



IoT Based Smart Maintenance in LARG Context: a Metasynthesis in the Aviation Industry

Ali Mohaghar*^{ID}
Rohollah Ghasemi**^{ID}
Sahar Shirazi***^{ID}

Extended Abstract

Purpose: The process of maintenance, Repairs and Overhaul of aircraft is one of the most important measures in the aviation industry, which provides confidence and comfort to customers. During the investigations and since the new Internet of Things technology plays a special role in providing aircraft Maintenance, Repair and Overhaul services, the researcher has tried to examine this technology along with important approaches such as Lean, Agile, Resilient and Green. to give In this way, the aim of this research is to present a model of Lean, Agile, Resilient and Green Aircraft Maintenance and Repair components in the context of the revolutionary Internet of Things technology.

Method: In this research, the metacombination method is used. In the following, by extracting the research questions, searching all the articles from 2015 until now and in the databases: Web of Science, Scopus, Google Scholar, Jihad Daneshgahi and Iranduc, and by applying the relevant constraints, evaluating the articles using the skills program tool. Critical evaluation, information extraction from articles, analysis and synthesis of results, quality control of research, results and findings are presented. In this way, the number of 323 articles is extracted, and after refining the articles of the type: titles, abstracts and quality, the main and subcategories are obtained from the number of 33 articles.

Received: Nov. 15, 2024; Revised: Jan. 22, 2025; Accepted: Jun. 28, 2025; Published Online: Jun. 29, 2025.

*Professor, College of Management, Faculty of Industrial Management and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.

** Assistant Professor, College of Management, Faculty of Industrial Management and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.

Corresponding Author: ghasemir@ut.ac.ir.

*** Ph.D. Candidate, College of Alborz, University of Tehran, Tehran, Iran.



Findings: Based on the findings of the research, 44 sub- codes explained the factors related to intelligent maintenance and repairs based on the Internet of Things and with "lean, agile, resilient, green" approaches and based on the Internet of Things. These codes led to 20 theme codes, and in the last stage, the theme codes were categorized into 4 main categories including: intra-organizational motivations, extra-organizational motivations, data-based decision making, human capital management. According to the findings of the research, in the main category of "Internal Motivations" including 8 sub- codes in the form of 5 theme codes "Reducing Costs And Increasing Profitability" and "Integration Of Internal Flow Of Information", "Group Decision Making", "Financial Circulation" ", "Financial Limitations". In the category of "external organizational motivations", 8 sub- codes were categorized in the form of 4 theme codes: "Customer Satisfaction", "Social Demand", "Integrity Of External Flow Of Information", "Legal Requirements". In the category of "Data-Based Decision Making" 16 sub- codes in the form of 6 theme codes "Smart Information Collection", "Information Quality" and "Data-Based Decision Making", "Information Security", "Automatic Decision Making" and "Analysis Data" were categorized. In the category of "Human Capital Management", 10 sub- codes were classified in the form of 5 theme codes, "Analytical Skills", "Organizational Culture", "Management Support", "Compatibility Skills", "ICT Skills."

Conclusion: Since the model presented in this research simultaneously examines the maintenance and repairs of aircraft with "lean, agile, resilient, green" approaches and based on the Internet of Things, in fact, it has developed past researches and adopted a relatively more comprehensive approach. has, and in fact, the innovation of this research is the application of these approaches on the platform of Internet of Things and in the aviation industry. In this way, the presented model can be of great help to businesses in the aviation industry in identifying and using these components and then benefiting from their benefits in the relevant business.

Keywords: Smart Maintenance; Aviation Industry; Internet of things (IoT); Lean, Agile, Resilient, Green (LARG) Paradigm; Meta-synthesis.

How to Cite: Mohaghar, Ali; Ghasemi, Rohollah; Shirazi, Sahar (2025). IoT Based Smart Maintenance in LARG Context: a Metasynthesis in the Aviation Industry. *Ind. Manag. Persp.*, 15(2), 225-250 (*In Persian*).



نگهداری و تعمیرات هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز»: یک فراترکیب در صنعت هواپیمایی

علی محقر*

روح اله قاسمی**

سحر شیرازی***

چکیده گسترده

هدف: فرآیند نگهداری، تعمیرات و بازآمد هواپیما از جمله اقدام‌های پر اهمیت، گران و تخصصی در صنعت هواپیمایی است که اقدام درست در آن اطمینان و راحتی خیال مشتریان و سوددهی را فراهم می‌آورد. این صنعت به علت اهمیت صلاحیت پروازی یک هواپیما که ضامن جان مسافران و سلامت هواپیما است، بسیار نسبت به تغییرات و بکارگیری فناوری‌های نوین تحول گرا سخت گیر است و این موضوعات را با قوانین و رویه‌های متعدد نیازمند بررسی و تأیید می‌داند. به طور کلی این فناوری موجب ارتباط بین سیستم‌ها، زیر سیستم‌ها و انتقال داده‌ها بین آن‌ها می‌شود و می‌تواند داده‌های در لحظه‌ای را در اختیار پردازشگر قرار دهد که به موجب به کارگیری الگوریتم‌های هوش مصنوعی داده‌های پردازش شده، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در زمینه پیشگویی اقدامات مرتبط با نگهداری و تعمیرات ایجاد گردد. با توجه به بررسی‌های انجام شده این فناوری خود می‌تواند نمایانگر ویژگی‌های رویکرد "ناب، چابک، تاب‌آوری، سبز" گردد، بدین ترتیب در این پژوهش سعی شده است این فناوری در کنار رویکرد مذکور مورد بررسی قرار داده شود تا موجب ارائه مدل تبیینی جامع و نوین از مؤلفه‌های نگهداری تعمیرات هوشمند با رویکرد "ناب، چابک، تاب‌آور، سبز و در بستر فناوری تحول آفرین اینترنت اشیا گردد.

روش: در این پژوهش از روش فراترکیب استفاده می‌گردد به این ترتیب که با استخراج سوالات پژوهش، جست و جوی تمامی مقالات از سال ۲۰۱۵ تاکنون و در پایگاه‌های: وب آف ساینس، اسکوپوس، گوگل اسکالر و جهاد دانشگاهی و ایرانداک و با اعمال قیدهای مربوطه، ارزیابی مقالات با استفاده از ابزار برنامه مهارت‌های ارزیابی حیاتی، استخراج اطلاعات از مقالات، تجزیه و تحلیل و ترکیب نتایج، کنترل کیفیت پژوهش، نتایج و یافته‌ها ارائه می‌گردد. به این ترتیب تعداد ۳۳۳ مقاله استخراج می‌گردد که پس از پالایش مقالات از نوع: عناوین، چکیده و کیفیت، از تعداد ۳۵ مقاله مقوله‌های اصلی و فرعی بدست می‌آید.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۷، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۹.

* استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده‌گان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

** استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده‌گان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: ghasemir@ut.ac.ir

*** دانشجوی دکتری، دانشکده البرز، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

یافته‌ها: بر اساس یافته‌های پژوهش، ۴۴ کد باز عوامل مرتبط با نگهداری و تعمیرات هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و با رویکردهای «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» و بر بستر اینترنت اشیا را تبیین کردند که با بررسی مفاهیم نزدیک به هم این کدها به ۲۰ کدمحوری منتهی گردید و در مرحله آخر کدهای محوری در چهار مقوله اصلی دربرگیرنده: انگیزه‌های درون سازمانی، انگیزه‌های برون سازمانی، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، مدیریت سرمایه انسانی دسته‌بندی شدند. بر اساس یافته‌های پژوهش، در مقوله اصلی «انگیزه‌های درون سازمانی» دربرگیرنده هشت کد باز در قالب پنج کدمحوری «کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری» و «یکپارچگی جریان داخلی اطلاعات»، «تصمیم‌گیری گروهی»، «گردش مالی»، «محدودیت‌های مالی» است. در مقوله «انگیزه‌های برون سازمانی» هشت کد باز در قالب چهار کدمحوری «جلب رضایت مشتری»، «تقاضای اجتماعی»، «یکپارچگی جریان خارجی اطلاعات»، «الزامات قانونی» دسته‌بندی شدند. در مقوله «تصمیم‌گیری مبتنی بر داده» ۱۶ کد باز در قالب ۶ کدمحوری «گردآوری هوشمند اطلاعات»، «کیفیت اطلاعات» و «تصمیم‌گیری مبتنی بر داده»، «امنیت اطلاعات»، «تصمیم‌گیری خودکار» و «تجزیه و تحلیل داده» دسته‌بندی شدند. در مقوله «مدیریت سرمایه انسانی» تعداد ۱۰ کد باز در قالب پنج کدمحوری «مهارت‌های تحلیلی»، «فرهنگ سازمان»، «پشتیبانی مدیریت»، «مهارت‌های سازگاری»، «مهارت‌های فناوری ارتباطات و اطلاعات» طبقه‌بندی شدند.

نتیجه‌گیری: از آنجاییکه الگوی ارائه شده در این پژوهش همزمان نگهداری و تعمیرات هواپیما با رویکردهای «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» و مبتنی بر اینترنت اشیا را مورد بررسی قرار داده است در واقع پژوهش‌های پیشین را توسعه داده و از رویکرد به نسبت جامع‌تری برخوردار است و در واقع نوآوری این پژوهش به کارگیری توانمندی این رویکردها بر بستر اینترنت اشیا و در صنعت هواپیمایی است. به این ترتیب الگوی ارائه شده می‌تواند کمک شایانی به کسب‌وکارهای حوزه صنعت هواپیمایی در شناسایی و به‌کارگیری این مؤلفه‌ها و سپس بهره‌مندی از مزایای آن‌ها در کسب‌وکار مربوطه داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: نگهداری و تعمیرات هوشمند؛ صنعت هواپیمایی؛ رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز»؛ فناوری اینترنت اشیا؛ فراترکیب.

استناددهی: محقر، علی؛ قاسمی، روح‌اله؛ شیرازی، سحر (۱۴۰۴). نگهداری و تعمیرات هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز»: یک فراترکیب در صنعت هواپیمایی. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۵(۲)، ۲۲۵-۲۵۰.



۱. مقدمه

حمل و نقل و جابه جایی کالا و مسافر در هر کشور، یکی از اجزای کلیدی توسعه اقتصادی - اجتماعی آن به شمار می رود [۲] که با بهبود زیرساخت کشورها به رقابت پذیری جهانی بیشتر کشورها می انجامد [۶، ۴۱، ۵۴، ۵۸، ۷۳]. به گزارش «دنیای اقتصاد»^۱ گسترش حمل و نقل هوایی بر رشد و توسعه اقتصادی کشور تأثیرگذار است. از جمله خدمات پس از فروش هواپیما خدمات «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی» هواپیماست که تولیدکنندگان و شرکت های ارائه دهنده این خدمات در رقابت تنگاتنگی برای ارائه بهترین نوع خدمات و کسب حداکثر بازار هستند به این ترتیب به کارگیری متدولوژی های روز به خصوص فناوری های صنعت ۴.۰ می تواند مزیت رقابتی به حساب آید و همچنین به کارگیری رویکردهایی همچون ناب، چابک، تاب آور و سبز در کنار خدمات به روز همانطور که پژوهش های گذشته به آن ادعان داشته اند می تواند موجب کسب رضایت حداکثری مشتری شود و می تواند موجب بالابردن مزیت رقابتی در بین شرکت های ارائه دهنده این خدمات باشد [۲۱، ۳۴].

در این میان، پیدایش فناوری های تحول آفرین، انقلاب صنعتی چهارم و استفاده روزافزون مردم از فناوری های نوین موجب تحول در زندگی، کسب و کارها و رقابت شرکت ها در دنیای فناوری و خدمات ارتباطی شده است و به سرعت در کسب و کارهای گوناگون در حال نفوذ بوده و تأثیر آن بر مشتریان و صنایع کاملاً ملموس است [۱۲؛ ۲۹؛ ۴۵؛ ۵۶؛ ۵۷]. هدف از فناوری های نوین جایگزینی سبک سنتی تولید و عملیات با سیستم های نوین هوشمند و خودکار است که با این کار سیستم ها کارآمدتر، هزینه زمان توسعه و عملیات کمتر و بهینه سازی، کارایی، انعطاف پذیری و دقت عمل افزایش می یابد و با آمدن اینترنت اشیا دستگاه ها به هم وصل می شوند و وظایف محوله را بصورت خودکار و بدون دخالت انسان انجام می دهند [۸۲].

با این حال بسیاری از شرکت ها این فناوری های تحول آفرین انقلاب صنعتی چهارم را درک نکرده اند و با آن ها بصورت واکنشی برخورد نشان داده اند [۲۲].

به این ترتیب شرکت های ارائه دهنده خدمات «نگهداری، تعمیرات اصلاحی و بازآمد» در پی افزایش مزیت رقابتی و کنار زدن رقبای همینطور جذب و نگهداشت مشتریان، ناچارند فناوری های نوین مرتبط با خدمات خود را بشناسند و همینطور عواملی که ارائه خدمات آن ها را بهتر می کند و در پاسخ به مشتری مؤثر است را به کار گیرند [۱۹؛ ۵۲].

