Quarterly Journal of Defense Technology Engineering Imam Ali University

Winter 2025, Vol. 40

Original Research

Application of Artificial Intelligence for Aircraft Fault Detection

Mehdi Fazli [1 *]

[1] Assistant Professor, Aerospace Engineering – Faculty of Engineering and Flight – Imam Ali Officers University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Received: 2025.01.05

Accepted: 2025.02.02

Published: 2025.03.11

Keyword:

Artificial Intelligence (AI)
Deep Learning (DL)
Machine Learning (ML)
Aircraft Maintenance

***Corresponding Author:**

Mehdi Fazli

Email:

Med_fazli@yahoo.com

ABSTRACT

Aircraft represent the fastest mode of transportation, utilized for travel across both short and long distances. Their capability to transport a large number of passengers or a significant volume of cargo makes them one of the most popular means of transport worldwide, primarily due to their superior speed, safety, and comfort compared to other conveyances. On the other hand, numerous air accidents have resulted in the loss of many lives, with the primary cause being **internal and external defects** in aircraft. Many of these defects can be remedied through **early detection**. In recent years, with advancements in technology, sophisticated solutions for **automating the aircraft fault detection process** have been introduced. Among these, **artificial intelligence (AI)** holds a more prominent position than other methods, owing to its **simplicity, teachability, and potential for saving time and cost**. This article introduces existing solutions for aircraft fault detection using artificial intelligence and reviews the techniques employed in past research. Finally, ideas for future studies in this domain are proposed.

فصل نامه مهندسی فناوری‌های دفاعی دانشگاه افسری امام علی (ع)

زمستان 1404 ، دوره 40

مقاله پژوهشی

استفاده از هوش مصنوعی برای تشخیص عیوب هواپیما

مهدی فضلی[1]*

[1] استادیار مهندسی هوافضا- دانشکده مهندسی و پرواز-دانشگاه افسری امام علی(ع)، تهران، ایران

Med_fazli@yahoo.com

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: 1403/10/17

پذیرش مقاله: 1403/11/21

انتشار مقاله: 1403/12/21

کلید واژگان:

هوش مصنوعی

یادگیری عمیق

یادگیری ماشینی

تعمیر و نگهداری هواپیما

***نویسنده مسئول**

مهدی فضلی

پست الکترونیکی:

Med_fazli@yahoo.com

چکیده

هواپیما سریع‌ترین روش حمل‌ونقل است که برای جابه‌جایی بین مسافت‌های کوچک و بزرگ استفاده می‌شود. هواپیماها می‌توانند تعداد بسیاری مسافر و یا حجم قابل‌توجهی بار را منتقل کرده و به همین دلیل یکی از ابزارهای حمل‌ونقل است که دوستداران بسیاری در سراسر جهان دارد. این امر به دلیل سرعت و امنیت و راحتی بیشتر نسبت به دیگر وسایل حمل‌ونقل بوده است. از منظر دیگر، بسیاری از مسافران در سوانح هوایی جان خود را ازدست‌داده‌اند که علت اصلی این سوانح، عیوب داخلی و خارجی است که بسیاری را می‌توان با تشخیص زودهنگام برطرف کرد. در سال‌های اخیر و با پیشرفت فناوری، راهکارهای پیشرفته‌ای برای خودکار نمودن فرایند تشخیص عیب در هواپیما معرفی شده است. در این میان، هوش مصنوعی جایگاه برجسته‌تری نسبت به سایر روش‌ها دارد، زیرا ساده و قابل تعلیم بوده و موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود. در این مقاله، راه‌حل‌های موجود برای تشخیص عیب در هواپیما با استفاده از هوش مصنوعی و فنونی که در تحقیقات گذشته به کار رفته‌اند، معرفی شده است. در نهایت ایده‌هایی برای مطالعات آینده در این حوزه پیشنهاد شده است.

