

# شناسایی مؤلفه‌های مؤثر برای استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان در یک سازمان هوایی

اغنیا، مهدی<sup>۱\*</sup>، لطفی جلال‌آبادی، مصطفی<sup>۲</sup>

۱- مدرس ارشد، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

۲- استادیار، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

(دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۱)

## چکیده

نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان، یکی از روش‌های مناسب نگهداری در نسل سوم و چهارم، مدنظر غالب صنایع و بخصوص صنعت هوایی است. هدف پژوهش شناسایی مؤلفه‌های مؤثر برای استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان در یک سازمان هوایی است که حدود نیم‌قرن سیستم نگهداری پیشگیرانه در آن برقرار است. این پژوهش از نوع توصیفی-پیمایشی است. جامعه آماری شامل کلیه کارکنان نگهداری یک سازمان نگهداری سیستم‌های هوایی است. این کار با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و حجم نمونه با استفاده از روش کوکران با جامعه محدود، ۱۰۰ نفر انتخاب گردید. پس از طراحی و تعیین روایی و پایایی ابزار سنجش، به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون اسمیرنوف و کولموگروف، آزمون t و آزمون F استفاده شد. بر اساس یافته‌های تحقیق، استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان در این سازمان همراه با تغییرات اساسی در زیرساخت‌های سازمانی و تکنولوژیکی مقدور بوده و استقرار آن در سیستم‌های بومی طراحی‌شده بر اساس الزامات نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان بسیار سهل‌تر است.

واژه‌های کلیدی: قابلیت اطمینان، نگهداری و تعمیرات، درختواره منطقی تصمیم‌گیری، انتخاب تکالیف.

## Identification of factors for establishing reliability centered maintenance in an aerial organization

Mehdi Aghnia, Mostafa Lotfi Jalal Abadi

### Abstract

Reliability centered maintenance is one of the most affordable maintenance methods of third and fourth generation which is attractive to most industries particularly aviation industry. The scope of this study is to investigate the obstacles in pattern establishment for this maintenance in a flight unit that has a precautionary maintenance system for over 50 years. This investigation is a descriptive survey. The statistical society includes all of the personnel involved in a maintenance organization for aviation systems. This research work has been performed by a simple random sampling method and the sample size has been selected as 100 persons based on Cochran method with limited society. After measurement tool design and verifying its validity and stability, t and F tests have been used from Smirnov and Kolmogorov tests in order to analyze the data. Results of this study show that maintenance pattern establishment based on reliability is not feasible in this organization and its establishment is only possible in native systems designed according to maintenance requirements based on reliability.

**Key words:** Reliability, Maintenance and repair, Logic decision tree, Task selection.

## مقدمه

در دنیای رقابتی امروز، علم نگهداری در مدیریت دستگاه‌ها و تجهیزات و عمر فعال آن‌ها رشد کرده و به‌عنوان یک زیرمجموعه الزامی در مدیریت سرمایه‌ها تعریف شده است به صورتی که مدیریت سرمایه‌های فیزیکی و موجود باعث افزایش عمر و دوره کاربری آن‌ها و درنهایت بالاترین سود و بازده ممکن می‌گردد. در همین راستا، وجود فاکتورهای کاهش خطر و ریسک ناشی از فعالیت سیستم، اجتناب از خرابی دستگاه‌ها و تجهیزات، تأمین تجهیزات پایا و ماندگار و باکیفیت، کمترین هزینه تولید، محدود کردن ضرر و زیان‌های ناشی از فعالیت دستگاه‌ها و تولید و خروجی حداکثری الزامی است. فاکتورهایی که تنها در گروی اجرای صحیح و علمی نگهداری محقق می‌شود. همچنین تحقق این فاکتورها منوط به وجود هماهنگی و همکاری نزدیکی بین قسمت‌های فنی، عملیات و تعمیر و نگهداری است.

از دهه ۱۹۳۰ سیر نسل‌های تکاملی نگهداری و تعمیرات را می‌توان در سه نسل ترسیم نمود [۱]. نسل اول دوره قبل از جنگ جهانی دوم است. در آن روزها صنعت کاملاً ماشینی نشده بود و در نتیجه زمان توقف اهمیت زیادی نداشت. همچنین بیشتر تجهیزات ساده ولی درعین حال تعداد زیادی از آن‌ها بسیار قوی‌تر از آنچه نیاز بود طراحی شده بودند، که همین امر باعث می‌شد قابل اطمینان باشند و به سهولت بتوان آن‌ها را تعمیر کرد. در نتیجه نیازی به نگهداری و تعمیرات سیستماتیکی فراتر از تمیزکاری، سرویس‌کاری و روغن‌کاری عادی نبود. در آن زمان از نگهداری و تعمیرات بعد از خرابی دستگاه<sup>۱</sup> استفاده می‌گردید [۲]. در دهه ۱۹۵۰ انواع ماشین‌آلات، پیچیده‌تر و متنوع‌تر شدند که همین موضوع منجر به آغاز وابستگی صنعت به ماشین شد. با رشد این وابستگی، تمرکز روی زمان توقف بیشتر و مهم‌تر شد. این موضوع باعث به وجود آمدن این تفکر شد که باید از خرابی تجهیزات جلوگیری نمود که خود منتهی به مفهوم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه<sup>۲</sup> شد که در این روش با یک برنامه مشخص و از پیش تعیین شده و بر اساس زمان و یا میزان مسافت طی شده و یا بر اساس تاریخ، به سرویس و تعویض قطعات مشخصی از دستگاه پرداخته می‌شود. هرچند با به‌کارگیری تعمیرات پیشگیرانه نسبت به روش قبل سالانه حدود ۲۵٪ صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌گردد، اما بر اساس آمار مشخص شده است که یک سوم (۳۳٪) هزینه برنامه تعمیرات پیشگیرانه تلف می‌شود [۳].

تعمیرات پیش‌گویانه<sup>۳</sup> باهدف اصلاح و برطرف کردن عیوب روش قبلی و جلوگیری از تعمیرات غیرضروری ایجاد شده است. در این روش که با برنامه نگهداری و تعمیرات بر اساس مراقبت وضعیت<sup>۴</sup> و یا تعمیرات مبتنی بر وضعیت دستگاه<sup>۵</sup> صورت می‌گیرد، با استفاده از آزمایش‌های غیرمخرب به سلامت قطعه موردنظر و در حالت کلی به سلامت یا خرابی دستگاه و سیستم پی برده و بر اساس نتایج به‌دست آمده نسبت به تعمیرات تصمیم‌گیری خواهد شد [۴]. از اواسط دهه ۱۹۷۰، فرآیند تغییر در صنعت شتاب بیشتری گرفت. این تغییرات را می‌توان تحت تأثیر انتظارات، پژوهش‌ها و تکنیک‌های جدید دانست. درحالی‌که وابستگی به تجهیزات فیزیکی افزایش می‌یابد، هزینه‌های مالکیت و عملیات این دارایی‌ها نیز رشد می‌کند که سبب به وجود آمدن انتظارات جدید می‌گردد. برای تضمین بالاترین نرخ بازگشت سرمایه، باید از دارایی‌های فیزیکی تا زمان موردنیاز به‌طور مؤثر استفاده نمود. پژوهش‌های جدید، بسیاری از باورهای اصلی را درباره عمر و خرابی تغییر دادند. به‌طور خاص، آشکار شده است که برای بیشتر تجهیزات ارتباط میان افزایش عمر کاری و احتمال خرابی تجهیزات کمتر از میزانی است که سابقاً تصور می‌گردید. در ابتدا به‌سادگی تصور می‌شد که با افزایش عمر تجهیزات، احتمال خرابی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. اما پژوهش‌های نسل سوم در عمل نشان داد که نه یک یا دو بلکه واقعاً شش الگوی خرابی وجود دارد [۵]. یکی از نتایجی که از این پژوهش‌ها حاصل می‌شود آگاهی فزاینده‌ای درباره این موضوع است که با وجود اینکه ممکن است فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات سنتی درست مطابق برنامه انجام شوند، با این حال بسیاری از آن‌ها عملاً مفید نیستند، و ممکن است بعضی از آن‌ها با تولید نیز تداخل داشته یا حتی خطرناک باشند. این موضوع به‌طور خاص در مورد بسیاری از فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه صادق است.