صنعت هوایی به دلیل نیاز به فناوری پیشرفته و هزینه های بالا در کشورهای جهان سوم از وضعیت مناسبی برخوردار نیست. نکته مهم و قابل توجه آنکه این صنعت در کشور ایران، علاوه بر این دو چالش، با ۹ چالش مهم دیگر نیز روبرو است که پایداری، گسترش و بقای این صنعت را با دشواری هایی روبه رو کرده است. مرکز پژوهش های مجلس در مطالعه ای با شناسایی این چالش ها، برخی راهکارهای مقابله با آن ها را نیز معرفی کرده است. آن طور که این مطالعه نشان می دهد: نگرانی از ایمنی پرواز در ایران، بالا بودن عمر پروازی ناوگان حمل و نقل هوایی (فرسودگی ناوگان)، نیاز به تأمین به موقع هواپیماها جهت ارائه خدمات (زمین گیر شدن ناوگان به علت نبود قطعات)، بهره وری و کارایی پایین صنعت حمل و نقل هوایی در مقیاس جهانی، نبود توجه به خصوصی سازی، قیمت گذاری ناکارآمد، کیفیت نه چندان مناسب خدمات، مدیریت و برنامه ریزی نامناسب و نهایتاً سرمایه گذاری ناچیز در این بخش، نه چالش اصلی صنعت هوایی کشور است که طی سال های گذشته با آن ها روبه رو بوده است [۷۱].

صنعت «نگهداری، تعمیرات اصلاحی و بازآمد» هواپیما بخش مهمی از صنعت حمل و نقل هوایی است، در نتیجه عوامل تأثیرگذار بر صنعت هوایی به طور مستقیم بر این صنعت نیز تأثیر می گذارد. از عوامل خوب یک خط هوایی، نگهداری، تعمیر و سرویس مناسب هواپیما است که عامل مهمی در جهت ایمنی جان مسافران و به موقع رسیدن زمان پروازها است و هزینه نگهداری و تعمیر هواپیما بطور کلی در طول عمر آن دو تا سه برابر قیمت اولیه هواپیما است؛ اما این سهم بطور سالانه برابر یازده درصد هزینه های یک ایرلاین را به خود می گیرد که بعد از بخش های عملیاتی و سوخت، سومین بخش هزینه کرد یک ایرلاین محسوب می شود.

برگرفته از مرکز پژوهش های مجلس دی ماه ۱۳۹۸ شماره خبر ۳۶۰۷۲۶۲ ۱

2. Aircraft Maintenance, Repair And Overhaul

صنعت نگهداری و تعمیرات هواپیما همواره دارای نقشی مهم و اساسی در صنعت هوایی است. براساس تحقیقات انجام شده از جمله مهم‌ترین دلایلی که ایرلاین‌ها مراکز تعمیرات و اورهال را برای خدمت دهی انتخاب می‌کنند به ترتیب کیفیت، زمان خدمت دهی و هزینه است. امروزه برای حفظ رقابت در بازارهای هوانوردی، صنایع نگهداری و تعمیرات هواپیما نیاز به بهبود خدمات خود با دیدگاهی ویژه و کل‌نگر دارند؛ به این ترتیب نیاز به بهبود خدمات نگهداری و تعمیرات هواپیما در بستری تحول‌آفرین و نوین است که بتواند به رقابت شدید در بازار صنعت هواپیمایی متناسب با کیفیت، زمان خدمت‌دهی و هزینه، پاسخی مناسب دهد [۷۱].

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

نگهداری و تعمیرات

«تعمیر و نگهداری» به معنای بررسی عملکردی، تعمیر، سرویس یا تعویض دستگاه‌های لازم، تجهیزات، ماشین‌آلات، زیرساخت‌ها و خدمات پشتیبانی در تأسیسات صنعتی و کسب و کارها تعریف شده است [۱۴]. با گذشت زمان، نگهداری و تعمیرات دربرگیرنده چندین عبارت می‌شود که روش‌های گوناگون با صرفه اقتصادی برای عملیاتی کردن تجهیزات را بیان می‌کند. فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات قبل یا بعد از شکست^۱ انجام می‌شود. نگهداری و تعمیرات که به منظور نگهداشت تأسیسات و تجهیزات صنعتی در حد استاندارد و قابل قبول انجام می‌گیرد، دربرگیرنده فعالیت‌هایی همچون برنامه‌ریزی، کنترل و ثبت آن‌ها می‌شوند. نگهداری و تعمیرات در واقع فعالیت‌های گوناگونی است که به منظور حفظ، نگهداشت، بقا قطعات، تجهیزات، ماشین‌آلات در راستای صیانت از سرمایه‌ها و دارایی‌هایی که در صنعت اقدام می‌شود [۲۹].

نگهداری و تعمیرات هواپیما

سیستم نگهداری و تعمیرات هواپیما، دربرگیرنده تعمیر اصلاحی، بازرسی‌های دوره‌ای قبل و بعد پرواز، و بازآمد هواپیما (تعمیرات اساسی) با هدف تضمین سطح ذاتی قابلیت‌اطمینان و ایمنی است. برای این منظور نگهداری و تعمیرات هواپیما طبق اسناد سازنده هواپیما در دوره‌های زمانی برنامه‌ریزی انجام می‌گردد. شرکت‌های ارائه دهنده خدمات نگهداری و تعمیرات هواپیما برای هر نوع تعمیر باید مجوز و گواهینامه نوع^۲ مربوطه را داشته باشند به این ترتیب تنها مجموعه خدماتی در محدوده مجاز می‌توانند ارائه کنند.

نگهداری و تعمیرات خط

تعمیر و نگهداری خط هر گونه تعمیر و نگهداری است که می‌تواند در هواپیما بدون خارج کردن آن از سرویس (به استثنای برنامه پرواز) برای مدت طولانی انجام شود. این تعمیرات می‌توانند روزانه و یا هفتگی باشند. این نوع تعمیرات به‌طور معمول توسط مکانیک‌هایی انجام می‌شود که دارای مجوز گواهینامه هستند این مجوز به آن‌ها اجازه می‌دهد تا با «صدور گواهینامه عملیات» در کتابچه فنی، کار مربوطه را انجام دهند و هواپیما را به خدمت بگیرند. تعمیر و نگهداری خط ممکن است دربرگیرنده جستجو و حذف خرابی‌ها، جایگزینی قطعات (این گونه قطعات دربرگیرنده موتورها و پروانه‌ها هستند، اما محدود به آن‌ها نمی‌شوند)، کارهای تعمیر و نگهداری برنامه‌ریزی شده (از جمله بازرسی‌های بصری برای شناسایی آسیب‌های آشکار که نیازی به کنترل شدید کار ندارند) باشد و همچنین ممکن است دربرگیرنده کار بر روی عناصر ساختاری داخلی، سیستم‌های هوابرد و نیروگاه^۳ باشد که می‌توان از راه پانل‌های باز سریع به آن‌ها دسترسی داشت و همچنین دربرگیرنده تعمیرات فعلی و اصلاحات ساده که نیاز به جداسازی قابل توجهی ندارند و با ساده‌ترین انواع تجهیزات و ابزار، قابل انجام‌اند می‌شود [۳۵].

بازآمد

اینکه چه شرکت هواپیمایی مالک آشیانه برای چنین فعالیت‌هایی باشد یا نه، به کارهای تعمیراتی اطلاق می‌شود که کار نگهداری و تعمیرات بر روی هواپیما، خارج از سرویس انجام شده است. به طور معمول، چنین کارهایی در آشیانه انجام می‌شود. اجرای شکل‌های تعمیر و

1. Fail
2. Type Certificate
3. Power Plant

نگهداری اساسی در فواصل زمانی کاملاً تعیین شده انجام می‌شود: شکل‌های تعمیر و نگهداری دوره‌ای با توجه به زمان عملیات در ساعات پرواز و اشکال تعمیر و نگهداری طبق تقویم وجود دارد. تعمیر و نگهداری اساسی دربرگیرنده فعالیت‌های تعمیر و نگهداری زیر است: بررسی‌های برنامه‌ریزی شده (بازرسی‌های A, C, D، بازدیدهای تعمیر و نگهداری سنگین، و غیره)، تغییرات توسط بولتن‌های خدمات^۱، بازرسی‌های ویژه مورد نیاز توسط اپراتور، رنگ‌آمیزی و تغییرات داخلی هواپیما، وظایف برنامه‌ریزی نشده. برای انجام تعمیرات یک «قطعه یا بخش از هواپیما» باید از حمل آن به تعمیرگاه، انجام تعمیرات، حمل به محل هواپیما و نصب آن بر روی هواپیما اطمینان حاصل کرد. برای کاهش زمان توقف هواپیما بر روی زمین، می‌توان از تحویل یک کالای قابل سرویس از انبار قطعات یدکی و نصب آن بر روی هواپیما اطمینان حاصل کرد. در صورت عدم وجود این کالا در انبار لوازم یدکی، لازم است آن را خریداری کرده و تنها پس از آن از تحویل و نصب آن در هواپیما اطمینان حاصل کرد [۳۵].

نگهداری و تعمیرات هوشمند

نگهداری و تعمیرات (نت) هوشمند یک طرح سازمانی برای مدیریت نگهداری و تعمیرات در کارخانه‌های تولیدی در محیطی با فراگیری فناوری‌های دیجیتال است. ویژگی نت هوشمند، طراحی پیکربندی سازمانی است که بر موجودیت فعالیت نگهداری و تعمیرات سازمان دلالت دارد، هدف آن دستیابی به اثربخشی و تصمیم‌گیری مؤثر و پاسخگو بودن به بخش‌های داخلی و خارجی سازمان است، که دربرگیرنده چند جنبه گوناگون است که عبارتند از:

- ۱- تصمیم‌گیری داده‌محور که دربرگیرنده: گردآوری داده، تضمین کیفیت داده، تحلیل داده، تصمیم‌گیری، اجماع تصمیم‌گیری، اتوماسیون تصمیم‌گیری است.
- ۲- منابع سرمایه‌انسانی که دربرگیرنده: مهارت‌های تحلیلی افراد، مهارت‌های مرتبط با فناوری‌های اطلاعاتی، ارتباطی، مهارت‌های اجتماعی، مهارت‌های کسب‌وکار، مهارت‌های تطبیق‌پذیری و مهارت‌های فنی است.
- ۳- یکپارچه‌سازی درون سازمانی که دربرگیرنده: جریان اطلاعات و دانش داخل سازمانی، همکاری‌های میان وظیفه‌ای، تصمیم‌گیری مشترک است.
- ۴- یکپارچه‌سازی برون سازمانی که دربرگیرنده: جریان اطلاعات و دانش برون سازمانی، جریان محصول و سرویس برون سازمانی، شبکه بین سازمانی، مشارکت‌های استراتژیک است [۸].

مدل‌های نگهداری هوشمند از نگهداری الکترونیکی^۲ آغاز شده‌اند؛ این نظریه دربرگیرنده پایش^۳ و ثبت و ضبط داده‌های سلامت سامانه و همچنین تولید داده‌های نگهداری و تعمیرات به علاوه اشتراک‌گذاری اطلاعات تصمیمات و عملکرد با دیگر ذی‌نفعان سازمانی و منطقه‌ای است [۱۹]. نفوذ اطلاعات و فناوری اینترنت و برای بوجود آوردن سیستم نگهداری و تعمیرات و تشخیص خرابی الکترونیکی تجهیزات توسط تأمین‌کننده‌ها و قابلیت اتصال از راه دور کارخانه‌های آن است [۱۴]. ویژگی‌های کلیدی این نظریه عبارتند از: تشخیص خرابی، پیش‌بینی خرابی، مانیتورینگ، نگهداری و تعمیرات مبتنی بر شرایط، تصمیم‌گیری، یکپارچه‌سازی، استراتژی نگهداری و تعمیرات، اطلاعات، ارتباطات و فناوری، کنترل از راه دور [۸]. نگهداری و تعمیرات پیشگویانه که بر اساس اندازه‌گیری و پایش مداوم چندین پارامتر فیزیکی است و با آنالیز و مقایسه آن‌ها تصمیم‌گیری برای انجام عملیات‌های نگهداری و تعمیرات انجام می‌شود [۴۸]. همچنین این نظریه توانایی تبدیل داده‌های خام به اطلاعات مفید را دارد [۲۲]. ویژگی‌های^۴ کلیدی این نظریه عبارتند از: تشخیص خرابی، پیش‌بینی خرابی بر اساس سوابق تجهیزات، زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات، تصمیم‌گیری.

نگهداری و تعمیرات نسل چهارم به وسیله تحلیل‌های پیشگویانه راه‌حل‌های قابل اجرا را ارائه می‌دهد. همچنین از قابلیت‌های نسل چهارم صنعت نظیر گردآوری داده، تحلیل، بصری‌سازی و تصمیم‌گیری برای نگهداری و تعمیرات دارایی‌ها استفاده می‌کند [۳۷]. نگهداری و

1. Service Bulletin
2. E-Maintenance
3. Monitoring
4. Big Data

تعمیرات نسل چهارم به کمک تکنولوژی‌های پیشرفته تحلیل‌های پیشگويانه انجام می‌شود تا تصمیمات قابل اجرا اتخاذ شوند [۳۲]. ویژگی‌های کلیدی این نظریه عبارتند از: تشخیص خرابی، پیش‌بینی خرابی، تحلیل کلان داده، زمان‌بندی نگهداری و تعمیرات، تصمیم‌گیری. نگهداری و تعمیرات هوشمند، ساز و کاری را فراهم می‌کند که به بهترین شکل ممکن، وضعیت سلامت دارایی‌ها، بصری‌سازی و پایش شوند و تا حد امکان از حضور مسئولین بخش نت در محل دارایی‌ها جلوگیری شود [۳۳]. ویژگی‌های کلیدی این نظریه عبارتند از: تشخیص خرابی، پیش‌بینی خرابی، تحلیل کلان داده، مانیتورینگ، کنترل از راه دور [۸].

