

# اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر موفقیت برنامه نگهداری و تعمیرات هواپیما با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

محمد اعلائی\*<sup>۱</sup>، علی فرهادی<sup>۲</sup>، سید علی خوش‌چشم<sup>۳</sup>

۱- استادیار، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

۲- دکترای هوافضا، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد

(دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۵)

## چکیده

لزوم حفظ سرمایه‌های کشور، استفاده عقلانی و برنامه‌ریزی‌شده به همراه ارزیابی و نگهداری و تعمیرات به‌موقع ماشین‌آلات و تجهیزات را الزامی می‌سازد. از این رو این پژوهش با هدف اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات هواپیما در نهانجا انجام شده است. این پژوهش، از لحاظ هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی - پیمایشی است که با رویکرد کمی انجام شده است. جامعه آماری پژوهش، کارشناسان نگهداری و تعمیرات نیروی هوایی ارتش ج.ا.ا می‌باشند که با یک ضریب حفاظتی، تعداد ۷۵ نفر از آنان به عنوان نمونه آماری انتخاب و به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، از آزمون آماری T استیودنت، ANP فازی و دیمتل فازی استفاده شده است. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که «منابع انسانی»، «منابع سرمایه‌ای»، «عوامل اقتصادی»، «منابع انسانی کارفرمایی» و «سن ناوگان هوایی» بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات تأثیر دارند. از بین این عوامل؛ «منابع انسانی»، «منابع کارفرمایی انسانی»، «منابع سرمایه‌ای» و «سن ناوگان هوایی» بر «عوامل اقتصادی» تأثیر زیادی می‌گذارند و در نهایت، «عوامل اقتصادی» در رتبه اول، «منابع انسانی کارفرمایی»، «منابع سرمایه‌ای»، «سن ناوگان» و «منابع انسانی» در رتبه‌های بعدی قرار دارند. به منظور صرفه‌جویی اقتصادی و مقابله با شرایط خاص حاکم بر کشور (شرایط اقتصادی و سیاسی) در شرایط کنونی که امکان خرید ناوگان را سخت یا غیرممکن می‌سازد، موضوع نگهداری و تعمیرات بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد و از آخرین یافته‌های علمی و الگوهای نگهداری و تعمیرات استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: نگهداری و تعمیرات هواپیما، نت پیشگیرانه، ANP فازی، دیمتل فازی

## Prioritizing the Factors Affecting on Success Implementation of Maintenance Program Using Multi-criteria Decision-Making Techniques

Mohammad Aelaei, Ali Farhadi and Seyyed Ali Khoshcheshm

### Abstract

It is necessary to maintain the capital of the country, rational and planned utilization, evaluation and maintenance of machinery and equipment in due time. Therefore, this research aims to prioritize the factors affecting the success of the maintenance program in the NEHAJA. This research is a practical and descriptive survey method with a quantitative approach. The statistical population of the study is the maintenance experts of the army of the Republic of Iran with a protective factor, 75 of them were selected as statistical sample. To analyze the data, T-test, Fuzzy ANP and Fuzzy DMF were used. The research findings indicate that "human resources", "capital resources", "economic factors", "employer human resources" and "age of the aircraft" affect the success of the maintenance program. Among these factors, "human resources", "human resources employer", "capital resources" and "age of the aircraft" have a great influence on "economic factors", and finally, "agents economics" rank first, and "employer human resources", "capital resources", "aircraft age" and "human resources" are next. In order to save financial resources and the specific economic conditions of the country (economic and political conditions), which makes it impossible to buy the aircraft, the issue of maintenance and repair is more and more to be considered and the latest scientific findings.

**Key words:** Aircraft Maintenance, Preventive Maintenance, Fuzzy ANP, Fuzzy Dematel

## مقدمه

نیست. این مهم زمانی بیشتر نمایان می‌شود که بیشتر تجهیزات قبل از پایان عمر مفید دچار خرابی می‌شوند و هر خرابی می‌تواند سبب از کار افتادن کل ناوگان شود. در نتیجه اگر پیش از هر خرابی، برای درمان آن فکری شده باشد، با سرعت بیشتری می‌توان این خرابی را برطرف کرد.

با توجه به اهمیت مبحث نگهداری و تعمیرات هواپیماها، در این تحقیق به بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته شده است. بنابر آنچه گفته شد مهمترین سئوالی که این پژوهش به دنبال پاسخ به آن است، عوامل مؤثر بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات کدامند و اولویت‌های این عوامل به چه صورت است؟ عدم دسترسی به اطلاعات دقیق از پارامترهای مدل به دلیل طبقه‌بندی اطلاعات از نظر محرمانه بودن و عدم وجود منابع داخلی در زمینه تحقیق صورت گرفته به منظور مقایسه نتایج بدست آمده با دیگر سازمان‌ها از جمله محدودیت‌هایی بود که نگارندگان با آن مواجه بودند.

## مروری بر مبانی نظری

نگهداری و تعمیرات دو مفهوم بسیار مهم و دو مقوله اساسی هستند که تحقق و عمل به آنها موجب بقا و تداوم فعالیت‌ها و کاهش هزینه‌ها را فراهم می‌آورند [۳]. در برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات، هر یک از آنها با مفهوم خاص خود به کار می‌آیند. مجموعه فعالیت‌هایی که به‌طور مشخص و معمولاً به‌صورت برنامه‌ریزی شده و با هدف جلوگیری از خرابی ناگهانی ماشین‌آلات و تجهیزات و تأسیسات انجام گرفته و با این کار قابلیت اطمینان و در دسترس بودن آنها را افزایش می‌دهیم، فعالیت‌های نگهداری گویند [۴]. تعمیرات، شامل مجموعه فعالیت‌هایی است که بر روی یک سیستم یا وسیله‌ای که دچار خرابی و یا از کارافتادگی گردیده، انجام می‌دهیم تا آن را به حالت آماده و قابل بهره‌برداری بازگردانده و در جهت انجام وظیفه‌ای که به آن محول گردیده است، آماده‌اش سازند [۴]. از کارافتادگی هر وسیله یا سیستم، یک متغیر تصادفی است که می‌توان وقوع آن را به‌صورت تخمینی پیش‌بینی کرده و برای

امروزه نگهداری و تعمیرات از تجهیزات صنعتی به دلیل گرانی وارد کردن تکنولوژی جدید و خرید تجهیزات نو به یک موضوع در حال رشد در محیط‌های کسب و کار تبدیل شده است. نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر<sup>۱</sup> (TPM) یک رویکرد ژاپنی است که به‌منظور به حداکثر رساندن اثربخشی تجهیزاتی که در فعالیت‌های اقتصادی استفاده می‌شود، طراحی شده است. TPM برنامه‌ای است دربردارنده یک مفهوم جدید به‌منظور نگهداری تجهیزات، ماشین‌آلات، ابزارآلات و کل فرآیند که جدیداً مطرح شده است. هدف از این برنامه، افزایش در تولید، کاهش زمان تولید، افزایش دلگرمی و رضایت کارکنان می‌باشد [۱]. TPM یک روشی است که کل ساختار سازمان را برای استفاده حداکثری از تجهیزات موجود با استفاده از فلسفه تجهیزات مدیریت‌گرا تحت پوشش قرار می‌دهد [۲].

سیستم نگهداری و تعمیرات در کلیه صنایع، به‌ویژه صنایع هوایی و آن هم در صنایع هوایی دفاعی اهمیت زیادی دارد. نیروی هوایی به دلیل تحریم‌های ۴۰ ساله نظامی و استفاده از تجهیزات و هواپیماها در طول هشت سال جنگ تحمیلی و سایر ماموریت‌های محوله، از وضعیت خاصی برخوردار می‌باشد. سیستم نگهداری و تعمیرات پیشرفته یکی از سرمایه‌هایی است که هر کشوری برای پیشرفت صنعت هوایی خود می‌تواند در اختیار داشته باشد و چنین سیستمی اگر به خوبی سازمان‌دهی شود، می‌تواند با انجام صحیح و به‌موقع دستورالعمل‌های نگهداری و تعمیرات، از بروز خرابی‌ها جلوگیری نماید. سیستم نگهداری و تعمیرات اگر نتواند همگام با پیشرفت‌های علمی (خصوصاً با توجه به پیشرفت‌هایی که در نیروی هوایی ارتش سایر کشورها صورت گرفته) حرکت نماید، آینده قدرت و به تبع آن امنیت کشور در حوزه دفاع هوایی با چالش مواجه خواهد شد.