مقدمه

هواپیما یکی ابزارهای حمل و نقل در دنیای مدرن است که اکثر مردم برای سفرهای دور و نزدیک از آن استفاده می‌کنند. هواپیما از اجزای بسیاری نظیرموتور، دم، ارابه فرود، بدنه و بال‌ها تشکیل شده است، که ممکن است در آنها عیوبی به وجود آید. حتی یک نقص کوچک می‌تواند منجر به خرابی بزرگی در کل سیستم شود؛ بنابراین ایمنی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های صنعت هوانوردی وجود عیوب مختلف در هواپیما است. در جدول1 انواع عیوب مختلف که ممکن است در ایمنی هواپیما تاثیر گذار باشند، آورده شده است. همچنین، تکنسین‌ها نقش مهمی در ایمنی هواپیما دارند، زیرا بسیاری از نقص‌ها را بر اساس دانش و تجربه خود شناسایی می‌کنند. با عنایت به اینکه بازرسی سطح خارجی هواپیما یکی از اصلی‌ترین روش‌های تشخیص نقص محسوب می‌شود، استفاده از روش‌های سنتی می‌توانند صحیح یا اشتباه باشد. بنابراین، استفاده از یک روش فناورانه برای شناسایی این نقص‌ها، قبل از وقوع خسارت، یک امر جدی است که می تواند دقت تشخیص و عملکرد هواپیما را افزایش دهد زیرا نقص‌های کوچک می‌توانند به سوانح جدی تبدیل شده و به‌طور مستقیم بر جان انسان‌ها اثرگذار باشند. بنابر این، ایمنی هواپیما یکی از مهم‌ترین نیازهای صنعت هوانوردی است.

جدول 1: انواع عیوب در هواپیما

نوع نقص	توضیح
خطای طراحی	منشا این نوع خطا، شرکت‌های سازنده هستند. قطعات هواپیما به‌درستی ساخته می‌شوند، اما ممکن است در طراحی اشتباهاتی وجود داشته باشد که بقیه اجزای هواپیما را تحت تأثیر قرار دهند.
خطای نگهداری	تقریباً 12٪ از سوانح هوایی به دلیل خطای نگهداری رخ می‌دهند.
از کار افتادن سیستم هیدرولیکی	نقص در سیستم هیدرولیک باعث از دست دادن کنترل هواپیما می‌شود، مانند عدم امکان چرخش به جهات مختلف. هواپیماهای بزرگ دارای سه سیستم هیدرولیک یا بیشتر هستند و هواپیماهای کوچک دارای سیستم کنترل دستی می‌باشند بنابر این امکان وقوع سانحه ناشی از این عیب نادر است.
عیوب موتورهواپیما	وقوع سانحه در اثر این نوع نقص نادر است، زیرا هواپیماها معمولاً چند موتور دارند. موتور هواپیما یکی از پیچیده‌ترین سیستم‌هاست.
عیوب حین ساخت	این نوع خطا زمانی اتفاق می‌افتد که هواپیما به گونه‌ای متفاوت از طراحی اصلی خود ساخته شده باشد.
عیب در بال	با وجود انکه وقوع این نوع نقص‌ها نادر هستند، اما در صورت وقوع

هواپیما	می‌توانند به فجایع بزرگی منجر شوند.
خطای خلبان	ناشی از عدم اجرای دستورالعمل ها یا اجرای ناقص آنها توسط خلبان است. همچنین سلامت روحی و جسمی خلبان نیز بر وقوع این نوع عیوب تاثیرگذار است.
از کار افتادن سیستم ارتباطات	ارتباط مناسب با واحدهای کنترل ترافیک هوایی یک نیاز حیاتی است. اگر هواپیما اتصال خود را از دست بدهد، ممکن است مشکلات جدی برای کل فرآیند پرواز ایجاد شود.

