

ارائه‌ی مدل نگهداری و تعمیرات چابک با تأکید بر آموزش در صنایع حمل و نقل دریایی با بهره‌گیری از روش دلفی فازی و پرومته (مطالعه موردی: صنایع کشتی سازی نظامی)

سلیمان ایرانزاده^۱، احسان تقی پور^۲

چکیده

نگهداری و تعمیرات که آن را به اختصار نت می‌نامند یکی از مفاهیم اساسی در سازمان‌های پیشرفته و در حال حرکت به سمت کلاس جهانی است که از جایگاه ویژه‌ایی در سطح مدیران به ویژه مدیران ارشد و کارکنان سازمان برخوردار است. شاید در گذشته سازمان‌ها مفهوم نگهداری را در قالب تعمیرات مستتر می‌دیدند، اما امروزه با گسترش مفاهیم علمی و پیشرفت‌های حوزه دانش و ساختارهای دانایی محور، تفکر نسبت به تعمیرات به طور کلی متحول گردیده و رویکردها به سمت شکل‌گیری نگهداری به جای تعمیرات تغییر یافته است. هدف از انجام این پژوهش ارائه‌ی مدل نگهداری و تعمیرات چابک در صنایع حمل و نقل دریایی و به طور خاص صنعت کشتی سازی نظامی می‌باشد. جامعه آماری تحقیق کلیه متخصصان حوزه نگهداری و تعمیرات در نیروی دریایی راهبردی ارتش بوده و به منظور نمونه‌گیری با استفاده از رابطه کوکران ۵۹ نفر از این متخصصین به روش هدفمند انتخاب گردیده‌اند. به منظور شناسایی عوامل از روش دلفی فازی و به منظور رتبه بندی آن‌ها در راستای ارائه مدل از روش پرومته استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد قابلیت تعمیر پذیری، یادگیرندگی سازمانی و در نهایت نگهداری و تعمیرات خود کار به عنوان سه عامل اصلی تأثیرگذار بر چابکی نت در صنایع حمل و نقل دریایی می‌باشند.

واژگان کلیدی: نگهداری و تعمیرات، چابک، حمل و نقل دریایی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۳/۱۲

۱- دانشیار مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد تبریز (نویسنده مسئول): iranzadeh@iaut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد تبریز

مقدمه

در دهه های اخیر، صنایع تولیدی تغییرات چشمگیر و قابل توجهی را که از محیط کسب و کار نشأت می گیرد، تجربه کرده که موفقیت و بقا سازمان ها را تهدید می نماید. شاید بتوان علت این تغییر و تحولات و عدم اطمینان در دنیای کسب و کار را قابلیت دسترسی فزاینده به فناوری، رقابت شدید بر روی توسعه فناوری، جهانی شدن بازارها و رقابت جهانی، تغییر در میزان دستمزد و مهارت های شغلی و مهم تر از همه افزایش انتظارات مشتریان دانست (جان و همکاران، ۲۰۰۱). مواجهه با شرایط رقابت فزاینده ی پایدار و نامطمئن موجب اصلاحات عمده در اولویت های کسب و کار، چشم انداز استراتژیک و بازبینی مدل های سنتی و حتی مدل های نسبتاً معاصر در سازمان ها شده است (شریف، ۲۰۰۱). به عبارتی می توان گفت که رویکردها و راه حل های گذشته دیگر قابلیت و توانایی خود را برای مقابله با چالش های سازمانی و محیط بیرونی معاصر از دست داده و یا بهتر است رویکرد و دیدگاه جدیدی جایگزین شوند (جعفرنژاد و شهابی، ۱۳۸۶).

رویکرد سنتی برای نگهداری و تعمیرات^۱، بر پایه پیاده و سوار کردن (تعمیرات) یا جایگزینی اجزای درست قبل از فرسودگی آنها و در نتیجه خرابی تجهیز بود، به این صورت که در چرخه عمر اجزای نقطه ای که فرسودگی رخ می داد به دقت مشخص می شد. مطالعات صورت گرفته در صنعت هواپیمایی غیر نظامی نشان میدهد که همه اجزای دارای یک احتمال خرابی نمی باشد. این مساله به عنوان چالشی در حوزه مدیریت نگهداری و تعمیرات سنتی مطرح می باشد (سید حسینی، ۱۳۹۵) در صنایع حمل و نقل دریایی (و به طور خاص در صنایع نظامی) تعدد قطعات و حجم روابط میان آنها، پیچیدگی این سیستم ها را به صورت تصاعدی افزایش داده و عاملی تاثیرگذار در عدم چابکی کلی سیستم می باشد.

در این راستا نیروی دریایی^۲ راهبردی ارتش در سنوات اخیر با تغییر در چشم انداز سازمانی به دنبال تأمین منافع ملی در تمامی آب های جهان بوده و در این رابطه اقدام به گسترش حوزه مأموریت های خود و حضور مستمر در آب های آزاد جهان و عملیات هایی در کلاس جهانی نموده است. به منظور تحقق این مهم، تجهیزات این سازمان فناوری محور نیز تغییر نموده و در سال های اخیر اقدام به طراحی و ساخت ناوهای سنگین نموده است. تعمیرات و نگهداری یکی از اصلی ترین اقدامات بر تحقق مأموریت ها در عرصه دریاهای می باشد و سیستم جامع و مدون تعمیرات و نگهداری برای مأموریت های جدید وجود ندارد.

نگهداری و تعمیرات شامل مجموعه ایی از فعالیت های مختلف به منظور حفظ و بقای قطعات، تجهیزات و ماشین آلات و صیانت از سرمایه ها و دارایی های به کار رفته در صنعت می شود که حتی الامکان از بروز حوادث در زمینه خرابی دستگاه ها و وقفه در فرایند تولید یا روند بهره برداری از تجهیزات و کارخانه ها پیشگیری می کند. نگهداری و تعمیرات چابک یکی از مهم ترین رویکردهای نوین در نگهداری و تعمیرات است. بر اساس این رویکرد، سازمان ها قابلیت های چابکی از جمله انعطاف پذیری، حرکت سریع و چالاک را با مفاهیم نگهداری و تعمیرات تلفیق نموده و می کوشند تا آماده به کاری صد درصدی تجهیزات را فراهم آورند (آقایی، ۱۳۹۰).

صنعت تولید همواره در شرف تغییر پارادایم بوده است. این تغییر از صنعت دستی به تولید انبوه سپس به تولید ناب و در عصر حاضر به تولید چابک^۳ در حال گذار بوده است (کید، ۲۰۱۶) بر این مبنای مدیریت نگهداری و تعمیرات نیز از رویکرد سنتی خارج و به سطح چابکی رسیده است. چابکی در نگهداری و تعمیرات به عنوان یک الزام در صنایع مختلف و به ویژه در صنایع رقابتی (صنعت کشتی سازی نظامی) مطرح می باشد.