عدم توجه به نت و توقف در روش‌های قدیمی نگهداری و تعمیر، در آینده‌ای نه‌چندان دور سبب جوابگو نبودن تجهیزات نگهداری و تعمیرات و هم‌چنین تحمیل هزینه‌های دیده نشده به نت و عدم آماده‌به‌کاری تجهیزات نظامی نیروی هوایی می‌گردد. به همین جهت ضرورت این موضوع بر کسی پوشیده

هر هواپیما در طول دوران حیاتش باید جهت ایمنی در دوره‌های زمانی خاصی مورد بازرسی فنی قرار بگیرد. این زمان‌ها با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه عملیاتی هواپیما متغیر می‌باشد. همچنین میزان سیکل پروازی و اینکه هواپیما چه تعداد تیک‌آف یا لندینگ داشته همراه با ساعت پروازی زمان رسیدن به چک‌های دوره‌ای را مشخص می‌کند [۱۰]. هواپیماها به‌طور معمول ۴ نوع چک تعمیراتی را پشت سر می‌گذارند:

- چک A اولین چک و بازبینی برای هواپیماهاست. به‌طور معمول از نظر زمانی برابر با یک ماه تا یک ماه و اندی و از نظر عملیاتی هر ۵۰۰ ساعت پرواز زمان فرارسیدن این چک هست. برای این چک معمولاً در همان رمپ هواپیما انجام گرفته و هواپیما از رده پروازی خارج نمی‌شود. به دلیل اینکه انجام این چک زمان زیادی لازم ندارد.
- دومین چک، چک B نام دارد، این چک بعد از چک A انجام می‌شود و از نظر زمانی سه الی ۴ ماه بعد از آخرین چک صورت می‌گیرد. این چک شباهت‌های زیادی با چک A داشته و در محوطه فرودگاه هم انجام پذیر می‌باشد.
- چک سوم، چک C نام دارد و در این چک هواپیما باید به آشیانه یا هنگر مراجعه کند و در آن قطعات مختلف هواپیما مورد بازبینی دقیق قرار می‌گیرد و اشکالات موجود برطرف می‌شود. زمان تقریبی فرارسیدن این چک به‌طور معمول بین یک سال تا یک سال و نیم هست. از نظر تعداد ساعات پروازی حداقل ۲۵۰۰ ساعت تا ۳۰۰۰ ساعت پروازی که از فعالیت هواپیما گذشته باشد، زمان C - Check فرا می‌رسد.
- سنگین‌ترین دوره بازبینی هواپیما را D - Check می‌گویند. در این دوره که به‌طور متوسط هر ۵ سال انجام می‌شود، قطعات هواپیما را کامل از بدنه جدا می‌کنند و هر قسمت جداگانه بررسی می‌گردد.

رفع و تعمیر آن، آمادگی لازم را از قبل احراز نمود. انجام این امر مستلزم اتخاذ تدابیر لازم و برنامه‌ریزی صحیحی است که تحت عنوان «برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات» نام‌گذاری شده است [۵].

هدف اصلی نگهداری و تعمیرات، اجتناب یا کاهش عواقب خرابی تجهیزات است. همچنین باعث افزایش قابلیت اطمینان، کاهش هزینه‌های جایگزینی و خرابی سیستم می‌شود [۶]. استراتژی نگهداری و تعمیرات، اهداف سازمان را آشکار می‌سازد و طبیعت کارکردهای اقتصادی و غیراقتصادی را که قصد دارد برای سازمان به شکل یکپارچه انجام دهد، تعریف می‌کند [۷].

صنعت نگهداری و تعمیرات<sup>۲</sup> در بخش هوانوردی، یکی از بخش‌های مهم و حیاتی صنعت هواپیمایی محسوب می‌شود؛ چراکه با داشتن یک نظام مدیریت نگهداری و تعمیرات بر اساس استانداردهای تعریف‌شده که فرایند مستمر بوده، می‌تواند ضمن حفظ سرمایه‌های ثابت، قابلیت اطمینان کارکرد هواپیما و سیستم‌های آن را بالا برده و بهبود ببخشد [۸]. بهره‌برداران با انجام امورات مربوطه از قبیل بازدیدها، بازرسی‌ها و تعمیرات لازم کلیه تجهیزات و سیستم‌های هواپیما را کنترل نموده و سعی در پایین آوردن درصد خرابی‌ها دارند. با انجام نگهداری و تعمیرات، درصد حادث شدن سوانح هوایی از سوی ماشین به حداقل ممکن پایین می‌آید و با افزایش قابلیت اطمینان کارکرد دستگاه‌ها و تجهیزات، هواپیما همیشه در خط عملیاتی آماده سرویس و خدمات‌رسانی بوده و درصد لغو پروازها به علت نقص فنی کاهش می‌یابد [۹].

نگهداری و تعمیرات هواپیما، بازدیدها و بازرسی‌هایی هستند که باید روی تمامی هواپیماها بعد از گذشت بازه زمانی خاص و یا استفاده از هواپیما صورت گیرد. در سطح بین‌المللی سازمان‌ها بایستی دارای یک برنامه مستمر بازرسی قابل قبول و استاندارد شده از سوی مراکز بین‌المللی از قبیل FAA<sup>۳</sup> (اداره هوانوردی ایالات متحده آمریکا)، EASA<sup>۴</sup> (آژانس ایمنی هوانوردی اروپا) و TC<sup>۵</sup> (حمل‌ونقل هوایی کانادا) جهت هواپیماها، موتور و پیش‌رانه‌های آنها را داشته باشند. هر بهره‌بردار از هواپیما، یک برنامه مستمر نگهداری و تعمیرات تحت نظر نهاد هوانوردی کشور خود تهیه می‌کند. این برنامه شامل تمامی بازدیدها و بازرسی‌های هواپیما و موتور بوده که بر اساس دستورالعمل‌های ارسالی از سوی شرکت‌های سازنده هواپیما و موتور تنظیم می‌شوند [۱۰].

نگهداری و تعمیرات نیاز به سیاست‌گذاری‌های سطح کلان در بینش‌های مدیریتی و سرمایه‌گذاری می‌باشد. بانک‌ها و شرکت‌های بیمه‌ای و اشخاص حقیقی و حقوقی می‌توانند به این صنعت ورود کرده و سرمایه‌گذاری لازم را انجام دهند [۱۱۰ و ۱۱۱].

**سن ناوگان هوایی:** بالا رفتن میانگین سن هواپیماهای سازمان، از کارافتادگی و خرابی‌های پیش‌بینی‌نشده را افزایش داده و نیرو را با چالش‌هایی مواجه نموده است. با بالا رفتن میانگین سن ناوگان هوایی و به دنبال آن تعمیرات بیش از اندازه قطعات، درصد زمین‌گیر شدن هواپیما زیادتر شده و باعث تحمیل هزینه‌های سنگین می‌گردد. عدم ورود ناوگان جدید نیز موجب ورود نشدن علم و تکنولوژی جدید به صنعت نگهداری و تعمیرات شده و منابع انسانی متخصص نیز از ارتقاء سطح معلومات در این صنعت بی‌بهره خواهند شد [۱۱].

**عوامل اقتصادی:** شاخص‌های مالی که تحت تاثیر مستقیم عوامل اقتصادی هستند، تاثیر مستقیم در توانمندی‌های نت دارند [۱۱۲]. زیائو و همکاران یک مدل بهینه‌سازی مشترک را برای به حداقل رساندن هزینه کل با معرفی هزینه نگهداری پیشگیرانه، حداقل هزینه تعمیر برای خرابی‌های غیرمنتظره و هزینه دیرکرد ارائه داده اند [۱۳] و همچنین بر جعلی‌لو و همکاران مدلی برای عملکرد تعمیرات و نگهداری هواپیما با اقتباس از الگوهای BSC و تعالی سازمانی ارائه کرده و بعد مالی و اقتصادی را یکی از ابعاد ارزیابی این حوزه معرفی نموده‌اند. [۱۴].

### پیشینه پژوهش

**تحقیقات داخلی:** بر جعلی‌لو و همکاران با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی به چگونگی ایجاد یک روش تصمیم‌گیری منسجم و ارائه یک مدل ریاضی جامع برای سنجش عملکرد نگهداری و تعمیرات در هواپیمایی هما پرداخته و سه معیار نیروی انسانی، ایمنی و کیفیت و مدیریت و برنامه‌ریزی را به همراه هجده شاخص کلیدی به عنوان ابزاری موثر برای تصمیم‌گیری معرفی کرده و پس از آن علل نوسان‌های شاخص‌ها را عارضه‌یابی و راهکارهای بهبود بهره‌وری را ارائه نموده‌اند [۱۴]. کریمی و محقر در مقاله‌ای با عنوان «اولویت‌بندی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات با استفاده از DEA/AHP» با رویکرد DEA/AHP [۱۵]، روشی جهت

هواپیماهای فرسوده در این چک مشخص و از رده خارج می‌شوند. امکانات تعمیراتی در این چک فراتر از مراکز تعمیراتی متوسط هست و باید در پایگاه‌های عملیاتی قدرتمند (مثل لوفت‌هانزا) انجام شوند. اکثر ایرلاین‌ها این سطح از نگهداری و تعمیرات را ندارند و مراکز منطقه‌ای و جهانی جوابگوی این کار هستند.

از نظر زمانی این چک بیشتر از همه هواپیما را از خط پروازی دور نگه می‌دارد و میزان هزینه‌ها در این چک چند میلیون دلار هست؛ بنابراین باید دارای صرفه اقتصادی در آن شرکت باشد تا هواپیماها بعد از D-Check مجدداً به خط پرواز برگردند.

عوامل مؤثر در صنعت نگهداری و تعمیرات هواپیما شامل موارد زیر می‌باشد:

**منابع انسانی:** منابع انسانی از آن جهت که به‌کارگیرنده سایر عوامل این صنعت می‌باشد، دارای اهمیت بسیار زیادی است. اگر نیروی انسانی آموزش ببیند، به‌گونه‌ای که آموزش مذکور موجب افزایش سهم کار در اقتصاد این صنعت شود، در آن صورت سرمایه انسانی به وجود می‌آید [۱۱].

**منابع سرمایه‌ای:** منابع سرمایه‌ای شامل ابزار، ماشین‌آلات، ساختمان، مواد اولیه، موجودی کالا و قطعات در انبار و غیره می‌باشند که با عامل منابع انسانی ترکیب شده تا خدمات نگهداری و تعمیرات را ارائه نمایند؛ بنابراین با ترکیب منابع انسانی و سرمایه‌ای، کالایی که در این بخش از صنعت به وجود می‌آید، یک نوع کالا و خدمات اقتصادی نامیده می‌شود. این‌گونه خدمات نگهداری و تعمیرات که از چنین منابع کمیاب (انسانی و سرمایه‌ای) به وجود می‌آیند، خود کمیاب بوده و به دلیل کمیابی باید به بهترین روش در کلیه ابعاد مدیریت و بکار گرفته شوند [۱۱۰ و ۱۱۱].

