

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2025

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



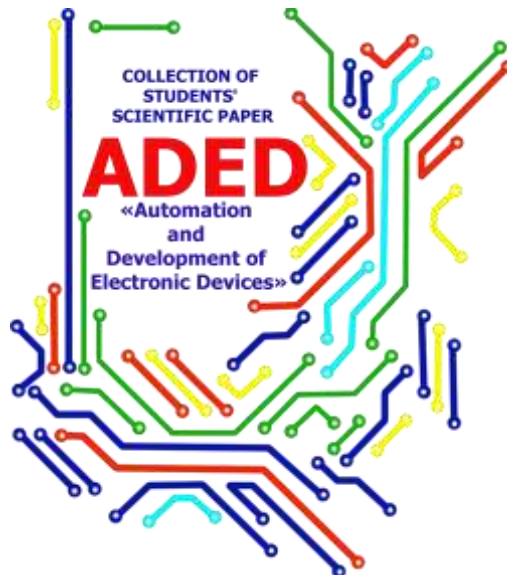
<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2025

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2025

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2025

ЗМІСТ

<i>Карпович Б.О.</i> Імпульсно-доплерівська селекція в системах автоматичного керування та робототехніці	7
<i>Рожко А.Р., Бондаренко С.В.</i> Підвищення точності систем автоматичного регулювання шляхом корекції динаміки спостерігача стану	12
<i>Бондаренко С.В., Рожко А.Р.</i> Аналіз методів синтезу оптимальних регуляторів для систем із параметричними збуреннями	17
<i>Кобець Д.С., Кравченко С.О.</i> Синтез адаптивних систем із прогнозуючим законом керування	21
<i>Кравченко С.О., Кобець Д.С.</i> Застосування принципу інваріантності для компенсації зовнішніх збурень у системах автоматичного регулювання	25
<i>Коваленко О.А., Бондаренко С.В.</i> Вплив нелінійних характеристик виконавчих механізмів на динамічні властивості систем автоматичного регулювання та методи їх компенсації	29
<i>Lisovskyi A.</i> Comparative Analysis of the Vulnerability of Large Language Models to Prompt Injections	34
<i>Шевченко О.</i> Аналіз методів визначення положення безпілотного наземного мобільного робота на карті місцевості	41
<i>Андреев А. С.</i> Особливості використання LLM в аналізі даних	46
<i>Гайдук І.М.</i> Система управління роботизованим маніпулятором на основі розпізнавання жестів руки	53
<i>Єчевський А. Д.</i> Дослідження ефективності систем навігації SLAM, VSLAM та LDS для автономних мобільних роботів у складських приміщеннях	56
<i>Колбаса О. Р.</i> CRM-система як інструмент інтеграції відділу продажів та виробництва: від зменшення циклу замовлення до підвищення лояльності клієнтів	63
<i>Конєва А. І.</i> Особливості обробки зображень на виробництві	69
<i>Котенко В.А.</i> Аналіз технологій та перспектив розвитку гібридних мобільних роботів	76
<i>Кривчун Р.В.</i> Комп'ютерне моделювання та його роль у сучасному роботизованому виробництві	81
<i>Левченко К.О.</i> Методи кольорового сортування за допомогою контурного виділення звичайною оптичною камерою у видимому спектрі сировини на конвеєрних виробництвах	87
<i>Мамін В.А.</i> Інтелектуальні системи керування квадрокоптерами: аналіз функціональних аспектів та перспективи розвитку	92
<i>Маруніч Р.В.</i>	95

