ОКРЕМІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ УЧНІВ ДО ПРОГРАМУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НАВЧАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

SPECIFIC ASPECTS OF PREPARING STUDENTS FOR PROGRAMMING UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR EDUCATIONAL PURPOSES

УДК 37.02:004
DOI https://doi.org/10.32782/ip/89.65
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Мовчан М.О.,
orcid.org/0009-0002-7342-5336
викладач кафедри інформаційних технологій і програмування, аспірант Українського державного університету імені Михайла Драгоманова

Стаття присвячена практичному досвіду з підготовки учнів до використання навчальних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як інструменту формування компетентностей у галузі програмування та технічних компетентностей у межах STEM освіти. Проаналізовано застосування БПЛА у різноманітних галузях та прикладні технології, які допомагають цим БПЛА вирішувати реальні завдання, а також актуальність впровадження подібного підходу у навчанні програмування за допомогою навчальних робототехнічних систем, наприклад, таких як DJI Tello. Розглянуто підходи до використання БПЛА в освіті в Україні та за кордоном, які аспекти потребують покращень та подальшого розкриття цієї тематики, також, яким чином зробити програмування дронів доступним для вивчення. Проаналізовано характеристики, які необхідно мати навчальному дрону, наведено приклади технологій, які можуть бути застосовані для адаптації до технічних навичок відповідної вікової категорії учнів. Запропоновано навчальний модуль, в якому наведено приклади проєктів, які було реалізовані учнями Київської Малої академії наук (Україна), а саме: базовий застосунок з керування дроном DJI Tello, створений за допомогою вебтехнологій (HTML, CSS, Javascript, Node.js та різноманітні бібліотеки), креативні підходи щодо подолання деяких обмежень у керуванні дроном, дослідження та використання технічної документації для створення застосунку з керування дроном та ін.. Окреслено, які навички учні можуть сформувати в ході виконання проєктів, запропонованих у розробленому навчальному модулі. Наведені перспективи розвитку для подальших досліджень, які фактори можуть знизити поріг входу до такої діяльності для учнів, а також окреслені проєкти, які учні можуть реалізувати у майбутньому, з метою розширення функціоналу попередньо створеного застосунку з керування дроном.
Ключові слова: *навчальний БПЛА, навчальний дрон, програмування БПЛА, програмування дронів, освітня робототехніка, STEM освіта, практичні проєкти.*

The article is devoted to practical experience in preparing students to use educational unmanned aerial vehicles (UAVs) as a tool for developing programming and technical competencies within STEM education. It analyses the use of UAVs in various fields and applied technologies that help drones solve real-world problems, as well as the relevance of implementing such an approach in programming education using educational robotics systems, such as DJI Tello. Approaches to the use of UAVs in education in Ukraine and abroad are examined, as well as aspects that need improvement and further exploration of this topic, and how to make drone programming accessible for learning at schools. The characteristics that an educational drone must have are analyzed, and examples of technologies that can be utilized to adapt to the technical skills of the relevant age group of students are given. A training module is proposed, which provides examples of projects that have been implemented by students of the Kyiv Junior Academy of Sciences (Ukraine), namely: a basic application for controlling the DJI Tello drone, created using web technologies (HTML, CSS, Javascript, Node.js and various libraries), creative approaches to overcoming some of the limitations in drone control of DJI Tello, research and use of technical documentation to create a drone control application, etc. The skills that students can develop while completing the projects proposed in the developed training module are outlined. Prospects for further research are suggested, factors that can lower the threshold for students to engage in such activities are identified, and projects that students can implement in the future are outlined with the aim of expanding the functionality of the previously created drone control application.
Key words: *educational UAV, educational drone, UAV programming, drone programming, educational robotics, STEM education, practical projects.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Багато галузей шукають способи оптимізації певних процесів використовуючи сучасні технології. Одним з інструментів, які можуть забезпечити цю оптимізацію є безпілотні літальні апарати або дрони. За останні роки різноманітні галузі використовують БПЛА у поєднанні з сучасними технологіями, такими як машинне навчання, штучний інтелект та інші для виконання прикладних завдань. З плином часу креативність подібних рішень зростає, що в свою чергу дає поштовх для розвитку індустрії БПЛА та технологій, які підсилюють їх функціонал.