صنعت هوانوردی و هوش مصنوعی

صنعت هوانوردی روزبه‌روز در حال توسعه است، که بخش بزرگی از این پیشرفت‌ها به فناوری‌های پیشرفته آن مرتبط است. معرفی موتور جت در دهه 50 میلادی، یکی از نقاط عطف مهم در توسعه فناوری‌های پیشرفته هواپیما بود. در سالهای بعد فناوری‌های جدید بسیاری در هواپیما بکار گرفته شد اما در میان همه آنها، هوش مصنوعی جایگاه بالایی پیدا کرده است، زیرا این فناوری پیشرفته، منجر به استفاده آسان تر و مقرون‌به‌صرفه تر شدن این صنعت شده است. همچنین منجر به پیشرفت‌های زیادی در زمینه‌های تولید و نگهداری هواپیما، مدیریت ترافیک هوایی و سایر حوزه‌ها شده است. محققان بسیاری اشاره کرده‌اند که استفاده از یادگیری ماشینی در صنعت هوانوردی بسیار آسان است، زیرا حجم عظیمی از داده‌ها در این حوزه وجود دارد. تعاریف مختلفی از هوش مصنوعی ارائه شده است؛ اما هوش مصنوعی در تعریفی عام نوعی هوش ماشینی است که با استفاده از تکنیک‌های مختلفی آموزش داده شده‌است تا مانند انسان بیندیشد(IBM,2020). امروزه، روش‌های متعددی برای هوش مصنوعی در جهان وجود دارد. در جدول 2 توضیحی درباره تکنیک‌های متداول مورد استفاده در هوش مصنوعی آورده شده است.

راه‌حل‌های موجود مبتنی بر هوش مصنوعی

با عنایت به اینکه 70٪ از سوانح هوایی ناشی از خطاهای انسانی هستند، هوش مصنوعی خودران می‌تواند این خطاها را حذف کند زیرا از الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشینی کمک می گیرد. هواپیماهای خودران یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌ها در صنعت هوایی هستند که در آنها از هوش مصنوعی استفاده می شود. در این فناوری، از یک سیستم خودکار مبتنی بر بینایی ماشین برای پردازش اطلاعات پرواز؛ هنگام فرود، تاکسی کردن و برخاستن، استفاده می شود. برای توسعه سیستم های خودران هواپیماها، از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و مجموعه داده‌های 500 پرواز استفاده شده است.

همچنین، از روش پردازش زبان طبیعی[1] به عنوان دستیار مجازی استفاده شده است.

تکنیک	توضیح
یادگیری ماشینی[2]	یادگیری ماشینی یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های هوش مصنوعی است. در این روش به سیستم‌ها اجازه داده می شود تا با استفاده از داده‌ها و الگوریتم‌ها یاد گرفته و بهبود یابند. در یک تحقیق یادگیری ماشینی را تکنیکی برای پردازش داده‌های حجیم تعریف شده است(Batta,2020).
پردازش زبان طبیعی[3]	پردازش زبان طبیعی به تعامل بین زبان انسان و رایانه اشاره دارد. این تکنیک برای مکالمات متنی و صوتی استفاده می‌شود. الگوریتم‌های پردازش زبان طبیعی الگوهای مخفی داده را شناسایی کرده و آن‌ها را به فرم قابل درک برای رایانه‌ها تبدیل می‌کنند.
اتوماسیون و رباتیک[4]	اتوماسیون فرآیندی است که با استفاده از نرم‌افزارها و فناوری‌های مختلف، وظایف انسانی به‌صورت خودکار انجام می شود. رباتیک نیز ترکیبی از علوم رایانه و مهندسی است که برای ساخت ربات‌هایی جهت انجام وظایف انسانی استفاده می‌شود. سه نوع اتوماسیون وجود دارد: اتوماسیون صنعتی، اتوماسیون نرم‌افزاری و اتوماسیون فرآیندها.
بینایی ماشین [5]	ماشین‌ها می‌توانند اطلاعات تصویری را شناسایی کرده و برای انجام وظایف آینده تحلیل کنند. دوربین‌ها اطلاعات را ثبت کرده و آن‌ها را به داده‌های دیجیتال تبدیل می‌کنند. یکی از بهترین مثال‌های بینایی ماشین، تشخیص صدا است. این تکنیک می‌تواند داده‌های پیچیده را دریافت و به شکل مؤثر پردازش کند.

