

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 2, 2026 vol. 3

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 3, ISSUE 2

JUNE, 2026



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 3, ISSUE 2 JUNE, 2026

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Prediction of technical failures in aircraft based on artificial intelligence

I.S. Maturazov¹^a, A.B. Turdimurodov¹^b, S.I. Otaboev¹^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: In aviation, predictive technologies powered by Artificial Intelligence (AI) are fundamentally transforming aircraft maintenance and operational practices. AI algorithms analyze data collected from various aircraft sensors to detect potential failures before they occur, enabling timely and efficient maintenance.

This proactive approach (the ability to foresee, prevent, and prepare for potential issues before they arise) reduces unplanned delays, improves safety, and lowers maintenance costs. The use of AI in predictive maintenance allows continuous monitoring and analysis of aircraft components by leveraging machine learning, data analytics, and technologies such as the Internet of Things (IoT).

Keywords: predictive maintenance for aircraft, Artificial Intelligence (AI), AWS (Amazon Web Services), Internet of Things (IoT), SageMaker training modules, predictive models

Sun'iy intellekt asosida havo kemalarida texnik nosozliklarni oldindan bashoratlash

Maturazov I.S.¹^a, Turdimurodov A.B.¹^b, Otaboev S.I.¹^c

¹Toshkent davlat transport universiteti, Tashkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Aviatsiyada sun'iy intellekt (AI) yordamida amalga oshiriladigan oldindan bashorat qiluvchi texnologiyalar samolyotlarga texnik xizmat ko'rsatish va ekspluatatsiya qilish usullarini tubdan o'zgartirmoqda. Turli samolyot sensorlaridan olingan ma'lumotlarni tahlil qiluvchi AI algoritmlari ro'y berishi mumkin bo'lgan nosozliklarni sodir bo'lmasidan oldin aniqlay oladi, bu esa o'z vaqtida va samarali texnik xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi. Ushbu proaktiv yondashuv (muammo yoki vaziyat **kelib chiqishidan oldin** uni oldindan ko'ra bilish, **oldini olish** va tayyor choralar ko'rish usuli) rejalashtirilmagan kechikishlarni kamaytiradi, xavfsizlikni oshiradi va texnik xizmat xarajatlarini pasaytiradi. Bashoratli texnik xizmatlarda AI dan foydalanish o'rganish, ma'lumotlarni tahlil qilish va IoT (Internet of things-narsalar interneti) kabi texnologiyalarni qo'llab, samolyot komponentlarining holatini doimiy ravishda monitoring qilish va tahlil qilish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: samolyotlar uchun bashoratli texnik xizmat, sun'iy intellekt (AI), AWS (Amazon Web Services), narsalar interneti (IoT), SageMaker o'quv modullari, bashorat modellari

1. Kirish

Bugungi kunda aviakompaniyalar kuchli raqobatga duch kelmoqda va yo'lovchilar avvalgidan ham iqtisodiy va tejankor bo'lib qolgan, bu esa aviakompaniyalarga xarajatlarni kamaytirishning yangi usullarini izlashda doimiy undamoqda. Xarajatlarni tejash mumkin bo'lgan muhim sohalardan biri – texnik xizmat ko'rsatishdir. So'nggi yillarda samaradorlik oshgan bo'lsa-da, texnik xizmat xarajatlarining 20 foizdan ortig'i hali ham rejalashtirilmagan xizmatlar hisobiga bo'lmoqda, bu esa qo'shimcha yoqilg'i sarfini taxminan 5 foizga oshiradi. Ushbu kutilmagan muammolar nafaqat xarajatlarni oshiradi, balki yo'lovchilarga kechikish va noqulayliklar keltiradi.


Bashoratlovchi texnik xizmatlar va ma'lumotlarni tahlil qilish ushbu muammolarga samarali yechim taklif qiladi. Zamonaviy texnologiyalar yordamida samolyot komponentlarining holatini doimiy monitoring qilish va mumkin bo'lgan nosozliklarni sodir bo'lishidan oldin

aniqlash orqali aviakompaniyalar texnik xizmatni samaraliroq rejalashtira oladi. Ushbu proaktiv yondashuv rejalashtirilmagan to'xtashlarni kamaytiradi, xavfsizlikni oshiradi va umumiy texnik xizmat xarajatlarini pasaytiradi.