Завдяки зацікавленості різноманітних компаній та користувачів у використанні БПЛА для певних цілей, індустрія розширює варіанти, які будуть адаптуватися під конкретні цілі. У зв'язку із стрімким розвитком штучного інтелекту компанії проводять дослідження та тестування інноваційних технологій, наприклад, таких як безпілотне таксі, дрони-кур'єри, дрони-рятувальники тощо [1]. Водночас, за останні роки можна спостерігати посилене використання дронів у військовій галузі, відбуваються тренування пілотів FPV (First Person View) дронів та пілотів розвідувальних дронів; ними вивчаються різні модифікації для дронів (як апаратні, так і програмні) тощо.

В таких умовах впровадження БПЛА у повсякденне життя та різні галузі професійної діяльності відбувається прискореними темпами. Це створює попит на фахівців, які володіють навичками не

лише керування дронами, а й їх програмування, обслуговування та інтеграції в складні системи. Відповідні компетентності стають невід'ємною частиною цифрової та технічної грамотності фахівців. Таким чином, підготовка сучасної молоді до роботи з БПЛА навчального призначення, зокрема до умінь їх програмувати, відповідає стратегічним цілям розвитку людського капіталу та є кроком до формування покоління, готового до викликів четвертої промислової революції.

В Україні запит на підготовку молоді до роботи з БПЛА посилився внаслідок їх застосування в оборонних операціях [2]. Кількість освітніх ініціатив, що спрямовані на підготовку операторів та розробників, постійно зростає: з'являються спеціалізовані курси на різних платформах (наприклад, «Drone School», Dronarium, Prometheus, Академічні програми Kyiv Drone Pilot, UA Drone School та ін.), що поєднують теорію, симуляцію й польові вправи. Окремі аспекти підготовки фахівців у галузі проєктування, програмування та практичного застосування БПЛА у цивільних і військових масштабах впроваджуються також і у закладах вищої освіти. Зокрема, у 2024–2025 рр. Київська школа економіки, НаУКМА, Харківський національний університет Повітряних Сил розробили та впроваджують відповідні інженерні напрями.

Враховуючи сучасні реалії та беззаперечну актуальність необхідності використання дронів та формування відповідних навичок роботи з ними, постає закономірне питання: *чи можна використовувати дрони в освітньому процесі з метою підготовки учнівської молоді до роботи з навчальними БПЛА*?

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз досліджень [3–8] та публікації з питань програмування навчальних дронів, показав актуальність даної тематики як в закордонних, так і в українських закладах освіти. Українські дослідники та практики розглядають програмування дронів як складову STEM освіти, пропонуючи вивчати базові аспекти апаратної та програмної частин дрона, проводити відповідні тренінги. Закордонні фахівці вивчають як досвід використання дронів в освіті (наприклад, на уроках робототехніки, для проведення різноманітних змагань та ін.), так і розробку комплексних застосунків, які демонструють роботу дронів з використанням сучасних технологій, але не є адаптованими до використання у навчальному процесі. У розглянутих дослідженнях пропонується використовувати модель дрона DJI/RYZE Tello, оскільки ця модель підтримує велику кількість мов програмування, що полегшує впровадження у навчальний процес відповідно до мови програмування, яку застосовує вчитель.

Для уникнення неоднозначних тлумачень основних понять, що використовуються у даному дослідженні, уточнимо їх визначення. Різні практики та науковці відповідно до даної теми використовують терміни «дрон», «БПЛА», «drone» тощо, але в їх дослідженнях не завжди уточнюється, в якому сенсі застосовуються ці поняття. Тому варто приділити окрему увагу тому, що саме мається на увазі, коли зустрічається термін БПЛА, навчальний БПЛА та дрон, оскільки зазначені терміни можуть поширюватися на кілька напрямів, що не можуть бути використані в рамках освітнього процесу.

В контексті даного дослідження під терміном «БПЛА» будемо розуміти *безпілотний літальний апарат*, а саме літальний апарат, який не має пілота на борту, та контролюється дистанційно людиною-оператором. Термін «дрон», у свою чергу, є доволі поширеною назвою БПЛА у цивільному просторі. Враховуючи різноманітність використання, в кожній галузі можна по своєму трактувати, що саме є БПЛА. Використання дронів у навчальному процесі з метою формування актуальних навичок, які потім можуть бути використані у цивільному, дослідницькому або іншому контексті, під терміном «дрон» або «БПЛА» будемо розуміти квадрокоптер, або ж БПЛА, який має 4 несучих гвинтів, та, іноді, в деяких прикладах, гексакоптер, який має 6 таких гвинтів.