در اغلب سازمان‌ها جهت اجرای نگهداری و تعمیرات از روش‌های محتاطانه و متکی به روش‌های معمولی و مرسوم نت استفاده شده و جهت پرهیز از مشکلات پیچیده و مشکلات احتمالی از اجرای روش‌های جدید بهره‌برداری نمی‌گردد. درحالی‌که با بازنگری راه‌های مشابه و متداول در نگهداری و تعمیرات، می‌توان نت را به حالت‌هایی با ایمنی بالاتر، قابلیت دسترسی بیشتر و باصرفه‌تر رساند [۶]. در راستای رسیدن به این هدف تلاش‌هایی برای ایجاد روش‌های نوین نگهداری

انجام شده که منجر به ایجاد نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان گردیده است. نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان روشی است برای استقرار یک برنامه نگهداری پیشگیرانه کارا و اثربخش که زمینه برآوردن ایمنی و سطوح دسترس‌پذیری موردنیاز تجهیزات و ساختارها را مهیا می‌نماید و منجر به بهبود کلی ایمنی، دسترس‌پذیری و اقتصادی بودن عملیات می‌شود [۱].

### پیشینه پژوهش

ریشه نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان به سال‌های قبل از ۱۹۶۰ برمی‌گردد [۷]، زمانی که شرکت‌های هواپیمایی تجاری تصمیم به خرید هواپیمای غول‌پیکر بوئینگ ۷۴۷ گرفتند. ارائه اولین نسخه از تحقیقات انجام شده درباره الگوهای توزیع عمر قطعات هواپیما بانام گروه راهبری نگهداری-۱ و تحت عنوان " برنامه ارزیابی نگهداری و توسعه " بر روی هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ اجرا گردید. سپس ویرایش دوم تحقیقات انجام شده درباره الگوهای توزیع عمر قطعات هواپیما بانام اختصاری گروه راهبری نگهداری-۲ و تحت عنوان " برنامه ریزی عملیات نگهداری و تعمیرات سازمان هواپیمایی و سازنده " ارائه شد که این نسخه بر روی هواپیماهای DC-10 و L-1011 در سال ۱۹۷۰ اجرا گردید. سازمان حمل‌ونقل هوایی پس از بازنگری مقاله گروه راهبری نگهداری-۲ آن را در سال ۱۹۸۰ تحت عنوان " برنامه ریزی عملیات نگهداری و تعمیرات سازمان هواپیمایی و سازنده " بنام گروه راهبری نگهداری-۳ ارائه نمود. این برنامه برای هواپیماهای سری ۷۵۷ و ۷۶۷ بکار گرفته شد [۸]. نسخه نظامی نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان تحت عنوان " راهنمای نگهداری و تعمیر مبتنی بر قابلیت اطمینان برای تجهیزات میدانی " در سال ۱۹۸۲ منتشر شد [۹]. مرحله مطالعاتی اجرای برنامه نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان برای مترو لندن در سال ۱۹۹۳ و بر اساس بررسی سوددهی نگهداری و تعمیر مبتنی بر قابلیت اطمینان برای مترو، شناسایی بهترین روش برای اجرای برنامه و صرفه‌جویی سالانه و قابلیت اطمینان مناسب در دستور کار آغاز گردید [۱۰]. روش نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان توسط ساندتروف و راسوند، نولان و هیپ، و موبرای تکامل پیدا نمود و کاربرد آن را از صنعت هواپیمایی فراتر بردند. این روش تاکنون در صنایع نیروگاهی و هسته‌ای، صنایع تولیدی، پالایشگاهی و حمل‌ونقل بکار گرفته شده است.

این کار در رابطه با شناسایی مولفه‌های موثر برای استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان در یک سازمان هوایی است که حدود نیم قرن سیستم نگهداری پیشگیرانه و پیش‌گویانه در تمامی رده‌های تعمیراتی آن از نت خط تا رده تعمیرات اساسی برقرار می‌باشد. سیستم موجود در این سازمان از ابتدای خریداری سیستم‌های موجود در آن تحت این شیوه نگهداری تعریف شده است. این سازمان دارای صلاحیت معتبر تعمیراتی<sup>۷</sup> است و نت تعریف شده خود را به بهترین وجه براساس دستورالعمل‌های فنی خود انجام می‌دهد. هدف از این پژوهش ارتقاء سیستم نگهداری فعلی یا بررسی بلوغ آن نیست بلکه شناسایی مولفه‌های موثر در استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان منظور نظر آن می‌باشد.

به صورت اجمالی نگهداری پیشگیرانه بر پایه زمان استوار است و در آن بر اساس دوره‌های زمانی از پیش تعریف شده، تجهیزات مورد بازرسی قرار می‌گیرند و بر اساس این بازرسی‌ها تعمیرات لازم انجام و تجهیزات دوباره به خط عملیاتی باز برمی‌گردند [۱۱]. بنابراین بر اساس این راهبرد نگهداری و تعمیرات (نت) تعویض قطعات، بازسازی و تعمیر اساسی یک ماشین در دوره زمانی قطعی بوده و صرف‌نظر از شرایط کارکردی دستگاه، در زمان مقرر عملیات لازمه بر روی آن انجام می‌شود. هرچند این یک استراتژی مناسب بوده ولی حتی یک خطای پنج‌درصدی در برآورد زمان مناسب تعمیر می‌تواند باعث افزایش زیاد هزینه‌های کارخانه گردد [۱۲]. تحت این نگرش نت اغلب عملیات نگهداری بر اساس بازرسی‌ها و تعمیرات اساسی زمان‌بندی شده انجام می‌گردد که هزینه بسیار بالایی دارند. در این روش بخش‌هایی که کاملاً سالم هستند پیاده شده و تحت عملیات نگهداری قرار می‌گیرند که علاوه بر هزینه بالا دارای معایب وقت‌گیر بودن و خواب سیستم و نیز حتی در مواقعی خود چنین بازدیدهایی می‌توانند سبب آسیب به سیستم گردند. از طرفی در این نوع نگهداری صرف‌نظر از اینکه سیستم در مدت قبل از بازدید چه ویژگی‌های عملیاتی داشته، تنها برابر دستورالعمل فنی اقدام به انجام بازدید دوره‌ای می‌گردد. از ضعف‌های این سیستم نت عدم پایش قطعات بوده و عدم استقرار نگهداری هوشمند است. این نوع نگهداری خط<sup>۸</sup> تنها با دستورالعمل‌های فنی انجام شده و نفرات نگهداری نه به لحاظ علمی و نه از جهت تصمیم‌گیری نقشی در ارتقاء پروسه نگهداری ندارند.

در کنار روش نگهداری پیشگیرانه از روش پیش‌گویانه البته به‌صورت کاملاً محدود نیز در این سازمان استفاده می‌گردد. این روش بر اساس توجه بیشتر به شرایط و وضعیت دستگاه استوار است که در این روش با استفاده از وسایل اندازه‌گیری دقیق، شرایط دستگاه و تجهیزات را بررسی و زمان ازکارافتادگی آن را پیش‌بینی می‌کنند و سپس عملیات لازم را برای جلوگیری از بروز این حالت را انجام می‌دهند [۱۳]. تکنیک‌های پیش‌گویانه همانند روش آنالیز ارتعاشات، تصاویر حرارتی مادون‌قرمز، عیب‌یابی فراصوتی و مانند این‌ها، پیش‌بینی شرایط دستگاه و تصمیم بر تعمیر لازم را ممکن ساخته است [۱۴]. جدای از تکنیک‌های فنی پیش‌گویی، تکنیک‌های آماری پیش‌گویی، مشاهده کارکردی تجهیز و یا به‌بیان دیگر حس انسانی در تعریف شرایط دستگاه مؤثر است که در این سازمان از بین روش‌های پیش‌گویانه تنها از روش آزمون‌های غیر مخرب و آزمون زمانی برخی قطعات الکترونیکی استفاده می‌گردد.