Аналіз сучасних систем контролю доступу та перспективи їх розвитку	
<i>Маслов І.В.</i>	
Вплив структури заповнення на термостійкість виробів FFF/FDM-друку	101
<i>Мироненко Н.М.</i>	
Аналіз систем автоматизації виявлення дефектів литих пластикових виробів з використанням технології комп'ютерного зору	109
<i>Проценко Д.Є.</i>	
Аналіз роботи з штучними інтелектами	106
<i>Рябовол Д.А.</i>	
Мінімізація людського фактору в промисловій автоматизації засобами інтелектуальних систем підтримки рішень	120
<i>Пара І.І.</i>	
Аналіз систем керування FPV дронів з використанням нейронних мереж	126
<i>Гайдук І.М.</i>	
Аналіз особливостей розробки системи управління роботизованим маніпулятором на основі розпізнавання жестів руки	130
<i>Коваленко І.С.</i>	
Вдосконалення системи керування безпілотним мобільним роботом з використанням резервування та дублювання основних функцій	135
<i>Мороз М.В.</i>	
Аналіз сучасних систем моніторингу виробничих параметрів	142
<i>Головчанський М.О.</i>	
Роль штучного інтелекту у віртуальних симуляціях для автономного управління дронами	147
<i>Сухомлінова Д. А.</i>	
Дрони та метавесвіт: віртуальні середовища як полігон для безпілотних технологій ...	155
<i>Фесенко А. О.</i>	
Аналіз характеристик параметрів навколишнього середовища у виробничих приміщеннях	164
<i>Чередніченко Т.О.</i>	
Захист даних у системах автоматичного відстеження робочого часу	171
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Використання інтелектуальної аналітики даних у системах моніторингу вентиляційних процесів литейних установок	177
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Застосування візуальних середовищ Node-Red та Grafana для побудови панелей моніторингу технологічних процесів	182
<i>Шевченко А. Д.</i>	
Штучний інтелект та машинне навчання в робототехніці	188
<i>Воловік А.В.</i>	
Калібрування камери модуля визначення положення виконавчого елемента робота	194
<i>Ярош-Іванов М.В.</i>	
Пошук об'єкта за кольором в системі технічного зору	201

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ВІРТУАЛЬНИХ СИМУЛЯЦІЯХ ДЛЯ АВТОНОМНОГО УПРАВЛІННЯ ДРОНАМИ

Головчанський М.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: myron.holovchanskyi@nure.ua

Анотація. У статті розглядається роль штучного інтелекту у віртуальних симуляціях для розробки систем автономного управління дронами. Проаналізовано основні технологічні компоненти, що забезпечують автономну навігацію та подолання перешкод, включаючи комплексні системи датчиків, алгоритми комп'ютерного зору та методи машинного навчання. Описано структуру системи автономного управління на основі когнітивного циклу сприйняття, осмислення та дії. Розглянуто можливості застосування штучного інтелекту для розпізнавання об'єктів, проведення розвідувальних операцій та забезпечення безпеки польотів. Проведено порівняльний аналіз сучасних симуляційних платформ для моделювання та тестування автономних дронів, визначено їх особливості та сфери застосування. Показано значення віртуальних симуляцій для прискорення розробки та зниження вартості створення надійних систем автономного керування.

Ключові слова: штучний інтелект, автономні дрони, віртуальні симуляції, симуляційне середовище, управління дронами.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN VIRTUAL SIMULATIONS FOR AUTONOMOUS DRONE CONTROL

Holovchanskyi M. O.

Kharkiv National University of Radioelectronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: myron.holovchanskyi@nure.ua

Abstract. The article examines the role of artificial intelligence in virtual simulations for the development of autonomous drone control systems. It analyzes the main technological components that enable autonomous navigation and obstacle avoidance, including complex sensor systems, computer vision algorithms, and machine learning methods. The structure of an autonomous control system based on the cognitive cycle of perception, comprehension, and action is described. The possibilities of using artificial intelligence for object recognition, conducting reconnaissance operations, and ensuring flight safety are considered. A comparative analysis of modern simulation platforms for modeling and testing autonomous drones is conducted, highlighting their features and areas of application. The significance of virtual simulations for accelerating development and reducing the cost of creating reliable autonomous control systems is demonstrated.

Key words: artificial intelligence, autonomous drones, virtual simulations, simulation environment, drone management.

Роботизація та штучний інтелект сьогодні є не окремими технологіями, а основою нової технологічної революції, що трансформує всі галузі. У цьому контексті автономні дрони постають як один з найперспективніших її проявів. Однак шлях до справжньої автономії супроводжується значними викликами: безпековими ризиками, високою вартістю помилок та складністю адаптації до непередбачуваних реальних умов [1-6].

Поєднання штучного інтелекту (ШІ) та віртуальних симуляцій стає ключовим каталізатором прогресу. Віртуальні середовища дають змогу перенести безліч ітерацій навчання, тестування складних сценаріїв і відпрацювання критичних ситуацій із реального світу в абсолютно безпечний цифровий простір [7-9]. Штучний інтелект, зокрема методи глибокого навчання зі зміцненням, дозволяє дрону не просто виконувати заздалегідь запрограмовані дії, а вчитися на власному віртуальному досвіді, адаптуватися до змін у навколишньому середовищі та приймати оптимальні рішення в умовах неповної інформації.