Серед основних галузей застосування дронів можна виділити наступні:

- *Цивільна*: застосування у аерофото та відео зйомці, рятувальні операції, доставка предметів тощо.
- *Наукова*: збір різноманітних даних, які будуть потім використані у дослідженнях, наприклад, дослідження в екології, метеорології, геології тощо.
- *Аграрна*: тут переважно використовуються гексадрони, враховуючи необхідність пересування з великим баком для розпилювання. Наразі дрони активно застосовуються у цій галузі та сприяють не тільки пришвидшенню процесу обробки рослин від шкідників, а й допомагають збирати різноманітні дані щодо стану рослин та поля загалом.
- *Військова*: в основному дрони використовуються для розвідки, виявлення цілей, та інших задач, які мінімізують людські втрати.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Зважаючи на необхідність у фахівцях, які вміють керувати та програмувати дрони, постає питання щодо доступності навчального матеріалу з даної тематики. Як було зазначено в аналізі досліджень, українські фахівці фокусуються на освітній складовій, але при цьому прикладне застосування поки що не повністю розкрите, а закордонні науковці фокусуються більше на прикладній технічній складовій. Але головною проблемою залишається те, що ті чи інші дослідження не пропонують конкретних шляхів до реалізації подібної діяльності в освіті, вдаючись до абстрактного та гіпотетичного застосування, або занадто технічного, що унеможливлює використання цих матеріалів учнями.

Формулювання цілей статті. Метою даного дослідження є висвітлення практичного досвіду підготовки учнів до програмування БПЛА навчального призначення, а також визначення ефективних підходів для формування відповідних компетентностей у здобувачів освіти.

Завданнями статті є:

1. Проаналізувати поточний стан застосування дронів в освіті.

2. Запропонувати модуль для навчання учнів керування та програмування дронів, а також обладнання та технології, які будуть використані в цьому модулі.

3. Окреслити, які навички учні можуть сформувати за допомогою проєктів з керування та програмування дронів.

Виклад основного матеріалу. Розглядаючи дрони в освітньому контексті, зазначимо, що їх можна використовувати як платформу для розвитку компетентностей з програмування й одночасно досліджувати особливості керування дроном, обмеження його апаратних та програмних характеристик для виконання певних завдань та вивчати питання розширення функціоналу дронів. На теперішній час застосування дронів в освіті можливе, оскільки все більше компаній починають звертати увагу на навчальні дрони та розвивати цей напрям. Однією з таких компаній є DJI, яка спільно з компанією RYZE випускає серію дронів RYZE/DJI Tello, основною особливістю яких є можливість їх програмування.

У контексті освіти навчальні дрони розглядаються як робототехнічні системи, метою використання яких є прикладне застосування програмування для вирішення певних задач. Такий підхід дозволяє учням розглянути різноманітні підходи до створення застосунку для роботи з робототехнічною системою, спробувати оптимізувати свій код для покращення роботи застосунку, а також набути досвіду роботи з документацією та різноманітними додатковими сервісами, які можуть розширити функціонал застосунку.

У процесі проведення даного дослідження використовувався навчальний дрон DJI Robomaster Tello Talent (третє покоління DJI Tello), який має найбільш розширений функціонал у порівнянні з попередніми моделями даної серії.

БПЛА навчального призначення у порівнянні з іншими квадрокоптерами цивільного використання не мають потужних технічних характеристик, але цих характеристик цілком достатньо для навчання, оскільки найголовнішим завданням навчальних дронів є можливість навчання учнів керувати дроном та показати практичне застосування програмування шляхом розробки застосунків для дронів. Саме цей фокус на освітню складову робить навчальні дрони відносно доступними у порівнянні з професійними, що мають кращі камери, потужніші мотори, відмінні програмні особливості тощо.

Для наочності розглянемо характеристики дрона, який було використано у даному дослідженні, а саме DJI Robomaster Tello Talent (рис. 1):

Рис. 1. БПЛА DJI Robomaster Tello Talent

Джерело: https://ek.ua/ua/DJI-ROBOMASTER-TT.htm

- Вага: 87 г.
- Камера: 5 МП.
- Якість фото/відео: 720p/750p.
- Максимальна висота польоту: 30 м.
- Максимальна дальність польоту: 100 м.
- Максимальна швидкість: 8 м/с.
- Максимальний час польоту: 13 хв.
- Максимальний час польоту з модулем розширення: 8.5 хв.
- Датчики: інфрачервоне визначення висоти, барометр, датчик нижнього огляду.
- Мови програмування, які підтримуються дроном: обмежень немає. Необхідною умовою для роботи є можливість створення сервера, який буде працювати з протоколом UDP (User Datagram Protocol). Найпоширенішими мовами програмування для цього дрона є Scratch, Python, мови веброзробки (HTML/CSS/JS/Node.js), Swift та Kotlin.