در مقابل هدف نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان، تشخیص تجهیزات حساس و بحرانی در هر فرآیند است [۱۵]. همچنین این راهبرد متکی به اطلاعات فنی بوده و با لحاظ نمودن راهبردها و خروجی‌های نت‌پیشگیرانه و پیش‌گویانه در سازمان، عمل نموده و همواره فرایند نت را بروز می‌نماید. خروجی‌های سیستم نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان باعث صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه منابع، زمان و انرژی در سازمان می‌گردد [۱۶]. بر این اساس در تحقیق حاضر، الگوی مذکور با توجه به مبانی نظری و متون علمی و مصاحبه با خبرگان مؤلفه‌های آن شناسایی، سپس با تکمیل الگوی قابلیت اطمینان، به شناسایی مؤلفه‌های مؤثر در سازمان‌های نگهداری و تعمیر وسایل پروازی که بر اساس نگهداری پیشگیرانه فعالیت می‌نماید، پرداخته‌شده و در انتها راه‌کارهای پیاده‌سازی نگهداری و تعمیر مبتنی بر قابلیت اطمینان ارائه شده است.

زمانی تکالیف نگهداری [۱۷]. تعریف دیگری از دیدگاه ناسا، نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان فرآیندی جهت انتخاب و استفاده از انواع روش‌های نگهداری و تعمیر مناسب برای تجهیزات باهدف دستیابی به قابلیت اطمینان موردنظر و با کمترین هزینه ممکن می‌باشد [۱۸]. دیگر تعریف، نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان فرآیندی است که تعیین می‌کند چه اقداماتی باید انجام شود تا این اطمینان حاصل گردد که یک ماشین/وسیله، وظایف خود را به‌درستی انجام خواهد داد [۱]. هدف اصلی نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان اجتناب یا کاهش پیامدهای بروز خرابی‌ها است. مهم‌ترین پیامدهای بروز خرابی‌ها به شرح زیر است:

- ۱) ایمنی کارکنان
- ۲) آلودگی محیط‌زیست
- ۳) توقف کار تجهیزات (توقف تولید)
- ۴) پیامدهای مالی

نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان با تدوین استاندارد نگهداری و تعمیرات تجهیزات، جایگاه بسیار مهمی در چرخه نگهداری و تعمیرات ایفا می‌کند. برنامه نگهداری شامل مجموعه‌ای از وظایف است که از تحلیل نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان نتیجه می‌شود. برنامه‌های نگهداری عموماً متشکل از یک برنامه اولیه و یک برنامه جاری موسوم به برنامه پویاست. در این برنامه عوامل اصلی که در مرحله ایجاد نگهداری سیستم نیاز به بررسی دارند، پیش از عملیات بوده و آن‌هایی که به‌منظور به‌روزرسانی برنامه مورد استفاده قرار می‌گیرند، مبتنی بر تجارب عملیاتی سیستم در حال خدمت هستند [۱۹]. همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است برنامه نگهداری پویا به برنامه‌های زیر تقسیم می‌شود:

### برنامه‌های نگهداری اولیه

برنامه نگهداری اولیه محصول سه مجموعه داده است که عبارت‌اند از: ویژگی، تحلیل طرح نگهداری و نگهداری. ویژگی یک سیستم توسط وظیفه آن تعریف می‌گردد این وظیفه طبق تعریف نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان شامل اقتصادی بودن، عملیاتی بودن و برآورده نمودن ایمنی است. بایستی شرایط عملیاتی و شرایط محیطی از ابتدا برای سیستم در نظر گرفته شوند یعنی سیستم باید بر اساس این شرایط طراحی و

### مبانی نظری

اگر نگاهی به منابع موجود در زمینه نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان شود با تعاریف متعددی برای نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان دیده می‌شود. نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان عبارت است از رویکرد نظام‌مندی برای شناسایی وظایف نگهداری پیشگیرانه اثربخش و کارا برای قلم‌ها بر اساس گروهی مشخص از رویه‌ها و برای مشخص نمودن بازه‌های

ولی همواره سیاست نگهداری بر کاربرپذیری بیشتر این ابزارهای در تعیین دقیق داده‌های خرابی است. بر این اساس روش‌های نگهداری اولیه نیز از کارهای تکراری اجتناب خواهد داشت که صرفه اقتصادی بیشتری حاصل آن است.

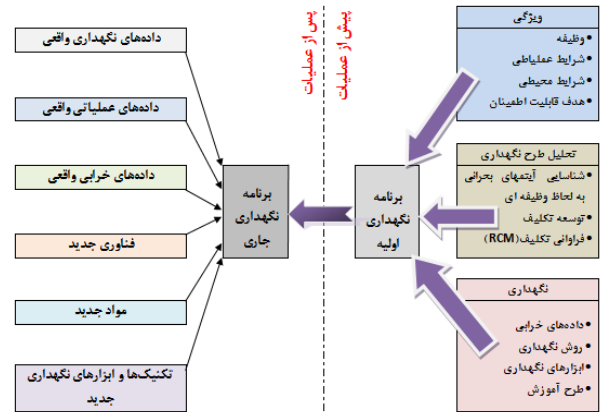
### برنامه نگهداری جاری

پس از استقرار برنامه اولیه، عملیات سیستم نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان شروع شده و اطلاعات پس از عملیات سیستم برای به‌روز نمودن و ایجاد برنامه نگهداری جاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اطلاعات شامل داده‌های نگهداری واقعی، داده‌های واقعی عملیاتی، داده‌های واقعی خرابی می‌باشند. داده‌های به‌دست‌آمده در این مرحله وارد تحلیل نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان شده و پس از تحلیل درختواره منطق تصمیم‌گیری تکالیف آن در برنامه نگهداری جاری اعمال می‌گردد [۱۹].

دسته دیگر از اطلاعات که در قسمت پس از عملیات جهت به‌روز نمودن برنامه نگهداری استفاده می‌گردد عبارت است از فناوری‌های جدید، مواد جدید و تکنیک‌ها و ابزارهای نگهداری جدید. همان‌گونه که از نام این موارد پیداست، رابطه مستقیمی با پیشرفت تکنولوژی مربوط به سیستم موردنظر دارند و در صورتی که علم بومی سیستم در اختیار مصرف‌کننده نباشد دستیابی به این اطلاعات آخرین مرحله درختواره تصمیم‌گیری است که در آن بازطراحی سیستم قرار دارد. لذا استقرار برنامه کامل نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان تنها در سیستم‌هایی امکان‌پذیر خواهد بود که صد درصد بومی بوده و پیشرفت در تکنولوژی‌های مربوط به فناوری‌های جدید، مواد جدید و تکنیک‌ها و ابزارهای نگهداری جدید مربوط به آن سیستم نیز بومی باشد [۱۹].

دیگر مسئله مهم در استفاده از سیستم‌ها برنامه کاوش سن سیستم است برای مصرف‌کنندگانی که مدت مدیدی از یک سیستم استفاده می‌کنند این مشکل چنین بروز می‌کند که با بالا رفتن عمر سیستم خرابی‌های مربوط نیز رشد می‌کنند. غالباً در سیستم‌های نگهداری که بر اساس نگهداری پیشگیرانه مدیریت می‌گردند چاره افزایش عمر در کاهش فاصله‌های بازرسی‌های دوره‌ای لحاظ شده و یا محدوده کارکرد سیستم کاهش می‌یابد. درحالی‌که در نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان فرایندی نظیر شکل ۲ در طول چرخه عمر سیستم

ساخته شود. ناگفته پیداست، سیستم خریداری شده‌ای که با شرایط لازم در الزامات برای نگهداری مبنی بر قابلیت اطمینان طراحی نگردیده است، برآورده‌کننده این سیستم نگهداری نیست. مهم‌ترین قسمت ویژگی، هدف قابلیت اطمینان است یعنی سیستم درست برای این هدف و بر اساس آن طراحی و ساخته شود تا برنامه نگهداری اولیه بر این اساس استوار گردد. دومین مجموعه اطلاعات لازم در مرحله پیش از عملیات تحلیل طرح نگهداری است که شامل شناسایی آیتم‌های بحرانی به لحاظ وظیفه‌ای، توسعه تکلیف و فراوانی تکلیف است. در اینجا نیز تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای بین شناسایی آیتم‌های بحرانی در دو سیستم نگهداری پیشگیرانه و مبتنی بر قابلیت اطمینان وجود دارد و نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان به سبب فلسفه وجودی خود نوع دیگری به تکالیف و این آیتم‌ها نگاه می‌کند و آن فلسفه اقتصادی بودن است که در تمامی روح این برنامه نگهداری ساری و جاری است. در این برنامه توسعه و فراوانی تکالیف با بررسی جامع‌تری انجام گرفته و از عملیات اضافی بر اساس زمان (مانند نگهداری پیشگیرانه) اجتناب می‌گردد.