---

[1] Natural language processing

[2] Machine Learning

[3] Natural Language Processing - NLP

[4] Automation and Robotics

[5] Machine Vision

عدم نگهداری مناسب یا نادیده گرفتن تعمیرات هواپیما، نقش مهمی در برخی از بدترین سوانح هوایی داشته است. در سالهای گذشته، نگهداری هواپیما مهم‌ترین دلیل تأخیر در پروازها بوده است. از طرفی روش‌های سنتی نگهداری، تأثیر قابل‌توجهی بر درآمد خطوط هوایی دارند؛ برای مثال، در سال 2017 شرکت‌های هواپیمایی 76 میلیارد دلار برای تعمیرات و نگهداری هزینه کردند که حدود 11درصد از کل هزینه‌های عملیاتی آنها بوده است.به همین دلیل شرکت‌هایی مانند ایرباس در حال اجرای راه‌حل‌هایی هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی برای نگهداری و تعمیر هواپیما هستند که نشان می دهد صنعت هوانوردی به سمت استفاده عملی از هوش مصنوعی در نگهداری پیشگیرانه حرکت کرده است.

همچنین استفاده از رویکردهای دیجیتال، یک راهکار عالی برای کنترل ترافیک هوایی محسوب می‌شود. با خودکارسازی هواپیما در لحظات اوج کاری، وظایف کارکنان برج کنترل کاهش یافته و تمرکز بر روی حرکات حیاتی مرتبط با ایمنی پرواز خواهد بود. به دلیل امکان پیش‌بینی بهتر، این سیستم می تواند مدیریتی ایمن‌تر، مطمئن‌تر و بسیار کارآمدتر برای حریم هوایی فراهم کرده و منجر به تأخیرهای کمتر و کاهش انتشار گازهای آلاینده خواهد شد، چراکه سوخت کمتری مصرف می‌شود. این پیشرفت‌ها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی صنعت هوانوردی را متحول کرده و به کاهش خطرات و افزایش کارایی هواپیما و کاهش هزینه تعمیر و نگهداری کمک خواهد کرد.

مروری بر مطالعات گذشته

مطالعات بسیاری با استفاده از رویکردهای مختلف هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، برای تشخیص خرابی در هواپیما انجام شده است. پژوهش‌های زیر نمایانگر مطالعات انجام شده در زمینه تشخیص خرابی هواپیما هستند:

در یک مطالعه دریافتند که داده‌های سیستم ارتباطی و گزارش‌دهی هواپیما[1] دارای اغتشاش زیاد و پیچیدگی بسیاری هستند؛ بنابراین، تشخیص مؤثر خرابی بسیار دشوار است. آن‌ها یک روش نوین برای تشخیص خرابی موتور هواپیما ارائه کردند که در آن از یک نوع خاص شبکه عصبی[2] و الگوریتم پشتیبان[3] استفاده شد. در ادامه از اطلاعات مربوط به یک نوع خاص موتور[4]، برای اعتبارسنجی استفاده

Aircraft Communication Addressing and Reporting System (ACARS)[1]

Convolutional Neural Network (CNN)[2]

Supportive Vector Machine (SVM) Algorithms[3]

شد. این تیم تأکید کردند که راه‌حل پیشنهادی آن‌ها در مقایسه با روش‌های موجود به زمان و پارامترهای کمتری نیاز دارد و به دقت بیش از 96 درصد دست یافتند. هدف بعدی آن‌ها استفاده از داده‌های ضبط شده با دسترسی سریع[1] برای تشخیص خرابی هواپیماست (Xuyun FU,2021).

سپس به اهمیت پوسته هواپیما در تشخیص عملکرد پرواز و ایمنی آن اشاره شد. آن‌ها دریافتند که روش‌های موجود از دقت بسیار پایینی برخوردارند. این تیم پژوهشی از یک شبکه عصبی خاص[2] برای ارائه مدلی جهت طبقه‌بندی سیگنال تشخیص پوسته هواپیما استفاده کردند. به همین منظور از چهار الگوریتم بهینه‌سازی استفاده کرده و از میان آن‌ها، الگوریتم با بهترین دقت در طبقه‌بندی سیگنال، مشخص گردید. این روش، رویکردی جدید در تشخیص عیوب پوسته هواپیما بود، زیرا قادر به تشخیص تصاویر، سیگنال اولتراسونیک و ردیابی و ارزیابی تغییرات در ناحیه مورد نظر بود(Caizhi Li,2021).