Аналізуючи наведені характеристики та порівнюючи їх з іншими дронами, наприклад, DJI Mavic або Air, можна дійти до висновку, що найголовнішими характеристиками навчального дрону є підтримка мов програмування (чи середовищ для програмування) та наявність різноманітних датчиків, на основі яких можна отримувати необхідні дані для програмування відповідних подій. Підтримка ж різних мов програмування надає можливість вчителю адаптувати навчальну програму відповідно до тієї мови програмування, яку учні вивчали раніше.

Однією з найпоширеніших навчальних задач з програмування дронів є створення застосунку з керування дроном. При цьому це завдання можна адаптувати відповідно до вікової категорії учнів та мови програмування, яку вони вивчають. Наприклад, для 5–6 класів можливе використання блокового програмування за допомогою Scratch; для 7–9 класів – це може бути мова програмування Python; для 10–11 – розробка вебзастосунку

за допомогою вебтехнологій HTML/CSS/Javascript. Крім того, великою перевагою навчальних дронів серії Tello є наявність застосунку для керування дроном від виробника, що, в свою чергу, дозволяє учням ознайомитися з базовими функціями керування дроном, перед тим як переходити до розробки власного застосунку.

Для формування та розвитку умінь розробки застосунків для керування дронами учням-слухачам Київської Малої академії наук (Київ, Україна), які навчаються в секції «Комп'ютерна інженерія. Програмна інженерія» протягом 2022–2024 рр. було запропоновано такі проєкти:

- Проєкт 1. Розробка базового вебзастосунку для керування дроном.
- Проєкт 2. Розробка модуля для керування дроном за допомогою геймпаду (вивчення документації для роботи з відповідними технологіями, робота з сервісами для налаштування геймпаду, впровадження нового функціоналу в базовий вебзастосунок).

Проєкт 1

Метою реалізації даного проєкту є навчання учнів розробці базового вебзастосунку для керування дроном. Проєкт складається з наступних етапів:

- розробка клієнтської та серверної частин застосунку;
- панель керування;
- трансляція відео з дрону.

В ході розробки застосунку учні ознайомились з базовими кроками до створення серверу, за допомогою таких технологій та бібліотек, як node.js, express.js та socket.io. Остання бібліотека є ключовою технологією, що слугує як «міст» між клієнтом і сервером для надсилання команд дрону. У клієнтській частині учні працюють зі стандартними вебтехнологіями, а саме HTML/CSS/Javascript, створюючи інтерфейс застосунку з використанням сучасних технологій розмітки (flexbox та grid), адаптуючи застосунок під різні роздільні здатності екрану.

Особлива увага в клієнтській частині приділена опрацюванню команд для подальшого виконання дроном, які потім надсилаються на сервер. У процесі роботи над проєктом передбачено створення різноманітних модулів Javascript файлів, які показують учням, як можна оптимізувати код програми з використанням спеціальних атрибутів HTML елементів. Крім того, передбачена підтримка керування за допомогою клавіатури, запропоновані підходи до роботи з різноманітними полями для введення даних, що можуть бути прийняті як аргумент до команди дрону (наприклад, задати колір ліхтаря модуля розширення, налаштування швидкості дрона та інші), додатково реалізована функція знімку з камери дрона.

В результаті роботи над проєктом учні розробляють базовий вебзастосу нок для керування дроном, який може мати такий вигляд (рис. 2):

Для розробки застосунку з керування навчальним БПЛА учні використовували ноутбуки. При цьому також можна використовувати й настільні комп`ютери, але основною вимогою для цього є наявність Wi-Fi модуля, необхідного для під`єднання дрона до точки доступу. Стосовно вибору технологій для розробки застосунку з керування дроном було обрано вебтехнології, а саме HTML/CSS/Javascript для клієнтської частини,