شکل ۱- تکامل یک برنامه نگهداری پویا [۱۹]

بخش سوم نگهداری پیش از عملیات، شامل داده‌های خرابی، روش نگهداری، ابزارهای نگهداری و طرح آموزش است که در میان این عوامل طرح آموزش اهمیت خود را بیشتر نمایان می‌سازد. مطمئناً نوع آموزش و هوشمندتر بودن آن برای یک نگهداری پویا قابل‌مقایسه با نگهداری پیشگیرانه بر اساس الگوی زمانی نیست. لذا برای استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان اساس حرکت به‌روز بودن و ارتقای آموزش است که خود می‌تواند اساسی برای استقرار این نوع نگهداری باشد. در این نوع نگهداری از ابزارهای نگهداری پیش‌گویانه استفاده شده

اطمینان است. تجزیه و تحلیل حساسیت نیاز به نوع دیگری از داده‌های قطعاتی دارد که سیستم را می‌سازند. اثر خرابی اجزای اصلی سیستم ممکن است روی بهره‌وری و هزینه تعمیر و نگهداری آن تأثیر بگذارد. عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم عبارتند از: میانگین زمان بین خرابی‌ها، مجموع هزینه تعمیر و نگهداری، زمان متوسط برای تعمیر خرابی و در دسترس بودن. اطلاعات تجهیزات، مبنایی را برای ارزیابی مهیا می‌نماید و بایستی پیش از آغاز تحلیل با هم ترکیب شده و به موازات بروز نیازها، تکمیل شود. موارد زیر بایستی گنجانده شود:

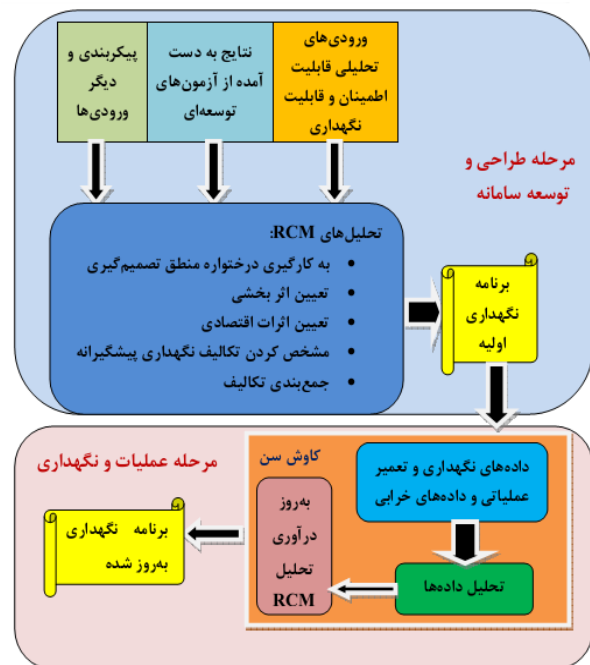
- الزامات تجهیزات و سیستم‌های مربوط به آن، شامل الزامات قانونی
- مستندسازی طراحی، نگهداری و تعمیر
- بازخورد کارکردی شامل داده‌های نگهداری، تعمیر و خرابی [۱۹].

پایه‌سازی می‌گردد. که این فرآیند بایستی در خلال فاز عملیات و پشتیبانی از دوره عمر سیستم، به‌منظور تضمین پشتیبانی برنامه نگهداری اولیه، به‌وسیله داده‌های میدانی موردبازنگری قرار گیرد [۲۰].

همان‌گونه که در شکل ۲ دیده می‌شود همواره در طول عمر سیستم برنامه کاوش سن مستقر بوده و پس از مراحل طراحی و توسعه سیستم این برنامه پایه‌سازی می‌شود. پنجره نقطه‌چین در شکل بالا نشان می‌دهد که داده‌های نگهداری، عملیاتی و خرابی همواره تحت تحلیل نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان قرار گرفته و منجر به ایجاد برنامه نگهداری به‌روز شده می‌شود. هزینه‌های نگهداری در سراسر دوره عمر محصول اغلب بیشتر از قیمت خرید محصول است. بنابراین برنامه‌ریزی دقیق نگهداری‌های پیشگیرانه از طریق نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان می‌تواند به‌طور چشمگیری هزینه‌های کلی مالکیت را کاهش دهد.



شکل ۳- گام‌های اصلی برای پایه‌سازی نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان [۱۶]



شکل ۲- فرآیند نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان در چرخه عمر سیستم [۲۰]

برای پایه‌سازی برنامه نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان گام‌های مهمی باید برداشته شود که در شکل ۳ نشان داده شده است:

۱- انتخاب سیستم و جمع آوری اطلاعات: تعیین لیست قطعات سیستم یکی از اولین گام‌ها در نگهداری مبتنی بر قابلیت

همچنین به‌منظور تضمین کامل بودن و پرهیز از دوباره‌کاری، ارزیابی بایستی مبتنی بر تفکیکی (جزء-جزء)

بیش از اندازه و تأثیر بالقوه بر ایمنی شود. هر دو حالت منجر به برنامه نگهداری غیربهبینه می‌شود. خروجی‌های این گام به شرح زیر است:

• فهرست‌سازی افت/خرابی‌های وظیفه‌ای سیستم و ویژگی‌های آن

• فهرست رتبه‌بندی افت/خرابی‌های وظیفه‌ای سیستم

۵- **مد خرابی و تحلیل اثر:** هدف از این گام اولویت‌بندی افت یا خرابی‌های سیستم و تحلیل اثر آن‌ها برای هر وظیفه تعیین شده است و که بایستی مستند شود. خروجی‌های این گام فهرست مد خرابی سیستم و تحلیل اثر آن روی سیستم است. این قلم‌ها، قلم‌هایی هستند که خرابی آن‌ها می‌تواند شرایط زیر را داشته باشد:

• تأثیرگذاری بر ایمنی

• غیرقابل کشف بودن در خلال عملیات طبیعی

• دارا بودن تأثیر عملیاتی قابل توجه

• دارا بودن تأثیر اقتصادی قابل توجه

با استفاده از این تحلیل، می‌توان قلم‌های مهم از نظر وظیفه‌ای مهم را شناسایی نمود. به‌عنوان مثال خرابی‌هایی که هم دارای اثرات وظیفه‌ای چشم‌گیر و هم احتمال رخداد بالایی هستند و یا دارای احتمال متوسطی بوده ولی بحرانی شناخته می‌شوند و یا دارای سابقه نگهداری و تعمیر بسیار ضعیفی هستند [۱۶].

۶- **تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری:** پایه تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری با استفاده از ساختار این تصمیم‌گیری در شکل ۴ نشان داده شده است. پس از انجام گام پنجم و تعیین مد خرابی اجزای سیستم و اثر آن به روی هر قلم، چنین درختواره‌ای رسم شده و رده‌بندی اثرات خرابی هر قلم به روی ایمنی، عملیات و اقتصاد بررسی می‌گردد که در انتها منجر به ادامه کار تا خرابی کامل یا انجام گام بعدی جهت انتخاب تکلیف می‌گردد [۱۹].

