

ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ ТА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 004.42

DOI <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.1.41>

А. П. БОЙКО

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
ORCID: 0000-0002-3449-0453

М. В. ШУМАКОВ

магістр спеціальності інженерія програмного забезпечення
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
ORCID: 0009-0000-7142-5741

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИМУЛЮВАННЯ ПОЛЬОТУ
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

У статті проаналізовано особливості створення програмного забезпечення для симулювання польоту безпілотних літальних апаратів. Дане програмне забезпечення є корисним інструментом для навчання пілотів та тестування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у безпечному та контрольованому середовищі, що є надзвичайно важливим у сучасних умовах. Воно забезпечує реалістичний досвід польоту та дозволяє користувачам покращувати свої навички управління дронами без реального ризику.

Під час роботи було досліджено існуючі підходи до проєктування; проаналізовано ринок безпілотних літальних апаратів та їх функціональні можливості; вивчено технічні характеристики; досліджено стандарти безпеки та контролери управління БПЛА, що дозволило належним чином розробити та імплементувати симуляцію польоту БПЛА з допомогою рушія Unreal Engine 5. У статті наведено основні функціональні можливості та області використання застосунку. Розроблено інтерфейс, який надає можливість користувачу обирати завдання та локацію для польоту, змінювати налаштування БПЛА, передивлятися фото та відео, які були записані при попередніх польотах. При симуляції руху БПЛА запропоновано керування методом PID Controller, що дозволяє керувати системою з метою підтримки заданого рівняння стану або забезпечення бажаного вихідного сигналу.

В результаті виконаних досліджень розроблено програмне забезпечення симуляції політів БПЛА з використанням Unreal Engine 5, яке призначено для навчання та тренування пілотів БПЛА без витрат на матеріальну складову, а також для дослідження технічних можливостей пристрою. Програмне забезпечення, що розроблено, може бути використано для: навчання пілотування БПЛА; вдосконалення навичок досвідчених пілотів; виконання віртуальних місій та завдань; експериментування з налаштуваннями дронів тощо. Може використовуватися для рішення як військових так і цивільних задач.

Ключові слова: програмне забезпечення, симулювання польоту, БПЛА, віртуальне середовище, Unreal Engine 5, тестування, інтерфейс, керування.

A. P. BOIKO

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Computer Engineering
Petro Mohyla Black Sea National University
ORCID: 0000-0002-3449-0453

M. V. SHUMAKOV

Master's Degree in Software Engineering
Petro Mohyla Black Sea National University
ORCID: 0009-0000-7142-5741

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR SIMULATING THE FLIGHT
OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

The article analyses the peculiarities of creating software for simulating the flight of unmanned aerial vehicles. This software is a useful tool for training pilots and testing unmanned aerial vehicles (UAVs) in a safe and controlled environment, which is extremely important in current conditions. It provides a realistic flight experience and allows users to improve their drone control skills without any real risk.

During the work, existing design approaches were investigated; the market for unmanned aerial vehicles and their functionality was analysed; technical specifications were studied; safety standards and UAV's controllers were investigated, which allowed to develop and implement UAV's flight simulation using the Unreal Engine 5 properly.

The article presents the main functionalities and areas of application use. The interface that allows the user to select a task and A location for the flight, change the UAV's settings, view photos and videos recorded during previous flights was considered.

When simulating the UAV's movement, the PID Controller method is proposed, which allows controlling the system in order to maintain the given equation of state or provide the desired output signal.

As a result of the research, the UAV's flight simulation software using Unreal Engine 5 was developed, which is designed to educate and train UAV pilots without the cost of material components, as well as to study the technical capabilities of the device. The developed software can be used to: teach drone piloting; improve the skills of experienced pilots; perform virtual missions and tasks; experiment with drone settings, etc. It can be used to solve both military and civilian tasks.

Key words: software, flight simulation, UAVs, virtual environment, Unreal Engine 5, testing, interface, control.

