

І.І. Серяков, Д.М. Сорокін, О.Г. Яровенко, В.Р. Коліко

*Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ*

## **ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АВІАЦІЇ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*У статті систематизовано сучасні напрями впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) в авіації Збройних Сил України. Розглянуто архітектури інтелектуальних систем для автономного керування, обробки розвідувальних даних у реальному часі, прогнозного технічного обслуговування, адаптивних засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) та підтримки прийняття командних рішень. Проаналізовано національні та міжнародні приклади (Delta, SkyAssist, SHARK, Project Maven, ARTEMIS), окреслено технічні, організаційні й нормативні виклики.*

**Ключові слова:** штучний інтелект, авіація, Збройні Сили України, автономне керування, розвідка, прогнозне обслуговування, РЕБ.

### **Вступ**

**Постановка проблеми.** Інтенсивність сучасних бойових дій обумовлюється, в першу чергу, високою динамікою змін в ситуаційній обстановці операційного району. В цих умовах об'єктивна оцінка вхідних даних про бойову обстановку та, як наслідок, ускладнює прийняття правильних рішень та потребує негайного вирішення низки проблемних питань як технічного характеру, так і оперативного та управлінського.

Вирішення цих проблемних питань можливо методом впровадження технології штучного інтелекту (ШІ) в основний інструментарій застосування сил (засобів). Зокрема, впровадження ШІ в бортові системи авіаційної компоненти сил оборони суттєво підвищить їх ефективність шляхом забезпечення автоматизації аналізу в бортових системах розвідки / РЕБ, підвищить точність цілевказання в комплексах управління зброєю, пришвидшить прийняття (ухвалення) “варіантів рішень і команд” в програмно-апаратних модулях бортових систем і комплексів, зменшить навантаження на екіпажі та складові органів бойового управління авіацією.

Таким чином, у сьогодишніх реаліях бойової роботи впровадження ШІ в авіаційні системи є не просто перспективним напрямом, а нагальною потребою для підвищення ефективності літальних апаратів (ЛА), живучості екіпажів та загальної координації і управління силами (засобами).

Всебічне впровадження ШІ в авіаційний сегмент вимагає розв'язання таких питань:

- вибір моделі ШІ;
- захист даних системи з ШІ від кібератак;
- створення нормативної бази та сертифікації “рішень” і “обмежень” [1] стосовно впровадження

нових технологій в обчислювальні ресурси бортових систем.

Зважаючи на новизну тематики, прикладним способом впровадження технології ШІ в авіаційній компоненті може бути інтеграція цієї технології в такі бортові системи: систему індивідуального захисту ЛА, авіаційну навігаційну систему, систему зв'язку, систему розвідки, аварійні реєстратори польотної інформації, обчислювальну бортову систему та відповідні модулі ЛА. Крім того, потребує вирішення питання організації та правових питань зі стандартизації та сертифікації технологій ШІ, що можуть бути кодифіковані та допущені до застосування (впровадження) в зразках озброєння та військової техніки (ОВТ).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останніх публікаціях за зазначеною тематикою вітчизняної сфери науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи тенденції впровадження ШІ в системи авіаційної компоненти розглянуті в технологічних рішеннях провідних розробників безпілотних та роботизованих систем. Так впровадження технології ШІ представлено в системах ситуаційної обізнаності та підтримки рішень українських розробників “Дельта” (розробник Центр інновацій і розвитку оборонних технологій Міністерства оборони України) та SkyAssist [2]. ШІ задіяний в інтеграції програмного модуля “edge-AI” в БпЛА типу “SHARK” [3] та в системах автоматичного розпізнавання об'єктів, маршрутизації та наведення в умовах РЕБ в бортових нейронних мережах БпЛА ЛЕЛЕКА-100 [4].

У публікаціях іноземних провідних розробників теж представлено використання індустрії ШІ в зразках БпЛА, що знаходяться на озброєнні НАТО [5]. Наприклад, в БпЛА MQ-9

Reaper III використовується для виконання задач автоматичної класифікації цілей, аналізу відеопотоків, автономного управління польотом (автономна корекція профілю і маршруту польоту). Компанією LANCA/Mosquito (Велика Британія) для бойового управління літаками типу F-16 створена адаптивна система РЕБ на основі ШІ, яка забезпечує автоматичний аналіз загроз [6]. Також виробником опрацьована технологія автономного управління групою ЛА, що забезпечує “ройову” взаємодію між повітряними платформами в повітряних операціях.