**منابع انسانی کارفرمایی:** داشتن منابع انسانی و سرمایه‌ای در ایجاد و احداث مراکز جهت اجرای برنامه‌های نگهداری و تعمیرات هواپیما از اهمیت بالایی برخوردار بوده، اما نکته‌ای که باید مورد توجه قرار داد، نیروی انسانی کارفرمایی در این صنعت می‌باشد. منابع انسانی کارفرمایی به دلیل برخورداری از ویژگی خطرگریزی کمتر نسبت به منابع انسانی دیگر با به‌کارگیری منابع سرمایه‌ای و انسانی و دانش مدیریت اقتصاد نگهداری و تعمیرات می‌تواند مفید واقع شود. در صنعت

مؤثر بر کیفیت خدمات نگهداری و تعمیر وسایل پرنده در فرودگاه شهر قزوین انجام شده است. نتایج حاصله از انجام این تحقیق نشان داد که عامل نیروی انسانی، مهم‌ترین معیار برای بهبود خدمات نگهداری و تعمیرات می‌باشد [۲۱].

**تحقیقات خارجی:** لیو و وانگ به بررسی مسئله زمان‌بندی کار و فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در سیستم تولیدی ماشین‌های موازی نامرتب با در نظر گرفتن زمان پردازش قابل کنترل و خرابی ماشین‌آلات پرداخته‌اند [۲۲]. فورگر و همکاران به مرور ادبیات و تحقیقات پیشین مسئله زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات در صنعت برق پرداخته‌اند و فاکتورهای مهم و اساسی نت در صنعت برق را بر اساس مبانی نظری، لیست نموده‌اند [۲۳]. لی و همکاران یک مدل زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات برای ژنراتورهای تولید برق در یک شبکه هوشمند ارائه داده‌اند [۲۴]. لی و ما یک مدل یکپارچه جهت برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه و زمان‌بندی تولید در محیط کار کارگاهی ارائه کرده‌اند [۲۵]. آرونراج و مایتی با استفاده از رویکرد AHP و برنامه‌ریزی آرمانی و با در نظر گرفتن ریسک خرابی و هزینه نگهداری و تعمیرات روشی را برای انتخاب شیوه مناسب نت ارائه دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که نت مبتنی بر وضعیت برای تجهیزات با ریسک بالا و تعمیرات اصلاحی برای تجهیزات با ریسک پایین ارجحیت دارد [۲۶]. بالاجی و همکاران به بررسی مسئله زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای ژنراتورهای تولید برق پرداخته‌اند [۲۷]. لی و ساندبورن به بررسی زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های بادی بر اساس پیش‌بینی عمر مفید آنها پرداخته‌اند [۲۸]. آنها از ابزار شبیه‌سازی جهت ایجاد زمان‌بندی فعالیت‌های نت استفاده کرده‌اند.

تاکنون تحقیقات زیادی به بررسی عوامل مؤثر بر موفقیت برنامه نگهداری و تعمیرات پرداخته‌اند؛ اما نتایج این تحقیقات به دلیل خاص بودن ویژگی‌های صنعت هوایی، قابل استفاده در این صنعت نمی‌باشند. از طرفی اهمیت این صنعت و نت در این صنعت بر کسی پوشیده نیست و نبود تحقیق با هدف «بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا» یک شکاف تحقیقاتی در نیروی هوایی به حساب می‌آید. به همین جهت تحقیق حاضر جهت پُر کردن این شکاف شکل گرفته و نوآوری آن در بررسی و رتبه‌بندی عوامل «منابع انسانی»، «منابع سرمایه‌ای»، «عوامل

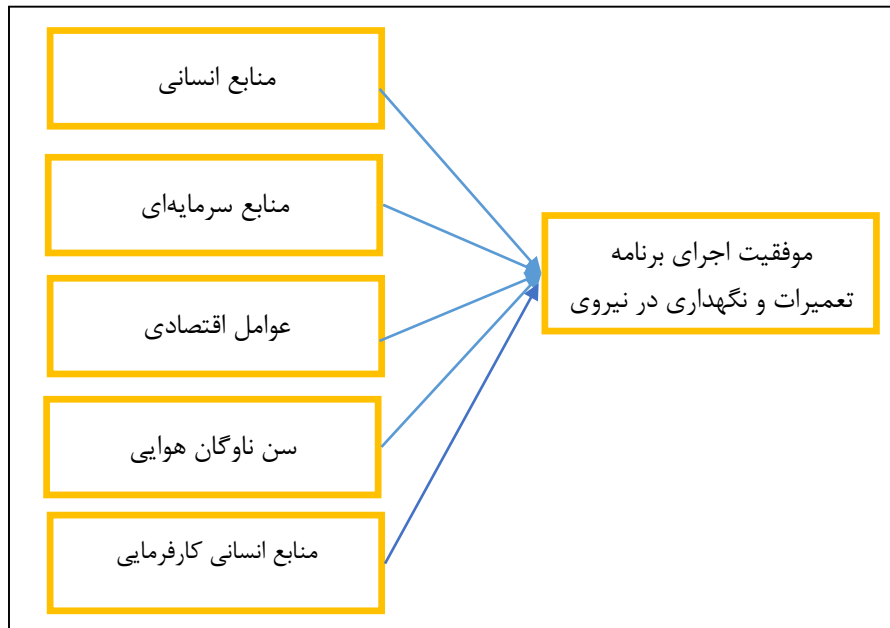
اولویت‌بندی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات ماشین‌آلات مشابه پیشنهاد نموده‌اند. نودهی و همکاران در مقاله‌ای با عنوان «اولویت‌بندی شاخص‌های نگهداری و تعمیرات در صنعت سیمان با استفاده از مدل‌های ریاضی و الگوی S.M.A.R.T» [۱۶]، شاخص‌های کلیدی نگهداری و تعمیرات را معرفی و فرموله کرده‌اند. میرمحمدصادقی و همکاران نیز در مقاله‌ای با عنوان «توسعه الگوریتم اولویت‌بندی و برنامه‌ریزی برای نگهداری و تعمیرات خطوط راه‌آهن ایران» [۱۷] جهت بهینه و به‌هنگام سازی برنامه‌های کوتاه و بلندمدت عملیات نگهداری و تعمیر راه‌آهن، یک الگوریتم اولویت‌بندی نگهداری و تعمیر ارائه داده‌اند.

قدیریان و ملاوردی در مقاله‌ای با عنوان «مدل جدید برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه» با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، بازه‌های بهینه اعمال تعمیرات پیشگیرانه و تهیه برنامه زمان‌بندی عملیات روی تجهیزات را انجام داده و نشان داده‌اند که هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات ارتباط مستقیم با سن آنها دارد [۱۸].

قاسمی و کشاورزی به ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل کیفیت خدمات خطوط هوایی با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی پرداخته‌اند. هدف این پژوهش، بازبینی عوامل کیفیت خدمات در صنعت هواپیمایی ایران و رتبه‌بندی این عوامل است. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان ادعا نمود که ارائه‌ی باکیفیت‌ترین خدمات ممکن در زمینه‌های مختلف صنعت هواپیمایی امری ضروری است و باید خط‌مشی‌های صنعت هواپیمایی ایران مورد بازبینی قرار گیرد [۱۹]. کیانی فلاورجانی به تدوین الگوریتم پیاده‌سازی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در یک هواپیمای مسافربری با رویکرد حداقل نقش خطاهای انسانی در سوانح هوایی پرداخته است. در این پژوهش ابتدا اهمیت و لزوم تعمیر و نگهداری در صنعت هوانوردی مورد بررسی قرار گرفت، سپس نظریه‌ها، مدل‌ها و استراتژی‌های موجود در مهندسی تعمیر و نگهداری مطرح و بررسی و در پایان نیز یک مدل تعمیر و نگهداری مبتنی بر روش تعمیرات پیشگیرانه با هدف افزایش ایمنی و کاهش خطاهای انسانی در حوزه تعمیر و نگهداری هواپیما ارائه شد [۲۰]. قراخانی و همکاران به شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر کیفیت خدمات نگهداری و تعمیر وسایل پرنده، با استفاده از تکنیک ANP فازی پرداخته‌اند. این تحقیق با هدف شناسایی و بررسی عوامل

تعمیرات در نیروی هوایی می‌باشد. مدل مفهومی پژوهش حاضر در شکل-۱ نمایش داده شده است.

اقتصادی»، «منابع انسانی کارفرمایی» و «سن ناوگان هوایی» به‌عنوان عوامل مؤثر بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و



شکل ۱- مدل مفهومی پژوهش

#### یافته‌ها

**فرضیه اول:** منابع انسانی بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد. با توجه به قدر مطلق  $t$  محاسبه شده (۴۲,۲۳) که از  $t$  بحرانی جدول (۲,۷۷) در سطح خطاپذیری ۰,۰۵ و درجه آزادی ۷۴، بزرگ‌تر است فرض صفر رد می‌گردد؛ بنابراین با احتمال ۹۵ درصد بیان می‌کنیم که بین میانگین به دست آمده و میانگین مورد انتظار (۳) تفاوت معنی‌داری وجود دارد و میانگین به دست آمده برای میزان تأثیر منابع انسانی بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا، از میانگین مورد انتظار به صورت معنی‌داری بالاتر است؛

**فرضیه دوم:** منابع سرمایه‌ای بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد. با توجه به قدر مطلق  $t$  محاسبه شده (۴۰,۲۸) که از  $t$  بحرانی جدول (۲,۸) در سطح خطاپذیری ۰,۰۵ و درجه آزادی ۷۴، بزرگ‌تر است، فرض صفر رد می‌گردد؛ بنابراین فرضیه دوم تأیید شده و می‌توان گفت، منابع سرمایه‌ای بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد.