1- Maintenance

2- Navy

3 - Agile

سیستم نگهداری و تعمیرات نظامی پویا و ساختار یافته متشکل از مجموعه هماهنگی از فعالیت‌ها است که به منظور حفظ، نگهداری و تعمیرات تأسیسات و تجهیزات در سازمان ایجاد و مبتنی بر رضایت مشتری و انطباق با نیازهای سازمان پیاده سازی و اجرا می‌شود (واترز، ۱۳۸۴). امروزه شاخص‌های بسیار زیادی در حوزه چابکی در صنعت و به طور خاص در تولید مطرح شده است که هر کدام مسئله‌ی چابکی را از دیدگاه خود بررسی نموده‌اند؛ لیکن مسئله اساسی پیش روی مدیران و تصمیم‌گیرندگان سازمان صرف نظر از دیدگاه خدماتی یا تولیدی بودن، عدم شناسایی و اولویت بندی شاخص‌های کلیدی نت چابک است (برین، ۲۰۰۱). در این زمینه ضرورت تعریف و اولویت بندی شاخص‌های نت چابک امری اجتناب ناپذیر است. با توجه به این مسأله و نبود تحقیقی جامع در حوزه تعیین و اولویت بندی شاخص‌های مؤثر بر نگهداری و تعمیرات چابک، این تحقیق به دنبال بررسی ادبیات مرتبط با حوزه چابکی در بخش صنعت در بیست سال گذشته به دو پرسش در زمینه عوامل مؤثر بر نت چابک و چگونگی رتبه بندی آنها پاسخ خواهد داد. بدین منظور ابتدا با استفاده از تکنیک دلفی فازی، شاخص‌های مؤثر بر نت چابک انتخاب و سپس با استفاده از روش سازماندهی به رتبه‌بندی ترجیحی جهت ارزیابی بهتر (پرومته) فازی به عنوان یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری مناسب شاخص‌های کلیدی نت چابک در صنعت کشتی سازی بررسی و رتبه بندی خواهد شد. صنایع نظامی از جمله صنایعی می‌باشند که همواره در محیطی پویا و با نوآوری بالا در حال فعالیت می‌باشند و کارایی و اثر بخشی این صنایع وابستگی مستقیم با نوآوری و چابکی در نوآوری دارد. نیروی دریایی راهبردی ارتش نیز از جمله سازمان‌هایی بوده که در محیط پویا فعالیت می‌نماید و موفقیت آن رابطه مستقیم با چابکی در عملیات‌های کلاس جهانی دارد. تعمیرات و نگهداری چابک به عنوان ضرورتی غیر قابل انکار برای این سازمان لحاظ می‌شود که در صورت تحقق می‌تواند پاسخگوی بسیاری از مسائل این سازمان در انجام ماموریت‌ها در دریاهای آزاد باشد.

با توجه به ضایعات و هزینه‌های ناشی از استفاده نکردن از روش‌های مناسب و علمی نگهداری و تعمیرات، ضمن بررسی انواع روش‌های نگهداری و تعمیر، به شناسایی مواردی که اثربخشی تجهیزات یگان‌های شناور نداجا را افزایش می‌دهد و این که هر کدام چه تأثیری بر افزایش اثربخشی تجهیزات دارند، پرداخته‌ایم (طهماسی، ۱۳۸۷). بر این اساس در این تحقیق به دنبال پاسخگویی به این سؤال هستیم که عوامل مؤثر بر چابکی^۱ سیستم تعمیرات و نگهداری در صنایع کشتی سازی نظامی کدامند و رتبه بندی این عوامل چگونه است؟ همچنین مدل تعمیرات و نگهداری در صنایع کشتی سازی نظامی چگونه می‌بایست باشد؟

نگهداری و تعمیرات که آن را به اختصار نت می‌نامند یکی از مفاهیم اساسی در سازمان‌های پیشرفته و در حال حرکت به سمت کلاس جهانی است که از جایگاه ویژه‌ای در سطح مدیران به ویژه مدیران ارشد و کارکنان سازمان برخوردار است. شاید در گذشته سازمان‌ها مفهوم نگهداری را در قالب تعمیرات مستتر می‌دیدند، اما امروزه با گسترش مفاهیم علمی و پیشرفت‌های حوزه دانش و ساختارهای دانایی محور، تفکر نسبت به تعمیرات به طور کلی متحول گردیده و رویکردها به سمت شکل‌گیری نگهداری به جای تعمیرات تغییر یافته است؛ به عبارت دیگر اکنون مفهومی به عنوان تعمیرات در ادبیات علمی نت جایگاه خود را از دست داده است و تعمیرات نیز به عنوان جزئی از نگهداری، در قالب نت اضطراری و یا نت اصلاحی تعریف می‌شود. شاید بتوان مبنای این تفکر صحیح را پارادایم متداول در حوزه سلامت یعنی "پیشگیری همواره بهتر از درمان است" دانست؛ چرا که سازمان‌های کنونی که در محیطی شدیداً رقابتی در حال فعالیت هستند، دیگر مجالی برای اشتباه ندارند و کوچکترین اشتباهی صدمات زیادی را به سازمان وارد می‌کند. از این رو، در محیطی که سازمان‌ها را

ناگزیر از به کارگیری تجهیزات و دارایی‌های سرمایه‌ای با قیمت‌های گزاف نموده است، نگهداری از آن‌ها اهمیت بیشتری می‌یابد (آقایی، ۱۳۹۴).

یکی از عوامل تأثیرگذار در صنعت عدم اطمینان است. عدم اطمینان در محیط که به طور مستقیم تحت تأثیر رفتار انسانی بوده و دارای دو بعد سودمند و غیر سودمند است. در بعد سودمند، عدم اطمینان در محیط موجب اهمیت تجهیزات و وسائل در نیروی‌های نظامی و همچنین ویژگی‌های خاص آن‌ها و این که خیلی از تجهیزات به آسانی قابل تهیه نبوده و هزینه تهیه آنها بسیار بالا است، توجه به نگهداری و تعمیرات را در نیروی دریایی راهبردی بیش از پیش کرده است. رشد روز افزون فن‌آوری و لزوم بهبود بهره‌وری ماشین‌آلات و تجهیزات، حرکت به سوی خودکارسازی را سرعت بخشیده است، امروزه بخش عظیمی از وقت و انرژی انسان‌ها صرف این موضوع می‌شود که چگونه می‌توان همه چیز را فعال نگه داشت و یا در صورت از کارافتادگی، به سرعت آن را راه اندازی نمود (کاظمی و کسای، ۱۳۸۵).