Таким чином, актуальність цієї теми полягає у пошуку ефективного симбіозу між потужністю штучного інтелекту та безмежними можливостями віртуального моделювання. Це дозволяє не лише прискорити розробку надійних автономних систем, але й відкриває шлях до створення цілих зграй дронів, здатних до складної координації.

Для початку, автономну навігацію та подолання перешкод в автономних дронах зі штучним інтелектом можна розглядати як єдину когнітивну систему, що поєднує «сприйняття», «осмислення» та «дію».

Автономна навігація є ключовим компонентом функціональності сучасних дронів, обладнаних штучним інтелектом [10-13]. Цей аспект технології дозволяє дронам не тільки переміщатися у просторі, але й ефективно долати перешкоди, що робить їх більш гнучкими та пристосованими до різноманітних сценаріїв використання.

Реалізація автономії дронів у віртуальних симуляціях ґрунтується на складній взаємодії низки ключових технологічних компонентів. До основних з них належать:

1. Комплексні системи датчиків. Основою успішної автономної навігації є комплексні системи датчиків. Дрони зазвичай оснащуються камерами, лідарами, радарми та іншими сенсорами. Ці пристрої збирають дані про довкілля в реальному часі, надаючи детальну картину навколишнього простору для подальшої обробки.

2. Системи комп'ютерного зору. Системи комп'ютерного зору з використанням ШІ грають важливу роль у обробці інформації, отриманої від датчиків.

3. Дрони здатні розпізнавати об'єкти, розрізняти перешкоди та оцінювати відстані з високою точністю завдяки поєднанню сенсорних систем і алгоритмів комп'ютерного зору. Для цього використовуються камери, лідари, ультразвукові та інфрачервоні датчики, які формують тривимірну модель навколишнього середовища. Отримані дані обробляються за допомогою алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту, що дозволяє дрону ідентифікувати об'єкти, прогнозувати їхній рух і визначати безпечні траєкторії польоту. Завдяки цьому дрони можуть автономно ухилятися від перешкод, здійснювати посадку в обмежених умовах та виконувати складні навігаційні завдання в режимі реального часу.

4. Алгоритми планування траєкторії. Використання ШІ в автономних дронах також включає розробку складних алгоритмів планування маршруту [14, 15]. Ці алгоритми враховують поточну картину навколишнього середовища та передбачають можливі зміни, що дозволяє дронам вибирати оптимальні траєкторії для досягнення мети.

5. Реакція на середовище, що змінюється. Автономна навігація в дронах з ШІ має здатність динамічно реагувати на середовище, що змінюється. Алгоритми планування шляху можуть коригувати маршрут у реальному часі, виявивши нові перешкоди чи зміни місцевості.

6. Технології машинного навчання. Штучний інтелект в автономних дронах реалізується через механізми машинного навчання. Ці системи дозволяють дронам адаптуватися до нових ситуацій на основі отриманого досвіду, покращуючи свою здатність навігації з часом.

7. Подолання перешкод. Подолання перешкод стає можливим завдяки інтеграції даних від датчиків, систем комп'ютерного зору та алгоритмів планування шляху. Дрони з ШІ здатні уникати перешкод, летіти навколо них або знаходити альтернативні шляхи для досягнення мети.

Подолання перешкод стає можливим завдяки інтеграції даних від датчиків, систем комп'ютерного зору та алгоритмів планування шляху. Дрони з ШІ здатні уникати перешкод, летіти навколо них або знаходити альтернативні шляхи для досягнення мети.

Взаємодію всіх описаних компонентів у складі єдиної системи автономного управління дроном наочно представлено на рис. 1.

Схема ілюструє потоки даних між підсистемами та демонструє циклічність процесу прийняття рішень, де сприйняття інформації від датчиків переходить в її осмислення ядром штучного інтелекту, що призводить до виконання відповідних дій системою управління.