**فرضیه سوم:** عوامل اقتصادی بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد. با

#### روش پژوهش

تحقیق حاضر از لحاظ هدف، تحقیق کاربردی با رویکرد تحقیقات کمی است. روش انجام تحقیق توصیفی پیمایشی است. اطلاعات و داده‌ها نیز به هر دو روش اسنادی و میدانی گردآوری شده است. بدین‌صورت که در گام نخست به روش اسنادی با مراجعه به کتابخانه‌ها، سایت مقالات علمی معتبر، مجلات و ... اطلاعات مربوطه با ابزار فیش‌برداری به‌دست‌آمده و شاخص‌های اولیه تعیین شده است و در گام دوم به روش میدانی، اطلاعات پایه از طریق ابزار پرسش‌نامه گردآوری شد. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه کارشناسان نگهداری و تعمیرات می‌باشد. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات، ابتدا در محیط نرم‌افزار SPSS و با استفاده از آزمون آماری  $T$  استیودنت، فرضیه‌های تحقیق آزمون گردید و سپس با استفاده از روش ANP فازی و دیمتیل فازی در محیط نرم‌افزار متلب عوامل رتبه‌بندی شدند. در این پژوهش جهت بررسی پایایی پرسش‌نامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شده است. مقدار آلفای کرونباخ محاسبه شده برای پرسش‌نامه تحقیق حاضر، ۰,۹۲۳ (بزرگ‌تر از ۰,۷) می‌باشد که این مقدار پایایی پرسش‌نامه را تأیید می‌کند.

۷۴، بزرگ‌تر است (به عبارت دیگر سطح معنی‌داری آن از ۰,۰۵ کوچک‌تر است،  $p=0.000 < 0,05$ )، فرض صفر رد می‌گردد. بنابراین فرضیه پنجم تأیید شده و می‌توان گفت، منابع انسانی کارفرمایی بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد.

### نتایج روش ANP و دیمتل فازی

در این بخش، ابتدا شاخص‌های اصلی نسبت به یکدیگر به‌صورت زوجی مقایسه شده و سپس مقادیر ارزیابی‌های زبانی، به اعداد فازی مثلثی متناظرشان بدل شده و با روش فازی‌زدایی CFCS<sup>۶</sup> به اعداد قطعی تبدیل می‌گردند. در نتیجه ماتریس روابط مستقیم اولیه با اعداد قطعی که در جدول ۱- نمایش داده شده است، شکل می‌گیرد. سپس ماتریس مستقیم اولیه نرمال شده و با استفاده از آن ماتریس رابطه کلی T محاسبه می‌گردد (جدول ۲-). ماتریس T بعد از نرمال‌سازی به‌عنوان ماتریس  $W_{22}$ ، در سوپر ماتریس اولیه قرار می‌گیرد.

توجه به قدر مطلق t محاسبه شده (۴۲,۲۶) که از t بحرانی جدول (۲,۷) در سطح خطاپذیری ۰,۰۵ و درجه آزادی ۷۴، بزرگ‌تر است بنابراین فرضیه سوم تأیید شده و می‌توان گفت، عوامل اقتصادی بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد. این مورد با یافته‌های تحقیقات برجعلی‌لو، نعیمه و همکاران [۱۴] هماهنگ می‌باشد.

**فرضیه چهارم:** سن ناوگان هوایی بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد. نتایج با توجه به قدر مطلق t محاسبه شده (۳۴,۹) که از t بحرانی جدول (۲,۶) در سطح خطاپذیری ۰,۰۵ و درجه آزادی ۷۴، بزرگ‌تر است، فرض صفر رد می‌گردد. بنابراین فرضیه چهارم تأیید شده و می‌توان گفت، سن ناوگان هوایی بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد.

**فرضیه پنجم:** منابع انسانی کارفرمایی بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا تأثیر معنادار دارد. با توجه به قدر مطلق t محاسبه شده (۴۲,۵) که از t بحرانی جدول (۲,۶) در سطح خطاپذیری ۰,۰۵ و درجه آزادی

جدول ۱- ماتریس روابط مستقیم فازی بین عوامل اصلی

	منابع انسانی			منابع انسانی کارفرمایی			منابع سرمایه‌ای			منابع اقتصادی			سن ناوگان هوایی		
	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U
منابع انسانی	۰	۰	۰	۰,۶۵	۰,۹	۱	۰	۰,۱	۰,۳۵	۰	۰,۱	۰,۴	۰,۷	۰,۹۵	۱
منابع انسانی کارفرمایی	۰	۰,۲	۰,۴	۰	۰	۰	۰	۰,۰	۰,۳	۰	۰,۰	۰,۳	۰,۷	۰,۹۵	۱
منابع سرمایه‌ای	۰,۷	۱	۱	۰,۶	۰,۸۵	۱	۰	۰	۰	۰,۵	۰,۷	۱	۰,۷۵	۱	۱
منابع اقتصادی	۰,۵	۰,۷۵	۱	۰,۷۵	۱	۱	۰	۰,۲	۰,۵	۰	۰	۰	۰,۷۵	۱	۱
سن ناوگان	۰,۰	۰,۳	۰,۵	۰,۰۵	۰,۳	۰,۵	۰	۰,۰	۰,۳	۰	۰,۱	۰,۴	۰	۰	۰

جدول ۲- ماتریس روابط کلی

$I_j$	منابع انسانی	منابع انسانی کارفرمایی	منابع سرمایه‌ای	عوامل اقتصادی	سن ناوگان
منابع انسانی	۰,۸۵	۰,۹۷	۰,۹۷	۰,۸۴	۰,۸۶
منابع انسانی کارفرمایی	۰,۹۲	۰,۸۴۱	۰,۹۴	۰,۷۸	۰,۸۳
منابع سرمایه‌ای	۰,۰۰۴	۰,۰۴۱	۰,۹۴	۰,۸۸	۰,۹۰۱

عوامل اقتصادی	۰,۹۸	۰,۰۴۳	۰,۰۲	۰,۷۸	۰,۸۸	۷,۴۶۳
سن ناوگان	۰,۹۱۹	۰,۹۸	۰,۹۷	۰,۸۰۳	۰,۷۶	۹,۰۰۲
cj	۶,۴۹۶	۵,۷	۶,۸۰۳	۸,۲۳۳	۸,۵۱۱	
ri-cj	۲,۵۳۵	۲,۹۹۱	۰,۸۳۳	-۰,۷۷	۰,۴۹۱	
نوع عامل	علت	علت	علت	معلول	علت	

ماتریس  $W_{32}$  از مقایسه زوجی عوامل فرعی نسبت به عوامل اصلی به دست می‌آید. در این مرحله برای عوامل فرعی هر کدام از عوامل اصلی، ابتدا با استفاده از روش CFCS فزایی شده و سپس وزن عوامل فرعی محاسبه می‌شود. جدول ۳- وزن محاسبه شده برای عوامل فرعی را نشان می‌دهد.

مطابق نتایج روش دیمتل فازی، «منابع انسانی»، «منابع کارفرمایی انسانی»، «منابع سرمایه‌ای» و «سن ناوگان هوایی» علت هستند و «عوامل اقتصادی» معلول می‌باشد. در واقع علت‌ها، تأثیرگذار بوده و معلول‌ها تأثیرپذیر. با توجه به نتایج روابط علی-معلولی، از بین عوامل علت «منابع انسانی کارفرمایی» بالاترین تأثیر و «سن ناوگان هوایی» کمترین تأثیر را بر معلول‌ها (عوامل اقتصادی) دارد.

جدول ۳- وزن و رتبه نسبی عوامل فرعی بر اساس روش دیمتل فازی

عوامل اصلی	عوامل فرعی	وزن نسبی	رتبه نسبی
منابع انسانی	رضایت نیروی انسانی از شیوه مدیریت	۰,۱۳۱	۵
	احساس امنیت در جایگاه شغلی نیروهای انسانی	۰,۱۴۵	۴
	عدم تبعیض بین نیروهای انسانی	۰,۰۲۰۴	۹
	سعی کارکنان در حفظ تجهیزات نظامی	۰,۱۴۶	۳
	جایگزینی روش‌ها و تکنولوژی‌های جدید به جای روش‌های سنتی	۰,۱۰۱	۶
	وجود دستورالعمل جهت انجام منظم کارها	۰,۰۱۵۶	۱۰
	برنامه آموزشی سالانه برای کارکنان	۰,۰۴۴۶	۸
	ارتقاء کارکنان با توجه به میزان شایستگی‌هایشان	۰,۰۸۷۷	۷
	رعایت اصل انجام درست کار در اولویت اول توسط کارکنان	۰,۱۵۳	۲
	تعریف شفاف انتظارات سیستم از کارکنان	۰,۱۵۵	۱
منابع کارفرمایی	میزان آشنایی کارفرمایان ارتش با صنعت نگهداری و تعمیرات هواپیما	۰,۰۴۴۹	۵
	میزان آشنایی کارفرمایان با قطعات یدکی و نحوه کارکرد هواپیما	۰,۲۷۶	۱
	میزان آشنایی کارفرمایان با مفاهیم اساسی نگهداری و تعمیرات هواپیما	۰,۲۷۲	۲
	میزان آشنایی کارفرمایان با دانش مدیریت اقتصاد	۰,۱۳۸	۴
	وجود بینش کافی و مناسب مدیریتی در کارفرمایان	۰,۲۲۸	۳
	شرکت کارفرمایان در نشست‌های بین‌المللی مرتبط	۰,۰۴۰۴	۶
منابع سرمایه‌ای	وجود لوازم مورد نیاز جهت انجام نگهداری و تعمیرات به اندازه کافی	۰,۰۹۱۱	۶
	وجود شناسه فنی برای تجهیزات	۰,۱۹۸	۲
	در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری ماشین‌آلات مورد نیاز	۰,۱۷۱	۴
	در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری و چک هواپیما	۰,۲۰۷	۱
	دسترسی به مواد اولیه و قطعات مورد نیاز و تأمین به موقع قطعات تعویضی و زمان‌بر نبودن تعمیرات قطعات و تجهیزات	۰,۱۴۲	۵



