



دانشگاه صنعتی شاهرود
شهر صنعت

دو فصلنامه علمی
دوره چهارم
شماره ۲
پاییز و زمستان ۱۴۰۱

بهمراهی
کسب جهانی خنثی سازی
برای چابکی عمارت خنثی

پژوهش در مهندسی نگهداشت دفاع

تحلیل و بررسی یک رویکرد یکپارچه بهره‌ور فراگیر مبتنی بر قابلیت اطمینان در سیستم‌های نگهداری و تعمیرات

مهدی خسرونی، سعید رمضانی

۸

چرخه نگهداری طولانی مدت تجهیزات نظامی (کنسرواسیون)

مهران محمدی، سعید رمضانی، مسعود مصدق خواه

۳۲

ارائه مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت بهینه‌سازی مدیریت پروژه‌های عمرانی انتقال و

توزیع آب (مورد مطالعاتی: خط انتقال آب سد کرچ)

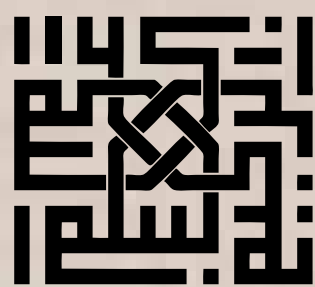
نگین اسکندری، سعید فرخی زاده

۵۲

ترسیم نقشه دانش تولیدات علمی دنیا در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی در پایگاه وب‌آف ساینس ۲۰۲۳-۱۹۵۸

فرشید فرخی زاده

۶۲



دوفصلنامه علمی
پژوهش در مهندسی نگهداشت دفاعی
نشریه دانشکده علوم و مهندسی دفاعی

اعضای هیأت تحریریه

پرفسور سید محمد سید حسینی	استاد تمام دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر علیرضا معینی	دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر مجتبی حسینی	دانشیار دانشگاه لرستان
دکتر احمد منصوریان	دانشیار مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر مسعود مصدق خواه	دانشیار دانشگاه امام حسین (ع)
دکتر سیدضیاءالدین قاضی زاده فرد	دانشیار دانشگاه امام حسین (ع)
دکتر اردشیر احمدی	دانشیار دانشگاه امام حسین (ع)
دکتر محسن شاهرضایی	دانشیار دانشگاه امام حسین (ع)
دکتر نقی شجاع	دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزکوه

داوران این شماره (به ترتیب حروف الفبا)

سجاد احمدی، یوسف انوشه، احمد بیطرف، سیدعظیم حسینی، پرویز جباری،
حسن رادمرد، محمدرضا زاهدی، حامد صادقی علوی،
فرشید فرخی زاده، رضا کامران راد، سیدحامد سیدموسوی، حسن یزدانی.

شمارگان: ۵۰۰ (نسخه چاپی) ۵۰۰ (نسخه الکترونیکی)

قیمت نسخه چاپی: ۱۵۰۰۰۰۰ ریال

دفتر نشریه: تلفن: ۷۷۱۰۵۰۳۳ داخلی ۱۰۶ - دورنگار: ۷۷۱۰۵۰۳۲
نشانی: تهران، بزرگراه شهید بابایی، بعد از پل لشکرک، دانشگاه افسری و تربیت
پاسداری امام حسین علیه السلام، دانشکده علوم و مهندسی دفاعی.

تارنمای شبکه: dmej.ihuo.ac.ir

پست الکترونیکی: dmej@ihuo.ac.ir / 2qdmej@gmail.com

کلیه حقوق مادی و معنوی برای دانشکده علوم و مهندسی دفاعی محفوظ است.



دانشگاه افسری و تربیت پاسداری
امام حسین (ع)

دوفصلنامه علمی

پژوهش در مهندسی نگهداشت دفاعی
دوره ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
صاحب امتیاز و ناشر: دانشکده علوم و مهندسی دفاعی
شاپای چاپی: ۷۳۱۷-۲۶۷۶
شاپای الکترونیکی: ۰۸۶۱-۲۷۱۷
شماره پروانه انتشار: ۸۶۴۹۱



مدیر مسئول: دکتر محمد کاظم بصیرتی
سر دبیر علمی: دکتر سید محمد سید حسینی
مدیر اجرایی و معاون سردبیر: دکتر فرشید فرخی زاده
ویراستار: مهندس علیرضا سهرابی
کارشناس نشریه: مهندس سید اسمعیل میرحیدری
ویراستار انگلیسی: دکتر علی قربان گراوند
حروفچین و صفحه آرا: یاسر امامی فر



مشاورین علمی:

دکتر مهدی ابراهیمی
دکتر احمد بیطرف
دکتر بیتا تبریزیان
دکتر سیدایوب حسینی
دکتر محسن دزفولی
دکتر رضا رادفر
دکتر سعید رمضانی
دکتر عباس طلوعی اشلقی
دکتر سعید فرخی زاده
دکتر یاسر فیض الهی
دکتر محمد مهدی قلیان
دکتر علی کریم زاده میبدی
دکتر رضا مازندرانی
دکتر احمد مهربان
دکتر حسن یزدانی





با عرض سلام و آرزوی توفیق خدمت دوستان عزیز و همکاران محترم سخن آغاز می‌کنم.

انتشار هر شماره نشریه علمی، به سان طلوعی نوین در عرصه آگاهی و دانش است، به‌ویژه در زمینه علوم فنی و مهندسی که جایگاه چالش‌های بزرگ و تعیین‌کننده می‌باشد. اینک که به لطف الهی شماره هشتم دوفصلنامه "پژوهش در مهندسی نگهداشت دفاعی" انتشار می‌یابد، یادآوری چند نکته خالی از لطف نیست.

نکته اول: با عنایت به تأکید فرماندهی معظم کل قوا در خصوص توجه نیروهای مسلح به اهمیت موضوع تعمیر و نگهداری و بازسازی امکانات و تجهیزات نظامی «نیروهای مسلح ما به‌عنوان انسان‌های مصمم، بااراده و انقلابی باید همواره درس بازسازی و تعمیر و نگهداری تجهیزات نظامی را بیاد داشته باشند و با تکیه بر مغزهای متفکر و فعال و ابتکار و امکانات، نیازهای رزمی و دفاعی خود را تأمین کنند.»

نکته دوم: با توجه به اهمیت موضوع خودکفایی در امر تعمیر و نگهداری به‌خصوص برای نیروهای مسلح هر کشور و همچنین نبود نشریات علمی فعال و تخصصی در کشور برای این بخش از علوم، بر طبق رسالت و وظیفه ما نیز بر آن شدیم در راستای برنامه‌های دانشکده علوم و مهندسی دفاعی دانشگاه افسری و تربیت پاسدار امام حسین علیه‌السلام شماره هفتم دوفصلنامه مهندسی نگهداشت دفاعی را با همکاری اساتید و خبرگان موضوع تهیه نماییم تا بدین‌وسیله در اشاعه و ترویج علوم گام مثبتی برداشته و سهمیم.

نکته سوم: علی‌رغم همه مشکلات و کمبودها در انتشار نشریه، سعی مسئولان و هیئت تحریریه معطوف به انتشار نشریه‌ای علمی - تخصصی در حوزه نگهداشت دفاعی بوده است تا ضمن به‌کارگیری پژوهشگران جوان، از تجارب اساتید و بزرگان این رشته نیز کمال استفاده برده شود. هرچند قضاوت دقیق و همه‌جانبه درباره نشریه را زود هنگام می‌دانیم، اما خوشحالیم که به‌مرور دوفصلنامه جایگاه مناسبی را در میان پژوهشگران دانشگاه و صنعت یافته و تا حدی توانسته است خلأ نشریه‌ای اختصاصی در حوزه نگهداری و تعمیرات را پر نماید. البته متصدیان نشریه به بسیاری از نقایص و کاستی‌های واقف بوده و معترف‌اند که تا نقطه مطلوب و قابل قبول فاصله بسیار داریم. یکی از مشکلات اساسی در هر شماره، تهیه مقالات مناسب و دارای حداقل استانداردهای علمی است. بدیهی است که با شناخته شدن تدریجی نشریه در بین پژوهشگران موضوعی و همچنین مشوق‌های پژوهشی به‌مرور شاهد رفع این مشکل باشیم، اما باید اذعان کرد انتشار نشریه تخصصی آن‌هم در محدوده‌ای از تاریخ و نیز اجتناب از تاخیر تا حد زیادی دست ما را بسته است، هرچند ما ظرفیت و توان علمی جامعه پژوهشگران عرصه نگهداری و تعمیرات را بسیار بیشتر از این می‌دانیم و آرزو می‌کنیم که با مساعدت پژوهشگران بتوانیم ویژه‌نامه‌های تخصصی در هر یک از ابعاد موضوع منتشر کنیم. در پایان ضمن استقبال گرم و صمیمانه از مساعدت علمی محققان نام‌آشنا، تلاشمان را بیشتر در جهت شناسایی پژوهشگران و نویسندگان جوان و کم‌ادعا و تشکل علمی این طیف قرار داده‌ایم. با این امید که روز به روز بر غنای این رشته افزوده گردد.





۱. مقاله باید پژوهشی و حاصل تحقیق نویسنده در زمینه مهندسی نگهداشت دفاعی باشد.
۲. مقاله‌های ارسالی به نشریه، نباید پیش از این در هیچ‌یک از نشریه‌های داخلی یا خارجی چاپ شده باشد.
۳. مقاله‌ها پس از پذیرش اولیه در هیأت تحریریه به منظور ارزیابی برای دو نفر از داوران صاحب‌نظر و کارشناس فرستاده خواهد شد و پذیرش نهایی بر اساس نظر داوران و موافقت هیأت تحریریه خواهد بود.
۴. مسئولیت علمی مقاله بر عهده نویسنده است و دیدگاه‌های نویسندگان مقالات، لزوماً دیدگاه نشریه نیست.
۵. مقاله باید حداکثر در ۲۰ صفحه A ۴ و در قالب Word و با قلم ۱۱ B Nazanin تایپ شود و به شکل فایل الکترونیکی برای دفتر نشریه فرستاد شود.
۶. نشریه از مقاله‌های تحقیقی و تحلیلی اصیل استقبال می‌کند که در آن مطلب یا نظریه‌ای تخصصی دارای نوآوری، نکات علمی نوین و غیراقتباسی ارائه و به‌ویژه از مقاله‌های برگرفته از پایان‌نامه‌ها که طی آن نظری بدیع مطرح شده باشد، مجله از چاپ مقاله‌های مبتنی بر گردآوری یا ترجمه معذور است.
۷. برگه رویه (عنوان) که در آن فقط اطلاعات شناسنامه‌ای تحقیق از جمله، عنوان، نام نویسنده یا نویسندگان، عنوان شغلی یا علمی، زمان نگارش، نشانی کامل فرد یا مؤسسه یا مؤسسات متبوع، رایانامه (ایمیل) و شماره تلفن درج می‌شود.
۸. چکیده: خلاصه‌ای دقیق از مقاله است که در یک صفحه جدا و در قالب و قلم متفاوت از متن نوشته می‌شود و در آن باید درستی و دقت، استقلال، ایجاز و صراحت، غیرقضاوتی بودن و روانی و انسجام رعایت شود.
۹. مقدمه: بخش اصلی مقاله با مقدمه آغاز می‌شود که در ضمن آن، مسئله تحقیق (سؤال‌ها، فرضیه‌ها، اهداف) و پیشینه علمی پژوهش بیان می‌شود.
۱۰. بدنه نوشتار (چارچوب نظری): این بخش بدنه اصلی و ستون فقرات نوشتار را تشکیل می‌دهد. نظریه‌ها و مباحث نظری در حوزه مورد بحث باید بر اساس نظم و در چارچوب روشی منظم و بر اساس طرح کلی مقاله پیش برود.



۱۱. روش تحقیق: پس از مباحث نظری می‌آید و محقق جزئیات شیوه اجرای پژوهش را توصیف می‌کند. در این بخش مراحل پژوهش (جامعه آماری، نمونه‌گیری، حجم نمونه و...) بیان می‌شود.

۱۲. یافته‌ها و تحلیل: این بخش یافته‌های پژوهش و تحلیل کمی و کیفی پژوهشگر را در حوزه موضوعی مورد نظر تشکیل می‌دهد. داده‌ها و تحلیل‌ها باید بر اساس نظم و در چهارچوب روشی منظم و بر اساس طرح کلی مقاله پیش برود.

۱۳. نتیجه‌گیری و پیشنهاد: نویسنده در بخش پایانی مقاله باید نتایج را بیان و مطالب را چنان جمع‌بندی کند که خواننده احساس کند به پایان مقاله رسیده و از بحث و بررسی‌ها به نتیجه‌ای دست یافته است؛ همچنین پیشنهادها و چشم‌انداز آینده و مسائل باقیمانده درباره موضوع در بخش نتیجه‌گیری مطرح می‌شود. این بخش یک پاراگراف تا یک صفحه باشد.





تحلیل و بررسی یک رویکرد یکپارچه بهره‌ور فراگیر مبتنی بر قابلیت اطمینان در سیستم‌های نگهداری و تعمیرات

مهدی خسرونی^{۱*}، سعید رضانی^۲

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده و پژوهشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۲۴

چکیده

در حالی که ادغام نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM) و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) به وضوح یک موضوع اصلی در زمینه مدیریت نگهداری و تعمیرات است، متأسفانه در ادبیات توجه محدودی به آن شده است. این موضوع فاقد یک روش ساختاریافته برای تجهیزاتی است؛ بنابراین، این تحقیق از ماهیت مکمل دو راهبرد ذکر شده برای ارائه یک رویکرد عملیاتی یکپارچه به منظور افزایش دسترسی تجهیزات با هدف طراحی و بهبود برنامه‌های نگهداری و تعمیرات برای یک سیستم عمومی استفاده می‌کند. همچنین شامل کاربرگ‌های عملیاتی خاص می‌شود که از وظایف نگهداری مستقل تا اقدامات بهبود قابلیت نگهداری و آموزش کارکنان را دربرمی‌گیرد. این پژوهش به شیوه آمیخته پرسشنامه‌ای و کتابخانه‌ای و از نوع تحلیل اسنادی می‌باشد. به منظور تجزیه و تحلیل یافته‌ها اقدام به طبقه‌بندی، استدلال و استنتاج منطقی شده است. بررسی ادبیات ثابت کرد که اگر نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان در چارچوب نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر توسعه یابد، نتایج بهتری را تسهیل می‌کند، زیرا بر نگهداری پیشگیرانه تمرکز دارد. همچنین هر دو رویکرد با اهداف یکسان، موجب افزایش کیفیت، قابلیت اطمینان، دسترسی و عملکرد تجهیزات از طریق حذف ضایعات می‌گردند. این تحقیق به شرکت‌ها این فرصت را می‌دهد تا از مزایای یک چارچوب عملیاتی که به طور مؤثر روش‌های نگهداری و تعمیرات طولانی‌مدت را ادغام می‌کند، بهره ببرند و به متخصصان و اپراتورها در طول عملیات روزانه خود کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر، نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان، نگهداری و تعمیرات مستقل، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: yourash74@gmail.com





۱- مقدمه

سازمان‌ها در کنار تغییرات سریع تکنولوژی و رقابت در بین صنایع، راهبردها و خط‌مشی‌های مختلفی را برای افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها به کار می‌گیرند و نقش یک چارچوب نگهداری و تعمیرات مؤثر در سازمان‌ها برای حفظ رقابت‌پذیری در بازار جهانی اهمیت بیشتری یافته است. انتخاب خط‌مشی‌های مناسب برای هر شرکت تولیدی، حیاتی است. نگهداری و تعمیرات می‌تواند به صورت ترکیبی از تمام اقدامات فنی و اجرایی، شامل وظایف نظارتی در نظر گرفته شده برای حفظ تجهیزات یا بازگرداندن آن به یک نظام منظم تعریف شود که می‌تواند در آن یک عملکرد لازم را انجام دهد [۱]؛ بنابراین، ایجاد فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات متناسب با همه تجهیزات کارخانه مهم است. سازمان می‌تواند با تعامل در قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداری و عملکرد به میزان زیادی در زمان، هزینه و منابع مفید خود صرفه‌جویی کند.

مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که اتخاذ یک خط‌مشی صحیح این امکان را می‌دهد تا ماشین‌ها را عملیاتی نگه داریم. با این حال، افزایش اجزای مکانیکی و پیچیدگی سیستم‌ها منجر به افزایش عدم برنامه‌ریزی قطعی و خرابی می‌شود. نگهداری و تعمیرات ضعیف منجر به خرابی و از کارافتادگی‌های مکرر ماشین‌ها و تجهیزات می‌شود و در نتیجه بهره‌وری را کاهش می‌دهد [۲]. فراوانی بالای خرابی ماشین‌های تولیدی یکی از عوارض شایع در اکثر شرکت‌هاست، ۸۰ درصد مواقع از کار افتادگی غیرمنتظره تکراری است و می‌تواند توسط اپراتور آموزش‌دیده حل شود و تنها در ۲۰ درصد نیاز به کمک خارجی می‌باشد [۳]. قره‌اسانلو و همکاران به خرابی جزئی که منجر به از کارافتادگی سیستم می‌شود اشاره می‌کنند. در دسترس نبودن سیستم موجب تلفات قابل توجهی در عملکرد تولید، هزینه‌های نگهداری و تعمیرات بالا می‌شود [۴]. جین و سینج^۲ نشان می‌دهند که شرکت‌های کوچک و متوسط باید از طریق بخش یا واحد نگهداری و تعمیرات خود، بهبودهای متمرکز در نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و مستقل که بخش‌هایی از رویکرد نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر هستند، اتخاذ کنند. همچنین آن‌ها اعتقاد داشتند پیاده‌سازی روش نشان داده شده در دسترس بودن، عملکرد، کیفیت و کارایی را افزایش می‌دهد [۵].

قابلیت اطمینان یک مفهوم نسبتاً پیچیده است که باید در هر جدول زمانی گنجانده شود. از آنجایی که مفهوم کیفیت مبتنی بر تضمین آن است، ما واقعاً باید قبل از ارائه بینشی نسبت به روش‌شناسی‌های تضمین کیفیت، خود را با تعاریف کیفیت آشنا کنیم [۶]. افراد متعددی از رشته‌های مختلف حرفه‌ای و دانشگاهی موضوع کیفیت را برای مدت طولانی مطالعه کرده‌اند، علی‌رغم این واقعیت که معیار برتری پذیرفته شده جهانی هرگز مورد توافق قرار نخواهد گرفت. رعایت هنجارهای از پیش تعریف شده خاص و الزامات طراحی، مناسب بودن برای استفاده، یا سطح رضایت مشتری، همگی نمونه‌هایی از کیفیت هستند [۷]. اکثریت مردم ممکن است قابلیت اطمینان را بر اساس مؤلفه‌ای از خواسته‌های مصرف‌کننده که یک محصول خاص برآورده می‌کند، قضاوت کنند. به گفته کارشناسان، کیفیت به عنوان مجموع کلی از کیفیت‌های یک محصول تعریف می‌شود که منعکس‌کننده پتانسیل سازنده برای برآوردن تمام نیازهای اعلام شده و ضمنی مصرف‌کننده است که توسط پارامترهای استفاده و هدف محصول تعیین شده است [۸].

در حالی که رویکردها، خط‌مشی‌ها و راهبردهای متعددی در انواع قابل توجهی از سیستم‌های صنعتی برای مدیریت فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در دسترس هستند [۹، ۱۰]؛ اما این رویکردها اساساً بر یک مؤلفه متمرکز بوده و فاقد چشم‌انداز وسیع‌تر هستند. از طرفی اصول و مفاهیم RCM^۴ و TPM^۵ به دلیل کمک به یکپارچه شدن نگهداری و تعمیرات در سطوح مختلف در سازمان‌ها و افزایش سطح قابلیت دسترسی و اطمینان تجهیزات بیشتر مورد مطالعه و پیاده‌سازی قرار می‌گیرند. با این حال، ما باید در نظر بگیریم که RCM و TPM معمولاً به عنوان جهان‌های جداگانه در نظر گرفته می‌شوند؛ یعنی معمولاً روش‌های نگهداری و تعمیرات مستقل و یا جایگزین در نظر گرفته می‌شوند که به طور بالقوه به صورت متوالی اجرا می‌شوند.

^۲ Jain, A. & Singh, H.^۴ Reliability-centered maintenance^۵ Total Productive Maintenance



بنابراین ادغام TPM و RCM به وضوح یک موضوع اصلی در زمینه مدیریت نگهداری و تعمیرات است، اما تاکنون به این بحث توجه محدودی شده است. از این منظر، به نظر می‌رسد تحقیقات هنوز در مراحل اولیه است. علاوه بر این، راه‌حل‌های ارائه شده در ادبیات توجه محدودی به جنبه‌های عملیاتی دارند یا برای یک زمینه خاص توسعه یافته‌اند. در این راستا، هدف این مطالعه کیفی، بهبود وضعیت فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات است و به این موضوع پرداخته می‌شود که آیا دو خط‌مشی TPM و RCM می‌توانند در یک چارچوب یکپارچه متأثر از یکدیگر موجب بهبود وضعیت تجهیزات تولیدی از منظر تولید، قابلیت اطمینان و کارایی در جریان فرایند عملیاتی شوند؟ آیا با استفاده از ارکان TPM می‌توان در این چارچوب موجب بهبود وضعیت و هم افزایی شد؟ هدف این مقاله پیشبرد این جریان پژوهشی است. به‌طور خاص، رویکرد جدیدی را برای نگهداری تجهیزات ارائه می‌کند که می‌تواند به طور مستمر برای توسعه یک برنامه نگهداری و تعمیرات جدید یا بررسی و بهبود طرح موجود اتخاذ شود. این رویکرد اصول و روش‌های TPM و RCM را تحت یک دیدگاه عملیاتی یکپارچه می‌کند. روش پیشنهادی می‌تواند برای انواع سیستم‌ها و تجهیزات به‌صورت عمومی اعمال شود و به تصمیم‌گیرندگان، نیروهای واحدهای نت و اپراتورهای روی خط تولید در جهت انجام امور نگهداری و تعمیرات کمک می‌کند.

در ادامه، این تحقیق بدین شرح سازماندهی شده است. در بخش بعدی ابتدا اصول و مفاهیم TPM و RCM ارائه می‌شود سپس به ماهیت مکمل و مقایسه این دو رویکرد پرداخته می‌شود. بخش ۳ رویکرد یکپارچه پیشنهادی را تشریح می‌کند. بخش ۴، گزیده‌ای از یک مطالعه موردی برای سیستم تحت نگهداری و تعمیرات ماشین CNC VMC ۸۵۰ در خط تولید یک واحد صنعتی، نحوه عملکرد روش توسعه‌یافته برای تشخیص عیوب در سیستم تولیدی نشان می‌دهد و به ارائه توصیه‌هایی در مورد چگونگی بهبود اوضاع می‌پردازد. در نهایت، بخش آخر مقاله با نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای تحقیقات آتی به پایان می‌رسد.

۲- مبانی نظری و پیشینه شناسی تحقیق

۲-۱- نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر

شرکت‌ها می‌توانند از نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر (TPM) که یک رویکرد نوآورانه برای نگهداری و تعمیرات و بهینه‌سازی کارایی تجهیزات، حذف شکست‌ها و ارتقای نگهداری و تعمیرات مستقل بین اپراتورها، از طریق فعالیت‌های روزانه که شامل کل نیروی کار است، استفاده کنند [۱۱]. TPM یک رویکرد مدیریت تولید در کلاس جهانی است که به دنبال بهینه‌سازی برای اثربخشی در تجهیزات تولیدی است [۷]. به عبارت دیگر TPM به دنبال مشارکت در همه سطوح و کارکردها، در فرآیند به حداکثر رساندن اثربخشی کلی تجهیزات تولیدی است [۱۲]. در حقیقت اجرای TPM شرایطی را برای سازمان‌ها فراهم می‌کند که با تلفیق فرهنگ، فرآیند و فن‌آوری، توانایی تغییر سطح تولید خود را به طور اساسی داشته باشند [۳].

این مفهوم معمولاً در عملکرد تجاری دقیق‌تر درک می‌شود و به نحوه مطابقت ویژگی‌های یک محصول با استانداردها، قوانین فنی، جزئیات طراحی، قوانین و تعهدات قرارداد تجاری اشاره دارد. کیفیت بر اثربخشی فناوری‌ها، پیشرفت‌ها، ادارات دولتی و سایر سازمان‌های عمومی، پایداری رشد اقتصادی یک کشور و کیفیت زندگی جمعیت آن تأثیر می‌گذارد [۸]. این صرفاً معیاری برای میزان صلاحیت یک شرکت نیست [۱۳]. به همین دلیل است که ما باید دیدگاه خود را در مورد کیفیت گسترش دهیم. برنامه‌های مهندسی، مالی و تجاری همه به نوآوری‌ها و کیفیت برای ادغام و حفظ سیستم‌های خود متکی هستند. واقعاً هیچ بحثی وجود ندارد که خدمات نقش مهمی در مشاغل ایفا می‌کند. اکنون چندین شرکت بر روی این عملکرد حیاتی تمرکز می‌کنند که به عنوان یک معیار ضروری برای آن‌ها تلقی می‌شود، به‌عنوان مثال، شرکتی که روی یک سرمایه‌گذاری یا یک ویژگی غیر ارزش‌افزوده متمرکز است [۱۴].

TPM شامل جنبه‌های زیر است [۱۵، ۱۶، ۱۷]:

- اثربخشی بیشینه تجهیزات از طریق بهینه‌سازی قابلیت دسترسی تجهیزات، عملکرد، کارایی و کیفیت محصول





- ایجاد یک راهبرد نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای کل چرخه عمر تجهیزات
- پوشش تمامی بخش‌ها و واحدها مانند بخش‌های برنامه‌ریزی، اداری و نگهداری و تعمیرات
- دربرگیرنده تمامی کارکنان، از مدیر ارشد تا کارگران سطوح پایین‌تر
- ارتقا نگهداری و تعمیرات بهبود یافته از طریق فعالیت‌های مستقل گروه‌های کوچک

یکی از اهداف TPM این است که هر دو کارکرد تولید و نگهداری و تعمیرات را با توجه به ترکیبی از عملکرد صحیح، کار گروهی و بهبود مستمر کنار هم قرار دهد [۶]. در این راستا، TPM قصد دارد فرهنگی را ایجاد نماید که اپراتورها را به توسعه مالکیت ماشین‌ها، تجهیزات خود، یادگیری بیشتر در مورد آن‌ها و کسب مهارت‌های مربوط به تشخیص و اقدام به انجام پروژه‌های بهبود دهنده تجهیزات، سوق دهد [۱۸]. هدف اصلی TPM کاهش ضایعات در فعالیت‌های مختلف، کاهش هزینه‌های کل با افزایش بهره‌وری و تولید محصولات با کیفیت بالا است [۱۹].

سینچ و راتهی^۶ دریافتند که با استفاده از TPM، فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات صنعت و عملکرد ماشین ممکن است بهبود یابد. با این حال، این نیز درست است که بسیاری از صنایع نتوانسته‌اند TPM را با موفقیت به کار گیرند. این محققان طرحی را ایجاد کردند که عناصری را که به موفقیت‌آمیز بودن ایجاد TPM کمک می‌کند، ترسیم می‌کند. به علاوه، به شرکت‌ها در توسعه یک برنامه محکم برای اجرای TPM در صنایع مختلف کمک می‌کند [۲۰]. معرفی TPM که در این مطالعه برجسته شده است، نشان دهنده یک تغییر قابل توجه در بخش نگهداری و تعمیرات است که خواستار تغییر در دیدگاه کارکنان است. این مقاله همچنین نشان می‌دهد که چگونه یک فرهنگ محیط کار مثبت به بخش کمک می‌کند تا TPM را با موفقیت اتخاذ کند. علاوه بر این، یک ابزار ریاضی برای استفاده در اجرا فراهم می‌کند. با استفاده از فرمول چهار مدل ریاضی در صنعت نگهداری و تعمیرات، ادعا می‌شود که این مدل‌ها به افزایش درک کارکنان از TPM کمک می‌کنند که منجر به اجرای موفقیت‌آمیز TPM می‌شود [۲۱].

TPM توقفات کوچک، عملکرد روغن‌کاری، تمیز کردن، تنظیم و بازرسی را که توسط اپراتورها انجام می‌شوند کاهش می‌دهد، در حالی که کارکنان نگهداری و تعمیرات، بازرسی دوره‌ای و تعمیرات پیشگیرانه انجام می‌دهند [۲۱]؛ بنابراین اهداف نهایی حذف شکست، کاهش زمان توقفات برنامه‌ریزی شده و برنامه‌ریزی نشده، بهبود بهره‌وری و دستیابی به بازدهی بالاتر و کیفیت محصول بهتر است. در حقیقت، TPM قصد دارد سه هدف اصلی را پیگیری کند: نقص صفر، تصادف صفر و شکست صفر [۱۸]. بسیاری از مزایای نامشهود را با استفاده از TPM می‌توان به دست آورد. این امر امکان بهبود تصویر سازمان را فراهم می‌کند که امکان افزایش سفارشات را ایجاد می‌نماید. به لطف عملکرد نگهداری و تعمیرات خودکار، اپراتورها بدون نیاز به یادآوری به طور مستقیم مسئول نگهداری و تعمیر ماشین‌ها و تجهیزات در شرایط عملیاتی هستند. این رویه از طریق توانمندسازی، آموزش، شناخت کافی و انگیزه در نیروی کار ارتقا می‌یابد، در نتیجه مشارکت کارکنان در تحقق اهداف سازمانی افزایش می‌یابد. مزایای دیگر شامل تغییرات مطلوب در نگرش اپراتورها، دستیابی به اهداف توسط کار گروهی و به اشتراک‌گذاری دانش و تجربه است. نتیجه اهداف اصلی TPM این است که اپراتورها نسبت به مهارت‌ها و توانایی‌های خود اعتماد جدیدی کسب می‌کنند و از سوی دیگر سازمان‌ها نقش اساسی کارکنان در دستیابی به اهداف عملکرد را شناسایی می‌کنند [۲۲]. همان‌طور که توسط موسسه نگهداری و تعمیرات کارخانه ژاپن مشاهده و پیشنهاد شد، رویکرد TPM به منظور بهبود عملکرد تولیدی بر روی افزایش قابل توجه بهره‌وری نیروی کار، کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، کاهش وقفه و خرابی‌ها پایه‌گذاری شده است. پیاده‌سازی TPM می‌تواند در شش فعالیت اصلی سازماندهی شود: آموزش، طراحی اولیه تجهیزات، طراحی اولیه محصول، گروه‌های بهبوددهنده متمرکز، فعالیت‌های پشتیبانی گروهی، نگهداری و تعمیرات مستقل و برنامه‌ریزی شده [۲۱].

^۶ Singh and Rath



۲-۲- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان

مفاهیم نگهداری و تعمیرات مانند قابلیت اطمینان (RCM)، به طور موفقیت آمیزی در صنعت تولید به کار گرفته شده‌اند تا اقدامات پیشگیرانه غیر ضروری را کاهش داده و با یک برنامه نگهداری و تعمیرات منظم و کارآمد همراه شوند. RCM منظم‌ترین و کارآمدترین فرآیند برای پرداختن به یک رویکرد برنامه‌ای کلی برای بهینه‌سازی نگهداری و تعمیرات کارخانه و تجهیزات است. نیازهای نگهداری و تعمیرات تجهیزات کارخانه‌های تولیدی را می‌توان با رویکرد RCM بهتر برطرف کرد. RCM تکنیکی برای اولویت‌بندی استراتژی نگهداری و تعمیرات به شیوه‌ای نظام‌مند و منطقی است. هدف اصلی RCM حفظ کارکردها می‌باشد [۲۳].

RCM تکنیکی برای توسعه یک برنامه نگهداری پیشگیرانه است. RCM بر اساس این فرض استوار است که قابلیت اطمینان ذاتی تجهیزات تابعی از طراحی و کیفیت ساخت است. هدف از برنامه نگهداری پیشگیرانه دستیابی به این قابلیت اطمینان ذاتی است. با توجه به RCM، نگهداری و تعمیرات باید به این دلیل باشد که تجهیزات مطابق با نیازهای کاربران به خوبی کار کنند، نه برای جلوگیری از خرابی‌ها. از این رو، ایجاد بافت عملیاتی و عملکرد سیستم مورد انتظار نقطه شروع فرآیند RCM است. این امر ممکن است نیازمند ایجاد ثبت وسیع اطلاعات سازمانی باشد که با بررسی تمام دارایی‌ها و اجزای فردی آن‌ها همراه شود [۲].

چهار ویژگی زیر رویکرد RCM را مشخص می‌کند [۲۴]:

- (۱) حفظ عملیات
- (۲) شناسایی حالت‌های خرابی که می‌تواند عملکرد را به خطر بیندازد
- (۳) اولویت‌بندی نیازهای عملکردی (از طریق حالت‌های شکست)
- (۴) انتخاب وظایف قابل اجرا و مؤثر

شناسایی، تعیین اثرات و اولویت‌بندی بر اساس میزان بحرانی بودن خرابی‌های احتمالی در سیستم‌ها و تجهیزات (FMECA)^۳ به شناسایی تمام علل احتمالی خرابی با ارجاع خاص به اجزای سیستم‌ها و زیر سیستم‌ها کمک می‌کند [۱۲]. پیامدهای هر شکست بدین صورت طبقه‌بندی می‌شود: پیامدهای پنهان، پیامدهای ایمنی یا زیست‌محیطی، پیامدهای عملیاتی و پیامدهای غیر عملیاتی. حالت‌های اصلی خرابی از FMECA ورودی درخت منطق RCM است که یک نمودار جریان تصمیم‌گیری است و به تحلیلگر در ایجاد مناسب‌ترین عملکرد نگهداری و تعمیرات برای هر یک از تجهیزات کمک می‌کند [۲۲]. این برنامه از روش‌های کمی برای تجزیه و تحلیل انواع داده‌های ورودی مورد نیاز فرآیند پیاده‌سازی RCM مانند داده‌های طراحی، داده‌های عملیاتی و داده‌های قابلیت اطمینان استفاده می‌کند.

۲-۳- رابطه نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان

رابطه بین روش‌های TPM و RCM، امکان ایجاد یک راهکار از عملکرد اپراتور خبره و تعامل با ماشین‌ها و دستگاه‌ها با هدف رسیدن به عیوب صفر را فراهم می‌کند. کلید موفقیت TPM، توسعه عملکرد تعمیر و نگهداری خودکار (AM)^۴ است که به سرمایه انسانی در میان اپراتورهای پشتیبانی شده توسط مهندسان برای انجام فعالیت‌های ساده نگهداری روزانه، به غیر از تعمیرات برنامه‌ریزی شده اشاره دارد. رویکرد RCM به ما اجازه می‌دهد تا این قابلیت دسترسی را بهبود بخشیم و در نتیجه عملکرد را از طریق تجزیه و تحلیل خرابی و اثرات به حداکثر برسانیم تا توسعه نگهداری پیشگیرانه (PM)^۵ ارزیابی شود [۲۵]. نتیجه موجب بهبود در دسترس بودن تجهیزات و کاهش هزینه نگهداری است. کاربرد TPM، به

^۳ Failure modes, effects, and criticality analysis

^۴ Autonomous Maintenance





ویژه بر فعالیت‌های پیشگیرانه ساده مانند تمیز کردن، روغن کاری، تنظیم اجزا و رسیدگی تمرکز دارد. با استفاده از RCM، یک سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات و هدایت‌پذیری جدید برای ماشین یا دستگاه مورد مطالعه را می‌توان ایجاد کرد [۱۵].

در میان خط‌مشی‌های مختلف نگهداری و تعمیرات، دو خط‌مشی بیشترین کاربرد و موفقیت را در بین صنایع جهان داشته‌اند که عبارت‌اند از: نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان. اولی، بیشتر بر جنبه‌های مدیریتی و مورد دوم بر جنبه‌های محاسباتی و آماری تأکید دارد. RCM ترویج‌دهنده استراتژی‌های بهبود نت می‌باشد و هدف آن شناسایی حالات خرابی و توالی آن‌ها و همچنین تأیید اقتصادی‌ترین و کاربردی‌ترین تکنیک‌های نت برای حداقل کردن احتمال هر خرابی و اثرات آن می‌باشد [۱۷]. درحالی‌که TPM بر این نکته تأکید دارد که فعالیت‌های نت به تنهایی نمی‌تواند قابلیت اطمینان را بهبود بخشد، عواملی همچون دقت پایین اپراتور، تجربه پایین عملیاتی، طراحی اولیه و ساخت ضعیف و همچنین بهره‌برداری در شرایط نامطلوب، همگی بر قابلیت اطمینان تجهیز تأثیر می‌گذارد. فقدان انگیزه یک مانع مهم برای استقرار TPM است. وقتی یک رویکرد و رویه جدید در صنعت پیاده‌سازی شود، کارکنان اطلاعات کافی نخواهند داشت، اما اگر آموزش و آگاهی کافی ارائه شود، کارمندان با انگیزه باقی می‌مانند و تلاش می‌کنند تا آن آموزش را تا حد امکان عملی کنند [۲۷].

استقرار TPM بدون هماهنگی خوب در چندین بخش موفق نخواهد بود؛ زیرا مستلزم بازنگری کامل ساختار سازمانی صنعت است. این مانع مهم با جو کار در یک سازمان مرتبط است. در جایی که چیزها اغلب خراب می‌شوند، بازخورد مشتری پیگیری نمی‌شود و کیفیت محصول بررسی نمی‌شود [۲۸]. یکی دیگر از موانع مهم در راه استقرار TPM مقاومت در برابر تغییر است. «این کار من نیست» قبلاً یک اظهارنظر معمولی بود که توسط کارگران صنعتی گفته می‌شد و به این معنی بود که آن‌ها به جز وظایف محول شده خود هیچ کار دیگری را انجام نمی‌دهند. تغییر طرز فکر کارکنان و ارائه رهنمودهای مناسب برای انجام وظایفشان به عنوان اعضای کل سازمان، مسئولیت مدیریت، به‌ویژه منابع انسانی است. یک تلاش مؤثر از قبل برنامه‌ریزی شده و طرز فکر صحیح برای موفقیت استقرار TPM ضروری است؛ بنابراین، برنامه‌ریزی دقیق و برنامه‌های با کیفیت قبل از معرفی هر رویکرد جدید در صنعت ممکن است منجر به موفقیت مالی برای بخش شود [۲۷].