به این ترتیب اینترنت اشیا قابلیت را در اختیار می‌گذارد که می‌تواند خرابی یک سیستم، زیر سیستم، سامانه را پیش‌بینی کند و حداقل اقدام برای نگهداری و تعمیرات و در زمان مناسب صورت می‌گیرد به این ترتیب در فرآیند نگهداری و تعمیرات اقدامات ذیل بهینه می‌گردد:

۱- اقدامات نگهداری و تعمیرات در زمان مناسب و با حداقل اقدامات درست و طبق رویه توصیه شده توسط سیستم هوشمند، انجام می‌گیرد که کلیه اقدامات فاقد ارزش افزوده در این فرآیندهای تعمیراتی حذف می‌گردند.

۲- تست‌های سیستمی که موجب آلودگی هوا و هم‌چنین تولید سرو صدا می‌شوند به حداقل و در بهترین زمان طبق توصیه سیستم هوشمند انجام می‌گیرند. فلذا تست‌های اضافه حذف می‌گردند.

۳- هزینه انجام اقدامات به علت حذف فعالیت‌های اضافی به حداقل می‌رسد.

۴- سیستم هوشمند پدید آمده از اطلاعات پردازش شده، با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی به تحلیل داده‌های بزرگ می‌پردازد که می‌تواند خرابی هواپیما را پیش‌گویی کند و در نتیجه اقدامات توصیه شده توسط سیستم هوشمند، خرابی‌های پیش‌بینی نشده هواپیما به حداقل می‌رسد و مدت زمان خدمت‌دهی و آمادگی هواپیما بیشتر می‌گردد که تاب‌آوری در این مفهوم قابل رویت است.

۵- به علت حجم بالایی از اطلاعات پردازش شده در لحظه و دسترس‌پذیری بالای سیستم ایجاد شده، چابکی کل فرآیند نت را پشتیبانی می‌گردد.

از جمله مصادیق هوشمندی در هواپیماها به این گونه است که برای مثال هواپیماهای بوئینگ و ایرباس دارای سیستم «ای.سی.ای. آر.اس»^۱ هستند که می‌تواند بطور خودکار اطلاعات پرواز، وضعیت هواپیما را به پایگاه زمینی ارسال و دریافت کند، در شرایط اضطراری پیام هشدار ارسال کند و تحلیل داده‌های در لحظه از دیگر قابلیت‌های این سیستم است که به بهبود کارایی و عملیات پروازی نیز کمک می‌کند.

همچنین در حال حاضر کار بازرسی هواپیما در کشورهای پیشرفته به کمک کوادکوپترهای متصل به اینترنت انجام می‌گردد و اطلاعات مشاهده شده را به سیستم متصل منتقل می‌کند که از طریق نرم‌افزار وضعیت سلامت هواپیما از نظر ترک و آسیب‌دیدگی بررسی می‌گردد.

مدیریت «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز»^۲

مدیریت «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» به این موضوع می‌پردازد که چگونه پارادایم‌های ناب، چابک، انعطاف‌پذیر و سبز می‌توانند با هم عمل کنند و بهترین‌ها را برای سازمان‌ها کارآمد به ارمغان بیاورند [۷۰]. این ترکیب را می‌توان به منزله فرمولی برای دستیابی به کسب‌وکارهای پایدار و مزیت رقابتی در نظر گرفت. با این حال، مدیریت روش‌شناسی پارادایم‌های گوناگون به شیوه‌ای هماهنگ، به دلیل شیوه‌های متفاوت عمل آن‌ها، کار دشواری است [۷۸]. در واقع در این پژوهش و طبق گفته محقر و همکاران در این پژوهش، نگهداری و تعمیرات هواپیما با فناوری هوشمند اینترنت اشیا حجم انبوهی از داده‌های بزرگ و خام را در لحظه تولید می‌کند که این داده‌ها می‌توانند با هوش مصنوعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند و سپس کار نظارت بر روی وضعیت سلامت هواپیما را به سمت مدیریت سلامت هواپیما هدایت کنند. تأمین سنسورها و دیگر تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری لازم برای استقرار فناوری اینترنت اشیا با وجود هزینه بالا، موجب تولید انبوهی از اطلاعات پردازش شده می‌شود که مزایایی را به همراه دارد از جمله: پیش‌بینی بهترین زمان سرویس قطعه/سامانه هواپیما، پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی و ارائه بهترین راه‌حل، سرعت پاسخ‌دهی بالا به مشتری، پیشنهاد بهترین راه‌های ارائه خدمات، به حداقل

1. ACARS

2. Lean, Agile, Resilient, Green (LARG)

رساندن اختلالات و ریسک‌ها با پیش‌بینی و پیشنهاد بهترین اقدام‌ها، به حداقل رسیدن آلودگی‌های ناشی از دستگاه‌های تست موتور با پیشنهاد انجام به موقع سرویس‌ها/تعویض روغن‌ها و تعویض قطعات، به حداقل رسیدن حمل و نقل‌های اضافه و ... [۷۰].

رویکرد ناب

فلسفه ناب با این واقعیت مشخص می‌شود که بر تمام حوزه‌های فعالیت‌های سازمانی تأثیر می‌گذارد. این مفهوم کاهش هزینه‌ها [۴۷] را در تمام مراحل ایجاد ارزش از خرید مواد اولیه تا ارائه خدمات و همچنین در هر واحد عملکردی از بخش منابع انسانی تا بخش فروش پیشنهاد می‌کند [۵۱]. در پژوهشی که توسط کورچاگین و همکاران انجام شد نشان داده شد که نگهداری و تعمیرات ناب می‌تواند در صنعت هوانوردی استفاده گردد و موجب افزایش کارایی سازمان‌دهی، شناسایی گلوگاه‌ها و تصمیم‌گیری صحیح گردد [۳۴].

رویکرد چابک

مفهوم اساسی چابکی، انعطاف‌پذیری است و منشأ مفهوم چابکی در کسب و کار در سیستم تولید انعطاف‌پذیر است. مفهوم چابکی از دیدگاه شریفی و ژانگ^۱ توانایی هر سازمان در احساس، ادراک و پیش‌بینی تغییرات موجود در محیط کسب و کار است [۶۸]. این سازمان باید توانایی تشخیص تغییرات محیطی را داشته باشد و از منظر رشد و شکوفایی به آن‌ها بنگرد. چابکی پاسخی است به دغدغه‌های تحمیل شده از سوی محیط کاری که این دغدغه‌ها خود توسط تغییر و عدم اطمینان احاطه شده است [۷۵].

رویکرد تاب‌آوری

شفی در سال ۲۰۰۵، نخستین بار واژه تاب‌آوری را مطرح کرد [۶۹]. در واقع طبق بررسی‌های انجام شده توسط محقر و همکاران در سال ۱۴۰۳ تاب‌آوری زنجیره نگهداری و تعمیرات عبارت است از: توانایی زنجیره نگهداری و تعمیرات برای جذب اختلال ایجاد شده، توانایی برای سازگاری با اختلال ایجاد شده و سپس توانایی بازسازی و روبرویی با اختلالات با شکلی جدید و مطلوب‌تر از قبل است. از جمله اختلالات می‌توان به تحریم، نبود قطعات، عدم دسترسی به کتب تعمیراتی کارخانه سازنده، عدم امکان تعامل و ارتباط با کارخانه سازنده هواپیما، تغییرات ارز، تکمیل نبودن زیرساخت‌های صنعت، تغییرات تقاضا و انتظارات مشتری، تغییرات سریع در فناوری، کیفیت پایین تولیدات تأمین کنندگان، اختلالات در کار تأمین کنندگان، عدم انعطاف‌پذیری تأمین کنندگان و غیره اشاره نمود [۲۵؛ ۴۴].

رویکرد سبز

نگهداری سبز به کلیه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که تجهیزات را به شرط در نظر گرفتن بالاترین بهره‌وری استفاده از منابع و کمترین آلودگی محیط زیست به حالت مقرر نگه می‌دارد یا بازیابی می‌کند. صنعت حمل و نقل هوایی مصرف کننده اصلی منابع طبیعی و انرژی است که منجر به افزایش آلودگی می‌شود. بنابراین، حمل و نقل هوایی نسل بعدی برای مقابله با پایداری محیط زیست، ایمنی عملیاتی و اقتصاد متمرکز است. تعداد زیادی از ابتکارات نوآورانه در سراسر جهان به سمت یکپارچگی سیستم و سوخت‌های جایگزین در حال اجراست که بتواند از کاهش اثرات بد زیست محیطی هوانوردی اطمینان حاصل کند. با پیشرفت سریع اقتصاد و پیشرفت‌های شگفت‌انگیز علم و فناوری، آگاهی از حفاظت از محیط زیست نگرانی‌های جهانی را به خود جلب کرده است. توسعه فناوری سبز در صنایع هوانوردی پتانسیل بسیار زیادی را برای تأثیر قابل توجه بر اقتصاد حمل و نقل هوایی دارد [۱۱]. در حال حاضر شرکت بوئینگ از فناوری موتورهای پیشرفته که کاهنده انتشار اکسید نیتروژن است بهره می‌برد^۲.

اینترنت اشیا در نگهداری و تعمیرات

در حوزه هوانوردی، تضمین بالاترین سطوح ایمنی و کارایی عملیاتی اهمیت دارد [۱۴]. اینترنت اشیا در هوانوردی حجم انبوهی از داده‌های خام را با کمک حسگرها ایجاد می‌کند که این داده‌ها می‌تواند با فناوری هوش مصنوعی مورد تحلیل قرار گیرد و با یک جهش قابل توجه از سیستم‌های نظارت بر سلامت هواپیما به یک پیشرفته‌تر و کامل سیستم مدیریت بر سلامت هواپیما تبدیل گردد. در این پژوهش هوشمندی از منظر حضور فناوری اینترنت اشیا به منزله یکی از فناوری‌های نوظهور در صنعت ۴:۰، برای صنعت نگهداری و تعمیرات هواپیما مورد بررسی قرار می‌گیرد.

1. Sharifi & Zhang

2. <https://www.boeing.com/innovation>

روش‌شناسی پژوهش

رشد پژوهش‌ها در حوزه‌های گوناگون علم و حجم بالای اطلاعات ناشی از آن، موجب رشد پژوهش‌های ترکیبی شده است به این ترتیب که عصاره پژوهش‌های انجام شده در موضوعی ویژه را به شیوه‌های نظام‌مند و علمی پیش‌روی پژوهشگران قرار می‌دهد. در روش فراترکیب که برگرفته از روش هفت مرحله‌ای سندلوسکی و باروسو، پژوهشگر ابتدا یافته‌های پژوهش‌های کیفی پیشین را استخراج کرده و طی یک بررسی عمیق نتایج و یافته‌ها را با هم ترکیب می‌کند و پژوهشگر پژوهش‌ها را از راه کلید واژه‌ها و قیده‌های پژوهش پیدا می‌کند [۶۴].

مرحله اول: تنظیم پرسش پژوهش

۰. چه چیزی^۱ - « برای تنظیم سؤال پژوهش، اولین گام برای محققان تمرکز بر «چه چیزی» مطالعه است. در پژوهش حاضر شناسایی، گروه‌بندی ابعاد و مؤلفه‌های مدل نگهداری و تعمیرات هوشمند با رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» و در صنعت هواپیمایی مورد بررسی قرار می‌گیرد به این ترتیب که به تفسیر و ادغام مطالعات انجام شده پرداخته می‌شود. این پارامتر از راه پاسخ‌دهی به پرسش‌های زیر تنظیم می‌شود:

به این ترتیب سوال پژوهش این است که مدل مبین ابعاد و مولفه‌های نگهداری و تعمیرات هوشمند با رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» و در صنعت هواپیمایی چگونه است؟

۱. چه کسی^۲ - جامعه مورد مطالعه را مشخص می‌کند. در این پژوهش پایگاه‌های داده، نشریه‌ها، کنفرانس‌ها و موتورهای جست‌وجوی گوناگون (داخلی: ایرانداک و جهاد دانشگاهی و خارجی: گوگل اسکالر^۳، ساینس دایرکت^۴ و اسکوپوس^۵) مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش به علت اهمیت، دو پایگاه ایرانداک و جهاد دانشگاهی در پژوهش منظور گردیده‌اند.

۲. چه وقت^۶ - موجب به کارگیری محدودیت در مدت تحقیق می‌شود. چارچوب زمانی یا مقالات مطالعه شده با توجه به این موضوع که تقریباً می‌توان گفت پژوهش‌های انجام شده از سال ۲۰۱۵ توجه بیشتری به موضوع Maintenance داشته‌اند، قلمرو زمانی در این پژوهش از سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ بوده است.

۳. چگونه^۷؟ روشی است که برای انتخاب مطالعات استفاده شده است. در این پژوهش از روش «تحلیل اسنادی» به تحلیل داده‌های ثانویه پرداخته شده است. پژوهشگر بر اساس یک دسته معیار به تعیین مقالات مناسب (ورود^۸) به فرآیند ترکیب و مقالات نامناسب (خروج^۹) از فرآیند فراترکیب می‌پردازد.

مرحله دوم: بررسی نظام‌مند متن مقالات

در این گام، مقالات بر اساس کلیدواژه‌های انتخابی و در بازه‌های زمانی تعیین شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و چون نظر متخصصین بر بررسی دو پایگاه ایرانداک و جهاد دانشگاهی به عنوان دو پایگاه داخلی ارزنده بود، این دو نیز در بررسی‌ها قرار گرفت (جدول ۱).