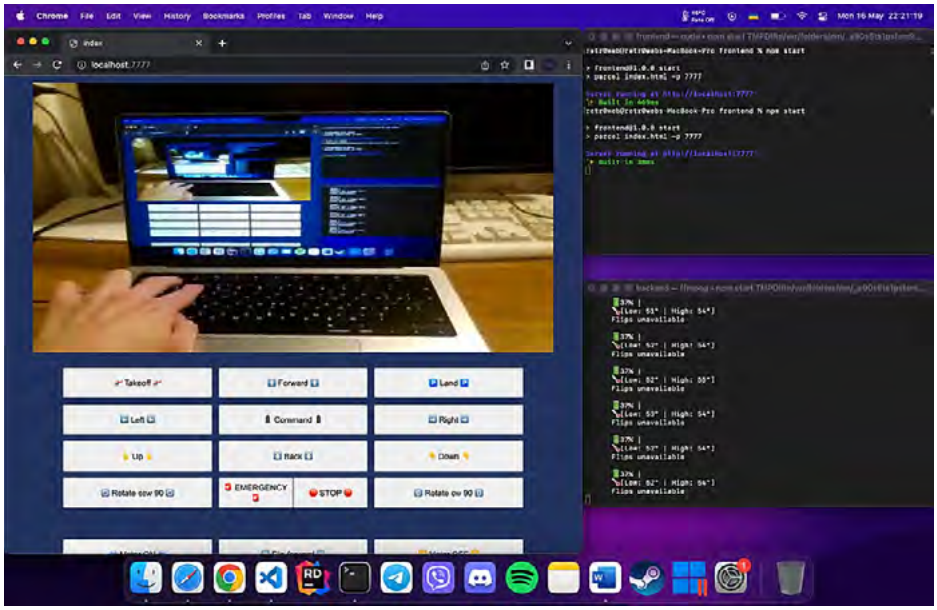

Рис. 2. Приклад інтерфейсу розробленого застосунку для керування дроном

Джерело: власна розробка

Node.js для серверної частини. Протягом всього навчального процесу учні поступово удосконалювали інтерфейс застосунку, кожного разу додаючи новий функціонал, наприклад, панель керування для модуля розширення (доступно тільки для моделі DJI Robomaster TT), трансляцію відео з дрону тощо.

Враховуючи особливості роботи з дроном DJI Tello, з учнями можна розглянути архітектуру застосунку, яка складається з клієнтської та серверної частини. Ланцюг взаємодії дрону з пристроєм керування (у даному дослідженні – це ноутбук, або комп'ютер, який обов'язково має модуль Wi-Fi) виглядає наступним чином: при ввімкненні дрона запускається вбудована точка доступу Wi-Fi, до якої має приєднатися пристрій керування. Далі на пристрої керування потрібно завантажити застосунок, який має серверну та клієнтську частину.

Застосунок розділено на ці дві частини з метою розмежування виконання функцій для роботи з дроном та ефективнішого управління кодом, де клієнтська частина може бути налаштована під потреби учня, а саме у тому вигляді, який буде зручний для використання учнем. Наприклад, панель може мати блок з кнопками, які виконують певні команди (руху, спеціальні режими, швидкісні режими тощо), а серверна частина буде відповідно отримувати сигнал від клієнтської частини та надсилати зазначену команду до дрона (рис. 3).

В кінці роботи над проєктом в учнів передбачено формування таких умінь:

- Створювати клієнтську та серверну частину вебзастосунку для керування дроном.
- Створювати панель керування та налаштовувати її для використання відповідних команд.
- Реалізовувати альтернативні способи керування (наприклад, за допомогою клавіатури).
- Створювати сервер для трансляції відео з дрону та використовувати бібліотеку для демонстрації відео в клієнтській частині застосунку.

Проєкт 2

Метою реалізації даного проєкту є навчання учнів використовувати окремі апаратні засоби для удосконалення функціоналу застосунку для керування дроном. Проєкт складається з наступних етапів:

- Вивчення документації для роботи геймпаду з вебзастосунком.
- Робота з сервісами для налагодження геймпаду.
- Розробка та впровадження нового функціоналу (модуля) в базовий вебзастосунок для керування дроном.