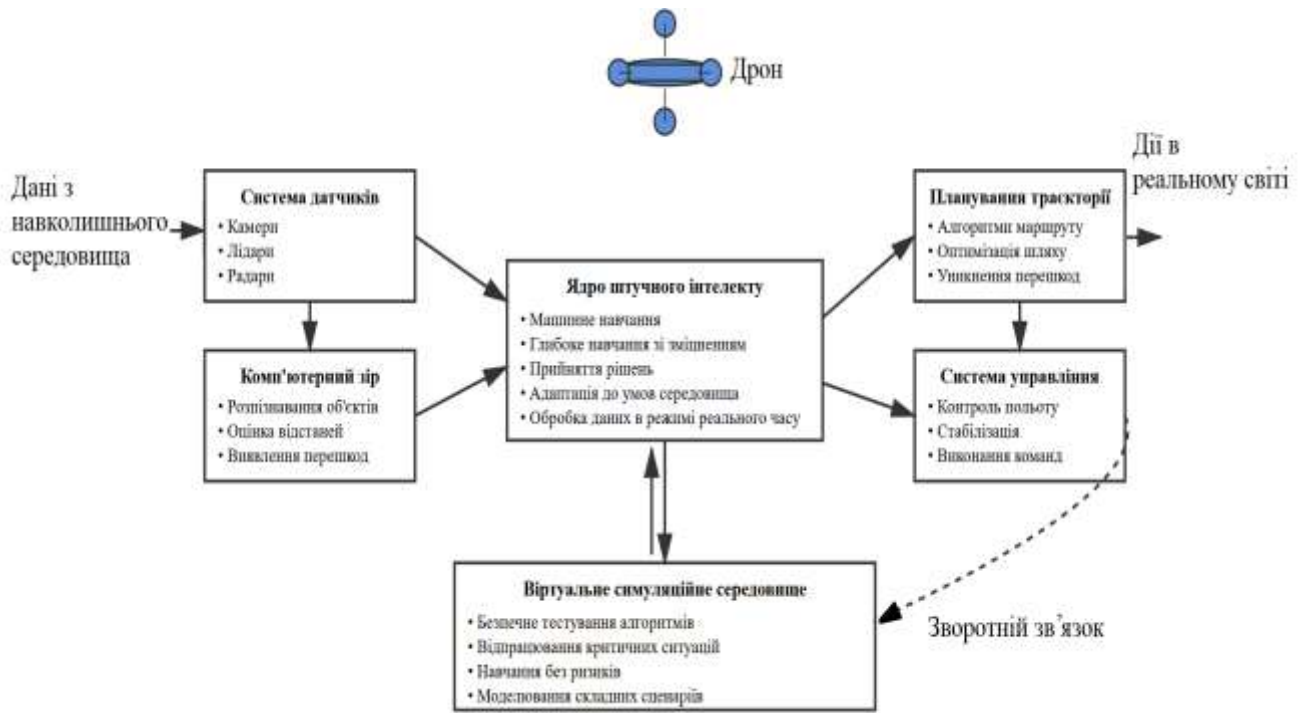


Рисунок 1 – Структура системи автономного управління дроном на базі штучного інтелекту

Функціонування автономного дрона базується на безперервному когнітивному циклі, що складається з трьох послідовних етапів: сприйняття, осмислення та дія. На етапі сприйняття система датчиків збирає інформацію про навколишнє середовище. Далі, на етапі осмислення, ядро штучного інтелекту обробляє отримані дані, аналізує ситуацію та приймає рішення. Завершальний етап – дія – полягає у виконанні обраних команд системою управління дроном. Після виконання дії цикл повторюється, забезпечуючи постійну адаптацію до змінюваних умов.

Розпізнавання об'єктів та розвідувальні можливості автономних дронів. Одним із ключових застосувань описаного когнітивного циклу є розпізнавання об'єктів та проведення розвідувальних операцій. Використання штучного інтелекту у цих напрямках стало революційним кроком, що забезпечує високу точність ідентифікації об'єктів і значно розширює можливості дронів у виконанні складних місій.

Системи штучного інтелекту в дронах оснащені передовими алгоритмами комп'ютерного зору, що дозволяють точно розпізнавати та класифікувати об'єкти на землі. Це включає автоматичне визначення транспортних засобів, будівель, людей та інших елементів навколишнього середовища. ШІ в дронах дозволяє проводити аналіз обстановки в реальному

часі – дрони можуть миттєво розпізнавати та аналізувати зміни у навколишньому середовищі, що робить їх важливим інструментом для оперативних розвідувальних місій.