-
1. What
 2. Who
 3. Googl Scholar
 4. Science Direct
 5. Scopus
 6. When
 7. How
 8. Inclusion
 9. Exclusion

جدول ۱. استراتژی پژوهش جهت جست و جوی نظام‌مند مقالات

عنوان	معیار پذیرش	معیار عدم پذیرش
زبان پژوهش	انگلیسی در پایگاه‌های خارجی و فارسی در پایگاه‌ها داخلی	سایر زبان‌ها
زمان پژوهش	از سال ۲۰۱۵-۲۰۲۵	قبل از سال ۲۰۱۵
جامعه مورد مطالعه	تعمیرات و نگهداری صنعت هواپیما	سایر
شرایط مورد مطالعه	نگهداری و تعمیرات هواپیما، ناب، چابک، تاب‌آور، سبز، اینترنت اشیا	سایر
نوع پژوهش	مقالات، کنفرانس‌ها، پایان نامه‌های داخلی، مجلات داخلی و خارجی	سایر
جامعه آماری	پایگاه‌های داده ساینس دایرکت، گوگل اسکالر، اسکوپوس، جهاد دانشگاهی، ایرانداک	سایر

همچنین کلید واژه‌ها برای جست و جوی مقاله‌ها در جدول ۲ آورده شده است. چون واژه Maintenance عمومیت بیشتری نسبت به repair و overhaul در مقالات دارد با این لغت جستجو انجام گرفت.

جدول ۲. کلید واژه‌های جست و جو

کلید واژه‌های فارسی	کلید واژه‌های لاتین
نگهداری و تعمیرات ناب هوشمند هواپیما	-Smart Lean Aircraft Maintenance -Lean Aircraft Maintenance+ lot
نگهداری و تعمیرات چابک هواپیما	-Smart Agile Aircraft Maintenance -Agile Aircraft Maintenance+ lot
نگهداری و تعمیرات تاب‌آور هواپیما	-Smart Resilience Aircraft Maintenance -Resilience Aircraft Maintenance+ lot
نگهداری و تعمیرات سبز هواپیما	-Smart Green Aircraft Maintenance -Green Aircraft Maintenance+ lot
نگهداری و تعمیرات هواپیما + اینترنت اشیا	-Smart Aircraft Maintenance -Aircraft Maintenance+ lot
نگهداری و تعمیرات هوشمند	-Smart Aircraft Maintenance

• نتایج جستجو در پایگاه گوگل اسکالر:

با توجه به گزاره جستجویی که در مرورگر گوگل کروم^۱ انجام شد نتیجه تعداد ۲۲ مقاله را نشان داد. گزاره جستجو در ذیل آورده شده است و محدودیت‌های جستجو دربرگیرنده: سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۵ و زبان انگلیسی است.

allintitle: aircraft maintenance lean OR agile OR resilience OR green OR IOT OR internet of things OR Smart

• نتایج جست‌وجوی در پایگاه اسکوپوس:

TITLE-ABS-KEY((lean OR agile OR resilience OR green OR IOT OR "Internet Of Things" OR "sustainable " OR "Smart") AND (maintenance AND aircraft)) AND Pubyear > 2014 AND Pubyear < 2026 AND (Limit-TO (Language,"English"))

با توجه به گزاره جستجو تعداد ۲۶۵ مقاله یافته شد.

• نتایج جستجو در پایگاه ساینس دایرکت:

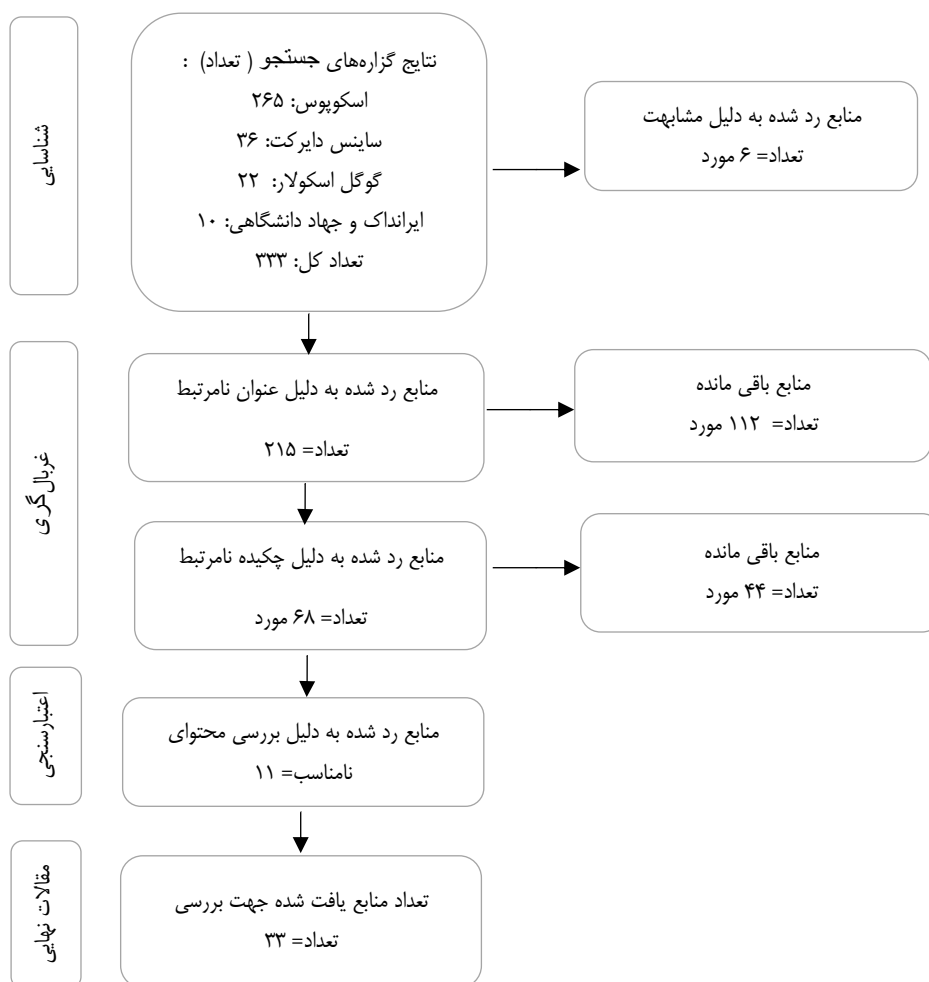
گزاره جست و جو در این پایگاه در ذیل آورده شده است. به این ترتیب تعداد ۳۶ مقاله در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۵ یافته شد.

Title, abstract, keywords: maintenance AND aircraft AND (Lean OR Agile OR Resilience OR Green OR Sustainable OR (Internet Of Things) OR IOT OR Smart)

• **نتایج جستجو در پایگاه ایرانداک و جهاد دانشگاهی: ۱۰ مورد یافته شد.**

مرحله سوم: جستجو و انتخاب منابع مناسب

در این مرحله جهت ارزیابی و انتخاب منابع مناسب، پس از فیلتر اعمال شده بر جست‌وجوها (محدوده، زبان تحقیقات، زمان مطالعات، جامعه مورد مطالعه، نوع مطالعه) از الگوریتم معرفی شده در شکل ۱ استفاده شد. مقالات مورد نظر بر اساس پنج پارامتر (عنوان، چکیده، محتوا، جزئیات مقاله (نام نویسنده، سال، و...) و روش‌شناسی مورد بررسی قرار گرفتند. جهت ارزیابی کیفی مقالات از ابزار «برنامه مهارت‌های ارزیابی حیاتی»^۱ استفاده شده است. در این مرحله که توسط پژوهشگر و کمک پژوهشگر انجام می‌گردد مقالات به دقت مورد بررسی قرار می‌گیرند و حذف مقالات بر اساس نظر هر دو پژوهشگر به انجام می‌رسد و هرگونه اختلاف نظر تا رسیدن به توافق نهایی مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت تعداد ۳۳ منبع جهت ورود به فرآیند فراترکیب انتخاب شد. فرآیند غربال مقالات گردآوری شده در مرحله فراترکیب در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. فرآیند غربال مقالات گردآوری شده در مرحله فراترکیب

روایی روش فراترکیب

غربالگری مطالعه‌ها در دو مرحله انجام گرفت به این صورت که در مرحله اول عنوان و چکیده مطالعات براساس شاخص سطح ارتباط با موضوع پژوهش بررسی شد و صحت این موضوع توسط همکار پژوهش نیز بررسی گردید و سپس در مرحله دوم برای ارزیابی کیفیت مطالعات از ابزار «برنامه مهارت‌های ارزیابی حیاتی» استفاده شد.

پژوهشگر برای انجام این غربالگری از کاربرگی استفاده نموده و برای هر مقاله براساس معیارهای ۱۰ گانه امتیازی میان صفر تا ۵ تخصیص داد. این ۱۰ معیار دربرگیرنده موارد زیر هستند:

- (۱) تناسب اهداف مقاله مورد بررسی با اهداف پژوهش
- (۲) به روز بودن پژوهشی مقاله مورد بررسی؛
- (۳) طرح مطرح شده در مقاله مورد بررسی؛
- (۴) روش نمونه‌گیری در مقاله مورد بررسی؛
- (۵) روش و کیفیت گردآوری داده‌ها؛
- (۶) میزان انعکاس‌پذیری و امکان بسط دادن نتایج و دستاوردها مقاله مورد بررسی؛
- (۷) میزان و نحوه رعایت نکات اخلاقی رایج در زمینه تدوین متون پژوهشی در مقاله مورد بررسی؛
- (۸) میزان دقت در زمینه تجزیه و تحلیل داده‌ها در مقاله مورد بررسی؛
- (۹) وضوح بیان در ارائه یافته‌های مقاله مورد بررسی؛
- (۱۰) ارزش کلی مقاله مورد بررسی [۳۹].

پاسخ به موارد اشاره شده در بالا منوط به رعایت نکاتی است که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است:

□ حداکثر امتیاز به هر پرسش ۵ است.

□ حداکثر امتیاز به هر مقاله ۵۰ است.

□ هر مقاله که پایینتر از ۲۵ امتیاز دارد را حذف می‌نماییم.

با توجه به امتیازی که مقالات کسب کرده‌اند مطابق موارد ذیل، رتبه‌بندی می‌شوند.

□ عالی: ۴۱ - ۵۰ (E)؛ خیلی خوب: ۳۱ - ۴۰ (VG)؛ خوب: ۲۱ - ۳۰ (G)؛ متوسط: ۱۱ - ۲۰ (F)؛ ضعیف: ۰ - ۱۰ (P)؛

به این ترتیب تعداد ۱۱ مقاله با بررسی محتوا حذف گردید و تعداد ۳۳ مقاله برای تجزیه و تحلیل اطلاعات مورد تأیید واقع شدند (جدول ۳).

جدول ۳. امتیاز ۳۳ مقاله بر مبنای CASP

بزهشگران (سال)	اهداف تحقیق	به روز بودن	طرح پژوهش	روش نمونه برداری	گردآوری داده‌ها	انعکاس پذیری	ملاحظات اخلاقی	دقت تجزیه و تحلیل	بیان واضح و روشن	ارزش تحقیق	جمع امتیاز
آدرین و ساسترا (۲۰۲۵) [۱]	۳	۵	۴	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۵	۳۹
یانگدان و همکاران (۲۰۲۵) [۷۹]	۴	۵	۳	۳	۱	۲	۴	۵	۴	۴	۳۵
کاباشکین و پرکرتو (۲۰۲۴) [۲۸]	۵	۵	۴	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۵	۴۲
مارین د زاگور و همکاران (۲۰۲۴) [۴۲]	۴	۵	۲	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۳	۳۷
سگوویا و همکاران (۲۰۲۴) [۶۵]	۳	۵	۲	۴	۳	۳	۵	۳	۲	۲	۳۲
کاباشکین و پرکرتو (۲۰۲۴) [۲۸]	۵	۵	۴	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۵	۴۲

اهداف تحقیق	به روز بودن	طرح پژوهش	روش نمونه برداری	گردآوری داده‌ها	انعکاس پذیری	ملاحظات اخلاقی	دقت تجزیه و تحلیل	بیان واضح و روشن	ارزش تحقیق	جمع امتیاز
پژوهشگران (سال)										
السراره و همکاران (۲۰۲۲) [۴]	۴	۵	۴	۴	۴	۵	۵	۴	۴	۳۸
شیرین فر و همکاران (۲۰۲۱) [۷۱]	۳	۴	۴	۵	۴	۵	۴	۴	۴	۴۱
روچاس دلگادو و همکاران (۲۰۲۲) [۶۱]	۳	۵	۲	۴	۳	۵	۳	۲	۲	۳۲
ایمانوو و همکاران (۲۰۲۲) [۲۳]	۴	۵	۳	۳	۴	۴	۵	۳	۳	۳۷
بلامی (۲۰۱۷) [۷]	۲	۴	۳	۱	۲	۳	۲	۳	۲	۲۵
هیل و همکاران (۲۰۱۸) [۲۰]	۲	۲	۲	۳	۳	۵	۳	۲	۳	۲۷
پوگاکنیک (۲۰۱۵) [۵۳]	۳	۱	۳	۱	۲	۴	۵	۴	۴	۳۰
سالوادا و همکاران (۲۰۱۵) [۶۳]	۳	۱	۳	۳	۴	۵	۵	۳	۳	۳۳
یازار و همکاران (۲۰۲۲) [۸۰]	۴	۵	۴	۳	۴	۵	۵	۵	۵	۴۴
کولانجیپان و همکاران (۲۰۱۵) [۳۵]	۳	۱	۳	۳	۴	۵	۳	۳	۳	۳۱
تیساکارا و همکاران (۲۰۲۲) [۷۲]	۲	۵	۲	۳	۳	۵	۳	۲	۳	۳۰
مونسالود و همکاران (۲۰۱۵) [۵۰]	۳	۳	۳	۴	۴	۴	۴	۲	۳	۳۳
کورچاگین و همکاران (۲۰۲۲) [۳۴]	۵	۵	۴	۴	۳	۴	۴	۴	۵	۴۲
بالاز و همکاران (۲۰۲۳) [۵]	۳	۵	۳	۳	۴	۴	۴	۲	۳	۳۴
راباتی و حسب ال. (۲۰۲۳) [۵۷]	۳	۵	۳	۱	۲	۵	۲	۲	۳	۲۹
وانگ ومان (۲۰۲۳) [۷۶]	۳	۵	۳	۳	۵	۴	۴	۲	۳	۳۵
می‌سنر و همکاران (۲۰۲۱) [۴۳]	۲	۴	۳	۳	۱	۴	۲	۳	۲	۲۶
لیان (۲۰۲۱) [۳۹]	۲	۴	۳	۱	۲	۳	۲	۳	۲	۲۵
ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) [۸۳]	۳	۴	۲	۲	۲	۵	۴	۴	۴	۳۲
کوئین (۲۰۱۹) [۵۶]	۳	۴	۳	۲	۳	۵	۴	۳	۳	۳۴
قانی و همکاران (۲۰۱۸) [۱۷]	۲	۳	۳	۱	۲	۳	۳	۳	۲	۲۵
کاروناکاران (۲۰۱۶) [۳۱]	۲	۳	۲	۳	۳	۵	۳	۲	۳	۲۸
جهان آرا (۱۳۹۹) [۲۶]	۵	۳	۲	۳	۳	۵	۳	۲	۳	۳۷
دایی و همکاران (۲۰۱۶) [۱۱]	۲	۴	۳	۱	۲	۳	۲	۳	۲	۲۵
کارتیک و همکاران (۲۰۲۱) [۳۲]	۴	۴	۲	۲	۳	۴	۳	۳	۳	۳۲
می‌سنر و همکاران (۲۰۲۱) [۴۳]	۲	۴	۳	۱	۲	۴	۲	۳	۲	۲۶