همچنین برای تشخیص خودکار کامل خرابی سنسورهای هواپیما، یک الگوریتم پیشنهاد کردند. این الگوریتم بر روی سه سیستم آزمایشی؛ شامل داده‌های مربوط به پروازهای تجاری، یک مدل آیرودینامیکی ناپایدار و یک مدل دینامیک مربوط به پرواز در شرایط هوایی متلاطم، اعتبارسنجی شد (Mallikarjuna,2020).

در مطالعه ای دیگر دریافتند که روش‌های موجود برای تشخیص خرابی پوسته هواپیما از کارایی پایینی برخوردارند. در طراحی جدید آنها سرعت تشخیص را تا 10 درصد بهبود بخشیده شد. این روش برای کاربردهای مهندسی مناسب‌تر است(Changrui,2022). محققین دیگری، چالش‌های مربوط به پهپادهای بال ثابت را در مقیاس کوچک را بررسی کردند. آنها نشان دادند که تشخیص خرابی به صورت لحظه ای، حتی در صورت وجود اغتشاش، موانع ارتباطی و ساختارهای پیچیده بال، امکان‌پذیر است. آن‌ها از یازده نشانگر پرواز برای این تشخیص استفاده کردند و یک الگوریتم را برای طبقه‌بندی رفتار هواپیما ارائه دادند(Murat,2020). .

پس از آن روشی جدید را برای کاهش حجم هشدار و پیام‌های خرابی در سیستم تعمیر و نگهداری مرکزی هواپیما معرفی کردند و از داده‌های سیستم تعمیر و نگهداری مرکزی هواپیما[3] برای پیش‌بینی

---

[1] Quick Access Recorder (QAR)

[2] Convolutional Neural Network

[3] Aircraft central maintenance system (ACMS)

[4] CFM56-7B26

مورد استفاده کردند. هدف آن‌ها بررسی این معماری برای تبدیل داده‌های زمانی به نمایش گرافیکی است(Dangut,2023).

با وجود آنکه امروزه پژوهشگران بر ساخت هواپیماهای کم‌مصرف، قابل اعتماد، سازگار با محیط زیست و کم‌هزینه تمرکز دارند، اما استفاده از هواپیمای تمام‌الکتریکی[1] را بهترین راه‌حل دانسته و یک سیستم تشخیص و جداسازی خرابی لحظه ای را این نوع از هواپیما پیشنهاد کردند (Qin L,2020). همچنین از یک شبکه عصبی بخصوص استفاده شد که به دقت 99،5 درصد دست یافت. هدف آینده آن‌ها معرفی سیستم‌های چندگانه تشخیص خرابی است(Qin L,2019).

در تحقیقی دیگر دریافتند که جعبه دنده یکی از بخش‌های مهم موتور هواپیماست و کوچکترین آسیب به آن می‌تواند منجر به خرابی موتور شود. از این رو، تشخیص خرابی در سیستم جعبه دنده بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش، از دو مدل یادگیری عمیق، برای طبقه‌بندی وضعیت جعبه دنده، به‌عنوان سالم یا معیوب پیشنهاد شد. این مدل‌ها بر روی داده‌هایی از جنس زمان و فرکانس ارتعاش جعبه دنده هواپیما اعمال شدند(Mallikarjuna,2020).

در مطالعه دیگری دریافتند که سیستم پیتوت-استاتیک (که شامل دو لوله در بیرون هواپیماست و اطلاعات حیاتی سرعت هوا را ارائه می‌دهد)، به‌دلیل موقعیت خود مستعد اختلال و خرابی است. آن‌ها یک روش یادگیری ماشین بخصوص، برای شناسایی خرابی سنسورها و پیش‌بینی آن با استفاده از یک مدل آنلاین ایجاد کردند. وضعیت سیستم پیتوت-استاتیک با استفاده از داده‌های فشار ورودی طبقه‌بندی شد(Amare,2021).