رتبه نسبی	وزن نسبی	عوامل فرعی	عوامل اصلی
۷	۰,۰۰۸	قرار گرفتن تجهیزات در اختیار کارکنان مطابق دستورالعمل‌های شرکت‌های سازنده	
۳	۰,۱۸۳	عدم وجود نقص در کارت‌های کار جهت انجام امورات نگهداری و تعمیرات	
۱	۰,۳۹۴	برنامه‌ریزی مالی منظم جهت حقوق و دستمزد و خرید تجهیزات جدید منظم	عوامل اقتصادی
۳	۰,۲۸۶	ارائه برنامه بودجه مناسب جهت شرکت کارکنان و مدیران در دوره‌های آموزشی	
۲	۰,۳۲	استفاده از کمک‌های مالی نهادهای دولتی و یا خارجی برای تأمین مالی	
۱	۰,۲۷۹	بالا بودن میانگین سن ناوگان	سن ناوگان هوایی
۴	۰,۱۴۷	خرابی‌های پیش‌بینی نشده	
۳	۰,۲۴۶	تعمیر بیش از اندازه قطعات	
۵	۰,۰۶۴۲	وجود سیستم کارآمدی برای رسیدگی به برنامه‌ریزی‌ها	
۲	۰,۲۶۵	عدم ورود ناوگان جدید به صنعت	

- در بین مؤلفه‌های عوامل اقتصادی، «برنامه‌ریزی مالی منظم جهت حقوق و دستمزد و خرید تجهیزات جدید منظم» با وزن ۰,۳۹۴ در رتبه اول، قرار دارد.

- در بین عوامل فرعی سن ناوگان، «بالا بودن میانگین سن ناوگان» با وزن ۰,۲۷۹ در رتبه اول، قرار دارد. وزن عوامل محاسبه شده در جدول ۳- تشکیل دهنده ماتریس W<sub>32</sub> در سوپر ماتریس اولیه می‌باشند. همچنین جهت تشکیل ماتریس W<sub>11</sub> از مقایسات زوجی عوامل اصلی نسبت به هدف استفاده می‌گردد. پس از آماده شدن سه ماتریس W<sub>22</sub>، W<sub>11</sub> و W<sub>32</sub>، سوپر ماتریس اولیه آماده می‌گردد و پس از به توان رساندن سوپر ماتریس اولیه، سوپر ماتریس حدی تشکیل می‌گردد. در این تحقیق سوپر ماتریس حدی با به توان ۵ رساندن سوپر ماتریس اولیه به دست آمده است که با توجه به سوپر ماتریس حدی، وزن عوامل و اولویت‌بندی انجام شده به صورت جداول ۴- می‌باشد.

بر اساس جدول، وزن عوامل فرعی با استفاده از روش دیمتل فازی نشان داد:

- در بین مؤلفه‌های فرعی منابع انسانی، «تعریف شفاف انتظارات سیستم از کارکنان» با وزن ۰,۱۵۵ در رتبه اول قرار دارد.

- در بین مؤلفه‌های فرعی منابع انسانی کارفرمایی، «میزان آشنایی کارفرمایان با قطعات یدکی و نحوه کارکرد هواپیما» با وزن ۰,۲۷۶ در رتبه اول، قرار دارد.

- در بین مؤلفه‌های فرعی منابع سرمایه‌ای، «در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری و چک هواپیما» با وزن ۰,۲۰۷ در رتبه اول، قرار دارد.

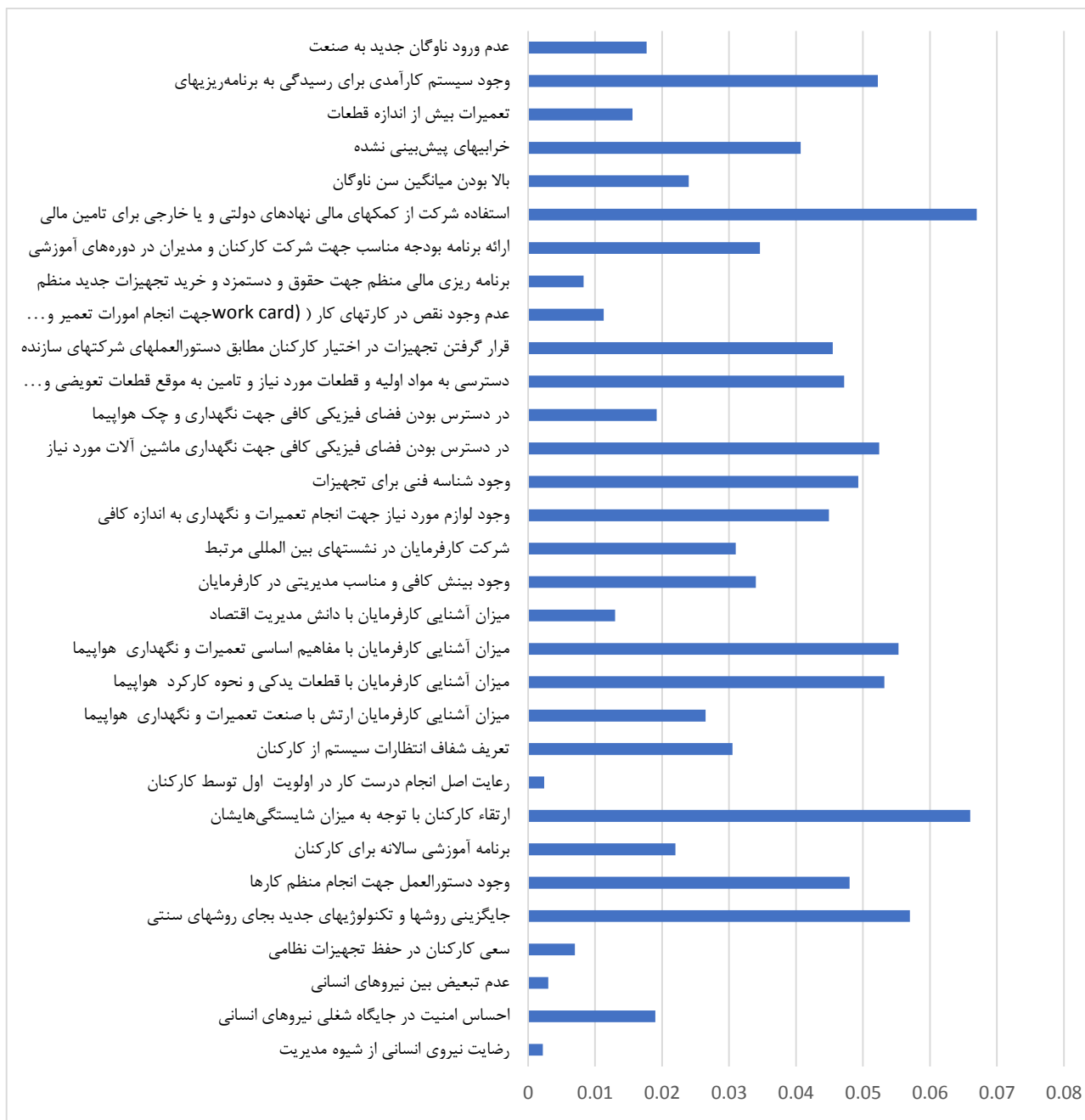
جدول ۴- وزن عوامل فرعی

رتبه	وزن	عوامل فرعی
۳۱	۰,۰۰۲۲	رضایت نیروی انسانی از شیوه مدیریت
۲۲	۰,۰۱۹	احساس امنیت در جایگاه شغلی نیروهای انسانی
۲۹	۰,۰۰۳	عدم تبعیض بین نیروهای انسانی
۲۸	۰,۰۰۷	سعی کارکنان در حفظ تجهیزات نظامی
۳	۰,۰۵۷	جایگزینی روش‌ها و تکنولوژی‌های جدید بجای روش‌های سنتی
۹	۰,۰۴۸	وجود دستورالعمل جهت انجام منظم کارها
۲۰	۰,۰۲۲	برنامه آموزشی سالانه برای کارکنان
۲	۰,۰۶۶	ارتقاء کارکنان با توجه به میزان شایستگی‌هایشان
۳۰	۰,۰۰۲۴	رعایت اصل انجام درست کار در اولویت اول توسط کارکنان