RCM شکست‌های بالقوه هر سیستم را از طریق معیارهایی مانند تحلیل شکست، تعیین اقدامات پیشگیرانه (برنامه آموزشی، اصلاح رویه‌ها)، مشاوره، دستورالعمل‌ها و تعهدات تعیین می‌کند که به برنامه نگهداری سالانه فعلی سازمان اضافه خواهد شد. از طرفی دیگر TPM یکپارچگی بین شیوه‌های تولید و نگهداری و همچنین بهبود منظم و مستمر را ارتقا می‌دهد [۱۶]. محققین معتقد هستند که TPM یک روش بهبودیافته می‌باشد که به منظور بهینه‌سازی قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی تجهیزات از طریق توانمندسازی و مشارکت فعال تمامی کارکنان درگیر در کارهای تولیدی و نگهداری و تعمیرات طراحی شده است. علاوه بر این، به دنبال حذف شش تلفات اصلی تجهیزات (خرابی تجهیزات، تنظیم ماشین، خرابی جزئی، کاهش سرعت عملیاتی، نقص فرآیند و اتلاف زمان) است [۸]. RCM بر روی عملکردهای سیستم تمرکز می‌کند و منجر به سوق نگهداری و تعمیرات به سمت بخش‌ها و واحدهایی می‌شود که قابلیت اطمینان در آن‌ها بحرانی هستند [۲۰]. این رویکرد هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را به حداقل می‌رساند و هزینه اقدامات اصلاحی را در برابر برنامه‌های PM متعادل می‌کند [۲۹].

در نگاه کلی‌تر TPM عمدتاً یک رویکرد جامع برای نگهداری و تعمیرات محسوب می‌شود که می‌تواند در کل سازمان اعمال شود، در صورتی‌که RCM به عنوان یک تکنیک خاص تلقی می‌شود که می‌تواند در یک سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات یکپارچه گنجانده شود [۱۶]. به‌طور دقیق‌تر، TPM روشی است که می‌تواند بخشی از سیستم مدیریت عملیات یک سازمان باشد. این روش به صورت هم‌افزایی و مؤثر فعالیت اپراتور را با کارهای برنامه‌ریزی شده و نگهداری و تعمیرات ترکیب می‌کند، در حالی که جنبه‌های ایمنی، انرژی، مواد و کیفیت را در نظر می‌گیرد. TPM به عنوان یک روش بهبود جامع یکپارچه مناسب‌تر است، در حالی که RCM بر روی تجهیزات خاص برای کاربردهای حیاتی، پیچیده و پیشرفته تمرکز می‌کند. فریزر^{۱۱} و همکاران اشاره کردند که یک رویکرد جامع مانند TPM که نیازمند مشارکت و پشتیبانی





کل سازمان و مدیریت آن است، ممکن است برای پیاده‌سازی و بهره‌برداری از RCM مفید باشد [۱۷]. همانطور که هنسان^{۱۱} و همکاران تأیید کردند، RCM مسائل سازمانی و اهمیت رسیدگی به عوامل ناملموس را نادیده می‌گیرد که باعث دشواری معرفی روش خود به سازمان می‌شود؛ بنابراین TPM می‌تواند از RCM پشتیبانی کند. همچنین شایان ذکر است که TPM و RCM با ارائه نگهداری و تعمیرات مؤثر و کارآمد، نیازهای مدیریت کیفیت کل را برآورده می‌کنند [۳۰].

RCM یک روش دقیق دارد که امکان درک عمیق از تجهیزات و فرآیندها را فراهم می‌کند. در صورتی که TPM روش‌شناسی خاصی ندارد که اصول آن بر مسائل سازمانی و مدیریتی که ممکن است در RCM پنهان باشند، تأکید می‌کند. در پیاده‌سازی رویکرد استاندارد TPM با استفاده از اصول RCM، جنبه‌های دقیق مانند زمان، تعداد دفعات فعالیت و وظایف لازم در کل سازمان صورت می‌گیرد [۲]. یک جنبه قابل توجه دیگر که بر اساس آن TPM و RCM می‌توانند مکمل تلقی شوند، مسئله تنوع در بازه‌های شکست است [۳۱]. به طور دقیق‌تر، درحالی‌که RCM استفاده از شرایط PM را در هر جایی که امکان پذیر است توصیه می‌کند، TPM تلاش می‌کند تا فواصل شکست را تثبیت کند که فعالیت‌های زیر که نگهداری و تعمیرات مستقل را شامل می‌شود را ارتقا دهد:

- ایجاد شرایط اساسی از طریق تمیز کردن، روغن کاری و سفت کردن
- آشکار کردن ناهنجاری‌ها و احیای زوال
- شفاف‌سازی شرایط عملیاتی و رعایت شرایط استفاده
- حذف یا کنترل منابع آلودگی عمده که موجب زوال سریع می‌شوند
- تنظیم استانداردهای کنترل و روانکاری روزانه
- معرفی کنترل بصری تا حد ممکن

بنابراین، لازم است یک برنامه مؤثر نگهداری پیشگیرانه ایجاد شود که به اثربخشی بالایی در تجهیزات دست یافت. RCM کلیدی در این مفهوم است. در واقع، وظایف مختلف در چارچوب نگهداری پیشگیرانه باید با هدف حفظ عملکرد سیستم با توجه به دانش عمیق ناشی از خرابی باشد. نگهداری پیشگیرانه اطلاعات لازم برای ایجاد اقدامات خاص مورد نیاز برای هر قطعه تجهیزات را به صورتی اولویت‌بندی می‌کند که زمان‌های نگهداری و تعمیرات مناسب برقرار شود، فعالیت‌های پیشگیرانه خاص برای تجهیزات با زوال بالا تعریف شوند و وظایف نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه بر اساس حساسیت و پیچیدگی تجهیزات انجام شوند.

به‌طور خاص، TPM از پذیرش ابزارهای تحلیل و ارزیابی که امکان شناسایی رابطه علت و معلولی را فراهم می‌کند سود می‌برد. این ابزارها یا روش‌ها به متخصص کمک می‌کنند تا کل سیستم را برجسته کند تا محرک‌های با هزینه بالا و ماهیت مشکلات خاص را شناسایی کند که منجر به اصلاح بهبود سیستم می‌شود. در جدول ۱ به بررسی تحقیقات پیشین در سال‌های اخیر که دو خط‌مشی RCM و TPM را مورد مطالعه قرار دادند، می‌پردازیم.





جدول ۱- مرور تحقیقات پیشین

ردیف	نویسندگان	سال	شرح یافته‌ها	منبع
۱	پرابهاکار و راج ^{۱۳}	۲۰۱۴	بررسی ویژگی‌های برجسته CBM ^{۱۲} ، TPM، RCM و A-RCM و مقایسه کیفی این خط‌مشی‌ها و ارائه راهکارهایی برای تصمیم‌گیری برای اتخاذ یک راهبرد	[۳۲]
۲	آچامو و همکاران ^{۱۴}	۲۰۱۸	اجرای سیستم یکپارچه TPM و RCM در یک شرکت نساجی از طریق ستون‌های نگهداری پیشگیرانه و نگهداری مستقل	[۱۹]
۳	رینا آلو و رومرو دلاکروز ^{۱۵}	۲۰۱۹	بهبود افزایش دسترسی مکانیکی ماشین‌آلات در یک شرکت ساختمانی با استفاده از TPM و RCM	[۶]
۴	هرناندز نووا و یاکولکا لوخا ^{۱۶}	۲۰۱۹	ارائه یک مدل مدیریتی در نگهداری و تعمیرات بر پایه ادغام خط‌مشی‌های TPM و RCM مبتنی بر نگهداری مستقل، پیشگیرانه و بهبود مستمر یک خط کارخانه تولید نان	[۷]
۵	آزید و همکاران ^{۱۷}	۲۰۱۹	بررسی رابطه TPM و RCM بر اساس تحلیل مفهومی Nāsi از طریق ستون‌های نگهداری پیشگیرانه و نگهداری مستقل	[۱۲]
۶	پالومینو والس و همکاران ^{۱۸}	۲۰۲۰	مطالعه خطی‌مشی‌های TPM و RCM بر پایه ارکان نگهداری پیشگیرانه و مستقل از TPM و تحلیل FMEA از RCM	[۲۵]
۷	موسکوسو و همکاران ^{۱۹}	۲۰۲۰	ارائه یک مدل برای مدیریت نگهداری و تعمیرات بر پایه خطی‌مشی‌های TPM و RCM مبتنی بر ستون‌های نگهداری پیشگیرانه و مستقل از TPM	[۱۵]
۸	کومتکار و همکاران ^{۲۰}	۲۰۲۲	پیشنهاد و ادغام خطی‌مشی‌های TPM، RCM و CBM در فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات سازمان کشتی‌رانی در مقیاس خاص	[۳۳]
۹	آیکیا ریورو و تورس اوجدا ^{۲۱}	۲۰۲۲	ایجاد یک رویکرد ناب بر اساس مؤلفه‌های TPM و RCM به منظور بهبود ظرفیت تولید ناب در یک پالایشگاه در پرو مبتنی بر نگهداری پیشگیرانه، مستقل، آموزش و یادگیری و تحلیل آنالیز FMEA از RCM	[۳۴]
۱۰	گیوریا فاریاس و همکاران ^{۲۲}	۲۰۲۲	پیشنهاد یک مدل مدیریتی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر TPM و RCM برای بهینه‌سازی زمان و هزینه در چرخه عمر دارایی‌های دریایی بر پایه تحلیل FMEA از RCM و ستون‌های نگهداری مستقل و آموزش و یادگیری	[۳۵]
۱۱	پژوهش حاضر	۲۰۲۳	تحلیل و بررسی یک رویکرد عملیاتی بر پایه ادغام خط‌مشی‌های TPM و RCM مبتنی بر چهار ستون نگهداری مستقل، پیشگیرانه، آموزش و یادگیری و بهبود مستمر از ارکان TPM و تحلیل FMECA از RCM برای یک سیستم عمومی	

در حالی که مدل‌ها، رویکردها و چارچوب‌های متعددی برای مدیریت فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در دسترس هستند، TPM و RCM در میان مطالعات و پیاده‌سازی مهم‌تر هستند. با این حال، TPM و RCM به طور معمول به عنوان روش‌های مجزا تلقی می‌شوند، به این

^{۱۲} Condition-based maintenance

^{۱۳} Prabhakar and Raj

^{۱۴} Achamu et al

^{۱۵} Reyna Alva and Romero De la Cruz

^{۱۶} Hernández Novoa and Yacolca Loja

^{۱۷} Azid et al

^{۱۸} Palomino-Valles et al

^{۱۹} Moscoso et al

^{۲۰} Kumtekar et al

^{۲۱} Ayquipa Rivero and Torres Ojeda

^{۲۲} Giuria-Farías et al



معنا که معمولاً به عنوان روش‌های مستقل و جایگزین محسوب می‌شوند تا به‌طور بالقوه در توالی اجرا شوند. در واقع، ادغام بین RCM و TPM می‌تواند به مزایای متعددی مانند بهبودها در ایمنی، اثرات زیست‌محیطی، اثرات تولید، کاهش خرابی‌های ناشی از نگهداری و تعمیرات بیش از حد، بهبود برنامه نگهداری و تعمیرات و هزینه‌های مرتبط، آگاهی از تجهیزات و کاهش وابستگی فنی به تولید کنندگان منجر شود، زیرا ضعف یک مدل به طور بالقوه با قدرت مدل دیگر کاهش می‌یابد [۲]؛ به عبارت دیگر، RCM و TPM می‌توانند روش‌های مکمل در نظر گرفته شوند. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، مطالعات با موضوع بررسی این دو رویکرد توجه محدودی به جنبه‌های عملیاتی دارند یا برای یک زمینه خاص توسعه یافته‌اند؛ اما در این تحقیق از ماهیت مکمل دو راهبرد برای ارائه یک رویکرد عملیاتی یکپارچه به‌منظور افزایش دسترسی تجهیزات با هدف طراحی و بهبود برنامه‌های نگهداری و تعمیرات برای یک سیستم عمومی استفاده می‌شود. همچنین بررسی چهار رکن نگهداری پیشگیرانه، مستقل، آموزش و یادگیری و بهبود مستمر و متمرکز دیگر موضوعی است که در این پژوهش به آن توجه شده است که نسبت به دیگر تحقیقات، ارکان بیشتری از TPM را مورد مطالعه قرار می‌دهد. نگهداری مستقل و پیشگیرانه دو رکن اساسی در TPM هستند که RCM نیز بر آن‌ها تأکید دارد، از طرفی برای ایجاد یک بستر مناسب برای اپراتورها نیاز به آموزش و یادگیری است. همچنین برای ایجاد یک رویکرد مثبت نیاز به توسعه، به‌روزرسانی و بهبود مستمر و متمرکز بین گروه‌ها و واحدهای مختلف در این چارچوب می‌باشد. به طور خلاصه، نتیجه تحلیل مفهومی که از طریق مرور ادبیات صورت گرفت در شکل ۱ [۱۲] نشان داده شده است.





۳- روش‌شناسی

پژوهش حاضر به شیوه آمیخته پرسشنامه‌ای و کتابخانه‌ای صورت گرفته است و از نوع تحلیل اسنادی می‌باشد. در این پژوهش کلیه منابع در دسترس شامل کتاب‌ها، مقالات، کتابچه‌های راهنما و گزارش‌ها در مورد نت بهره‌ور فراگیر و قابلیت اطمینان محور مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. به منظور تجزیه و تحلیل یافته‌ها نیز اقدام به طبقه‌بندی، استدلال و استنتاج منطقی شده است. ابزار گردآوری اطلاعات از طریق پرسشنامه (کاربرگ‌ها)، مصاحبه و مشاهده مستقیم و مشارکتی با کارشناسان ذی‌ربط در مورد سیستم مورد مطالعه صورت گرفت.

۳-۱- رویکرد یکپارچه

رویکرد پیشنهادی بر سطح تجهیزات تمرکز دارد، یعنی بر جنبه عملیاتی نگهداری و تعمیرات متمرکز است و اصول و روش‌های TPM و RCM را به طور کامل مورد استفاده قرار می‌دهد. اجرای آن به وضوح نیازمند شرایط سازمانی و مدیریتی خاصی است که تنها با استفاده از یک سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات جامع قابل دستیابی است؛ بنابراین، فرض می‌کنیم که روش‌شناسی ما بخشی از یک طرح گسترده‌تر از TPM خواهد بود. علاوه بر این، این روش، پیکربندی فعلی سیستم را با در نظر گرفتن شرایط عملیاتی و مسائل فنی، به منظور مقایسه گزینه‌های مداخله مختلف بررسی می‌کند. مناسب‌ترین اقدام نگهداری و تعمیرات با توجه به الزامات فنی، اقتصادی، قانونی و ایمنی شناسایی می‌شود. به همین شکل به ارزیابی مرتب و منظم وضعیت نگهداری و تعمیرات پرداخته و در صورت لزوم به بازنگری و توسعه برنامه و فعالیت‌های نت می‌پردازد تا بهبود به صورت مستمر صورت گیرد. این رویکرد این اهداف را به دنبال یک رویه متوالی در چهار مرحله اصلی انجام می‌دهد که توالی منطقی آن در شکل ۲ نشان داده شده است.

مدل پیشنهادی، دو روش همسو با نگهداری و تعمیرات در صنعت تولید یعنی TPM و RCM را در بر می‌گیرد. در مدل ارائه شده در این مقاله از چهار اصل TPM، نگهداری و تعمیرات مستقل (AM) و نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده (PM)، آموزش و یادگیری و بهبود مستمر استفاده شده و به همین ترتیب از روش‌های کلی RCM به خصوص ابزار آنالیز FMECA استفاده می‌کند. این روش سه مرحله متوالی را توسعه می‌دهد. در اولین مرحله از شناسایی، تعیین اثرات و اولویت‌بندی بر اساس میزان بحرانی بودن خرابی‌های احتمالی در سیستم‌ها و تجهیزات (FMECA) برای دستیابی به تجزیه دقیق سیستم مورد نظر استفاده می‌کند. مرحله دوم خط‌مشی نگهداری مناسب برای هر حالت خرابی را با استفاده از یک نمودار جریان تصمیم‌گیری مناسب تعیین می‌کند. در نهایت، آخرین گام به برنامه‌ریزی و اجرای فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات مشخص شده بر اساس کاربرگ‌های عملیاتی خاص اختصاص دارد که از وظایف نت مستقل تا اقدامات بهبود قابلیت نگهداری و آموزش کارکنان را به صورت مستمر شامل می‌شود.

هدف از این رویکرد کمک به متخصصان از مرحله اولیه شناسایی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات مناسب با استفاده از کاربرگ‌های عملیاتی که از برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات نگهداری و تعمیرات پشتیبانی می‌کنند، می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های ارائه شده اهداف این روش شامل موارد ذیل می‌باشد:

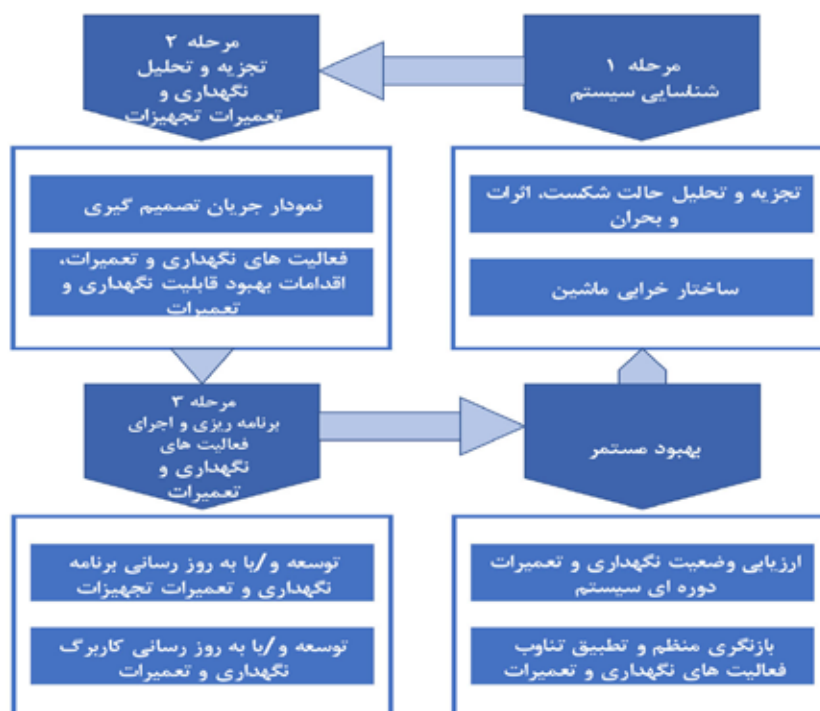
(۱) بررسی، شناسایی، تعیین اثرات و اولویت‌بندی بر اساس میزان بحرانی بودن خرابی‌های احتمالی در سیستم‌ها و تجهیزات از طریق یک FMECA گسترده

(۲) شناسایی مناسب‌ترین اقدامات نگهداری و تعمیرات، با هدف اولیه حذف، پیش‌گیری یا پیش‌بینی رخداد خرابی، ارتقا فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات مستقل توسط اپراتورها

(۳) ارتقا پیاده‌سازی عملی تحت یک چشم‌انداز عملیاتی با استفاده از کاربرگ‌هایی که برای کارکنان و اپراتورها توضیح داده شده‌اند

این روش قادر به تحقق این اهداف به دنبال یک روند متوالی در سه مرحله اصلی است که توالی منطقی آن‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.





شکل ۲- توالی مراحل روش پیشنهادی

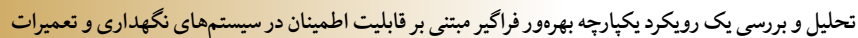
۲-۳- شرح تفصیلی رویکرد

ابتدا، یک FMECA گسترده با هدف شناسایی حالت‌های خرابی و حساسیت اثرات آن‌ها بر یک سیستم خاص انجام می‌شود. کاربرد FMECA مستلزم تقسیم سیستم به سلسله‌مراتب است که شامل زیر سیستم‌ها، واحدها، زیر مجموعه‌های فرعی و غیره تا پایین‌ترین سطح امکان‌پذیر است که اجزا یا تجهیزات (حتی قطعات یدکی که در معرض خطر هستند) را شناسایی می‌کند. این وظیفه اساساً نیازمند آماده‌سازی یک ساختار شکست ماشین خواهد بود که در کاربرد جدول ۲ خلاصه شده است.

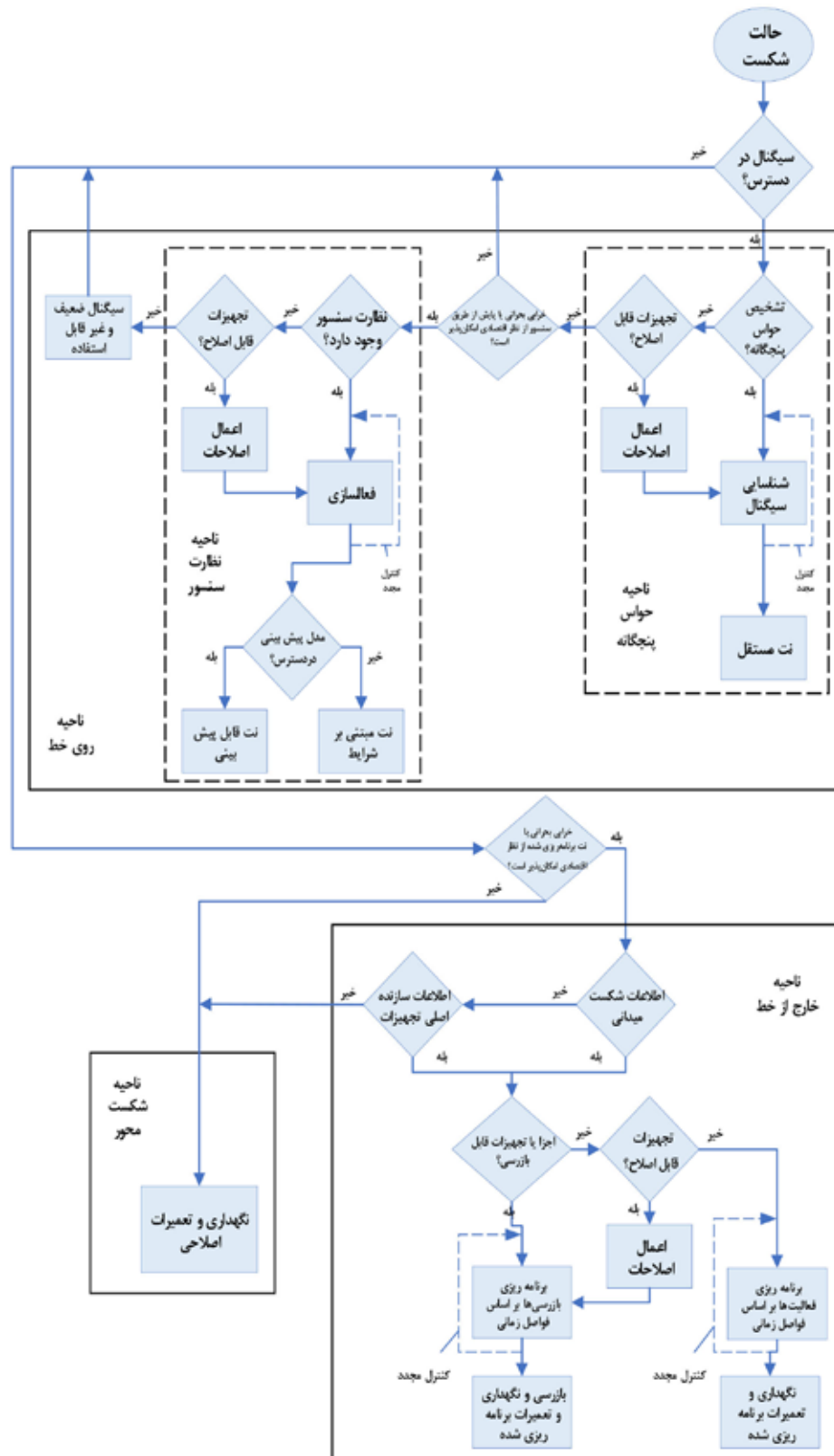
جدول ۲- کاربرد ساختار شکست

کاربرد ساختار شکست							
شرکت:		بخش:					
		واحد:					
		عملیات:					
ردیف	سیستم اصلی	ردیف	زیر سیستم (سطح ۱)	ردیف	زیر سیستم فرعی سطح (۲)	ردیف	قطعه
۱		۱-۱		۱-۱-۱			
		۲-۱		۱-۲-۱			
				۲-۲-۱		۲-۲-۱-۱	
						۲-۲-۱-۲	





Journals.ihuo.ac.ir



شکل ۳- نمودار جریان تصمیم‌گیری برای انتخاب فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات



سه حوزه اصلی را در نظر گرفتیم:

- ناحیه روی خط (نگهداری و تعمیرات مستقل) که در آن شرایط را می‌توان بدون قطع عملیات ارزیابی کرد
- ناحیه خارج از خط (نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده) که در آن پایش وضعیت روی خط عملی نیست و مداخلات (بازرسی و یا تعویض) نیاز است
- ناحیه شکست محور که در آن هیچ یک از اقدامات قبلی امکان‌پذیر نیستند و ماشین یا سیستم به شکست یا خرابی می‌رسد.

باید به خاطر داشته باشیم که در زمینه اصلی TPM، اپراتورها اولین خط دفاعی را تشکیل می‌دهند [۳]. اپراتورها می‌توانند به طور مستقل شرایط عملیاتی استاندارد را احیا کنند یا به طور متناوب به مداخله کارکنان نگهداری و تعمیرات نیاز داشته باشند. در مورد دوم، اپراتورها باید تمام اطلاعات لازم را برای متخصصان نگهداری و تعمیرات گزارش دهند تا اقدامات اصلاحی مربوطه را به طور مؤثر و کارآمد انجام دهند. برنامه‌های نگهداری و تعمیرات مستقل باید به درستی با شناسایی وظایف و تعداد دفعات تکرار آن‌ها توسعه داده شوند. همچنین، تعداد دفعات تکرار باید به صورت دوره‌ای با توجه به تغییرات در شرایط عملیاتی اصلاح و تنظیم شود.

در شکل ۳ مجدداً موردی را در نظر می‌گیریم که در آن سیگنال موجود است. اگر نگهداری و تعمیرات مستقل بر اساس تشخیص پنج حسی نمی‌تواند اتخاذ شود، تحلیلگر باید استفاده از روش‌های پایش سنسور را در نظر بگیرد. این ارزیابی بر اساس حساسیت به شکست و خرابی‌ها (مطابق با FMECA) و ارزیابی اقتصادی مداخله نگهداری و تعمیرات است. مشاهده می‌کنیم که نمودار جریان تصمیم‌گیری امکان انجام اصلاح به تجهیزات را در زمانی که سیگنال نمی‌تواند به طور مستقیم برای اجرای روش‌های پایش سنسور استفاده شود، در نظر می‌گیرد. این امر با توجه به مفهوم TPM در جهت بهبود قابلیت نگهداری و تعمیرات است.

اگر روش‌های نگهداری و تعمیرات مستقل و پایش سنسور قابل اجرا نباشند، تحلیلگر باید فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده یا خط‌مشی اجرا تا شکست را دنبال کند. این امر هم به حساسیت خرابی و هم ارزیابی اقتصادی وظایف نگهداری و تعمیرات چرخه‌ای بستگی دارد. با توجه به فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده، در دسترس بودن داده‌های خرابی از تولیدکننده اصلی تجهیزات یا از میدان (خط تولید)، زمانی که احتمال وقوع خرابی وجود دارد، فراهم می‌شود؛ بنابراین، تخمین بازه‌های نگهداری و تعمیرات مناسب را تعریف می‌کند. لازم به ذکر است که اقدامات برنامه‌ریزی شده می‌توانند به بازرسی و در صورت نیاز، جایگزینی بپردازند. در واقع، برخی از اجزا یا تجهیزات به دلیل مسائل فنی یا اقتصادی نمی‌توانند مورد بازرسی قرار گیرند. در این شرایط، جایگزینی تنها کار ممکن است. توجه داشته باشید که بر اساس اصل بهبود قابلیت نگهداری و تعمیرات، نمودار جریان تصمیم‌گیری تغییرات ممکن را برای تجهیزات پیشنهاد می‌کند تا وظایف بازرسی مجاز باشند. علاوه بر این برای تنظیم فواصل نگهداری و تعمیرات در رابطه با ایجاد تغییرات در شرایط عملیاتی، بازخورد لازم است. ما مشاهده می‌کنیم که فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده بر روی اجزا یا تجهیزات داده شده ممکن است فرصتی برای انجام بازرسی و یا تعمیر سایر اجزا یا تجهیزات را فراهم کند.

زمانی که تحلیلگر فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات را با پشتیبانی از نمودار جریان تصمیم‌گیری نشان داده شده در شکل ۳ تعریف کرد، امکان تصور و برنامه‌ریزی اقدام بهبوددهنده در نگهداری و تعمیرات وجود دارد؛ به عبارت دیگر، تحلیل تجهیزات تحت یک دیدگاه نگهداری و تعمیرات سازنده امکان‌پذیر است.

جدول ۳ یک برنامه تحلیل نگهداری و تعمیرات مفید را نشان می‌دهد. این سند شامل چندین ستون و بخش است که حاوی اطلاعات فنی در مورد تحلیل شکست و خرابی به کمک FMECA هستند:





جدول ۳- کار برگ تجزیه و تحلیل نگهداری و تعمیرات

تجزیه و تحلیل نگهداری و تعمیرات																		
															شرکت:			
															بخش:			
															واحد:			
															عملیات:			
تحلیل اصلاحات		فعالیت‌های نت		منبع اطلاعات		تحلیل شکست					سیستم (دستگاه)							
موانع اصلاحات	جایگزین‌ها اصلاحی	شرح فعالیت‌های فعلی	اطلاعات شکست	علامت‌های ضعیف	اسناد فنی و قطعه کمکی	قسمت	چرا شده/ جایگزین شده	علت شکست	حالت شکست	اجزا	حساسیت	حالت شکست	شرح	ردیف				

بخش (سیستم): سیستم و حالت شکست آن را شناسایی می‌کند. این اطلاعات مستقیماً از جدول ۲ آمده است.

ستون (حالت شکست): حالت‌های شکست یا خرابی یا از کارافتادگی که در عملکرد سیستم رخ داده است را نشان می‌دهد.

ستون (حساسیت): تأثیر حالت شکست خاص بر عملکرد ماشین را گزارش می‌کند، این اطلاعات باید هنگام تعریف خط‌مشی‌های نگهداری و تعمیرات بر اساس نمودار جریان تصمیم‌گیری نشان داده شده در شکل ۳ در نظر گرفته شوند.

بخش (تحلیل شکست): گزارش علت خرابی، قطعات یدکی و مواد کمکی و اسناد فنی لازم برای مداخله نگهداری و تعمیرات را شرح می‌دهد.

ستون (حالت خرابی اجزا): اجزایی را که موجب حالت خرابی شده مشخص می‌کند و حالت خرابی مربوطه را توصیف می‌کند.

بخش (منبع اطلاعات): اطلاعات لازم برای تشخیص زودهنگام یا سریع شکست را جمع‌آوری می‌کند.

ستون (علامت‌های ضعیف): علامت‌هایی را گزارش می‌کند که مستقیم یا غیرمستقیم توسط اپراتور قابل درک هستند و به پیش‌بینی شکست کمک می‌کنند.

ستون (اطلاعات شکست): نشانه‌های غیرمستقیم یا نشانه‌های شکست را توصیف می‌کند که می‌تواند به رفع یا جلوگیری صحیح مداخله نگهداری و تعمیرات کمک کند.

بخش (فعالیت‌های نت): این بخش فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات که در حال حاضر باید اجرا شوند را نشان می‌دهد. این اطلاعات به وضوح در اصلاح عملیات نگهداری و تعمیرات مورد نیاز است.

بخش (تحلیل اصلاحات): اصلاح ممکن برای تجهیزات یا ماشین را ارائه می‌دهد تا خرابی یا بهبود قابلیت نگهداری و تعمیرات آن را رفع یا پیش‌بینی کند.



ستون (جایگزین‌های اصلاحی): اصلاح ممکن برای سیستم یا تجهیزات را پیشنهاد می‌کند. این اصلاحات باید با حساسیت حالت خرابی خاص سازگار باشند، یک اثر خرابی بزرگ‌تر ممکن است منجر به اصلاح مهم‌تر، پیچیده‌تر و گران‌قیمت‌تر شود. انتخاب بین مداخلات احتمالی ممکن است توسط تحلیل هزینه - سود بررسی شود. برای مثال، معیارهای کاهش هزینه‌های خرابی و نگهداری و تعمیرات، همچنین سرمایه‌گذاری‌های لازم و دوره بازگشت سرمایه و ارزیابی بهبود OEE^{۲۲} را می‌توان در نظر گرفت.

ستون (موانع اصلاحات): به مشکلات و موانع بالقوه‌ای اشاره می‌کند که ممکن است مانع اجرای اصلاحات شوند، مانند محدودیت‌های فنی، اقتصادی، زمانی، مسائل ایمنی و قانونی و حساسیت‌های اضافی.

اطلاعات در جدول‌های ۲ و ۳ برای توسعه برنامه نگهداری و تعمیرات سازنده که در جدول ۴ نشان داده شده مورد نیاز است. این برنامه به تحلیل‌گر اجازه می‌دهد:

- (۱) فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات را شناسایی نماید.
- (۲) امکان تعریف و تخصیص منابع انسانی درگیر در وظایف نگهداری و تعمیرات تولیدی داشته باشد. (مانند اپراتورها، کارشناسان فن‌آوری، کارکنان نگهداری و تعمیرات، مهندسان تولید و غیره)

جدول ۴- برنامه نگهداری و تعمیرات

برنامه نگهداری و تعمیرات																
														بخش:		شرکت:
														واحد:		
														عملیات:		
														سیستم:		
شناسایی اجزا				فعالیت‌های روی خط				فعالیت‌های خارج از خط				فعالیت‌های شکست محور		فعالیت‌های بهبود		
ردیف	سطح ۲	ردیف	سطح ۳	شرح	دوره برنامه‌ریزی	مدت زمان فعالیت	نحوه کنترل	بازخورد فعالیت	افراد درگیر	شرح	دوره برنامه‌ریزی	مدت زمان فعالیت	علامت‌های ضعیف	بازخورد فعالیت	توضیحات	

به طور خاص، اگر یک چشم‌انداز نگهداری و تعمیرات سازنده دنبال شود، این برنامه باید برای هر گروه عملکردی سیستم توسعه داده شود و فعالیت‌های روزانه را توصیف و راهنمایی کند.

^{۲۲} Overall equipment effectiveness





بخش (شناسایی اجزا): اجازه شناسایی اجزا یا قسمت‌هایی را می‌دهد که در معرض نگهداری و تعمیرات قرار دارند. این اطلاعات از جدول ۲ گرفته شده است. تعداد سطرها و ستون‌ها به سیستم در نظر گرفته شده و به سطح جزئیات مورد استفاده در تجزیه سیستم بستگی دارد.

بخش (فعالیت‌های روی خط): تمام جنبه‌های عملیاتی (مانند شرح، مدت، دوره برنامه‌ریزی و نحوه کنترل) را گزارش می‌کند که مربوط به وظایف نگهداری و تعمیرات مستقل یا واحد نگهداری و تعمیرات است که از تکنیک‌های پایش سنسور استفاده می‌کند.

بخش (فعالیت‌های خارج از خط): تمام جنبه‌های عملیاتی (مانند شرح، مدت، دوره برنامه‌ریزی و نحوه کنترل) مربوط به وظایف نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده (برای مثال بازرسی‌های برنامه‌ریزی شده و یا تعمیرات) را گزارش می‌کند.

بخش (فعالیت‌های شکست محور): تمامی فعالیت‌های صورت گرفته در واکنش به شکست را توصیف می‌کند. این برنامه قطعات یدکی مورد نیاز، تجهیزات، مواد اضافی، رویه‌های فنی و ایمنی و غیره را مشخص می‌کند تا در عملیات بازسازی یا تعمیر استفاده شوند.

بخش (فعالیت‌های بهبود): فعالیت‌هایی با هدف افزایش نگهداری و تعمیرات و یا دسترسی به سیستم که امکان بهبود یا پیشرفت در آن وجود دارد را بررسی می‌کند. این اقدامات ممکن است شامل اصلاح سیستم، جمع‌آوری داده‌ها، آموزش اپراتور یا تکنسین، بازبینی رویه‌های نگهداری و تعمیرات، استانداردهای طراحی و توصیه به تأمین‌کنندگان بخش یدکی تخصصی باشد.

فعالیت‌هایی که اپراتورها معمولاً تحت چارچوب نگهداری و تعمیرات خودمختار یا مستقل انجام می‌دهند شامل تمیز کردن، بازرسی، تأیید شرایط عملیاتی استاندارد، روغن‌کاری و تنظیم می‌باشند. برای انجام این وظایف، اپراتورها ممکن است به دستورالعمل‌های آموزشی و یا استفاده از تجهیزات کمکی، ابزارها و مواد نیاز داشته باشند. همچنین این موضوع نیز مهم است که اجرای برخی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات مستقل ممکن است نیازمند آموزش مناسب، تصویب قبلی توسط اتحادیه‌های کارگری یا حتی مذاکره مجدد قرارداد باشد. باین‌حال، بیشتر این فعالیت‌ها، یعنی تمیز کردن یا روغن‌کاری، از قبل به اپراتورها مربوط بوده‌اند. در نهایت مشاهده می‌کنیم که مقدار وظایف نگهداری و تعمیرات مستقل، منوط به بازبینی و در صورت لزوم تنظیم مطابق با تغییرات شرایط عملیاتی است.

بدین منظور، کاربرگی ارائه می‌گردد که از طریق آن می‌توان یک برنامه آموزشی برای کارکنان ترتیب داد که در جدول ۵ قابل مشاهده است. در ابتدا باید گروه کاری تعریف شود، مهندس ارشد پروژه منصوب شود و تعداد و نوع تکنسین‌های مورد نیاز برای انجام امور تصمیم‌گیری شود. به افراد سیستم‌ها، نوع عملکرد و مشخصات آن‌ها آموزش داده شود و در ادامه مذاکرات و جلسات برای توضیح روش و آنچه که انتظار می‌رود برای اجرا به آن نیاز است برگزار شود. بدین جهت اهداف و شاخص‌ها تعریف شوند. این موارد باید به اندازه کافی شفاف باشند تا همه اهداف نهایی خود را در فرآیند برنامه کاربردی درک کنند.