Міжнародними агенціями зі сфери НАТО та Європейського оборонного агентства [7] представлені позитивні результати досліджень, які демонструють ефективність інтеграції ML-модулів [8] в елементи модернізації існуючих зразків ОБТ (розробки нових), що на цей час дозволяє здійснювати перехід від експериментальної демонстрації до впровадження модернізованих (нових) високотехнологічних компонентів в існуючі системи та комплекси сил і засобів ЗС провідних країн. Наприклад, проектом “Project Maven” (Міністерство оборони США) здійснюється розгортання моделі комп’ютерного зору в системах видового спостереження (розвідки) для автоматизованого виявлення об’єктів інтересу [9].

Компанією BAE Systems (Великої Британії) розроблена платформа ARTEMIS для агрегації інформаційних потоків від різномірних сенсорів та автоматизованої аналітики отриманих відомостей у часі, наближеному до реального [10].

Пропонується розглянути варіанти застосування технологій ШІ в окремих системах і комплексах авіаційних платформ, зокрема старого парку, для підвищення їх ефективності та можливі кроки реалізації програми впровадження в систему.

**Метою статті** є розгляд варіантів впровадження технологій штучного інтелекту в авіаційну компоненту тактичної авіації ЗС України для суттєвого підвищення бойових спроможностей літаків, зокрема в частині підвищення ефективності в бортових системах розвідки і РЕБ, в комплексах управління зброєю, обчислювачах та аварійних реєстраторах польотної інформації. Також доцільно опрацювати можливі кроки реалізації програми впровадження технологій ШІ в загальній системі забезпечення військ (сил) передовими зразками ОБТ.

### Виклад основного матеріалу

У системах бойового управління ЛА та авіацією в цілому впровадження ШІ доцільно організовувати на основі алгоритмів reinforcement learning (RL), зокрема Deep Q-Network (DQN) та

Proximal Policy Optimization (PPO) [11], які навчають інтелектуального агента (систему) формувати оптимальну політику дій для виконання бойової задачі з урахуванням різного роду обмежень, наприклад, перешкоді зон РЕБ. Такі підходи дозволяють агенту (системі) самостійно адаптуватися до динамічних змін ситуаційної обстановки, підвищуючи стійкість системи до непередбачуваних ситуацій. Важливою складовою є функція оцінювання, що формує оптимальну поведінкову стратегію з урахуванням ризиків і пріоритетів бойової задачі (розпорядження). Для уникнення ситуації перенавчання ШІ застосовуються методи “регуляризації” та “багаторівневого тестування” на симуляційних даних. У реальних сценаріях автономні модулі інтегруються з каналами телеметрії та системами ситуаційної обізнаності для корекції прийнятих рішень. У перспективі подальший розвиток таких моделей сприятиме створенню повністю самонавчальних авіаційних бойових систем, здатних до автономного планування та виконання бойових завдань (задач) в умовах радіоелектронної боротьби. Архітектура інтелектуальної авіаційної системи представлена на рис. 1.

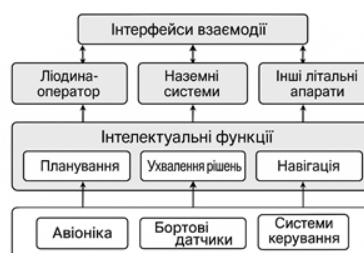


Рис. 1. Архітектура інтелектуальної авіаційної системи

Джерело: розроблено авторами

Архітектура інтелектуальної бойової авіаційної системи управління включає рівні: сенсорний (збір даних), аналітичний (ф’южн і розпізнавання), рівень прийняття рішень (підтримка командира) та рівень виконання (керування платформами). Між рівнями реалізовано обмін через захищену шину даних і edge-вузли.

Застосування методів sim2real-адаптації [12] мінімізує розрив між симуляційним середовищем і реальними польотами, підвищуючи вірогідність поведінкових моделей. Ключовим елементом архітектури залишається концепція human-on-the-loop, що передбачає можливість оперативного втручання оператора для корекції політики агента в реальному часі. Для забезпечення безпеки й запобігання виходу системи за межі допустимих режимів застосовуються формальні методи верифікації та бар’єрні функції безпеки, які

гарантують стабільність і передбачуваність поведінки системи в умовах виконання бойового завдання. Для автономного керування, наприклад, використовується функціональний модуль автономного керування (рис. 2).