Biroq, bashoratli texnik xizmatni joriy etish oson emas. Aviakompaniyalar yangi texnologiyalarga sarmoya kiritishi va xodimlarni ularni qo'llashga o'rgatishi lozim. Shuningdek, samolyotning holatini to'liq ko'rish uchun sensorlar va texnik xizmat yozuvlari kabi turli manbalardan ma'lumotlarni birlashtirish zarur. Bundan tashqari, aviatsiya organlarining yangi texnologiyalardan foydalanishga ruxsat berishi talab qilinadigan normativ va muvofiqlik masalalari ham mavjud.

Bashoratli texnik xizmat samolyotlarni mukammal holatda saqlashning aqlli usulidir. An'anaviy, belgilangan jadvalga tayanib ta'mirlash o'rniga, biz texnologiyalardan foydalangan holda samolyotning real vaqt rejimidagi ishlashini kuzatamiz. Tasavvur qiling, samolyot mayda sensorlar bilan qoplangan. Ushbu sensorlar dvigatel ishlashi

^a  <https://orcid.org/0009-0003-4781-1601>

^b  <https://orcid.org/0009-0003-6438-3960>

^c  <https://orcid.org/0009-0008-7258-7361>



va komponentlarning eskirish darajasi kabi barcha ma'lumotlarni yig'adi. Kompyuterlar ushbu ma'lumotlarni tahlil qilib, tendensiyalarni aniqlaydi. Agar biror narsa odatdagidan farq qiladigan bo'lsa, bu bizga potentsial muammo haqida signal beradi.

Bu esa ta'mir va almashtirish ishlarini favqulodda holatga aylanishidan oldin bilish va rejalashtirish imkonini beradi. Bu xavfsizroq, samaraliroq va aviakompaniyalar uchun sezilarli xarajatlarni tejaydi. Shu bilan birga, yo'lovchilar kutilmagan texnik nosozliklar tufayli parvoz kechikishi yoki bekor qilinish ehtimoli kamligini bilib, ko'proq ishonch bildiradilar.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Bashoratli texnik xizmat va ma'lumotlarni tahlil qilish

Bashoratli texnik xizmat har bir samolyot tomonidan yaratilgan ma'lumotlarni va operatsion ma'lumotlarni birlashtirib, samolyotdagi tizimlarning holatini aniqlashga yordam beradi. Samolyotdagi sensorlar havo bosimi, harorat, havo tezligi va yoqilg'i oqimi kabi muhim parametrlarni kuzatadi. Ushbu sensorlar tizimning optimal ishlashini ko'rsatadigan qimmatli ma'lumotlarni taqdim etadi. Aksincha, agar ma'lumotlar avionika tizimida muammo borligini ko'rsatadigan bo'lsa, tegishli texnik xizmatni qulay vaqtda rejalashtirish mumkin bo'ladi. Ideal holda, bashoratli texnik xizmat ma'lumotlari aviatsiya kompaniyasiga avionika tizimi ishlash samaradorligi sezilarli darajada pasayishidan yoki eng yomoni butunlay ishlamay qolishidan oldin qancha vaqt borligini aniqlash imkonini berishi kerak.



1-rasm. Samolyotlar uchun bashoratli texnik xizmat jarayoni

Ushbu rasm samolyotlar uchun bashoratli texnik xizmat jarayonini ko'rsatadi. Bu jarayon ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va amaliy tavsiyalar berish orqali texnik xizmatni rejalashtirishni yaxshilashga qaratilgan.