Цей проєкт надає можливість учням ознайомитись з документацією та сервісами, які допоможуть у розробці модуля для застосунку, що використовує спеціальний контролер для керування дроном. Запропонований спосіб керування є наближеним до способу керування цивільними дронами,

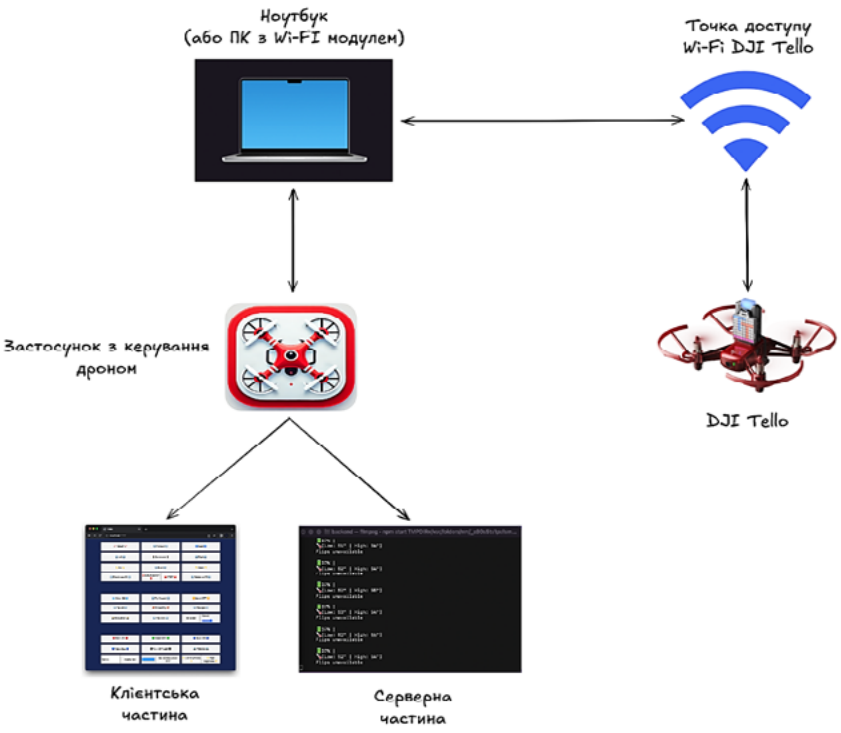

Рис. 3. Схема роботи застосунку з використанням дрону

Джерело: власна розробка

наприклад, дронами серії DJI Mavic. Такий підхід в керуванні надає учням відповідні знання та уміння, що використовуються для майже всіх видів дронів, навіть таких як FPV дрони.

Для керування навчальним дроном пропонується використовувати геймпад як спеціальний контролер (рис. 4), а саме контролер для ігрової консолі Playstation або Xbox, оскільки для таких пристроїв є можливість підключення до вебзастосунку. Крім того, вони мають достатній набір кнопок, кожній з яких можна задати відповідну команду для керування дроном.

Рис. 4. Геймпад Xbox One Wireless Gamepad

Джерело: https://www.xbox.com/en-gb/accessories/controllers/xbox-wireless-controller

Під час роботи над розробкою модуля для під'єднання геймпаду учні досліджують, як запрограмувати геймпад для роботи в вебзастосунку на основі вивчення відповідної документації [9], а також дізнаються, як використовувати сервіси для перевірки коректності роботи геймпаду за допомогою сайту Gamepad tester [10]. Ознайомившись з цими ресурсами, учні зможуть створити модуль, який можна налаштувати з відповідними параметрами для керування, а також призначити кнопкам відповідні команди (наприклад, кнопка A – взліт дрону, кнопка Y – його приземлення).

Керування дроном буде відбуватися за допомогою 2 стіків, які мають 2 вісі координат, що будуть використовуватися як значення у спеціальній команді дрона. Таке керування вирішує певний недолік роботи DJI Tello, а саме те, що команди, призначені для руху, на ньому виконуються послідовно, що обмежує виконання певних дій одночасно. Однак, використання команди **rc** та значення зі стіків як параметрів для цієї команди надає можливість дрону виконувати складні маневри.

В кінці роботи над проєктом в учнів передбачено формування таких умінь:

- Вивчати документацію з вебтехнологій для розширення функціоналу застосунку для керування дроном.
- Використовувати сервіси для налаштування та перевірки роботи геймпаду.
- Підключати та використовувати контролер до застосунку для керування дроном.
- Налаштовувати команди до кнопок геймпаду відповідно до потреб.

Сучасні технології постійно розвиваються, тому ідей для розробки застосунків для керування дронів у процесі розв'язування прикладних задач з кожним роком буде все більше. Наразі також спостерігається стрімкий розвиток галузі штучного інтелекту, який також можна використовувати у процесі програмування дронів відповідно до технічного завдання до розробки застосунку.