جدول ۵- کاربرگ برنامه آموزشی نگهداری و تعمیرات

کاربرگ برنامه آموزشی نگهداری و تعمیرات						
ردیف	مراحل آموزش	تاریخ شروع:			تاریخ پایان:	
		ساعت:	ساعت:	ساعت:	ساعت:	ساعت:
۱	تشکیل گروه و خط شرح نگهداری و تعمیرات					
۲	مشخصات سیستم هر دستگاه، قطعه و قسمت‌ها					
۳	آموزش و دستورالعمل فعالیت‌های نت					
۴	آشنایی تجهیزات و ابزارآلات کمکی					





علاوه بر این، ممکن است لازم باشد که اپراتورها بازخورد کارکنان نگهداری و تعمیرات را در فعالیتهای نگهداری و تعمیرات خود ارائه دهند. بدین منظور، برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی وظایف نگهداری و تعمیرات مستقل، یک کاربرگ ارائه می‌کنیم که جدول ۶ مثالی از این سند را نشان می‌دهد.

جدول ۶- کاربرگ نگهداری و تعمیرات مستقل

کاربرگ نگهداری و تعمیرات مستقل					
شرکت:			بخش:		
			واحد:		
			عملیات:		
ردیف	دستگاه (سیستم)	ردیف	شرح فعالیت	تعداد فعالیت	یادداشت عملیاتی
یادداشت اضافی:					

توجه داشته باشید که برنامه نگهداری و تعمیرات نیازمند مشخصات فعالیتهای خارج از خط (نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده) است. در واقع اپراتورها یا کارکنان نگهداری و تعمیرات ممکن است این وظایف را انجام دهند که شامل بازرسی و یا جایگزینی می‌باشد. باید در نظر داشت که یک جایگزین ممکن است بسته به شرایط یافت شده از انجام بازرسی در یک جزء صورت گیرد.

همچنین به منظور ارزیابی عملکرد کارکنان، برنامه حسابرسی برای نگهداری و تعمیرات مستقل که در جدول ۷ نشان داده شده، طراحی گردیده است. در این برنامه گام‌هایی که برای ارزیابی آموزش لازم است تفسیر می‌شود و مدیر پروژه را قادر می‌سازد دامنه فعالیت‌ها و همکاری گروه‌های نت مستقل را ارزیابی کند.

جدول ۷- کاربرگ برنامه حسابرسی نگهداری و تعمیرات مستقل

کاربرگ برنامه حسابرسی نگهداری و تعمیرات مستقل							
شماره تجهیزات:				زمینه: نگهداری و تعمیرات			
مسئول:				حسابرس:			
تاریخ شروع:				تاریخ پایان:			
موارد		امتیاز ارزیابی					بهبودی در عملکرد
		۱	۲	۳	۴	۵	
							بله
							خیر
درک اهداف برنامه گروه نت مستقل							
برنامه‌ریزی فعالیتهای گروه مدیریت نت مستقل							
اجرای فعالیتهای گروه نت مستقل							
مشارکت و همکاری بین گروه‌های نت مستقل							
ارتباط بین گروه‌های نت مستقل							





۴- اعتبارسنجی

۴-۱- شرح چگونگی عملکرد رویکرد

در این بخش یک مثال کاربردی از رویکرد نگهداری و تعمیرات پیشنهادی در بخش قبلی ارائه شده است. کاربرد توصیف شده در زیر بخشی از یک مطالعه موردی صنعتی است که عملکرد روش را نشان می‌دهد. سپس به اندازه‌گیری اثربخشی کلی (OEE) سیستم مورد بررسی پرداخته می‌شود تا اعتبار رویکرد پیشنهادی مشخص گردد.

سیستم تحت نگهداری، یک ماشین CNC VMC ۸۵۰ در مرکز بهینه‌سازی، ساخت و بازسازی قطعات زهرن است. ما چند بخش از آن را در نظر می‌گیریم که شامل چهار گروه اصلی عملکردی است: (۱) میز محور، (۲) اسپیندل، (۳) سیستم روانکاری گیربکس، (۴) واحد مراقبت. جدول ۸ یک برنامه تجزیه سه سطحی را در مورد دستگاه مورد نظر نشان می‌دهد.

جدول ۸- کاربرگ ساختار شکست

کاربرگ ساختار شکست							
شرکت: کارخانجات زهرن						بخش: سالن ۱۳	
						واحد: ساخت قطعات	
						عملیات: -	
ردیف	سیستم اصلی	ردیف	زیر سیستم(سطح ۱)	ردیف	زیر سیستم فرعی سطح (۲)	ردیف	قطعه
۱	CNC VMC ۸۵۰	۱-۱	میز محور	۱-۱-۱	کاور تلسکوپی		
				۱-۱-۲	بال اسکرو		
				۱-۱-۳	لایزر گاید		
				۱-۱-۴	اسلاید گاید		
		۱-۲	اسپیندل	۱-۲-۱	گیربکس		
				۱-۲-۲	الکتروموتور		
				۱-۲-۳	کلمپ		
				۱-۲-۴	کولت		
		۱-۳	سیستم روانکاری گیربکس	۱-۳-۱	پمپ روغن		
				۱-۳-۲	مقسم روغن		
				۱-۳-۳	مخزن روغن		
				۱-۳-۴	پمپ هیدرولیک		
				۱-۳-۵	نازل های روانکاری		
				۱-۳-۶	فیلتر		
		۱-۴	واحد مراقبت	۱-۴-۱	فشارشکن		
				۱-۴-۲	گیج فشار		
				۱-۴-۳	شیر کنترل فشار		
				۱-۴-۴	کنترل جریان باد		

هنگامی که اقدامات نگهداری و تعمیرات بر اساس نمودار جریان تصمیم‌گیری در شکل ۳ تعریف شدند، توسعه بهبود نگهداری و تعمیرات ممکن است. این مداخلات در کاربرگ تجزیه و تحلیل نگهداری و تعمیرات، نشان داده شده در جدول ۹ گزارش شده است. این تحلیل ممکن است منجر به تغییر در سیستم فیزیکی و همچنین در فرآیند نگهداری شود. در نهایت جدول ۱۰ برنامه نگهداری و تعمیرات تولیدی مربوطه را برای سیستم مورد نظر در این برنامه پیشنهاد می‌کند.



جدول ۹- کاربرگ تجزیه و تحلیل نگهداری و تعمیرات

شرکت: کارخانجات زرهین		بخش: سالن ۱۳		تجزیه و تحلیل نگهداری و تعمیرات		واحد: ساخت قطعات		عملیات -	
سیستم (دستگاه)		تحلیل شکست		منبع اطلاعات		فعالیت های نت		تحلیل اصلاحات	
۱-۴	مراقبت واحد	قطع فشار باد، رطوبت داشتن افت سیستم، افت فشار	عدم تغییر فشار در حین تنظیم پنج تنظیم، نشی، هرز شدن رزوه در اثر باز و بست زیاد، خرابی بوشین برقی، تأثیر روی قطع کار	کیفیت پایین جنس، عمر کار کردی تمام شود، رطوبت سیستم زیاد باشد.	فرمان برقی، اسفول، لورینگ، بوشین برقی	نشی، فشار، بیش از حد مجاز، ورود لرات به مجاز، توقف دستگاه	نشی، فشار	قطع فشار باد، هشدار روی صفحه نمایشگر	کنترل سنسور و رطوبت دستگاه
۱-۳	سیستم رولکاری گیربکس	موجب خرابی، چرخنده می شود	مصرف زیاد روغن، تخلیه روغن، افت فشار روغن، خرابی پال اسکرو، بهر خیزش تارت، زیاد شدن زمان تعویض قلم، گج از دامنه نشیگر خارج شده باشد	ورود ذرات، خرابی پمپ روغن، خرابی اتصالات	پال اسکرو، کلسند، گج، مجاری، آب بند	افت فشار، صدای غیر عادی، عدم نمایش فشار، نشی	تعمیر نشی، تعمیر و تعویض فرمان برقی، اسفول، لورینگ، بوشین برقی	تعمیر کون مخزن روغن، چک مقدار روغن، روغن کاری طبق برنامه	تعمیر کون مخزن روغن، چک مقدار روغن، روغن کاری طبق برنامه
۱-۲	اسپیندل	دقت کار از بین می رود	توقف اسپیندل، نگرش قطعه کار، توقف ماشین، شکستن ابزار، صدای غیرعادی، لورزش، آسیب کشیدن زیاد	خرابی بلبرینگ و گشاد شدن کاسه سر موتور، سوختن سیم پیچ موتور، شکستن پروانه خشک کننده، خرابی رزوه سر اسپیندل	بلبرینگ، موتور، پروانه، اتصالات	توقفات احتمالی دستگاه، حرارت زیاد، کاهش سرعت دستگاه	توقفات احتمالی دستگاه، حرارت زیاد	تعویض بلبرینگ، موتور، پروانه، اتصالات، تعمیر دستگاه در صورت نیاز	گرمس مانی با تالان های اسپیندل کنترل حرارت دستگاه، بازرسی بلبرینگ و اتصالات
۱-۱	میز محور	اختلال در عملکرد میز محور	ورود ذرات در اجزا و بخش های داخلی، عدم کیفیت قطعه کاهش دقت دستگاه، از تعاش و لورزش محورها، اختلال در چرخش ایسرت	خرابی چک های هیدرولیک، خرابی ساجمه در پال اسکرو و پکیج در چکها	چکهای پمپ هائیک اسکرو	صدای نامعجار، توقفات لحظاتی دستگاه	صدای نامعجار، توقفات لحظاتی دستگاه	تراز و دقت دستگاه چک شود، روغن کاری میز، تکیه گاه، سلاح کسویی و پیچ های ساجمادی	سنسور کنترل روغن کاری و دقت دستگاه کنترل صدا



جدول ۱۰- کاربرد برنامه نگهداری و تعمیرات

تجزیه و تحلیل نگهداری و تعمیرات

[illegible]

۴-۲- محاسبه اثربخشی کلی (OEE)^{۲۴}

OEE یک ابزار اندازه‌گیری مستقل برای نشان دادن نسبت ظرفیت تولید واقعی تجهیزات به ظرفیت تولید نظری است. این یک شاخص مهم در عملکرد و سلامت ماشین در تولید است [۳۶]. ابزار مؤثری است که در اصول TPM و تولید ناب به عنوان یک شاخص کلیدی عملکرد استفاده می‌شود. درک مفهوم OEE بسیار آسان است و می‌تواند به راحتی توسط متخصصان و پرسنل مدیریت نگهداری و تعمیرات درک و تفسیر شود. OEE به جای کارایی، اثربخشی ماشین را به صورت جامع اندازه‌گیری می‌کند [۳۷]. مبنایی را برای تعیین اولویت‌های بهبود فراهم می‌کند، به تجزیه و تحلیل علت ریشه‌ای کمک می‌کند، به ظرفیت استفاده نشده در فرآیند تولید اشاره می‌کند و جریان متعادل را تضمین می‌کند.

OEE تابعی از قابلیت دسترسی، نرخ عملکرد و نرخ کیفیت است. استانداردهای در دسترس بودن، عملکرد و کیفیت برای OEE به ترتیب ۹۰٪، ۹۵٪ و ۱۰۰٪ تعیین شده است. معیار ۸۵٪ برای OEE به عنوان یک کیفیت در سطح جهانی در نظر گرفته می‌شود [۳۸]. روابط ۱ تا ۴ نحوه محاسبات را نشان می‌دهند [۳۹].

$$\text{OEE} = \text{نرخ کیفیت} \times \text{نرخ عملکرد} \times \text{در دسترس بودن} \quad (۱)$$

$$۱۰۰ \times (\text{زمان توقف برنامه‌ریزی شده} / \text{زمان عملیاتی}) = \text{در دسترس بودن} \quad (۲)$$

$$۱۰۰ \times [\text{چرخه زمان ایده‌آل زمان عملیاتی} / (\text{مقدار کل تولید})] = \text{نرخ عملکرد} \quad (۳)$$

$$\text{کل تولیدات} / \text{تولیدات سالم} = \text{نرخ کیفیت} \quad (۴)$$

نتایج محاسبات اثربخشی کلی سیستم CNC VMC ۸۵۰ قبل و بعد از پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی در یک دوره زمانی کوتاه مدت در جدول ۱۱ نشان داده شده است. اطلاعات مورد نیاز از طریق مصاحبه و ارائه کاربرگ‌ها به کارشناسان، مشاهده و بررسی دستگاه و خط تولید و اطلاعات مستند شده در واحد نگهداری و تعمیرات شرکت مورد مطالعه به دست آمد.

جدول ۱۱- نتایج محاسبات اثربخشی کلی ماشین

ردیف	شرح	قبل از پیاده‌سازی رویکرد	بعد از پیاده‌سازی رویکرد
۱	زمان شیفت	۷۲۰ دقیقه	۷۲۰ دقیقه
۲	مجموع زمان بیکاری برنامه‌ریزی شده	۱۰۰ دقیقه	۶۰ دقیقه
۴	میانگین زمان خرابی	۷۳ دقیقه	۳۸ دقیقه
۵	تعداد قطعات تولید شده	۲۳	۲۵
۶	تعداد قطعات معیوب	۳	۲
۷	میزان دسترس‌پذیری	۸۸٪	۹۴٪
۸	نرخ عملکرد	۸۶٪	۹۰٪
۹	نرخ کیفیت	۸۵٪	۹۲٪
۱۰	اثربخشی کلی	۶۴٪	۷۸٪

نتایج حاکی از آن است که اثربخشی کلی تجهیز از ۶۴٪ به ۷۸٪ بهبود یافته است که نشان دهنده بهبود در بهره‌وری و بهبود کیفیت محصول است. میزان دسترس‌پذیری به دستگاه از ۸۸٪ به ۹۴٪ افزایش داشته که نشان از سطح استاندارد آن پس از پیاده‌سازی رویکرد عملیاتی می‌باشد. هرچند اثربخشی کلی میزان قابل توجهی رشد کرده است اما هنوز با مقدار استاندارد کلاس جهانی فاصله دارد که این

^{۲۴} Overall equipment effectiveness



موضوع می‌تواند ناشی از نرخ کیفیت و عملکرد باشد که باید بیشتر افزایش داشته باشند. در مجموع رویکرد مورد بررسی نشان داد که به بهبود سیستم نگهداری و تعمیرات در فرایند تولید کمک خواهد کرد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله به تحلیل مفهومی TPM و RCM، شباهت‌ها و تفاوت‌های بین دو راهبرد پرداخته شده است، همچنین رویکرد عملیاتی جدید برای نگهداری و تعمیرات تجهیزات ارائه شده است که اصول و روش‌های TPM و RCM را ادغام می‌کند. هدف این روش دو جنبه است: در ابتدا، بهره‌برداری از ماهیت مکمل TPM و RCM به منظور توسعه رویکردی که از نقاط قوت آن‌ها برای جبران ضعف‌های مربوطه سود می‌برد. سپس پیشنهاد ابزارهای عملیاتی که به انتخاب، برنامه‌ریزی و انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات برای پیاده‌سازی در یک سیستم صنعتی کمک می‌کند. بررسی ادبیات و توسعه مدل ارائه شده ثابت کرد که RCM اگر در چارچوب TPM توسعه یابد، نتایج بهتری را تقویت و تسهیل می‌کند، زیرا بر نگهداری پیشگیرانه تمرکز دارد. همچنین مکمل بودن بین اصول هر دو روش به میزان بالایی مشهود بود.

در این پژوهش یک نمودار جریان تصمیم‌گیری پیشنهاد شد که از تحلیل‌گر در هنگام تخصیص یک خط‌مشی نگهداری و تعمیرات به هر حالت خرابی پشتیبانی می‌کند. زمانی که یک علامت هشدار هم در دسترس و هم قابل تشخیص باشد مهمترین تفاوت، حضور نگهداری و تعمیرات مستقل که توسط اپراتورها و کارکنان آموزش دیده به عنوان اولین فعالیت است که باید در نظر گرفته شود. بررسی چهار رکن نگهداری پیشگیرانه، مستقل، آموزش و یادگیری و بهبود مستمر و متمرکز موضوعی است که در این پژوهش به آن توجه شده است که مطابق با اصول TPM است، وظایف نگهداری و تعمیرات مستقل برای حذف یا کاهش بخش بزرگی از تلفات، اساسی است. درحالی‌که هدف اصلی رویکرد پیشنهادی افزایش جنبه‌های عملی نگهداری و تعمیرات است، همچنین دارای مفاهیمی است که احتمالاً تصمیمات شرکت‌ها را در سطوح مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. اول اینکه، این کار نقش راهبردی که نگهداری و تعمیرات باید در سیستم‌های تولیدی پوشش دهد را بیشتر تأکید می‌کند. نگهداری و تعمیرات باید در خطی‌مشی‌های شرکت‌ها گنجانده شوند و مسائل مربوطه، زمانی که در مراحل اولیه تولید محصول و طراحی سیستم تولید هستیم، بهتر مورد بررسی قرار گیرند. همچنین، در سطح تاکتیکی، به خط‌مشی‌هایی که تاکنون به طور کامل مورد بهره‌برداری و بررسی قرار نگرفته‌اند به ویژه رویکردهای ترکیبی در نگهداری و تعمیرات، چراغ سبز نشان می‌دهد. همچنین با بهره‌گیری از کمک بصری (تشخیص پنج حسی) بر فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده روزانه توسط اپراتورها (نگهداری مستقل) تأکید می‌کند. فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات را می‌توان با اتخاذ کاربرگ‌های نگهداری و تعمیرات مستقل برنامه‌ریزی کرد. همچنین کاربرگ‌های دیگری ارائه شد که ممکن است برای تجزیه و تحلیل و برنامه‌ریزی فعالیت‌ها برای بهبود وضعیت نگهداری و تعمیرات با در نظر گرفتن اصلاحات در سیستم و همچنین رویه‌های عملیاتی و آموزشی مفید باشد. از طرفی به ارزیابی و بازنگری سیستم به صورت متناوب و منظم و تطبیق فعالیت‌ها و کاربرگ‌ها به‌منظور بهبود مستمر تأکید شد. سپس گزیده‌ای از یک مطالعه موردی صنعتی ارائه شد تا نشان داده شود این رویکرد چگونه عمل می‌کند. در این تحقیق، این روش برای یک ماشین ۸۵۰ CNC VMC اعمال شد. علاوه بر این، رویکرد پیشنهادی از چارچوب گسترده فعلی و انتشار تبادل اطلاعات در سیستم‌های تولیدی پشتیبانی می‌کند. در واقع، به طور کامل راه‌حل‌های فناوریانه مختلف مربوط به پایش سنسور و مدیریت سلامت تجهیزات را تحلیل می‌کند. ارتباط بین TPM و RCM به سازمان‌ها در تسهیل فرایند اجرای TPM و RCM کمک خواهد کرد. تجزیه و تحلیل این یافته‌ها، اساس توصیه‌ها و راهنمایی‌ها را برای سازمان‌هایی تشکیل می‌دهد که قصد دارند هم TPM و هم RCM را اجرا کنند. در سطح عملی، این تحقیق به شرکت‌ها این فرصت را می‌دهد تا از مزایای یک چارچوب عملیاتی بهره ببرند که به طور مؤثر رویکردها و روش‌های نگهداری و تعمیرات طولانی مدت را ادغام می‌کند. این رویه به کارشناسان و متخصصان نگهداری و تعمیرات و همچنین اپراتورها در طول عملیات روزانه خود کمک می‌کند.

برای مطالعات آتی یک فرصت مناسب می‌تواند بررسی پیاده‌سازی و ادغام رویکرد پیشنهادی با ابزارهای عملیاتی آن، در یک سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات کامپیوتری باشد که موجب نتایج مؤثرتری خواهد بود. علاوه بر این، بررسی دیگر ارکان و مؤلفه‌های TPM و RCM مانند TPM اداری می‌تواند به تکمیل‌تر شدن تحقیقات کمک کند. از طرفی تحقیقات ممکن است شامل توسعه ابزارهای عملیاتی برای پشتیبانی از متخصصان در تعریف برنامه‌های نگهداری و تعمیرات و در نظر گرفتن مسائل مربوط به هزینه - فایده باشد. پیشنهاد دیگر



پایه‌سازی رویکرد پیشنهادی در یک واحد صنعتی بروی تجهیزات مختلف و با تعداد بالا و اندازه‌گیری عملکرد عملیاتی و اثربخشی کلی تجهیزات با شاخص‌های متفاوت در دوره زمانی طولانی مدت و مقایسه نتایج آن است که می‌تواند یک راه دیگر برای نشان دادن تأثیر واقعی‌تر مدل ارائه شده در صنعت باشد. همچنین ادغام و ترکیب راهبردهای دیگر نگهداری و تعمیرات مانند نت مبتنی بر شرایط با TPM و RCM می‌تواند یک خط تحقیقاتی دیگر باشد. از طرفی نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر و مدیریت کیفیت جامع در ابعاد و سطوح مختلف با یکدیگر ارتباط دارند زیرا هر دو بر کیفیت تأکید دارند بررسی این دو راهبرد با RCM از منظرهای گوناگون نیز می‌تواند یک پیشنهاد تحقیقاتی دیگر برای پژوهشگران در آینده باشد.

۶- منابع و مآخذ

- [۱] Phogat, Sandeep, and Anil Kumar Gupta. "Identification of problems in maintenance operations and comparison with manufacturing operations: a review", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. ۲۲ No. ۲, PP. ۲۲۶-۲۳۸ (۲۰۱۷).
- [۲] Braglia, M., Castellano, D., and Gallo, M., "A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. ۲۴ No. ۴, PP. ۶۱۲-۶۳۴ (۲۰۱۹).
- [۳] Morales Méndez, J. D., and Rodríguez, R. S., "Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. ۹۲ No. ۱, PP. ۱۰۱۳-۱۰۲۶ (۲۰۱۷).
- [۴] Qarahasanlou, A. N., Barabadi, A., and Ayele, Y. Z., "Production performance analysis during operation phase: A case study", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, Vol. ۲۳۲ No. ۶, PP. ۵۵۹-۵۷۵ (۲۰۱۸).
- [۵] Jain, A., Bhatti, R., and Singh, H., "Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. ۵ No. ۳, PP. ۲۹۳-۳۲۳ (۲۰۱۴).
- [۶] Reyna Alva, A. H., and Romero De la Cruz, C. I., "Improvement proposal to increase the mechanical availability of construction machinery, in a construction company applying RCM and TPM", *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*, (۲۰۱۹).
- [۷] Hernández Novoa, R., and Yacolca Loja, R. R., "Improvement of the availability of a spiral oven in a bakery company based on the integration of RCM and TPM methodologies", *Peruvian University of Applied Sciences (UPC)*, (۲۰۱۹).
- [۸] Singh, Mahipal, and Rajeev Rathi. "A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. ۱۰ No. ۲, PP. ۲۲۲-۲۶۴ (۲۰۱۸).
- [۹] Singh, R. K., Gupta, A., Kumar, A., and Khan, T. A., "Ranking of barriers for effective maintenance by using TOPSIS approach", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. ۲۲ No. ۱, PP. ۱۸-۳۴ (۲۰۱۶).
- [۱۰] Hemmati, N., Galankashi, M. R., Imani, D. M., and Farughi, H., "Maintenance policy selection: a fuzzy-ANP approach", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. ۲۹ No. ۷, PP. ۱۲۵۳-۱۲۶۸ (۲۰۱۸).
- [۱۱] Pinto, H., Pimentel, C., and Cunha, M., "Implications of total productive maintenance in psychological sense of ownership", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. ۲۱۷, PP. ۱۰۷۶-۱۰۸۲ (۲۰۱۶).
- [۱۲] Azid, N. A. A., Shamsudin, S. N. A., Yusoff, M. S., and Samat, H. A., "Conceptual analysis and survey of total productive maintenance (TPM) and reliability centered maintenance (RCM) relationship", In *IOP Conference series: materials science and engineering*, IOP Publishing, Vol. ۵۳۰ No. ۱, P. ۰۱۲۰۵۰ (۲۰۱۹).
- [۱۳] Afefy, I. H., "Implementation of total productive maintenance and overall equipment effectiveness evaluation", *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering*, Vol. ۱۲ No. ۱, PP. ۶۹-۷۵ (۲۰۱۳).
- [۱۴] Nurprihatin, F., Angely, M., and Tannady, H., "Total productive maintenance policy to increase effectiveness and maintenance performance using overall equipment effectiveness", *J. Appl. Res. Ind. Eng.*, Vol. ۶ No. ۳, PP. ۱۸۴-۱۹۹ (۲۰۱۹).
- [۱۵] Moscoso, C., Fernandez, A., Viacava, G., and Raymundo, C., "Integral model of maintenance management based on TPM and RCM principles to increase machine availability in a manufacturing company", In *Human Interaction and Emerging Technologies: Proceedings of the 1st International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies*, Springer International Publishing, Nice, France, pp. ۸۷۸-۸۸۴ (۲۰۲۰).
- [۱۶] Fraser, K., Hvolby, H. H., and Tseng, T. L. B., "Maintenance management models: a study of the published literature to identify empirical evidence: A greater practical focus is needed", *International Journal of Quality & Reliability Management*, (۲۰۱۵).





- [۱۷] Fraser, K., Hvolby, H. H., and Watanabe, C., "A review of the three most popular maintenance systems: how well is the energy sector represented?", *International Journal of Global Energy Issues*, Vol. ۳۰ No. ۲-۴, PP. ۲۸۷-۳۰۹ (۲۰۱۱).
- [۱۸] Mohanty, S., Rath, K.C., and Jena, O.P., "Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in the Manufacturing Industry for Improving Production Effectiveness", In *Industrial Transformation*, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, pp. ۴۵-۶۰ (۲۰۲۲).
- [۱۹] Achamu, G., Melese, A., Haile, B., and Sundaram, B., "TPM and RCM Implementation in Textile Company for Improvement of Overall Equipment Effectiveness", *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, Vol. ۴ No. ۱۰, PP. ۱۲۹-۱۳۶ (۲۰۱۸).
- [۲۰] Singh, M., and Rathi, R., "Investigation and modeling of lean six sigma barriers in small and medium-sized industries using hybrid ISM-SEM approach", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. ۱۲, PP. ۱۱۱۵-۱۱۴۵ (۲۰۲۱).
- [۲۱] Lee, J. and Lapira, E., "TPM gets smart, *Manufacturing Engineering*", Vol. ۱۴۶ No. ۶, pp. ۷۰-۷۵ (۲۰۱۱).
- [۲۲] Braglia, M., Castellano, D., and Frosolini, M., "An integer linear programming approach to maintenance strategies selection", *International Journal of Quality & Reliability Management*, (۲۰۱۳).
- [۲۳] Chopra, A., Sachdeva, A., and Bhardwaj, A., "Importance of training and data management issues in implementing reliability centered maintenance (RCM)", *International Journal of Engineering and Technical Research*, Vol. ۲ No. ۳, pp. ۱۷۵-۱۸۰ (۲۰۱۴).
- [۲۴] Ahmad, N., and Karim, M. A. U., "A framework for application of reliability centered maintenance in the lead oxide production system In *Applied mechanics and materials*", Trans Tech Publications Ltd, Vol. ۲, pp. ۱۲۲-۱۲۸ (۲۰۱۷).
- [۲۵] Palomino-Valles, A., Tokumori-Wong, M., Castro-Rangel, P., Raymundo-Ibañez, C., and Dominguez, F., "TPM maintenance management model focused on reliability that enables the increase of the availability of heavy equipment in the construction sector", In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, Vol. ۷۹۶ No. ۱, p. ۰۱۲۰۰۸ (۲۰۲۰).
- [۲۶] Meca Vital, J.C., and Camello Lima, C.R., "Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness", *International Journal of Engineering and Management Research*, Vol. ۱۰, PP. ۱۴۲-۱۵۰ (۲۰۲۰).
- [۲۷] Singh, S., Agrawal, A., Sharma, D., Saini, V., Kumar, A., and Praveenkumar, S., "Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry", *Inventions*, Vol. ۷ No. ۴, PP. ۱۱۹-۱۳۲ (۲۰۲۲).
- [۲۸] Nallusamy, S., Vijay Kumar, Vivek Yadav, U. Kumar Prasad, and Suman S. K., "Implementation of total productive maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries", *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, Vol. ۸ No. ۱, PP. ۱۰۲۷-۱۰۳۸ (۲۰۱۸).
- [۲۹] Kaswan, M.S., and Rathi, R. "Green Lean Six Sigma for sustainable development: Integration and framework", *Environmental impact assessment review*, Vol. ۸۲, (۲۰۲۰).
- [۳۰] Hansson, J., Backlund, F., and Lycke, L., "Managing commitment: increasing the odds for successful implementation of TQM, TPM or RCM", *International Journal of Quality & Reliability Management*, (۲۰۰۳).
- [۳۱] Mokashi, A. J., Wang, J., and Vemarr, A. K., "A study of reliability-centred maintenance in maritime operations", *Marine Policy*, Vol. ۲۶ No. ۵, PP. ۲۲۵-۲۳۵ (۲۰۰۲).
- [۳۲] Prabhakar, D., and Raj, V. J., "CBM, TPM, RCM and A-RCM-a qualitative comparison of maintenance management strategies", *International Journal of Management & Business Studies*, Vol. ۴ No. ۳, PP. ۴۹-۵۶ (۲۰۱۴).
- [۳۳] Kumtekar, R., Kamble, S., and Rane, S., "Integration of TPM, RCM, and CBM: A practical approach applied in shipbuilding industry", In *System Assurances*, pp. ۳۸۹-۴۰۲ (۲۰۲۲).
- [۳۴] Ayquipa Rivero, Y. R., and Torres Ojeda, P., "Proposal for the Improvement of Installed Capacity in the Zinc Roasting line in a refinery using TPM and RCM in the mining sector", *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*, (۲۰۲۲).
- [۳۵] Giuria-Farías, A., Noriega-Revoredo, C., and Altamirano-Flores, E., "Maintenance management model based on RCM and TPM to optimize times and costs within the useful life cycle of nautical assets", In *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, (۲۰۲۲).
- [۳۶] Saleem, F., Nisar, S., Khan, M. A., Khan, S. Z., and Sheikh, M. A., "Overall equipment effectiveness of tyre curing press: a case study", *Journal of quality in maintenance engineering*, Vol. ۲۱ No. ۱, PP. ۳۹-۵۶ (۲۰۱۷).
- [۳۷] Wudhikarn, R., "Implementation of the overall equipment cost loss (OECL) methodology for comparison with overall equipment effectiveness (OEE)", *Journal of quality in maintenance engineering*, (۲۰۱۶).
- [۳۸] Ngoy, K.R., and Kipendo, I., "The Strategy of Successful Total Productive Maintenance (TPM): Implementation and Benefits of TPM (Literature Review)", *IJIRMP*, Vol. ۹ No. ۴, (۲۰۲۱).
- [۳۹] Singh, S., Agrawal, A., Sharma, D., Saini, V., Kumar, A., and Praveenkumar, S., "Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry", *Inventions*, Vol. ۷ No. ۴, PP. ۱۱۹-۱۳۵ (۲۰۲۲).





چرخه نگهداری طولانی مدت تجهیزات نظامی (کنسرواسیون)

مهران محمدی^{۱*}، سعید رمضانی^۲، مسعود مصدق خواه^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، ایران.

۲- استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، ایران.

۳- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴

چکیده

آمادگی رزمی و جلوگیری از عواقب ناشی از عدم دسترسی به تجهیزات عملیاتی و قابل اطمینان در حوزه نگهداشت دارایی ها و تجهیزات نظامی بسیارمهم است و از دست دادن دارایی های ارزشمند یک نگرانی عمده در سازمان های نظامی به شمار می آید. نگهداری طولانی مدت دارایی ها و تجهیزات بایستی از اهداف هر سازمان نظامی باشد تا با ارائه سیستم های تسلیحاتی ایمن، کاملاً با قابلیت مناسب برای انجام مأموریت، قابل اعتماد و مرگبار در میدان رزم پشتیبانی نماید. مراکز ذخیره سازی باید این سیستم های تسلیحاتی را باید به موقع و عملیاتی در دسترس سربازان برای انجام مأموریت های زمان رزم و تهدیدات قرار بدهند. این امر باعث کاهش هزینه کل حفظ دارایی در طولانی مدت شده و علاوه بر آن باعث افزایش عمر تجهیزات و حفظ آنها برای مقابله با بحران های پیش بینی نشده می گردد. تحقیق حاضر، از لحاظ هدف جزو تحقیقات کاربردی و از لحاظ مکان تحقیق جزو تحقیقات کتابخانه ای و اینترنتی است. در این مقاله هدف شناسایی عوامل مخربی است که سلامت تجهیزات و دارایی ها به خطر می اندازد تا پس از آن اقدامات لازم برای حذف یا به حداقل رساندن اثر هر کدام انجام شود سپس مدل یا چرخه ای برای نگهداری طولانی مدت تجهیزات نظامی ارائه می گردد تا مراحل پیاده سازی این فرآیند را مشخص سازد که در این مقاله این فرآیند با توجه به فعالیت های انجام شده در یک مرکز ذخیره سازی و بازسازی تجهیزات و ادوات زرهی تشریح شده است.

واژه های کلیدی: نگهداری طولانی مدت تجهیزات، ذخیره سازی تجهیزات، توان رزم، عوامل مخرب تجهیزات، خوردگی.





۱- مقدمه

پشتیبانی به معنای عام، اقدام های مورد نیاز جهت انجام پشتیبانی از فعالیت ها و مأموریت اصلی سازمان در زمینه تأمین و تدارک امکانات مورد نیاز است، ولی در بخش نظامی آماد و پشتیبانی به معنی تدارک یا آماد رسانی، حمل و نقل، نگهداری و تعمیرات، بازسازی امکانات و تجهیزات، انجام امور مربوط به انتقال مجروحین و اقدام های عمرانی با حداقل هزینه و حداکثر کیفیت در در زمان و مکان مطلوب است [۶]. یکی از امور پشتیبانی از خدمات رزم نگهداری طولانی مدت ادوات و تجهیزات می باشد. سوالی که مطرح می شود این است که برای نگهداری طولانی مدت تجهیزات یا به عبارتی بهتر ذخیره سازی آنها چه اقداماتی را بایستی انجام داد.

ماشین آلات در انبار باید از عوامل گوناگونی محافظت شوند. رنگ آمیزی، آبکاری، پوشش، استفاده از مواد مقاوم در برابر خوردگی و بسیاری از وسایل دیگر برای دستیابی به حفاظت مورد نظر در دسترس است. مجموعه ای از الزامات حفاظتی برای تجهیزات "آماده برای راه اندازی" و "غیرفعال موقت" بایستی اعمال شود.

حفظ یا جلوگیری از خوردگی ماشین آلات غیرفعال به نوع تجهیزات، مدت زمان مورد انتظار عدم فعالیت، عوامل جغرافیایی و محیطی و مدت زمان مورد نیاز برای بازگرداندن تجهیزات به سرویس دهی بستگی دارد.

شرط اساسی و اولیه برای حفظ ذخیره سازی، دور نمودن آب از قطعات فلزی است که محصولات خوردگی را تشکیل می دهد و این به معنای زنگ زدگی است. دومین نیاز حذف ماسه یا مواد ساینده مشابه از سطوح آب بندی باشد. به هر حال هدف تمام یا هریک از استراتژی حفظ و ذخیره سازی انتخابی باید برآورده کردن این الزامات باشد [۱۳].

حفظ ماشین آلات در طول ذخیره سازی قبل از نصب یا غیرفعال سازی طولانی مدت بر کمیت و کیفیت ماشین آلات در راه اندازی یک کارخانه یا واحد فرآیند تأثیر خواهد داشت. در بسیاری از مواقع، ماشین آلات مدت ها قبل از آماده شدن برای نصب در محل دائمی خود به محل کارخانه می رسند، اگر تجهیزات به درستی نگهداری نشوند ممکن است تاریخ های راه اندازی برنامه ریزی شده به خطر بیافتد یا خطر خرابی به شدت افزایش یابد. به طور کلی احتمال خرابی تجهیزات پس از راه اندازی تجهیزات، چه برای عملیات اولیه یا پس از بازسازی، زیاد است. مگر اینکه خریدار به وضوح فرآیند ذخیره سازی را در قرارداد مشخص کند، این احتمال وجود دارد که دستگاه بدون پیش بینی الزامات مورد نیاز ذخیره سازی ارسال شود. آماده سازی ذخیره سازی در محل برای ۳ تا ۱۲ ماه در محل ساخت و ساز معمولاً برنامه نگهداری پیشگیرانه (PM) نامیده می شود. و طرح های حفاظتی مناسب برای این منظور بایستی در نظر گرفته شود.

حفظ تجهیزات غیرفعال نصب شده در کارخانه شامل محافظت از تجهیزات بدون مراقبت و غیرفعال در برابر فرسودگی در طول دوره از کارافتادگی آنها است که معمولاً بیش از یک ماه به دلایلی مانند مشکلات تغذیه (سوخت و انرژی)، مشکل حمل و نقل، تعمیرات اساسی، بازسازی، اصلاحات، مقاوم سازی و غیره ایجاد می شود. خراب شدن تجهیزات در طول دوره های بیکاری معمولاً به این دلیل است که شرایط کاملاً متفاوت از شرایطی است که در حین کار و استفاده وجود دارد. بسیاری از رسوبات تشکیل شده در طول عملیات معمولاً در شرایط خاموشی خورنده می شوند.

رطوبت، اکسیژن، خاک، گردوغبار، اشعه ماوراء بنفش، فشار و دمای شدید، محیط خورنده نواحی ساحلی و نزدیکی به سایر کارخانه های شیمیایی از جمله عواملی هستند که باعث خرابی آنها می شوند. نگهداری تجهیزات استاتیک و چرخشی و قطعات یدکی آنها، که باید برای مدت طولانی در انبار نگهداری شوند، باید اقداماتی برای جلوگیری از خراب شدن آنها انجام شود، و به همین دلیل، روش های مناسب نگهداری تجهیزات / لوازم یدکی نگهداری شده در انبار باید اتخاذ شود. تجهیزات جدید دریافت شده نیز در محل کارخانه/پروژه باید با توجه به توصیه های سازنده حفظ شوند.