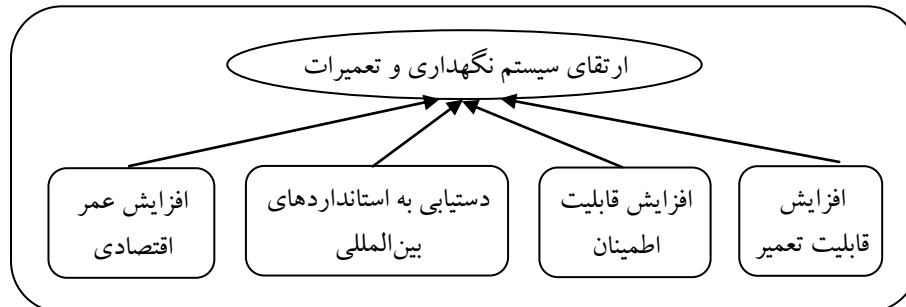
امروزه با پیشرفت صنایع به سوی مکانیزاسیون بیشتر و تولید پیوسته، امور نگهداری و تعمیرات از پیچیدگی بیشتری برخوردار شده‌اند. همزمان با این رخداد، علم نگهداری و تعمیرات نیز دچار تحول وسیعی شده است. نگهداری و تعمیرات بهره‌ور جامع روشی برای انجام کارگروهی جهت بهبود کارایی تجهیزات است که در آن اپراتورها به صورت فردی به امور اصلی و اولیه و نگهداری و تعمیرات ماشین‌های خود می‌پردازند (محمودی، ۱۳۸۵). نگهداری و تعمیرات یک هنر است، چرا که بیش از وقوع یک مشکل و همچنین در هنگام وقوع آن، توانایی انتخاب رویکردها و فعالیت‌های مختلف وجود دارد. از این رو مدیران، سرپرستان و کارشناسان و مسئولان نگهداری و تعمیرات نقش پررنگ‌تری نسبت و سایر پارامترهای دیگر حتی ماهیت مشکل ایجاد شده برخوردار خواهند بود. واقعیت امر آن است که در فرایند نگهداری و اثربخش و ارتقاء بهره‌وری تجهیزات، عامل انسانی در درجه اول اهمیت قرار دارد و این مهم در مرکز توجهات سیستم‌های نگهداری و تعمیرات بهره‌ور قرار دارد (خلج، ۱۳۸۷).

در طول دهه اخیر، هزینه‌ی تعمیر و نگهداری در دوره‌های معین و به عنوان بخشی از هزینه‌های کل افزایش یافته است. در برخی صنایع، این هزینه بخش اعظمی از هزینه‌های کل را تشکیل می‌دهد. از طرفی، استراتژی تعمیر و نگهداری به سمت بهبود کیفیت، کاهش هزینه، انعطاف‌پذیری تحویل و رضایت‌مندی مشتری سوق دارد. در حال حاضر، تعمیر و نگهداری به عنوان فعالیتی سودمحور که در حین رخ دادن یک فعالیت، آن را کنترل می‌کند؛ مورد توجه است که هدف آن، کم کردن اختلاف میان هزینه‌های واقعی و هزینه‌های پیش‌بینی شده خواهد بود. به عبارت دیگر، هدف آن کاهش پیش‌بینی‌های بی‌اعتبار و نادرست است (فقیه، ۱۳۹۳).

در بیان اهمیت و ضرورت این تحقیق لازم است به یکی از فرمایشات فرماندهی معظم کل قوا امان خامنه‌ای (مد ظله العالی) اشاره کرد که فرمودند روی تعمیر و نگهداری، سفارش موکد می‌کنم، امروز این وظیفه‌ای بسیار مهم برای شماست. فرصتی برای بازسازی ابزار، تجهیزات و امکانات است. این کار را با جدیت و ابتکار دنبال کنید و آنچنان که از انسان‌های مصمم، با اراده و انقلابی مثل شما انتظار می‌رود، راه‌های میانبر را پیدا کنید و بپیمایید. همه نیروهای مسلح در همه جای کشور باید بازسازی ابزار و تجهیزات و نیز تعمیر و نگهداری را درس فراموش نشدنی و بسیار لازم خود تلقی کنند. شما استعداد دارید، این استعدادها باید در باب نیروهای مسلح، از جمله در این بخش که نقطه حساس و مهمی است، بروز کند (مقام رهبری، ۱۳۹۳).

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر چابکی، علم انتخاب فعالیت‌ها مناسب بر اساس چابکی مورد انتظار از سیستم و روشی است برای تشخیص عملیاتی که باید صورت گیرد تا مطمئن شویم هر تجهیز، تأسیس، ماشین یا فرآیندی، کار مورد انتظار را در زمان مورد نیاز انجام خواهد داد. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود؛ توسعه و پذیرش نگهداری و تعمیرات مبتنی بر

چابکی، به عنوان استاندارد برای پیشرفت استراتژی نت، قابلیت کنترل هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را به مقدار زیادی افزایش می‌دهد (بوشچیا، ۲۰۱۴). شکل (۱) حالت کلی ارتقای سیستم نگهداری و تعمیرات را نشان می‌دهد:



شکل (۱) نقشه استراتژی ارزیابی متوازن سیستم نگهداری و تعمیرات (بوشچیا، ۲۰۱۴)

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر چابکی، یک رویکرد تحلیلی است که به اولویت‌بندی امور نگهداری و تعمیرات و ماشین‌آلات کمک می‌کند. از اطلاعات کاربرها، صنعت‌گران و کادر نگهداری آگاه و با تجربه بهره می‌جوید و از طریق استفاده از فنون تجزیه و تحلیل، نظیر فنون زیر به اجرا در می‌آید: تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن، تجزیه و تحلیل علت و معلول، تجزیه و تحلیل ریسک

از این روش، می‌توان برای متمرکز کردن تلاش در جایی که واقعاً بدان نیاز است و در نتیجه، برای حداکثر بهره‌برداری از منابع استفاده کرد (وحیدی، ۱۳۹۰).

با ایجاد و نهادینه‌سازی این نوع از نگهداری و تعمیرات در سازمان می‌توان نسبت به شبیه‌سازی ایرادها و اشکالات محتمل در سیستم، تجزیه و تحلیل برای هر حالت ممکن از خرابی دستگاهها و در نهایت، ارائه راهکارهایی جهت پیش‌بینی و پیشگیری از آنها اقدام نمود (صنیعی، ۱۳۹۳).

پژوهش‌های زیادی در زمینه استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره در انتخاب راهبردهای نگهداری و تعمیرات در صنایع نظامی انجام گرفته است. از جمله چین‌یانگ و همکاران در پژوهشی در سال ۲۰۱۴، به کاربرد شبیه‌سازی اثر شلاقی در رویکرد پویایی سیستم در سیستم زنجیره تأمین نگهداری و تعمیرات ارتش پرداختند. مطالعات قبلی نشان داده بودند که مشکلات نگهداری و تعمیرات در ارتش، اغلب به دلیل ماشین‌آلات فرسوده، پایایی تجهیزات، چرخه‌ی عمر سلاح‌ها و سازماندهی نامناسب به وجود می‌آمدند. آنها در پژوهش خود از نگرش پویایی سیستم برای شبیه‌سازی این قبیل مشکلات محیطی استفاده نمودند و استراتژی‌هایی را برای بهبود کارایی و اثربخشی در سیستم زنجیره تأمین ارائه دادند. این پژوهش، اصلی‌ترین عامل مشکلات نگهداری و تعمیرات را عدم کارایی منابع انسانی و روش‌های اصلاحی سطحی نگر بیان نمودند که منجر به بهبود یک قسمت و نه کل سیستم می‌شوند (گبایر، ۲۰۱۴).