Quyida uning tarkibiy qismlari va ularning vazifalari batafsil bayon qilingan:

Bashoratli texnik xizmat tizimining tarkibiy qismlari:

- Samolyot va sensorlar: Samolyot turli sensorlar bilan jihozlangan bo'lib, ular havo bosimi, harorat, havo tezligi va yoqilg'i oqimi kabi muhim parametrlarni kuzatadi. Ushbu sensorlar real vaqt rejimida ma'lumot to'playdi, bu esa samolyotdagi turli tizimlarning holatini baholash uchun juda muhimdir.

- Ma'lumotlarni yig'ish bloki (Data Acquisition Unit, DAU): Sensorlar tomonidan to'plangan ma'lumotlar

DAU ga uzatiladi. Bu blok barcha sensor ma'lumotlarini yig'ish va uzatishga tayyorlash uchun javob beradi.

- Simli yoki simsiz avionika magistrali: DAU ma'lumotlarni simsiz yoki mavjud avionika magistralari orqali gateway (oraliq blok) ga yuboradi. Bu samolyotdan yer tizimlariga ma'lumot uzatishni uzluksiz ta'minlaydi.

- Gateway (oraliq blok): Gateway samolyotdan bulutli serverga ma'lumot uzatishni osonlashtiradigan vosita sifatida ishlaydi. U ma'lumotlarni xavfsiz va samarali tarzda uzatishini ta'minlaydi.

- Bulut serveri: Ma'lumotlar bulut serveriga yetib borgach, u saqlanadi va qayta ishlash uchun tayyor bo'ladi. Bulut serverlari katta hajmdagi ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash imkonini beradi.

- Ma'lumotlarni qayta ishlash: Bulutda saqlangan ma'lumotlar ilg'or algoritmlar yordamida qayta ishlanadi. Bu jarayon ma'lumotlarni tozalash, standartlashtirish va dastlabki tahlilni o'z ichiga oladi, shuningdek, potentsial muammolarni ko'rsatadigan grafiklar yoki anomalialarni aniqlaydi.

- Ekspertlar yoki o'z-o'zidan o'rganish (Machine Learning): Qayta ishlangan ma'lumotlar ekspertlar yoki mashinali ML modellari tomonidan tahlil qilinadi. ML algoritmlari tarixiy ma'lumotlar asosida naqshlarni aniqlash va nosozliklarni bashorat qilish uchun tayyorlangan. Ushbu modellar samolyot tizimlarining holati haqida tushuncha beradi va texnik xizmat qachon kerakligini oldindan prognoz qilish imkonini beradi.

Amaliy ma'lumotlar: ML modellari yoki ekspertlar tomonidan yaratilgan tushunchalar amaliy ma'lumotlarga aylantiriladi. Bu shuni anglatadiki, ma'lumotlar oson tushuniladigan va ularga asoslanib harakat qilish mumkin bo'lgan shaklda taqdim etiladi.

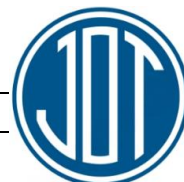
Flot menejeri: Amaliy ma'lumotlar samolyot flotining umumiy texnik xizmati va ekspluatatsiyasiga mas'ul bo'lgan flot menejeriga uzatiladi. Flot menejeri ushbu ma'lumotlardan texnik xizmatni rejalashtirish va resurslarni taqsimlash bo'yicha asosli qarorlar qabul qilish uchun foydalanadi.

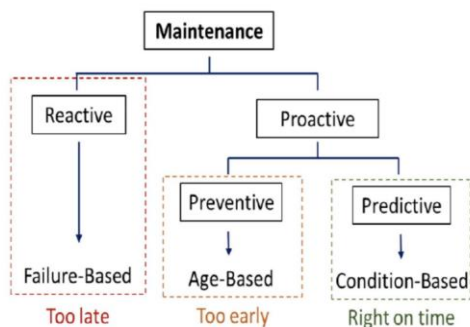
Texnik xizmatni rejalashtirish: Amaliy tushunchalarga asoslanib, flot menejeri texnik xizmat tadbirlarini rejalashtiradi. Bashoratli texnik xizmat faqat zarur bo'lganda texnik xizmatni belgilash imkonini beradi, belgilangan vaqtlarga qaramay, ya'ni juda erta yoki kech bo'lishi mumkin bo'lgan holatlarni oldini oladi.