۲- مبانی نظری و پیشینه شناسی تحقیق

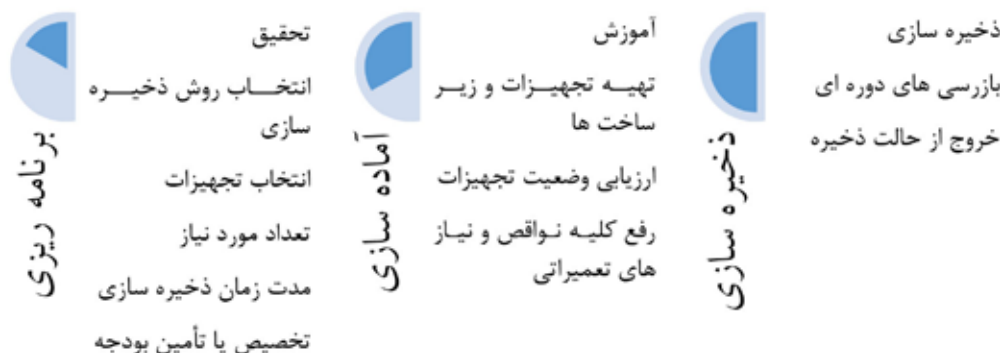
۲-۱- تعریف حفاظت (نگهداری طولانی مدت) تجهیزات

حفاظت به هنر تثبیت و حفظ یک تجهیز با استفاده از فعالیت های پیشگیرانه برای جلوگیری از زوال مداوم یا آتی تجهیز یا اجزای آن تمرکز دارد. این امر با انتخاب روش ها و موادی انجام می شود که بر اساس دانش فعلی، تأثیر نامطلوبی بر قطعات و اجزای مختلف آن نداشته باشد. در حالت ایده آل، اقدامات حفاظتی تأثیر نامطلوبی بر فعالیت های تعمیراتی یا عملکرد تجهیز در آینده ندارند. واژه حفظ با بازسازی تفاوت دارد و ممکن است این واژه ها بجای یکدیگر بکار روند.

در بازسازی یک تجهیز باید، تا حد امکان نزدیک به استانداردهای اصلی در نظر گرفته شده برای تجهیز از نظر عملکرد، ظاهر، و طول عمر آن باشد. بازسازی شامل جدا کردن قطعات از تجهیز، بررسی آن ها، تعمیر قطعات فرسوده، و جایگزینی قطعات غیرقابل تعمیر در راستای مشخصات اصلی و تلورانس تولید است. سپس تجهیزات دوباره سرهم شده و برای اطمینان از مطابقت آن ها با الزامات تولید مورد آزمایش قرار می گیرند.

حفاظت را به عنوان یک رویکرد گسترده برای حفظ آنچه در حال حاضر وجود دارد و مراقبت و توجه لازم برای محافظت از آن برای آینده می باشد. متخصصان سعی دارند از تخریب یا آسیب دیدن مواد و قطعات و اجزای مهم و ارزشمند جلوگیری نمایند.

خودرو و ادوات نظامی نیز ممکن است به دلایل مختلفی که می تواند عدم نیاز مقطعی باشد، از سطح تجهیزات عملیاتی خارج شده و به حالت ذخیره یا رزرو تغییر وضعیت یابد و البته بایستی در هر زمانی بنا به نیاز از آن حالت خارج شود [۳]. این تجهیزات در برابر شرایط محیطی مانند درجه حرارت، رطوبت و قرار گرفتن در معرض نور مرئی و اشعه ماوراءبنفش و... آسیب پذیر هستند. برای جلوگیری از آسیب آن ها را باید در محیط های کنترل شده که در آن چنین متغیرهایی در محدوده ای مجاز باشد، محافظت شوند.



شکل (۱). نمودار گرافیکی فرآیند ذخیره سازی

مسئولیت اصلی یک متخصص حفاظت، ارائه پشتیبانی تحلیلی و فنی برای حفظ و بازسازی ادوات و تجهیزات با استفاده از تجزیه و تحلیل و تکنیک های علمی است. این وظایف عمدتاً به چهار روش انجام می شوند:

- جمع آوری اطلاعات و شناسایی قطعات مختلف و نیز روش بازسازی یک تجهیز،
 - مطالعه مکانیسم های تخریب و زوال تجهیزات،
 - ارائه پشتیبانی تحلیلی و فنی برای حفظ و بازسازی ادوات و تجهیزات با استفاده از تجزیه و تحلیل و روش های علمی
 - بهبود روش ها/تکنیک ها و مواد برای بازرسی و فرآیند ذخیره سازی-بازسازی
- بنابراین ایجاد و نگهداری محیطی حفاظتی برای مجموعه های تحت مراقبت خود، چه در انبار، چه در یک نمایشگاه یا در حال حمل و نقل، مسئولیت اساسی برای یک متخصص حفاظت است. یک مرکز نگهداری باید وضعیت مجموعه ها را به دقت بررسی کند تا مشخص کند که





چه زمانی یک تجهیز به کار حفاظتی و خدمات یک تعمیرکار یا اپراتور واجد شرایط نیاز دارد.

برخی از موانع ذخیره‌سازی تجهیزات و ماشین‌ها به شرح زیر می‌باشد [۳]:

به دلیل وجود عناصر و آلیاژهای فلزی متفاوت در بسیاری از تجهیزات، عدم کنترل رطوبت می‌تواند موجب بروز خوردگی فلزات در آن‌ها شود.

بسیاری از این تجهیزات نظامی دارای وسایل اپتیکی و الکترونیکی پیشرفته‌ای هستند. برای این وسایل ممکن است در طول دوران ذخیره مشکلاتی رخ دهد پس باید این قطعات از تجهیز جدا شده و در شرایط مناسب‌تری نگهداری شوند. این به این معناست که این تجهیزات به معنای واقعی کلمه در شرایط آمادگی نیستند و به نیروی انسانی برای جداسازی و اتصال مجدد این قطعات نیاز است.

مسئله تبادل دمایی و تفاوت دمای داخلی و خارجی تجهیزات در زمان ذخیره‌سازی، به این دلیل ممکن است تا سه روز طول بکشد تا دمای درون تجهیز با فضای اطراف به تناسب برسد. در صورتی که دمای محیطی ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا کند گازهای موجود در محیط اطراف به مایع تبدیل شده و در روی بدنه جمع می‌شوند و هم به سیم‌کشی‌های موجود در تجهیز صدمه زده و هم باعث افزایش خوردگی بین سطوح فلزی تجهیز می‌شوند.

تایر و مواد لاستیکی موجود در این تجهیزات اگر در زمان انبارداری به صورت مناسب حفظ و ذخیره نشوند، ممکن است دچار تغییرات فیزیکی و شیمیایی شده و بخش‌هایی از خودرو را غیرقابل استفاده بکند. ذخیره‌سازی خودرو باید به نحوی باشد که بخش‌های لاستیکی تا جای ممکن از تابش مستقیم آفتاب محفوظ باشند.

منسوجات و پوشش‌های پارچه‌ای مورد استفاده در روی صندلی‌ها و پوشش خودرو دچار کپک‌زدگی و پوسیدگی می‌شود. در صورت وجود رطوبت بر روی بافت پارچه‌ای، امکان ایجاد انواع محیط‌های قارچی وجود دارد.

باتری تجهیز می‌تواند خودروها توان حفظ شارژ به مدت طولانی را ندارند.

سوخت در زمان ذخیره خودرو برای مدت طولانی از آن تخلیه می‌شود ضمن اینکه آب و هرگونه مایعات خورنده نیز می‌بایست به صورت کامل پاک‌سازی شوند در غیر این صورت موجب خوردگی داخلی خواهند شد.

خودروها و تجهیزات در بسیاری از ارتش‌های جهان به شرایط ذخیره می‌روند و در ظرف چند هفته بعد از ذخیره شدن به یکی یا نه تمامی موارد بالا دچار خواهند شد اگر چنانچه اقدامات لازم برای ذخیره‌سازی صورت نگیرد. مسئله دیگر این است که نیروهای کاربر باید به صورت ماهانه سرویس‌هایی روی این خودروها و تجهیزات انجام داده و به صورت مرتب آن‌ها را مورد بازرسی و بررسی قرار دهند تا اثراتی که در بالا به آن‌ها اشاره شد به کمترین میزان برسد.

۲-۲- خوردگی

استاندارد ایزو ۸۰۴۴، خوردگی را بدین شکل تعریف می‌کند: واکنش فیزیکی-شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش که معمولاً دارای طبیعت الکتروشیمیایی است و نتیجه‌اش تغییر در خواص فلز می‌باشد. این تغییرات خواص ممکن است منجر به از دست رفتن عملکرد فلز، محیط یا دستگاهی شود که این دو، قسمتی از آن را تشکیل می‌دهند.

خوردگی سالانه میلیون‌ها دلار از دارایی‌های ارزشمند را آسیب می‌زند و توان رزم را به خطر می‌اندازد. در سال‌های اخیر، نیروهای مسلح در سراسر جهان در برنامه‌ها و سرمایه‌گذاری برای جلوگیری از خوردگی تجهیزات و وسایل نقلیه در نظر گرفته‌اند. نگهداری و تعمیرات و ذخیره‌سازی از جنگ جهانی دوم آغاز شد. در حال حاضر، سالانه میلیون‌ها دلار تحقیقاتی برای مبارزه با خوردگی هزینه می‌شود. از دست دادن دارایی‌های ارزشمند یک نگرانی عمده است و باید به منظور آمادگی رزمی و جلوگیری از خسارت‌های سنگین پیش‌بینی‌های لازم انجام شود.

مسئله خوردگی در کشور کانادا در فاصله زمانی ۱۹۷۷ تا ۱۹۹۶، ۱۰ بار باعث نشتی خطوط لوله و ۱۲ بار باعث انفجار گردیده که از





جهاتی اهمیت این موضوع را تا حدی آشکار می‌سازد. گزارش‌های خرابی‌های حاصل از خوردگی نشان می‌دهد که علل وقوع این پدیده عمدتاً بر اثر کوتاهی‌های مصیبت‌بار در لوله‌کشی‌ها و ساخت و نصب تجهیزات می‌باشد که منجر به انفجار، آتش گرفتن و منتشر شدن مواد سمی در محیط‌زیست می‌گردد. علاوه بر آن مخارجی نظیر، جایگزین کردن تجهیزات خورده شده، تعطیلی و خاموشی واحدها به دلیل جایگزینی تجهیزات خورده شده، ایجاد اختلال در فرآیندها به دلیل خوردگی تجهیزات و عدم خلوص محصولات فرایندی به دلیل نشت ناشی از خوردگی در اتلاف محصولات مخزن‌هایی که مورد حمله خوردگی قرار می‌گیرند، از مهم‌ترین هزینه‌ها و زیان‌های حاصل از خوردگی می‌باشد [۴]. پژوهش‌ها نشان می‌دهد با رعایت ضوابط و اصول مربوطه می‌توان از ۷۰ درصد این خسارت‌ها جلوگیری کرد. طبق گزارش انستیتو باتل با اعمال ساده دانش و تکنولوژی موجود، از یک‌سوم هزینه‌های خوردگی صنایع جلوگیری به عمل می‌آید. نکته دیگری که غالباً مورد غفلت قرار می‌گیرد این است که خسارت غیرمستقیم خوردگی در برخی موارد به مراتب بیشتر از خسارت مستقیم آن می‌باشد. به عنوان نمونه، تعویض پروانه پمپ سانتریفوژ نه تنها هزینه‌ای برای تعمیر خود قطعه ایجاد می‌کند، بلکه قطع جریان در فرآیند، باز و بسته شدن پمپ و هزینه دستمزد را نیز به دنبال دارد. در کنار این خسارت، هدر رفتگی و تضييع مواد و آلودگی‌های ناشی از آن که در نتیجه خوردگی به وجود می‌آید، باعث بروز نتایج وخیمی در رابطه با ایمنی و محیط‌زیست می‌گردد.

کنترل خوردگی جهت حصول اطمینان از بالا بودن زمان میانگین بین دو خرابی (MTBF) و آمادگی عملیاتی سخت‌افزارهای نظامی در هر زمانی ضروری می‌باشد [۲].

سازمان‌های نظامی معمولاً با خوردگی سروکار دارند زیرا تجهیزات آن‌ها در هنگام استفاده و ذخیره‌سازی در معرض محیط‌های خشن قرار می‌گیرند. بدون روش مناسب بازدارنده خوردگی، تجهیزات ممکن است در معرض خطر قرار گیرند و به تلاش و هزینه‌های اضافی برای بازسازی نیاز داشته باشند.

هزینه‌های خوردگی تأسیسات نظامی در آمریکا سالیانه بالغ بر ۲۰ میلیارد دلار می‌باشد. خسارت خوردگی شده در کشورهای پیشرفته صنعتی حدود ۴-۲ درصد تولید ناخالص ملی آن‌ها می‌باشد برآورد ولی برای کشورهایی نظیر ایران که معمولاً از روش‌های پیشگیرانه خوردگی استفاده نمی‌کنند، در بسیاری از موارد خسارت‌ها و هزینه‌های ناشی از خوردگی در قالب خرج‌های تعمیراتی نهفته است و میزان خسارت خوردگی می‌تواند تا ۵ درصد تولید ناخالص ملی افزایش یابد که بر این اساس خسارت مستقیم خوردگی ایران در سال ۱۳۷۹ معادل ۲۷۵۰۰ میلیارد ریال بوده و صنایع نظامی مسئول حدوداً ۱۵ درصد از این میزان خوردگی می‌باشند. به منظور کاهش این هزینه‌ها و همچنین به دست آوردن توان رزم بالاتر، سریع‌تر، موثرتر و با صرفه‌تر، ضرورت دارد تا پیشگیری و کنترل خوردگی تجهیزات به عنوان یک حرکت راهبردی، توسعه یابد. لذا تلاش گسترده‌ای در تمام جوامع صنعتی جهت کاهش این خسارت در جریان است. رطوبت نقشی اساسی در زمینه خوردگی ایفا می‌کند، به گونه‌ای که از آن به عنوان دشمن مخفی یاد می‌شود؛ لذا کنترل آن در محیط‌های نظامی و صنعتی امری ضروری به نظر می‌رسد. امروزه سازمان‌های نظامی در سرتاسر جهان، از روش‌های گوناگون به منظور ممانعت از خوردگی خودروها، هواپیماها، کشتی‌ها، جنگ‌افزارها و سایر تجهیزات سرمایه‌ای خود استفاده می‌کنند [۲]. بنابراین هر رده از یک سازمان نظامی باید برنامه خوردگی خود را به برای نیازهای تجهیزات خود طراحی کنند و مانیتور (های) خوردگی را در دستورات واحد، به عنوان یک وظیفه اضافی تعیین نموده و آموزش‌هایی در زمینه در زمینه پیشگیری، کاهش و ایمنی خوردگی به کارکنان داده شود.





۳-۲- پیشینه تحقیق

یکی از محدودیت‌های ذخیره‌سازی تجهیزات، بحث نگهداری آن‌ها در حالت غیرفعال^۱ می‌باشد. تکامل IEM از سال ۱۹۷۴ به‌عنوان یک روش پیشرفته تجویز شده برای کاهش نیازمندی‌های PMS^۲ در طول دوره‌های اورهال، دوره قابل استفاده و دیگر دوره‌های طولانی غیرفعال آغاز شده است. IEM در مستندسازی سیستم نگهداری برنامه‌ریزی شده (PMS) وارد شده است. این امر شامل انبار شدن، نگهداری دوره‌ای، شروع به کار و آزمایش‌های عملیاتی می‌باشد. برای یک تجهیز ویژه، روش‌های IEM ممکن است در هر زمان که تجهیز به مدت ۳۰ روز یا بیشتر خارج از سرویس باشد استفاده شود. PMS نگهداری حداقل تجهیزات را وقتی که یک تجهیز عملیاتی است فراهم می‌کند. به‌هرحال، یک برنامه نگهداری تغییر یافته برای جلوگیری از تخریب تجهیزات در طول دوره غیرفعال هنگامی که حمایت‌های کامل PMS مطلوب و عملی نباشد مورد نیاز است. هدف IEM کاهش PMS به حداقل، در طول دوره غیرفعال طولانی است که باحالت تجهیزات، بدون ایجاد تخریب یا به خطر انداختن اعتبار آینده عملیاتی دستگاه متناسب می‌باشد [۱].

مشکل پیری و زوال تسلیحات و تجهیزات در یک دوره طبیعی (چرخه عمر) تنها به کشور ما محدود نمی‌شود بلکه همه‌ی کشورهای توسعه یافته و حتی کشورهای تادندان مسلح و سرآمد در حوزه‌های دفاعی نیز آن را تجربه می‌نمایند [۵]. در حال حاضر، سالانه میلیون‌ها دلار تحقیقاتی برای مبارزه با خوردگی و نگهداشت تجهیزات هزینه می‌شود.

پژوهش‌هایی که عمدتاً در این حوزه صورت گرفته‌اند به معرفی روش‌های عملی نگهداری طولانی با توجه به ویژگی‌های ذاتی و مورد نیاز قطعات و قسمت‌های مختلف تجهیزات یا بررسی کارایی و اثربخشی یک روش نگهداری خاص پرداخته‌اند و از آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ژانکا (۱۹۶۳) در پژوهشی مربوط به نیروی هوایی ارتش ایالات متحده آمریکا به موضوع نگهداری و ذخیره‌سازی طولانی مدت مواد و تجهیزات در مناطق گرمسیری استوایی را مورد بررسی قرار می‌دهد [۱۰].

طاهری و گوکلانی (۱۳۸۳) کنسروه کردن (ذخیره‌سازی) تجهیزات نظامی و دریایی را به‌عنوان راهکاری برای جلوگیری از خوردگی بیان کرده و تعدادی از روش‌های نگهداری طولانی مدت ادوات را معرفی می‌کنند [۱].

جگدیچ و همکارش (۲۰۱۲) شرایط وقوع فرآیندهای خوردگی را بر روی سلاح‌های مهم تاریخی و تجهیزات نظامی ساخته شده از فولاد در طول دوره در محیط بیرون مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و توجه قابل توجهی به ویژگی‌های مهم‌ترین محصولات خوردگی تشکیل شده بر روی سطح فولاد نمودند. این مقاله نتایج آزمایش‌های محصولات خوردگی را که از نمایشگاه‌های سلاح و تجهیزات نظامی از موزه نظامی بلگراد گرفته شده است، ارائه می‌کند [۱۵].

ویگنتی و همکاران مقاله‌ای انواع پیشگیری بکار گرفته شده توسط سازمان‌های نظامی را شرح می‌دهد و چندین کاربرد آزمایشگاهی و میدانی محصولات و سیستم‌های بازدارنده خوردگی فاز بخار ۳ را که با موفقیت توسط سازمان‌های نظامی در سرتاسر جهان استفاده می‌شوند، شرح می‌دهد [۱۷].

^۱ Inactive Equipment Maintenance

^۲ Planned Maintenance System

^۳ Vapor phase Corrosion Inhibitor

VCI ها با انتشار یک بخار بازدارنده خوردگی در محیط اطراف کار می‌کنند. بخار به سطوح فلزی می‌چسبد و یک لایه محافظ تشکیل می‌دهد که از خوردگی فلز جلوگیری می‌کند. لایه محافظ زمانی که تجهیزات در معرض محیط قرار می‌گیرد از بین می‌رود و به فلز اجازه می‌دهد تا مورد استفاده، جوشکاری، رنگ آمیزی و غیره قرار گیرد.





الله کرم و همکاران (۱۳۸۴) روش‌های حفاظت از خوردگی در سازمان‌های نظامی را مورد بحث قرار داده و بیان می‌کنند استفاده از سیستم ممانعت کننده‌های خوردگی فاز بخار به دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاص جهت کنترل خوردگی تجهیزات نظامی هنگام نقل و انتقال، انبارداری قطعات و ذخیره‌سازی تجهیزات در حال گسترش می‌باشند [۲].

هاینز بلوخ در پژوهشی به ذخیره‌سازی ماشین‌آلاتی که غیرفعال شده هستند می‌پردازد و دستورالعمل‌هایی در این خصوص ارائه می‌دهد [۱۱]. وی در پژوهشی دیگر توضیح می‌دهد که چگونه می‌توان پمپ‌ها با عملکردی مناسب را به‌طور مداوم مورد بهره‌برداری قرارداد به‌طوری‌که هزینه‌های نت آن‌ها کاهش یابد [۱۲]. او نیز در پژوهش‌های دیگری به مدیریت علمی ماشین‌آلات و روان کاری آن‌ها با روغن پرداخته است [۱۳، ۱۴]، که از آن‌ها می‌توان در زمینه ذخیره‌سازی و نگهداری ماشین‌آلات استفاده کرد.

بخش دیگر تحقیقات انجام‌شده در خصوص نگهداری طولانی‌مدت تجهیزات مربوط به فعالیت‌های نگهداری در موزه‌های می‌باشد. به‌عنوان نمونه موزه تانک بووینگتون طی یک همکاری با دانشگاه بورنموث توسط پروفسور ذوالفقار خان، دکتر عادل سعید و پروفسور مارک هادفیلد از گروه تحقیقاتی نانوکور، انرژی و مدل‌سازی (NCEM) در بخش طراحی و مهندسی، از سال ۲۰۰۹ به بررسی علل تخریب ساختاری در وسایل نقلیه بزرگ در محیط موزه پرداخته‌اند. پروفسور خان و گروهش مجموعه‌ای از مدل‌های عددی را توسعه داده‌اند که به آن‌ها اجازه می‌دهد از راه دور خرابی‌های ساختاری و تعمیر و نگهداری خودروها و دیگر سازه‌های مهندسی پیچیده و بزرگ را نظارت و پیش‌بینی کنند. آن‌ها ادعا می‌کنند که فناوری مدل‌سازی امکان تجزیه و تحلیل ساختاری سریع‌تر و قابل‌اعتمادتر را نسبت به گذشته فراهم می‌کند. این سرعت و دقت بیشتر در پیش‌بینی خرابی‌های سازه‌ای و در نتیجه توانایی کاهش مشکلات باعث صرفه‌جویی در هزینه، زمان و نیروی کار برای موزه تانک شده است [۱۶].

به‌طور کلی می‌توان گفت اکثر پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه به ارائه روش‌ها و دستورالعمل‌های برای حفاظت از بخش‌های مختلف تجهیزات در یک بازه زمانی مدنظر پرداخته‌اند و تاکنون به مدلی مفهومی برای پیاده‌سازی این فرآیند در شرکت، موزه یا سازمانی ارائه نگردیده است.

۳- انواع عوامل مخرب (زوال) در نگهداری طولانی‌مدت تجهیزات

شرایط نگهداری تجهیزات دفاعی با توجه به حساسیت‌ها و ویژگی‌های منحصر به فرد آن، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. از آنجاکه این قطعات بنا به دلایل راهبردی مدت‌های زیادی در انبار یا دیپوها نگهداری می‌شوند، در معرض عوامل نامطلوب جوی یا سایر عوامل مخرب قرار می‌گیرند و حفظ آن در برابر صدمات مکانیکی و فیزیکی رعایت الزامات خاصی را نیاز دارد. لذا شرایط نگهداری آن باید طوری تعریف و اجرا شود که در تمام شرایط مزبور از ایجاد خسارت جلوگیری به عمل آید. در ذیل انواع عوامل تأثیرگذار بر نگهداری تجهیزات و خودروها به‌صورت غیرفعال برشمرده می‌شود:

۳-۱- رطوبت

رطوبت نسبی (RH) ممکن است منجر به تغییر یا آسیب به تجهیزات و قطعات زمانی که RH خیلی زیاد، خیلی کم یا زمانی که نوسان دارد، شود. RH بالا می‌تواند باعث رشد کپک، پیدایش نمک، افزایش فعالیت آفات، تورم چوب، خوردگی سریع فلز و تسریع واکنش‌های هیدرولیز در کاغذ و سایر بسترها شود. RH پایین می‌تواند منجر به ترک خوردگی و انقباض اشیاء چوبی شود. نوسانات RH این اثرات را ترکیب می‌کند و باعث آسیب فیزیکی درجایی که مواد آلی منقبض و منبسط می‌شوند، به‌ویژه در تجهیزاتی که در آن مواد با سرعت‌های متفاوتی منبسط و منقبض می‌شوند (مثلاً نوعی سوخت خاص) می‌شوند. به همین دلیل، محیط‌های نگهداری اغلب دارای کنترل رطوبت به‌عنوان بخشی از سیستم گرمایش، تهویه و سرمایش هستند تا RH را ثابت و در محدوده‌های تعریف‌شده نگه‌دارند.

رطوبت نسبی مقدار آب موجود در هوا است که به‌صورت درصدی از مقدار کل آبی که می‌تواند در هوای کاملاً اشباع در دمای معین نگهداری شود بیان می‌شود. ظرفیت هوا برای نگهداری رطوبت به‌طور مستقیم با دما مرتبط است، زیرا هوای گرم می‌تواند آب بیشتری





نسبت به هوای سرد در خود نگه دارد. برخی از تغییراتی که توسط اجسام متحمل می‌شوند با تنظیم RH برگشت پذیر هستند، اما آسیب‌هایی مانند ترک یا دفرمه شدن ممکن است برگشت‌ناپذیر باشد. نگه داشتن RH در یک محدوده مناسب برای نوع مواد و تا حد امکان سازگار از اکثر آسیب‌های مبتنی بر RH جلوگیری می‌کند. نگه داشتن فضاهای ذخیره‌سازی و نمایش بین ۴۰ تا ۶۰ درصد RH از بیشتر اثرات مخرب جلوگیری می‌کند، اما حفظ RH پایدار اغلب مهم‌تر از رعایت محدوده مطلق تلقی می‌شود.

RH فضاها را می‌توان با تعدادی ابزار اندازه‌گیری کرد، از جمله کارت‌های نشانگر رطوبت، ترموگراف، رطوبت‌سنج‌ها، روان‌سنج‌ها و دیتالاگرها. داده‌های RH نظارت و تجزیه و تحلیل می‌شوند تا مشخص شود که آیا تنظیمات لازم است یا خیر. تنظیمات ممکن است از طریق مرطوب‌کننده‌ها، رطوبت‌گیرها، تنظیمات سیستم‌های گرمایشی و تهویه مطبوع موجود و ... امکان‌پذیر باشد.

برخی از قطعات یا بخش‌هایی از یک سامانه ممکن است نیازهای متفاوتی در RH نسبت به سایر قطعات یا بخش‌ها در رده‌ای باشند یا باید اتاق ذخیره مخصوصی داشته باشند. برای آن‌ها موارد یا فضای ذخیره‌سازی خاصی باید ایجاد شود تا نیازهای آن‌ها را برآورده کند. در آن‌ها، RH و دما می‌تواند متفاوت از آن‌هایی باشد که در سایر مکان‌های دیگر وجود دارد. برخی از جعبه‌ها و ظروف مخصوص نیز باید برای اطمینان از سفر ایمن قطعات و بخش‌های خیلی حساس در نظر گرفته شود.

تجهیزات شناوری به جز قطعات حساس در صورت داشتن بسته‌بندی استاندارد تا ۷۰ درصد رطوبت نسبی را تحمل می‌نمایند. لذا این قطعات را می‌توان در تمام شهرهای ایران تحت شرایط طبیعی در انبارهای مسقف نگهداری نمود. قطعات حساس مانند دستگاه‌های کنترل آتش و دید در شب، مسافت یاب‌های لیزری باید در محیط‌های با رطوبت کنترل شده نگهداری شوند. تأثیر رطوبت موجود در هوا روی مواد بسیار زیاد است. اغلب مواد در معرض خطر نم کشیدن قرار دارند، اما مواد کمی در معرض خطر خشکی می‌باشند. معمولاً به این معنی است که رطوبت نسبی هوای محیط اطراف نباید بیشتر از ۸۰ درصد باشد. رطوبت بسیار بالا می‌تواند موجب زنگ زدن، آبکی شدن، کپک زدن، از دست دادن کیفیت و افت کارایی یا از بین رفتن خواص عایقی مواد و غیره بشود. برای مثال مواد فلزی، محصولات فلزی، ابزار فلزی، تجهیزات مکانیکی، وسایل و دستگاه‌ها و ... توسط یک عمل الکتروشیمیایی پس از مرطوب شدن زنگ خواهد زد. مواد شیمیایی از قبیل نمک‌ها، بازها، لاستیک خشک و رنگ‌دانه و غیره به راحتی آبکی، حل یا کلوخه می‌شود. سیمان، کربید کلسیم، پودر آزیست، دینامیت یا مواد منفجره و مواد جوشکاری و غیره به راحتی کیفیت خود را از دست می‌دهند و به کاهش کارایی آن‌ها منجر می‌شود. مواد آلی از قبیل لاستیک و پلاستیک‌ها پس از مرطوب شدن کپک‌زده خواهند شد سفیدک (کپک) زدگی روی شیشه یا محصولات شیشه‌ای پس از مرطوب شدن حاصل خواهد شد که زدودن آن مشکل است و شفافیت شیشه را کاهش می‌دهد. هوای خیلی خشک نیز باعث می‌شود تا مواد در خطر دفرمه شدن، ترک برداشتن، شکننده‌تر شدن، شوره بستن و غیره شود [۱].

۳-۲- گردوغبار

گردوغبار نیز در این زمینه به عنوان یک آلاینده در فضای باز و داخل طبقه‌بندی می‌شود، زیرا می‌تواند در هنگام حذف با ساییدگی و یا لکه‌دار شدن آن هنگام جذب رطوبت باعث آسیب به سطح شود. گردوغبار می‌تواند حاوی پوست، کپک و قطعات غیر آلی مانند سیلیس یا گوگرد باشد. گردوغبار می‌تواند در طول زمان به یک سطح متصل شود و حذف آن را به طور قابل توجهی دشوارتر می‌کند. گردوغبار همچنین جاذب رطوبت است، به این معنی که می‌تواند مولکول‌های آب را جذب و نگه دارد و آب و هوای ایده آلی برای رشد هاگ‌های کپک ایجاد کرده و باعث آسیب بیولوژیکی می‌شود.

هرچند ممکن است برخی قطعات را بتوان بدون آنکه آسیبی ببیند در معرض گردوغبار نیز نگهداری نمود، ولی لازم است از ورود گردوغبار به کلیه انبارهای نگهداری جلوگیری شود یا، زیرا علاوه بر تأثیر منفی بر بهداشت محیط و کارکنان انبار، اثر نامطلوب در حفظ کیفیت قطعات در طول نگهداری آن‌ها خواهد داشت. لازم به ذکر است بعضی از قطعات منفصل سیستم‌های دید و کنترل آتش (اپتیکی) بایستی حتماً از ذرات گردوغبار محافظت شوند، زیرا در صورت نفوذ گردوغبار بر روی این قطعات دقت خود را از دست می‌دهند. ماهیت جذب رطوبت گردوغبار همچنین می‌تواند باعث واکنش‌های شیمیایی روی سطح، به ویژه روی فلزات شود. مواد عایقی که



با گردوغبار پوشانده شود ممکن است ویژگی جذب رطوبت آن افزایش یابد، در نتیجه خاصیت عایقی آن پایین بیاید. مواد فلزی پوشیده شده با گردوخاک به راحتی رطوبت را جذب کرده و زنگ خواهد زد [۱].

چادر و یا کاور یک تجهیز، قطعه و یا خودرو از رطوبت و عوامل مخربی مانند گردوغبار جلوگیری می‌کند. چادر، به‌ویژه اگر برزنتی و ضد آب باشد، بدنه و سازه تجهیز را تمیز نگه‌داشته و آن را از تغییرات و نوسانات آب و هوایی نیز محافظت می‌کند. چادر و پوشش باید تمامی سطح بدنه آن را تحت پوشش قرار دهد. و از استراتژی‌های دیگر کاهش گردوغبار همچنین شامل استفاده از فیلترهای هوا در سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع می‌باشد.

۳-۳- نور مستقیم خورشید

به‌طور کلی نور مستقیم خورشید بر روی اشیاء و وسایل مختلف اثر فرسایشی و انهدامی دارد. تابش نور انرژی را برای ایجاد تغییرات شیمیایی در ساختار مولکولی مواد فراهم می‌کند. به‌طور مثال، نور مستقیم خورشید در قطعات یدکی رنگ‌آمیزی شده موجب رنگ‌پریدگی می‌شود، پوشش‌های ضد زنگ قطعات مانند روغن‌ها و گریس‌های محافظ را فاسد کرده و قدرت حفاظتی آن‌ها را کاهش می‌دهد. گرچه اثر نور خورشید روی برخی موارد نگرانی ایجاد نمی‌کند و برخی دیگر بهتر است که از تابش آفتاب دورنگه داشته شوند؛ اما عموماً در معرض نور آفتاب بودن برای اکثر مواد و تجهیزات ذخیره‌شده مضر می‌باشد، به‌ویژه در تابستان.

نور خورشید یک از فاکتورهای تسریع کردن پیر سختی (harden-aging) مواد با وزن مولکولی بالا می‌باشد. در معرض نور خورشید بودن به مدت طولانی می‌تواند موجب ترک خوردن لاستیک شود. بیشترین صدمه به ساختار مواد، به علت تأثیر اشعه فرابنفش حاصل از نور مستقیم خورشید یا نورهای منابع دیگر است. بسیاری از پلاستیک‌ها در برابر نور خورشید (در اثر اشعه فرابنفش) تخریب می‌شوند [۱]. ادوات و تجهیزات را در فضاهای ذخیره‌سازی باز را باید با ایجاد سایه‌بان یا استفاده پوشش مناسب محافظت نمود.

۳-۴- دما و حرارت

خواص مواد به‌طور مستقیم دمای مناسب مورد نیاز برای حفظ آن مورد را تعیین می‌کند. دماهای نادرست، چه خیلی زیاد، چه خیلی کم، یا در نوسان بین این دو، می‌توانند سطوح مختلفی از خرابی در تجهیزات را ایجاد کنند.

حرارت غیرمتعارف بر مواد به‌کاررفته در قطعات تأثیر منفی دارد و ممکن است به طرق مختلف موجب تغییر ساختمان مولکولی، شکل، اندازه و خواص فیزیکی آن‌ها گردد. درجه حرارت مناسب برای قطعات فوق‌الذکر بین صفر تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در درجه حرارت بین ۳۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد باید دفعات سرکشی و بازرسی قطعات، به‌منظور ترمیم بسته‌بندی و تجدید مواد محافظتی برای نگهداری زیاد شود [۱].

۳-۵- گازهای مخرب

بعضی از گازهای موجود در محیط‌های صنعتی علاوه بر ایجاد محیط آلوده و غیربهداشتی برای کارکنان، ممکن است بر روی قطعات هم تأثیر مخرب داشته باشند. حتی‌الامکان محیط انبار بایستی عاری از وجود گازهایی مانند ازن، دی‌اکسید کربن، کلر و آمونیاک باشد، زیرا این گازها بر ساختار مولکولی و قطعات لاستیکی و پلاستیکی اثر تخریبی دارد و موجب از دست رفتن خصوصیات و ویژگی‌های آن‌ها می‌شود و به بعضی قطعات اپتیکی و الکترونیک آسیب می‌رساند [۱].

۳-۶- اثر اتمسفر

در ترکیب اتمسفر، هلیوم، نئون، آرگون، کریپتون و زنون به گازهای نجیب تعلق دارند. نیترژن اثری روی کالاهای و مواد ذخیره‌شده ندارد به خاطر اینکه ویژگی شیمیایی آن غیرفعال است. اکسیژن اثر بیشتری علیه مواد و کالاهای ذخیره‌شده دارد. اکسیژن می‌تواند برخی فلزات را اکسید کرده و موجب زنگ زدن آن‌ها شود. می‌تواند موجب پیر سختی (harden-age) پلاستیک و محصولات آن‌ها شود. CO_2 در اتمسفر مرطوب می‌تواند H_2CO_3 تولید کند، بنابراین دارای خاصیت خوردگی می‌باشد. ناخالصی‌های گازی از قبیل H_2S ، HCl ، NO_x ، SO_x و غیره و ناخالصی‌های جامد از قبیل نمک‌ها می‌توانند در محیط مرطوب به‌صورت الکترولیت عمل





کنند و باعث خوردگی الکتروشیمیایی فلزات شوند. این امر عامل اساسی خوردگی و زنگ زدگی فلزات می شود. ناخالصی های جامد در اتمسفر از قبیل گرد و خاک، شن، نمک، ذرات فلزی، اکسیدها و غیره همگی گرانول های ریز با بار الکتریکی هستند. هنگامی که آن ها با موادی که دارای بار الکتریکی مخالف هستند در تماس قرار می گیرند، یک جذب الکترواستاتیک اتفاق می افتد و جلا و تمیزی سطح مواد را تحت تأثیر قرار می دهد [۱].

۳-۷- آتش

آتش مستقیماً تجهیزات نگهداری شده را از طریق سوزاندن یا با رسوب دود و دوده بر روی سطوح از بین می برد. نگهداری پیشگیرانه برای جلوگیری و به حداقل رساندن خطر آتش سوزی حیاتی است. کارهایی شامل ممنوعیت سیگار کشیدن و سایر منابع شعله و گرما، تعمیر و نگهداری معمول کپسول های آتش نشانی، حفظ یک برنامه منظم برای تعمیر و نگهداری و سیستم اطفاء حریق، و حفاظت از ساختمان و محتویات با سیستم های اسپرینکلر (سیستم های آبپاش) است. مواد را می توان بر اساس میزان آسیب پذیری آن ها در برابر حرارت و احتراق طبقه بندی کرد و الزامات لازم مورد نیاز برای نگهداری آن ها را فراهم آورد.

حساسیت یک جسم به آتش عامل برجسته ای است که بر سرعت انتشار آتش در فضا تأثیر می گذارد. با توجه به اینکه آتش یک واکنش زنجیره ای گرمازا است که انرژی را به صورت نور و گرما تولید می کند، توجه به این نکته ضروری است که برای تداوم واکنش زنجیره ای، سوخت باید در شرایط و کمیت مناسب باشد. اگر ماده مرطوب باشد، گرمای تولید شده ابتدا با آب واکنش نشان می دهد تا رطوبت را از بین ببرد، به جای اینکه مستقیماً باعث شکسته شدن سوخت شود و در صورت وجود منبع سوخت کافی برای تغذیه، باعث ادامه واکنش زنجیره ای شود.

۳-۸- نیروهای فیزیکی

این دسته شامل منابع آسیب مکانیکی است، جایی که اجسام ممکن است خم شوند، شکسته شوند، منحرف شوند، ساییده شوند، فرسوده شوند و غیره. این تغییر توسط مقداری نیروی اعمال شده رخ می دهد که ممکن است به اندازه حرکت لرزه ای ناشی از زلزله، صاعقه، ارتعاشات جاده ها، تجهیزات الکتریکی یا موسیقی تقویت شده باشد. یا از حوادث ذخیره سازی ساده مانند شوک و مالش یا تصادفات در جابجایی که در آن تجهیزات برخورد می کنند یا ضربه می خورند. (ممکن است بخشی از یک سامانه در اثر ضربه خوردن دیگر کارایی عملیاتی نداشته و هزینه زیادی را به سازمان تحمیل کند).