دنیل^۱ و بنگت^۲، در مقاله‌ای در سال ۲۰۱۶، با عنوان "تجزیه و تحلیل کلی سیستم‌های تعمیرات و نگهداری چابک"، از حلقه‌های علی و معلولی و بازخوردهای موجود، برای نشان دادن ارتباطات علی بین عوامل مؤثر در این سیستم‌ها استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد نگرش تعمیر پذیری به عنوان نقطه تمرکز در تعمیرات و نگهداری چابک می‌باشد (چاترجی، ۲۰۱۲). جدول زیر خلاصه‌ای از تحقیقات انجام شده پیرامون چابکی نگهداری و تعمیرات ارائه می‌نماید:

¹ Daniel Tesfamariam

² Bengt Lindberg

جدول (۱) خلاصه‌ایی از تحقیقات انجام شده پیرامون چابکی نگهداری

ردیف	شاخص	پژوهشگران	ردیف	شاخص	پژوهشگران
۱	کارکنان توانمند	پینتلون (۲۰۱۱)	۳۱	مشارکت کارکنان	وورلی و لار (۲۰۱۰)
۲	کارکنان چند مهارته	پلونک (۱۹۹۷)، شریهی و همکاران (۲۰۰۷)	۳۲	مدیریت تغییر	مادو (۲۰۱۴)
۳	بهبود مستمر	اگلمز (۲۰۱۴)	۳۳	انعطاف پذیری	مانو (۲۰۱۲)
۴	تصمیم گیری چابک	اگلمز (۲۰۱۴)	۳۴	کاهش پیچیدگی سیستم	
۵	تطابق با تغییر	اچی اس یو (۲۰۱۱)	۳۵	یکپارچه سازی	یوسف و همکاران (۱۹۹۹)
۶	یادگیرندگی سازمانی	مادو (۲۰۱۴)	۳۶	برنامه ریزی مواد و موجودی ها	یوسف و همکاران (۱۹۹۹)
۷	قابلیت تعمیر پذیری	موبریجان (۱۳۹۵)	۳۷	بهبود کیفیت	یوسف و همکاران (۱۹۹۹)
۸	نت خودکار	موبریجان (۱۳۹۵)	۳۸	صلاحیت تامین کنندگان	یوسف و همکاران (۱۹۹۹)
۹	مدیریت کیفیت جامع	موبریجان (۱۳۹۵)	۳۹	پاسخویی چابک	یوسف و همکاران (۱۹۹۹)
۱۰	ففسن آوری اطلاعات	مانو (۲۰۱۲)	۴۰	به اشتراک گذاری اطلاعات	فتوحی و همکاران (۱۳۹۴)
۱۱	انعطاف پذیری	مانو (۲۰۱۲)	۴۱	استفاده از فن آوری های نوین	فتوحی و همکاران (۱۳۹۴)
۱۲	مدیریت ارتباط با مشتری	مانو (۲۰۱۲)	۴۲	مدیریت دانش تعمیرات و نگهداری	اچی اس یو (۲۰۱۱)
۱۳	ارتباط مستمر با شرکا	مانو (۲۰۱۲)	۴۳	توسعه واحد R&D	اچی اس یو (۲۰۱۱)
۱۴	رهبری تحول گرا	مانو (۲۰۱۲)	۴۴	تدوین چشم انداز	موبری جان (۱۳۹۵)
۱۵	استفاده موثر از زمان	مانو (۲۰۱۲)	۴۵	اعتماد تامین کنندگان	موبری جان (۱۳۹۵)
۱۶	تدوین استراتژی ها	مانو (۲۰۱۲)	۴۶	آموزش مبتنی بر هدف	موبری جان (۱۳۹۵)

ردیف	شاخص	پژوهشگران	ردیف	شاخص	پژوهشگران
۱۷	برنامه ریزی آموزشی نگهداری و تعمیرات	اصلی زاده (۱۳۹۰)	۴۸	تعهد مدیران عالی	اگلمزا (۲۰۱۴)
۱۸	اجرا آموزش	اصلی زاده (۱۳۹۰)	۴۸	استفاده از نرم افزار های کاربردی	فنگ (۲۰۱۲)
۱۹	مدیریت تیمی	پانرسلوم (۲۰۰۲)	۴۹	تحلیل علمی عوامل شکست	فنگ (۲۰۱۲)
۲۰	ارتقاء چرخه عمر	پانرسلوم (۲۰۰۲)	۵۰	اصلاح سطحی نگری	فنگ (۲۰۱۲)
۲۱	مدیریت ساخت	پانرسلوم (۲۰۰۲)	۵۱	ارتقاء کارایی منابع انسانی	فنگ (۲۰۱۲)
۲۲	ارزیابی عملکرد هدفمند	موبری جان (۱۳۹۵)	۵۲	هوشمند سازی سیستم	موبری جان (۱۳۹۵)
۲۳	سامانه های شبیه ساز نت	موبری جان (۱۳۹۵)	۵۳	آموزش های مهارتی	اصلی زاده (۱۳۹۰)
۲۴	ارزیابی دوره ای	موبری جان (۱۳۹۵)	۵۴	نگرش خطا ناپذیری ^۱	اصلی زاده (۱۳۹۰)
۲۵	محاسبات قابلیت اطمینان	موبری جان (۱۳۹۵)	۵۵	تست رفتار مدل نت	اصلی زاده (۱۳۹۰)
۲۶	تعدد تامین کنندگان	وانگا (۲۰۱۲)	۵۶	کنترل کیفیت آماری	اصلی زاده (۱۳۹۰)
۲۷	کارکنان منعطف	شریفی و ژانگ (۱۹۹۹)	۵۷	ارزیابی تامین کنندگان	موبری جان (۱۳۹۵)
۲۸	آموزش تامین کنندگان	اصلی زاده (۱۳۹۰)	۵۸	به کارگیری RFID	ماهاجان (۲۰۰۵)، آوین (۲۰۰۴)
۲۹	کنترل پایایی سیستم	وانگا (۲۰۱۲)	۵۹	ارتباطات مبتنی بر فناوری اطلاعات	ماهاجان (۲۰۰۵)، آوین (۲۰۰۴)
۳۰	مدیریت جهادی در نت	فتوحی وهمکاران (۱۳۹۴)	۶۰	رویکرد مبتنی بر هدف	موبری جان (۱۳۹۵)

مستند به ادبیات پژوهشی فوق در این مطالعه محققان در صدد هستند به سوالات زیر پاسخ بدهند:

۱. عوامل مؤثر بر چابکی در نگهداری و تعمیرات در صنایع کشتی سازی نظامی کدامند؟
۲. رتبه بندی عوامل مؤثر بر چابکی در نگهداری و تعمیرات در صنایع کشتی سازی نظامی چگونه است؟
۳. مدل نگهداری و تعمیرات چابک در صنایع کشتی سازی نظامی چگونه است؟

^۱ -Poka yoke

روش تحقیق

در این تحقیق به دنبال ارائه مدلی برای چابک سازی نگهداری و تعمیرات در صنایع با تکنولوژی بالا^۱ و به طور خاص صنایع کشتی سازی نظامی هستیم تا در تحقق اهداف نیروی دریایی راهبردی ارتش به کارگیرد لذا این تحقیق از تحقیقات کاربردی می باشد. در طبقه بندی انواع تحقیقات بر اساس روش، این تحقیق توصیفی و از نوع اکتشافی می باشد، زیرا آنچه را که هست توصیف و تفسیر می کنیم و به شناسایی عوامل مؤثر بر چابکی در سیستم تعمیرات و نگهداری می پردازیم.