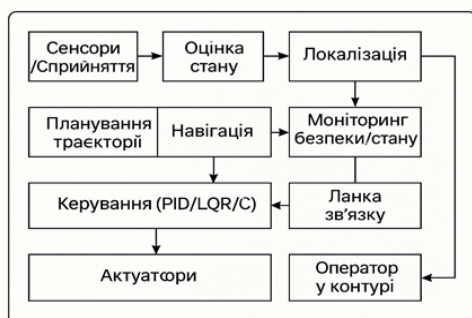


Рис. 2. Функціональний модуль автономного керування  
Джерело: розроблено авторами

Функціональний модуль автономного керування виконує логічну послідовність завдань підсистеми автономного керування: сприйняття, прогнозування, прийняття рішень, планування маршруту польоту й виконання команд. У модулі реалізовано зворотний зв'язок з оператором (human-on-the-loop), що забезпечує контроль і корекцію політики дій системи.

На рис. 3 відображено схему обробки потоку відео ISR з використанням модуля edge-AI.



Рис. 3. Потік обробки відео ISR з edge-AI  
Джерело: розроблено авторами

Схема ілюструє, як відеопотоки з бортових камер надходять до edge-модуля, де виконуються попередня обробка видової інформації по заздалегідь визначеним атрибутам та алгоритмам, виділення (вибір об'єктів інтересу), класифікація об'єктів та передача узагальнених результатів до центру аналізу. Такий підхід дозволяє зменшити обсяг даних і підвищити швидкість прийняття рішень при виконанні бойового завдання.

У бортових системах повітряної розвідки, для обробки розвідувальних даних і розпізнавання образів для задач виявлення та ідентифікації цілей

доцільно застосовувати архітектури: CNN/Transformer-архітектури (YOLOv5/8, Faster R-CNN, DETR) [13].

У системах реєстрації польотної інформації та оцінки технічного стану систем, комплексів, вузлів та прогнозування видів (етапів) робіт з їх технічного обслуговування (ремонт) доцільно використовувати програмно-апаратні технології з III типу “PredictiveMaintenance” [14]. У цих спеціалізованих програмних рішеннях застосовується принцип аналізу часових рядів “LSTM/Transformer” і “anomaly-detectors”. Основний функціонал зазначених програмних продуктів (пайплайн): збір телеметрії, очищення, інженерія ознак, тренування моделей, валідація, розгортання та моніторинг.

Етапи роботи моделі прогнозного технічного обслуговування та стану вузлів типової системи відображені на рис. 4.

У системах РЕБ доцільно задіяти “інтелектуальні засоби РЕБ”, в яких впроваджені так звані “ML-підходи” [15]. Програмні продукти на основі ML дають змогу класифікувати джерела випромінювання за спектрально-часовими ознаками, адаптувати антенні решітки, будувати перешкоди з урахуванням динаміки спектра. Окремо в ML-моделях опрацьовані методи контролю цілісності та кіборзахисту від підроблених даних (datapointing) за допомогою програмних пакетів “dversarial-training”.

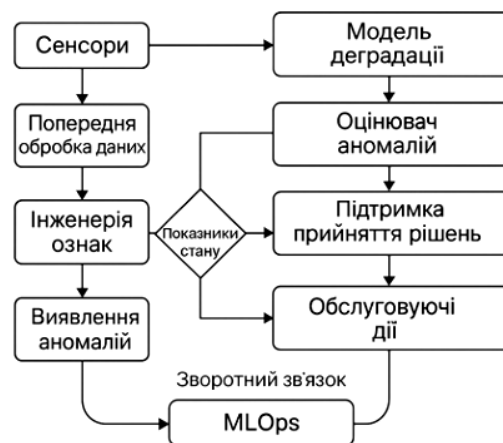


Рис. 4. Етапи роботи моделі прогнозного технічного обслуговування та стану вузлів  
Джерело: розроблено авторами

В інтегральних системах ситуативної обізнаності, зокрема що стосується документування, візуалізації оперативної обстановки та мережево-центричного управління військами, силами і засобами доцільно розвивати спроможності існуючих національних платформ “Дельта” та “SkyAssist” [16], які забезпечують єдиний інформаційний простір бою: збір,

нормалізація, пріоритизація та візуалізація подій. ШІ в цих програмно-апаратних системах виконує фільтрацію, кореляцію та прогнозування подій, зменшуючи шум і підтримуючи командира у прийнятті рішень у часі наближеному до реального. На рис.5 представлено схему взаємодії модулів ШІ у мережі ситуаційної обізнаності, де сітка ситуаційної обізнаності об'єднує кілька модулів штучного інтелекту, які взаємодіють між собою для підтримки прогнозу події.