آموزش ها و دستورالعمل های مربوط به حمل و نقل به جلوگیری از آسیب های تصادفی ناشی از نیروهای فیزیکی هنگام جابجایی و کار با تجهیزات محل ذخیره سازی کمک می کند. دستورالعمل های جابجایی ممکن است حاوی توصیه هایی برای بازرسی دقیق تجهیزات یا سامانه ها قبل از برداشتن، پاک کردن مسیرها از موانع و خطرات سفر، پوشش چرخ دستی ها و گاری ها برای حمل و نقل با پوشش فوم پلی اتیلن، و چینش تجهیزات و سامانه ها به که به راحتی قابل دسترسی باشند، بخش هایی از یک سامانه ممکن است دارای پشتیبانی یا پایه های سفارشی و جعبه های ذخیره سازی مخصوص باشند که برای جابجایی راحت تر آن ها مورد استفاده قرار می گیرند.

۳-۹- دزدی و خرابکاری

این دسته شامل سرقت عمدی یا آسیب رساندن به تجهیزات دفاعی می شود. استراتژی های کنترل شامل محدود کردن دسترسی به مجموعه ها بر اساس طبقه بندی، هم برای کارکنان و هم برای بازدیدکنندگان بالقوه (همانند بازدیدکنندگان آژانس انرژی اتمی) است. در صورت امکان درب های مجموعه بایستی بعد از انجام فعالیت های روزانه قفل و پلمپ گردند. همچنین سازمان باید دوربین های امنیتی، حسگرهای حرکتی و هشدار نصب نموده، و نگهبانان امنیتی و گشت ها لازم انجام شده و همچنین تدابیر لازم برای مقابله با ریز پرنده ها در مکان ذخیره سازی صورت گرفته باشد. در صورت عدم توجه کافی به موارد امنیتی ممکن است در صورت بروز تهدیدات این تجهیزات قابل استفاده نبوده و زمان و هزینه زیادی را برای سازمان و کشور ایجاد کند.



۳-۱۰- آفات و میکروارگانیسم‌ها

آسیب ناشی از حشرات و سایر آفات در مراکز نگهداری معمولاً به این دلیل رخ می‌دهد که این آفات به سمت قسمت‌های از یک تجهیز کشیده می‌شوند که آن‌ها را به عنوان منبع غذایی در نظر می‌گیرند. انواع خاصی از مواد، مانند چوب، منسوجات، خرز، و کاغذ بیشتر از سایرین در برابر آسیب حشرات آسیب‌پذیر هستند.

معمولاً شنیدن واژه میکروب و میکروارگانیسم، عوامل مسبب بیماری‌های عفونی را به ذهن متبادر می‌کند، اما میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا تنها حدود ۰.۱ درصد از کل میکروارگانیسم‌های موجود در کره زمین را که بسیاری از آن‌ها مفید / بوده و حیات در کره زمین بدون آن‌ها امکان‌پذیر نیست، تشکیل می‌دهند. میکروارگانیسم‌ها شامل باکتری‌ها، مخمرها، قارچ‌های میکروسکوپی و ویروس‌ها هستند. از این میان برخی باکتری‌ها، مخمرها و قارچ‌ها (کپک‌ها) مشکلاتی برای سیستم‌های نظامی یا صنعتی ایجاد می‌کنند که خوردگی میکروبی و آلودگی سوخت و روانکارها از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد [۸].

۳-۱۱- آب

آسیب آب معمولاً از طریق نشت در ساختمان یا از طریق سیل ناشی از رویدادهای آب و هوایی یا خرابی زیرساخت‌های حمل آب (لوله‌کشی، سیستم‌های آبیاش، تهویه مطبوع) رخ می‌دهد. هنگامی که بارش شدید باران در سازه‌هایی که درون کوه‌ها قرار دارد، آب به درون سازه راه پیدا کرده و می‌تواند شرایط لازم برای نگهداری تجهیزات را تغییر دهد همانند بالا رفتن رطوبت سازه و زنگ زدن ابزار و تجهیزات.

بارش باران صرف‌نظر مسئله آب و رطوبتی که ایجاد می‌کند و منجر به زنگ‌زدگی می‌شود، می‌توان عناصر مخرب دیگری را نیز به همراه داشته باشد. مشخصاً آب باران در دسته آب‌های خالص قرار نمی‌گیرد و همواره بخشی از عناصری که می‌توانند در ایجاد و تسریع فرسایش و تخریب ادوات نقش داشته باشند به همراه آب باران هستند.

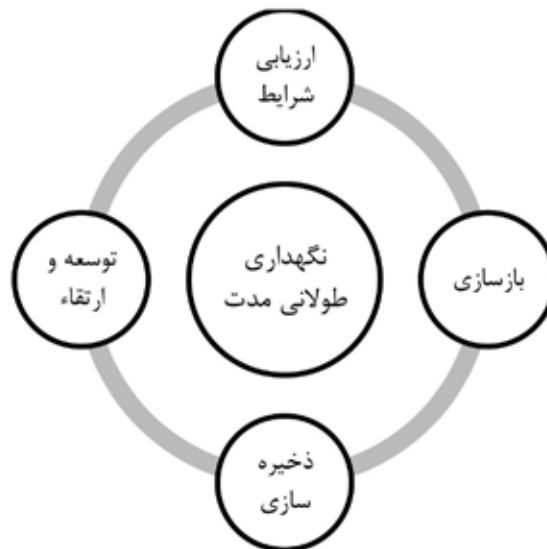
۳-۱۲- کاربری و نگهداری نامناسب تجهیزات

نگهداری تجهیزات نظامی دارای اهمیت بسیار زیادی است و دلیل اصلی این موضوع قیمت بالای تجهیزات و همچنین کمبود و نادر بودن برخی از آن‌ها، عدم تکنولوژی ساخت در داخل کشور و تحریم‌های تسلیحاتی می‌باشد به همین دلیل، لازم است که از تجهیزات نظامی نهایت مراقبت و دقت انجام شود و آن‌ها را درست به کارگیری نمود تا بتوان آن‌ها را برای سال‌های طولانی‌تری استفاده کرد. نگهداری صحیح علمی و برنامه‌ریزی شده با روش‌ها، تجهیزات یا فناوری‌ها و رویه یا دستورالعمل‌های نوین که مستقیماً بر روی بهره‌وری، هزینه‌های مستقیم تولید، قابلیت اطمینان و سودآوری اثر می‌گذارد. برای این منظور اپراتورها باید به‌خوبی آموزش‌های لازم و متناسب با تجهیزش را دیده و آن‌ها را در نگهداری و بهره‌برداری از این تجهیزات به کارگیری نمایند. بایستی به اپراتورها به عنوان بارزترین جزء فرآیند ذخیره‌سازی نگاه شود و انگیزه و عرق کاری اپراتورها را همیشه فعال وزنده نگه داشت، و نیز سیستم یادگیری و یاددهی را در سطح سازمان بین اپراتورها به وجود آورد.





۴- چرخه نگهداری طولانی مدت (کنسرواسیون):



شکل (۲). چرخه نگهداری طولانی مدت تجهیزات

۴-۱- ارزیابی شرایط

ارزیابی وضعیت برای تعیین وضعیت یک تجهیز، خودرو یا قطعات یدکی قبل از تکمیل هرگونه تعمیرات و رفع نواقص استفاده می‌شود. این اولین قدم در چرخه نگهداری طولانی مدت است.

دستگاه‌های زرهی نیز در ابتدا باید تعیین تکلیف شده و ارزیابی از شرایط کلی آن صورت بگیرد که ممکن است پی برده شود برخی از آن‌ها ارزش اورهال و ذخیره‌سازی را نداشته باشند، اگر دستگاهی قابلیت اورهال نداشته باشد، برای استفاده در موزه‌های دفاع مقدس فرستاده می‌شود و برخی دستگاه‌ها هم برای موضوع آموزش مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما اگر دستگاهی شرایط مطلوبی داشته باشد، وارد خط بازسازی و مدرنیزه و در نهایت ذخیره‌سازی می‌شود.

ارزیابی وضعیت چگونه انجام می‌شود؟

قبل از هرگونه برنامه تعمیراتی یا نگهداری، باید بدانیم که با چه چیزی شروع می‌کنیم. فاز اول اکثر پروژه‌ها با بررسی دقیق قطعه یا مجموعه (تجهیزات) آغاز می‌شود. این فرآیند معمولاً به عنوان ارزیابی شرایط نامیده می‌شود. ارزیابی شرایط شامل یک یا چند کارشناس است که به طور کامل قطعه را مطالعه می‌کنند و به دنبال نقاط ضعف، آسیب و دفرمگی، خرابی‌ها، ترک، پوسته‌پوسته شدن رنگ، قالب یا هر چیز دیگری می‌گردند که می‌تواند باعث پوسیدگی و بحرانی شدن وضع تجهیز شوند. آن‌ها همچنین موادی که در قطعه استفاده شده است، چه اجزایی اصلی هستند و چه چیزهایی جایگزین شده‌اند، و همچنین سایر علائم شناسایی مهم را شناسایی می‌کنند. از این ارزیابی، معمولاً می‌توان یک برنامه بازسازی اساسی ایجاد کرد که توضیح می‌دهد چه فعالیتی باید انجام شود تا مناطق آسیب دیده اصلاح شود و وضعیت فعلی مناطق پایدار حفظ شود.

ارزیابی شرایط را می‌توان برای موارد زیر تکمیل کرد:

- ارزیابی کامل تجهیزات برای رده‌ها یا به طور کلی سازمان
- قطعات تکی که نیاز به مراقبت دارند
- مجموعه قسمت عمومی یا قسمت‌هایی با ویژگی‌های خاص





۴-۲- بازسازی (خوب کردن حال تجهیز)

در این بخش برای درک بهتر مراحل بازسازی ادوات و تجهیزات زرهی از مصاحبه یکی از مسئولان که در یک مرکز تعمیر، بازسازی و اورهال تانک و تجهیزات زرهی در یک مرکز نظامی مشغول به کار است استفاده شده است [۹].

بازسازی تجهیزات می‌تواند شامل فرآیندهای مختلفی از جمله شست‌وشو و تمیز کردن، دمونتاژ، نوسازی یا تعمیر قطعات و بخش‌های آسیب‌دیده، رنگ‌آمیزی و... باشد. این دومین مرحله در چرخه نگهداری طولانی‌مدت است.

تجهیزات نظامی پس از پایان عمر عملیاتی یا نگهداری نامناسب، یا به دلیل آسیب دیدن در صحنه نبرد و... بروی برخی از آن‌ها که امکان عملیات نوسازی و بازسازی وجود دارد را بازسازی نمود آن‌ها را به تجهیزات قابل بهره‌برداری برای انجام مأموریت‌های محوله سازمان به کارگیری نمود که با توجه به قیمت بسیار بالای آن‌ها و وجود تحریم‌های ظالمانه در خرید و تأمین قطعات یدکی آن‌ها این امر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و برای پشتیبانی از رزم حیاتی و ضروری می‌باشد.

در طول اورهال چه اتفاقی می‌افتد؟

پس از تکمیل ارزیابی و دریافت تأییدیه برای پیشنهاد تعمیرات مورد نیاز، بازسازی می‌تواند روی یک قطعه یا کل تجهیز شروع شود. بازسازی و تعمیرات همه به نیازهای خود تجهیز بر اساس شرایط آن بستگی دارد.

معمولاً خط بازسازی ادوات و خودروهای زرهی، یک برنامه تولید دارد که برحسب نوع خودرو تعیین تکلیف می‌کنند که چه دستگاهی وارد خط بشود و در این برنامه با چه ریتمی عملیات اورهال انجام شود.

بعد از آنکه دستگاه‌های زرهی از صف تعیین تکلیف خارج گردند به سمت خط دمونتاژ تانک و نفربر فرستاده می‌شود. جایی که تمامی قطعات را از روی تانک‌ها و نفربرها باز کرده، آن‌ها را برای ورود به خط آماده شستشو، صافکاری و نقاشی می‌کنند. ابتدا تمام تغییرات اصلاحی مربوط به بدنه انجام می‌شود که در بازسازی ادوات و خودروهای زرهی ممکن است به موارد زیر نیاز داشته باشند:

- دمونتاژ تمامی قطعات دستگاه که قابل جدا شدن است
- شستشو قطعات و تمیز کردن دستگاه
- عملیات آبکاری (برخی قطعات در محیطی هستند که خورده می‌شوند و لازم است با فرآیندهای آبکاری عمر دوباره به آن‌ها بدهیم.)
- آهنگری
- صافکاری
- عملیات جوشکاری
- سند بلاست
- رنگ‌آمیزی
- ساخت یا تعویض قطعات جایگزین برای قسمت فرسوده و از دست رفته
- مدرنیزه و بهینه‌سازی کردن تجهیز در صورت نیاز
- و...

مجموعه‌هایی که تا این مرحله برای اورهال رفته بودند، طی یک فرآیند تحت پایش اعم از کنترل کیفیت و تولید توسط تگ‌هایی که روی آن‌ها نصب می‌شود تأییدیه نصب این قطعه روی دستگاه زرهی را گرفته و مشخص می‌شود که در چه زمانی باید این قطعه به خط مونتاژ برسد و روی دستگاه زرهی نصب شود. تمامی این قطعات یک شناسنامه دارند که این فرآیندهای اورهال که روی این‌ها اتفاق می‌افتد را دنبال می‌کند و یک ضابط کنترل کیفیت صحت کار انجام شده روی قطعه را تأیید کرده و تگ نصب قطعه روی سیستم زرهی را صادر می‌کند.





پس از پشت سر گذاشتن بخش دمونتاژ بایستی پس انجام اقدامات اصلاحی موردنیاز دوباره مونتاژ شده و به چرخه عملیات بازگردند. اقداماتی از قبیل:

- مونتاژ بخش تعلیق تانک و چرخ‌های جاده
- مونتاژ موتور و تأسیسات
- تست استاتیک (محیط مناسبی برای تست سیستم‌های مکانیکی، پنوماتیکی، الکتریکی و هیدرولیکی است تا قبل از نصب بر جک بتوان تمام این سیستم‌ها را تست و ارزیابی کرد).
- تأییدیه کنترل کیفیت
- بارگیری و مونتاژ بر جک (اگر خودرو تانک باشد)

در پایان تانک یا خودرو پس از پشت سر گذاشتن مراحل مختلف اورهال برای تست ۵۰ کیلومتر تحویل بخش تکمیل می‌شود. در این بخش تانک را وارد جاده می‌کنند و با پیمودن ۵۰ کیلومتر مسافت، تمام سیستم‌های کنترل آتش و سایر سامانه‌ها کنترل می‌شود و اگر ایرادات جزئی داشته باشد رفع می‌شود. پس از آن تست شلیک توسط خدمه یگان عملیاتی انجام می‌شود و در صورت عبور از این مرحله، تانک تحویل یگان عملیاتی خواهد شد یا برای بخش ذخیره‌سازی فرستاده می‌شود.

۳-۴- نگهداری حفاظتی (ذخیره‌سازی)

نگهداری طولانی مدت ادوات و تجهیزات به اندازه بازسازی آن مهم است. نگهداری از این تجهیزات چیزی است که آن‌ها را در شرایط مناسب برای حفظ توان رزم در آینده نگه می‌دارد.

۱-۳-۴- کامل نمودن تعمیرات قبل از ذخیره‌سازی

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد قبل از ذخیره‌سازی تجهیزات باید هرگونه تعمیر و بازسازی انجام گردد. هنگامی که تجهیزات را برای ماه‌ها بدون مراقبت رها شوند، مشکلات کوچک می‌توانند بدتر شده و به مشکلات اساسی تبدیل شوند. با بازرسی آن‌ها، و سپس تکمیل هرگونه خدمات قبل از ذخیره‌سازی، می‌توان از پرداخت صورتحساب گران‌قیمت تعمیراتی هنگام شروع مجدد برای استفاده از دستگاه یا تجهیز جلوگیری نمود. به‌طور مثال یکی از اقداماتی که برای جلوگیری از خوردگی مجدد در ادوات زرهی انجام می‌شود آبکاری گالوانیزه است. این فرآیند باعث کم شدن هزینه‌های بازسازی می‌شود زیرا اگر مجبور به تعویض قطعه‌ای شویم، باید هزینه بیشتری پرداخت گردد.

۲-۳-۴- انتخاب مکان نگهداری مناسب

برای محافظت از ماشین‌آلات و ذخیره تجهیزات ابتدا بایستی مکان مناسب برای این کار در نظر گرفته شود. به‌طور کلی در مبحث شرایط ذخیره‌سازی نظامی، دو مورد اصلی مطرح می‌شود [۳]:

- ذخیره‌سازی در فضای بسته و تحت شرایط تعیین و کنترل شده از سوی عامل انسانی
- ذخیره‌سازی در فضای باز و تحت شرایط آب و هوایی مختلف

انتخاب منطقه یا محل ذخیره‌سازی به صورتی که دارای کمترین عوامل مخرب آب و هوایی در طول سال باشد. به‌عنوان نمونه، مناطق کویری و صحرایی گزینه‌های خوبی برای ذخیره‌سازی ادوات و خودروهای زرهی هستند. در این مناطق برخی عوامل مخرب برای خودروهای زرهی از جمله بارش باران معمولاً رخ نمی‌دهد و سطح رطوبت که یکی از عوامل مخرب است عمده‌تاً پایین است. از آنجایی که در ساختار و بدنه ادوات زرهی از آلیاژهای مختلف فلزی استفاده شده که این آلیاژها بعضاً نسبت به آب و رطوبت حساس بوده و مسئله زنگ‌زدگی در آن‌ها رخ می‌دهد، ذخیره‌سازی در منطقه یا مناطق گرم و خشک بهترین گزینه جهت ذخیره‌سازی ادوات زرهی در فضای باز است.

دوره زمانی در ذخیره‌سازی در فضای باز اهمیت به مراتب بیشتری دارد چراکه هر چه زمان بیشتری در فضای باز سپری شود، عناصر مخرب محیطی اثربخشی بیشتری خواهند داشت. در نقطه مقابل مسئله افزایش اثرگذاری عوامل مخرب محیطی در ذخیره‌سازی در فضای



بسته تقریباً تا سطح قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد. هدف از ذخیره‌سازی در فضای بسته در حقیقت حذف مسئله عوامل مخرب محیطی است، اینکه ادوات و خودروها از آفتاب، باران و ... در امان باشند. بنابراین در ذخیره‌سازی ادوات و خودروها، مسئله مهم اختصاص فضای ذخیره‌سازی است:

در ذخیره‌سازی در فضای باز معمولاً محدودیتی برای مکان ذخیره‌سازی وجود ندارد و خودروها و ادوات به‌صورت دپوی گسترده ذخیره‌سازی می‌شوند. مشخصاً هزینه خاصی هم برای آماده‌سازی محل ذخیره‌سازی نیاز نیست.

در ذخیره‌سازی در فضای بسته و تحت کنترل، مشخصاً هزینه قابل توجهی باید انجام شود. ساخت سازه‌ای که ادوات و خودروها را از عوامل جوی دور نگاه دارد هزینه‌بردار است و صدا البته با توجه به اینکه ادوات و خودروهای نظامی معمولاً در تعداد بالا ذخیره‌سازی می‌شوند، امکان ساخت سرپناه برای تعداد انبوه عملاً وجود ندارد. فضای بسته در اینجا شامل تعریفی است از یک سرپناه که ادوات و خودروها را از عوامل مخرب اصلی از جمله باران حفظ کند. مشخصاً در چنین تعریفی به یک فضای مسقف در ابعاد بزرگ نیازمند می‌باشد اما اگر در یک ساختار کاملاً بسته مانند گاراژ یا انبار ذخیره‌سازی انجام شود، فضا باید عایق، تمیز، خشک و عاری از هرگونه آفت و حیوان باشد. همچنین محیط بایستی دارای کفپوش مناسب باشد.

با توجه به اینکه حجم بالای تجهیزات نگهداری شده در یک مکان قطعاً جز اولین اهدافی حیاتی می‌باشند که در صورت هجوم درخطر قرار دارند و عدم در نظر گرفتن تدابیر پدافندی مناسب برای نگهداری آن‌ها می‌تواند باعث کاهش یا نابودی بخش قابل توجهی از توان رزمی کشور شده و خسارات زیادی را به همراه داشته باشد. یکی از اقدامات اساسی و عمده پدافند غیرعامل نیز، انتخاب مکان مناسب می‌باشد.

۳-۳-۴- شناخت دقیق تجهیزات و انتخاب روش ذخیره‌سازی

به‌طور کلی باید شناخت کاملی نسبت به سطح آسیب‌پذیری اجزای مختلف خودروی زرهی نسبت به عوامل متفاوت به دست آورد تا خودرو را در شرایطی قرارداد که اکثریت بخش‌های آن به شکلی محفوظ از فرسایش و آسیب توسط عوامل مخرب محیطی باقی بمانند.

مسئله دیگری که باید در ذخیره‌سازی ادوات و خودروهای نظامی و به‌ویژه زرهی مدنظر داشت، توجه به ویژگی‌های مختلف و اختصاصی هر یک از ادوات و خودروها و تأثیر این ویژگی‌ها در ذخیره‌سازی خودرو است. بسیاری از این خودروها دارای وسایل ایتیکی و الکترونیکی پیشرفته‌ای هستند. برای این وسایل ممکن است در طول دوران ذخیره مشکلاتی رخ دهد پس باید این قطعات از خودرو جدا شده و در شرایط مناسب‌تری نگهداری شوند.

پس از آن لازم است تدابیر لازم و روش مناسب به‌منظور جلوگیری از آسیب و پوسیدگی تجهیز در نظر گرفته شود که در انتخاب این روش‌ها باید معیارهایی چون مقرون به‌صرفه بودن، ایمنی کارکنان، سادگی، نوع تجهیزات، مدت زمان مورد انتظار عدم فعالیت، عوامل جغرافیایی و محیطی و مدت زمان مورد نیاز برای بازگرداندن تجهیزات به سرویس‌دهی و ... در نظر گرفته شود.

به‌عنوان مثال حفظ ذخیره‌سازی طولانی‌مدت با استفاده از نیتروژن در صنعت به‌خوبی شناخته شده است. به‌طور کلی، این روش حذف رطوبت برای قطعات کوچک یا قطعات بزرگ ماشین‌آلات نگهداری شده در ظروف فلزی استفاده می‌شود. مصرف نیتروژن توسط نرخ نشت این گاز بی‌اثر به بیرون کنترل می‌شود و اگر ظرف محکم بسته شده باشد ممکن است در نرخ پایین و بسیار مقرون به‌صرفه نگهداری شود. از طرف دیگر، ظرف را می‌توان با یک دریچه منفذی مجهز کرد تا جریان نیتروژن را در فشار بسیار کم افزایش دهد. به این کار «جاروی نیتروژن» یا «پوشاندن نیتروژن» می‌گویند.

به‌طور کلی ماشین‌آلات را می‌توان با یک برزنت سنگین و باکیفیت بالا پوشانده شوند تا رطوبت را از بین برده و به جلوگیری از زنگ‌زدگی کمک می‌کند. برای مثال در این زمینه نیز شرکت آمریکایی Transshield سازنده روکش‌های با مواد XT که برای مقاومت در برابر محیط‌های شدید از گرما و رطوبت شدید گرفته تا سرما و برف شکننده ساخته شده‌اند، از تجهیزات در هر شرایطی محافظت می‌کنند. در نمای بیرونی اجازه نمی‌دهد آب و برف روی آن جمع شده و به اطراف می‌ریزد (ضد آب). فضای داخلی نرم و حاوی یک فناوری برای ثبت VCI است که با انتشار VCI به شکل بخار و اتصال به سطح فلزی تجهیزات، در داخل بدنه پوشش کار می‌کند و در نتیجه واکنش الکتروشیمیایی را که





باعث خوردگی می شود، مختل می کند و در نتیجه باعث کاهش خوردگی ۸۵-۹۵٪ می شود. این روکش ها قابل نصب و حذف به صورت روزانه و مقاوم در برابر اشعه ماوراءبنفش می باشند. در تصاویر زیر نمونه ای از پوشش های ساخته شده توسط این شرکت است:



شکل (۳) محصولات ساخته شده توسط شرکت Transshield

۴-۳-۴- ایجاد زیرساخت ها و تربیت و آموزش نیروی انسانی

برای نگهداری طولانی مدت، می بایست زیرساخت های لازم و نیروی انسانی متخصص و تجهیزات کافی برای آن زمان باید تعبیه شده باشد. آموزش یک وظیفه اساسی در سازمان ها و یک فرآیند مداوم و همیشگی است و امری موقت و تمام شدنی نمی باشد. کارکنان در هر سطحی از سطوح سازمان، اعم از مشاغل ساده یا مشاغل پیچیده محتاج آموزش و یادگیری و کسب دانش و مهارت های جدید هستند و باید همواره برای بهتر انجام دادن کار خود از هر نوع که باشد، روش ها و اطلاعات جدیدی کسب نمایند. فرآیند نگهداری طولانی مدت نیز از این امر مستثنی نیست [۷].

لازم است گروهی تعدادی از کارکنان سازمان را آموزش دهد تا تکنیک های ذخیره سازی و نگهداری را فراگیرند تا به سازمان کمک کند تا این فرآیند را به بهترین نحو انجام دهند.



محافظت تجهیزات باید نحوه عملکرد، زمان اقدامات حفاظتی برای جلوگیری از آسیب، روش‌های مورد استفاده در ذخیره‌سازی و مهم‌تر از همه مواردی که نباید انجام شود را بایستی فراگیرد. به عنوان مثال وقتی صحبت از پیشگیری و کنترل خوردگی به میان می‌آید، هر کسی که دارای سوابق صلاحیت اپراتوری تجهیزات باشد، باید توانایی شناسایی خوردگی و نحوه برخورد مناسب با خوردگی را طبق دستورالعمل فنی داشته باشد.

این آموزش برای حفظ ادوات و تجهیزات بسیار مهم است. حفاظت یا بازسازی نادرست می‌تواند منجر به مشکلاتی شود که تعمیر آن‌ها می‌تواند بسیار دشوار، زمان‌بر و پرهزینه باشد. این هزینه را می‌توان با مشارکت و تأکید فرماندهی بر نگهداری صحیح تجهیزات دفاعی کاهش داد.

۴-۳-۵- اجرای فرآیند ذخیره‌سازی

پس از تکمیل فرآیند بازسازی، و فراهم آوردن مقدمات لازم برای ذخیره‌سازی، توصیه‌ها و روش‌هایی برای حفظ کنترل وضعیت مناسب تجهیز در آینده باید انجام شود. در این بخش تجهیز از حالت عملیاتی خارج شده و فعالیت‌ها و سرویس‌های دوره‌ای لازم برای نگهداری طولانی‌مدت بر روی آن‌ها انجام می‌شود. نمونه‌ای از فرآیند ذخیره‌سازی ممکن است شامل موارد زیر باشد:

- سیستم ذخیره‌سازی خشک
- تمیز کردن منظم هر X سال
- پوشش مومی، سیلیکاژل و... جدید هر X سال یکبار
- کاغذپیچی و کاور کردن
- الزامات ذخیره‌سازی خاص برای جعبه، رطوبت و غیره
- تست‌های دوره‌ای
- و...

همه این عوامل به پایداری وضعیت تجهیز در آینده کمک می‌کنند. بدون برنامه نگهداری مناسب، قطعه یا تجهیز می‌تواند به حالت اولیه قبل از بازسازی بازگردد. نگهداری مناسب به اندازه خود بازسازی مهم است.

به عنوان مثال یکی از مسائلی ارتش‌ها معمولاً با آن سروکار دارد خوردگی می‌باشد زیرا تجهیزات آن‌ها در هنگام استفاده و ذخیره‌سازی در معرض محیط‌های نامناسب قرار می‌گیرند. بدون روش مناسب بازدارنده خوردگی، تجهیزات ممکن است در معرض خطر قرار گیرند و به تلاش و هزینه‌های اضافی برای بازسازی و تعمیرات نیاز داشته باشند.

۴-۳-۶- بازرسی‌ها

در این بخش وضعیت تجهیزات را بررسی کرده و تعیین می‌کنند که عملیات ذخیره‌سازی به درستی انجام شده است یا خیر و تجهیزات و ماشین‌آلات یاد شده در سلامت کامل بوده و در شرایط مناسبی نگهداری می‌شوند یا در صورت لزوم نقص و ایرادات احتمالی برطرف گردد.

شیوه‌های ذخیره‌سازی مؤثر و کارآمد نیاز به نگهداری مناسب سوابق انبارداری دارد و بایستی چک‌لیست‌های دوره‌ای نیز برای اطمینان از نتیجه و نحوه صحیح ذخیره‌سازی تهیه شود. هنگام مرور و بازدید از تجهیزات، شرایط نامطلوب و وضعیت مراقبت از تجهیزات موجود در برگه‌های اطلاعات ذخیره‌سازی ثبت نموده که این اطلاعات موجب پیدا کردن منابع آسیب می‌شود و برای داشتن ارزیابی و نظارت بهتر و دقیق‌تر امری ضروری هستند.

۴-۴- حفظ دانش، بومی‌سازی و ارتقاء روش‌های نگهداری

تجهیزات نظامی بنا بر تهدیدات، عمر مصرفی هم دارند. ادوات و تجهیزات باید متناسب با رزم امروز مدرن شود لذا باید تجهیزات را طوری ارتقا دهیم تا علیه تهدیدات وارد عملیات شود.





در این زمینه لازم است دستورالعمل‌ها، دیتا شیت‌ها، تجارب قبلی و... تهیه شده که این امر موجب حفظ دانش فنی موجود برای آموزش و استفاده کارکنان سازمان شده و می‌تواند در تحقیقات آینده و بومی‌سازی مورد استفاده قرار بگیرند.

به عنوان مثال در شرکت فولاد مبارکه اصفهان واحدی به نام بومی‌سازی ایجاد شده است. بومی‌سازی مجموعه‌ای از فعالیت‌ها (برنامه‌ریزی، مهندسی و ساخت و کنترل کیفیت) بر روی یک قلم کالا که باعث ساخت داخل یا تأمین از تولیدات داخلی آن (با حفظ کیفیت) است. این امر برای تولید اقتصادی و پایدار بسیار ضروری بوده و این شرکت طی این فرآیند اقلام و قطعات مورد نیاز را شناسایی نموده و اقدام به تهیه مدارک فنی و نقشه‌های مورد نیاز از آن‌ها می‌کند و در این راستا قطعات با نقشه‌های موجود به شرکت‌های سازنده ارجاع شده و پس از ساخت در خطوط تولیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بومی‌سازی یک فرآیند است و از زمان اعلام نیاز، شناسایی، ارزیابی و انتخاب شرکت‌های بومی‌ساز، ایجاد تکنولوژی ساخت قطعه و سپس ساخت آن‌ها اجزای درگیر در طول فرایند باید در آن حضور فعال داشته باشند. بومی‌سازی می‌تواند موجب اتکا به تولید داخلی و کاهش ضربه‌پذیری از عاملی چون تحریم‌های ظالمانه شود و نیز هزینه‌های سازمان را به طور چشم‌گیری کاهش می‌دهد و موجب استفاده از پتانسیل‌های موجود در نواحی تولید با مشارکت پرسنل باتجربه آن ناحیه در اقدامات بومی‌سازی می‌شود. بدین ترتیب سازمان با ایجاد و حفظ تولیدکنندگان اقلام مورد نیاز به تأمین پایدار اقتصادی دست پیدا می‌کند. عملاً در فولاد مبارکه بسیاری از قطعات در داخل کشور ساخته شده، مشکلات موجود در بخش خطوط تولید مرتفع شده و تکنولوژی مورد توقع فولاد مبارکه به شرکت سازنده منتقل شده است. این انتقال دانش باعث می‌شود همپای برطرف کردن نیاز فولاد مبارکه صنایع کشور هم از لحاظ تکنولوژی و ابزار و هم از لحاظ دانش فنی دانش فنی هم بومی‌سازی شود. در نیروهای مسلح نیز این امر مورد توجه است و تاکنون کارهای خوبی در زمینه انجام گرفته است. در این پژوهش نیز به بومی‌سازی به عنوان یکی از فواید و نتایجی که بازسازی و ذخیره‌سازی تجهیزات برای سازمان می‌تواند داشته باشد اشاره شده است.

تحقیق و بروز رسانی در روش‌های جدید ذخیره‌سازی و فناوری‌های نوین و استفاده از تجارب موفق در مراکز ذخیره‌سازی طولانی مدت تجهیزات در ارتش‌های جهان نیز نباید فراموش گردد. این تحقیق و توسعه در زمینه خود تجهیزات نیز باید صورت گرفته تا در برنامه‌های آینده تجهیزات مشابه را بهینه‌سازی و ارتقاء داده شوند و حتی تجهیزاتی که از سازمان رزم خارج شده‌اند را با انجام تغییراتی دوباره به کارگیری نمود.

در شرکت‌ها و سازمان‌های بزرگ به تحقیق و توسعه به عنوان یک بخش جداگانه نگاه نمی‌کنند، بلکه آن را قابلیت و ظرفیت بزرگی می‌بینند که می‌توان با تغذیه از پایگاه دانش آن، محصولات جدید و پیشرویی تولید کرد که در نهایت موجب ثروت آفرینی می‌شود که این هدف در سازمان‌های نظامی افزایش توان رزمی و آمادگی دفاعی در برابر تهدیدات پیش رو کشور می‌باشد.

در نگهداری و ذخیره‌سازی طولانی مدت نیز تمام دانش و تجربه فنی همواره در حال تغییر، تحول و رو به تکامل است و سازمان نباید از به روز رسانی خود چه در این زمینه و چه سایر زمینه‌ها از دیگران عقب بماند و همواره باید به فکر بهبود شرایط موجود و افزایش بهره‌وری باشد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

کاهش هزینه کل حفظ دارایی و افزایش توان رزم یکی از مهم‌ترین معیارهای مدنظر مدیران و فرمانده‌های نظامی می‌باشد هدف‌گذاری اصلی یک سازمان نظامی بر ارتقای آمادگی رزمی بوده که این امر با توجه ویژه در مباحث آموزش مناسب نیروی انسانی، حاضریه‌کاری و ارتقای سلاح و تجهیزات، دسترسی به مطالعات لازم، فناوری اطلاعات، جنگال، بهداری رزمی، مهندسی رزمی، مهمات، جنگ نوین و عوامل غیر فیزیکی میسر می‌شود که با برنامه‌ریزی اصولی در این حوزه‌ها می‌توان در نهایت به ارتقای آمادگی رزمی رسید که یکی از فعالیت‌های انجام شده در زمینه کنسرواسیون (نگهداری طولانی مدت) است. هدف از تشکیل ارتش‌ها، ایجاد بازدارندگی برای دشمنان است که با داشتن نیروی انسانی و تجهیزات مناسب محقق می‌شود. در حوزه تجهیزات با توجه به تحریم‌های ظالمانه، بایستی سعی شود که تجهیزات موجود به صورت اصولی نگهداری شوند.

برای این منظور در سازمان‌های نظامی، لازم است دستورالعمل کنسرواسیون به یگان‌ها ابلاغ شده و برابر مراحل ابلاغی در این



دستورالعمل‌ها، تجهیزات پس از طی مراحل کامل بازسازی در دیوهای مناسب ذخیره‌سازی شوند و حاضریه‌کاری آن‌ها در بازرسی‌های دوره‌ای توسط متخصصین و کارشناسان ارزیابی شود تا در مواقع بحران در کمترین زمان ممکن از حالت کنسرو خارج و به منطقه عملیاتی موردنظر اعزام شوند.

در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد کارایی و اثربخشی انواع روش‌های ذخیره‌سازی برای تجهیزات گوناگون با یکدیگر مقایسه گردد و با استفاده از تکنیک‌های mcdm بهترین روش ذخیره‌سازی با توجه به ویژگی‌های تجهیز موردنظر و شرایط آب‌وهوایی مکان ذخیره‌سازی تعیین گردد. همچنین انتخاب پیمانکار مناسب برای انجام این فرآیند یکی دیگر از مسائلی است که می‌تواند مدنظر پژوهشگران در آینده قرار گیرد.

۶- منابع و مآخذ

۶-۱- فارسی

- [۱] طاهری، رمضانعلی و گوکلانی، عباسعلی، (۱۳۸۳)، کنسروه کردن (ذخیره‌سازی) تجهیزات نظامی و دریایی، اولین کنفرانس لجستیک و زنجیره تأمین، تهران، ۸۷۲۱، <https://civilica.com/doc/8721>
- [۲] اله کرم، سعیدرضا، طاهری، رمضانعلی، و رضایی، مهناز. (۱۳۸۴). بازدارنده های خوردگی فاز بخار، ترکیباتی مناسب برای کنترل خوردگی تجهیزات نظامی. کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات SID. <https://sid.ir/paper/813673/fa>
- [۳] نوربخانی، سینا، (فروردین ۱۴۰۱)، کنسرواسیون ادوات زرهی (ذخیره سازی طولانی مدت، سایت جنگاوران.
- [۴] صمیمی، امیر، زرین‌آبادی، سروش، ستوده، مهرداد، و صمیمی، سپیده. (۱۳۹۱). بررسی اثرات مخرب خوردگی در مخازن و خطوط انتقال نفت و گاز. کنفرانس بین‌المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی. SID. <https://sid.ir/paper/814929/fa>
- [۵] گلستانه، رسول. (۱۳۸۹). هوشمند سازی مهمات، تسلیحات و تجهیزات نیروهای مسلح و اصلاح الگوی مصرف. راهبرد دفاعی، ۸ (۲۹)، ۱۶۷-۱۴۳. SID. <https://sid.ir/paper/194424/fa>
- [۶] بوالحسنی، خسرو، نعمت زاده، سیروس & سروش کاشانی، احسان. (۱۴۰۱) مؤلفه‌ها و ویژگی‌های توان نظامی مؤثر بر آمایش دفاع سرزمینی در مقابله با تهدیدات نظامی. راهبرد دفاعی، ۲۰ (۸۰)، ۱۳-۴۶.
- [۷] برج‌لو، عبدخدا، (۱۳۸۴)، معیارهای هفت‌گانه نیازسنجی آموزشی سازمان، مجله تدبیر شماره ۵۶
- [۸] طاهری، رمضانعلی، (۱۳۸۴)، نقش میکروارگانیزمها در افزایش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات، سومین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، تهران، ۶۸۹۰، <https://civilica.com/doc/6890>
- [۹] راستا، سعید، (تیر ۱۳۹۹)، گزارش تصویری تسنیم از مرکز بازسازی زرهی شهید زین‌الدین، خبرگزاری تسنیم.