Таким чином, навчання програмування дронів не тільки показує практичне застосування навичок програмування, а й дозволяє реалізувати принципи проблемно-орієнтованого навчання, що сприяє формуванню й розвитку в учнів:

- *Алгоритмічного та логічного мислення* (у процесі розробки алгоритмів для виконання дроном конкретних завдань).
- *Навичок системного аналізу* (у процесі розуміння взаємодії апаратних та програмних компонентів БПЛА).
- *Креативності та інноваційності* (у процесі пошуку нестандартних рішень, наприклад, для оптимізації роботи дронів).
- *Умінь працювати в команді* (у процесі спільної розробки проєктів та обміну досвідом).

Ці уміння є фундаментальними для успішної кар'єри у майбутніх професіях, пов'язаних з використанням дронів, таких як оператор БПЛА, інженер з розробки та програмування дронів, фахівець з інтеграції безпілотних систем, аналітик даних, отриманих з дронів, та багатьох інших.

Враховуючи сучасні виклики та розвиток технологій, дрони будуть все більше застосовуватися у різноманітних галузях, що забезпечуватиме попит на навчальні дрони, і, в свою чергу, стимулюватиме їхнє застосування в освітньому процесі.

Висновки. Дане дослідження свідчить про те, що підготовка учнівської молоді до програмування навчальних БПЛА є не лише доцільною, а й необхідною. Це сприятиме розвитку технічної освіти, підвищенню рівня компетентностей у STEM напрямках, та посиленню державного потенціалу у галузі розробки та використання інноваційних технологій.

На час проведення даного дослідження автором не було знайдено узагальнених підходів до побудови структури курсу щодо навчання учнів програмування БПЛА, а також систематизованих відомостей стосовно того, які сучасні підходи до програмування дронів можна застосувати для того, щоб навчити школярів досліджувати та використовувати відповідні сервіси і бібліотеки, що будуть допомагати у вирішенні завдань керування дроном та сприяти розв'язуванню комплексних задач даної галузі (наприклад, використання технологій комп'ютерного зору). Таким чином, даний напрям подальших досліджень є важливим та перспективним.

За результатами проведеного дослідження авторами розроблено та запропоновано модуль для навчання учнів керування дронами з використанням сучасних підходів програмування, який можна використовувати в шкільному курсі програмування [11]. Крім того, підготовлено дидактичні матеріали, що можуть бути використані вчителями для організації та реалізації комплексних проєктів з учнями із застосуванням сучасних підходів до програмування дронів [12]. Подібні проєкти дозволяють учням засвоїти знання та сформувати в них уміння працювати з різноманітними документаціями та сервісами, що в подальшому дозволить удосконалити функціонал наявних застосунків з керування дронами. Перспективами подальших досліджень є залучення учнів до розробки та реалізації таких проєктів, як:

- Програмування рою дронів, дослідження специфіки розробки застосунку керування різною кількістю дронів для виконання певних задач, наприклад, шоу дронів.
- Симуляція сценаріїв з рятувальних операцій, де учні можуть краще ознайомитися з програмуванням подій та застосуванням технологій комп'ютерного зору.
- Створення додатків для автономного керування дроном. Прикладом такого застосунку може слугувати програма для управління дроном, який знімає відео та фокусується на певному об'єкті чи людині та постійно слідує за нею.
- Створення застосунку з використанням технологій Інтернету речей, що може бути реалізовано з ще однією робототехнічною системою від компанії DJI, а саме з системою DJI Robomaster S1.

Незважаючи на перспективність розвитку даної галузі в цілому, на сьогодні дискусійними залишаються питання:

- вибору вікової категорії учнів, яких доцільно навчати програмувати дрони, що також залежить від рівня їх попередньої підготовки з програмування;
- добору технологій для програмування дронів залежно від вікової категорії учнів (наприклад, чи доцільно в середніх класах (з 6 по 9 кл.) як основну мову для програмування дронів використовувати мову програмування Python, чи ні і т.д.);
- можливості застосування засвоєних знань та сформованих умінь на інших платформах;
- стосовно того, чи потрібно впроваджувати навчання роботи з дронами та їх програмування в загальноосвітні школи, чи тільки в школи (класи) з природничо-математичним та/або інженерно-технічним профілем;
- мети та змісту навчання учнів роботи з дронами та їх програмування (що також залежить від вирішення попередніх питань);
- стосовно того, чи потрібно впроваджувати теми для роботи з дронами та їх програмування у підготовку майбутніх учителів та якої спеціальності (залежить від вирішення попередніх питань) та ін.

