

*А.С. Довгалюк, Г.А. Положевець
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Використання методів машинного навчання (ML) для прогнозування й попередження збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки

Запропоновано новий підхід у прогнозуванні й попередженні збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки. Надається поетапний алгоритм впровадження машинного навчання, детально описано принцип роботи, проблеми та перспективи його функціонування.

Роль інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки в безпеці льотної експлуатації ПС

Сучасні літаки оснащені численними інформаційно-вимірювальними пристроями, які збирають критично важливі для екіпажу навігаційні, метеорологічні, динамічні та інші дані, необхідні для безпечного та ефективного виконання польоту. Ці дані враховують інформацію про положення літака, його швидкість, висоту, зовнішні погодні умови, стан двигунів, та інших систем літака.

До таких пристроїв належать акселерометри, гіроскопи, приймачі та датчики тиску, висотоміри, альтиметри, паливоміри, пристрої замірів параметрів двигунів, тощо.

Безумовно, надійність, а, особливо, безвідмовність цих пристроїв є ключовим аспектом безпеки льотної експлуатації повітряних суден, адже відмова чи некоректна робота навіть одного з таких компонентів може мати дуже серйозні і, як показує досвід, - катастрофічні наслідки, такі, як: втрата членами екіпажу просторової орієнтації, неправильне сприйняття динаміки руху, отримання неправильних даних про швидкість та висоту польоту, курс літака, неможливість точної оцінки залишку палива, отримання неправильної інформації про обороти двигуна, його температуру та вібрації.

Аналіз авіаційних пригод, що сталися внаслідок збою або відмови інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки

Катастрофа Boeing-757 під Пуерто-Плата (Домініканська Республіка).

Авіалайнер Boeing-757 (ресстраційний номер – TC-GEN) виконував плановий міжконтинентальний рейс ALW 301 за маршрутом Пуерто-Плата – Гандер – Берлін – Франкфурт-на-Майні. Під час пробігу по ЗПС командир екіпажу помітив, що його показчик швидкості видає неправильні дані, проте вирішив не переривати зліт. Під час набору висоти 1400 м командир помітив, що його показчик швидкості дійсно дає неправильні показники швидкості у 650 км/год, а показчик на панелі другого пілота – 370 км/год. Через те, що прилади зі сторони КПС показували перевищення швидкості, автопілот плавно підвищував кут атаки і поступово зменшував оберти двигунів. Через деякий час в кабіні пілотів пролунало кілька голосових попереджень про занадто велику швидкість

літака. Пілоти перейшли на ручне керування. Вони ще знизили швидкість літака, що викликало тряску штурвалу. КПС почав підіймати літак під кутом 5° й дав повну тягу. Літак сильно задер носа, втратив швидкість і увійшов в звалювання, впавши згодом у води Атлантичного океану. Всі 189 людей на його борту загинули.

Після вивчення найдених у ході розслідування уламків лайнера було встановлено, що одна з трьох трубок Піто (зі сторони КПС) була заблокована. Причиною блокування було названо гніздо піщаної оси. Стало відомо, що до рейсу літак простояв в аеропорту 20 днів, і за цей час оси встигли зробити гніздо в одній з трубок Піто.

Катастрофа Boeing-747 над Бомбеєм

Boeing 747-237B, борт VT-EBD, виконував рейс AI855 з Бомбея до Дубаю. О 20:12 літак злетів з ВПП №27 аеропорту Сахар. На борту було 23 члени екіпажу та 190 пасажирів. Після перетину берегової лінії екіпаж почав плановий правий поворот. Командир помітив, що авіагоризонт показує правий крен, хоча літак мав бути в лівому крені. Він спробував виправити положення, але прилад не реагував. Другий пілот повідомив, що його авіагоризонт показує лівий крен. Командир, вважаючи, що виправляє правий крен, насправді збільшував лівий. Літак летів на висоті 600 метрів над Аравійським морем уночі, без зовнішніх орієнтирів. Командир не звернув уваги на інші прилади, зокрема координатор повороту та варіометр. Бортінженер помітив, що крен досяг 40° і спробував попередити, але літак продовжував кренитися. Через 101 секунду після зльоту літак впав у море, і всі 213 осіб на борту загинули.

Причиною катастрофи було названо відмову авіагоризонту. Це була найбільша авіакатастрофа в історії Індії на момент події.

Обмеження й недоліки традиційних підходів у прогнозуванні збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки

Прогнозування збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки є досить складною задачею. Її складність обумовлена високою кількістю факторів, що впливають на їхню роботу. До таких факторів належать зовнішні умови експлуатації, такі як зміни температури, тиску, вологості, вплив вібрацій, а також внутрішні параметри, такі як знос компонентів, якість технічного обслуговування, коливання напруги в електричних системах та можливі приховані дефекти обладнання. Всі ці чинники взаємодіють між собою та змінюються з часом, що ускладнює точне прогнозування часу до відмови або виявлення ознак деградації пристроїв.