جامعه آماری این تحقیق کلیه مدیران، کارکنان و فعالان در عرصه تعمیرات و نگهداری در نیروی دریایی ارتش که در کارخانجات منطقه یکم، دوم و چهارم و نیز سازمان جهاد خودکفایی نداجا مستقر هستند، می باشند. با توجه به اینکه این تحقیق در دو فاز انجام می گیرد، به منظور جمع آوری اطلاعات ابتدا در فاز نخست ۱۰ نفر از خبرگان حوزه تحقیق از روش دلفی فازی به شناسایی عوامل مؤثر بر چابکی نت می پردازند. در فاز دوم به منظور اولویت بندی عوامل شناسایی شده، اطلاعات از فرماندهان یگان های شناور استخراج و حجم نمونه ای فاز بر اساس روش نمونه گیری هدفمند ۲۰ نفر تعیین شد.

در این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش دلفی فازی و روش پرومته II استفاده می شود. دلفی یک نظرخواهی تخصصی برای پیش بینی آینده است که بر اساس آن می توان نتایج مختلف را استخراج کرد. این روش ضمن سادگی، از اطمینان بالایی نیز برخوردار است، به طوری که برای جمع آوری و تلخیص نظرها در حیطه ای معین به کار می رود (فتحی، ۱۳۸۱). در این پژوهش در ابتدا به منظور شناسایی عوامل مؤثر بر نگهداری و تعمیرات چابک در صنایع حمل نقل دریایی در حوزه نظامی از روش دلفی فازی استفاده شده است. روش دلفی، از جمله روش های ذهنی - شهودی حوزه ای آینده نگاری به شمار می آید. مؤسسه رند این روش را در دهه ی ۱۹۵۰ در سانتامونیکا (ایالت کالیفرنیا) و در جریان پژوهش در عملیات توسعه داد. نام این روش برگرفته از معبد اساطیری یونان است. وودنبرگ (۱۹۹۱)، یادآور می شود که نام «دلفی» را نخستین بار یک استادیار فلسفه در دانشگاه یوسی ال ای به نام کاپلان به کار برد. کاپلان این عبارت را در جریان فعالیتی پژوهشی با همکاری موسسه رند در زمینه ی کاربرد پیش بینی های کارشناسی در تصمیم گیری رایج ساخت. کاپلان و همکاران (۱۹۵۰) با اشاره به «اصل پیش گویی مکاشفه آمیز» این رویکرد را گونه ای از پیش بینی غیر سفته آمیز می نامند و آن را گزاره ای می دانند که «درستی» یا «نادرستی» آن روشن نیست. بر این منوال، «دلفی» در روش آینده نگاری مدرن چیزی فراتر از یک نام است. عبارات کلامی مرتبط با تأثیر گذاری معیارها به شرح زیر می باشد: خیلی کم (۱/۱/۳)، کم (۱/۳/۵)، متوسط (۳/۵/۷)، زیاد (۵/۷/۹)، خیلی زیاد (۷/۹/۱۰).

پرومته I: روش پرومته از خانواده روش های رتبه بندی برتری بوده که شامل پرومته ۱ برای رتبه بندی قسمتی از گزینه ها و پرومته II برای رتبه بندی کامل گزینه ها است. این روش در دهه ۱۹۸۰ میلادی به وسیله دو دانشمند بلژیکی به نام ژتان پیر برنز^۲ و برتراند مارسکال^۳ برای انجام رتبه بندی ارائه شده است. این روش که جهت رتبه بندی عوامل مؤثر بر نگهداری و تعمیرات چابک در سامانه های حمل نقلی نظامی مورد استفاده قرار گرفته است به وسیله نرم افزار Visual promethee قابل انجام بوده و صورت زیر مراحل آن خلاصه می گردد:

تعیین میزان تفاوت ارزیابی هر دو گزینه، نسبت به هر معیار:

$$Dj(a,b)=gj(a)-gj(b)$$

که در آن $gj(a)$ و $gj(b)$ به ترتیب، نمایانگر ارزیابی گزینه های a و b نسبت به معیار j ام است. همچنین $dj(a,b)$ نشان دهنده میزان تفاوت می باشند.

1- High technology

2- Berenz

3- Marskal

به کارگیری تابع ترجیحات:

$$P_j(a,b) = F_j[d_j(a,b)] \quad a, b \in A$$

که در آن، $P_j(a,b)$ نشان دهنده ترجیح گزینه a به گزینه b در هر معیار، به صورت تابعی از $d_j(a,b)$ است.

محاسبه شاخص ترجیحی دو گزینه بر پایه تمامی معیارها:

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k P_j(a,b) w_j, \quad \forall a, b \in A \quad (2)$$

که در آن $\pi(a,b)$ از مقدار ۰ تا ۱ به صورت مجموع موزون $P_j(a,b)$ برای هر معیار، تعریف شده و W_j نشانگر وزن معیار j ام می باشد.

محاسبه جریان رتبه بندی برتری:

$$\begin{aligned} \text{phi}_+(a) &= \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \\ \text{phi}_-(a) &= \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \end{aligned} \quad (3)$$

که در آن phi نشان دهنده جریان رتبه بندی برای هر گزینه می باشد و از تفاضل phi مثبت و منفی بدست می آید (برنس و مارشال، ۱۹۸۴).

یافته های تحقیق

به منظور شناسایی این شاخص ها، لیست کامل شاخص ها به صورت پرسشنامه در اختیار خبرگان قرار گرفت و در نهایت با تکنیک دلفی فازی ۲۰ شاخص به عنوان شاخص تأثیرگذار بر نت چابک در صنایع حمل و نقل دریایی به صورت جدول زیر تعیین شدند:

جدول (۲) شاخص های شناسایی شده

ردیف	عنوان	نماد	ردیف	عنوان	نماد
۱	انعطاف پذیری	C1	۱۱	تصمیم گیری سریع	C11
۲	نت خودکار	C2	۱۲	تطابق با تغییر	C12
۳	یکپارچه سازی و پیچیدگی کم	C3	۱۳	یادگیرندگی سازمانی	C13
۴	قابلیت ها و زیر ساخت فناوری اطلاعات	C4	۱۴	قابلیت تعمیر پذیری	C14
۵	مدیریت تغییر	C5	۱۵	استفاده از نرم افزارهای متناسب با چابکی	C15
۶	بهبود مستمر	C6	۱۶	پاسخگویی سریع	C16
۷	بهبود کیفیت	C7	۱۷	استفاده از فناوری های نوین	C17
۸	برنامه ریزی مواد و موجودی ها	C8	۱۸	کارکنان توانمند و چند مهارته	C18
۹	آموزش مؤثر کارکنان	C9	۱۹	مشارکت کارکنان	C19
۱۰	اعتماد و صلاحیت تأمین کنندگان	C10	۲۰	به اشتراک گذاری فعال اطلاعات با شرکا	C20

