ПАЛЬЧИК Андрій
кандидат технічних наук,
викладач кафедри комп'ютерних технологій
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
СІТКАР Тарас
кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних технологій
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАЛЬНИХ БПЛА ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інтеграція безпілотних авіаційних комплексів у галузі логістики, агромоніторингу, геодезії та безпеки формує стійкий попит на фахівців, здатних проектувати, програмувати та експлуатувати кіберфізичні системи. Підготовка майбутніх спеціалістів цифрових технологій вимагає переходу від абстрактного моделювання до роботи з реальними апаратно-програмними середовищами, де теоретичні знання з алгоритмізації, обробки даних та мережевих протоколів трансформуються у практичні навички. Навчальні БПЛА виступають універсальним полігоном для формування цифрових компетентностей: вони поєднують вбудовані системи, комп'ютерний зір, телеметрію та автономне керування, створюючи міждисциплінарний освітній контекст. Відсутність систематизованих підходів до вибору технічних засобів навчальних дронів та їхнього узгодження з професійними стандартами ІТ-освіти зумовлює необхідність наукового обґрунтування архітектури та дидактичного потенціалу таких платформ [1].

У сучасній педагогічній та інженерній літературі використання БПЛА в освітньому процесі розглядається крізь призму STEM-інтеграції, розвитку алгоритмічного мислення та формування навичок роботи з IoT-архітектурами. Дослідники акцентують на ефективності проєктно-орієнтованого навчання, коли студенти реалізують повний цикл розробки: від налаштування польотного контролера до аналізу зібраних датчиками масивів [3]. Водночас більшість публікацій зосереджені на методичних аспектах впровадження або описі окремих навчальних курсів, тоді як технічна специфіка освітніх платформ, їхня масштабованість та відповідність сучасним вимогам ринку цифрових технологій залишаються недостатньо вивченими. Існуючі підходи часто ігнорують архітектурну гнучкість відкритих протоколів (MAVLink, ROS 2), що обмежує можливості студентів у галузі кастомізації та інтеграції власних алгоритмів. Систематизація апаратних компонентів навчальних БПЛА та їхнє узгодження з

компетентнісними моделями підготовки IT-фахівців потребує подальшого наукового опрацювання [2], [4].

Мета дослідження полягає у визначенні архітектурно-технічних характеристик навчальних БПЛА та оцінити їхній потенціал у формуванні професійних компетентностей майбутніх фахівців цифрових технологій.

Технічна база навчальних безпілотних систем формується на основі модульного принципу, що забезпечує поступове ускладнення навчальних задач. Центральним вузлом виступає польотний контролер на базі мікропроцесорів архітектури ARM Cortex-M або ESP32-S3, який виконує реальні обчислення стабілізації, навігації та обробки телеметрії. Сенсорний комплекс зазвичай включає інерційні вимірювальні модулі (IMU), барометри, модулі GNSS/RTK для прецизійного позиціонування, а також оптичні потокові датчики для польотів у приміщеннях без супутникового сигналу. Візуальні підсистеми представлені RGB-камерами з глобальним затвором, тепловізійними модулями або компактними 2D/3D LiDAR, що дозволяє студентам працювати з реальними даними комп'ютерного зору та просторового моделювання. Комунікаційний рівень реалізується через радіомодеми (LoRa, 2.4/5.8 GHz Wi-Fi, 4G/LTE), які підтримують протоколи MAVLink та UDP/TCP стеки, забезпечуючи двосторонній обмін даними з наземними станціями або хмарними сервісами. Програмне середовище інтегрує відкриті фреймворки (ArduPilot, PX4, ROS 2 Humble), мови високого рівня (Python, C++) та інструменти симуляції (Gazebo, AirSim), що створює безперервний цикл «код-тест-верифікація».

Освітній потенціал таких систем полягає у формуванні практичних навичок роботи з розподіленими обчисленнями, обробкою потоків даних у реальному часі та кібербезпекою комунікаційних каналів. Студенти опановують архітектурне проектування вбудованих систем, налагодження датчикових мереж, розгортання нейронних мереж на периферійних пристроях (edge AI), а також основи нормативно-правового регулювання повітряного простору. У процесі виконання навчальних завдань розвиваються ключові професійні компетентності: алгоритмічне моделювання, діагностика апаратних збоїв, інтеграція API, візуалізація телеметрії та управління проєктами в умовах технічних обмежень.

У навчальній практиці навчальні БПЛА застосовуються у кількох напрямках. У курсах програмування та робототехніки студенти пишуть скрипти автономної навігації, реалізують алгоритми уникнення перешкод на основі стереозору або ультразвукових даних, налаштовують PID-регулятори для стабілізації польоту. У дисциплінах з аналізу даних та GIS здійснюється збір аерофотознімків, їхня ортомозаїка, класифікація об'єктів місцевості за допомогою бібліотек OpenCV та scikit-image, побудова цифрових моделей рельєфу. STEM-проєкти часто інтегрують математичне моделювання траєкторій, розрахунок енергоспоживання та оптимізацію вагових характеристик

конструкції. Переваги такого підходу включають високу мотивацію через візуальний зворотний зв'язок, міждисциплінарність, наближеність до промислових стандартів та можливість масштабування від базових лабораторних установок до складних автономних систем. Серед обмежень слід виокремити значні початкові витрати на комплектацію, необхідність сертифікованих інструкторів, регуляторні бар'єри щодо польотів у населених пунктах, а також високу вимогливість до технічного обслуговування та безпеки експлуатації. Впровадження гібридних форматів (поєднання симуляторів з реальними польотами) частково нівелює ці ризики, зберігаючи дидактичну цінність практики.

Технічні засоби навчальних БПЛА становлять ефективний інструмент професійної підготовки фахівців цифрових технологій, оскільки забезпечують інтеграцію теоретичних знань з інженерною практикою у реальних умовах. Архітектурна відкритість сучасних платформ, підтримка стандартних протоколів зв'язку та сумісність з популярними середовищами розробки дозволяють формувати компетентності в галузі вбудованих систем, обробки даних, комп'ютерного зору та мережевої безпеки. Для подальшого вдосконалення освітніх програм доцільно розробити уніфіковані модульні навчальні комплекси, впровадити стандартизовані методики оцінювання цифрових навичок та інтегрувати віртуальні симуляційні середовища з фізичними полігонами. Перспективними напрямами наукових пошуків залишаються дослідження адаптивних навчальних алгоритмів на базі штучного інтелекту, оптимізація енергоефективності освітніх дронів та розробка відкритих репозиторіїв навчальних проєктів для забезпечення академічного обміну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Концепція розвитку STEM-освіти в Україні : затв. наказом МОН України від 25.04.2019 № 580. Київ, 2019. 24 с.
2. Биков В. Ю., Спірін О. М. Цифрова трансформація освіти: виклики та стратегії впровадження. Київ : Атіка, 2021. 288 с.
3. Riegler, M. A., et al. Unmanned Aerial Vehicles in Education: A Systematic Review of Technical Implementations and Pedagogical Outcomes. Computers & Education. 2022. Vol. 189. P. 104582. DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104582.
4. Артемчук Г. І., Ткачук А. В. Робототехніка та програмування мікроконтролерів у підготовці інженерів цифрової економіки. Інформаційні технології в освіті. 2022. № 3. С. 112–121.