Feedback sikli: Tizimda texnik xizmat natijalari tizimga qayta kiritiladigan feedback sikli mavjud. Ushbu uzluksiz feedback ML modellari takomillashtirilishiga va kelajakdagi prognozlarning aniqligi oshishiga yordam beradi.

Samolyotlarga texnik xizmat: Reaktiv va proaktiv yondashuvlar

Samolyotlarga texnik xizmat strategiyalari asosan ikki asosiy turga bo'linadi: reaktiv va proaktiv. Har bir yondashuvning o'ziga xos xususiyatlari va operatsion samaradorlik hamda xavfsizlikka ta'siri mavjud.





2-rasm. Reaktiv texnik xizmat

Reaktiv texnik xizmat, shuningdek nosozlikka asoslangan texnik xizmat deb ham ataladi, qismlarni faqat ular ishlamay qolgandan keyin ta'mirlash yoki almashtirishni o'z ichiga oladi. Ushbu yondashuv "kechikib harakat qilish" deb ta'riflanishi mumkin, chunki muammo sodir bo'lishini kutib, keyin choralar ko'riladi. Bu turdagi texnik xizmat kutilmagan to'xtashlarga, favqulodda ta'mirlash xarajatlarining oshishiga va potensial xavfsizlik xatarlariga olib kelishi mumkin.

Kechikib amalga oshiriladi: Texnik xizmat faqat nosozlik yuzaga kelgandan keyin bajarilgani sababli, xarajatlari ko'proq bo'lishi va xavfsizlik xatarlarining oshishi kuzatiladi.

Proaktiv texnik xizmat

Proaktiv texnik xizmat muammolar yuzaga kelishidan oldin ularni oldini olishga qaratilgan. U ikki kichik turga bo'linadi: oldini oluvchi (preventive) va bashoratli (predictive) texnik xizmat.

Oldini oluvchi texnik xizmat: Oldini oluvchi texnik xizmat komponentlarning yoshi yoki ishlatilishiga asoslangan muntazam tekshiruvlar va almashtirishlarni o'z ichiga oladi. Ba'zan bu yondashuv "erta" texnik xizmatga olib kelishi mumkin, ya'ni qismlar hali eskirmagan bo'lsa ham almashtiriladi, natijada keraksiz xarajatlari yuzaga keladi.

Yoshga asoslangan: Komponentlar ularning haqiqiy holatidan qat'i nazar, belgilangan intervallar bilan almashtiriladi yoki xizmat ko'rsatiladi. Bu jadval oldingi ma'lumotlar va ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga asoslanadi.

Erta: Qismlarni haqiqiy holatiga qarab emas, balki yosh yoki ishlatilishiga qarab almashtirish ba'zan keraksiz qismlarni almashtirish va xarajatlarni oshirishga olib keladi.

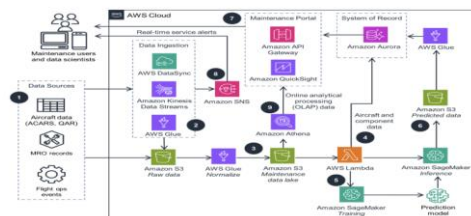
Holatga asoslangan: Sensorlar va ma'lumotlarni tahlil qilish orqali komponentlarning haqiqiy holati kuzatiladi. Texnik xizmat faqat ma'lumotlar qismlarning foydali muddati tugash arafasida ekanligini ko'rsatganda amalga oshiriladi.

AWS AI xizmatlari yordamida samolyotlar uchun bashoratli texnik xizmat

Quyidagi rasm aviatsiya sohasida AWS AI (Amazon Web Services Artificial Intelligence) va ML xizmatlaridan foydalangan holda bashoratli texnik xizmatni amalga oshirishning keng qamrovli arxitekturasini ko'rsatadi. U samolyot sensorlari, texnik xizmat yozuvlari va parvoz operatsiyalari voqealari kabi turli manbalardan olingan ma'lumotlarning AWS vositalari orqali yig'ilishi, saqlanishi, qayta ishlanishi va tahlil qilinishini aks ettiradi. Tizim mumkin bo'lgan texnik xizmat ehtiyojlarini oldindan bashorat qilish va real vaqt rejimida ogohlantirishlar berish

uchun mo'ljallangan, bu esa proaktiv choralarini qo'llash imkonini yaratadi.