بعد ارزیابی پرسش‌ها با روش CASP، مشخص گردید تعداد ۱۱ مقاله با کیفیت خوب، تعداد ۱۶ مقاله با کیفیت خیلی خوب، ۶ مقاله با کیفیت عالی استخراج گردیده است.

مرحله چهارم: استخراج اطلاعات مقاله‌های منتخب

در این بخش مقاله‌های انتخاب شده و نهایی در گام قبل، به دقت مورد بررسی قرار گرفت. ملاک استخراج کدها از متون، بر مبنای پاسخ به پرسش آورده شده در گام اول است. در این راستا ابتدا مقاله‌ها به دقت بررسی و کدگذاری به صورت دستی و با استفاده از یک «فهرست

بررسی^۱» به منزله ابزار پژوهش انجام شد. چک لیست دربردارنده این مؤلفه‌ها بود: کد مقاله، سال انتشار، اسامی نویسندگان و یافته‌های اصلی که همان مفاهیم مرتبط با نگهداری و تعمیرات ناب، چابک، تاب‌آور، سبز و مبتنی بر اینترنت اشیا است. در این مرحله تعداد ۸۶ کد فرعی اولیه از یافته‌های اصلی شناسایی شد. خلاصه نتایج حاصل از این گام در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۴. کدهای اولیه و مطالعات مشمول تحقیق

کد فرعی (کد باز)	منابع
کاهش هزینه‌ها	[۸۳: ۷۹: ۷۲: ۶۱: ۵۳: ۴۳: ۳۷: ۳۵: ۲۸: ۲۰: ۱۵: ۹: ۸: ۱]
قدرت فروش و سودآوری	[۶۳: ۳۶]
اطلاعات به هنگام	[۷۲: ۲۸: ۷: ۵]
یکپارچگی جریان اطلاعات نت	[۳۲: ۸]
تعامل و همکاری با رقبا	[۹]
ایجاد گردش سرمایه‌ای	[۹]
محدودیت‌های تأمین مالی	[۷۴]
افزایش شبکه‌های همکاری	[۹: ۳]
نیاز به جلب مشتری	[۶۳: ۶۰: ۳۰: ۲۸]
کاهش آلودگی‌های محیط زیست	[۵۰: ۲۸]
شناسایی برتری نسبت به رقبا	[۷۱: ۴۳: ۴]
سرعت پاسخگویی به تغییر نیازهای بازار	[۸۳: ۸۱: ۶۳: ۶۱: ۶۰: ۳۵: ۲۸]
تقاضای اجتماعی	[۵۰: ۴]
رقابت با خدمات رقبا	[۷۱: ۴]
افزایش قابلیت اطمینان	[۷۹: ۴۳: ۳۹: ۳۸: ۲۸: ۷: ۵]
الزامات قوانین و مقررات	[۵۰: ۴]
افزایش بهره‌وری هوشمند	[۸۳: ۸۰: ۷۶: ۷۲: ۶۱: ۶۰: ۵۷: ۵۶: ۴۶: ۳۴: ۲۱: ۱۸: ۸: ۵]
ارائه خدمات هوشمند باکیفیت	[۲۸: ۳۴: ۲۷: ۸]
زنجیره تأمین هوشمند	[۳۳: ۳۲]
تحويل به موقع هواپیما به مشتری	[۶۰: ۳۳: ۳۲: ۸: ۵]
امنیت اطلاعات	[۶۰: ۲۸]
هوشمندسازی برنامه‌ریزی، نظارت و مدیریت	[۷۹: ۴۴: ۳۲: ۲۸: ۵]
تجزیه و تحلیل در لحظه داده‌ها	[۷۹: ۷۲: ۷۱: ۳۳: ۳۲: ۲۸: ۷: ۵]
همگن‌سازی زیرساخت‌های تکنولوژیکی	[۳۲]
دسترسی سریع به اطلاعات در زنجیره نت	[۵: ۱۱: ۲۸: ۳۱: ۳۲: ۳۳: ۵۳: ۶۰: ۷۲]
تسهیل کنترل ریسک‌ها	[۳۲]
تسهیل کنترل موجودی‌ها	[۳۳: ۱۱]
افزایش سرعت تصمیم‌گیری	[۳۱: ۱۷]
تجزیه و تحلیل فرآیندها	[۷۶: ۳۳: ۳۲: ۱۱: ۵]
افزایش چابکی فرآیند نگهداری و تعمیرات	[۶۰: ۳۳: ۳۲: ۵]
کاهش خطای انسانی	[۷۷: ۷۶: ۵۶: ۱۷: ۱۱]
ایمنی پرواز	[۷۹: ۵۷: ۲۸: ۳۷: ۱۷: ۱: ۵]
افزایش دقت اطلاعات	[۷۹: ۶۵: ۲۸: ۱]

کد فرعی (کد باز)	منابع
افزایش قابلیت اطمینان	[۱ : ۵ ؛ ۳۸ : ۶۲ ؛ ۷۷]
پیشگیری از خرابی	[۷۹ ؛ ۷۴ ؛ ۱]
پیش بینی خرابی	[۷۹ ؛ ۲۸ ؛ ۱]
جهت‌گیری استراتژیک	[۹ ؛ ۴]
فرهنگ سازمانی دولتی	[۳۱ ؛ ۱۷]
پشتیبانی مدیریت عالی	[۳۱ ؛ ۴]
ساختار سازمانی مناسب	[۳۱]
مدیریت منابع انسانی	[۷۶ ؛ ۴]
ایجاد انگیزه و حمایت از ایده‌های کارآفرینانه	[۱۰ ؛ ۴]
افزایش انعطاف پذیری	[۸۰ ؛ ۳۴ ؛ ۹]
افزایش هماهنگی بین واحدهای درون سازمانی	[۶۰ ؛ ۳۲ ؛ ۸]

گام پنجم: تجزیه و تحلیل و ترکیب نتایج

روش فراترکیب به دنبال بررسی مفاهیم، الگوها، مدل‌ها و نتایج مقالات منتخب است. در سراسر تحلیل فراترکیب، پژوهشگران به دنبال شناسایی کدها هستند. این فرآیند توسط سندلوسکی و باروسو^۱ (۲۰۰۶) نامگذاری شد. بلادرنگ پس از مشخص شدن «بررسی موضوعی» (به منزله موضوعات، پژوهشگر یک مضمون را شکل می‌دهد و کدهای باز را در کدهای محوری قرار می‌دهد که بیشترین ارتباط را دارند. کدهای محوری مبنای ایجاد مقوله‌های اصلی در مدل هستند [۶۰].

در این پژوهش، ابتدا تمام اطلاعات بدست آمده از بررسی مقالات به منزله کد در نظر گرفته شده و سپس با در نظر گرفتن مفهوم هر یک از این کدها، آن‌ها در یک کد محوری (تم) مشابه دسته‌بندی می‌شوند. به این شکل مقوله‌های محوری تشکیل می‌شوند. نتایج این دسته‌بندی و تعریف مقوله‌ها در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. کدهای استخراج شده از فراترکیب

مقوله	وجه اشتراک کدها	کد محوری (مضمون)	وجه اشتراک کدها	کدگذاری باز
		کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری	کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری	کاهش هزینه‌ها قدرت فروش و سودآوری
		یکپارچگی جریان داخلی اطلاعات	دسترس‌پذیری اطلاعات شفاف و تبادل اطلاعات برای تمامی ذی‌نفعان داخل سازمان «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی»	اطلاعات به هنگام یکپارچگی جریان اطلاعات نت
انگیزه‌های درون سازمانی	توجه به عوامل با تأثیرگذاری مستقیم بر سود سازمان ارائه‌دهنده خدمات «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی» هواپیما	تصمیم‌گیری گروهی	تقویت و افزایش همکاری با شبکه همکاران در جهت نیل به خدمات بهینه سازمان «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی»	تعامل و همکاری با رقبا افزایش شبکه‌های همکاری
		گردش مالی	سرمایه در گردش	ایجاد گردش سرمایه‌ای
		محدودیت‌های مالی	محدودیت‌های مالی به‌منزله مانعی جهت نیل به سازمان «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» مبتنی بر اینترنت اشیا	محدودیت‌های تأمین مالی
		جلب رضایت مشتری	جلب رضایت مشتری	نیاز به جلب مشتری

مقوله	وجه اشتراک کدها	کد محوری (مضمون)	وجه اشتراک کدها	کدگذاری باز
انگیزه‌های برون سازمانی	توجه به عوامل با تأثیرگذاری غیر مستقیم بر سود سازمان ارائه‌دهنده خدمات «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی» هواپیما	تقاضای اجتماعی	اقدام‌هایی که انجام آن‌ها رضایت عموم را بدست می‌آورد	کاهش آلودگی‌های محیط زیست تقاضای اجتماعی
		یکپارچگی جریان خارجی اطلاعات	کسب اطلاعات از خارج سازمان «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی»	شناسایی برتری نسبت به رقبا سرعت پاسخگویی به تغییر نیازهای بازار رقابت با خدمات رقبا
		الزامات قانونی	الزام رعایت قوانین	افزایش قابلیت اطمینان
		گردآوری هوشمند اطلاعات	اطلاعات بوسیله سنسورها از سطح سازمان «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی» گردآوری می‌شوند و یک کلان داده ^۱ تشکیل می‌دهند.	بهره‌وری هوشمند هوشمندسازی برنامه‌ریزی و نظارت و مدیریت دسترسی سریع به اطلاعات در زنجیره نت
تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	توجه به عوامل هوشمندی نت هواپیما همچون: گردآوری اطلاعات، کیفیت داده‌ها، آنالیز داده‌ها، تصمیم‌گیری و افزایش تصمیم مبتنی بر اینترنت اشیا	تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	کیفیت بالای داده‌های گردآوری شده، الزامات بیشتر بر کیفیت داده‌ها	ارائه خدمات هوشمند باکیفیت زنجیره تأمین هوشمند تحويل به موقع هواپیما به مشتری تسهیل کنترل موجودی‌ها افزایش سرعت تصمیم‌گیری افزایش دقت اطلاعات پیش‌بینی خرابی پیشگیری از خرابی
		امنیت اطلاعات	در نت هوشمند به امنیت اطلاعات نیاز است.	امنیت اطلاعات
		تصمیم‌گیری خودکار	خودکارسازی جریان از گردآوری داده تا تصمیم‌گیری	تجزیه و تحلیل در لحظه داده‌ها کاهش خطای انسانی
		تجزیه و تحلیل داده	آنالیز منابع داده برای حل یا جلوگیری از مشکل	تسهیل کنترل ریسک‌ها تجزیه و تحلیل فرآیندها ایمنی پرواز افزایش قابلیت اطمینان
مدیریت سرمایه انسانی	توجه به مؤلفه‌های مدیریت سرمایه انسانی همچون: فرهنگ، مهارت‌های اجتماعی، مهارت‌های تحلیلی، فناوری ارتباطات و اطلاعات، فنی و سازگاری	مهارت‌های تحلیلی	به کارگیری آنالیز داده‌ها جهت یافتن الگوها	جهت‌گیری استراتژیک ساختار سازمانی مناسب
		فرهنگ سازمان	فرهنگ و الگوهای غالب بر سازمان	فرهنگ سازمان
		پشتیبانی مدیریت	پشتیبانی مدیریت	پشتیبانی مدیریت عالی مدیریت منابع انسانی
		مهارت‌های سازگاری	توانایی یافتن راه حل سریع برای یک وظیفه جدید	افزایش چابکی در عملیات نگهداری و تعمیرات افزایش انعطاف‌پذیری ایجاد انگیزه و حمایت از ایده‌های کارآفرینانه

گام ششم: کنترل کیفیت پژوهش

جهت حفظ کیفیت اجرای پژوهش، علاوه بر دقت در استخراج مفاهیم مرتبط با موضوع در متون مقاله‌ها و بازبینی و مرور پیوسته این مفاهیم در حین انجام پژوهش، همان‌طور که در گام سوم اشاره شد، در راستای ارزیابی و ارتقای کیفیت جهت محتوای مقاله‌های منتخب، از ابزار برنامه‌مهارت‌های ارزیابی نقدانه (CASP) ارزیابی کیفی محتوای مطالعات پژوهشی کیفی و همچنین به منظور سنجش پایایی مدل ارائه شده، از روش توافق بین دو کدگذار استفاده شد. به این ترتیب که تعداد ۴ مقاله از مقاله‌هایی که توسط پژوهشگر کدگذاری شده است، به طور تصادفی انتخاب شد و جهت بررسی در اختیار یکی از خبرگان حوزه نگهداری و تعمیرات، رویکردهای «تاب، چابک، تاب‌آور، سبز» و اینترنت اشیاء قرار گرفت. نتایج بدست آمده از کدگذاری دو پژوهشگر و محاسبه ضریب کاپا طبق جدول ۶، نشان می‌دهد که میزان توافق بین دو کدگذار بر اساس شاخص کاپا مقدار ۸۵.۱٪ است. از آنجایی که بالاتر از ۰.۶ است، می‌توان نتیجه گرفت میزان توافق بین کدگذاران مقدار قابل قبولی است [۴۰؛ ۵۵؛ ۶۶] و بر این اساس فرض وابستگی کدهای استخراج شده به هم تأیید می‌شود. از این رو می‌توان نتیجه گرفت مفاهیم استخراج شده از مطالعات در این قسمت از کیفیت قابل قبولی برخوردار است.