Інтеграція систем машинного навчання дозволяє дронам адаптуватися до нових сценаріїв і покращувати свої можливості розпізнавання об'єктів, оптимізуючи алгоритми з урахуванням набутого досвіду. Дрони, обладнані ШІ, можуть ефективно виконувати пошук та визначення цілей, включаючи виявлення об'єктів інтересу на великих площах, що полегшує проведення розвідувальних операцій у різноманітних умовах.

Застосування ШІ розширює можливості розвідки далеко за межі простого виявлення цілей. Дрони здатні проводити глибокий аналіз характеристик об'єктів, включаючи оцінку їх стану, виявлення слідів і навіть передбачення поведінки в певних ситуаціях. У військових операціях дрони з ШІ ефективно виконують розвідувальні місії, надаючи важливу інформацію для стратегічного прийняття рішень. Вони також знаходять застосування у забезпеченні безпеки суспільства, зокрема у моніторингу територій та під час аварійних ситуацій.

Окрім військового застосування, дрони з ШІ демонструють високу ефективність у боротьбі зі злочинністю та пошуку зниклих людей. Вони здатні швидко сканувати великі території, виявляти підозрілі активності та локалізувати зниклих осіб, що робить їх незамінним інструментом для служб порятунку та правоохоронних органів.

Розширення функціональних можливостей автономних дронів та їх впровадження у критично важливі сфери застосування висувають підвищені вимоги до систем безпеки.

Розвиток технологій штучного інтелекту в автономних дронах супроводжується революційними методами забезпечення безпеки та автоматизованого захисту. Ці інновації не тільки знижують ризики зовнішніх впливів, але й підвищують рівень надійності дронів у різних сценаріях використання.

ШІ в дронах забезпечує функціонування систем виявлення та запобігання зіткнень.

Сенсори та камери, поєднані з алгоритмами машинного навчання, дозволяють дронам автоматично розпізнавати перешкоди та уникати зіткнень, що забезпечує високий рівень безпеки польотів.

Системи ШІ у дронах автоматично уникають заборонених зон.

Шляхом інтеграції геоданих та інформації про місцезнаходження, дрони можуть самостійно визначати географічні області, де їх використання обмежене, та автоматично коригувати маршрут для дотримання правил та розпоряджень.

Штучний інтелект відіграє ключову роль у захисті від зовнішніх впливів.

Дрони можуть автоматично реагувати на зміни погодних умов, уникаючи сильного вітру або змінюючи висоту польоту для мінімізації впливу атмосферних явищ.

Системи автоматичного відновлення у разі збоїв чи аварій забезпечують високий рівень надійності. ШІ може автоматично оцінювати ситуацію, приймати рішення про відновлення чи перемикання на резервні системи для підтримки нормального функціонування.

Дрони з ШІ мають можливість контролю за вторгненнями та блокування сигналів. Це включає здатність розпізнавати несанкціоновані повітряні об'єкти та блокувати зв'язок з ними, запобігаючи можливим загрозам безпеці.

Штучний інтелект активно застосовується для захисту контрольних точок та баз даних дронів.

Автоматизовані системи моніторингу та розпізнавання дозволяють виявляти підозрілу активність навколо ключових об'єктів та вживати заходів для забезпечення безпеки даних.

Адаптивні системи шифрування, керовані ШІ, гарантують безпечну передачу даних між дроном та оператором. Це запобігає несанкціонованому доступу та захищає конфіденційність інформації, що передається між дроном та контрольною станцією.

Віртуальні симуляції відіграють критично важливу роль у розробці та тестуванні систем автономного управління дронами. Вони дозволяють виконувати мільйони ітерацій навчання за короткий проміжок часу без ризику пошкодження обладнання, забезпечують повторюваність експериментів та можливість тестування екстремальних сценаріїв, які неможливо або небезпечно відтворити в реальності.

Використання симуляційних середовищ значно скорочує час і вартість розробки, дозволяючи швидко прототипувати та валідувати алгоритми штучного інтелекту перед їх впровадженням у реальні системи.

У процесі розроблення систем автономного управління повітряними роботами важливим етапом є тестування алгоритмів у симуляційному середовищі.

Використання віртуальних платформ дозволяє перевіряти поведінку дронів у складних умовах без ризику пошкодження обладнання, а також проводити навчання моделей штучного інтелекту.