رتبه	وزن	عوامل فرعی
۱۷	۰,۰۳۰۵	تعریف شفاف انتظارات سیستم از کارکنان
۱۸	۰,۰۲۶۵	میزان آشنایی کارفرمایان ارتش با صنعت نگهداری و تعمیرات هواپیما
۵	۰,۰۵۳۲	میزان آشنایی کارفرمایان با قطعات یدکی و نحوه کارکرد هواپیما
۴	۰,۰۵۵۳	میزان آشنایی کارفرمایان با مفاهیم اساسی نگهداری و تعمیرات هواپیما
۲۵	۰,۰۱۳۰	میزان آشنایی کارفرمایان با دانش مدیریت اقتصاد
۱۵	۰,۰۳۴۰	وجود بینش کافی و مناسب مدیریتی در کارفرمایان
۱۶	۰,۰۳۱	شرکت کارفرمایان در نشست‌های بین‌المللی مرتبط
۱۲	۰,۰۴۴۹	وجود لوازم مورد نیاز جهت انجام نگهداری و تعمیرات به اندازه کافی
۸	۰,۰۴۹۳	وجود شناسه فنی برای تجهیزات
۶	۰,۰۵۲۴	در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری ماشین‌آلات مورد نیاز
۲۱	۰,۰۱۹۲	در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری و چک هواپیما
۱۰	۰,۰۴۷۲	دسترسی به مواد اولیه و قطعات مورد نیاز و تأمین به موقع قطعات تعویضی و زمان‌بر نبودن تعمیرات قطعات و تجهیزات
۱۱	۰,۰۴۵۵	قرار گرفتن تجهیزات در اختیار کارکنان مطابق دستورالعمل‌های شرکت‌های سازنده
۲۶	۰,۰۱۱۳	عدم وجود نقص در کارت‌های کار جهت انجام امورات نگهداری و تعمیرات
۲۷	۰,۰۰۸۳	برنامه‌ریزی مالی منظم جهت حقوق و دستمزد و خرید تجهیزات جدید منظم
۱۴	۰,۰۳۴۶	ارائه برنامه بودجه مناسب جهت شرکت کارکنان و مدیران در دوره‌های آموزشی
۱	۰,۰۰۶۷	استفاده از کمک‌های مالی نهادهای دولتی و یا خارجی برای تأمین مالی
۱۹	۰,۰۰۲۴	بالا بودن میانگین سن ناوگان
۱۳	۰,۰۴۰۷	خرابی‌های پیش‌بینی نشده
۲۴	۰,۰۱۵۶	تعمیر بیش از اندازه قطعات
۷	۰,۰۵۲۲	وجود سیستم کارآمدی برای رسیدگی به برنامه‌ریزی‌های
۲۳	۰,۰۱۷۷	عدم ورود ناوگان جدید به صنعت

مالی» با وزن ۰,۰۶۷ در رتبه اول قرار داشته و پس از آن «ارتقا کارکنان با توجه به شایستگی‌هایشان» در رتبه دوم قرار دارد. سایر مولفه‌ها نیز در شکل پیش‌گفته اولویت‌بندی گردیده‌اند.

اولویت‌بندی عوامل فرعی در شکل ۲ آورده شده است. این شکل نشان می‌دهد که در بین مؤلفه‌های فرعی، «استفاده از کمک‌های مالی نهادهای دولتی و یا خارجی برای تأمین

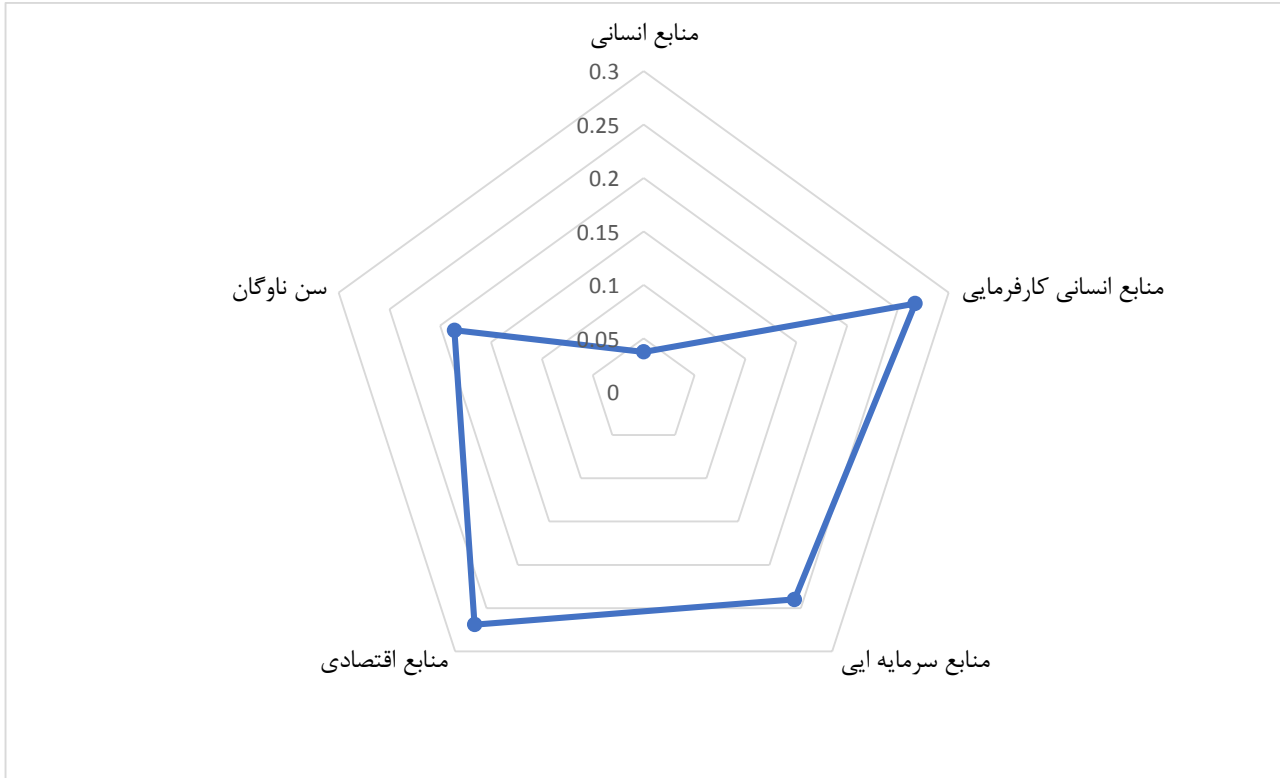


شکل ۲- اولویت‌بندی عوامل فرعی

جدول ۵- وزن نهایی عوامل اصلی

رتبه	وزن	عامل
۵	۰,۰۳۷۴	منابع انسانی
۲	۰,۲۶۷	منابع انسانی کارفرمایی
۳	۰,۲۴۰	منابع سرمایه‌ای
۱	۰,۲۶۹	منابع اقتصادی
۴	۰,۱۸۹	سن ناوگان

بر اساس جدول ۵- نتایج روش تلفیقی ANP و دیمتل فازی نشان داد، «عوامل اقتصادی» با وزن ۰,۲۶۹ در رتبه اول، «منابع انسانی کارفرمایی» با وزن ۰,۲۶۷ در رتبه دوم، «منابع سرمایه‌ای» با وزن ۰,۲۴۰ در رتبه سوم، «سن ناوگان» با وزن ۰,۱۸۹ در رتبه چهارم و «منابع انسانی» با وزن ۰,۰۳۷۴ در رتبه پنجم می‌باشند. این رتبه‌بندی در شکل ۳ آورده شده است.



شکل-۳ وزن عوامل اصلی مؤثر بر فعالیت‌های نت

سنتی» رتبه ششم، «ارتقاء کارکنان با توجه به میزان شایستگی‌هایشان» رتبه هفتم، «برنامه آموزشی سالانه برای کارکنان» رتبه هشتم، «عدم تبعیض بین نیروهای انسانی» رتبه نهم و «وجود دستورالعمل جهت انجام منظم کارها» رتبه دهم می‌باشند.

- در بین مؤلفه‌های فرعی منابع انسانی کارفرمایی، «میزان آشنایی کارفرمایان با قطعات یدکی و نحوه کارکرد هواپیما» رتبه اول، «میزان آشنایی کارفرمایان با مفاهیم اساسی نگهداری و تعمیرات هواپیما» رتبه دوم، «وجود بینش کافی و مناسب مدیریتی در کارفرمایان» رتبه سوم، «میزان آشنایی کارفرمایان با دانش مدیریت اقتصاد» رتبه چهارم، «میزان آشنایی کارفرمایان ارتش با صنعت نگهداری و تعمیرات هواپیما» رتبه پنجم، «شرکت کارفرمایان در نشست‌های بین‌المللی مرتبط» رتبه ششم می‌باشد.

- در بین مؤلفه‌های فرعی منابع سرمایه‌ای، «در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری و چک هواپیما» رتبه اول، «وجود شناسه فنی برای تجهیزات» رتبه دوم، «عدم وجود نقص در کارت‌های کار جهت انجام امورات نگهداری و تعمیرات» رتبه سوم، «در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری ماشین‌آلات مورد نیاز» رتبه

### بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف «بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر موفقیت اجرای برنامه نگهداری و تعمیرات در نیروی هوایی آجا با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره» شکل گرفته است؛ مهمترین نتایج تحقیق حاضر در رتبه‌بندی چندمعیاره فازی یا نتایج روش‌های ANP و دیمتل فازی به شرح زیر هستند:

- «منابع انسانی»، «منابع کارفرمایی انسانی»، «منابع سرمایه‌ای» و «سن ناوگان هوایی» علت هستند و «عوامل اقتصادی» معلول می‌باشند. از بین عوامل علت «منابع انسانی کارفرمایی» بالاترین تأثیر و «سن ناوگان هوایی» کمترین تأثیر را بر معلول‌ها (عوامل اقتصادی) دارد.

- در بین مؤلفه‌های فرعی منابع انسانی، «تعریف شفاف انتظارات سیستم از کارکنان» رتبه اول، «رعایت اصل انجام درست کار در اولویت اول توسط کارکنان» رتبه دوم، «سعی کارکنان در حفظ تجهیزات نظامی» رتبه سوم، «احساس امنیت در جایگاه شغلی نیروهای انسانی» رتبه چهارم، «رضایت نیروی انسانی از شیوه مدیریت» رتبه پنجم، «جایگزینی روش‌ها و تکنولوژی‌های جدید بجای روش‌های

چهارم، «دسترسی به مواد اولیه و قطعات مورد نیاز و تأمین به موقع قطعات تعویضی و زمان‌بر نبودن تعمیرات قطعات و تجهیزات» رتبه پنجم، «وجود لوازم مورد نیاز جهت انجام نگهداری و تعمیرات به اندازه کافی» رتبه ششم و «قرار گرفتن تجهیزات در اختیار کارکنان مطابق دستورالعمل‌های شرکت‌های سازنده» رتبه هفتم می‌باشد.