جدول ۶: جدول توافق بین دو کدگذار بر اساس شاخص کاپا

نظر پژوهشگر			
بله	خیر	مجموع کدگذار اول	
A = ۱۵	B = ۴	۱۹	
خیر	بله	مجموع کدگذار دوم	نظر خبره
C = ۲	D = ۳	۵	
۱۷	۷	۲۴	

رابطه (۱)

$$\frac{A+B}{N} \times \frac{A+C}{N} \times \frac{C+D}{N} \times \frac{B+D}{N} = \frac{19}{24} \times \frac{17}{24} \times \frac{5}{24} \times \frac{7}{24} = 0.034 = \text{توافقات شانسی}$$

$$\frac{A+D}{N} = \frac{18}{21} = 0.857 = \text{توافقات مشاهده شده} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$k = \frac{\text{توافقات شانسی} - \text{توافقات مشاهده شده}}{\text{توافقات شانسی} - 1} = \text{ضریب کاپا} \quad \text{رابطه (۳)}$$

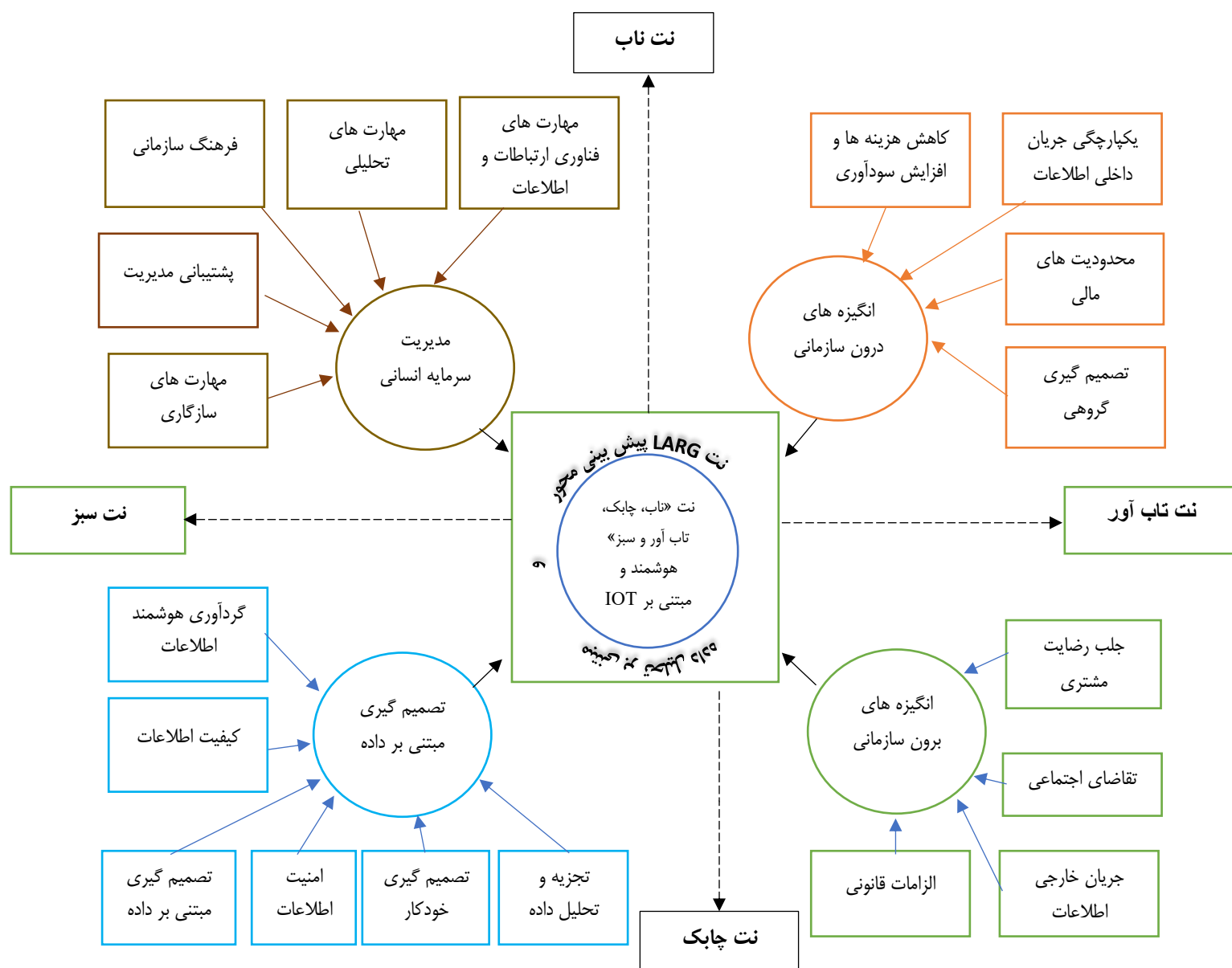
$$\frac{0.857 - 0.034}{1 - 0.034} = 0.851 \quad \text{رابطه (۴)}$$

۴. نتیجه گیری و پیشنهادها

در این گام هفتم فراترکیب به ارائه نتایج و یافته‌ها پرداخته شد، پژوهشگر به ارائه یافته‌های گام‌های قبلی با توجه به سؤال‌های پژوهش و با روش فراترکیب می‌پردازد. در این مرحله می‌توان با توجه به سؤال پژوهش با استفاده از نتایجی که ارائه شده است، مدلی طراحی کرد، چارچوبی ارائه نمود و یا نتایج را در جدولی به همان صورت ارائه کرد. در این مرحله مدل پیشنهادی مؤلفه‌های نت «تاب، چابک، تاب‌آور، سبز» و مبتنی بر اینترنت اشیاء برای صنعت هواپیما با بررسی پژوهش‌های صورت گرفته در شکل ۲ آورده شده است. از مصادیق استفاده از اینترنت اشیاء در نگهداری و تعمیرات هواپیما استفاده از سنسورهای بر روی قطعات/سامانه‌های هواپیما است که می‌تواند داده‌های مربوط به آن قطعه (مدت زمان استفاده از قطعه، خرابی قطعه و...) را به پایگاه نگهداری و تعمیرات زمینی منتقل کند که با امکان تحلیل داده‌ها به کمک هوش مصنوعی، بهترین اقدام به خلبان در حین پرواز پیشنهاد می‌گردد.

همانطور که در الگوی زیر قابل رؤیت است و طی بررسی‌های صورت گرفته می‌توان گفت نگهداری و تعمیرات هوشمند با رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز»، مبتنی بر تحلیل داده است به این ترتیب که حضور سنسورها موجب تولید داده‌های بزرگ^۱ می‌گردد که این داده‌ها می‌تواند توسط هوش مصنوعی مورد پردازش و تحلیل قرار گیرند به این ترتیب تحلیل این داده‌ها می‌تواند موجب پیش‌بینی و ارائه بهترین حالت عملکردی و نگهداری و تعمیراتی هواپیما گردد و اطلاعاتی در حوزه رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» ارائه دهد که می‌توان بیشترین اطلاعات ارزشمند در حوزه ناب، چابک، تاب‌آوری و سبز محیا ویژگی‌های جامعی از رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» را به دنبال دارد. وجود نقطه چین در الگوی ارائه شده تنها این موضوع را متذکر شده است که از نت هوشمند مبتنی بر تحلیل داده می‌توان به رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» رسید. همچنین مولفه‌های مستخرج در فراترکیب پایگاه‌های مورد بررسی نیز در این مدل به نمایش گذاشته شده است. جهت صحت‌گذاری مدل ارائه شده، از سه نفر از اساتید دانشگاهی، در خصوص کلیات مدل نظرسنجی به عمل آمد و کلیات مدل پیشنهادی مورد تأیید آنان قرار گرفت.

در ادامه پژوهش پیشنهاد می‌گردد با توجه به اینکه در پایگاه‌های مورد بررسی به ندرت مقاله‌هایی یافته می‌شد که به موضوع پژوهش به تشریح و تفسیر پرداخته باشند در پژوهش‌های آتی از مجلات متنوع تر (در حوزه هوانوردی و...) جهت بررسی استفاده گردد تا احتمالاً مؤلفه‌های بیشتری از پژوهش استخراج گردد.



شکل ۲. الگوی نگهداری و تعمیرات هوشمند «ناب، چابک، تاب آور و سبز» هواپیما و در بستر اینترنت اشیا

۵. نتیجه گیری و پیشنهادها

صنعت هواپیما از جمله صنایع با فناوری بالا و گران محسوب می‌شود. همچنین ساخت هواپیما که تقریباً در انحصار تعداد محدودی از کشورها است که بازار جهان را در سیطره خود قرار داده‌اند. فرآیند نگهداری و تعمیرات هواپیما از جمله اقدام‌های پر اهمیت است که اطمینان و راحتی خیال استفاده مشتریان از هواپیما را ممکن می‌کند در این میان با مطالعه پژوهش‌های گذشته و اهمیت و افزایش بررسی‌ها بر روی رویکرد های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز و همین‌طور توجه خاص به فناوری اینترنت اشیا به‌منزله محرکی مهم از فناوری‌های صنعت چهارم و تلفیق این موارد با صنعت پیچیده (از لحاظ ترکیب علوم مختلف در یک محصول^۱)، حساس (از لحاظ امنیت، صلاحیت

۱. محصول در استاندارد سازمانی Part 21 به هواگرد، موتور و ملخ گفته می‌شود (Product)

پروازی و...)، گران‌هواپیمایی می‌توان گفت پژوهشی که این موضوعات را به یکجا با هم بررسی کند یافته نشد و که این منظر مهمترین نوآوری پژوهش است.

در این پژوهش با فراترکیب پژوهش‌های گذشته و مرور سیستماتیک و بررسی نتایج آن‌ها چارچوبی از نت «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» هوشمند حاصل شد که بطور همزمان به رویکردهای نت ناب، چابک، تاب‌آور و سبز و مبتنی بر اینترنت اشیا که از مصادیق هوشمندی در فرآیند نت است پرداخته شد. بر این اساس چارچوب ارائه شده در شکل ۲، مؤلفه‌های نت هوشمند «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» را شناسایی و مؤلفه‌های آن را ارائه کرد. همانطور که در این شکل قابل مشاهده است مقوله‌های اصلی دربرگیرنده چهار مورد است که صنایع ارائه‌دهنده خدمات «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی» هواپیما برای اینکه بتوانند به شرایط بهتری از منظر رویکردهای «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» (به طور خلاصه: از نظر حذف فعالیت‌های بدون ارزش، سرعت پاسخدهی، توانایی رویارویی با رخدادهای پیش‌بینی نشده، در نظر گرفتن مسائل مربوط به محیط زیست) و اینترنت اشیا در دنیای رقابتی امروز دست پیدا کنند لازم است ابعاد این مقوله‌ها را در کل زنجیره خدمات «نگهداری، تعمیرات اصلاحی، و تعمیرات اساسی» ایجاد و تقویت کنند. با توجه به اینکه در این چارچوب پیشنهادی ابعاد و عوامل ارائه شده به تأیید خبرگان و متخصصان حوزه نگهداری و تعمیرات رسیده است این چارچوب می‌تواند کمک شایانی به پژوهشگران و مدیران سازمان‌ها برای پیاده‌سازی نت «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» مبتنی بر اینترنت اشیا کند.

از جمله مقوله‌های مستخرج از مقاله، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده است که نیازمند بررسی و توجه به ابعاد گردآوری هوشمند اطلاعات، کیفیت اطلاعات، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، امنیت اطلاعات، تصمیم‌گیری خودکار، تجزیه و تحلیل داده است. می‌توان گفت با روی کار آمدن صنعت ۴ و یکی از محرک‌های اصلی این نسل از فناوری که اینترنت اشیا است در نظر است که کل فرآیند نت هواپیما با دخالت حداقلی انسان و با استفاده از داده‌های در لحظه، سپس تجزیه و تحلیل آن‌ها و انجام پروسه نگهداری و تعمیرات انجام گیرد. به این ترتیب که داده‌ها توسط سنسورها گردآوری می‌گردد و تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی کیفیت آن‌ها موجب ایجاد اطلاعات پالایش شده می‌شود که نیازمند ایجاد زیرساخت‌هایی جهت امنیت این اطلاعات است و در انتها اطلاعات منجر به تصمیم‌گیری در لحظه می‌گردد.