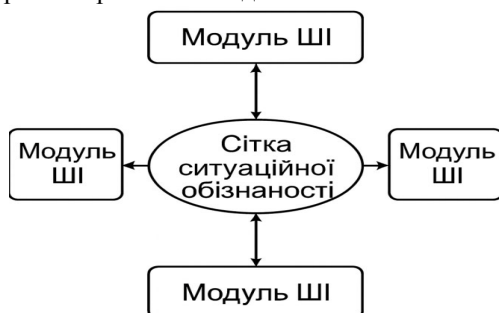


Рис. 5. Схема взаємодії модулів ШІ у мережі ситуаційної обізнаності  
Джерело: розроблено авторами

Застосування ШІ в системах ситуаційної обізнаності дозволяє автоматично поєднувати дані з різних сенсорів, класифікувати об'єкти, визначати пріоритети цілям та передавати рекомендації командирам у реальному часі для прийняття правильних рішень. Завдяки цьому час від виявлення цілі до нанесення удару скорочується у кілька разів.

Для реалізації впровадження технологій ШІ в бортових авіаційних системах слід застосовувати стиснення й оптимізацію моделей ШІ, апаратні прискорювачі, а також гібридні функціональні схеми, де найкритичніші обчислення виконуються локально, а вторинні – на наземних вузлах.

Практика воєнного часу підтвердила, що інтеграція штучного інтелекту у військовій сфері не є факультативним напрямом, а стає необхідним компонентом сучасної військової архітектури. Подальший розвиток таких технологій має спиратися на накопичений досвід бойових операцій в Україні, який уже сьогодні визначає тенденції застосування ШІ. Для всебічного впровадження ШІ в складові Збройних Сил України існує потреба з проведення процедур сертифікації та стандартизації цих відповідних цифрових моделей, їх валідації, верифікації (V&V) [17], інтеграції у критичні системи та кіберзахисту. Зокрема, необхідно розробити методи та системи криптографічного захисту моделей ШІ, контролю ланцюгів постачання (supplychain) інформації, моніторингу даних і періодичного перенавчання самої моделі штучного інтелекту.

Для реалізації програми впровадження технологій ШІ в авіаційну складову Збройних Сил України доцільно додержуватись поетапного (можливо комбінованого) принципу:

1. Створення державного реєстру наборів даних і тестових полігонів для авіаційних ML-моделей.
2. Розгортання єдиної платформи обміну даними з уніфікованими форматами.
3. Запровадження V&V-процедур.
4. Інвестування в edge-обчислення та оптимізацію моделей.
5. Розробка програми підготовки особового складу (оператори, інженери, аналітики).

### Висновки

Штучний інтелект є ключовим чинником підвищення ефективності бойових авіаційних систем ЗС України. На основі аналізу міжнародного досвіду (Project Maven, ARTEMIS, NATO) та національних рішень (Delta, SkyAssist, SHARK) визначено архітектурні принципи побудови інтелектуальної бойової авіаційної системи, що охоплює сенсорний рівень, edge-обчислення, ф'южн даних і підтримку прийняття командних рішень. Реалізація цього підходу сприятиме створенню єдиної архітектури оборонного ШІ та підвищення бойової спроможності авіації ЗС України виконувати завдання на більш високому професійному рівні.

Наукова новизна полягає в тому що в статті вперше узагальнено структурну архітектуру з урахуванням інтерпретованості та сертифікації оборонного ШІ для авіації ЗС України та запропоновано концептуальну модель інтеграції.

Практичне значення: результати можуть бути використані Міністерством оборони України при плануванні програм модернізації авіаційних систем, розроблення тестових полігонів, і впровадження стандартів на основі процедур V&V.

### Напрями подальших досліджень.

Подальший розвиток досліджень у сфері застосування штучного інтелекту в бойових авіаційних системах ЗС України доцільно зосередити на розгляді та вдосконаленні існуючих моделей (Explainable AI) для критичних сценаріїв бойового управління військ(сил), розробленні методів сертифікації та формальної верифікації військових оборонних ML-рішень відповідно до стандартів НАТО, а також підвищенні стійкості алгоритмів ШІ до кібератак і викривлення даних (adversarial-robustness). Важливим напрямом є створення енергоефективних нейронних архітектур для бортових edge-платформ, що забезпечать автономну роботу в умовах обмежених ресурсів, а

також розробка підходів до кооперативного керування “роями” безпілотних літальних апаратів із використанням розподіленого навчання. Перспективними залишаються дослідження

інтеграції ІІІ, формування загального репозиторію навчальних даних оборонного призначення, методів адаптивного перенавчання систем у бойових операціях.