در ادامه از مبدل های امواج اولتراسونیک برای تشخیص و پیدا کردن آسیب‌های ساختاری در صفحات کامپوزیتی استفاده شد. با این حال، به‌دلیل پیچیدگی هندسی و تنوع مواد، از یک شبکه عصبی و یک الگوریتم خاص استفاده کردند. روش یادگیری عمیق به‌طور خودکار حساسترین ویژگی‌های موج را بر اساس داده‌های آموزش‌دیده انتخاب می‌کند. در جدول 3 خلاصه‌ای از پژوهش‌های مختلف در حوزه تشخیص خرابی هواپیما با استفاده از یادگیری ماشین و هوش مصنوعی ارائه شده است (Ranting,2021).

[1] More Electric Aircraft (MEA)

جدول 3: مقایسه مطالعات انجام شده

موضوع تحقیق و سال	نویسنده	نوع داده ها	نوع خرابی
تشخیص خرابی موتور هواپیما بر پایه آتوآنکودرهای کانولوشنی برای نویززدایی	ژیویوم اف و همکاران -2018	داده‌های سیستم گزارش‌دهی ارتباطات هواپیما[1] مربوط به موتور 26B7-56CFM	خرابی موتور هواپیما
تشخیص وضعیت داخلی پوسته هواپیما مبتنی بر یادگیری عمیق	کایژی ال و همکاران - 2021	پانصد تصویر با فواصل و زوایای مختلف عکاسی گردآوری شده‌اند	خرابی داخلی با استفاده از روشهای مبتنی بر پوسته هواپیما
یادگیری ماشین فیزیک‌محور برای تشخیص خطای حسگر با استفاده از داده‌های آزمایش پرواز	برایان ام و همکاران - 2020	21 نوع داده از حسگرهای هواپیما	تشخیص خطای حسگر هواپیما
استفاده از الگوریتم YOLOv4 سبک‌وزن[2] در تشخیص عیوب بدنه هواپیما	چانگروی و همکاران- 2020	تصاویر پوسته هواپیما	تشخیص نقص در پوسته هواپیما
تشخیص آنی خطا در پهپادهای کوچک	مورات برونز و همکاران -2020	داده های مربوط به پرواز آزمایشی	نقص در بال هواپیما

[1] Aircraft Communication Addressing and Reporting System (ACARS)

[2] یک نوع روش تشخیص اشیاء

با بال ثابت به کمک یادگیری ماشین			
مدل تشخیص عیوب نادر در هواپیما برای تعمیرات پیشگیرانه با روش یادگیری عمیق ترکیبی	دانگوت و همکاران - 2023	از دو مجموعه داده استفاده شده است، 1. داده‌های سیستم مرکزی تعمیر و نگهداری هواپیما 2. داده‌های فعالیت‌های تعمیر و نگهداری دو هواپیمای (A330، A320)	نواقص نادر هواپیما
استفاده از شبکه عصبی سخت‌افزاری مبتنی بر FPGA برای تشخیص و جداسازی خطا در هواپیماهای تمام‌الکتریک به صورت آنی	کین لی و همکاران- 2019	تشخیص خرابی در هواپیماهای الکتریکی	تشخیص خطای هواپیماهای الکتریکی
سیستم عیب‌یابی جعبه دنده هواپیما: یک روش مبتنی بر فناوری‌های یادگیری عمیق)	مَلیکارجونا و همکاران- 2020	مجموعه داده های ارتعاش 24 نوع گیربکس هواپیما	تشخیص عیب جعبه دنده هواپیما
یک روش یادگیری ماشینی برای شناسایی و اصلاح خطاهای حسگرهای هواپیما	رنه اس و داگلاس ال - 2018	اطلاعات بدست آمده از ناسا مربوط به خرابی سیستم پیتوت استاتیک	خرابی‌های سیستم پیتوت استاتیک