یکی از مقوله‌های نت «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» مبتنی بر اینترنت اشیا انگیزه‌های درون سازمانی است که دارای زیرشاخص‌هایی نظیر میزان هزینه‌های و سودآوری، یکپارچگی جریان داخلی اطلاعات، تصمیم‌گیری گروهی، گردش مالی، محدودیت‌های مالی در زنجیره نگهداری و تعمیرات است. از مقوله‌های دیگر نت «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» مبتنی بر اینترنت اشیا انگیزه‌های برون سازمانی است که دارای مؤلفه‌های جلب رضایت مشتری، تقاضای مشتری، جریان خارجی اطلاعات، الزامات قانونی است.

مقوله آخر مدیریت سرمایه انسانی است که مصادیقی از مؤلفه‌های آن آورده شده است. مؤلفه‌های مهارت‌های تحلیل (مهارت‌های پایه‌ای از تحلیل و ادغام داده‌ها)، فرهنگ سازمانی (فرهنگ بکارگیری از اینترنت اشیا، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، ارتباط هوشمند با سایر بخش‌ها، آموزش کارکنان، توجه به امنیت اطلاعات)، پشتیبانی مدیریت (پشتیبانی مالی غیره مالی از هرگونه الزامی برای استقرار مفاهیم «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» مبتنی بر اینترنت اشیا)، مهارت‌های سازگاری (آموزش‌پذیری سریع با رویه‌های جدید)، مهارت‌های فناوری ارتباطات و اطلاعات (مهارت‌های بررسی و انتقال صحیح وضعیت تجهیزات، سنسورها به جریان اطلاعات) است.

با توجه به یافته‌های پژوهش پیشنهادی کاربردی برای هوشمندسازی نگهداری و تعمیرات شرکت‌ها ارائه می‌گردد:

- با توجه به شناسایی الگوی «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» مبتنی بر اینترنت اشیا به احتمال زیاد موانع و تضادهای بسیاری وجود خواهد داشت که می‌تواند در پژوهش‌های آینده مورد بررسی قرار گیرد.
- می‌توان از علوم طراحی جهت وزن مقوله‌های حاصل شده و ارتباط بین آن‌ها در پژوهش‌های آینده استفاده کرد.
- به جای فراترکیب می‌توان از فراتحلیل کیفی استفاده کرد و داده‌ها و نمودارهای ارزشمندی از پراکندگی اطلاعات بدست آورد.
- می‌توان از سایر محرک‌های صنعت نسل ۴ برای ارائه الگوهای کاربردی دیگر استفاده کرد.

➤ به مدیران پیشنهاد می‌شود با توجه به بودجه موردنظر خود به اولویت‌بندی عوامل مطرح شده در الگوی مفهومی بپردازند تا چنانچه محدودیتی در بودجه خود دارند، بتوانند از عواملی که اولویت بیشتری دارند، استفاده کنند و فرآیند نگهداری و تعمیرات را تقویت کنند.

از محدودیت‌های پژوهش در نظر نگرفتن آمادگی فناوریانه کشور [۲۴] و سطح نوآوری ملی [۱۶]، وضعیت کارایی بازار کالا [۵۹]، چالش‌های فناوری، کسب و کار، فرهنگی، حقوقی، امنیت و آموزش برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا و ویژه محیط کسب و کار ایران برای پیاده‌سازی نگهداری و تعمیرات هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با رویکرد «ناب، چابک، تاب‌آور، سبز» در صنعت هواپیمایی است که می‌تواند در پژوهشی مستقل مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد [۴۹].

محدودیت دیگر در نظر گرفتن نقشه راه برای پیاده‌سازی کاربردهای اینترنت اشیا در نگهداری و تعمیرات هوشمند در صنعت هواپیمایی ایران با توجه به میزان توانمندی و جذابیت هر یک از کاربردهاست که در پژوهش‌های آتی می‌توان میزان آمادگی در پیاده‌سازی نگهداری و تعمیرات «ناب، چابک، تاب‌آور و سبز» مبتنی بر اینترنت اشیا در صنعت هواپیمایی را ارزیابی کرد و بر اساس آن رهنگاشت فناوری را در سناریوهای تدریجی یا تحولی ارائه نمود [۲۵].

در ضمن کاربردهای مشخص فناوری اینترنت اشیا برای کمک به نگهداری و تعمیرات در صنعت هواپیما شناسایی نشدند که در تحقیق آتی می‌توان با کمک روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه مانند «روش بهترین-بدترین» اهم شاخص‌ها را شناسایی کرد [۴۸] و با یکی از همین روش‌ها مانند «ویکور» و «تحلیل اهمیت-عملکرد» [۵۱؛ ۶۷] اولویت‌بندی کاربردها را راهنمایی برای بکارگیران این فناوری قرار داد.

تعارض منافع. برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به عنوان شاهدی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

منابع

- Adryan, F. A., & Sastra, K. W. (2025). Predictive maintenance for aircraft engine using machine learning: Trends and challenges. *International Journal of Aviation Science and Engineering-AVIA*, 3(1). <https://doi.org/10.47355/avia.v3i1.45>
- Afsardalir, A., & Ghorbani, A. (2019). Management of airport pavement repair. The case of Imam Khomeini International Airport. *Civil And Project Journal*, 1(2), 26-36. Retrieved from: https://www.cpjournals.com/article_91106
- Aghazadeh, E., Alem Tabriz, A. and Shah Qalyan, K. (2023). Design and Explanation of a Hybrid IoT and UAV Model for Intelligent Monitoring of Industrial Equipment Performance with Edge Computing Approach (Case Study: Wind Turbines). *Journal of Industrial Management Perspective*, 13(4), 149-178. doi: [10.48308/jimp.13.4.149](https://doi.org/10.48308/jimp.13.4.149). (In Persian)
- Al-Sarayreh, A. M. A., & Al-sarayreh, A. A. (2022). The Impact of Green Human Resources Management on Enhancing Entrepreneurial Performance in the Jordan Aircraft Maintenance Limited (Joramco). *Journal of Positive School Psychology*, 6(4) 9941-9954. Retrieved from: <https://journalppw.com/index.php/jpsp/article/view/6074>
- Baláž, M., Kováčiková, K., Novák, A., & Vaculík, J. (2023). The application of Internet of Things in air transport. *Transportation Research Procedia*, 75, 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.12.008>
- Bazargan, A., Ghasemi, R., Eftekhar Ardebili, M., & Zarei, M. (2017). The relationship between 'higher education and training' and 'business sophistication'. *Iranian Economic Review*, 21(2), 319-341. <https://doi.org/10.22059/ier.2017.62106>
- Bellamy, W. (2017). IOT, Blockchain proposed to improve aircraft maintenance process. *Avionics*. Retrieved from: <https://www.aviationtoday.com/2017/01/13/iot-blockchain-proposed-to-improve-aircraft-maintenance-process/>
- Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., Wuest, T., & Stahre, J. (2020). Smart Maintenance: an empirically grounded conceptualization. *International Journal of Production Economics*, 223, 107534. <https://doi.org/10.1016/j.iipe.2019.107534>

9. Bottani, E., Bigliardi, B., & Rinaldi, M. (2022). Development and proposal of a LARG (lean, agile, resilient, green) performance measurement system for a food supply chain. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2437–2444. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2022.10.074>.
10. Chui, M., Loßfller, M., & Roberts, R. (2010). The Internet of Things. McKinsey & Company. Retrieved from: <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-internet-of-things>
11. Dayi, O., Afsharzadeh, A., & Mascle, C. (2016). A Lean based process planning for aircraft disassembly. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), 54–59. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.010>.
12. Dui, H., Liu, M., Song, J., & Wu, S. (2023). Importance measure-based resilience management: Review, methodology and perspectives on maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, 237, 109383. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109383>
13. Fumagalli, L., Macchi, M., Colace, C., Rondi, M., & Alfieri, A. (2016). A smart maintenance tool for a safe electric arc furnace. *IFAC-PapersOnLine*, 49(31), 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.155>
14. Garcia, MC., Sanz-Bobi, MA., & Del Pico, J. (2006), SIMAP: Intelligent System for Predictive Maintenance: Application to the health condition monitoring of a windturbine gearbox. *Computers in Industry*, 57(6), 552–568. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2006.02.011>.
15. Ghasemi, R., Alidoosti, A., Hosnavi, R., & Norouzian Reykandeh, J. (2018:a). Identifying and prioritizing humanitarian supply chain practices to supply food before an earthquake. *Industrial management journal*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.22059/imj.2018.234645.1007246>
16. Ghasemi, R., Mahbanoee, B., & Beigi, R. G. (2018:b). The Relationship between Labor Market Efficiency and Innovation. In *Proceedings of the 11th International Seminar on Industrial Engineering & Management (ISIEM)*, (Nov. 27–29, 2018, Makassar, Indonesia) (pp. 142–149). Doi: [2019/08/11ISIEM2018.126](https://doi.org/10.21961/ISIEM2018.126)
17. Ghani, M. S., & Zheng Yi, W. (2018). Implementation of Swiss Cheese for UniKL MIAT hangar. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 405(1), 12007. DOI: [10.1088/1757-899X/405/1/012007](https://doi.org/10.1088/1757-899X/405/1/012007).
18. Ghosh, S. (2024). Material evolution for green aviation. *Comprehensive Materials Processing (Second Edition)*, 8, 68–76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96020-5.00104-7>.
19. Gomaa, A. H. (2025). Enhancing Efficiency and Effectiveness in MRO Inventory Management Using Lean Six Sigma. *IUP Journal of Operations Management*, 24(1), 19–55.
20. Hill, J., Thomas, A. J., Mason-Jones, R. K., & El-Kateb, S. (2018). The implementation of a Lean Six Sigma framework to enhance operational performance in an MRO facility. *Production & Manufacturing Research*, 6(1), 26–48. <https://doi.org/10.1080/21693277.2017.1417179>
21. Hoorshad, A., Safari, H. and Ghasemi, R. (2023). Developing Smart Supply Chain Management Model in Fast-moving Consumer Goods Industry (FMCG). *Journal of Industrial Management Perspective*, 13(4), 108–148. doi: [10.48308/jimp.13.4.108](https://doi.org/10.48308/jimp.13.4.108). (In Persian).
22. Hoque, I., 2022. Buyer-assisted lean intervention in supplier firms: A supplier development approach. *Journal of Manufacturing Technology Management* 33(1), 146–168. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2020-0445>.
23. Imanov, T., Yıldız, M., & Koruyucu, E. (2022). Lean Six Sigma Application for Aircraft Maintenance Process. In: Karakoc, T.H., Colpan, C.O., Dalkiran, A. (eds) *Progress in Sustainable Aviation*. Sustainable Aviation. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12296-5_8
24. Jafarnejad, A., Ghasemi, R., Abdollahi, B., & Esmailzadeh, A. (2013). Relationship between macroeconomic environment and technological readiness: A secondary analysis of countries global competitiveness. *International Journal of Management Perspective*, 1(2), 1–13. Retrieved from: [publication/315573973](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12296-5_8)
25. Jafarnejad Chaghooshi, A., Kazemi, A., & Arab, A. (2016). Identification and Prioritization of Supplier's Resiliency Evaluation Criteria Based on BWM. *Journal of Industrial Management Perspective*, 6(3), 159–186. https://jimp.sbu.ac.ir/article_87226.html (In Persian)
26. Jahanara, javad.(1400). Investigating the impact of IoT management on aircraft repair quality management. (Master's thesis, Payam Noor University). (In Persian).
27. Kabashkin, I., & Perekrestov, V. (2024). Ecosystem of Aviation Maintenance: Transition from Aircraft Health Monitoring to Health Management Based on IoT and AI Synergy. *Applied Sciences*, 14(11), 4394. <https://doi.org/10.3390/app14114394>
28. Kabashkin, I., Perekrestov, V., Tyncherov, T., Shoshin, L., & Susanin, V. (2024). Framework for Integration of Health Monitoring Systems in Life Cycle Management for Aviation Sustainability and Cost Efficiency. *Sustainability*, 16(14), 6154. <https://doi.org/10.3390/su16146154>
29. Kamrani, M., Ghanbari, M. & Tavakoli, A. (2014). A Study on the Performance of Preventive Maintenance (PM) Systems with an Optimized Utilization Approach in Distribution Networks. International Conference on Electricity. 29, Tehran, Iran. <https://sid.ir/paper/882959/en> (In Persian)