### Список літератури

1. Закон ЕС об искусственном интеллекте 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.amp.dw.com>.
2. Технології – шлях до перемоги 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.skyassis.com.ua>.
3. SPECIAL PURPOSE UNMANNED SYSTEMS UNIT 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.taifun.army>.
4. ЛЕЛЕКА 100. Техніческое описание. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.uk.wikipedia>.
5. Geospatial Aplikations of Unmanned Aerial Systems. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.e-education.psu.edu>.
6. Airforce Technology. Mosquito swat becomes the latest in a long line of unscrewed dead ends. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.airforce-technology.com>.
7. European Defense Agency (EDA). URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.European-union.europa.eu>.
8. Machine Learning: Definition, types and examples. 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.Fortinet-com.translate.goog>.
9. Federal News Network. 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.filerulnewsnetwork.com>.
10. Aterian Successfully complies Artemis Program to deliver long-range deep strike drone. 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.auterion.com>.
11. Proximal Policy Optimization Explain. 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.digitalocean.com>.
12. Sim2Real Generalization Strategies. 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.emergentmind.com>.
13. Ultralyties YOLO v 8. 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.ultralities.com>.
14. Enterprise. Predictive Maintenance. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.at.ua>.
15. Машинне навчання: основні поняття та алгоритми в Data science. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.optima.study.ua>.
16. SKY ASSIST. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.skyassist.com>.
17. Верифікація и валидація. Основные отличия. 2025. URL. (Електрон. ресурс). - Режим доступу: <https://www.intercert.com.ua>.

*Надійшла до редколегії 04.10.2025*

*Схвалена до друку 25.11.2025*

#### **Відомості про авторів:**

##### **Серяков Ігор Ігорович**

науковий співробітник  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4618-5587>

##### **Сорокін Дмитро Михайлович**

кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
начальник науково-дослідного відділу  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-9514-0767>

#### **Information about the authors:**

##### **Igor Seryakov**

Research Associate  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4618-5587>

##### **Dmitriy Sorokin**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Researcher  
Head of Research Department  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-9514-0767>

**Яровенко Олександр Григорович**

старший науковий співробітник  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1695-7037>

**Oleksandr Yarovenko**

Senior Researcher  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1695-7037>

**Коліко Валентин Романович**

молодший науковий співробітник  
Державного науково-дослідного інституту авіації,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-6432-5563>

**Valentin Koliko**

Junior Researcher  
of State Research Institute of Aviation,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6432-5563>

**USAGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE AVIATION OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*I. Seryakov, D. Sorokin, O. Yarovenko, V. Koliko*

*The paper systematizes current directions of implementing artificial intelligence (AI) in the aviation of the Armed Forces of Ukraine. It covers architectures for autonomous control, real-time ISR processing, predictive maintenance, adaptive electronic warfare (EW), and decision support systems. National and international initiatives are reviewed (Delta, SkyAssist, SHARK, Project Maven, ARTEMIS, NATO), demonstrating convergence between military and dual-use AI technologies. Recommendations are provided for stepwise integration, unified data standards, secure communications, and cyber-resilience. The research contextualizes technological advances within the operational realities of contested environments, including bandwidth-limited data links, degraded GNSS, dynamic electromagnetic interference, and constrained onboard computing. Proposed approaches emphasize layered modular architectures that combine edge inference with distributed fusion nodes, hybrid assurance frameworks integrating data-driven models with formal safety envelopes, redundancy logic, and human-on-the-loop supervision. Discussed methods include efficient perception networks, model compression and quantization for edge deployment, reinforcement learning for adaptive control, sim-to-real transfer for unmanned operations, and physics-informed prognostics for predictive maintenance. Legal, ethical, and certification aspects are analyzed with focus on explainability, trustworthy datasets, V&V practices, and protected model provenance. Finally, a phased roadmap outlines incremental trials, shared data registries, digital testbeds, simulation environments, coalition-aligned validation, and coordinated operator training as key enablers for scalable AI adoption across Ukraine's defense aviation ecosystem. The study highlights governance structures, interagency cooperation, and knowledge transfer mechanisms as essential for sustainable AI-driven transformation of command, control, and aviation support domains.*

*Keywords: artificial intelligence, aviation, Armed Forces of Ukraine, autonomous control, intelligence, predictive maintenance, electronic warfare.*