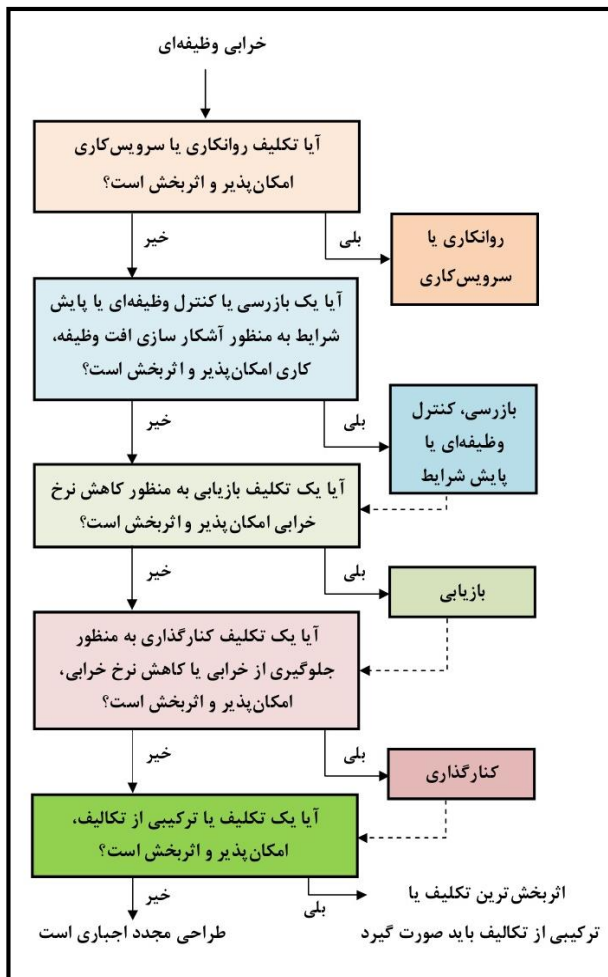
۷- **انتخاب تکلیف:** شناسایی و انتخاب تکلیف مانند رده‌بندی اثرات است. برای شناسایی تکلیف، درختواره منطقی تصمیم‌گیری مطابق با شکل ۵ برای هر خرابی رسم شده و تکلیف نگهداری انتخاب می‌گردد. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود اگر در انتهای فاز انتخاب تکلیف، هیچ کدام از تکالیف نتواند انتخاب گردد، کنارگذاری یا طراحی مجدد انتخاب خواهد بود. با توجه به موارد پیش‌گفته طراحی مجدد تنها در سیستم‌هایی دانش آن بومی باشد امکان‌پذیر است [۲۱].

مناسب و منطقی تجهیزات باشد. انجام این گام مستلزم وجود زیرساخت آمادی و رایانه‌ای پیگیری قطعات و جود سیستم جمع‌آوری اطلاعات و نفرات آموزش‌دیده در این خصوص است.

۲- **تعریف مرزهای سیستم:** این گام شامل بررسی عمومی مرزهای سیستم و جزئیات مرزبندی سیستم می‌گردد. گاهی اوقات، انجام تقسیم‌بندی بیشتر برای زیرسیستم‌هایی که وظایف بحرانی را در کارکرد سیستم انجام می‌دهند، ضروری است. محدوده‌های سیستم ممکن است به مرزهای فیزیکی سیستم‌های دیگر محدود نبوده و با آن‌ها هم‌پوشانی وجود داشته باشد. نتایج تقسیم‌بندی تجهیزات بایستی در یک راهنمای اصلی سیستم که مشخص‌کننده سیستم‌ها، اجزا و مرزها است مستند شود. این گام مقدمه‌ای مهم برای تعیین نمودار وظیفه‌ای و تکالیف سیستم است که عموماً توسط سازنده معین گردیده و با داده‌های جمع‌آوری شده نگهداری جاری ممکن است کمی تغییر نماید [۱۶].

۳- **تشریح سیستم و نمودار وظیفه‌ای:** این گام شامل تشریح سیستم، نمودار بلوکی وظیفه‌ای و سابقه تجهیزات است. هدف از این گام تعیین وظایف اصلی و کمکی انجام‌شده به‌وسیله سیستم‌ها و زیر سیستم‌ها است. تعریف وظیفه، تشریح‌کننده اقدامات یا الزاماتی است که سیستم یا زیر سیستم بایستی انجام دهد که گاهی اوقات برحسب قابلیت‌های کارکردی در داخل محدوده‌های مشخص شده، است. وظایف بایستی برای تمامی حالات عملیاتی تعیین شود. استفاده از بلوک دیگرام‌های وظیفه‌ای به شناسایی وظایف سیستم کمک می‌کند.

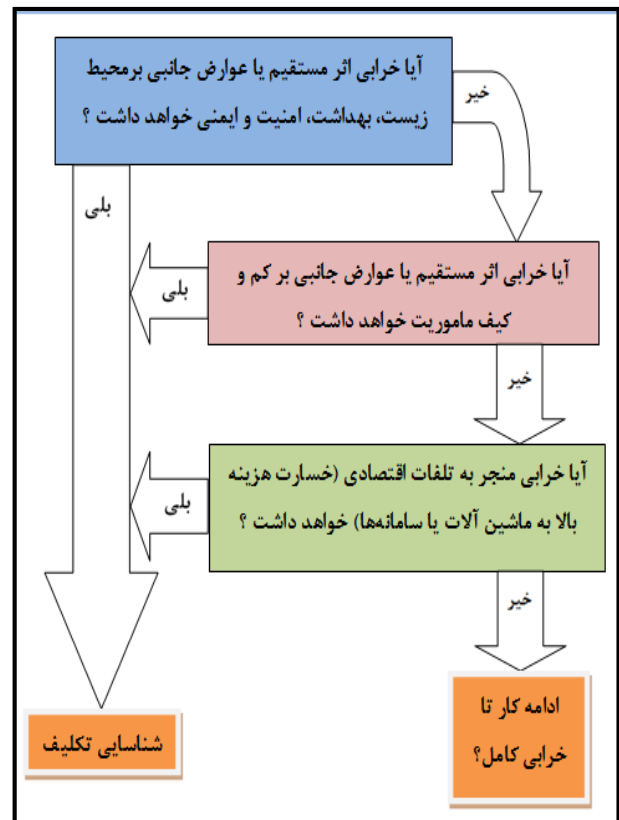
۴- **خرابی‌های وظیفه‌ای کارکرد سیستم:** در این گام همان‌گونه که از نام آن پیداست شناسایی خرابی‌های وظیفه‌ای سیستم است. با توجه به این‌که خرابی وظیفه‌ای هر سیستم ممکن است اثرات مختلفی بر ایمنی، دسترس‌پذیری یا هزینه نگهداری داشته باشد، رتبه‌بندی و اولویت‌بندی آن‌ها ضروری است. رتبه‌بندی، احتمال رخداد و پیامدهای خرابی را به شمار می‌آورد. برای رتبه‌بندی، روش‌های کیفی مبتنی بر کارشناسی مهندسی جمعی و تحلیل تجارب عملیاتی، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. روش‌های کمی تحلیل حالات خرابی و آثار، یا تحلیل ریسک نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. رتبه‌بندی بیش از اندازه محافظه‌کارانه ممکن است منتهی به برنامه نگهداری پیشگیرانه سخت‌گیرانه شده و برعکس آن نیز یک رتبه‌بندی ساده‌انگارانه ممکن است منجر به خرابی‌های



شکل ۵- درختواره منطقی تصمیم‌گیری برای خرابی قابل کشف مؤثر در عملیات [۲۱].