Ushbu yechim Amazonning bulutga asoslangan xizmatlaridan, jumladan Amazon S3, SageMaker va QuickSight dan foydalangan holda markazlashtirilgan, kengaytiriladigan va samarali samolyot holatini va xavfsizligini saqlash yechimini yaratadi. Maqsad – kutilmagan to'xtashlarni kamaytirish, texnik xizmat jadvalini optimallashtirish va umumiy operatsion samaradorlikni oshirishdir.



3-rasm. Samolyotlarga texnik xizmat ko'rsatish uchun AWS asosida qurilgan bashoratli tahlil tizimi.

1. Diagrammadagi ko'rsatkich: Diagrammaning chap tomonida "1" bilan belgilangan bo'lim.

Tafsilotlar: Ushbu bo'lim samolyotlarga texnik xizmat tahlilida foydalaniladigan ma'lumotlarning kelib chiqishini ifodalaydi. U quyidagilarni o'z ichiga oladi: Samolyot ma'lumotlari (ACARS, QAR): Samolyotdagi tizimlar dvigatel ishlashi, parvoz sharoitlari va tizim holati kabi turli parametrlar bo'yicha ma'lumotlarni to'playdi. Ushbu ma'lumotlar samolyotning joriy holati va oldingi ishlashini tushunish uchun juda muhimdir. MRO yozuvlari: Ushbu yozuvlar samolyotga ko'rilgan barcha texnik xizmat choralari, jumladan ta'mirlash, almashtirish va tekshiruvlarni hujjatlashtiradi. Ular samolyotning holati va unga qilingan ishlar tarixini beradi. Parvoz operatsiyalari ma'lumotlari: Parvoz vaqtida yuzaga kelgan voqealardan olingan ma'lumotlar, masalan rejalashtirilgan yo'nalishdan chekinish yoki kutilmagan tizim ogohlantirishlari, texnik xizmat talab qiladigan yashirin muammolarni ko'rsatishi mumkin.

2. Ma'lumotlarni yig'ish (Data Ingestion). Diagrammadagi ko'rsatkich: "Data Ingestion" bo'limi, "2" bilan belgilangan.

Tafsilotlar: Bu bo'lim to'plangan ma'lumotlar AWS tizimiga kiritiladigan joydir: AWS DataSync: Tarixiy ma'lumotlarni on-premises saqlash joylaridan yoki boshqa tizimlardan AWS bulutiga uzatadi. Amazon Kinesis Data Streams: Samolyot va unga bog'liq tizimlardan real vaqt rejimida ma'lumotlarni qabul qiladi va oqim sifatida uzatadi, bu esa ularni darhol qayta ishlash va tahlil qilish imkonini beradi. AWS Glue: Ma'lumotlar kelishi bilan ularni tozalaydi va tartibga soladi, saqlashdan oldin ma'lumotlar sifatini va uyg'unligini ta'minlaydi. Xom va normallashtirilgan ma'lumotlarni saqlaydi.

3. Diagrammadagi ko'rsatkich: Ma'lumotlar saqlanadigan bo'lim, "Amazon S3 Raw data" va "AWS Glue Normalize" bilan, "3" belgisi ostida ko'rsatilgan.

Tafsilotlar: Amazon S3 (Xom ma'lumotlar): Ma'lumotlarni yig'ish bosqichidan olingan, qayta ishlanmagan xom ma'lumotlarni saqlaydi. Bu samolyot va boshqa manbalardan to'plangan barcha ma'lumotlarning asl shakli hisoblanadi. AWS Glue (Normallashtirish): Xom



ma'lumotlarni normallashtiradi, ya'ni ma'lumotlarni bir xil va ishlatishga yaroqli shaklga keltiradi. Normallashtirilgan ma'lumotlar ham Amazon S3 da, "Maintenance data lake" nomli maxsus saqlash joyida keyingi tahlil uchun saqlanadi.