У таблиці 1 наведено порівняльну характеристику найпоширеніших симуляційних платформ, що застосовуються для моделювання, навчання та тестування автономних дронів.

Таблиця 1 – Порівняння найпоширеніших симуляційних платформ, що застосовуються для моделювання, навчання та тестування автономних дронів

Платформа	Основне призначення	Реалістичність моделювання	Відкритість коду	Сумісність	Особливості застосування
1	2	3	4	5	6
Gazebo [16]	Моделювання робототехнічних систем, зокрема дронів	Висока фізична точність, детальне середовище	Відкрите програмне забезпечення (open-source)	ROS, PX4, MAVLink	Використовується для навчання алгоритмів навігації, SLAM, контролю руху
AirSim (Microsoft)	Симуляція дронів і наземних роботів у реалістичних 3D-середовищах. Microsoft офіційно припинила підтримку у 2023 р., однак платформа продовжує розвиватися спільноту.	Висока фотореалістичність, фізично достовірна динаміка	Відкрите програмне забезпечення (GitHub)	Unreal Engine, Unity, PX4	Підтримує як повітряні, так і наземні платформи; використовується для тестування алгоритмів автономності, систем ШІ та комп'ютерного зору

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Unity ML-Agents	Навчання агентів за допомогою штучного інтелекту	Середня фізична достовірність; можливо покращення через інтеграцію з PhysX або кастомними фізичними моделями.	Відкрите програмне забезпечення (SDK)	Unity Engine	Гнучке середовище для 3D-моделювання, потребує створення власних 3D-сцен і моделей дронів, що дає змогу моделювати сценарії, неможливі у реальності.
PX4 SITL (Software-In-The-Loop)	Тестування алгоритмів автопілоту без апаратної частини	Обмежена (немає візуальної симуляції)	Відкрите програмне забезпечення	Gazebo, ROS, QGround Control	Призначене для емуляції польотного контролера PX4, налагодження алгоритмів керування та перевірки логіки польоту.
FlightGoggles (MIT)	Візуальна симуляція польотів у VR/AR середовищі	Фотореалістичність поєднується з унікальною архітектурою: система використовує техніку «Chroma Key», де реальне відео з камери дрона замінюється на відрендерену 3D-сцену у реальному часі. Це забезпечує детерміновану затримку й точну емуляцію сенсорних даних.	Відкрите програмне забезпечення	ROS, PX4	Використовується для моделювання систем комп'ютерного зору, оцінки траєкторій, навігації та тестування SLAM-алгоритмів.

На основі таблиці 1 можна зробити висновок, що розглянуті симуляційні платформи мають різну спрямованість та ступінь реалістичності моделювання, що зумовлює їх використання для певних цілей у процесі розробки автономних дронів.

Узагальнюючи, можна зазначити, що:

- Gazebo та PX4 SITL – оптимальні для дослідження алгоритмів керування та моделювання динаміки дрона;
- AirSim та FlightGoggles – більш придатні для візуальних експериментів, комп'ютерного зору та навчання систем ШІ;
- Unity ML-Agents – забезпечує максимальну свободу у створенні середовищ для навчання, але вимагає глибокої інтеграції користувача.

Таким чином, вибір симуляційної платформи залежить від цілей дослідження: для фізично точних експериментів доцільно використовувати Gazebo або PX4 SITL, тоді як для завдань візуального сприйняття та глибинного навчання – AirSim, Unity ML-Agents чи FlightGoggles.

У роботі здійснено комплексний аналіз ролі штучного інтелекту у віртуальних симуляціях для автономного управління дронами. Досліджено ключові технологічні компоненти, що забезпечують автономність дронів, включаючи комплексні системи датчиків, системи комп'ютерного зору, алгоритми планування траєкторії та механізми машинного навчання.

Представлено структуру системи автономного управління дроном на базі штучного інтелекту, що базується на безперервному когнітивному циклі сприйняття, осмислення та дії, який забезпечує постійну адаптацію дрона до змінюваних умов навколишнього середовища.