تصویربرداری از آسیب در پانل‌های کامپوزیتی بدنه-تیرچه هواپیما با امواج اولتراسونیک هدایت‌شده به کمک یادگیری عمیق و شبکه عصبی کانولوشنی	رانتینگ و همکاران-2021	اطلاعات بدست آمده از محرک های پیزوالکتریک نصب شده بر روی پوسته هواپیما	خرابی‌های مربوط به پوسته هواپیما

جدول 3 نشان می دهد که بیشتر محققان توجه خود را بر تشخیص عیوب پوسته هواپیما متمرکز کرده‌اند. زیرا بازرسی عیوب پوسته هواپیما، اصلی‌ترین نوع تشخیص عیب است که توسط تکنسین‌های هواپیما مورد استفاده قرار می‌گیرد. تشخیص عیوب موتور هواپیما دومین موضوع پرتمرکز است، چرا که موتور قلب تپنده هواپیما محسوب می‌شود. اگر هرگونه نقصی در موتور رخ دهد، می‌تواند به از کار افتادن کل سیستم منجر شود. تشخیص عیوب حسگرهای هواپیما نیز موضوع مهم دیگری است که مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. حسگرهای هواپیما برای خلبانان بسیار مهم و مفید هستند زیرا گزارش‌هایی از وضعیت هواپیما ارائه می دهند. سایر حوزه‌های مورد توجه شامل؛ جعبه دنده هواپیما، بال‌ها و تشخیص عیوب نادر، می‌شود.

به دلیل آنکه داده‌های لحظه ای در هواپیما از پیچیدگی بالایی برخوردار هستند، بیشتر محققان از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی‌های خود استفاده کرده‌اند. بررسی کارهای محققان گذشته و راه‌حل‌های موجود، نشان می دهد که توجه کمی به استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی، برای تشخیص عیوب هواپیما، شده است. از آنجا که سیستم‌های هواپیما بسیار پیچیده هستند، یافتن مجموعه داده‌های مناسب دشوار است و همچنین داده‌ها اغلب دارای اغتشاشات و پراکندگی زیادی هستند.

کارهای آینده:

برای بهبود سیستم‌های تشخیص عیوب در هواپیما، پژوهش‌های آینده می‌توانند بر زمینه‌های زیر متمرکز باشند:

- توسعه مدل‌های هوش مصنوعی دقیق‌تر

- استفاده از معماری‌های پیشرفته‌تر در شبکه‌های عصبی یا مدل‌های ترکیبی برای افزایش دقت تشخیص عیب.
- بهینه‌سازی یادگیری عمیق برای پردازش داده‌های به صورت لحظه ای و با اغتشاشات کمتر.

- جمع‌آوری و استانداردسازی مجموعه داده‌های بهتر
  - ایجاد پایگاه‌داده‌های جامع از عیوب مختلف هواپیما (پوسته، موتور، حسگرها و ...).
  - توسعه روش‌های کاهش اغتشاش در داده‌های موجود.
- ادغام اینترنت اشیا و سیستم‌های نظارت هوشمند
  - استفاده از سنسورهای پیشرفته و ارتباطات بی‌سیم برای نظارت لحظه‌ای بر سلامت هواپیما.
  - پیاده‌سازی سیستم‌های هشدار زودهنگام برای جلوگیری از خرابی‌های بحرانی.
- بهبود قابلیت تفسیرپذیری مدل‌های هوش مصنوعی
  - توسعه روش‌هایی برای توضیح‌پذیری تصمیم‌های هوش مصنوعی[1] تا کارشناسان فنی بتوانند نتایج را بهتر درک کنند.
- تمرکز بر عیوب نادر اما خطرناک
  - تحقیق در مورد روش‌های تشخیص خرابی‌های کم‌تکرار اما با پیامدهای شدید (مانند ترک‌های موتور یا آسیب‌های ساختاری پنهان).
- استفاده از یادگیری انتقالی[2] و یادگیری تقویتی[3]
  - تطبیق مدل‌های آموزش‌دیده در سایر صنایع (مانند خودروسازی) برای کاهش نیاز به داده‌های آموزشی جدید.
- همکاری با صنعت هوانوردی برای انجام آزمایش عملی
  - اجرای پروژه‌های آزمایشی با خطوط هوایی برای ارزیابی مدل‌ها در شرایط واقعی.