4. Hujjatlash tizimi (System of Record). Diagrammadagi ko'rsatkich: "System of Record" bo'limi, "Amazon Aurora" bilan belgilangan, "4" ko'rsatkich ostida.

Tafsilotlar: Amazon Aurora: Bu ma'lumotlar bazasi samolyot komponentlari va tizimlari haqidagi muhim strukturaviy ma'lumotlarni saqlaydi. U barcha tegishli ma'lumotlar uchun ishonchli manba hisoblanadi, jumladan har bir qismning texnik xususiyatlari, texnik xizmat tarixi va umr ko'rish holati haqida batafsil ma'lumotlar.

5. Bashorat modellari tayyorlash (Training Prediction Models)

Diagrammadagi ko'rsatkich: "Amazon SageMaker Training" jarayoni, "5" belgisi ostida.

Tafsilotlar: Amazon SageMaker: Texnik xizmat qachon kerak bo'lishini bashorat qiluvchi ML modellarini ishlab chiqish va tayyorlash uchun ishlatiladi. Tayyorlash jarayoni "Maintenance data lake"da saqlangan tarixiy ma'lumotlardan foydalanadi va potensial nosozliklar yoki muammolarni ko'rsatadigan naqshlar va signalni aniqlashga yordam beradi.

6. Bashorat qilingan ma'lumotlarni hosil qilish (Generating Predicted Data)

Diagrammadagi ko'rsatkich: "Amazon S3 Predicted data" va "Amazon SageMaker Inference," "6" belgisi ostida.

Tafsilotlar: Tayyorlash jarayonidan so'ng, modellar kelajakdagi texnik xizmat ehtiyojlarini bashorat qilishi mumkin. Ushbu bashoratlar, masalan, komponentlarning kutilayotgan nosozliklari yoki kerakli texnik xizmat choralari, Amazon S3da "predicted data" sifatida saqlanadi. Bu ma'lumot texnik xizmat jamoalariga proaktiv texnik xizmat tadbirlarini rejalashtirish va ustuvorlik berishda yordam beradi.

7. Texnik xizmat portal (Maintenance Portal)

Diagrammadagi ko'rsatkich: "Maintenance Portal" bo'limi, "Amazon API Gateway" va "Amazon QuickSight" bilan, "7" belgisi ostida.

Tafsilotlar: Amazon API Gateway: Ma'lumotlar va funksiyalarni API orqali xavfsiz tarzda olish imkonini beradi. Bu texnik xizmat portali kabi turli ilovalarga ma'lumotlar va modellarga ulanib ishlash imkonini yaratadi. Amazon QuickSight: Vizual tahlil imkoniyatlarini taqdim etadi, texnik xizmat jamoalariga boshqaruv panellari va hisobotlarni ko'rish imkonini beradi. U ma'lumotlarni vizual tarzda taqdim qilib, bashorat modellari va tarixiy ma'lumotlardan tendensiyalar, muammolar va tushunchalarni aniqlashni osonlashtiradi.

8. Real vaqt rejimidagi xizmat ogohlantirishlari (Real-Time Service Alerts)

Diagrammadagi ko'rsatkich: "Amazon SNS" qutisi, "8" belgisi ostida.

Tafsilotlar: Amazon SNS (Simple Notification Service): Bashorat modellari potensial muammolarni aniqlaganda yoki ma'lum shartlar bajarilganda, SNS real vaqt rejimida ogohlantirishlar yuboradi. Ushbu ogohlantirishlar texnik xizmat xodimlari va boshqa manfaatdor tomonlarga darhol yetkaziladi, bu esa muammolar jiddiylikmasdan oldin o'z vaqtida aralashish va texnik xizmat tadbirlarini amalga oshirish imkonini beradi.