Проаналізовано застосування штучного інтелекту для розпізнавання об'єктів та проведення розвідувальних операцій, а також розглянуто інноваційні методи забезпечення безпеки автономних дронів, що включають системи виявлення та запобігання зіткнень, автоматичне уникнення заборонених зон, захист від зовнішніх впливів та адаптивні системи шифрування. Особливу увагу приділено критичній ролі віртуальних симуляцій у процесі розробки та тестування систем автономного управління, оскільки вони дозволяють виконувати мільйони ітерацій навчання без ризику пошкодження обладнання, забезпечують повторюваність експериментів та можливість відпрацювання екстремальних сценаріїв.

Проведено порівняльний аналіз найпоширеніших симуляційних платформ, що застосовуються для моделювання автономних дронів, зокрема Gazebo, AirSim, Unity ML-Agents, PX4 SITL та FlightGoggles. Встановлено, що кожна платформа має специфічну спрямованість та ступінь реалістичності моделювання, що визначає доцільність її застосування для конкретних завдань розробки. Результати дослідження демонструють, що ефективний симбіоз штучного інтелекту та віртуального моделювання не лише прискорює розробку надійних автономних систем, але й відкриває перспективи створення складних координованих систем дронів для виконання різноманітних місій у військовій, промисловій та цивільній сферах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Sotnik, S. V., et al. [Modeling design of mobile robotic platform](#) // Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XXIV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів, 2024. – pp. 481-482
2. Andreiev, A. S., et al. Analysis of robotics platforms for educational and research purposes. Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації - 2024 // Матеріали IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Одеса, 26-27 вересня 2024 р., 2024. – pp. 25-27
3. Zarubin, I., et al. Basic principles of building aerial robots // Manufacturing & Mechatronic Systems 2024: Proceedings of VIII st International Conference, Kharkiv, October 25-26, 2024, pp. 32-36
4. Bielik, M. S., et al. Analysis of the structures of mobile platforms for promoter robots // The 5th International scientific and practical conference “Global trends in science and education” (June 2-4, 2025) SPC “Sci-conf.com.ua”, Kyiv, Ukraine, 2025. – pp. 319-325
5. Yechevskiy, A. D., et al. Research of orientation methods of autonomous mobile robots in industrial conditions // «Computer-integrated technologies, automation and robotics» CITAR-2025. – 2025. – pp. 115-119

6. Lashyn, Z. V., et al. Automation capabilities of equipment with built-in robot for manufacture of microelectronics products // Proceedings of the XVII International scientific and practical conference «Information technologies and automation – 2024», 2024. – pp. 283-286
7. Sukhomlinova, D.A., et al. Aerial robot in urban environments // Sustainable smart cities and communities: business and innovation solutions 2025: Proceedings of I st I International Conference, Kharkiv, April 21, 2025: Theses of Reports. – 2025. – pp. 45-46
8. Polikanov, K. A., et al. [Overview of modern technologies for residential automation](#) // «Computer-integrated technologies, automation and robotics» CITAR-2025. – 2025. – pp. 85-89
9. Achkan, M. S., et al. [Integration of cloud technologies into modern SCADA systems: prospects and challenges](#) // «Computer-integrated technologies, automation and robotics» CITAR-2025. – 2025. – pp. 26-29
10. Khalimonov, Y. I., et al. [Integration of IoT into security systems: opportunities and risks](#) // Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених, 20 листоп. 2024 р. – 2024. – pp. 117-121
11. Lykho, T. A., et al. [Pattern recognition and computer vision technologies in decision support systems of robotic systems](#) // Proceedings of the XVII International scientific and practical conference «Information technologies and automation – 2024». – 2024. – pp. 645-648
12. Зарубін, І. С. та інш. [Ефективність використання роботизованих систем у виробництві](#) // Computer-integrated technologies, automation and robotics CITAR-2024. – 2024. – pp. 150-153
13. Sotnik, S.V., et al. [Safe cobots in development of industrial robotics](#) // European scientific congress. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. – 2023. – pp. 80-84
14. Al-Sharo, Y. M., et al. [Generalized procedure for determining the collision-free trajectory for a robotic arm](#) // Tikrit Journal of Engineering Sciences. – 2023. – pp. 142-151
15. Sotnik, S., et al. [Some features of route planning as the basis in a mobile robot](#) // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – 8(5). pp. 2074-2079
16. Andreiev, A., et al. [Comparative analysis of robotics platform: Webots, Coppeliastm and Gazebo](#) // Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: Тези доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції (10-12 грудня 2024 р., м. Запоріжжя). [Електронний ресурс] /Електрон. дані. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». – 2024. – pp. 96-100