این پیشنهادات می‌توانند به توسعه سیستم‌های هوشمندتر، قابل اعتمادتر و کاربردی‌تر در حوزه تشخیص عیوب هواپیما کمک کنند.

---

[1] Explainable AI

[2] Transfer Learning

[3] Reinforcement Learning

نتایج

هدف اصلی این مقاله مروری، شناسایی راهبردهای هوش مصنوعی در صنعت هوانوردی است. پس از بررسی تحقیقات پیشین و راهکارهای موجود، نکته اصلی این است که صنعت هوانوردی در دنیا تنها 50٪ از مزایای هوش مصنوعی را به کار برده است اما قادر به دسترسی اثر بخشی کامل نشده است. همچنین زمینه‌های معدود دیگری نیز وجود دارند که می‌توان از تکنیک‌های هوش مصنوعی در آنها استفاده کرد. نویسنده اعتقاد دارد، صنعت هوانوردی می‌تواند با بهره‌گیری از هوش مصنوعی به توسعه سریع‌تر و کاهش هزینه ها و افزایش ایمنی دست یابد.

منابع

IBM(2020). Artificial Intelligence. [online] Available from:< What is Artificial Intelligence (AI)? | IBM> [Accessed 03 June 2020]

Aeroclass.org, “Artificial intelligence- AI in Aviation”, [online], Available: Jet Engines Mature - Glenn Research Center | NASA

Batta Mahesh (2018). Machine learning Algorithms- A Review. [online]researchgate.com . Accessed 01 January 2020

Xuyun FU, Hui LUO, Shisheng ZHONG and Ling LIN. Aircraft engine fault detection based on grouped convolutional denoising autoencoders, 05 January 2019.

Caizhi Li, Xiaolong W., Hanyi G., Weifeng He, Xin Wu, Haojun Xu, and Xinyu Liu. Recognition of the internal situation of aircraft skin based on deep learning, 22 October 2021.

P B Mallikarjuna, Sreenatha M., Manjunath S., and Niranjan C Kundur. Aircraft gearbox fault diagnosis system: an approach based on deep learning techniques, 21 May 2020.

Changrui N, Jing Z., Zhenyu L., Qingsong Z. and Tianqi Zhang. Application of lighwight YOLOv4 in aircraft skin fault detection, 15 August 2022.

Murat B., Elgiz B., Daniel D., Stephane P., Real-time fault detection on small fixed-wing UAVs using machine learning, 02 December 2020.

Qin L., Tian L., Zhen H. and Venkata D.. R. A rare failure deteaction model for aircraft predictive maintenance using a deep hybrid learning approach, 2 March 2022.

Qin L., Tian L., Zhen H. and Venkata D.. R. Real-time FPGA- based hardware neural network for fault detection and isolation in more electric aircraft, 1 November 2019.

Qin L., Tian L., Zhen H. and Venkata D.. R., Aircraft gearbox fault diagnosis system: an approach based on deep learning techniques. 27 May 2020.

Amare D., Valentina Z. and Konstations K.. Aircraft engine performance monitoring and diagnostics based on deep convolutional netural networks. [online], 2021

Ranting C, Guillermo A., Francesco L. and Eduardo B., 2021. Damage imaging in skin-stringer composite aircraft panel by ultrasonic-guided waves using deep learning

with convolutional neural network. [online], 2021 convolutional denoising autoencoders, 05 January 2019.

Dangut, M. D., Jennions, I. K., King, S., & Skaf, Z. (2023). A rare failure detection model for aircraft predictive maintenance using a deep hybrid learning approach. Neural Computing and Applications, 35(4), 2991-3009.