9. Onlayn tahliliy ishlov berish (Online Analytical Processing – OLAP)

Diagrammadagi ko'rsatkich: "Amazon Athena" bo'limi, "9" belgisi ostida.

Tafsilotlar: Amazon Athena: Ushbu xizmat saqlangan ma'lumotlarni SQL so'rovlaridan foydalangan holda chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Bu, masalan, Amazon S3 da saqlangan ma'lumotlar ustida murakkab so'rovlar bajarish, tendensiyalarni tahlil qilish, asosiy sabablarni aniqlash yoki ma'lumotlar asosida texnik xizmat jadvalini optimallashtirish imkonini beradi.

Bashoratli texnik xizmatni joriy etish uchun aviakompaniyalar quyidagi qadamlarni bajarishlari kerak:

Ilg'or sensorlarni o'rnatish: Samolyotlarni turli parametrlarni kuzatadigan va real vaqt rejimida ma'lumot to'playdigan sensorlar bilan jihozlash.

Ma'lumot manbalarini integratsiya qilish: Sensorlar, texnik xizmat yozuvlari va operatsion ma'lumotlarni birlashtirib, samolyotning holati bo'yicha to'liq tasavvurga ega bo'lish.

Ma'lumot tahlilidan foydalanish: To'plangan ma'lumotlarni tahlil qilish va potensial nosozliklarni bashorat qilish uchun ilg'or ma'lumot tahlili va ML algoritmlaridan foydalanish.

Xodimlarni tayyorlash: Texnik xizmat jamoasi va boshqa tegishli xodimlarni yangi texnologiyalar va ma'lumot tushunchalarini samarali ishlatishga o'rgatish.

Qonuniy va tartibga muvofiqlikni ta'minlash: Bashoratli texnik xizmat texnologiyalarining qo'llanilishi aviatsiya qonunchiligi va standartlariga mos kelishini ta'minlash uchun tegishli aviatsiya idoralari bilan ishlash.

Bashoratli texnik xizmatning afzalliklari

Xarajatlarni tejash: Nosozlik yuzaga kelishidan oldin texnik xizmatni bajarish orqali aviakompaniyalar rejalashtirilgan to'xtash vaqtida xizmatni amalga oshirishi mumkin, bu esa favqulodda ta'mirlash xarajatlarini kamaytiradi va parvozlarni buzilishining oldini oladi.

Xavfsizlikni oshirish: Tizimlarni real vaqt rejimida kuzatish muammolarni erta aniqlashga yordam beradi, bu samolyotning umumiy xavfsizligini oshiradi.

Operatsion samaradorlik: Bashoratli texnik xizmat texnik xizmat tadbirlarini samarali rejalashtirishga yordam beradi, natijada samolyotlar ta'mir uchun yerga tushish o'rni ko'proq vaqt havoda bo'ladi.

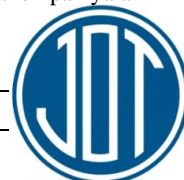
Yoqilg'i sarfini kamaytirish: To'g'ri texnik xizmat ko'rsatilgan samolyotlar samaraliroq ishlaydi, bu esa yoqilg'i sarfini kamaytiradi va atrof-muhitga ta'sirini pasaytiradi.

Yo'lovchi tajribasini yaxshilash: Kutilmagan texnik nosozliklar tufayli kechikishlar va bekor qilinishlar kamroq bo'lishi, yo'lovchilarning umumiy tajribasini yaxshilaydi.

3. Xulosa

O'tkazilgan Bashoratli texnik xizmat aviakompaniyalar uchun xarajatlarni kamaytirish, xavfsizlikni oshirish va operatsion samaradorlikni yaxshilash bo'yicha muhim imkoniyatni taqdim etadi. Ushbu yechimlarni joriy etishda qiyinchiliklar mavjud bo'lsa-da, uning potensial foydalari investitsiya qilishga arziydi. Texnologiya rivojlanib borishi bilan bashoratli texnik xizmat zamonaviy aviatsiyaning ajralmas qismiga aylanib, aviakompaniyalarga ish faoliyatini silliq olib borish va yo'lovchilarga sifatli xizmat ko'rsatishda yordam beradi.