همچنین در تعیین معیارهای اولویت بندی نیز خبرگان بر ۴ معیار زیر به اجماع رسیدند:

- I. هزینه اجرا
- II. سرعت در اجرا
- III. قابلیت اجرا
- IV. هماهنگی با مأموریت سازمان

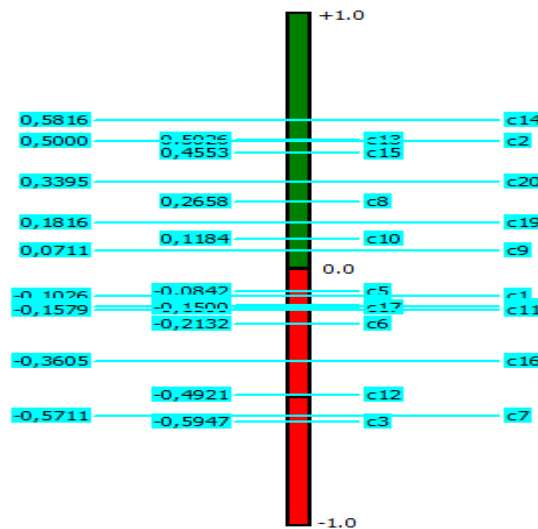
جدول زیر محاسبات مرتبط با روش اولویت بندی پرموته ۲ را نشان می‌دهد که در آن Phi مثبت و منفی مشخص شدند:

جدول (۳) Phi مثبت و منفی

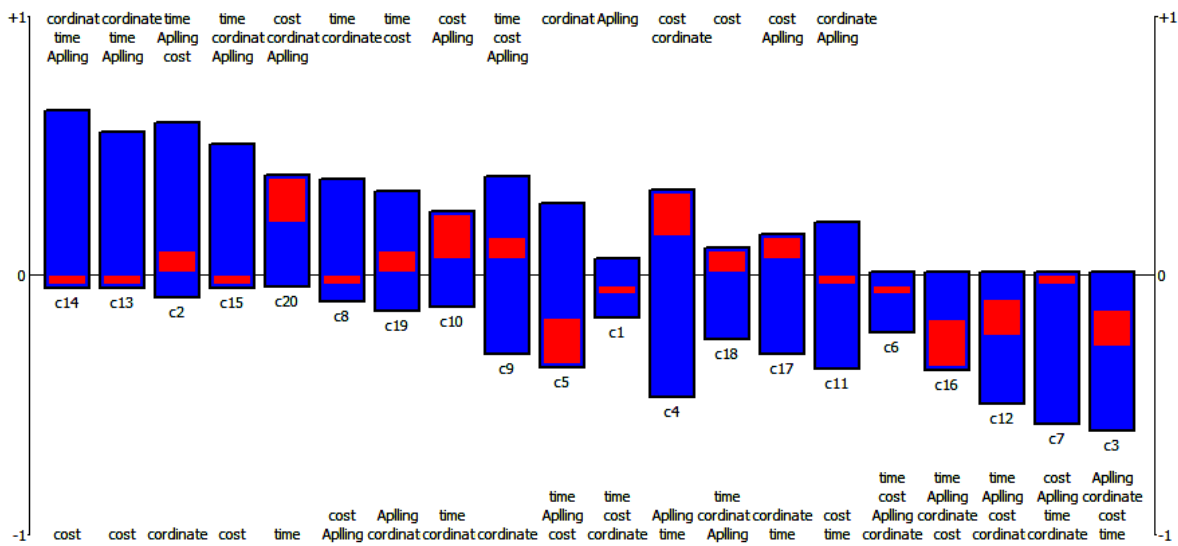
Phi-	Phi+	Phi	Action	
0,1026	0,6842	0,5816	c14	1
0,1263	0,6289	0,5026	c13	2
0,1579	0,6579	0,5000	c2	3
0,1500	0,6053	0,4553	c15	4
0,2000	0,5395	0,3395	c20	5
0,2289	0,4947	0,2658	c8	6
0,2553	0,4368	0,1816	c19	7
0,2789	0,3974	0,1184	c10	8
0,3737	0,4447	0,0711	c9	9
0,4526	0,3684	-0,0842	c5	10
0,3632	0,2605	-0,1026	c1	11
0,5105	0,3684	-0,1421	c4	12
0,4211	0,2737	-0,1474	c18	13
0,4579	0,3079	-0,1500	c17	14
0,4684	0,3105	-0,1579	c11	15
0,4184	0,2053	-0,2132	c6	16
0,5237	0,1632	-0,3605	c16	17
0,6447	0,1526	-0,4921	c12	18
0,7079	0,1368	-0,5711	c7	19
0,6868	0,0921	-0,5947	c3	20

شکل (۲) و (۳) مدل PrometheeGAIA را به ترتیب در حالت promethee Ranking و promethee rainbow

نشان می‌دهد:

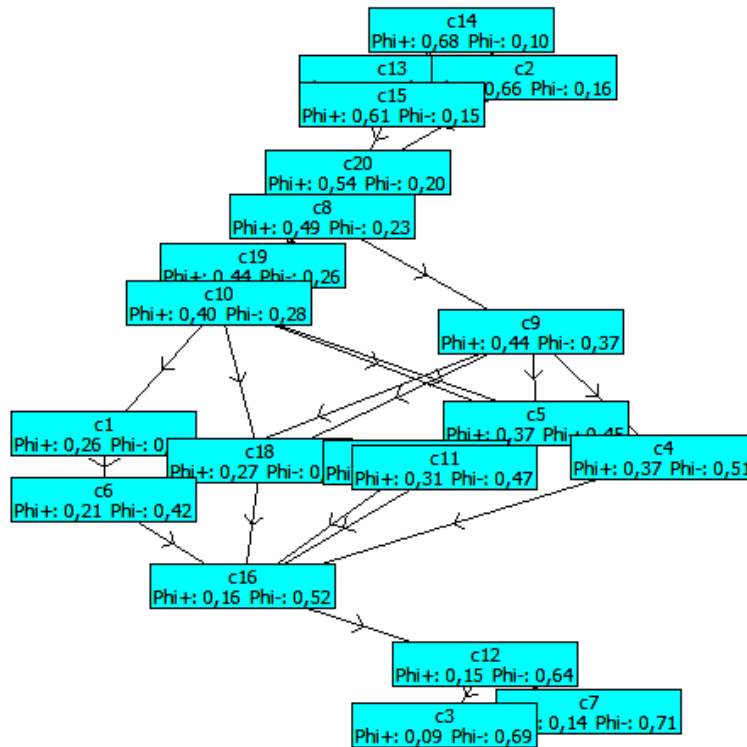


شکل (۲) promethee Ranking



شکل (۳) promethee rainbow

و در نهایت شکل (۴) Promethee Network را به عنوان مدل اولویت بندی تعمیرات و نگهداری چابک را در صنایع کشتی سازی نظامی نشان می دهد:



شکل (۴) Promethee Network

بحث و نتیجه‌گیری

نگهداری و تعمیرات، نقش مهمی را در حفظ پایایی، در دسترس بودن، کیفیت تولیدات، کاهش ریسک، افزایش بازدهی، امنیت تجهیزات بر عهده دارد. با توجه به تصورات و تفسیرهای ناقص و غیر علمی حاکم بر ذهن بسیاری از مدیران و حتی کارشناسان و شاغلان در امر نگهداری و تعمیرات، اهمیت این تعریف پررنگ‌تر و حساس‌تر می‌شود.