- در بین مؤلفه‌های عوامل اقتصادی، «برنامه‌ریزی مالی منظم جهت حقوق و دستمزد و خرید تجهیزات جدید منظم» رتبه اول، «استفاده شرکت از کمک‌های مالی نهادهای دولتی و یا خارجی برای تأمین مالی» رتبه دوم و «ارائه برنامه بودجه مناسب جهت شرکت کارکنان و مدیران در دوره‌های آموزشی» رتبه سوم می‌باشد.

- در بین عوامل فرعی سن ناوگان، «بالا بودن میانگین سن ناوگان» رتبه اول، «عدم ورود ناوگان جدید به صنعت» رتبه دوم، «تعمیر بیش از اندازه قطعات» رتبه سوم، «خرابی‌های پیش‌بینی نشده» رتبه چهارم و «وجود سیستم کارآمدی برای رسیدگی به برنامه‌ریزی‌های» رتبه پنجم می‌باشد.

نتایج تلفیق روش دیمتل فازی با ANP فازی نشان داد:

- در بین مؤلفه‌های فرعی «استفاده شرکت از کمک‌های مالی نهادهای دولتی و یا خارجی برای تأمین مالی» رتبه اول، «ارتقاء کارکنان با توجه به میزان شایستگی‌هایشان» رتبه دوم، «جایگزینی روش‌ها و تکنولوژی‌های جدید بجای روش‌های سنتی» رتبه سوم، «میزان آشنایی کارفرمایان با مفاهیم اساسی نگهداری و تعمیرات هواپیما» رتبه چهارم، «میزان آشنایی کارفرمایان با قطعات یدکی و نحوه کارکرد هواپیما» رتبه پنجم، «در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری ماشین‌آلات مورد نیاز» رتبه ششم، «وجود سیستم کارآمدی برای رسیدگی به برنامه‌ریزی‌های» رتبه هفتم، «وجود شناسه فنی برای تجهیزات» رتبه هشتم، «وجود دستورالعمل جهت انجام منظم کارها» رتبه نهم، «دسترسی به مواد اولیه و قطعات مورد نیاز و تأمین به موقع قطعات تعویضی و زمان‌بر نبودن تعمیر قطعات و تجهیزات» رتبه دهم، «قرار گرفتن تجهیزات در اختیار کارکنان مطابق دستورالعمل‌های شرکت‌های سازنده» رتبه یازدهم، «وجود لوازم مورد نیاز جهت انجام نگهداری و تعمیرات به اندازه کافی» رتبه دوازدهم، «خرابی‌های پیش‌بینی نشده» رتبه سیزدهم، «ارائه برنامه بودجه مناسب

جهت شرکت کارکنان و مدیران در دوره‌های آموزشی» رتبه چهارم، «وجود بینش کافی و مناسب مدیریتی در کارفرمایان» رتبه پنجم، «شرکت کارفرمایان در نشست‌های بین‌المللی مرتبط» رتبه شانزدهم، «تعریف شفاف انتظارات سیستم از کارکنان» رتبه هفدهم، «میزان آشنایی کارفرمایان ارتش با صنعت نگهداری و تعمیرات هواپیما» رتبه هجدهم، «بالا بودن میانگین سن ناوگان» رتبه نوزدهم، «برنامه آموزشی سالانه برای کارکنان» رتبه بیستم، «در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری و چک هواپیما» رتبه بیست و یکم، «احساس امنیت در جایگاه شغلی نیروهای انسانی» رتبه بیست و دوم، «عدم ورود ناوگان جدید به صنعت» رتبه بیست و سوم، «تعمیرات بیش از اندازه قطعات» رتبه بیست و چهارم، «میزان آشنایی کارفرمایان با دانش مدیریت اقتصاد» رتبه بیست و پنجم، «عدم وجود نقص در کارت‌های کار جهت انجام امورات نگهداری و تعمیرات» رتبه بیست و ششم، «برنامه‌ریزی مالی منظم جهت حقوق و دستمزد و خرید تجهیزات جدید منظم» رتبه بیست و هفتم، «سعی کارکنان در حفظ تجهیزات نظامی» رتبه بیست و هشتم، «عدم تبعیض بین نیروهای انسانی» رتبه بیست و نهم، «رعایت اصل انجام درست کار در اولویت اول توسط کارکنان» رتبه سی‌ام و «رضایت نیروی انسانی از شیوه مدیریت» سی و یکم می‌باشد.

- در بین عوامل اصلی، «عوامل اقتصادی» رتبه اول، «منابع انسانی کارفرمایی» رتبه دوم، «منابع سرمایه‌ای» رتبه سوم، «سن ناوگان» رتبه چهارم و «منابع انسانی» در رتبه پنجم می‌باشد.

- این بخش از یافته‌های تحقیق و قرار گرفتن منابع انسانی در اولویت آخر، عمدتاً با مبانی نظری و دیدگاه‌های دانشمندان حوزه مدیریت سازگار نمی‌باشد و لذا می‌تواند به علت عدم آشنایی کارکنان و مدیران حوزه تعمیر و نگهداری با اهمیت و نقش منابع انسانی در سازمان باشد، لذا پیشنهاد می‌گردد این پژوهش در یک جامعه آماری دیگر هم انجام و یا در همین جامعه و با یک فاصله زمانی منطقی تکرار گردد تا نتایج آن قابلیت تعمیم داشته باشد.

بر اساس یافته‌های این تحقیق، پیشنهاد می‌گردد: به منظور صرفه‌جویی اقتصادی و مقابله با شرایط خاص حاکم بر

چهارم، «دسترسی به مواد اولیه و قطعات مورد نیاز و تأمین به موقع قطعات تعویضی و زمان‌بر نبودن تعمیرات قطعات و تجهیزات» رتبه پنجم، «وجود لوازم مورد نیاز جهت انجام نگهداری و تعمیرات به اندازه کافی» رتبه ششم و «قرار گرفتن تجهیزات در اختیار کارکنان مطابق دستورالعمل‌های شرکت‌های سازنده» رتبه هفتم می‌باشد.

- در بین مؤلفه‌های عوامل اقتصادی، «برنامه‌ریزی مالی منظم جهت حقوق و دستمزد و خرید تجهیزات جدید منظم» رتبه اول، «استفاده شرکت از کمک‌های مالی نهادهای دولتی و یا خارجی برای تأمین مالی» رتبه دوم و «ارائه برنامه بودجه مناسب جهت شرکت کارکنان و مدیران در دوره‌های آموزشی» رتبه سوم می‌باشد.

- در بین عوامل فرعی سن ناوگان، «بالا بودن میانگین سن ناوگان» رتبه اول، «عدم ورود ناوگان جدید به صنعت» رتبه دوم، «تعمیر بیش از اندازه قطعات» رتبه سوم، «خرابی‌های پیش‌بینی نشده» رتبه چهارم و «وجود سیستم کارآمدی برای رسیدگی به برنامه‌ریزی‌های» رتبه پنجم می‌باشد.

نتایج تلفیق روش دیمتل فازی با ANP فازی نشان داد:

- در بین مؤلفه‌های فرعی «استفاده شرکت از کمک‌های مالی نهادهای دولتی و یا خارجی برای تأمین مالی» رتبه اول، «ارتقاء کارکنان با توجه به میزان شایستگی‌هایشان» رتبه دوم، «جایگزینی روش‌ها و تکنولوژی‌های جدید بجای روش‌های سنتی» رتبه سوم، «میزان آشنایی کارفرمایان با مفاهیم اساسی نگهداری و تعمیرات هواپیما» رتبه چهارم، «میزان آشنایی کارفرمایان با قطعات یدکی و نحوه کارکرد هواپیما» رتبه پنجم، «در دسترس بودن فضای فیزیکی کافی جهت نگهداری ماشین‌آلات مورد نیاز» رتبه ششم، «وجود سیستم کارآمدی برای رسیدگی به برنامه‌ریزی‌های» رتبه هفتم، «وجود شناسه فنی برای تجهیزات» رتبه هشتم، «وجود دستورالعمل جهت انجام منظم کارها» رتبه نهم، «دسترسی به مواد اولیه و قطعات مورد نیاز و تأمین به موقع قطعات تعویضی و زمان‌بر نبودن تعمیر قطعات و تجهیزات» رتبه دهم، «قرار گرفتن تجهیزات در اختیار کارکنان مطابق دستورالعمل‌های شرکت‌های سازنده» رتبه یازدهم، «وجود لوازم مورد نیاز جهت انجام نگهداری و تعمیرات به اندازه کافی» رتبه دوازدهم، «خرابی‌های پیش‌بینی نشده» رتبه سیزدهم، «ارائه برنامه بودجه مناسب

مصاحبه عمیق با خبرگان این حوزه، عوامل موثر بر تعمیر و نگهداری مجدداً شناسایی و یافته‌های تحقیق با یافته‌های این تحقیق مقایسه گردد. این تحقیق با استفاده از روش‌های خبری نیز تکرار گردد تا با مقایسه نتایج، امکان تعمیم نتایج به یگان‌های عملیاتی میسر گردد.