Ilg'or sensorlar, ma'lumot tahlili va ML texnologiyalarini integratsiya qilish orqali aviakompaniyalar



reaktiv texnik xizmat strategiyasidan proaktiv strategiyaga o'tishi mumkin, bu esa ularning flotini doimo optimal holatda saqlashni ta'minlaydi. Ushbu yondashuv nafaqat xarajatlarni tejashga yordam beradi, balki xavfsiz va ishonchli havo sayohatini ta'minlashga ham hissa qo'shadi..

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Asmae BENTALEB, Kaoutar TOUMLAL 'Predicting Aircraft Engine Failures using Artificial Intelligence' – 2024, Kenitra, Morocco.
- [2] Bernat Garreta Pinol ~ Advisors: David Duran Perez 'Artificial Intelligence For Aircraft Predictive Maintenance' – 2022, Terrassa, Barcelona.
- [3] International Air Transport Association. 'Generative AI and Aviation' – 2023.
- [4] Mahsa Babae, Jafar Gheidar-Kheljani 'Prediction of Failure Time and Remaining Useful Life in Aviation Systems: Predictors, models, and challenges' - 2022, Iran.
- [5] Abdulkayumov A., Maturazov I.S. Radioelektron uskunalarni diagnostika qilish tizimini takomillashtirish / AIP Conference Proceedings 2432, 030044. – 2022. (SCOPUS).
- [6] Абдукаюмов А., Матуразов И.С. Havo kemalarini masofadan diagnostika qilish tizimini tadqiq qilish / Научный журнал транспортных средств и дорог. – Тошкент, 2022. – №3. – С. 139-145.
- [7] Michael Doherty 'The Growing Demand for Predictive Maintenance' – 2020. [https://www.aviationpros.com/tools-](https://www.aviationpros.com/tools-equipment/maintenance-it/article/21125371/the-growing-demand-for-predictive-maintenance)

[equipment/maintenance-it/article/21125371/the-growing-demand-for-predictive-maintenance](https://www.aviationpros.com/tools-equipment/maintenance-it/article/21125371/the-growing-demand-for-predictive-maintenance)

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Maturazov I.S. / I. Maturazov Toshkent davlat transport universiteti "Aviatsiya transporti muhandisligi fakulteti" dekani, (PhD), E-mail: maturazov_i@tstu.uz Tel.: +998712990357 <https://orcid.org/0009-0003-4781-1601>

Turdimurodov A.B. / A. Turdimurodov Toshkent davlat transport universiteti "Aviatsiya injiniringi" kafedras talabasi. E-mail: sazamatturdimurodov6701206@gmail.com Tel.: +998996701206 <https://orcid.org/0009-0003-6438-3960>

Otaboyev S.I. / S. Otaboev Toshkent davlat transport universiteti "Aviatsiya injiniringi" kafedras talabasi. E-mail: sardorbekotaboyev73@gmail.com Tel.: +998 90 438 94 14 <https://orcid.org/0009-0008-7258-7361>



<i>I. Maturazov, A. Turdimurodov, S. Otaboev</i> <i>Analysis of remote real-time monitoring of the technical condition of aircraft engines based on IoT systems</i>	<i>5</i>
<i>I. Maturazov, A. Turdimurodov, S. Otaboev</i> <i>Prediction of technical failures in aircraft based on artificial intelligence</i>	<i>10</i>
<i>A. Kiyomov</i> <i>Problems of formation of basic professional competence among students of technical higher educational institutions</i>	<i>15</i>
<i>M. Rasulmuhamedov, Z. Mirzaeva, A. Matkarimov, M. Mehmonov</i> <i>Numerical calculation of the bending of an elastic beam using the finite difference method</i>	<i>18</i>
<i>E. Shchipacheva, R. Pirmatov, Li Jia Jun, R. Khasanov, S. Sadikov, O. Sodikov</i> <i>An innovative surface coating for transportation infrastructure</i>	<i>22</i>