Однак, актуальність і своєчасність впровадження в українські школи навчання учнів роботи з дронами та їх програмування не викликає сумнівів. Вищезазначене підкреслює важливість інтеграції програмування БПЛА навчального призначення в освітні програми закладів освіти. Це не лише забезпечить здобувачів освіти необхідними знаннями та навичками для майбутніх професій, а й сприятиме підвищенню розвитку інноваційного потенціалу України в цілому. На вирішення окреслених та дотичних питань і будуть спрямовані подальші дослідження автора.

Подяка

Дослідження, результати якого подані в статті, проведено в рамках проєкту "Кращі практики ЄС у галузі STREAM освіти для майбутніх учителів" (STREAM) за програмою Erasmus+ Jean Monnet Module (номер проєкту 101098885-ERASMUS-JMO-2022-HEI-TCH-RSCH-UA-IBA). Проєкт STREAM співфінансується за підтримки Європейської Комісії. У статті відображено погляди автора. Європейська Комісія не несе відповідальність за будь-яке використання інформації, що міститься в ній.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Дрони: сфери застосування зараз і в майбутньому : вебсайт. URL: https://brain.com.ua/ukr/brain_guide/Droni-sferi-zastosuvannya-zaraz-i-v-maybutnomu/?srsltid=AfmBOopO7_17Mzxs6Sm1aI_9z-9aIHQ5Xk5yZYpTVMp3Nl_Lh1_Dw8Ls#%D0%A2%D0%B8%D0%BF-%D0%BA%D0%B5%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F (дата звернення: 28.10.2025).

2. Серветник І. В., Сніжко Д. В. Роль БпЛА в забезпеченні розвідувальної інформації : матеріали наук.-практ. конф., 7 груд. 2023 р. Харків : ХНУПС імені І. Кожедуба, 2023. С. 30. URL: https://hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/stud-conf/bpla-hnups-konf.pdf (дата звернення: 28.10.2025).

3. Giernacki W., Rao J., Sladic S., Bondyra A., Retinger M., Espinoza-Fraire T. DJI Tello Quadrotor as a platform for research and education in mobile robotics and control engineering. *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*. 2022. P. 735–744. DOI:https://doi.org/10.1109/ICUAS54217.2022.9836168 (Last accessed: 28.10.2025).

4. García P., Arribas L., Pueyo P., Riazuelo L., Murillo A. C. Exploring DJI Tello as an affordable drone solution for research and education. 7th Iberian Robotics Conference (ROBOT). 2024. P. 1–6. DOI: https://doi.org/10.1109/ROBOT61475.2024.10796954 (Last accessed: 28.10.2025).

5. Petrovič P., Verčimák P. Using programmable drone in educational projects and competitions. arXiv preprint arXiv:2402.17409. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2402.17409 (Last accessed: 28.10.2025).

6. Балабух О. І., Балик Н. Р. Ексклюзивна програма інтегрованого спецкурсу з вивчення дронів в основній школі. *Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*: зб. тез XIII Міжнарод. наук.-практ. конф., 5 квітня 2024 р. Тернопіль. URL: http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/32696/1/Balabukh_Balyk.pdf (дата звернення: 28.10.2025).

7. Іванов А. О. Симуляція слідування рою дронів за ватажком засобами мови програмування JavaScript. *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 11–17 березня 2024 р. Черкаси. С. 87-89. URL: http://eprints.zu.edu.ua/39448/1/akit_2024_11-17march_1-87-89.pdf (дата звернення: 28.10.2025).

8. Кривонос О. М. Використання напівавтоматизованих дронів у навчальному процесі. *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті* : стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 11–17 березня 2024 р. Черкаси. С. 243–248. URL: http://eprints.zu.edu.ua/39452/1/akit_2024_11-17march_1-243-245.pdf (дата звернення: 28.10.2025).

9. Using the Gamepad API. Mozilla Developer Network: вебсайт. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Gamepad_API/Using_the_Gamepad_API (Last accessed: 28.10.2025).

10. HardwareTester: вебсайт. URL: https://hardwaretester.com/gamepad (Last accessed: 28.10.2025).

11. Мовчан М. О. Сучасні підходи до програмування дронів: магістер. робота: 014.09 / УДУ імені Михайла Драгоманова. Київ, 2023. 73 с.

12. Мовчан М. О. Розробка дидактичних матеріалів з програмування дронів: бакалавр. робота : 014.09 / НПУ імені М. П. Драгоманова. Київ, 2022. 82 с.

Дата першого надходження рукопису до видання: 10.11.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 08.12.2025
Дата публікації: 30.12.2025