Традиційні методи аналізу надійності, такі як статистичні моделі або методи на основі історичних даних, часто виявляються недостатніми для врахування всіх можливих змінних та умов експлуатації. Наприклад, статистичні підходи зазвичай базуються на середніх значеннях або стандартних відхиленнях, які можуть не враховувати раптові відхилення або нестандартні ситуації. Методи, що покладаються на історичні дані про попередні відмови, можуть не бути достатньо гнучкими для виявлення нових типів проблем або для роботи в умовах, які змінюються швидше, ніж збираються нові дані.

Крім того, такі методи часто потребують ручного налаштування моделей для кожного конкретного типу пристрою або умов експлуатації, що значно ускладнює їх застосування в реальних умовах. Це налаштування потребує експертних знань і часу, що не завжди є доступними у критичних ситуаціях. Така залежність від фіксованих параметрів і сценаріїв також означає, що моделі не завжди можуть адаптуватися до нових умов або враховувати складні, нелінійні взаємозв'язки між факторами, що робить їх менш ефективними у складних і динамічних умовах реальної експлуатації авіаційної техніки. Як результат, прогнозування відмов із використанням таких підходів може бути неточним, що підвищує ризики для безпеки польотів.

Можливість й перспектива використання методів машинного навчання для прогнозування збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки

Методи машинного навчання (ML) мають великий потенціал для вирішення складних завдань прогнозування відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки. На відміну від традиційних методів, ML здатне аналізувати великі масиви даних, виявляти приховані взаємозв'язки між різними параметрами та адаптуватися до змін у реальному часі. Це дозволяє прогнозувати відмови точніше та виявляти ознаки деградації обладнання на ранніх етапах.

Основною перевагою використання машинного навчання є його здатність працювати з даними різної природи: історичними даними про відмови, потоками даних у реальному часі, інформацією про навантаження на пристрої та зовнішні умови експлуатації. Наприклад, алгоритми машинного навчання можуть аналізувати часові ряди даних із сенсорів авіоніки, визначати аномалії в роботі пристроїв і з великою точністю прогнозувати ймовірність їхньої відмови.



Рис.1. Етапи впровадження машинного навчання

Принцип роботи машинного навчання для прогнозування й попередження збоїв та відмов

Моделі машинного навчання, такі як нейронні мережі або дерева рішень, використовують вхідні дані з сенсорів авіоніки, включаючи поточні показники роботи пристроїв, їхню історію відмов та умови експлуатації. Моделі аналізують ці дані для виявлення шаблонів, що можуть вказувати на ранні ознаки

майбутньої відмови. За допомогою алгоритмів машинного навчання моделі навчаються розпізнавати складні взаємозв'язки між змінними, наприклад, як зміни температури чи вібрації можуть впливати на знос конкретних компонентів. Це дозволяє моделі "навчитися" виявляти приховані ознаки проблем, які неочевидні при традиційному аналізі. Після навчання модель здатна прогнозувати відмови на основі поточних даних у реальному часі. Наприклад, вона може видати сигнал про те, що певний датчик або система наближається до граничного стану і може вийти з ладу протягом певного часу.

Моделі машинного навчання адаптуються до змін у поведінці системи, оскільки вони здатні "навчатися" на нових даних. Це робить їх ефективними у складних і змінних умовах, наприклад, при зміні зовнішніх факторів або після технічного обслуговування.

Досвід застосування штучного інтелекту в авіації

У 2017 році на виставці в Женевському автосалоні компанія Airbus представила довгоочікуваний концепт автономного літаючого автомобіля під назвою Vahana. Цей літаючий транспортний засіб було створено спільно з фірмою Italdesign (Італія). Компанія розробила спеціальне програмне забезпечення на основі методів машинного навчання, яке, крім безпілотних можливостей, накопичуватиме знання про всі доступні маршрути та місця пересадки на інший транспорт і навіть про переваги кожного з пасажирів.

У 2020 році то й же французький концерн Airbus заявив про перші льотні випробування літака Airbus A350 з новітньою аеронавігаційною системою, що, з допомогою камер та штучного інтелекту самостійно визначає положення літака у просторі та відносно злітно-посадкової смуги.

Список літератури

1. <https://aviadrive.ru/posts/4973> Штучний інтелект в повітрі
2. Грібов В.М., Марінченко Г.Є., Стрельников В.П., Кожохіна О.В. Надійність систем авіоники. Підручник. – К.: Альянт, 2021. – 264 с.
3. Надійність технологічних систем : курс лекцій / Г.О. Іванов, В.І. Гавриш, П.М. Полянський, О.В. Гольдшмідт. – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 40 с.
4. Косолап А.І. Оптимізація надійності складних систем: 2024.
5. Машинне навчання, як основа для розвитку технологій майбутнього: Бортник К.Я., Ольшевський О.В., Кирилюк А.Л. – ЛНТУ.