#### فرضیه‌های فرعی:

- توانایی جمع‌آوری اطلاعات بر اساس الگوی قابلیت اطمینان در سازمان پروازی وجود دارد
- توانایی شناسایی و رتبه‌بندی سیستم‌ها بر اساس الگوی قابلیت اطمینان در سازمان پروازی وجود دارد
- توانایی فهرست‌سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها بر اساس الگوی قابلیت اطمینان در سازمان پروازی وجود دارد
- شناسایی قلم‌های مهم به لحاظ وظیفه‌ای بر اساس الگوی قابلیت اطمینان در سازمان پروازی وجود دارد
- تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری بر اساس الگوی قابلیت اطمینان در سازمان پروازی وجود دارد
- تصمیم‌گیری وظایف و تکالیف و طراحی بر اساس الگوی قابلیت اطمینان در سازمان پروازی وجود دارد



شکل ۴- درختواره منطقی تصمیم‌گیری رده‌بندی اثرات خرابی در نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان [۱۶]

#### مدل مفهومی پژوهش

استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان مستلزم آن است که عوامل مؤثر بر ایجاد آن شناسایی گردد. الگوی ارائه‌شده در این تحقیق به بررسی این عوامل پرداخته است. با نگرش سیستمی، بررسی ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق این عوامل در هفت گام شناسایی شدند. در شکل ۶ الگو و مدل مفهومی تحقیق ترسیم‌شده است. در این مدل مؤلفه‌های تأثیرگذار بر استقرار سیستم مبتنی بر قابلیت اطمینان مشخص شده است.

#### فرضیه‌های پژوهش

##### فرضیه اصلی:

- امکان استقرار الگوی قابلیت اطمینان در سازمان پروازی وجود دارد



جهت تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از پرسشنامه در بخش آمار توصیفی و بررسی سؤالاتی جمعیت شناختی از تکنیک‌هایی نظیر محاسبه فراوانی، درصد و میانگین استفاده شده است. برای آزمون فرضیه‌های پژوهش از آزمون t تک‌نمونه‌ای استفاده شده است. برای بررسی معنی‌دار بودن تفاوت دیدگاه پاسخ‌دهندگان در مورد فرضیه‌های پژوهش بر اساس سن، سابقه خدمت، میزان تحصیلات و مدرک تحصیلی، از آزمون تحلیل واریانس تک عاملی استفاده شده است.

ضریب پایایی برای کلیه متغیرها جداگانه و بر مبنای نمونه نهایی در جدول ۱ گزارش شده است. ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده برای همه متغیرها بالای ۰/۷ به دست آمد که بیانگر پایایی پرسشنامه‌ها است.

جدول ۱- نتایج آزمون پایایی

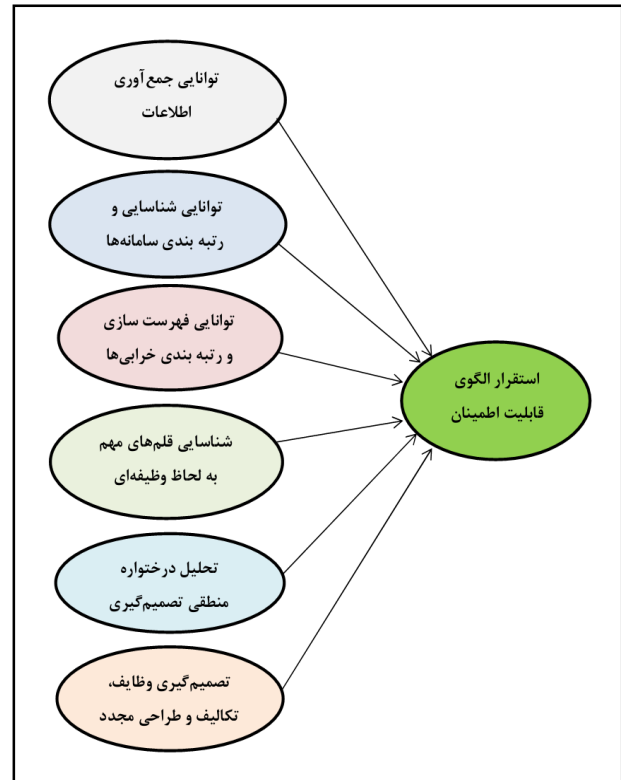
متغیر	حجم نمونه	آلفای کرونباخ
کل متغیرها	۱۰۰	۰/۸۹
توانایی جمع‌آوری اطلاعات	۱۰۰	۰/۸۷
توانایی شناسایی و رتبه‌بندی سیستم‌ها	۱۰۰	۰/۸۶۶
توانایی فهرست‌سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها	۱۰۰	۰/۸۶۶
شناسایی قلم‌های مهم به لحاظ وظیفه‌ای	۱۰۰	۰/۸۷
تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری	۱۰۰	۰/۸۳
تصمیم‌گیری وظایف، تکالیف و طراحی مجدد	۱۰۰	۰/۷۲

برای بررسی روایی ابزار از تحلیل عاملی تأییدی استفاده شده است.

نمودار شماره ۲: تحلیل عاملی ابعاد نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان نتایج نشان داد، ابعاد از برآزش مناسبی برخوردار هستند (شکل ۷). مقدار آماره  $\chi^2$  تقسیم بر درجه آزادی (df) کوچک‌تر از ۳ شد و همچنین GFI بالای ۰/۹۱ درصد و p-value کوچک‌تر از ۰/۰۵ و RMSEA کوچک‌تر از ۰/۰۱ است. همچنین بار عاملی هر یک از سؤالات باید بزرگ‌تر از ۳ باشد تا در مدل باقی بماند و  $(NNFI^9)$ ،  $(IFI^{10})$ ،  $(NFI^{11})$  و  $(CFI^{12})$  همه بالای ۰/۹۰ درصد است.

### آزمون کولموگروف اسمیرنوف

جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف استفاده شده است. فرض صفر مبنی بر نرمال بودن و فرض یک، حاکی از نرمال نبودن داده‌ها است.