۶-۲- انگلیسی

- [۱۰] NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES-NATIONAL RESEARCH COUNCIL WASHINGTON DC PREVENTION OF DETERIORATION CENTER. (۱۹۶۳). Preservation of Inactive Equipment and Long-term Storage of Materials (p. ۰۰۲۴). H. Janecka (Ed.). National Academy of Sciences.
- [۱۱] Bloch, H. P. (۱۹۸۵). Storage Preservation Of Machinery. In Proceedings of the ۱۴th Turbomachinery Symposium. Texas A&M University. Turbomachinery Laboratories.
- [۱۲] Bloch, H. P., & Budris, A. R. (۲۰۲۱). Pump user's handbook: life extension. CRC Press.
- [۱۳] Bloch, H. P., & Bannister, K. (۲۰۲۰). Practical lubrication for industrial facilities. CRC Press.
- [۱۴] Bloch, H. P., & Shamim, A. (۱۹۹۸). Oil Mist Lubrication: Practical Applications. The Fairmont Press, Inc..
- [۱۵] Jegdić, B. V., Ristić, S. S., Polić-Radovanović, S. R., & Alil, A. B. (۲۰۱۲). Corrosion and conservation of weapons and military equipment. Vojnotehnički glasnik, ۶۰(۱), ۱۶۹-۱۸۲.





- [۱۶] Saeed, Adil & Khan, Zulfiqar & Nazir, Mian Hammad & Hadfield, M. & Smith, R.. (۲۰۱۷). Research impact of conserving large military vehicles through a sustainable methodology. *International Journal of Heritage Architecture: Studies, Repairs and Maintenance*. ۱. ۲۶۷-۲۷۴. ۱۰.۲۴۹۵/HA-V۱-N۲-۲۶۷-۲۷۴.
- [۱۷] Vignetti, A. M., Miskovic, L., & Madzar, T. (۲۰۰۳). Corrosion protection of military equipment worldwide. *Materials Performance*, ۷, ۶-۹.



ارائه مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت بهینه‌سازی مدیریت پروژه‌های عمرانی انتقال و

توزیع آب (مورد مطالعاتی: خط انتقال آب سد کرج)

نگین اسکندری^{۱*}، سعید فرخی زاده^۲

۱- کارشناسی ارشد، گروه علمی مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

۲- استادیار، گروه علمی مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۲۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹

چکیده

آب‌های سطحی و زیرزمینی یکی از منابع اصلی و کلیدی آب شرب به شمار می‌رود. یکی از بخش‌های مهم فرایندهای آب، انتقال آب از منبع به تصفیه‌خانه و انتقال به شبکه توزیع برای مصرف است. در این راستا می‌بایست با اعمال مدیریتی صحیح و اجرای برنامه‌های اصولی از افزایش هزینه انتقال و ساخت و احداث پروژه‌های انتقال آب در بخش‌های مختلف جلوگیری کرد. جامعه آماری تحقیق شامل کارکنان و پیمانکاران جزء پروژه خط انتقال آب سد کرج است و هدف این پژوهش ارائه یک مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت بهینه‌سازی پروژه‌های آبی می‌باشد. طراحی مدل مبتنی بر شناسایی و تعیین شاخص‌هایی است که معیاری مناسب برای ارزیابی عملکرد کارکنان و پیمانکاران فعال در پروژه خط انتقال آب کرج می‌باشند. این شناسایی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و همچنین نظر کارشناسان فنی صورت می‌پذیرد. پس از شناسایی شاخص‌ها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، به شاخص‌ها بر اساس درجه اهمیتشان وزن اختصاص می‌یابد. اعتبار شاخص‌های شناسایی شده و اوزان اختصاص یافته با استفاده از پرسشنامه‌هایی که در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد، سنجیده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که ۵ عامل: شاخص‌های شرایط زمین‌شناسی منطقه، شاخص‌های شرایط لوله‌گذاری، شاخص‌های دسترسی به مواد و مصالح مورد نیاز پروژه، شاخص‌های مربوط به ملاحظات زمان پیشبرد عملیات لوله‌گذاری و شاخص‌های مربوط به مراحل اجرایی لوله‌گذاری مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در مدیریت پروژه خط انتقال آب سد کرج است. نتایج حاصل از اعتبارسنجی معیارهای اصلی نشان داد از میان ۵ معیار اصلی مورد بررسی، شاخص‌های مربوط به شرایط لوله‌گذاری با وزن شاخص ۰.۵۸ مهم‌ترین شاخص است. بعد از آن شاخص‌های مربوط به ملاحظات و شرایط زمین‌شناسی منطقه و شاخص‌های مربوط به دسترسی به مواد و مصالح مورد نیاز پروژه هرکدام با مقدار وزن ۰.۱۹ عوامل مهم در تعیین مسیر پروژه خط انتقال آب سد کرج به دست آمدند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سلسله مراتبی فازی، خط انتقال، وزن دهی، معیار سنجی، لوله‌گذاری.

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: negineskandari12@gmail.com





۱- مقدمه

طراحی و مرحله انتخاب در هر پروژه‌ای بسیار مشکل‌تر از تحلیل آن است. محال است با شروع کردن از مجموعه‌ای از معیارهای طراحی (همانند آنچه در آیین‌نامه‌های مهندسی آمده است) و بدون نیاز به انجام تصمیم‌گیری‌هایی در مورد شکل و ابعاد سازه بتوان به‌طور مستقیم به طراحی یکتا از سازه یا پروژه مورد نظر رسید که معیارهای طراحی مورد اشاره را تأمین کند. برای مثال رعایت مجموعه معیارهای همخوانی - به‌جز در موارد بسیار ساده و بدیهی - به طراحی یکتا منجر نمی‌شود. در حالت کلی تعداد طرح‌هایی که معیارهای پذیرفتنی بودن طرح را تأمین می‌کنند، بسیار زیاد خواهد بود؛ و لذا انتخاب طرحی یکتا مستلزم تصمیماتی است که همه طرح‌های جایگزین به‌جز طرح مورد نظر را حذف می‌کند. بدین ترتیب مرحله طراحی، برخلاف مرحله تحلیل که امکان گزینش در آن وجود ندارد، در واقع نمایشگر فرآیندی از نوع فرآیند تصمیم‌گیری است. توزیع غیریکنواخت مکانی و زمانی آب، عدم تعادل بین عرضه و تقاضای آب (به‌ویژه افزایش تقاضای آب به دلیل محدودیت منابع آب) و تلفات بالای آب در سیستم‌های آبی شهری و کشاورزی، مدیریت منابع آب در مقیاس بزرگ را پیچیده کرده است؛ بنابراین کنترل و استفاده صحیح از منابع آبی موجود ضروری است. انتقال آب بین حوضه‌ای، نمونه‌ای از راه‌حل‌های مورد استفاده برای رفع کمبود آب به‌ویژه در بخش آب شرب در مناطق و کشورهای خشک است. از این‌رو چالش‌های مختلفی را به‌منظور مدیریت پایدار حوضه‌ها به وجود آورده است. [۱]

با پیشی گرفتن تقاضای آب بر عرضه آن، روش‌های مختلف مدیریتی منابع آب مطرح شده و بر اساس آن پروژه‌های بزرگ زیر بنایی آب با هدف تأمین نیازهای آبیاری، کشاورزی و مصارف خانگی گسترش یافته است. این پروژه‌ها دامنه وسیعی از روش‌های مهندسی مثل ساخت سدها و انتقال آب تا مدیریت جامع انتقال آب را در بر گرفته‌اند. [۹]

در دهه‌های آینده، در صورت تکمیل تمام پروژه‌های برنامه‌ریزی شده، انتظار می‌رود افزایش ۹ برابری در حجم آب منتقل شده توسط کلان‌پروژه‌های انتقال آب وجود داشته باشد. از آنجایی که کمبود آب به یک پدیده جهانی تبدیل شده است، کلان‌پروژه‌های انتقال آب در حال حاضر به‌عنوان یک راه‌حل مهندسی برای برآوردن نیازهای روزافزون آب در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در نظر گرفته می‌شود. [۱۰]

۲- پیشینه تحقیق

حیدری و خدادادی در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر در کاهش تأخیرات پروژه‌های عمرانی (مطالعه موردی: پروژه خط انتقال آب) پرداختند. امروزه تقریباً تمامی پروژه‌های عمرانی با پدیده تأخیر روبرو هستند، از جمله پروژه‌های انتقال آب که همواره با این پدیده مواجه بوده و خسارت‌های فراوانی نیز وارد کرده است. دلایل مربوط به تأخیرات به‌طور عمده در سه دسته قرار می‌گیرند: دلایل مربوط به پیمانکاران، مشاوران و کارفرمایان؛ که در این تحقیق در قالب پرسشنامه، با نظرخواهی از خبرگان، میزان تأثیر هر کدام از عوامل بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در دسته عوامل مربوط به کارفرما این موارد بیشترین تأثیر را داشته‌اند: عدم دقت کافی در برآورد اجرای کار، ارزیابی کیفی و فنی پیمانکاران، ناتوانی کارفرما در تأمین مصالح لازم و کارهای اضافه بر پیمان. در بخش ضعف‌های مربوط به مشاوران، این موارد تأثیرگذارترین بوده‌اند: عدم دقت کافی مشاور در تهیه برآورد اولیه، ضعف و نداشتن تجربه لازم در طراحی و نظارت پروژه، ناتوانی مشاور در داوری صحیح بین کارفرما و نهائیتا در بخش ضعف‌های پیمانکار، این دو مورد تأثیر زیادی در تأخیرات پروژه داشته است: نداشتن تیم فنی و اجرایی قوی، ارزیابی ربالی نادرست پروژه. [۲]

قبادیان و همکاران در سال ۱۳۹۹ به بسط مدل طراحی بهینه خط انتقال آب (مطالعه موردی: خط انتقال سد خارج از بستر بیستون) پرداختند. آن‌ها در جهت طراحی بهینه ایستگاه پمپاژ و خط انتقال آن، یک مدل کامپیوتری بسط دادند. در این مدل کلیه هزینه‌های جاری و ثابت طرح بر پایه بهینه‌سازی به روش الگوریتم ژنتیک دودویی با حفظ محدودیت‌های سرعت و فشار کمینه می‌شود. ویژگی‌های هیدرولیکی و اقتصادی لوله‌ها و پمپ‌های حاضر در بازار ایران به‌عنوان یک بانک اطلاعاتی و فایل داده برای مدل تعریف شده است. محاسبات مربوط به شبیه‌سازی جریان غیر پایدار در محیط کاری مدل بعد از طراحی بهینه سیستم با هدف کنترل ایمنی سیستم از نقطه نظر ضربه قوچ انجام می‌پذیرد. پس از آزمودن مدل، طراحی خط انتقال و ایستگاه پمپاژ سد خارج از بستر بیستون کرمانشاه مورد واریسی قرار گرفت. نیمرخ طولی مسیر، دبی انتقالی، محدوده‌های مجاز فشار و سرعت، پارامترهای الگوریتم ژنتیک و همچنین پارامترهای اقتصادی برای مدل تعریف شد. خروجی مدل نمایانگر آن بود که برای انتقال آب با دبی ۳۵۰۰ لیتر بر ثانیه در طول ۶ ماه از سال (آذر تا اردیبهشت) از رودخانه گاماسیاب به سد خارج از بستر بیستون استفاده از لوله فولادی به قطر ۱۶۰۰



میلی متر و پمپ گریز از مرکز مدل ۲۰۰-۵۰-۵۰۰ کمترین هزینه را در طی ۲۰ سال عمر مفید پروژه تحمیل می نماید. همچنین نتایج شبیه سازی ضربه قوچ سیستم بهینه نشان داد مخزن هوا با شعاع ۳ متر و ارتفاع حدود ۵/۵ متر خط لوله را از نقطه نظر ضربه قوچ برآمده از قطع غیرمنتظره ایستگاه پمپاژ مصون نگه می دارد. [۳]

طبایبایی و همکاریان شناسایی و رتبه بندی عوامل تعویق در پروژه خط انتقال آب دشت سیستان به روش AHP را انجام دادند. بررسی جهت تعویق در پروژه های ساخت و اندیشیدن درایتی در جنبه تقلیل آن ها در تمام دنیا و به طور خاص در زمینه تأمین و مدیریت منابع آبی موجود در کشور ایران به عنوان مسئله ای جدی مورد توجه است و پس از شناسایی تأخیرها، به کارگیری روشی مناسب برای تحلیل آن ها لازم و ضروری است. لذا در این پژوهش هدف آن است که با کمک روش AHP عوامل تأخیر در پروژه های خط انتقال آب به دشت سیستان شناسایی و تبیین شده و ضمن تعیین رابطه کمی بین معیارها و شاخص ها و تجزیه تحلیل شماتیک، نهایتاً الگوی رتبه بندی مناسبی برای ارزیابی و انتخاب بهینه در این گونه پروژه ها ارائه شود. به همین سبب بعد از مرور ادبیات وابسته به شناخت معیارها و مصاحبه با کارشناسان و متخصصان خبره، معیارهایی که در تعویق پروژه های آبرسانی در منطقه سیستان تأثیرگذار هستند، استخراج گردید. پس از تجزیه و تحلیل پارامترهای مؤثر در تأخیر پروژه توسط نرم افزارهای expert choice و SPSS عوامل عدم فراهم نمودن سرمایه کافی در زمان فراخور، عدم دقت در برآورد حجم و زمان پروژه و عدم قیمت دهی مناسب پیمانکار به ترتیب به عنوان اولویت اول عوامل مربوط به کارفرما، مشاور و پیمانکار معرفی گردیدند. همچنین از میان شاخص های فرعی نیز عدم تأمین سرمایه کافی در زمان مناسب، افتتاح زود هنگام پروژه ها به دلیل مسائل سیاسی و زمان و بودجه اندک جهت مطالعات اولیه به نوبت به عنوان اولویت های اول تا سوم تأخیر در پروژه حاضر تعیین گردیده است. [۴]

فرزادی و همکاریان، در تحقیقی به بررسی متدولوژی ارزیابی سیلاب در پایین دست سدها با استفاده از منحنی های عمق آب- خسارت پرداختند. آن ها به تهیه دستورالعمل اقدام در شرایط ناگزیری (EAP) به عنوان یک گام اساسی برای مدیریت در شرایط بحران پرداختند. یکی از قسمت های مهم این طرح، انجام تحلیل های مورد نیاز برای پیش بینی ریسک سیلاب می باشد. در این مقاله، به ارائه متدولوژی برای ارزیابی و تحلیل ریسک ناشی از سیلاب های طبیعی و مصنوعی در پایین دست سدها و استخراج منحنی های شکنندگی مورد نیاز پرداخته شده است. در روش های متداول، از منحنی های استخراج شده توسط محققین قبلی در کشورهای مختلف و یا از منحنی های فرضی استفاده می شود که با توجه به عدم قطعیت بالای سازگاری این منحنی ها با منطقه مورد مطالعه، نتایج قابلیت اطمینان پایینی دارند. در این مطالعه، منحنی های عمق آب خسارت برای استفاده های مختلف در پایین دست سد شهر بیجار در استان گیلان تهیه و بومی سازی شده اند که بنیاد آنالیز خسارات احتمالی در این محدوده می باشد و پیشنهاد می شود به منظور سنجش خسارت در هر مطالعه موردی، از منحنی های شکنندگی آماده شده برای آن منطقه، استفاده شود. [۵]

رحمان و همکاریان مدل تصمیم گیری چند معیاره برای برون مرزی نگهداری برنامه با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام دادند. دو مرور متون سیستماتیک انجام شد که فهرستی از ۱۵ عامل تأثیرگذار را بررسی کردند. عوامل شناسایی شده بیشتر در صنعت برون سپاری با انجام یک مطالعه تجربی مورد ارزیابی قرار گرفتند که منجر به فهرستی از ۱۰ عامل حیاتی موفقیت شد. ما یک چارچوب منبع یابی را بر اساس عوامل موفقیت حیاتی پیشنهاد می کنیم که می تواند به تصمیم گیرندگان در اتخاذ یک استراتژی منبع یابی مناسب برای برون سپاری خارج از کشور تعمیر و نگهداری برنامه کمک کند. به منظور بهبود بیشتر فرآیند تصمیم گیری، مدل MCDM بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) توسعه یافته است. مدل MCDM با سه مطالعه موردی در شرکت های بین المللی بسیار معتبر، از جمله IBM استکهلم سوئد، Vattenfall AB استکهلم سوئد و یک شرکت مستقر در لندن بریتانیا ارزیابی می شود. نتایج این مطالعات موردی توسط متخصصان برون سپاری در سایر شرکت ها بررسی و تأیید می شود. مدل پیشنهادی به عنوان یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری استفاده می شود که رتبه بندی جایگزین های منبع یابی را تعیین می کند و مناسب ترین گزینه را برای تعمیر و نگهداری برنامه های دریایی پیشنهاد می کند. [۱۱]

ناتارajan و همکاریان به مقایسه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (f-AHP) برای ارزیابی پایداری یک پروژه تأمین آب پرداختند. آن ها مفهوم پایداری برای یک طرح تأمین آب درون دولتی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی با اولویت بندی سیستماتیک جنبه های مختلف طراحی و عملیاتی ارزیابی کرده اند. این یک طبقه بندی سه سطحی از ویژگی های کلیدی مانند ۵ بعد، ۱۵ زیر معیار و ۵۰ شاخص اتخاذ شده است. بعد زیست محیطی (۴۱ درصد) بیشترین اهمیت را در سنجش پایداری این پروژه





دارد و پس از آن بعد اجتماعی (۲۲ درصد)، حاکمیت (۲۰ درصد)، اقتصادی (۸ درصد) و زیرساخت (۶۸ درصد) قرار دارند. در میان معیارهای فرعی، کیفیت در منبع بالاترین اولویت را دارد و پس از آن مقرون به صرفه بودن است. در میان شاخص‌ها، فرکانس آزمایش آب بیشترین وزن را دارد و به دنبال آن مشارکت و مشاوره عمومی است. نتایج حاکی از تأثیر مقیاس و مرحله عملکرد پروژه بر اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری است. این مطالعه همچنین دامنه بهبود عوامل اجتماعی و حاکمیتی را با هم (از نظر شفافیت، انعطاف‌پذیری و قابلیت خدمات‌رسانی) با افزایش مشارکت عمومی توصیه می‌کند. نتایج حاصل از مطالعه می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای ارزشمند برای برنامه‌ریزی و اجرای پروژه‌های مشابه برای توسعه پایدار باشد. [۱۲]

نینا الماسی فر و همکاران پیشنهاد یک روش جدید برای حفاظت از بنای تاریخی «مدیریت دامنه» با استفاده از سیستم موسسه مدیریت پروژه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و منشور ICOMOS Burra انجام دادند. مدیریت دامنه «خواص» و «عملکردها» نقش اساسی در زمان‌بندی و کنترل طیف وسیعی از متغیرها و فرآیندهای دخیل در هر پروژه به‌منظور افزایش کیفیت خروجی‌ها دارد که منجر به صرفه‌جویی در زمان می‌شود و صرفه‌جویی در بودجه قابل ذکر است. در پروژه‌های حفاظت از بناهای تاریخی، «مدیریت محدوده» یک عامل حیاتی است که هدف آن حفظ مقادیر پارامترهای تاریخی و دقت در تعداد تداخل‌ها و اشغال‌ها در سایت‌ها است. امروزه با افزایش بی‌سابقه شهرنشینی، قلمروهای این مکان‌های میراثی تخریب شده یا جایگاه خود را در فهرست میراث جهانی از دست داده‌اند. بدون شک وجود چنین شرایط بحرانی، به‌کارگیری روش‌های مدیریت محدوده برای حفظ این گونه مکان‌های باستانی و تاریخی در سراسر جهان را بیش از پیش ضروری می‌سازد. نتایج آن‌ها شامل سطوح سلسله مراتبی فرآیندهای مدیریتی است که تمامی متغیرهای مؤثر اعم از عناصر محسوس و نامشهود (عوامل مستقل) و سایر نقاط ضعف و فرصت‌های پروژه را در نظر می‌گیرد تا محدوده عملیات مورد نیاز تعیین شود که باید بر اساس منشورهای حفاظت از اماکن تاریخی برنامه‌ریزی شود. به این ترتیب می‌توان علاوه بر احیای بخش‌های ضروری و ارزشمند یک منظر فرهنگی (میراث فرهنگی یا محوطه)، از تغییرات غیر ضروری نیز جلوگیری کرد. [۱۳]

لی و همکاران به‌منظور درک بهتر ترجیح مسافران و به دست آوردن درک آن‌ها از کیفیت خدمات، در مقاله‌ای یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر AHP فازی و روش زبان‌شناختی فازی ۲ تایی برای ارزیابی کیفیت خدمات در پرواز پیشنهاد کردند. این مطالعه شامل سه مرحله می‌باشد. در مرحله اول از نسخه اصلاح شده ابزار SERVQUAL استفاده شد و سلسله مراتبی از سیستم شاخص برآورد و ارزشیابی کیفیت خدمات در پرواز ساخته شد. در مرحله دوم ما از AHP فازی برای تجزیه و تحلیل ساختار مسئله برآورد و ارزشیابی خدمات در پرواز استفاده می‌کنیم. با استفاده از متغیرهای زبانی، مقایسه‌های زوجی برای معیارها و زیر معیارهای ارزیابی برای تعیین وزن معیارها و زیر معیارها انجام می‌شود. در مرحله سوم، رتبه‌بندی زیر معیارها در مقادیر زبانی برای بیان ارزیابی کیفی نظرات ذهنی مسافران ارزیابی می‌شود و سپس مقادیر زبانی به ۲ تایی تبدیل می‌شوند و از عملگر میانگین حسابی زبانی ۲ تایی استفاده می‌شود. میانگین امتیاز ۱۰۰ پاسخ‌دهنده را به دست آورید. استفاده از عملگر میانگین وزنی زبانی ۲ تایی برای محاسبه رتبه‌بندی معیارها و کیفیت کلی خدمات در پرواز جایگزین‌ها، در نهایت، ما اعتبار و امکان‌سنجی رویکرد پیشنهادی را با انجام یک مطالعه کاربردی در مورد عملکرد جامع کیفیت خدمات حین پرواز سه شرکت هواپیمایی در چین نشان دادند. [۱۴]

۳- روش تحقیق

در این بخش، روش تحقیق و نحوه اجرای تحقیق، جامعه آماری و ابزار جمع‌آوری اطلاعات و روش‌های تجزیه و تحلیل آن‌ها بیان می‌شود. روال کار مدل AHP با مشخص کردن عناصر و تصمیم‌گیری و اولویت دادن به آن‌ها آغاز می‌شود. این عناصر شامل شیوه‌های مختلف کار و اولویت دادن به ویژگی‌ها است. [۶]

۳-۱- روش پژوهش

در مجموع هر تحقیقی نخست به سبب طرح مسئله و یا ابهامی بیان می‌گردد که سوالات بی‌شماری را در ذهن پژوهشگر ایجاد می‌کند و سبب ظهور فرضیات می‌گردد. پژوهشگر با گردآوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، به ارزیابی و تحلیل آن‌ها می‌پردازد تا بتواند پاسخ آن‌ها را بدست آورد. از این‌رو گردآوری داده‌ها و نحوه‌ی ارزیابی و تحلیل آن‌ها از ارزش بالایی برخوردار است.



شناسایی علمی پیام‌ها و هدف‌های علم با روش‌شناسی درست صورت می‌گیرد. روش را می‌توان مجموعه دانشی از شیوه‌ها و تدابیر دانست که به‌صورت منظم و خردمندانه به شناسایی حقیقت یا واقعیت به جهت پیشگیری از لغزش‌ها و شکستن بت‌های دانش مطابق با روح علمی بکار می‌رود. از این‌رو با استفاده از این مجموعه قواعد می‌توان به بازیابی و پژوهش واقعیت‌ها به جهت پیدایش ناشناخته‌ها و حل دشواری‌ها پرداخت. از اصلی‌ترین بخش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان به تغییر موضوع یا مسئله مورد بررسی به ساختاری سلسله مراتبی اشاره نمود. در این پژوهش، عواملی که سبب ایجاد تفاوت در گزینه‌ها می‌شود، معیارها و زیر معیارها می‌باشد. ارزش هر مکان بر اساس معیارها ارزیابی می‌گردد. در روش AHP^۱ هر معیاری وزن مختص خود را دارد که باید توسط کاربر به شیوه‌های گوناگون اعمال گردد. همچنین می‌توان هر معیار را به چند قسمت کوچک‌تر تقسیم نمود و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه و وزن‌دهی کرد. ابتدا به جمع‌آوری اطلاعات پایه مرتبط با پروژه‌های انتقال و توزیع آب که در برگیرنده ویژگی‌های فنی باشد و همچنین، بر هزینه و زمان و کیفیت اجرای پروژه انتقال آب تأثیر گذار باشد، پرداخته خواهد شد. شاخص‌های مهم و مؤثر بر پروژه خط انتقال سد کرج وزن‌دهی و بررسی شده است. [۷]

۳-۲- نمونه و جامعه آماری

جامعه آماری شامل گروهی از افراد، حوادث و یا اشیاء و... از یک جامعه می‌باشد که دارای صفات مشترکی با یکدیگر هستند و آن جامعه را معرفی می‌کنند، که از این جامعه تعدادی را به‌عنوان نمونه آماری به صورت تصادفی انتخاب می‌کنیم. جامعه آماری تحقیق شامل کارکنان و پیمانکاران جزء پروژه خط انتقال آب سد کرج است. جامعه اطلاع دهنده شامل کارکنان دفتر فنی و کارشناسان پروژه می‌باشد. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از نظرات کارشناسان در بخش‌های مختلف پروژه استفاده شده است. برای تحقیق حاضر تعداد ۱۸۱ نفر به‌عنوان جامعه آماری تحقیق حاضر در نظر گرفته شده است.

۳-۳- گردآوری اطلاعات

در ابتدای هر پژوهش، محقق یافته‌های کتابخانه‌ای و میدانی خود را گردآوری کرده و با استفاده از روش استقرایی، در مرحله‌ی اول آن یافته‌ها را طبقه‌بندی و در مرحله‌ی بعد آن‌ها را تجزیه و تحلیل می‌کند. در آخر نیز فرضیه‌های خود را ارزیابی کرده که باعث صدور حکم نهایی می‌شود که با استناد بر آن می‌تواند پاسخ سؤالات خود را به دست آورد. [۸]

در مجموع در فاصله زمانی نزدیک به سه ماه فرصت مصاحبه با ۱۸۱ نفر از متخصصین فراهم شد، در جلسات مصاحبه پس از ارائه توضیحات در مورد موضوع و هدف تحقیق از آنان خواسته شد تا به سؤال زیر پاسخ دهند:

بهترین مسیر برای مدیریت بهینه پروژه خط انتقال آب سد کرج کدام است؟

لازم به یادآوری است که این مصاحبه به‌صورت نیمه ساخت‌یافته و نیمه هدایت‌شده انجام شده است. نتایج حاصل از انجام این مصاحبه‌ها جمع‌بندی شده، جواب‌های نزدیک به هم ادغام گردیده و خلاصه آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

۳-۴- نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش، از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) استفاده شده است. واژه AHP مخفف عبارت Analytical Hierarchy process به معنی فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. انتخاب سنج‌ها یا criterion بخش اول واکاوی AHP است. این روش یکی از روش‌های پرکاربرد برای رتبه‌بندی و تعیین اهمیت عوامل است که با استفاده از مقایسات زوجی گزینه‌ها به اولویت‌بندی هر یک از معیارها پرداخته می‌شود. هدف تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب بهترین گزینه بر اساس معیارهای مختلف از طریق مقایسه زوجی است.

^۱ Analytical Hierarchy Process





این تکنیک برای وزن‌دهی به معیارها نیز استفاده می‌شود. چون افزایش تعداد عناصر هر خوشه مقایسه زوجی را دشوار می‌کند بنابراین معمولاً معیارهای تصمیم‌گیری را به زیر معیارهایی تقسیم می‌کنند.

۴- معرفی مختصر نمونه موردی

موقعیت مکانی: سد امیرکبیر معروف به سد کرج، بر رودخانه کرج در مسیر جاده چالوس در استان البرز قرار دارد. این سد در ۲۵ کیلومتر جاده کرج- چالوس واقع شده است و دریاچه آن آب مصرفی ساکنان کرج و بخش‌هایی از تهران را تأمین می‌کند. سد کرج در بخش شمالی استان البرز و شهرستان کرج قرار دارد و میان کوهستان البرز شمالی واقع شده است. فاصله سد کرج تا تهران در حدود ۶۰ کیلومتر است.

تاریخچه: نخستین زمزمه‌های ساخت سد کرج در مسیر رودخانه کرج در سال ۱۳۲۸ آغاز شد. هدف از طراحی و ساخت این سازه، ایجاد سدی چندمنظوره برای بهره‌برداری در زمینه‌های مختلف در مسیر رودخانه کرج بود. کنترل سیلاب‌های بهاره، کاهش تلفات هنگام وقوع سیل، تأمین آب شرب تهران، آبیاری زمین‌های کشاورزی و باغ‌های کرج و تولید انرژی برق برای کاهش بار شبکه سراسری در ساعت‌های اوج مصرف، به‌عنوان دلایل اصلی لزوم احداث سد کرج مطرح شد.

شرکت‌های مهندسی عمران فرانسوی و آمریکایی از گزینه‌های مورد نظر برای انعقاد قرارداد ساخت سد کرج بودند؛ اما طراحی مهندسان آمریکایی به‌دلیل ارتفاع بیشتر ۱۰ متری در دیواره‌های بتنی این سد، مستلزم صرف ۱۰۰ میلیون تومان هزینه بیشتر نسبت به طراحی مهندسان فرانسوی بود. در نهایت ایران با شرکت فرانسوی قراردادی منعقد کرد و در سال ۱۳۳۶، کار ساخت سد کرج آغاز شد.

مراحل ساخت سد کرج چهار سال طول کشید و این سد در سال ۱۳۴۰ به بهره‌برداری رسید. در طرح نهایی سد کرج، مهندسان فرانسوی دیواری نازک‌تر از طرح مهندسان آمریکایی ارائه دادند؛ اما ارتفاع دیواره‌ها را چهار متر بیشتر کردند.

سد کرج در تاریخ سوم آبان سال ۱۳۴۰، در دوره پادشاهی پهلوی دوم افتتاح شد. این سد در زمان افتتاح، رتبه چهارم سدهای قوسی جهان را از نظر ارتفاع به دست آورد. ساخت دیواره‌های نازک بتنی با مقاومت بالا در بخش پایینی سد کرج، با کمک پیشرفته‌ترین تکنیک‌های روز امکان‌پذیر شد. ابزار و ماشین‌آلات مورد نیاز در این پروژه از طریق شرکت در مناقصه‌های جهانی و خرید از شرکت‌های ژاپنی و آمریکایی تأمین شدند و سیمان مورد استفاده در این سد نیز در کارخانه سیمان تهران تولید شد.

مشخصات سد کرج: سد کرج از دیواره‌های قوسی بلند بتنی ساخته شده است. طول تاج سد امیرکبیر ۳۹۰ متر و بلندای این سد از پی آن ۱۸۰ متر است. در طول سد کرج ۶ دریچه تخلیه آب وجود دارد که میزان آب پشت سد با استفاده از این دریچه‌ها کنترل می‌شود.

مساحت دریاچه سد کرج بیش از ۷۶۰ کیلومترمربع است و مقدار متوسط جریان آب این دریاچه به ۴۷۲ میلیون مترمکعب در سال می‌رسد. عرض سد کرج در نقطه اتصال به رودخانه در حدود ۳۰ متر است و ارتفاع این سد از رودخانه به حدود ۱۶۳ متر می‌رسد. دریچه‌های سد تنظیمی امیرکبیر با تجهیزات هیدرولیک کنترل می‌شوند.





شکل ۲- سد امیرکبیر کرج (منبع: www.kojaro.com)



شکل ۱- موقعیت مکانی سد کرج روی نقشه (منبع: fa.wikipedia.org)

۵- روش فرایند تحلیل سلسله مراتب فازی

برای بررسی مدیریت بهینه پروژه‌های عمرانی انتقال و توزیع آب از روش تحلیل سلسله مراتب فازی استفاده می‌شود. توجه به این نکته ضروری است که فرایند تحلیل سلسله مراتبی سنتی، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را به طور کامل ندارد. به بیان بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی با توضیحات زبانی و گاه مبهم انسانی، سازگاری بیشتری دارد، بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی به پیش‌بینی بلند مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت. در این تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی چانگ (۱۹۹۶) استفاده می‌شود. در تکنیک سلسله مراتب فازی، پس از ترسیم درخت سلسله مراتب تصمیم، باید به مقایسه زوجی عناصر پرداخت. در مرحله محاسبات، با استفاده از تعاریف و مفاهیم تحلیل سلسله مراتب فازی، ضرایب هر یک از ماتریس‌های مقایسه زوجی محاسبه می‌شود که برای هر یک از سطوح ماتریس مقایسه‌های زوجی، ارزش SK که خود یک عدد فازی مثلثی است، از رابطه ۱ به دست می‌آید. برای محاسبه هر یک از بخش‌های این رابطه‌های ۲ تا ۴ استفاده می‌شود.

$$S_k = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \left[\sum_{i=1}^m M_{ij} \right]^{-1}} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\sum_{j=1}^m M_{ij} = \left(\sum_{i=1}^m l_j, \sum_{i=1}^m m_j, \sum_{i=1}^m u_j \right) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} = \left(\sum_i l_i, \sum_i m_i, \sum_i u_i \right) \quad \text{رابطه ۳}$$

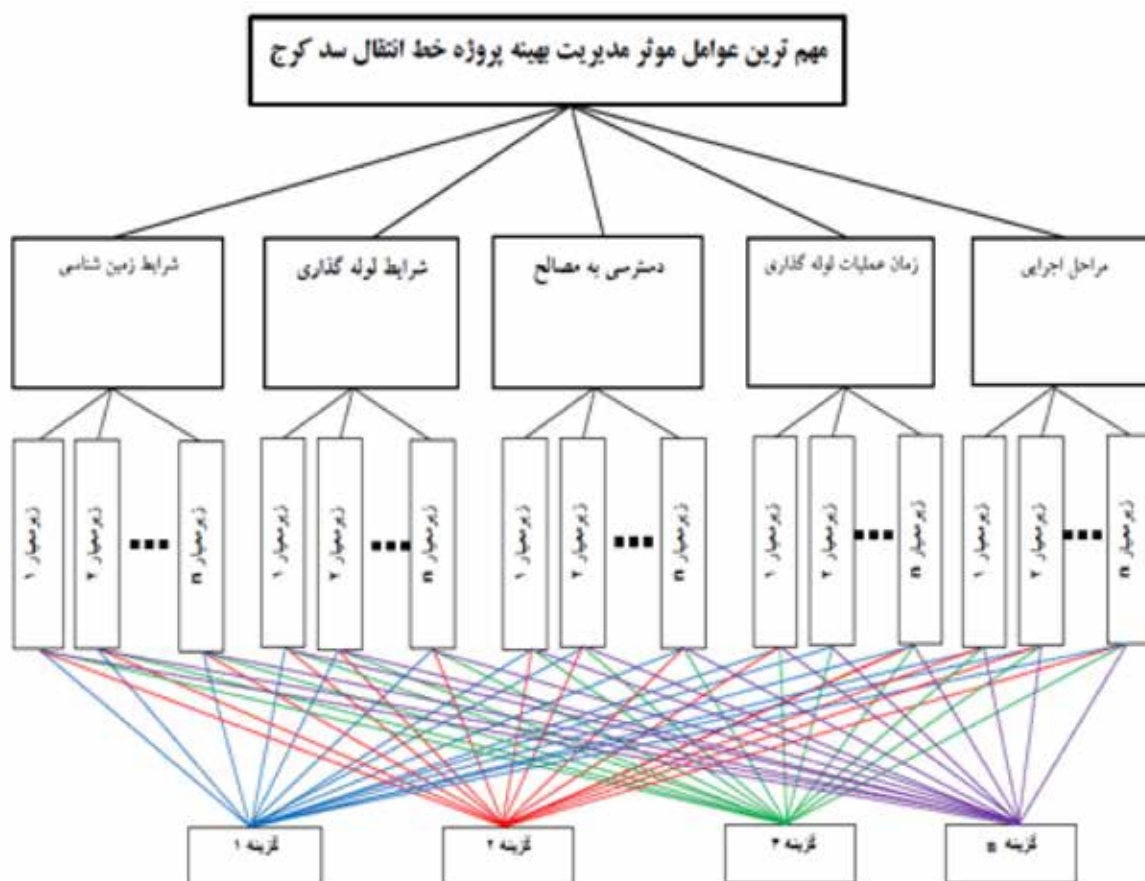
$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ki}^j \right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right] \quad \text{رابطه ۴}$$





پس از محاسبه تمام SK ها، در این مرحله باید، درجه‌ی بزرگی هر یک از عناصر سطوح را بر سایر عناصر آن سطح، به صورت جداگانه، محاسبه می‌کنیم.

۵-۱- ترسیم درخت سلسله مراتب فازی





۵-۲- اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل سلسله مراتبی فازی

برای انجام این پژوهش از طریق روش فرآیند سلسله مراتبی فازی با نگرش به ساختار سلسله مراتبی فازی می‌توان یافت که به ۲۳ سری پرسشنامه نیاز خواهیم داشت. جدول ذیل لیست کلیه پرسشنامه‌های مورد نیاز را تعیین کرده است.