هر چند که حوزه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، یکی از مهم‌ترین روش‌های مطرح و کاربردی در این شاخه از علم هست اما نمی‌توان آن را تنها در این حوزه تصور کرد. برخی نیز، مفهوم و اساس نگهداری را در نوع و یا نحوه اجرای یک یا چند عمل خاص و مقدماتی، مثل روغن‌کاری محدود می‌کنند، گاهی نیز نگهداری و تعمیرات را به عنوان یک واکنش و عمل سریع در یک شرایط بحرانی برای تعمیر دستگاه‌ها معنا می‌کنند.

اگر چه سرعت، یکی از شاخص‌های مهم در این زمینه است، اما مسلماً تنها شاخص نیست. نگهداری و تعمیرات یک هنر است؛ چرا که پیش از وقوع یک مشکل و همچنین در هنگام وقوع آن، توانایی انتخاب رویکردها و فعالیت‌های مختلف وجود دارد. لذا مدیران، سرپرستان و کارشناسان و مسئولان نگهداری و تعمیرات از نقش پررنگ‌تری نسبت به سایر پارامترهای دیگر حتی «ماهیت مشکل ایجاد شده» برخوردار خواهند بود.

در این مقاله سعی بر آن بود تا در جهت حل مسائل پیچیده و چند رشته‌ای دنیای کنونی به ویژه مدیریت نگهداری و تعمیرات در صنایع حمل و نقل دریایی روشی مناسب و سیستمی ارائه شود؛ چرا که حل مسائل مذکور با روش‌های سنتی فعلی با محدودیت‌ها و مشکلاتی، همراه خواهد بود و قادر به ارائه نتایج کاملاً واقعی نیست. برای این منظور، یکی از روش‌های مناسب، استفاده از رویکرد چابکی در سیستم نگهداری و تعمیرات است. واضح است که تحولات به صورت یکباره رخ نمی‌دهند و فرآیندی پویا دارند و به همین دلیل، از تعامل متقابل عوامل مختلف ناشی می‌گردند؛ چون درک و کنترل پدیده‌های پویا به سادگی انجام نمی‌شود؛ منجر به افزایش پیچیدگی در آنها می‌گردد که این امر، تشخیص جهت مناسب برای تغییر را بسیار دشوار می‌کند. پس، یکی از چالش‌های عمده برای سازمان‌ها و به طور خاص سازمان‌های با تکنولوژی بالا، تشخیص تغییر مناسب و انجام فعالیت در جهت ایجاد آن است. بنابراین، باید مواردی همچون آماده بودن سازمان و کارکنان برای تغییر از طریق الگوسازی و محک‌زنی، اعلام سریع نتایج ملموس مربوط به اعمال تغییر برای کارکنان، یکپارچه‌سازی فعالیت‌های مختلف، ارائه روش‌های جدید و مؤثر، توجه به کلیه اهرم‌های تحول، شفاف نمودن منافع شخصی کارکنان، تعیین حدود مناسب برای اعمال تغییر در زمینه نگهداری و تعمیرات و برای افزایش پایایی، جلب مشارکت کارکنان و برقراری ارتباط مناسب با کلیه دست‌اندرکارانی که در امور نگهداری و تعمیرات، منشأ تأثیر بوده یا تحت تأثیر قرار خواهند گرفت؛ مورد توجه قرار گیرند.

همچنین، نگهداری و تعمیرات، نقش مهمی را در حفظ پایایی، در دسترس بودن، کیفیت عملیات‌ها، کاهش ریسک، افزایش بازدهی، امنیت تجهیزات بر عهده دارد.

همانطور که در قبل بیان شد و در حال حاضر مأموریت‌های فرا منطقه‌ای نیروی دریایی راهبردی و نیز تکنولوژی بالای تجهیزات نظامی دریایی، همواره این چالش را برای فرماندهان و مدیران سازمان ایجاد می‌نماید که راهکار چابکی در نت در چیست و اولویت بندی این راهکارها کدامند. در این رابطه شناسایی شاخص‌ها و در گام بعد اولویت بندی شاخص‌های نت چابک، نقش مؤثری در ارتقاء کارایی و اثربخشی تجهیزات در مأموریت‌های منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای نداجا خواهد داشت. امروزه در تحقیقات بسیار زیادی عوامل مؤثر بر چابکی به طور مثال در حوزه تولید، خدمات و ... تعیین و به آنها اشاره شده است، اما در هیچ یک از تحقیقات گذشته تحقیقی جامع در باره تلفیق رویکرد چابکی و نگهداری و تعمیرات و از همه

مهم‌تر در صنعت کشتی سازی نظامی ارائه نشده است. در واقع نوآوری این تحقیق شناسایی و اولویت بندی شاخص‌های مرتبط با نت چابک در صنعت کشتی سازی نظامی است.

بر این اساس، با توجه به مطالعه ادبیات عوامل مؤثر بر چابکی در حوزه‌های مرتبط با نت در بیست سال گذشته و بر مبنای مدل عملیاتی تحقیق، ۶۰ شاخص تأثیرگذار استخراج شد. پس از مطالعه ادبیات مرتبط با حوزه نت چابک و نیز بر مبنای روش دلفی فازی ۲۰ شاخص تأثیرگذار بر نت چابک در صنعت کشتی سازی نظامی انتخاب گردیدند که شامل: انعطاف پذیری، پاسخگویی سریع، یکپارچه‌سازی و پیچیدگی کم، یادگیرندگی سازمان، مدیریت تغییر، بهبود مستمر، بهبود کیفیت، برنامه ریزی مواد و موجودی‌ها، آموزش مؤثر کارکنان، اعتماد و صلاحیت تأمین کنندگان، تصمیم‌گیری سریع، تطابق با تغییر، قابلیت‌ها و زیر ساخت فناوری اطلاعات، به اشتراک گذاری فعال اطلاعات با شرکا، استفاده از نرم افزارهای متناسب با چابکی، نت خودکار، استفاده از فناوری‌های نوین، کارکنان توانمند و چند مهارته، مشارکت کارکنان، قابلیت تعمیر پذیری می‌باشد. همچنین خبرگان حوزه پژوهش چهار معیار را جهت اولویت بندی عوامل مرتبط با نت چابک در صنایع کشتی سازی نظامی انتخاب کردند که شامل: هزینه اجرا، سرعت در اجرا، قابلیت اجرا و هماهنگی با مأموریت سازمان می‌باشد. همچنین در اولویت بندی انجام شده به روش پرومته ۲ مشخص گردید قابلیت تعمیرپذیری در ساخت تجهیزات به عنوان اصلی‌ترین عامل در نت چابک مؤثر است. بر همین اساس یادگیرندگی سازمان، نت خودکار، استفاده از نرم افزارهای متناسب با چابکی، به اشتراک گذاری فعال اطلاعات با شرکا، برنامه ریزی مواد و موجودی‌ها، مشارکت کارکنان، اعتماد و صلاحیت تأمین کنندگان، آموزش مؤثر کارکنان، مدیریت تغییر، انعطاف پذیری، قابلیت‌ها و زیر ساخت فناوری اطلاعات، کارکنان توانمند و چند مهارته، استفاده از فناوری‌های نوین، تصمیم‌گیری سریع، بهبود مستمر، پاسخگویی سریع، تطابق با تغییر، بهبود کیفیت، یکپارچه سازی و پیچیدگی کم در اولویت‌های بعد قرار دارند. با توجه به اینکه قابلیت تعمیر پذیری به عنوان عامل پیش‌تاز در نت چابک در صنعت هایتک کشتی سازی نظامی مطرح است، پیشنهاد می‌گردد این راهبرد به عنوان رویکردی در یگان‌های عمده ساخت تجهیزات نادجا در نظر گرفته شود.