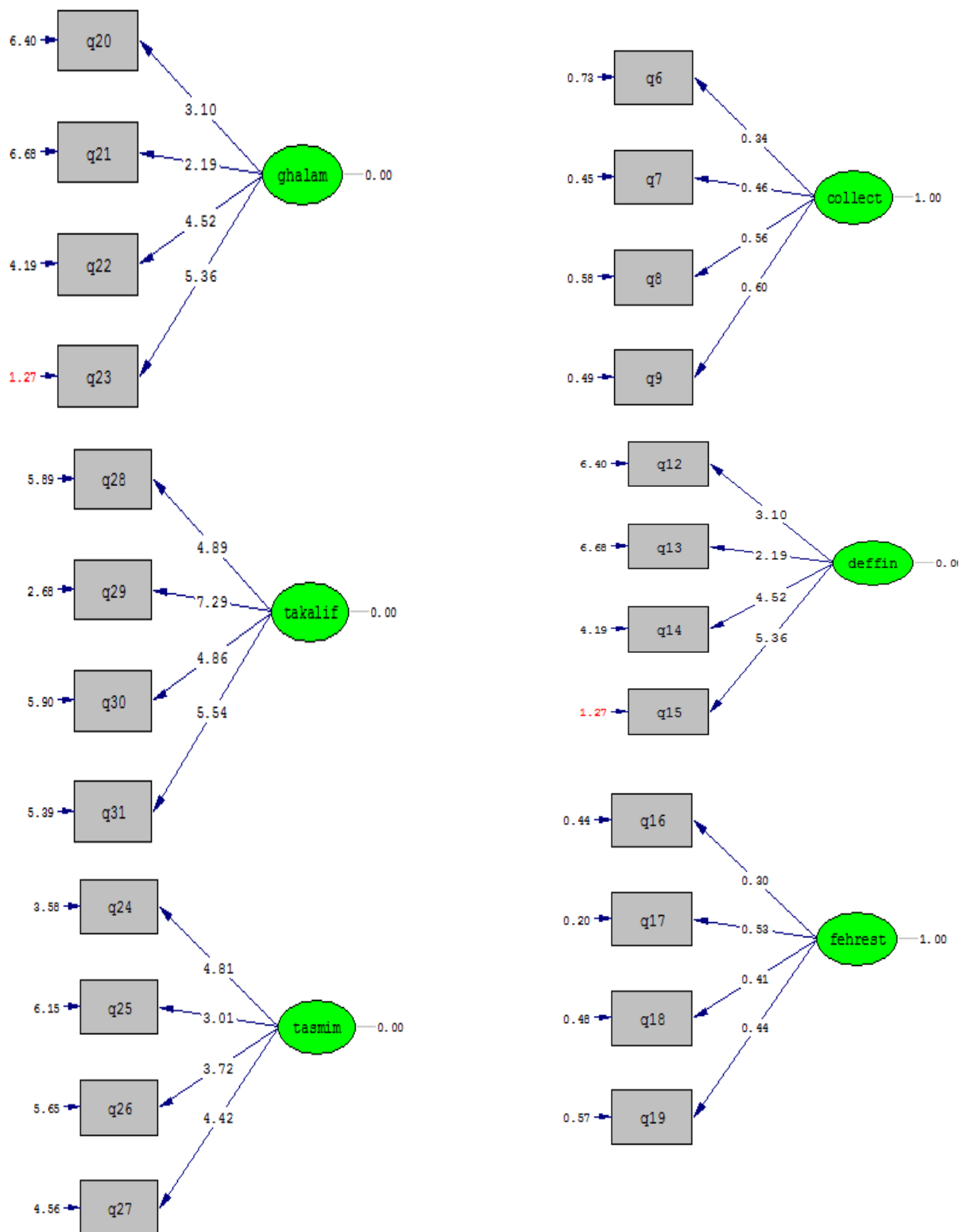


شکل ۶- مدل مفهومی پژوهش

### روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و بر اساس ماهیت و روش، تحقیقی توصیفی-پیمایشی است. ابزار سنجش متغیرهای این تحقیق پرسشنامه‌ای محقق ساخته است و فعالیت‌های میدانی بر اساس گام‌های زیر انجام شده است:

- ۱- ابتدا مؤلفه‌های قابلیت اطمینان از متون علمی و مبانی نظری استخراج شد.
  - ۲- شاخص‌های متناظر با مؤلفه‌ها بر اساس مبانی نظری تدوین گردید و از خبرگان در مورد آن‌ها نظرخواهی شد.
  - ۳- پرسشنامه تحقیق تهیه شد و پس از تأیید خبرگان توزیع گردید.
- جامعه آماری، کارکنان متخصص و خیره بخش آماد و پروازی یکی از سازمان‌های پروازی می‌باشند که به روش کوکران با جامعه محدود تعداد ۱۰۰ نفر آن‌ها با به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب شدند. برای اخذ پایایی و روایی تحقیق علاوه بر اخذ نظر خبرگان از تحلیل عاملی تأییدی و آلفای کرونباخ استفاده شده است.



شکل ۷- تحلیل عاملی ابعاد نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان نتایج

تمامی متغیرها از مقدار خطای ۰/۰۵ بزرگ‌تر است، پس فرض صفر را نتیجه می‌گیریم یعنی متغیرهای تحقیق دارای توزیع نرمال هستند.

در این آزمون هرگاه سطح معناداری (sig) از ۰/۰۵ بیشتر باشد فرضیه H0 تأیید شده و ادعای نرمال بودن توزیع داده‌ها را می‌توان پذیرفت. چون مقدار سطح معناداری در

همان‌طور که در جدول ۳ مندرج است با توجه به تی مشاهده‌شده و مقایسه آن با تی جدول در سطح معنی‌داری ۵ درصد می‌توان نتیجه گرفت که سازمان پروازی در تمام مؤلفه‌های الگوی نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان دارای موانع است.

برای اولویت‌بندی فرضیه‌های پژوهش از آزمون فریدمن استفاده‌شده است.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود بعد تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری مهم‌ترین مانع در استقرار الگوی نگهداری قابلیت اطمینان از نظر پاسخ‌دهندگان رتبه‌بندی شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف

نتیجه فرضیه	سطح معناداری	آماره Z	متغیرهای پژوهش
نرمال	۰/۲۴	۱/۱۰۱	توانایی جمع‌آوری اطلاعات
نرمال	۰/۱۰	۱/۲۱	توانایی شناسایی و رتبه‌بندی سیستم‌ها
نرمال	۰/۳۴	۰/۹۳	توانایی فهرست‌سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها
نرمال	۰/۱۲	۱/۳۱	شناسایی قلم‌های مهم به لحاظ وظیفه‌ای
نرمال	۰/۳۷	۰/۹۷	تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری
نرمال	۰/۱۵	۱/۴۶	تصمیم‌گیری وظایف، تکالیف و طراحی مجدد

### سؤالات جمعیت شناختی

با توجه به داده‌های مربوط به ویژگی‌های جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان، ۵۰ درصد از پاسخ‌گویان دارای مدرک تحصیلی هوافضا و ۵۵ درصد در مدیریت‌های نگهداری خدمت می‌کنند. ۴۵ درصد از پاسخ‌دهندگان دارای ۲۱ تا ۲۵ سال سابقه خدمت داشتند. ۶۰ درصد از پاسخ‌دهندگان دارای مدرک کارشناسی ارشد می‌باشند.

### یافته‌های تحقیق

جهت بررسی فرضیات تحقیق از آزمون t استفاده‌شده است تمامی فرضیه‌ها در جدول ۳ آمده‌اند و بر اساس آزمون t مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

جدول ۳- نتایج آزمون t تک‌نمونه‌ای

عامل	میانگین	آماره t	sig	نتیجه فرضیه
توانایی جمع‌آوری اطلاعات	۲/۴۶	۱۵/۶۴	۱/۰۰۰۰۰	رد فرضیه
توانایی شناسایی و رتبه‌بندی سیستم‌ها	۲/۷۲	۲۷/۷۸	۱/۰۰۰۰۰	رد فرضیه
توانایی فهرست‌سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها	۲/۱۲	۱۶/۷۱	۱/۰۰۰۰۰	رد فرضیه
شناسایی قلم‌های مهم به لحاظ وظیفه‌ای	۲/۸	۱۳/۵۲	۱/۰۰۰۰۰	رد فرضیه
تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری	۲/۱۵	۱۸/۲۵	۱/۰۰۰۰۰	رد فرضیه
تصمیم‌گیری وظایف، تکالیف و طراحی مجدد	۲/۵۳	۱۶/۶۵	۱/۰۰۰۰۰	رد فرضیه

جدول ۴- آزمون فریدمن مربوط به فرضیه‌های پژوهش

رتبه‌بندی میانگین	فرضیه‌ها (موانع)
۱۲/۴	توانایی جمع‌آوری اطلاعات
۱۱/۳۹	توانایی شناسایی و رتبه‌بندی سیستم‌ها
۱۲/۷۵	توانایی فهرست‌سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها
۱۲/۸	شناسایی قلم‌های مهم به لحاظ وظیفه‌ای
۱۱/۱۵	تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری
۱۲/۵۳	تصمیم‌گیری وظایف، تکالیف و طراحی مجدد

### دیدگاه پاسخ‌دهندگان بر اساس عوامل جمعیت شناختی

برای بررسی معنی‌دار بودن تفاوت دیدگاه پاسخ‌دهندگان در مورد فرضیه‌های پژوهش بر اساس سابقه خدمت، میزان تحصیلات، محل خدمت مدرک تحصیلی، از آزمون تحلیل واریانس تک عاملی استفاده‌شده است. بر اساس نتایج حاصل از این آزمون هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین دیدگاه پاسخ‌دهندگان بر اساس سن آن‌ها و سابقه خدمت وجود ندارد. در مورد فرضیه پنجم (تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری) و فرضیه سوم (توانایی فهرست‌سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها) تفاوت معنی‌داری بین پاسخ‌های پاسخ‌دهندگان با توجه به میزان تحصیلات آن‌ها وجود داشته است. بدین‌صورت که توانایی فهرست‌سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها در افراد دارای کارشناسی کمتر از افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد است. همین‌طور در مورد فرضیه پنجم (تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری) تفاوت معنی‌داری بین افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد و کارشناسی مشاهده شد. بدین‌صورت که

برای افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد مهم‌تر از افراد دارای مدرک کارشناسی است.

### بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش شناسایی مؤلفه‌های مؤثر برای استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان در یک سازمان هوایی است که حدود نیم‌قرن سیستم نگهداری پیشگیرانه در آن برقرار است. این پژوهش از نوع توصیفی - پیمایشی است. جامعه آماری شامل کلیه کارکنان نگهداری یک سازمان نگهداری هوایی است. این کار با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و حجم نمونه با استفاده از روش کوکران با جامعه محدود، ۱۰۰ نفر انتخاب گردید. پس از طراحی و تعیین روایی و پایایی ابزار سنجش، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون اسمیرنوف و کولموگروف، آزمون t و آزمون F استفاده شد. بر اساس یافته‌های تحقیق نتایج زیر حاصل گردید:

۱. ویژگی‌های جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان نشان می‌دهد، بیشترین فراوانی پاسخ‌دهندگان مربوط به افراد دارای ۲۱ تا ۲۵ سال سابقه است. در واقع بر این اساس اکثر نمونه آماری کارکنانی با تجربه بوده و با سازمان و مشکلات آن به خوبی آشنا بودند.
۲. بر اساس نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس تک عاملی هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین دیدگاه پاسخ‌دهندگان بر اساس سن آن‌ها و سابقه خدمت وجود ندارد که نشانگر اطلاعات یکسان پاسخ‌دهندگان از الگوی نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان است.
۳. لازم است اطلاعات و بینش مدیران در مورد نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان ارتقاء یابد که در سایه آموزش بر اساس مبانی آن انجام‌پذیر است.
۴. آزمون فرضیه‌های پژوهش نشان می‌دهد که سازمان پروازی جهت استقرار الگوی نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان بایستی به هفت گام توجه و تحول اساسی در روش‌های نگهداری ایجاد کند.
۵. نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس تک عاملی نشان داد مؤلفه توانایی فهرست سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها و تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری برای افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد مهم‌تر از افراد دارای مدرک

کارشناسی است که نشان‌دهنده توجه افراد با تحصیلات بالاتر به ضرورت ارتقاء نت است.

۶. استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان تنها در سیستم‌های بومی طراحی شده بر اساس الزامات آن امکان‌پذیر است، زیرا تنها در این سیستم‌ها امکان طراحی مجدد سامانه وجود دارد.
۷. نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان تنها در سیستم‌های بومی که تمامی دانش فنی و علمی در آن رسوب نموده می‌تواند به صورت پویا مستقر شود.
۸. نتایج آزمون فریدمن نشان می‌دهد که از نظر پاسخ‌دهندگان مهم‌ترین مؤلفه‌ها جهت استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان به ترتیب عبارت‌اند از تحلیل درختواره منطقی تصمیم‌گیری، توانایی شناسایی و رتبه‌بندی سیستم‌ها، توانایی جمع‌آوری اطلاعات، تصمیم‌گیری وظایف، تکالیف و طراحی مجدد، توانایی فهرست سازی و رتبه‌بندی خرابی‌ها، شناسایی قلم‌های مهم به لحاظ وظیفه‌ای.

### پیشنهادها

۱. پیشنهاد می‌گردد نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان تنها در سیستم‌های بومی و با دانشمندی کامل ملی انجام گردد زیرا تنها در این صورت تمامی گام‌های آن می‌تواند انجام شود و با انجام این گام‌ها همواره سیستم مذکور در جهت افزایش کارایی عملیاتی، بهره‌وری هزینه‌ای و ایمنی پیش خواهد رفت.
۲. جهت استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان در سیستم فعلی پیشگیرانه ابتدا باید زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری توسعه یابد.
۳. این بررسی را می‌توان با رویکرد قابلیت اعتماد<sup>۱۳</sup> انجام داد تا لجستیک به‌عنوان یک رکن اساسی نت به صورت یکپارچه بررسی شود که انجام چنین پژوهشی پیشنهاد می‌گردد.
۴. دیگر کار شایسته‌ای که می‌توان پیش از انجام چنین پژوهشی انجام داد، مدل بلوغ توانایی سازمان فعلی را جهت بررسی نت حاضر انجام داد.
۵. کارکنان فنی که بر اساس کار در سیستم نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان آموزش دیده باشند، دیگر الزام جهت استفاده از روش نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان است.

- [7] Heap, F. N., "Reliability-Centered Maintenance" DTIC (US), 1978.
- [8] Cotaina et al., "Study Of Existing Reliability" Facultad de Informática de Madrid, 2000.
- [9] Pamphlet., "Guide To Reliability Centered Maintenance (Rcm) For Fielded Equipment" US. Army, 1982.
- [10] Deakin., "An introduction to Reliability-Centred Maintenance(RCM) . Design, Reliability, and Maintenance" Railways ImechE Seminar, 1996.
- [11] Mobley, R. K., "An Introduction To Predictive Maintenance" Elsevier Science (USA), 2002.
- [12] Wu, S. a., "Linear and nonlinear preventive maintenance", IEEE Transactions on Reliability, pp. 242-249, 2010.
- [13] Galley, M., "Reliability-Centered Maintenance and Root Cause Analysis: Working Together to Solve Problems" ThinkReliability, 2008.
- [14] Swift, G. B., "A Technical Publication for Advancing the Practice of Operating Asset Condition Monitoring, Diagnostics, and Performance Optimization. Orbit" Vol. 31 No.1., 2011.
- [15] Mather, D., "The value of RCM" Plant Services, 2008.
- [16] Afefy, I. H., "Reliability-Centered Maintenance Methodology And Application" A Case Study. Industrial Engineering Department, 2010.
- [17] Carter, A. B., "Reliability Centered Maintenance (RCM)". Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics, 2011.
- [18] NASA., "NASA Reliability-Centered Maintenance Guide" NASA, 2008.
- [۱۹] استاندارد 645، "نگهداری بر مبنای قابلیت اطمینان"، (pp. 8-15) استاندارد دفاعی ایران، ۱۳۸۸.
- [20] duma, D. w., "Dod Guide For Achieving Reliability, Availability, And Maintainability" Department of Defense(DOD), 2005.
- [21] Niehaus F., "Safety Related Maintenance In The Framework Of The Reliability Centered Maintenance Concept" IAEA in Austria, 1992.

۶. هدف‌گذاری مشخص کوتاه، میان و بلندمدت تا پیاده‌سازی کامل نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان و بهره‌مندی از تمامی مزایای آن.
۷. اگر در سیستم فعلی نگهداری بتوان زیرساخت استفاده از بازخوردهای داده‌های نگهداری را به وجود آورد، سریع‌تر می‌توان تغییراتی در جهت استقرار نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان داشت.
۸. پس از استقرار اولیه نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان انجام مدل بلوغ فرآیندی<sup>۱۴</sup>، برای بهبود کیفیت محصولات و توسعه‌ی کارایی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری پیشنهاد می‌گردد.

#### پی‌نوشت‌ها

- ۱ Breakdown Maintenance
- ۲ Preventive
- ۳ Predictive
- ۴ Condition Monitoring
- ۵ Condition based Maintenance
- ۶ Reliability Centered maintenance
- ۷ MOA-Maintenance Organization Approval
- ۸ Line Maintenance
- ۹ None Normative Fit Index
- ۱۰ Incremental Fit Index
- ۱۱ Normative Fit Index
- ۱۲ Comparative Fit Index
- ۱۳ Dependability
- ۱۴ Capability Maturity Model Integration

#### منابع:

- [1] Moubray, "Reliability-Centered Maintenance" Industrial Press, 1997.
- [2] Saffa A., "Using Fundamentals to Break the Breakdown Maintenance Cycle" Coal Operators' Conference, University of Wollongong, 1998.
- [۳] نوری، "روش‌های نگهداری و تعمیرات در صنعت و مروری بر روش‌های مراقبت وضعیت"، سایت نگهداری و تعمیر، ۱۳۸۰.
- [۴] نوری، "روش‌های نگهداری و تعمیرات در صنعت و مروری بر روش‌های مراقبت وضعیت، کارخانه تعمیرات برق واگن‌ها و مولدهای برق"، شرکت قطارهای مسافری رجا، ۱۳۸۲
- [5] Malcolm Hide, S. C., "Fourth Generation Maintenance" Strategic Maintenance Ltd, 2013
- [6] Kirby, L., "Reliability centered maintenance: managing cost and risk" Skanska USA Building Inc, 2012.