جدول ۱- پرسشنامه‌های مورد نیاز

پرسشنامه	عنوان
۱	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به معیارهای اصلی (شرایط زمین‌شناسی منطقه، شرایط لوله‌گذاری، دسترسی به مواد و مصالح مورد نیاز پروژه، زمان پیشبرد عملیات لوله‌گذاری) نسبت به هدف (سطح صفر)
۲	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به زیر معیارهای زمین‌شناسی (C^1, C^2, C^3) نسبت به معیار اصلی آن (شرایط زمین‌شناسی)
۳	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به زیر معیارهای شرایط لوله‌گذاری (Q^1, Q^2) نسبت به معیار اصلی آن (شرایط لوله‌گذاری)
۴	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به زیر معیارهای دسترسی به مصالح (B^1, B^2, B^3, B^4, B^5) نسبت به معیار اصلی آن (دسترسی به مصالح)
۵	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به زیر معیارهای زمان پیشبرد عملیات لوله‌گذاری (L^1, L^2, L^3) نسبت به معیار اصلی آن (شرایط لوله‌گذاری)
۶	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به زیر معیارهای مراحل لوله‌گذاری (T^1, T^2, T^3, T^4, T^5) نسبت به معیار اصلی آن (دسترسی به مصالح)
۷	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (C^1)
۸	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (C^2)
۹	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (C^3)
۱۰	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (Q^1)
۱۱	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (Q^2)
۱۲	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (B^1)
۱۳	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (B^2)
۱۴	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (B^4)
۱۵	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (B^5)
۱۶	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (L^1)
۱۷	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (L^2)
۱۸	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (L^3)
۱۹	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (L^1)
۲۰	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (L^2)
۲۱	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (L^3)
۲۲	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (L^4)
۲۳	پرسشنامه مقایسه زوجی فازی مربوط به گزینه‌ها (A^1, A^2, A^3, A^4) نسبت به زیر معیار (L^5)

لازم به توضیح است که در جدول فوق پارامترهای A^1 ایمنی، A^2 زمان، A^3 هزینه، A^4 قابلیت اجرا می‌باشد. با توجه به پرسشنامه‌هایی که در اختیار افراد خبره قرار گرفت، از آن‌ها خواسته شد که با توجه به جدول ذیل به پرسشنامه‌ها پاسخ دهند.





جدول ۲- راهنمای پرسشنامه

کد	عبارات کلامی	عدد فازی	کد	عبارات کلامی	عدد فازی
۱	اهمیت برابر	(۱,۱,۱)	۶	اهمیت زیاد تا خیلی زیاد	(۵,۶,۷)
۲	اهمیت کم تا متوسط	(۱,۲,۳)	۷	اهمیت خیلی زیاد	(۶,۷,۸)
۳	اهمیت متوسط	(۲,۳,۴)	۸	اهمیت خیلی زیاد تا کاملاً زیاد	(۷,۸,۹)
۴	اهمیت متوسط تا زیاد	(۳,۴,۵)	۹	اهمیت کاملاً زیاد	(۸,۹,۱۰)
۵	اهمیت زیاد	(۴,۵,۶)			

بعد از جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه با توجه به فرمول‌های ۱ تا ۴ Sk ها را محاسبه کرده و سپس به محاسبه وزن هر کدام از پارامترها می‌پردازیم که در نهایت وزن نهایی پارامترهای اصلی در جدول ذیل آورده شده است.

جدول ۳- وزن نهایی ۵ شاخص اصلی

ردیف	شاخص‌های بیان شده	وزن محاسبه شده
۱	شاخص‌های شرایط زمین‌شناسی منطقه	۰.۱۹
۲	شاخص‌های شرایط لوله‌گذاری	۰.۵۸
۳	شاخص‌های دسترسی به مواد و مصالح مورد نیاز پروژه	۰.۱۹
۴	شاخص‌های به ملاحظات زمان پیشبرد عملیات لوله‌گذاری	۰.۰۳
۵	شاخص‌های مراحل اجرایی لوله‌گذاری	۰.۰۱

هم‌چنین وزن نهایی هر کدام از زیر معیارها را به دست آوردیم:

جدول ۴- برخی از حوزه‌های شناسایی شده مربوط به گروه شاخص‌های مربوط به ملاحظات و شرایط زمین‌شناسی منطقه

ردیف	زیر معیارهای شناسایی شده	وزن محاسبه شده
۱	وجود گسل در منطقه	۰.۱۹
۲	نشست بستر ترانشه	۰.۱۳
۳	برخورد به خاک رسی در مسیر	۰.۱۲
۴	بازندگی و رواناب منطقه	۰.۱۱
۵	توده سنگ ضعیف	۰.۰۸

جدول ۵- برخی از حوزه‌های شناسایی شده مربوط به گروه شاخص‌های مربوط به شرایط لوله‌گذاری

ردیف	زیر معیارهای شناسایی شده	وزن محاسبه شده
۱	ایمنی ماشین‌آلات و تجهیزات	۰.۱۵
۲	وضعیت لایه‌های خاک	۰.۰۴
۳	ریزش خاک داخل ترانشه	۰.۱۱
۴	حریق	۰.۰۶
۵	آب‌گرفتگی ترانشه	۰.۱۲





جدول ۶- برخی از حوزه‌های شناسایی شده مربوط به گروه شاخص‌های مربوط به دسترسی به مواد و مصالح مورد نیاز پروژه

ردیف	زیر معیارهای شناسایی شده	وزن محاسبه شده
۱	تأمین و خرید لوله	۰.۳۵
۲	تأمین تجهیزات تست	۰.۱۹
۳	کیفیت زیرسازی و تراکم خاک بستر	۰.۱۱
۴	راندمان ماشین‌آلات و دسترسی	۰.۱۱
۵	استفاده از خاک سرندی	۰.۱

جدول ۷- برخی از حوزه‌های شناسایی شده مربوط به گروه شاخص‌های مربوط به ملاحظات زمان پیشبرد عملیات لوله‌گذاری

ردیف	زیر معیارهای شناسایی شده	وزن محاسبه شده
۱	توقف طولانی مدت عملیات لوله‌گذاری	۰.۱۴
۲	پاک‌سازی مسیر از گیاهان و ریشه	۰.۱۴
۳	تنظیم شیب کف ترانشه	۰.۱۳
۴	بسترسازی و ریختن و متراکم کردن خاک بستر	۰.۱۴
۵	خاک‌ریزی بعد از لوله‌گذاری	۰.۱۳

جدول ۸- حوزه‌های شناسایی شده مربوط به گروه شاخص‌های مربوط به مراحل اجرایی لوله‌گذاری

ردیف	طبقه تخصیص یافته با شاخص بیان شده	وزن محاسبه شده
۱	تمیزکاری محدوده پروژه	۰.۲۴
۲	توان مورد نیاز برای حفر ترانشه در زمین‌های مختلف	۰.۲۸
۳	گمانه‌های شناسایی خاک مسیر	۰.۲۰
۴	نصب اتصالات و تست	۰.۲۸

۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در مطالعات کتابخانه‌ای این تحقیق علمی پژوهشی به‌منظور ارائه مدل جهت بهینه‌سازی مدیریت پروژه‌های انتقال آب خط انتقال سد کرج به منابع داخلی و خارجی مراجعه گردید.

پس از آن، جهت تعیین ویژگی‌های یک مدل، مصاحبه‌ای با ۱۸۱ نفر از کارشناسان فنی شاغل در پروژه صورت گرفت و در مجموع ۵ معیار اصلی که هر یک شامل زیر معیارهایی بودند، شناسایی گردید. با توجه به فراوانی تکرار شاخص‌ها و همچنین تعداد سؤالات پرسیده شده در خصوص هر معیار وزنی به آن تخصیص داده شد و پس از تعیین سازگاری شاخص‌ها، از طریق میانگین حسابی نرمالیزه گردید. جهت اعتبارسنجی مدل پرسشنامه‌ای طراحی و در اختیار جامعه آماری تحقیق قرار داده شد تا اهمیت هر یک از معیارها و زیر معیارهای شناسایی شده را تعیین نمایند. نتایج پایان‌نامه حاضر عبارت‌اند از:

- نتایج نشان می‌دهد که ۵ عامل شاخص‌های شرایط زمین‌شناسی منطقه، شاخص‌های شرایط لوله‌گذاری، شاخص‌های دسترسی به مواد و مصالح مورد نیاز پروژه، شاخص‌های به ملاحظات زمان پیشبرد عملیات لوله‌گذاری و شاخص‌های به مراحل اجرایی لوله‌گذاری





- در میان حوزه‌های شناسایی شده مربوط به گروه شاخص‌های مربوط به ملاحظات و شرایط زمین‌شناسی منطقه وجود گسل در منطقه با وزن محاسبه شده ۰.۱۹ و نشست بستر ترانشه با وزن محاسبه شده ۰.۱۳ و برخورد به خاک رسی در مسیر با وزن محاسبه شده ۰.۱۲ مهم‌ترین عوامل مؤثر انتخاب شدند.
- شاخص‌های مربوط به شرایط لوله‌گذاری آب‌گرفتگی ترانشه با وزن محاسبه شده ۰.۱۲ و ایمنی ماشین‌آلات و تجهیزات با وزن محاسبه شده ۰.۱۵ و ریزش خاک داخل ترانشه با وزن محاسبه شده ۰.۱۱ مهم‌ترین عوامل مؤثر انتخاب شدند.
- شاخص‌های مربوط به دسترسی به مواد و مصالح مورد نیاز پروژه تأمین و خرید لوله با وزن محاسبه شده ۰.۳۵ و تأمین تجهیزات تست و بازرسی خط لوله با وزن محاسبه شده ۰.۱۹ و راندمان ماشین‌آلات با وزن محاسبه شده برابر ۰.۱۱ و دسترسی آسان به تجهیزات جانبی با وزن ۰.۱۱ مهم‌ترین عوامل مؤثر انتخاب شدند.
- در بخش شاخص‌های مربوط به ملاحظات زمان پیشبرد عملیات لوله‌گذاری، توقف طولانی مدت عملیات لوله‌گذاری و بسترسازی و ریختن و متراکم کردن خاک بستر با وزن محاسبه شده ۰.۱۴ و تنظیم شیب کف ترانشه و خاک‌ریزی بعد از لوله‌گذاری با وزن ۰.۱۳ پارامترهای اصلی و مؤثر این بخش انتخاب شدند.
- در بخش شاخص‌های گروه شاخص‌های مربوط به مراحل اجرایی لوله‌گذاری توان مورد نیاز برای حفر ترانشه در زمین‌های مختلف با وزن ۰.۲۸ و نصب اتصالات و تست با وزن ۰.۲۸ و تمیزکاری محدوده پروژه با وزن محاسبه شده ۰.۲۴ مهم‌ترین عوامل این بخش انتخاب شدند.
- نتایج حاصل از اعتبارسنجی معیارهای اصلی نشان داد از میان ۵ معیار اصلی مورد بررسی، شاخص‌های مربوط به شرایط لوله‌گذاری با وزن شاخص ۰.۵۸ مهم‌ترین شاخص است. بعد از آن شاخص‌های مربوط به ملاحظات و شرایط زمین‌شناسی منطقه و شاخص‌های مربوط به دسترسی به مواد و مصالح مورد نیاز پروژه هر کدام با مقدار وزن ۰.۱۹ عوامل مهم در تعیین مسیر پروژه خط انتقال سد کرج به دست آمدند.

۸- پیشنهادات

- استفاده از منابع متریکال در دسترس‌تر برای مدیریت بهتر پروژه خط انتقال.
- بررسی روش تحقیق حاضر برای مکان‌یابی سدهای خاکی و بتنی.
- استفاده از روش PMBOK برای شناسایی ریسک‌های موجود در این پروژه در آینده.
- استفاده از روش این تحقیق در ارائه مدل پروژه‌های ریلی و جاده‌ای در سطح کشور در پژوهش‌های آتی.
- بررسی انتخاب بهینه در پروژه‌های خط انتقال نفت و گاز و مقایسه با نتایج تحقیق حاضر.
- توصیه می‌شود با توجه به پویایی سریع تحولات نرم‌افزاری و فناوری، این تحقیق در دوره‌های آتی تکرار و نتایج مقایسه شود.

۹- منابع و مآخذ

۹-۱- فارسی

- [۱] تیموری یگانه، "مروری بر طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در جهان و تأثیر آن بر عوامل محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی" (۱۴۰۱)
- [۲] مهدیه حیدری، یاسر رضایی خدادادی "بررسی عوامل مؤثر در کاهش تأخیرات پروژه‌های عمرانی (مطالعه موردی: پروژه خط انتقال آب)". چهارمین کنفرانس بین‌المللی و پنجمین کنفرانس ملی عمران، معماری، هنر و طراحی شهری (۱۴۰۱)
- [۳] رسول قبادیان، سارا حشمتی، سید احسان فاطمی "توسعه مدل طراحی بهینه خط انتقال آب (مطالعه موردی: خط انتقال سد خارج از بستر بیستون)". فصلنامه تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، دوره: ۲۱، شماره: ۸۱، (۱۳۹۹).
- [۴] طباطبایی، رامین و محمدقاسمی، مهدی و حیدری، علی و سالخورده حقیقی، "شناسایی و اولویت‌بندی عوامل تأخیر در پروژه خط انتقال آب



- [5] فرزادی، مبین و بهبهانی، محمود رضا و پورحسن زارع، محمد علی و نیک سخن، محمدحسین، "متدولوژی ارزیابی ریسک سیلاب در پایین دست سدها با استفاده از منحنی های عمق آب- خسارت"، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، (۱۳۹۷)
- [6] ساعتی؛ توماس، ال، "تصمیم سازی برای مدیران"، ترجمه علی اصغر توفیق، تهران، انتشارات سازمان مدیریت صنعت، (۱۳۷۸).
- [7] قدسی پور، سید حسن "فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP"، تهران: دانشگاه صنعتی امیر کبیر، (۱۳۸۹)
- [8] حافظنیا، محمدرضا. "مقدمه ای بر روش تحقیق در علوم انسانی"، (۱۳۹۶).

۹-۲- انگلیسی

- [9] Allan T. IWRM/IWRAM "a new sanctioned discours Occasional" Paper ۵۰. (۲۰۰۳).
- [10] Shumilova O. "a potential solution for the water-food energy nexus Front Environ" Sci, ۶:۱۵۰ (۲۰۱۸).
- [11] Rahman, H. U., Raza, M., Afsar, P., Alharbi, A., Ahmad, S., & Alyami, H. "Multi-criteria decision making model for application maintenance offshoring using analytic hierarchy process". Applied Sciences, ۱۱(۱۸), ۸۵۵۰. (۲۰۲۱).
- [12] Natarajan, N., Vasudevan, M., Dineshkumar, S. K., & Anuja, R. "Comparison of analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy analytic hierarchy process (f-AHP) for the sustainability assessment of a water supply project". Journal of The Institution of Engineers (India): Series A, ۱۰۳(۴), ۱۰۲۹-۱۰۳۹. (۲۰۲۲).
- [13] Almasifar, N., Canbolat, T. Ö., Akhavan, M., & González-Lezcano, R. A. "Proposing a new methodology for monument conservation "SCOPE MANAGEMENT" by the use of an analytic hierarchy process project management institute system and the ICOMOS Burra Charter". Sustainability, ۱۳(۲۳), ۱۳۱۷۴. (۲۰۲۱).
- [14] Li, W., Yu, S., Pei, H., Zhao, C., & Tian, B. "A hybrid approach based on fuzzy AHP and ۲-tuple fuzzy linguistic method for evaluation in-flight service quality". Journal of Air Transport Management, ۶۰, ۴۹-۶۴. (۲۰۱۷).







ترسیم نقشه دانش تولیدات علمی دنیا در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی در پایگاه وب‌آف ساینس ۲۰۲۳ - ۱۹۵۸

فرشید فرخی زاده^{۱*}

استادیار، گروه علمی مهندسی نت و بهینه سازی انرژی، دانشکده علوم و مهندسی دفاعی، دانشگاه افسری و تربیت پاسداری امام حسین (ع)، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۰۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵

چکیده

زمینه و هدف: با شدت گرفتن تغییرات در جهان و همچنین نیاز به حداکثر رسانی بهره‌وری در تمامی منابع سازمان‌ها، مدیریت دارایی‌های فیزیکی یکی از اصلی‌ترین فعالیت‌ها و راهبردهای سازمان‌های صنعتی و خدمات زیر بنایی را شکل داده است. در بسیاری از صنایع، از جمله ابنیه، ناوگان حمل‌ونقل، شبکه‌های زیرساختی و تجهیزات تولیدی، دارایی فیزیکی نقش اصلی را در ارزش‌آفرینی دارد. به اصطلاح به این سازمان‌ها دارایی‌محور گفته می‌شود. در این سازمان‌ها در عمل مدیریت یکپارچه و سیستماتیک این دارایی‌ها به مهم‌ترین فعالیت سازمان تبدیل می‌شود. از این رو مدیریت دارایی‌های فیزیکی به یک فعالیت حیاتی تبدیل گشته و نیاز به توجه ویژه را می‌طلبد. به‌این‌ترتیب، هدف پژوهش حاضر تحلیل کتاب‌سنجی تولیدات علمی منتشر شده در پایگاه علمی وب‌آف ساینس در موضوع مدیریت دارایی‌های فیزیکی از سال ۱۹۵۸ - ۲۰۲۳ و مصورسازی نقشه علمی آن‌ها می‌باشد.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر از لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی و به لحاظ هدف کاربردی و از نوع مرور نظام‌مند مستندات علمی می‌باشد که تعداد ۱۸۷۶ منبع با موضوع مدیریت دارایی‌های فیزیکی از پایگاه علمی وب‌آف ساینس به‌صورت جستجو در عنوان مقاله، چکیده و واژگان کلیدی، استخراج گردید.

یافته‌ها: بررسی و تحلیل داده‌ها توسط امکانات این پایگاه و همچنین نرم‌افزار VOSviewer که یک نرم‌افزار تحلیل شبکه اجتماعی است صورت گرفت تا روند محصولات پژوهشی، نقشه دانشی، شبکه مفهومی، شبکه هم‌واژگانی پژوهش‌های انجام شده با موضوع مدیریت دارایی‌های فیزیکی احصاء، طراحی و مصورسازی شود.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاکی از این است که پژوهشگران دنیا تقریباً از هفت دهه گذشته نسبت به بررسی و ارائه دستاوردهای علمی مرتبط با حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی اقداماتی را انجام داده‌اند اما به‌صورت جدی روند تولیدات علمی از سال ۲۰۰۴ میلادی توسعه‌ای و صعودی بوده و از سال ۲۰۱۸ میلادی این رشد چشم‌گیر و نمایان‌تر می‌باشد در حال حاضر هم یکی از موضوعات جذاب و کاربردی برای پژوهشگران، موسسات و مراکز علمی در دنیا محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت دارایی‌های فیزیکی، کتاب‌سنجی، هم‌واژگانی، ساختار فکری دانش، تحلیل شبکه.

^۱ پست الکترونیک نویسنده مسئول: F.Farokhi@ihuo.ac.ir





۱- مقدمه و بیان مسئله

در تمامی جهان و از جمله ایران، سازمان‌ها تحت فشار روزافزونی برای افزایش بهره‌وری خود هستند. ریسک‌ها و فرصت‌های متنوعی هر روز ظهور می‌کنند و الزامات مدیریت سازمان متناسب این ریسک‌ها و فرصت‌ها در حال تغییر است. مجموعه این عوامل سازمان‌ها را با انواع مختلفی از چالش‌ها رو در رو می‌کند. از جمله این چالش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش تقاضا و متغیر بودن انتظارات مشتریان و سهام‌داران،
- افزایش سطح استانداردها و الزامات در حوزه‌های ایمنی و محیط‌زیست،
- تغییرات فناوری و نیاز به تغییر مداوم برای همگام بودن با تغییرات،
- کمبود در نیروی انسانی متخصص و پویا،
- لزوم آموزش و به‌روزرسانی مداوم توانمندی‌های فنی و سیستمی کارکنان،
- جهانی شدن هرچه بیشتر کسب‌وکارها و تاثیرپذیری صنایع از مناسبات بین‌المللی.

به صورت ویژه برای سازمان‌های دارایی‌محور، مدیریت پویا و بهینه این چالش‌ها از اثرات سازمان‌دهی یک ساختار مدیریت متعالی در خصوص دارایی‌های فیزیکی است.

می‌توان ادعا داشت که قدمت مدیریت دارایی‌های فیزیکی شاید به قدمت تمدن بشر بر می‌گردد. از زمانی که انسان موفق به ساخت و استفاده از ابزار در تولید کشاورزی، حتی پیش از آن در دوران شکارگری، شده است، صیانت از این دارایی‌ها و ارتقای کیفیت و کارایی آن‌ها از مهم‌ترین دغدغه‌های بشر بوده است. اما پس از عصر انقلاب صنعتی و با شتاب‌گیری روند صنعتی شدن، توجه به اهمیت مدیریت بهره‌ور تجهیزات روز افزون بوده است. موضوع نگهداشت نظام‌مند تجهیزات و حفظ کارایی آن‌ها در تولید، با شروع عصر اتوماسیون و ورود ربات‌ها به صنعت در دهه ۱۹۷۰ جلوه دیگر یافت و واحدهای مستقل نگهداشت در سازمان‌های صنعتی ایجاد گشت. کم‌کم در سازمان‌های بلوغ یافته توجه به دیگر مراحل چرخه عمر دارایی از جمله برنامه‌ریزی و مهندسی و ایجاد نگاه یکپارچه و کل‌نگر برای تولید بیش‌ترین ارزش از دارایی‌ها ضروری دیده شد. مدیریت دارایی‌های فیزیکی حاصل توجه مدیران صنایع به این موضوع و تکامل دانش و تجربه در این زمینه است. آنچه در دهه هفتاد میلادی با عنوان زحمت اجباری^۱ و در سطح کارگاه‌های تعمیرات صنایع شناخته می‌شد، امروزه، با جاری شدن نگاه نظام‌مند به کل چرخه عمر، به یکی از پیش‌نیازهای اصلی در تدوین برنامه‌های راهبردی سازمان تبدیل شده است [۱۲].

فعالیت‌های حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی به دلیل تنوع و پراکنده بودن آن‌ها در سازمان‌های مختلف به روش‌های مختلفی تعبیر می‌شود. اما نیاز است که به صورت مشخص دامنه مدیریت دارایی‌های فیزیکی در سازمان‌های دارایی‌محور مشخص شود. به صورت کلی می‌توان دو بعد اصلی را برای مدیریت دارایی‌های فیزیکی مشخص کرد و بر اساس آن فعالیت‌های منظم و یکپارچه را تعریف کرد. این ابعاد اصلی عبارتند از: سطوح کسب‌وکار^۲ و فعالیت‌های چرخه عمر.

^۱. Necessary Evil

^۲. Business Levels



شکل ۱- دامنه و سطوح مختلف مدیریت دارایی های فیزیکی

۲- مبانی نظری پژوهش

۲-۱- مدیریت دارایی های فیزیکی

در اولین تعریف رسمی ارائه شده، مدیریت دارایی های فیزیکی به صورت "مجموعه شیوه ها و فعالیت هایی منظم و هماهنگ که سازمان از طریق آن دارایی ها و نیز هزینه ها و ریسک ها و عملکرد آن ها را در طی چرخه عمر دارایی ها، با هدف تحقق برنامه استراتژیک سازمانی، به طور بهینه و پایدار مدیریت می کند" تعریف شد. پس از آن در استاندارد ایزو ۵۵۰۰۰ مدیریت دارایی های فیزیکی با عبارت "مجموعه اقدامات هم راستا و هماهنگ سازمان در ارزش آفرینی از دارایی ها" شرح داده شد. در هر دو تعریف مدیریت دارایی های فیزیکی به اقداماتی هم راستا برای بهینه سازی ارزش ها (سطح مطلوب ریسک، هزینه ها و عملکرد دارایی ها) بر اساس اهداف سازمانی (رضایت ذینفعان، برآورد انتظارات مالی، توجه به اصول توسعه پایدار) تاکید شده است. به صورت خلاصه، برای رسیدن به اهداف و چشم انداز سازمان، مدیریت دارایی های فیزیکی مجموعه تصمیمات، برنامه ها و فعالیت های یکپارچه در سطوح مختلف سازمان و در طول چرخه عمر یک دارایی فیزیکی است [۹].

۲-۲- نقشه دانش، علم سنجی

نقشه یا شبکه دانش یکی از راهکارهای نوین مدیریت دانش محسوب می شود که منطبق ایجاد آن، ایجاد اثرات هم افزایی از طریق ترکیب مؤثر منابع انسانی، خبره و پایگاه های دانش شرکت های هم پیمان است. در نتیجه انتظار می رود پایگاه های دانش شرکت های مرتبط گسترش یابد زیرا شرکت ها به طور هم زمان بهترین راهکارها را مبادله نموده و قابلیت های مبتنی بر دانش جدید ایجاد خواهند نمود که در نهایت موجب تسهیل در امور روزمره کاری خواهد شد [۱۱].

بر اساس تعاریف موجود در منابع علمی معتبر، نقشه های دانشی ابزار ایجاد ارتباط بین خبرگان و متخصصان به منظور تبادل دانش برای دستیابی به اهداف مدنظر می باشند.

نقشه هر یک از حوزه های دانش، حدود مرز آن حوزه را تعیین می نماید. از نقشه های دانشی، علاوه بر تعیین اجزای آن، برای تعیین جایگاه آن حوزه دانشی نسبت به سایر حوزه ها نیز استفاده می شود و همچنین مجموعه هایی از موجودیت ها و روابط بین آن ها به تصویر درمی آید و هدف ارائه نمایی از ساختار متون علمی در یک حوزه دانشی مدنظر است [۱۸].

با گذشت زمان علم سنجی به عنوان ابزاری مهم برای ارزیابی فعالیت های پژوهشی و برون داده های علمی جایگاه مطلوبی به دست آورده است [۵] و در مسیر تبدیل شدن به یک ابزار قدرتمند در سیاست علم می باشد [۱۰]. امروزه علم سنجی در توصیف، تبیین و پیش بینی وضعیت علمی پژوهشگران، گروه های علمی، دانشگاه ها، سازمان ها و کشورها در عرصه های مختلف ملی و بین المللی کاربرد فراوانی دارد. همچنین در ارزیابی و رتبه بندی مراکز پژوهشی و دانشگاهی نیز شاخص های علم سنجی مورد استفاده قرار می گیرند [۱۵]. علاوه بر این علم سنجی از طریق ارزیابی اولویت ها،





چشم‌اندازها و ظرفیت‌ها، در تخصیص اعتبار، توازن بودجه با هزینه و ارتقاء مؤسسات دارای نقش مهم و اساسی می‌باشد [۱۰] حتی در موضوعات سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی هم می‌تواند به تصمیم‌گیران و مدیران کلان یاری برساند.

۳-۲- کتاب‌سنجی (بیبلیومتریک)

واژه بیبلیومتریک^۱ یا کتاب‌سنجی، از ترکیب دو واژه «بیبلیو» و «متریک» به معنی کتاب و سنجش به‌وجود آمده است. بیبلیومتریک، سنجش و ارزیابی است که جنبه‌های کمی به هم پیوسته ارتباطات نوشتاری را ارزیابی می‌کند. داده‌هایی که بر اساس روش بیبلیومتریک اندازه‌گیری می‌شوند، فرایند قابل‌تغییری هستند که در روند انتقال اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

توسعه و رشد بیبلیومتریک به عنوان یک علم، بسیار چشم‌گیر است. گرچه مواد مضبوط این علم، رشد یکنواختی داشته ولی به حوزه پژوهشی بارزی تبدیل شده است. از آنجا که بررسی‌های بیبلیومتریک، مرزی گسترده‌تر در علوم اجتماعی و فیزیک دارد، روش‌ها و شیوه‌هایش دارای کاربردی وسیع در بررسی‌های جامعه‌شناسی علوم، مدیریت اطلاعات کتابداری، تاریخ علم و نیز شاخه‌های مختلف علوم اجتماعی است. از جمله کاربردهای بیبلیومتریک می‌توان به «تشخیص مسیرهای تحقیق و رشد دانش در زمینه‌های گوناگون علمی»، «تخمین میزان جامعیت نشریات ادواری تخصصی»، «اندازه‌گیری میزان مقید بودن خدمات موضعی و اطلاعات گزینشی گذشته‌نگر» و «نظم بخشیدن به جریان اطلاعات و ارتباطات به داخل نظام» اشاره کرد [۱۶].

بیبلیومتریک یک نوع دسته‌بندی کمی و تعدادی یک مطلب است که می‌تواند بر اساس مقالات، نویسندگان و مجلات دسته‌بندی شده باشد. هدف اصلی از بیبلیومتریک ارزیابی علمی متون ادبی و علمی است. ساده‌ترین روش برای شروع یک مطالعه بیبلیومتریک، تجزیه و تحلیل توصیفی که ویژگی‌های اصلی آن مورد را شامل می‌شود، است که یک اطلاعات سریع و حتی تصویری از آن موضوع را ارائه می‌دهد.

۳- پیشینه پژوهش

در این بخش با مرور نظام‌مند پیشینه تجربی داخلی و خارجی مرتبط با موضوع پژوهش در قالب جدول شماره ۱ محقق به این نتیجه دست یافت، مطالعاتی که شبکه دانشی از پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی را با رویکرد کتاب‌سنجی (بیبلیومتریک) و مرور نظام‌مند پیشینه انجام داده باشد یا حداقلی است و یا اینکه وجود ندارد؛ بنابراین، این پژوهش به دنبال این موضوع است تا با بررسی نظام‌مند و رویکرد بیبلیومتریک چشم‌اندازی کمی و عینی را در جهت طراحی و مصورسازی شبکه دانشی مطالعات صورت گرفته در این حوزه ایجاد و جدیدترین روند را جهت انجام بهتر مطالعات آینده به‌وجود آورد.

^۱. Bibliometric



جدول ۱- مرور پیشینه پژوهش

ردیف	نویسندگان (سال پژوهش) / نویسنده	عنوان پژوهش	روش‌شناسی پژوهش	مهم‌ترین یافته‌ها و نتایج مرتبط با پژوهش
۱	صفری و گودینی (۱۴۰۲)	ارائه چارچوب مدیریت نیروی فروش در فروشگاه‌های زنجیره‌ای رفاه با بهره‌گیری از روش بیبلیومتریک و تحلیل مضمون	روش پژوهش استفاده ترکیبی از روش‌های بیبلیومتریک و تحلیل مضمون می‌باشد.	نتایج پژوهش در قالب ۱۲۵ کد (مضمون پایه)، ۳۷ مضمون فرعی در قالب ۶ سازه‌ی اصلی شامل «برنامه‌ریزی سازمانی»، «طرح‌ریزی برنامه‌های مالی»، «بهبودی اجتماعی کارکنان فروش»، «عارضه‌یابی نیروی فروش»، «کنترل فرایندهای فروش» و «تصحیح انحرافات» شکل‌دهی شدند و در پایان الگوی جامع مدیریت نیروی فروش در فروشگاه‌های زنجیره‌ای رفاه ترسیم گردید.
۲	جعفری غیاثی (۱۴۰۱) / فرخی زاده و	بررسی و تحلیل تأثیر آموزش نگهداری و تعمیرات بر کاهش هزینه‌های جاری یک سازمان دفاعی	روش اجرای پژوهش کمی و از نوع کاربردی با استفاده از روش سرشماری و ابزار پرسشنامه است.	نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که چهار استراتژی در نگهداری و تعمیرات ارائه شده است که هرکدام مزایا و معایب خاص خود را دارند.
۳	طالاری و خوشرو (۱۴۰۱)	تجزیه و تحلیل روند جهانی پژوهش‌های نسل چهارم بازاریابی: یک رویکرد آمیخته	پژوهش حاضر برای رسیدن به هدف از روش آمیخته (کمی-کیفی) استفاده کرده است.	بر اساس یافته‌های بخش اول پژوهش، روند زمانی بر سه دوره بازاریابی رسانه‌های اجتماعی، بازاریابی دیجیتال و بازاریابی مبتنی بر هوش مصنوعی اشاره دارد. در بخش دوم نیز کاربردهای هوش مصنوعی در بازاریابی در نه مفهوم مکان، قیمت، ترویج، محصول، کارکنان، خدمت، فروش، مشتری و تصمیم‌گیری شناسایی و دسته‌بندی شده‌اند.
۴	فرخی زاده (۱۴۰۱)	کاربرد هوش مصنوعی در افزایش بهره‌وری نگهداری و تعمیرات	پژوهش حاضر برای رسیدن به هدف از روش ترکیبی (کمی-کیفی) استفاده کرده است.	نتایج پژوهش حاکی از آن است که با بررسی و تحلیل عوامل موثر در این سطح از تکنولوژی، پیوندی میان هوش مصنوعی و افزایش بهره‌وری نگهداشت به وجود آورده و در راستای مکانیزه‌سازی این شکل از طرح‌های زیربنایی، روش اجرایی متفاوتی نسبت به ساختار سنتی این حوزه تدوین شود.





ردیف	نویسندگان (سال پژوهش)	عنوان پژوهش	روش‌شناسی پژوهش	مهم‌ترین یافته‌ها و نتایج مرتبط با پژوهش
۵	مقدسی و همکاران (۱۳۹۸)	شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات با رویکرد مدیریت دارایی فیزیکی در صنایع دفاعی	روش این پژوهش مصاحبه با خبرگان و تحلیل ساختاری تفسیری است.	نتایج تحقیق حاکی از آن است که در صنایع دفاعی در بین متغیرهای شناسایی شده، فرایند اسقاط کردن و استاندارد دانش تجهیزات دارای قدرت نفوذ بالا و میزان وابستگی پایین هستند.
۶	واحدی و همکاران (۱۳۹۶)	ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات پیشرفته با رویکرد مدیریت دارایی فیزیکی (مورد مطالعه: مجتمع نفت و گاز پارس جنوبی ایران)	در این تحقیق، از روش ترکیبی سیستم ارزیابی کارت امتیازی متوازن و مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شده است.	نتایج تحقیق نشان می‌دهد، فرایندهای داخلی و مالی با اوزان برابر ۲۹٪، محیط سازمان با وزن ۱۸٪، یادگیری با وزن ۱۷٪، ذینفعان سازمان با وزن ۵٪ و رضایت مندی با وزن ۲٪ به ترتیب میزان عملکرد سیستم مدیریت دارایی فیزیکی در سازمان است.
۷	راپوسو ^۱ و همکاران (۲۰۲۳)	مدیریت اقتصادی دارایی‌های فیزیکی: مورد عملی یک شرکت حمل‌ونقل مسافر شهری در پرتغال	روش‌شناسی که در این مطالعه به کار گرفته شده است، پژوهشی توصیفی مبتنی بر تحلیل اسنادی بر روی مطالعات قبلی و تحلیل ساختاری است.	یافته‌های کلی این مطالعه نشان می‌دهد که می‌توان نتیجه گرفت که مدیریت اقتصادی دارایی‌های فیزیکی بر اساس شاخص‌های مربوطه، از جمله هزینه‌های مرتبط با تحصیل، نگهداری و بهره‌برداری جهت‌گیری می‌شود.

۴- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع توصیفی - تحلیلی می‌باشد و به لحاظ ماهیت کمی و از نظر هدف کاربردی می‌باشد که از طریق روش علم‌سنجی و تحلیل شبکه‌های اجتماعی (بیبلیومتریک) انجام شد و با بررسی نتایج اصلی آن، موضوعات و مرزهای یک حوزه پژوهشی، با دقت در سوابق و پیوندهای استنادی جمع‌آوری شده و تحت یک چارچوب علمی سنجش شد. جامعه پژوهش را کلیه تولیدات علمی پژوهشگران دنیا که در پایگاه علمی وب‌آف ساینس^۲ در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی نمایه شده‌اند تشکیل داده است. جهت بازاریابی دقیق رکوردهای مدنظر در این پژوهش، بررسی در بخش جست‌وجوی اسناد پایگاه مدنظر و در تاریخ دهم آگوست سال ۲۰۲۳، با محدودیت زمانی ۲۰۲۳-۱۹۵۸ صورت پذیرفت.

فرمول جست‌وجو: Physical AND Assets AND Management

میدان انتشار: Topic

بارگیری و ذخیره اطلاعات رکوردهای بازاریابی شده به صورت فیل با فرمت txt انجام شد. با توجه به هدف اصلی پژوهش تجزیه و تحلیل کتاب‌شناختی متون بازاریابی شده، به منظور استخراج انواع آن، برترین/گرم‌ترین یافته‌ها، پژوهشگران و کشورها از ویژگی‌های موجود در پایگاه اسکوپوس استفاده و پالایش و تحلیل لازم صورت پذیرفت. جهت خوشه‌سازی، مصورسازی و بررسی فراوانی واژگان، ترسیم شبکه‌های دانشی هم تألیفی،

^۱. Raposo

^۲. Web of Science



تحلیل استنادی و ... اطلاعات لازم از پایگاه علمی مورد مطالعه اخذ و سپس توسط نرم افزار کاربری وی آس ویور^۱ نسخه ۱۶.۱۹ تحلیل لازم صورت پذیرفت [۷].

روش بیبلیومتریک دو بخش اساسی و مهم دارد: ۱. تجزیه و تحلیل عملکرد^۲ و ۲. ترسیم نقشه های دانش^۳. در بخش تحلیل عملکرد به بررسی فعالیت نویسندگان، کشورها، مراکز علمی و دانشگاه ها و سهم هر کدام در پیشبرد حوزه علمی مدنظر پرداخته می شود. جهت تشخیص ساختار فکری یک حوزه و بررسی روندهای زمانی و موضوعات روز در هر دوره، از نقشه های دانشی استفاده می شود [۶]. با توجه به دلایل زیر در پژوهش حاضر از روش کتاب سنجی (بیبلیومتریک) استفاده شده است:

۱. بررسی و تحلیل ادبیات مدیریت دارایی های فیزیکی،
۲. ترسیم حوزه علمی و ساختاری، به همراه تحلیل شبکه مطالعات پیشین.

۵- یافته های پژوهش

جدول شماره ۲ تعداد ده کشور برتر با بیشترین استناد را نشان می دهد که کشور ایالات متحده آمریکا با تعداد ۴۰۹ سند علمی در حوزه مدیریت دارایی های فیزیکی و همچنین تعداد ۱۱۱۹۰ مورد استناد در رتبه اول قرار دارد.

جدول ۲- کشورهای پراستناد در حوزه مدیریت دارایی های فیزیکی

کشور	تعداد سند	فراوانی استنادها
ایالات متحده	۴۰۹	۱۱۱۹۰
انگلستان	۱۹۹	۴۰۶۱
چین	۱۵۷	۱۹۷۱
کانادا	۱۰۴	۲۲۶۶
استرالیا	۱۲۲	۲۳۳۳
آلمان	۷۶	۹۳۰
هلند	۷۰	۸۳۳
ایتالیا	۱۳۰	۱۶۰۹
فرانسه	۵۴	۱۱۱۴
اسپانیا	۶۷	۹۰۴

جدول شماره ۳ پنج نویسنده / تیم نویسندگان مولد با بیشترین استناد را نشان می دهد که رودا با ده اثر بیشترین استناد (۶۱ مورد) در حوزه مدیریت دارایی های فیزیکی را دارا می باشد ولی ولوک با بیشترین آثار در این حوزه (۱۲ مورد) از نظر فراوانی استناد در رتبه پنجم با ۴۶ مورد استناد قرار دارند.