#### پی‌نوشت‌ها

- ۱ Total Productive Maintenance
- ۲ Maintenance, Repair and Overhaul
- ۳ Federal Aviation Administration
- ۴ European Aviation Safety Agency
- ۵ Transport Canada
- ۶ Converting Fuzzy data into Crisp Scores
- ۷ work card

#### منابع و مراجع

- [1]. Bartz T, Mairesse Siluk JC, Barth Bartz AP, Improvement of industrial performance with TPM implementation. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 20(1):2-19, 2014
- [2]. Majumdar JP, Murali Manohar B., Implementing TPM programme as a TQM tool in Indian manufacturing industries. *Asian Journal on Quality*, 13(2):185-198, 2012
- [3]. Dorri, M., Kazemipour, H., & Peydaei, M. M. Proposing a Model for the Selection of Repair and Maintenance Strategy for It Systems with the Help of Dematel and ANP Fuzzy Process. *Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review*, 33(2527), 1-17. 2014.

[۴]. رنجبر، محمدجواد، احمد کمالی، حسن خادمی‌زارع، و آرش شاهین، اولویت‌بندی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات به کمک توابع قابلیت اطمینان و تصمیم‌گیری فازی: با مطالعه موردی در صنعت سیمان، نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۱

[۵]. مرتضوی، سید محمد امین، اولویت‌بندی کلیه خطوط لوله نفت و گاز با روش MCDM جهت انجام نگهداری و تعمیرات به موقع و پیشگیری از وقوع

کشور (شرایط اقتصادی و سیاسی) که امکان خرید ناوگان برای کشور را غیرممکن می‌سازد، موضوع نگهداری و تعمیرات بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد و از آخرین یافته‌های علمی و الگوهای نگهداری و تعمیرات در نیرو استفاده گردد. همچنین در فرایند تربیت و آموزش کارشناسان حوزه نت بازنگری به عمل آمده و علاوه بر رشته هوافضا، یک رشته تخصصی نگهداری و تعمیرات در مقطع کارشناسی ارشد تعریف گردد. فرهنگ نگهداری و تعمیرات در بین مدیران و کارکنان توسعه یابد و در این راستا همایش‌های سالیانه نگهداری و تعمیرات در سطح نیرو برگزار گردد و یک دوره عرضی تخصصی نگهداری و تعمیرات طراحی و مثل سایر دوره‌های عرضی برای کارشناسان و مدیران این حوزه اجرا گردد.

دوره کارشناسی ارشد مدیریت نگهداری و تعمیرات با رویکرد توسعه توانمندی‌های متخصصان نت در حوزه‌های دانش سازمانی، منابع انسانی، مباحث مالی و اقتصادی، تکنیک‌های برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری، تصمیم‌گیری طراحی و مدیران حوزه نگهداری این دوره را طی نمایند.

به جهت هزینه‌بر بودن خرید قطعات و مشکلات تامین آنها از بازار آزاد، نهضت قطعه‌سازی در نیرو ایجاد و با استفاده از ظرفیت‌های موجود در جهادهای دانشگاهی، سازمان جهاد خودکفایی سازمان‌های نظامی و یگان‌ها و همچنین دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری و ... قطعات مورد نیاز در کشور تولید شود و این امکانات به صورت هدفمند جهت تولید قطعات مورد نیاز استفاده شوند.

با توجه به اینکه منابع انسانی در اولویت اول عوامل تاثیرگذار می‌باشد، لذا کلیه فرایندهای مرتبط با حوزه منابع انسانی از گزینش، استخدام، تربیت و آموزش، بکارگیری، ارتقاء و انتصاب، ارزیابی عملکرد و جبران خدمات مرتبط با آن مورد بررسی آسیب‌شناسانه و علمی قرار گیرد و اشکالات این حوزه در همه ابعاد مرتفع گردد و سرفصل مدیریت منابع انسانی به دروس رشته‌های مرتبط با نگهداری و تعمیرات اضافه گردد.

جهت افزایش میزان آشنایی مدیران و کارشناسان حوزه نت، با مفاهیم اساسی نگهداری و تعمیرات هواپیما، ایجاد بینش کافی و مناسب مدیریتی در آنان، دوره‌های آموزشی بین‌المللی را پیگیری کرده و برنامه‌ریزی مناسب جهت شرکت تعدادی از مدیران و کارشناسان در این دوره‌ها و نشست‌های بین‌المللی مرتبط انجام پذیرد. در یک مطالعه اکتشافی و با بررسی اسناد،

DEA/AHP، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت، تهران، گروه پژوهشی آریانا، ۱۳۸۵

[۱۶]. نوروزی نودهی عزیز، رجبی فرزین، شیبت-الحمدی سید احمد، اولویت‌بندی شاخص‌های نگهداری و تعمیرات در صنعت سیمان با استفاده از مدل‌های ریاضی و الگوی S.M.A.R.T، اولین کنفرانس بین‌المللی صنعت سیمان، انرژی و محیط زیست ۱۳۹۱

[۱۷]. میرمحمدصادقی سیدجواد، عاشوری حجت، امیری دلویی الهه، توسعه الگوریتم اولویت‌بندی و برنامه ریزی برای نگهداری و تعمیرات خطوط راه آهن ایران، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، دوره ۲۳، شماره ۳، صفحه ۳۷۶ تا صفحه ۳۸۸، ۱۳۹۱

[۱۸]. قدیریان دهکردی، پژمان؛ ملاوردی اصفهانی، ناصر، مدل جدید برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی. دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، ۱۳۹۴

[۱۹]. قاسمی، بهزاد، کشاورزی رضا، ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل کیفیت خدمات خطوط هوایی با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی، اولین همایش ملی مدیریت کسب و کار، ۱۳۹۲

[۲۰]. کیانی فلاورجانی، فرهاد، تدوین الگوریتم پیاده‌سازی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه در یک هواپیمای مسافربری با رویکرد حداقل نقش خطاهای انسانی در سوانح هوایی، سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، ۱۳۹۳

[۲۱]. قراخانی، داود، رضایی، رسول، سعیدی، سعید، شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر کیفیت خدمات نگهداری و تعمیر وسایل پرنده، با استفاده از تکنیک ANP فازی، ششمین کنفرانس بین‌المللی حسابداری و مدیریت و سومین کنفرانس کارآفرینی و نوآوری های باز، ۱۳۹۵

[22]. Liu, CH-L., Wang, J-J., Unrelated Parallel-Machine Scheduling with Controllable Processing Times and Impact of Deteriorating Maintenance Activities

حوادث، متخصصان جوان صنعت نفت، ۱۳(۲): ۵۳-۶۴، ۱۳۹۱

[6]. Kiyak, E. The effects of aircraft preventive maintenance on reliability. International journal of applied mathematics and informatics 6, no. 1, 9-16, 2012

[۷]. حاج شیر محمدی، علی، برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات، چاپ نهم، اصفهان، انتشارات غزل، ۱۳۸۳

[8]. Pourjavad, E., Shirouyehzad, H., & Shahin, A., Selecting maintenance strategy in mining industry by analytic network process and TOPSIS, International Journal of Industrial and Systems Engineering, 15(2), 171-192, 2013

[9]. Atak, Ahmet, and Sytze Kingma, "Safety culture in an aircraft maintenance organisation: A view from the inside." Safety science 49, no. 2, 268-278, 2011

[۱۰]. خالقیان محسن، محمدیان مجید، انواع خوردگی و آشکارسازی آن در صنایع هواپیمایی، دومین کنفرانس بین‌المللی بازرسی فنی و آزمون غیرمخرب ۱۳۸۷

[۱۱]. کیانی فلاورجانی فرهاد، افزایش امنیت و کنترل در مرزها با بهره‌گیری از پهباد در نیروی انتظامی و یگان‌های مرزبان، نشریه دانش انتظامی سیستان و بلوچستان، دوره ۵، شماره ۱۰، صفحه ۱-۱۶، ۱۳۹۳

[12]. Liu, Q., Dong, M., Chen, F. F., Lv, W., & Ye, C. Single-machine-based joint optimization of predictive maintenance planning and production scheduling. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 55, 173-182, 2019.

[13]. Xiao, L., Song, S., Chen, X., & Coit, D.W. Joint optimization of production scheduling and machine group preventive maintenance. Reliability Engineering & System Safety, 146, 68-78, 2016.

[۱۴]. برجعلی لو، نعیمه و همکاران، ارائه مدل سنجش ارزیابی عملکرد تعمیرات و نگهداری هواپیما، نشریه علمی - پژوهشی مهندسی هوانوردی، سال پانزدهم، شماره اول، بهار و تابستان، ۴۰-۲۴، ۱۳۹۱

[۱۵]. کریمی، تورج، و علی محقر، اولویت‌بندی فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات با استفاده از

- under Consideration, Asia Pac. J. Oper. Res, Vol 33, Issue 01,2016
- [23]. Froger, A., Gendreau, M., E. Mendoza, J., Pinson, E., Rousseau, L-M. Maintenance scheduling in the electricity industry: A literature review. European Journal of Operational Research, Vol 251, Issue 3, 16, P. 695-706. 2016
- [24]. Lee, Y., Choi, J., Jung, M., Smarter Visual System of Generator Maintenance Scheduling Including Multi-Objective Functions by GA. IFAC-PapersOnLine, Vol 49, Issue 27, 2016, P. 212-217, 2016
- [25]. Li, R., Ma, H. Integrating Preventive Maintenance Planning and Production Scheduling under Reentrant Job Shop. Mathematical Problems in Engineering, 2017.
- [26]. Arunraj, N. S., & Maiti, J. Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming. Safety science, 48(2), 238-247, 2010
- [27]. Balaji, G., Balamurugan. R., Lakshminarasimman, L. Mathematical approach assisted differential evolution for generator maintenance scheduling. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol 82, P. 508-518, 2016
- [28]. Lei, X., A. Sandborn, P., Maintenance scheduling based on remaining useful life predictions for wind farms managed using power purchase agreements. Renewable Energy, 2017.