30. Karimi, T., Azar, A., Mohebban, B., & Ghasemi, R. (2022). Developing an Internet of Things-based intelligent transportation technology roadmap in the food cold supply chain. *Industrial Management Journal*, 14(2), 195-219. <https://doi.org/10.22059/imj.2021.319427.1007825>.
31. Karunakaran, S. (2016). Innovative application of LSS in aircraft maintenance environment. *International journal of lean six sigma*, 7(1), 85-108. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-01-2015-0001>.
32. Karthik, S. V., Akshaya, V., & Sriramalakshmi, P. (2021, February). IoT based Predictive Maintenance of Electrical Machines in Aircraft. In 2021 7th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES), 569-575. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEES51510.2021.9383669>.
33. Keivanpour, S., & Kadi, D. A. (2018). Perspectives for application of the internet of things and big data analytics on end of life aircraft treatment. *International Journal of Sustainable Aviation*, 4(3-4), 202-220. <https://doi.org/10.1504/IJSA.2018.098423>.
34. Korchagin, A., Deniskina, A., & Fateeva, I. (2019). Lean and energy efficient production based on internet of things (IOT) in aviation industry. In *E3S web of conferences* (Vol. 110, p. 02124). EDP Sciences.. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911002124>.
35. Kolanjiappan, S., & Maran, K. (2011). Lean philosophy in aircraft maintenance. *Journal of Management Research and Development*, 1(1), 27-41. Retrieved from: <https://www.pripublication.com/backend/file/aircraft.pdf>.
36. Korchagin, A., Deniskin, Y., Pocebnova, I., & Vasilyeva, O. (2022). Lean Maintenance 4.0: Implementation for aviation industry. *Transportation Research Procedia*, 63, 1521-1533 <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.164>.
37. Kumar, A., Yadav, S., Stephens, D., Swindell, P., & Piotrowski, D. (2025). Evaluation of SMART Layer Sensor Inspection for Cracking Around Chemical Milled Area Under Simulated Environment for Commercial Airplane. In AIAA SCITECH 2025 Forum (p. 1221). <https://doi.org/10.2514/6.2025-1221>.
38. Lee, J., Jin, C., Liu, Z., & Davari Ardakani, H. (2017). Introduction to data-driven methodologies for prognostics and health management. In: Ekwaro-Osire, S., Gonçalves, A., Alemayehu, F. (eds) Probabilistic Prognostics and Health Management of Energy Systems. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55852-3_2.
39. Lian, X. (2021). Application Prospects of New Information Technology in Aviation Maintenance Industry. 7th International Symposium on Mechatronics and Industrial Informatics (ISMII), Zhuhai, China, 288-291, <https://doi.org/10.1109/ISMII52409.2021.00068>.
40. Mahbanooi, B., & Pourezzat, A. A. (2023). Education policy guide for human capital: an importance-performance analysis in iran. *Journal of Educational Planning Studies*, 11(22), 1-22. <https://doi.org/10.22080/eps.2023.23983.2135>.
41. Mahbanooei, B and Ghasemi, R. (2024). "Identifying the Behavioral Competencies of Street-level Bureaucrats: A Quranic Perspective". *Public Administration Perspective*, 15(3), 130-154. <https://doi.org/10.48308/jpap.2024.234561.1373>.
42. Marin-De-Yzaguirre, M., Baselga, O., Pagès, J., Calveras, A., Guixé, P., & Ruiz-De-Azua, J. A. (2024). Demonstration of Direct-to-Satellite IoT for Monitoring Water Reservoirs in Remote Areas to Prevent Wildfires. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC. <https://doi.org/10.1109/WCNC57260.2024.10571043>.
43. Meissner, R., Rahn, A., & Wicke, K. (2021). Developing prescriptive maintenance strategies in the aviation industry based on a discrete-event simulation framework for post-prognostics decision making. *Reliability Engineering & System Safety*, 214, 107812 <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107812>.
44. Mohaghar, A., Ghasemi, R., & Imani, M. H. (2022). Developing a Resilient Business Model for Complex Techno-social Organizations by Meta-Synthesis Method. *Industrial Management Journal*, 14(4), 507-538. <https://doi.org/10.22059/imj.2022.349851.1007993>. (In Persian).
45. Mohaghar, A., Heydarzadeh Moghaddam, H., & Ghasemi, R. (2023). Developing a Model to Optimize Maximum Coverage of Roadside Units Placement in Vehicular Ad-hoc Network for Intelligent Transportation System. *Journal of Industrial Management Perspective*, 13(2), 211-240. <https://doi.org/10.48308/jimp.13.2.211>.
46. Mohaghar, A., Sadeghi Moghaddam, M. R., Ghourchi Beigi, R., & Ghasemi, R. (2021). IoT-based services in banking industry using a business continuity management approach. *Journal of Information Technology Management*, 13(4), 16-38. <https://doi.org/10.22059/jitm.2021.314908.2666>. (In Persian).
47. Mohaghar, A., Safari, H., Ghasemi, R., Abdullahi, B., & Maleki, M. H. (2011). Canonical correlation analysis between supply chain relationship quality and supply chain performance: A case study in the Iranian automotive industry. *International Bulletin of Business Administration*, 10(10), 122-134. Retrieved from: [publication/312488805](https://www.pripublication.com/publication/312488805).
48. Mohaghar, A., Ghasemi, R., Toosi, H., & Sheykhizadeh, M. (2022). Evaluating city of knowledge's project management office functions using BWM and importance-performance analysis. *Journal of Decisions and Operations Research*, 7(4), 530-549. <https://doi.org/10.22105/dmor.2021.290728.1424>.

49. Mohammadzadeh, A. K., Ghafoori, S., Mohammadian, A., Mohammadkazemi, R., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2018). A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran. *Technology in Society*, 53, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.01.007>.
50. Monsalud, A., Ho, D., & Rakas, J. (2015). Greenhouse gas emissions mitigation strategies within the airport sustainability evaluation process. *Sustainable Cities and Society*, 14, 414-424. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.08.003>.
51. Nasrollahi, M., Ghadikolaei, A. S., Ghasemi, R., Sheykhzadeh, M., & Abdi, M. (2022). Identification and prioritization of connected vehicle technologies for sustainable development in Iran. *Technology in Society*, 68, 101829.
52. Perekrestov, V., & Fedorov, R. (2024, September). Evaluating the Transition from Traditional to Platform-Based MRO Business Model in the Aviation Industry. In International Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, 606-618. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-87532-8_54.
53. Pogačnik, B., Tavčar, J., & Duhovnik, J. 2015. Application of lean methods into aircraft maintenance processes. In Transdisciplinary Lifecycle Analysis of Systems, ISPE Inc. Int. Con. on CE. Delft, 259-268. IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-544-9-259>.
54. Pourezzat, A., Mahbanooei, B., Ghasemi, R., Rafiei, S. (2022). Governance Performance Evaluation System (GPES). University of Tehran Press, Iran, Tehran. (In Persian). Doi: <publication/361391504>.
55. Pourezzat, A. A., Zareimatin, H., Yazdani, H. R., & Mehbanooei, B. (2019). Designing Virtue-Based Organizational Ethics model for Tehran University of Medical Sciences Hospitals. *Journal of Medical Ethics*, 13 (44), 1-13. Retrieved from: <https://www.sid.ir/paper/687226>
56. Quinn, P. (2019). Optimizing Pre-Flight Checkout by Leveraging IOT enabled FTI and Augmented Reality. In International Telemetry Conference Proceedings. International Foundation for Telemetry.
57. Rabathi, S., & Hasbullah, H. (2023). Improving workflow of aircraft maintenance for reduce lead-time on nine-passenger aircraft. *AIP Conference Proceedings*, Volume 2485, Issue 1, id.120005, 9 <https://doi.org/10.1063/5.0104953>.
58. Rastegar, A. A., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2012, May). Canonical correlation analysis between technological readiness and labor market efficiency: A secondary analysis of countries global competitiveness in 2011-2012. In *13th International Conference on Econometrics, Operations Research and Statistics (ICEOS-2012)* (pp. 24-26). Retrieved from: <publication/315572228>
59. Razavi, S. M., Ghasemi, R., & Mahbanooei, B. (2015). Prioritizing the middle east countries based on goods market efficiency indicators. In *International Research Conference on Business, Economics and Social Sciences, IRC-2015, Istanbul, Turkey. 27th to 28th February*. Retrieved from: <publication/315551178>
60. Rifqi, H., Souda, S. B., Zamma, A., Kassami, S. (2021). Lean Maintenance 4.0: An application of the IoT Technology in the facility management industry. *J. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering* 9(5), 9064-9070. <https://doi.org/10.30534/ijatcsc/2020/311952020>.
61. Rojas-Delgado, N., Pineda-Rojas, A. A., & Leon-Chavarri, C. C. (2022, September). Resource Optimization Model to Increase Efficiency in Aircraft Maintenance Operations, Using Lean Six Sigma and Linear Programming. In Proceedings of the 8th International Conference on Industrial and Business Engineering, 449-454. <https://doi.org/10.1145/3568834.3568883>.
62. Sadeghi, A., Safari, S., & Abbasi, R. (2019). Designing a business model Based on LARG Approach. *Journal of Entrepreneurship Development*, 12(2), 221-239. <https://doi.org/10.22059/jed.2019.276962.652924>.
63. Salvada, P., Carneiro, M., & Mourão, A. (2016). The lean thinking application in aircraft maintenance. *TMQ Techniques Methodologies and Quality*, Número especial, 65-85.
64. Sandelowski, M., & Barroso, J. (2006). Handbook for synthesizing qualitative research. springer publishing company.
65. Segovia Ramírez, I., García Márquez, F. P., & Parra Chaparro, J. (2024). Convolutional neural networks andra Internet of Things for fault detection by aerial monitoring of photovoltaic solar plants. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.114861>.
66. Seyed Javadin, S. R., Mahbanooei, B., & Ghasemi, R. (2016). A Cause-Effect Diagram for Prophet Moses' Managerial Competencies by Using Grey DEMATEL. *Iranian Journal of Management in the Islamic University*, 4(10), 207-226. (In Persian) Retrieved from: https://miu.nahad.ir/article_300
67. Shojaei, A. A., Mahbanooei, B., Farahani, A., & Pourezzat, A. A. (2023). Organizational Ethics Indicators in Iranian Hospital: An Importance-Performance Analysis. *Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research*, 28(5), 593-603. Retrieved from: <https://journals.lww.com/jnmr/fulltext/2023/28050>
68. Sharifi, H., & Zhang, Z. (1999). A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: *An introduction*. *International Journal of Production Economics*, 62(1), 7-22. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00217-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00217-5).

69. Sheffi, Y. (2005). Preparing for the big one [supply chain management]. *Manufacturing Engineer*, 84(5), 12-15. https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/me_20050503
70. Sheykhizadeh, M., Ghasemi, R., Vandchali, H. R., Sepehri, A., & Torabi, S. A. (2024). A hybrid decision-making framework for a supplier selection problem based on lean, agile, resilience, and green criteria: a case study of a pharmaceutical industry. *Environment, Development and Sustainability*, 1-28. <https://doi.org/10.1007/S10668-023-04135-7/METRICS>.
71. Shirinfar, M. , Hosseininasab, H. , Sadegheih, A. , & Fakhrzad, M. B. (2021). Reducing Turnaround Time (TAT) Considering Lean Principles within Aircraft Maintenance Organizations (Case Study: Fars CO Aircraft MRO Center). *Journal of Improvement Management*, 15(2), 97-126. <https://doi.org/10.22034/jmi.2021.250063.2360>. (In Persian)
72. Tsakalerou, M., Nurmaganbetov, D., & Beltenov, N. (2022). Aircraft Maintenance 4.0 in an era of disruptions. *Procedia Computer Science*, 200, 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.211>
73. Tavakkoli, A., Mahbanooei, B. (2014). Studying the ranking of regional countries competitiveness based on public and private institutions' indicators and providing some strategies for enhancing the position of islamic republic of iran. *Journal of Iran's Economic Essays*, 10(20), 135-162. (In Persian).
74. Wagner, T. , Herrmann, C. , & Thiede, S. (2017). Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia Cirp*, 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems ,63, 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>.
75. Werbińska-Wojciechowska, S., & Winiarska, K. (2023). Maintenance Performance in the Age of Industry 4.0: A Bibliometric Performance Analysis and a Systematic Literature Review. *Sensors* , 23, 1409. <https://doi.org/10.3390/s23031409>.
76. Wong, E., & Man, W. (2023). Smart Maintenance and Human Factor Modeling for Aircraft Safety, Springer Series in Reliability Engineering, in: Hoang Pham (ed.), Applications in Reliability and Statistical Computing, 25-59, Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21232-1_2.
77. Wroclaw, P. Santonino III, M. D. , Koursaris, C. , & Williams, M. (2018). Modernizing the Supply Chain of Airbus by Integrating RFID and Blockchain Processes. *J. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace* 5(4), 1-17. <https://doi.org/10.15394/ijaaa.2018.1265>.
78. Yaakub, S. and Mustafa, H.K. (2015). Supply chain risk management for the SME's. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 4(1), 151-158. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124411010>. (In Persian).
79. Yangdon, K., Subba, R., Khan, N. M. M., Ghaley, C. R., & Kumar, V. S. (2025). AI in Aircraft Airworthiness Management in Bhutan: Prediction of Aircraft Maintenance Issues. In AIAA SCITECH 2025 Forum, 1286. <https://doi.org/10.2514/6.2025-1286>.
80. Yazar, I., Sahin, Ö., Degerli, M. C., & Kushan, M. C. (2022). Internet of Things in Maintenance and Virtual Reality/Augmented Reality Applications in Aircraft Maintenance. International Maintenance Technologies Congress and Exhibition.
81. Yousefi, D., Yousefi, J., Ghasemi, R., & Mohaghar, A. (2024). Key success factors to implement IoT in the food supply chain. *Journal of Information Technology Management*, 16(3), 61-91. <https://doi.org/doi:10.22059/jitm.2024.372404.3618>.
82. Zamani, M., Ghorchibeigi, R. & Ghasemi, R. (2018). Identifying the requirements and applications of Internet of things (IoT) in the banking industry based on international experience. In *7th National Conference on Electronic Banking and Payment Systems*, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/785668>. (in Persian).
83. Zhang, C., Wang, C. and Chen, Q. (2019). Design of Lean Maintenance Process for Ball Screw Actuator, IEEE 1st International Conference on Civil aviation safety and information technology (ICCASIT), Kunming, China, 425-430, <https://doi.org/10.1109/ICCASIT48058.2019.8973230>.