^۱. VOS Viewer
^۲. Performance Analysis
^۳. Science Mapping





جدول ۳- نویسندگان پراستناد در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی

نویسنده / نویسندگان	تعداد آثار	فراوانی استنادها
Roda, Irene	۱۰	۶۱
Macchi, Marco	۸	۴۲
Duran, Orlando	۸	۵۸
Maletic, Damjan	۸	۶۶
Vlok, P.j.	۱۲	۴۶

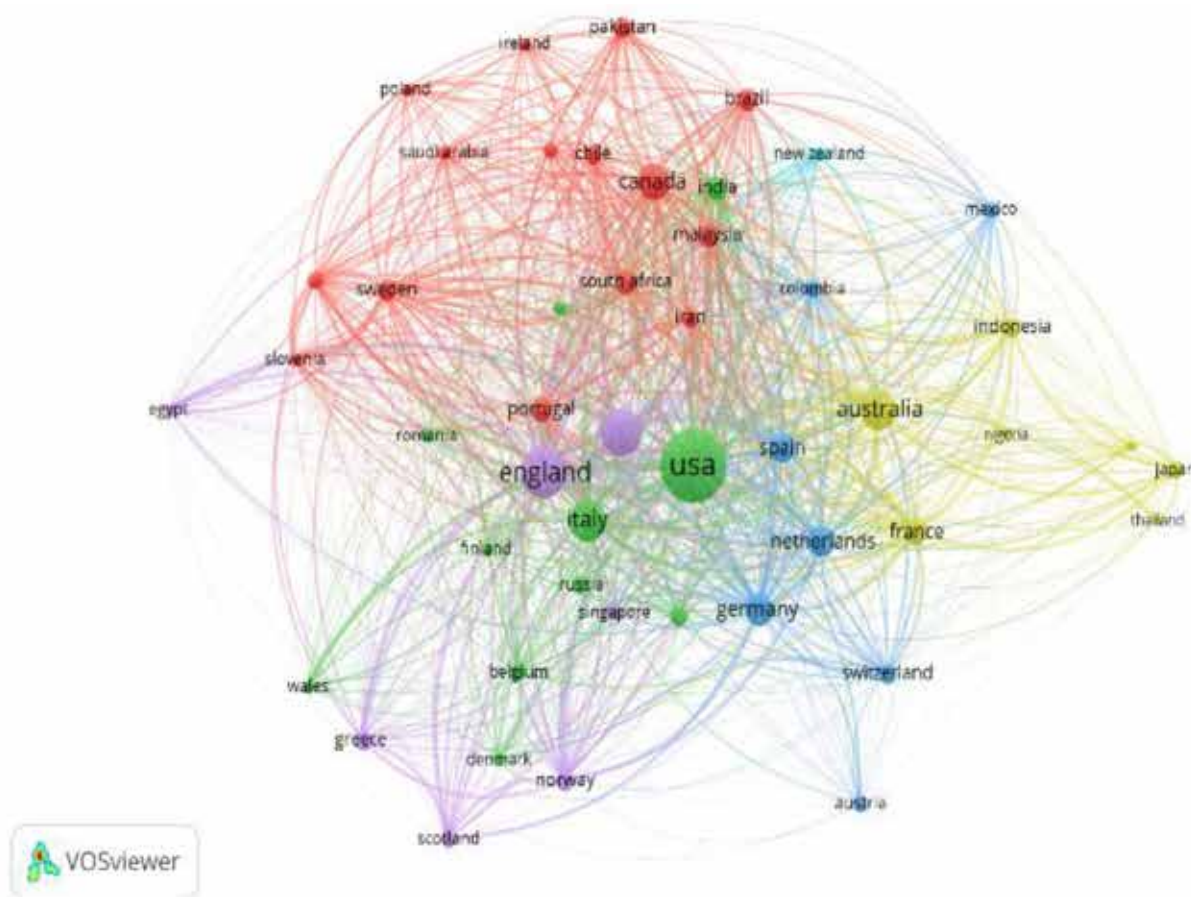
جدول شماره ۴ تعداد پنج مرکز/ سازمان علمی برتر با بیش‌ترین استناد را نشان می‌دهد که دانشگاه کمبریج با تعداد ۱۵ سند علمی در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی دارای بیش‌ترین استناد (۳۷۵ مورد) و دانشگاه پلی‌تکنیک میلان هم با ۳۰ اثر و ۱۵۶ مورد استناد به این آثار در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی از این نظر در رتبه اول قرار دارد.

جدول ۴- مراکز/ دانشگاه‌های علمی پراستناد در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی

مرکز / دانشگاه علمی	تعداد آثار	فراوانی استنادها
Politecn Milan	۳۰	۱۵۶
Univ Cambridge	۱۵	۳۷۵
Univ Twente	۱۷	۷۱
Univ Manchester	۱۵	۲۹۰
Hong Kong Polytech Univ	۱۵	۱۷۱

شکل شماره ۲ نقشه دانشی همکاری کشورها در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی را نشان می‌دهد که با شرایط حداقل ۱۰ مورد اثر علمی مشترک بین دو کشور، از بین ۱۱۷ کشور مورد بررسی تعداد ۴۸ کشور به‌شرح زیر با هم ارتباط داشتند که در قالب ۶ خوشه با رنگ‌های مختلف دسته‌بندی و قابل رویت می‌باشند.

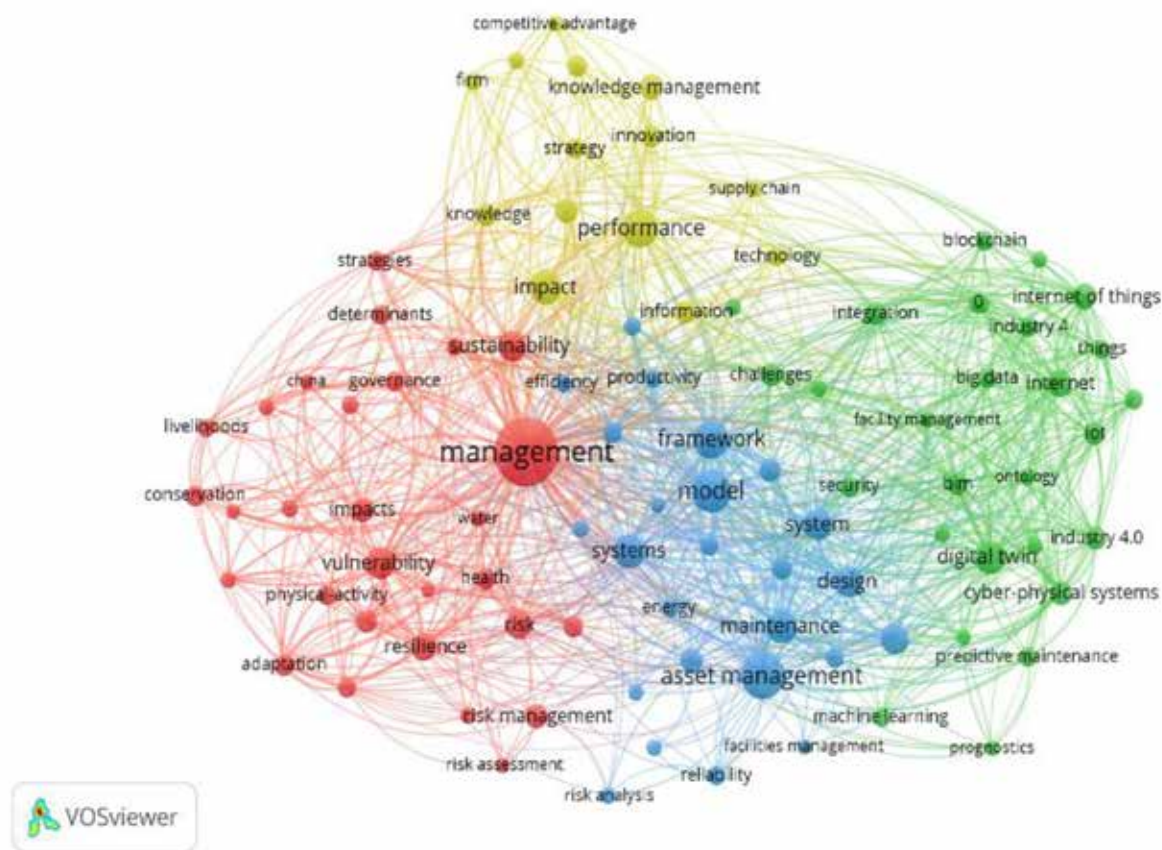




شکل ۲- شبکه اجتماعی کشورهای همکار در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی

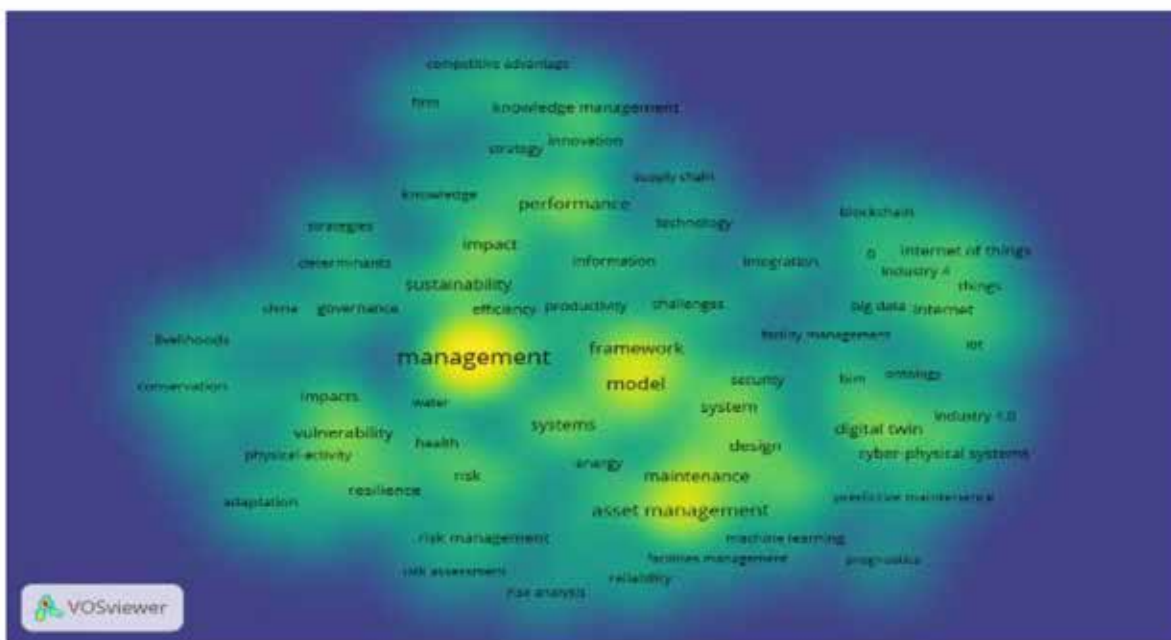
شکل شماره ۳ نقشه دانشی هم‌رخدادی بین واژگان کلیدی مقالات و اسناد علمی در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی را نشان می‌دهد که با شرایط حداقل مقدار فراوانی ۱۵ کلمه، هم‌زمانی بررسی پژوهشگران روی مسائل و تحولات یک موضوع، از بین ۷۶۰۳ کلیدواژه مرتبط با حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی موجود بر روی پایگاه علمی وب‌آف ساینس تعداد ۹۵ واژه با داشتن ۱۸۰۶ پیوند مورد بازبینی قرار گرفت که در قالب ۴ خوشه با رنگ‌های مختلف دسته‌بندی و قابل رویت می‌باشند در نقشه ترسیمی زیر اندازه گره‌ها نشان‌دهنده فراوانی واژگان؛ فاصله بین گره‌ها، میزان تکرار واژگان در یک سند؛ میزان ضخامت خطوط بین گره‌ها هم نشان‌دهنده قدرت هم‌زمانی وقوع واژگان می‌باشد.





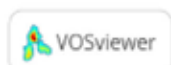
شکل ۳- شبکه هم‌رخدادی واژگان کلیدی در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی

شکل شماره ۴ نقشه دانشی تجسم چگالی هم‌رخدادی واژگان کلیدی در حوزه مورد مطالعه را با شرایط مدنظر نشان می‌دهد.





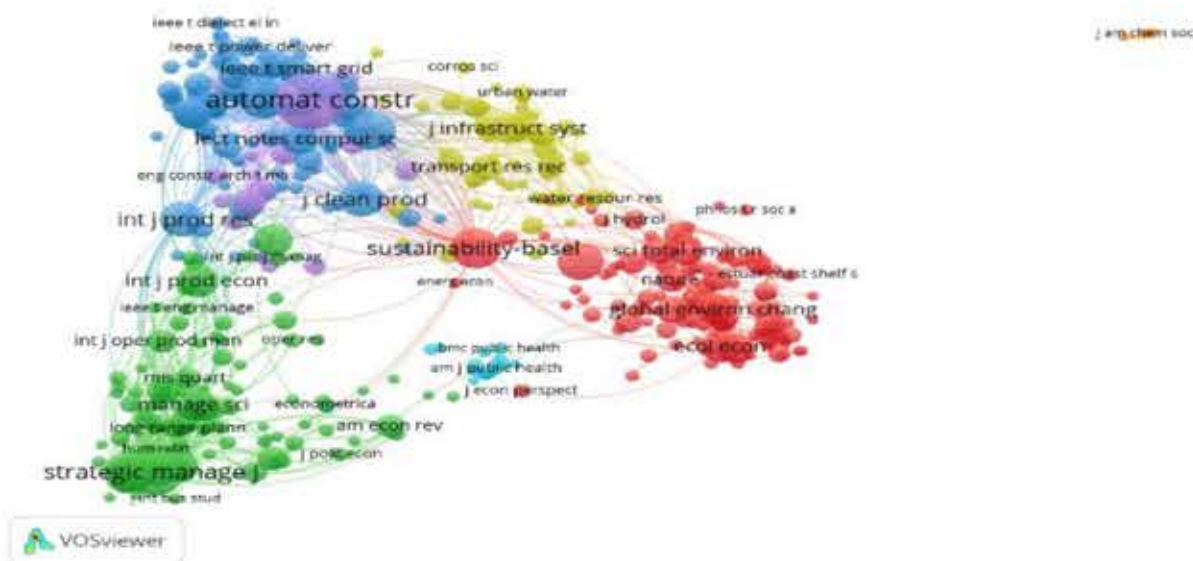
شکل شماره ۵ نقشه دانشی زوج کتاب‌شناختی آثار علمی در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی را نشان می‌دهد که با شرایط حداقل مقدار فراوانی ۲۰ مورد، میزان زوج کتاب‌شناختی، از بین ۶۹۷۸۸ سند علمی مرتبط با حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی موجود بر روی پایگاه علمی وب‌آف ساینس تعداد ۱۲ سند که بین حداقل ۲۰ مورد آن‌ها ارتباط وجود دارد، مورد بازبینی قرار گرفت که در قالب ۳ خوشه با رنگ‌های مختلف دسته‌بندی و قابل رویت می‌باشند در نقشه ترسیمی زیر اندازه گره‌ها نشان‌دهنده تعداد استنادات مشترک و ارتباط بین گره‌ها، نشان‌دهنده فراوانی تعداد منابع مشترک می‌باشد.



شکل ۵- نقشه دانشی زوج کتاب‌شناختی در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی

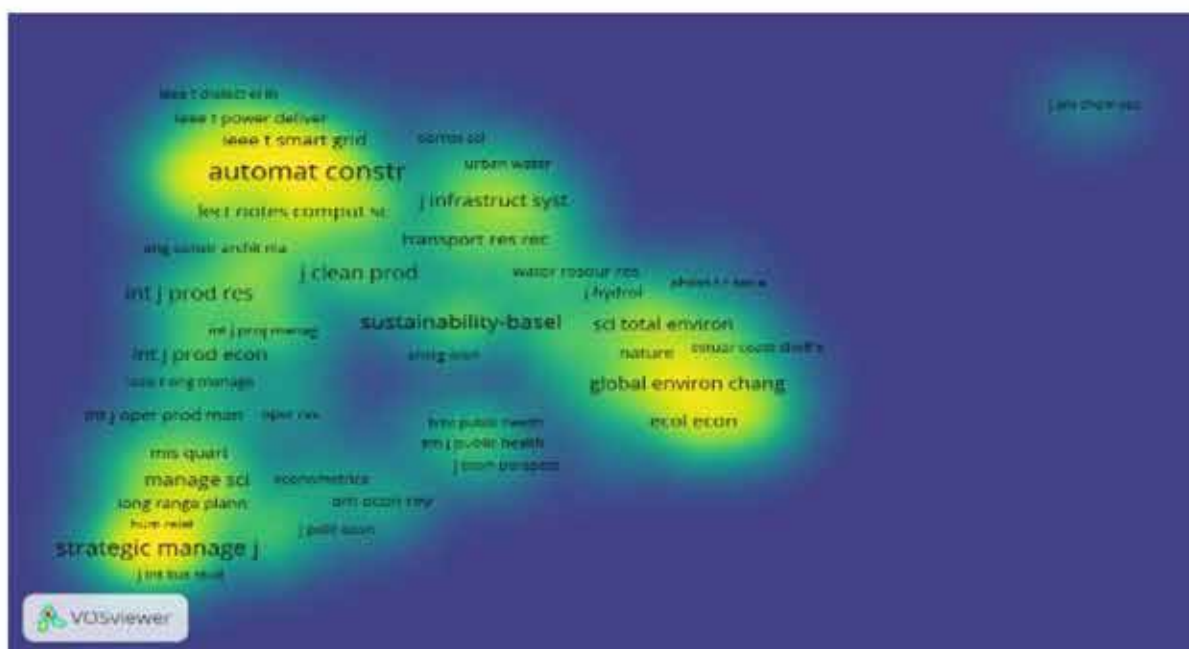
شکل شماره ۶ نقشه دانشی هم‌استنادی آثار علمی در حوزه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که با شرایط حداقل مقدار فراوانی ۲۰ مورد، میزان زوج هم‌استنادی، از بین ۳۳۷۵۰ سند علمی مرتبط با حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی موجود بر روی پایگاه علمی وب‌آف ساینس تعداد ۴۳۴ سند که بین حداقل ۴۳۳ مورد آن‌ها ارتباط وجود دارد، مورد بازبینی قرار گرفت که در قالب ۷ خوشه با رنگ‌های مختلف دسته‌بندی و قابل رویت می‌باشند در نقشه ترسیمی زیر اندازه گره‌ها نشان‌دهنده تعداد هم‌استنادی (دو مدرک علمی که توسط یک اثر جدید به‌صورت هم‌زمان مورد استناد قرار گرفته باشند) و ارتباط بین گره‌ها، نشان‌دهنده فراوانی هم‌زمانی استفاده در فهرست منابع جدید می‌باشد.





شکل ۷- نقشه هم‌استنادی در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی

شکل شماره ۸ نقشه دانشی تجسم چگالی هم‌استنادی آثار علمی در حوزه مورد مطالعه را با شرایط قبل نشان می‌دهد.



شکل ۸- نقشه تجسم چگالی هم‌استنادی در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش تلاش شد تا تصویری کلی از وضعیت مطالعات جهانی در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی بررسی و ارائه شود. نتایج و یافته‌های نشان‌دهنده این موضوع بود که پژوهشگران دنیا تقریباً از هفت دهه گذشته شروع به بررسی و ارائه دستاوردهای علمی مرتبط پرداخته‌اند اما به‌صورت جدی روند تولیدات علمی از سال ۲۰۰۴ میلادی توسعه‌ای و صعودی بوده است. در حال حاضر هم یکی از موضوعات جذاب و کاربردی برای پژوهشگران، موسسات و مراکز علمی در دنیا محسوب می‌شود.



هدف اصلی این مقاله، طراحی و مصورسازی نقشه دانشی وضعیت اسناد علمی دنیا در حوزه مدیریت دارایی‌های فیزیکی است. نتایج این گونه پژوهش‌ها کمک به ایجاد ریل‌گذاری درست و منطقی جهت مشخص کردن مسیر پژوهش‌های آینده و جلوگیری از دوباره‌کاری است. همان‌طور که در یافته‌های پژوهش هم قلیل ملاحظه هست بیش‌ترین اسناد علمی مرتبط با این حوزه بر روی پایگاه علمی وب‌آف ساینس از نوع مقالات علمی و پژوهشی اصیل در مجلات و کنفرانس‌های معتبر هست و کشورهای آمریکا، انگلستان و چین نیز دارای بیش‌ترین اسناد علمی و همچنین مراکز علمی کشورهای ایتالیا، انگلیس و هلند پرکارترین مراکز در این خصوص می‌باشند و رودا^۱، ماک^۲، دوران^۳، مالیتیک^۴ و ولوک^۵ نویسندگان پراستناد و پربارتر این موضوع در دنیا به‌شمار می‌آیند.

در ادامه کار نیز نقشه دانشی مرتبط با شبکه اجتماعی کشورهای همکار، هم‌رخدای واژگان کلیدی، زوج کتاب‌شناختی و هم‌استنادی جهت تفهیم بهتر موضوع با نرم‌افزار علم‌سنجی وی‌آلس و یور طراحی و مصورسازی شد.

با توجه به منابع بازایی شده حول واژگان کلیدی پژوهش (مدیریت، دارایی‌ها، فیزیکی) یک‌سری کلمات کلیدی مرتبط دیگری همچون: بهبود عملکرد، بهره‌وری، مدیریت ریسک، اینترنت اشیاء، یادگیری ماشین، بلاک‌چین و ... احصاء و شناسایی شد، لذا پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی اجتماع این واژگان کلیدی هم جهت غنای علمی بیش‌تر موضوع و مقایسه نتایج پژوهش، مدنظر قرار گیرد و همچنین با توجه به اینکه جامعه آماری این پژوهش با توجه به محدودیت‌های تحلیلی نرم‌افزار صرفاً یک پایگاه علمی وب‌آف ساینس بوده است بنابراین در آینده می‌توان سایر پایگاه‌های علمی معتبر همچون اسکوپوس^۶، ایمیرالد^۷ و ... را نیز جهت بالا بردن دقت مطالعه مورد بررسی و تحلیل قرار داد.

۷- منابع و مآخذ

۷-۱- فارسی

- [۱] فرخی زاده، فرشید و جعفری غیائی، مهرداد. (۱۴۰۱). بررسی و تحلیل تاثیر آموزش نگهداری و تعمیرات بر کاهش هزینه های جاری یک سازمان دفاعی، اولین همایش سراسری آماد و پشتیبانی دفاعی در گام دوم انقلاب اسلامی، تهران. <https://civilica.com/doc/۱۷۶۵۳۸۲>
- [۲] فرخی زاده، فرشید. (۱۴۰۱). کاربرد هوش مصنوعی در افزایش بهره وری نگهداری و تعمیرات، نهمین همایش ملی علوم و مهندسی دفاعی با محوریت فناوری های دانش بنیان دفاعی، تهران. <https://civilica.com/doc/۱۷۵۳۳۶۴>
- [۳] گودینی، مریم و صفری، محمد. (۱۴۰۲). ارائه چارچوب مدیریت نیروی فروش در فروشگاه های زنجیره ای رفاه با بهره گیری از روش بیلیومتريک و تحلیل مضمون. <https://civilica.com/doc/۱۶۸۴۸۴۶>
- [۴] واحدی، منوچهر، موحدی، محمدمهدی، لطفی، محمدرضا، و شیت الحمدي، سیداحمد. (۱۳۹۶). ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات پیشرفته با رویکرد مدیریت دارایی فیزیکی (مورد مطالعه: مجتمع نفت و گاز پارس جنوبی ایران) (SPGC، مهندسی و مدیریت کیفیت، ۷(۲)، ۹۴-۱۰۵. <https://sid.ir/paper/fa5۱۵۸۰۸SID>

۷-۲- انگلیسی

- [5] Biglu MH, (۲۰۰۸) editor Scientometric study of patent literature in medicine. Fourth International Conference on Webometrics ,Informetrics and Scientometrics & Ninth COLLNET Meeting; ۲۰۰۸; Berlin.

^۱. Roda, Irene

^۲. Macchi, Marco

^۳. Duran, Orlando

^۴. Maletic, Damjan

^۵. Vlok, P.j.

^۶. Scopus

^۷. Emerald





- [6] Donthu, N., Kumar, S., Pandey, N., Pandey, N., & Mishra, A. (۲۰۲۱). Mapping the electronic word-of-mouth (eWOM) research: A systematic review and bibliometric analysis. *Journal of Business Research*, ۱۳۵, ۷۵۸-۷۷۳. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.07.010>
- [7] Farokhizadeh, F., Zarei, A., Rastgar, A., & Ebrahimi, S. A. (۲۰۲۴). Designing and Illustrating the Knowledge Network of Digital Banking Studies with a Bibliometric Approach. *Scientometrics Research Journal*, ۱۰ (Issue ۱, spring & summer), doi: ۱۰/۲۲۰۷۰/rsci.۲۰۲۳/۱۸۰۷۴/۱۶۸۴. [In Persian]
- [8] Forest, H., & Donya, R. (۲۰۱۵). Digitalisation and the Future of Commercial Banking. Whitepaper published by Deutsche Bank. Retrieved from <https://cib.db.com/insights-and-initiatives/flow/۳۵۵۸۳.htm>
- [9] International Organization for Standardization. (۲۰۱۴). ISO ۵۵۰۰۲, Asset Management – Management System – Guidelines for the application of ISO ۵۵۰۰۱, Web: www.iso.org, Published in Switzerland.
- [10] Ivancheva, L. (۲۰۰۸). Scientometrics Today: A Methodological Overview, *Collnet Journal of Scientometrics and Information Management*, ۲: ۴۷-۵۶.
- [11] Johnson, J. David. (۲۰۰۹). *Managing Knowledge Networks*, Cambridge University Press.
- [12] Moghadasi, M., Farokhizadeh, F., Ahmadzadeh, U., & Karami, R. (۲۰۱۹). Identification and Prioritization of Selection Criteria for Maintenance Strategy for Military Equipment Using MADM Technique. *Bi- Quarterly Journal of Research in Defense Maintenance Engineering*, ۱(۱), ۶۶-۷۷. doi: dmej/dmej.۲۰۱۹/۵. [In Persian]
- [13] Mendes, C., Raposo, H., Ferraz, R., Farinha, J.T. (۲۰۲۳). The Economic Management of Physical Assets: The Practical Case of an Urban Passenger Transport Company in Portugal. *Sustainability*. ۱۵ (۱۵): ۱۱۴۹۲. <https://doi.org/10.3390/su151111492>.
- [14] Moghadasi, M., Ahmadi, F., Moghadasi, M., & Ghasemi, M. R. (۲۰۲۰). Identifying and Prioritizing Performance Assessment Criteria for Physical Asset Management in the Defense Industry. *Bi-Quarterly Journal of Research in Defense Maintenance Engineering*, ۱(۲), ۲۶-۴۱. doi: dmej/dmej.۲۰۲۰/۷. [In Persian]
- [15] Molinari, A, Molinari, J-F. (۲۰۰۸). Mathematical aspects of a new criterion for ranking scientific institutions based on the h index, *Scientometrics*, ۷۵: ۳۳۹-۵۶.
- [16] San Gupta, I. N. (۱۹۹۳). An overview of bibliometrics, information metrics, scientific metrics and library metrics, *Iranian Journal of Information Processing and Management*, 10(۲), ۳۸-۵۸. [In Persian]
- [17] Talari, M., & Khoshroo, M. (۲۰۲۲). Analyzing the Global Trend of Marketing ۴/۰ Researches: A Mixed-methods Approach, *New Marketing Research Journal*, 12(۲), ۱۶۱-۱۸۸. [In Persian] doi: ۱۰/۲۲۱۰۸/nmrj.۲۰۲۲/۱۳۳۱۲۷/۲۶۷۷
- [18] Van Eck, N.J., & Waltman, L. (۲۰۱۰). Software survey: vosviewer, a computer program for bibliometric mapping, *Scientometrics*, ۸۴(۲): ۵۲۳-۵۳۸.





Knowledge Mapping of the World's Scientific Productions in the Field of Physical Assets Management in the Web of Science 1958-2023

Farshid Farokhizadeh ^{1*}

¹-Assistant Professor, Department of Maintenance and Optimization Energy Engineering, Faculty of Defense Science and Engineering, Imam Hussein Officers and Guard Training University, Tehran, Iran.

Received: 2024/01/15 Accepted: 2024/02/23

Abstract:

Background and Purpose: With the intensification of changes in the world and also the need to maximize productivity in all the resources of organizations, the management of physical assets has formed one of the main activities and strategies of industrial organizations and infrastructure services. In many industries, including buildings, transportation fleets, infrastructure networks, and production equipment, physical assets play a major role in value creation. These organizations are called asset-oriented. In these organizations, integrated and systematic management of these assets becomes the most important activity of the organization. Therefore, the management of physical assets has become a vital activity and requires special attention. The aim of the present research is the bibliometric analysis of scientific productions published in the Web of Science scientific database on the subject of physical asset management from 1958 to 2023 and to illustrate their scientific map.

Methodology: The current research is descriptive-analytical in nature and applied in terms of purpose and a systematic review of scientific documents, in which 1876 sources on the topic of physical assets management were extracted from the Web of Science scientific database by searching the article title, abstract and keywords.

Findings: Data review and analysis was done by the facilities of this database and also the VOSviewer software, which is a social network analysis software, in order to enumerate, design and visualize the research products, knowledge map, conceptual network, synonym network of the researches conducted on the subject of physical asset management.

Conclusion: The results of the research indicate that the researchers of the world have taken measures to review and present scientific achievements related to the field of physical assets management for the past seven decades, but seriously, the trend of scientific productions has been developmental and upward since 2004 and since In 2018, this growth is more impressive and visible, and it is currently considered one of the most attractive and practical topics for researchers, institutions and scientific centers in the world.

Keywords:

Management of Physical Assets, Bibliometric, Co-word, Intellectual Structure of Knowledge, Network Analysis.

* Corresponding Author mail: F.Farokhi@ihuo.ac.ir





Providing a Fuzzy Hierarchical Analysis Model to Optimize the Management of Water Transmission and Distribution Construction Projects (Case Study: Karaj dam Water Transmission Line).

Negin Eskandari ^{1*}, Saeed Farokhizadeh ²

¹-M.A., Department of Civil Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

²- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran.

Received: 2023/07/31 Accepted: 2023/11/18

Abstract:

Surface and underground water is one of the main and key sources of drinking water. One of the important parts of water processes is the transfer of water from the source of the treatment plant to the distribution network for consumption. In this regard, it is necessary to prevent the increase in the cost of transfer and construction of water transfer projects in different sectors by applying proper management and implementing basic plans. The statistical population of the research includes the employees and contractors of the Karaj Dam water transmission line project. The design of the model is to identify and determine the indicators that are used to evaluate the performance of the employees and contractors active in the Karaj water transmission line project. This identification is done using library studies as well as the opinion of technical experts. After identifying the indicators using the Fuzzy Hierarchy Analysis Process (FAHP), weight is assigned to these indicators based on their importance. The identified indicators and assigned weights will be validated using questionnaires that will be provided to experts. The results show that the 9 factors of indicators of geological conditions of the region, indicators of piping conditions, indicators of access to materials and materials needed for the project, indicators of considering the time of progress of piping operations and indicators of the implementation stages of piping are the most important effective factors in the management of the Karaj dam water transmission line project. The results of the validation of the main criteria showed that among the 9 main criteria examined, the indicators related to piping conditions with an index weight of 0.58 are the most important indicators. After that, the indicators related to the considerations and geological conditions of the region and the indicators related to the access to materials and materials required for the project, each with a weight value of 0.19, were obtained as important factors in determining the route of the Karaj dam transmission line project.

Keywords:

Risk Management, Construction Projects, Water Transfer, HSE, FMEA, Persain Gulf Bidboland.

* Corresponding Author mail: negineskandari12@gmail.com



Long-term Storage Cycle of Military Equipment (Conservation)

Mehran Mohammadi^{1*}, Saeed Ramezani², Masoud Mosadegh khah³

¹– M.A. Student, Department of Industrial Engineering Faculty and Research Institute of Engineering , Imam Hussein University, Tehran, Iran.

²– Assistant Professor, Department of Industrial Engineering Faculty and Research Institute of Engineering , Imam Hussein University, Tehran, Iran.

³– Associate Professor, Department of Industrial Engineering Faculty and Research Institute of Engineering , Imam Hussein University, Tehran, Iran.

Received: 2023/06/14 Accepted: 2024/02/18

Abstract:

Combat readiness and preventing the consequences of not having access to operational and reliable equipment is very important in the field of maintaining military assets and the loss of valuable assets is a major concern in military organizations. Long-term storage of assets and equipment should be the goal of every military organization to support on the battlefield by providing safe, Fully capable of performing the mission, reliable, and lethal weapon systems. Storage centers should make these weapon systems accessible timely and operationally to soldiers to carry out wartime missions and threats. This reduces the total cost of asset maintenance in the long term, and besides that, it increases the life of equipment and maintains them to deal with unforeseen crises. The current research is one of the applied researches in terms of purpose, and library and internet researches in terms of the place of research. In this article, the goal is to identify the destructive factors that endanger the health of equipment and assets, so that the necessary measures can be taken to eliminate or minimize the effect of each, then a model or cycle for long-term storage of military equipment is presented until the steps are taken. Making this process clear that in this article, this process is described with regard to the activities carried out in a storage and reconstruction center for armored equipment and tools.

Keywords:

Long-term Storage of Equipment, Preservation, Combat power, Destructive Factors of Equipment, Corrosion.

* Corresponding Author mail: mehran.mohammadi@ihu.ac.ir





The Study of a Total Productive Integrated Approach Based on Reliability in Maintenance Systems

Mahdi Khosronia ^{۱*}, Saeed Ramezani^۲

۱- *PhD student, Faculty of Management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.*

۲- *Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty and Research Institute of Engineering, Imam Hussein University, Tehran, Iran.*

Received: 2023/03/14 Accepted:2023/07/15

Abstract:

While the integration of Total Productive Maintenance (TPM) and Reliability-centered maintenance (RCM) is clearly a major issue in maintenance management. Unfortunately, limited attention has been paid to it in the literature. It lacks a structured approach to operational equipment. Therefore, this research uses the complementary nature of the two strategies to provide an integrated operational approach to increase equipment availability with the aim of designing and improving maintenance plans for a public system. It also includes specific operational worksheets, ranging from autonomous maintenance tasks to maintainability improvement measures and employee's education and training. This research is a mixed method of questionnaire and library and document analysis type. In order to analyze the findings, classification, reasoning and logical inference have been done. literature review and development of the proposed model proved that RCM if developed within the TPM framework improves better results, because it focuses on preventive maintenance. Also, both approaches with the same goals increase the quality, reliability, availability and performance of equipment by eliminating waste. This research gives companies the opportunity to reap the benefits of an operational framework that effectively integrates long-term maintenance methods, helping technicians and operators during their daily operations.

Key words: Total Productive Maintenance (TPM), Reliability- Centered Maintenance (RCM), Autonomous Maintenance, Preventive Maintenance.

* Corresponding Author mail: yourash74@gmail.com



Bi- Quarterly Journal of Research in
Defense Maintenance Engineering
**Journal of the Faculty of Defense Science &
Engineering**

Editorial Board

Professor Iran University of Science and Technology	Seyed Mohammad Seyed-Hosseini
Associate Professor Iran University of Science and Technology	Alireza Moini
Associate Professor Lorestan University	Mojtaba Hosseini
Associate Professor Road, Housing and Urban Development Research Center	Ahmad Mansourian
Associate Professor Imam Hussein University	Massoud Mosadegh Khah
Associate Professor Imam Hussein University	Seyedziaedin Ghazizadeh Fard
Associate Professor Imam Hussein University	Ardeshir Ahmadi
Associate Professor Imam Hussein University	Mohsen Shahrezai
Associate Professor Islamic Azad University, Firoozkooh Branch	Naghei Shoja

Reviewers:

Sajad Ahmadi, Youssef Anousheh, Ahmed Bitarf,
Seyed Azim Hosseini, Parviz Jabbarei, Hassan Radmard,
Mohammad Reza Zahedi, Farshid Farkhizadeh,
Reza Kmrarnad, Seyed Hamed Seyed Mousavei,
Hassan Yazdani.

Count: 500 (Print Version) 500 (Electronic Version)
Print Version Price: 1,500,000 Rials
Tel: (+98 21) 77105033 – 106 Fax: (+98 21) 77105032
Address: Shahid Babaei Highway, Tehran, Iran, Imam
Hussein Officer and Guard Training University (AS) Faculty
of Defense Science & Engineering.
E-mail: 2qdmej@gmail.com, dmej@ihuo.ac.ir
Web : dmej.ihuo.ac.ir

All rights Reserved for the Faculty of Defense Science & Engineering.



1986
Imam Hussein Officer and Guard
Training University (AS)

Bi- Quarterly Journal
Research in Defense Maintenance Engineering
Volume 4, issue 2, Autumn and Winter 2023
Published by: Faculty of Defense
Science & Engineering
ISSN: 2676-7317
e-ISSN: 2717-0861
License No: 86491

Managing Editor:

Mohammad Kazem Basiratei

Editor –in-Chief:

Seyed Mohammad Seyed Hoseini

Deputy Editor:

Farshid Farokhizadeh

Editor:

Alireza Sohrabei

Executive Director:

Seyed Esmail Mirhidari

English Text Editor:

Ali Ghorban Gravand

Graphist:

Yaser Emamifarz

Advisory Board:

Mehdi Ebrahimi

Ahmad Betaraf

Bitra Tabrizian

Seyed Ayoub Hosseini

Mohssen Dezfouli

Reza Radfar

Saeed Ramezani

Abbas Toloie Eshlaghy

Saeed Farokhizadeh

Yasser Faizolahy

Mohammad Mehdi Gholeyan

Ali Karimzadeh Meybodi

Reza Mazandarani

Ahmad Mehraban

Hassan Yazdani



Bi- Quarterly
Scientific Journal
Volume 4
issue 2
Autumn and Winter 2023

8 The Study of a Total Productive Integrated Approach Based on Reliability in Maintenance Systems
Mahdi Khosronia, Saeed Ramezani

32 Long-term Storage Cycle of Military Equipment (Conservation)
Mehran Mohammadi, Saeed Ramezani, Masoud Mosadegh khah

52 Providing a Fuzzy Hierarchical Analysis Model to Optimize the Management of Water Transmission and Distribution Construction Projects (Case Study: Karaj dam Water Transmission Line).
Negin Eskandari, Saeed Farokhizadeh

62 Knowledge Mapping of the World's Scientific Productions in the Field of Physical Assets Management in the Web of Science 1958 -2023
Farshid Farokhizadeh