منابع

- اصلی‌زاده، احمد؛ "کاربرد رویکرد سیستمی در حل مسئله اشتغال از طریق مدیریت بهینه آموزش مهارت"؛ اولین کنفرانس ملی رویکرد سیستمی؛ ۱۳۹۰.
- آقایی، رضا، آقایی، اصغر، ناجی زاده، محمد حسین. شناسایی و رتبه بندی شاخص های مؤثر بر تعمیرات و نگهداری چابک با رویکرد دلفی فازی و دی متل فازی، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشگاه تهران، دوره ۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴.
- جعفر نژاد، احمد (۱۳۸۹). مدیریت تولید و عملیات نوین، انتشارات دانشگاه تهران.
- جعفر نژاد، احمد، شهابی، بهنام، (۱۳۸۶)، مقدمه ای بر چابکی سازمانی و تولید چابک. تهران: موسسه کتاب مهربان نشر خلیج، مهران، استراتژی های تغییر و تحول در مدیریت نگهداری و تعمیرات سازمانها، سومین ملی کنفرانس تعمیر و نگهداری، آبان ۱۳۸۷.
- سید حسینی، سید محمد (۱۳۹۵)، مدیریت سیستم های تعمیر و نگهداری ناب، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
- صنعی منفرد، محمدعلی؛ افتخار اردبیلی، مریم؛ "اتوماسیون سیستم‌های نگهداری و تعمیرات خودرو به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی"؛ مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات؛ ۱۳۹۳.
- فارس‌جانی، حسن (۱۳۸۹). روش‌های تولید و عملیات در کلاس جهانی، انتشارات سمت.

فارس‌جانی، حسن (۱۳۸۶). کلاس جهانی سازمان‌ها و مدیریت کیفیت جامع، انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران. فتوحی فیروزآبادی، محمود؛ افشار، کریم؛ "تعیین حساسیت شاخص‌های قابلیت اطمینان سیستم تولید نسبت به مشخصات سیستم؛" مجموعه مقالات هیجدهمین کنفرانس بین‌المللی برق؛ ۱۳۹۴

فقیه، نظام الدین؛ باقرپور، مرتضی؛ حسنی، سمانه؛ "برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات؛" سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی؛ چاپ اول؛ ۱۳۹۳.

فقیه، نظام الدین؛ باقرپور، مرتضی؛ حسنی، سمانه؛ "برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات؛" سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی؛ چاپ اول؛ ۱۳۹۱.

کاظمی عباس، کسایی مسعود (۱۳۸۵)، مدیریت تولید و عملیات، چاپ دوم، انتشارات سمت

محمودی، محمود؛ بکارگیری روش‌های خطاناپذیری در سیستم‌های نگهداری و تعمیرات سایت‌های کوچک و بزرگ صنعتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۸۵.

موبری، جان؛ (۱۳۹۵) "نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان؛" ترجمه زواشکیایی. علی و آزادگان. رضا؛ انتشارات آریانا قلم.

وحیدی، امین؛ "روش ترکیبی بر اساس مدل سیستم‌های زیننده و پویایی سیستم‌ها برای تحلیل و طراحی سیستم‌ها؛" پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع؛ دانشگاه صنعتی شریف؛ ۱۳۹۰.

- Boschian, V., Rezg, N. & Chelbi, A. (2014). Contribution of simulation to the optimization of maintenance strategies for a randomly failing production system. *European journal of operational research*, 197, 1142-1149.
- Brian, M. (2001). The age of agile manufacturing, supply chain management, an *International Journal*, 5, 1.
- Chatterjee, S., Bandopadhyay, S., (2012). Reliability estimation using a genetic algorithm-based artificial neural network: An application to a load-haul-dump machine. *Expert Systems with Applications* 39, 10943–10951.
- Fan, C., ShuFan, P., ChannChang, P., (2010) .A system dynamics modeling approach for a military weapon maintenance supply system. *Int. J. Production Economics* 128, 457–469.
- Egilmez, G., Omer Tatari, O., (2014). A dynamic modeling approach to highway sustainability: Strategies to reduce overall impact; *Transportation Research Part A*, 46, 1086–1096.
- Feng, Y., (2012). System Dynamics Modeling for Supply Chain Information Sharing; 2012 International Conference on Solid State Devices and Materials Science; *Physics Procedia* 25, 1463 – 1469.
- Gebauer, H., Putz, F., Fischer, T., Wang, C. & Lin, J. (2014). Exploring maintenance strategies in Chinese product manufacturing companies. *Management research news*, 31(12), 941-950
- Hsu C.W. (2012). Using a system dynamics model to assess the effects of capital subsidies and feed-in tariffs on solar PV installations. *Appl Energy*, doi:10.1016/j.apenergy.2012.02.039.
- Keed, E., Feng, Q., (2016). A physics of failure based reliability and maintenance modeling framework for stent deployment and operation; *Reliability Engineering and System Safety* 103, 94–101.
- Madu, C. N. (2014). Competing through maintenance strategies. *International journal of quality & reliability management*, 17(9), 937-948.
- Manno, G., Chiacchio, F., Compagno, L., D'Urso, D., Trapani, N., (2012). MatCarloRe: An integrated FT and Monte Carlo Simulink tool for the reliability assessment of dynamic fault tree. *Expert Systems with Applications* 39, 10334–10342.
- Pintelon L. M., Gelders L. F. (2011). Maintenance management decision making. *European journal of operational research*, 58(3), 301-317.
- Sharif H and Zhang, Z (2001): Agile manufacturing in practice: Application of a methodology, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, No6/5, pp.794-811
- Utne, I. B. (2010). Maintenance strategies for deep sea offshore wind turbines. *Journal of quality in maintenance engineering*, 16(4), 367-381.

-
- Vaterz, D. (2005). Global logistics and distribution planning, Global logistics and distribution planning, University of Imam Hussein Publication
- Wanga, Y., Li, L., Huang, Sh., Chang, Q., (2012). Stochastics and Statistics Reliability and covariance estimation of weighted k-out-of-n multi-state systems. European Journal of Operational Research 221, 138–147.