., & Wu, J. (2007). Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. **International Journal of Production Economics, 107(1), 151-163.**

[27] Zaim, S., Turkyilmaz, A., Acar, M. F., Al-Turki, U., & Demirel, O. F. (2012). Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms: a case study. **Journal of Quality in Maintenance Engineering, 18(1), 16-29**.

[28] Moubray, J. (2001). **Reliability-centered maintenance**. New York: Industrial Press.

[29] Tajiri, M., & Goto□, F. (1992). **TPM implementation, a Japanese approach**. New York: McGraw-Hill.