Постановка проблеми

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) – це клас роботизованих апаратів, які можуть нести корисне навантаження і виконувати польотні місії керуючись або станціями дистанційного керування, або автономно. БПЛА дуже мобільні, що дозволяє їм функціонувати навіть у віддалених районах, де відсутня дорожня або технологічна інфраструктура. Зростання популярності БПЛА у різних галузях [1, 2], таких як фото та відео зйомка, моніторинг, інспекція, рятувні операції, транспортування вантажів та сільське господарство, ставить питання навчання володіння навичками пілотування БПЛА. Однією з галузей застосування БПЛА є військове використання, де вони можуть використовуватись для збору розвідувальної інформації, пошуку та знищення цілей на ворожій території [3]. Але навчання пілотів БПЛА у реальних умовах є вартісною та трудомісткою задачею. Вирішити цю проблему може використання віртуальних симуляторів польоту БПЛА, які мають налаштування наближені до реальних.

Симулятор дозволить створити реалістичне середовище для навчання та досліджень, що підвищить якість підготовки пілотів та сприятиме безпечному використанню БПЛА. Програмний застосунок може допомогти у відпрацюванні різноманітних сценаріїв польотів та тестуванні нових алгоритмів керування БПЛА, що сприяє розвитку цієї галузі та навчанню аматорів пілотування БПЛА. Також симулятор на базі Unreal Engine може бути корисним для навчання військових пілотів БПЛА та для проведення військових досліджень.

Актуальність теми полягає в тому, що навчання операторів БПЛА потребує спеціальних методик та інформаційних технологій, що забезпечують засвоєння необхідних знань та навичок з управління БПЛА, а також оцінку їх успішності та результативності. Розробка нових методик, використання віртуальної реальності та інших сучасних технологій можуть значно покращити якість навчання та результати операторів БПЛА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сьогодні розробки та впровадження різноманітного програмного та апаратного забезпечення для навчання пілотів безпілотних літальних апаратів перебувають у фокусі уваги багатьох вітчизняних [3, 5] і закордонних дослідників [1, 2, 5, 6, 7] та практиків у галузі інформаційних технологій.

Формулювання мети дослідження

Мета даної роботи полягає у дослідженні методів і засобів розробки програмного забезпечення для симуляції польотів БПЛА у віртуальному середовищі Unreal Engine 5.

Викладення основного матеріалу дослідження

Пілотування безпілотними літальними апаратами за допомогою програмного забезпечення (ПЗ) означає використання спеціалізованих програм або застосунків для навчання пілотуванню БПЛА. Ці програми дозволяють користувачам вивчати основи керування дронами в безпечному віртуальному середовищі; відпрацьовувати маневри, реагувати на різні ситуації та оцінювати свої дії без ризику пошкодження дрону або навколишнього середовища. Використання симулятора польоту дрону є корисним для початківців, а також досвідчених пілотів, що бажають вдосконалити свої навички та ознайомитися з новими моделями БПЛА.

Симулятори польоту БПЛА можуть мати різні рівні складності та налаштувань, що дозволяє адаптувати досвід пілотування під потреби користувача. Вони можуть включати в себе різноманітні місця для польотів, сценарії та завдання, а також інструменти для аналізу виконання завдань та покращення результатів.

Основні характеристики програмного забезпечення, що розроблюється:

- призначене для тренування та навчання пілотуванню БПЛА;
- користувачі повинні мати навички користування комп'ютерами та базові знання з пілотування БПЛА;
- основними складовими застосунку є симулятор польоту БПЛА, управління, візуалізація даних та інтерфейс користувача;
- працює на операційних системах Windows.

Доступні наступні сценарії використання програмного застосунку:

1. Навчання початківців пілотуванню БПЛА, засвоєння різних режимів польоту та виконання маневрів.
2. Вдосконалення навичок досвідчених користувачів БПЛА.
3. Тестування моделей БПЛА з різними характеристиками та можливостями у віртуальному середовищі.
4. Виконання різноманітних віртуальних місій та завдань з використанням БПЛА, які симулюють реальні ситуації (наприклад, спостереження, фото та відео зйомка, рятувальні операції тощо).
5. Симуляція польотів БПЛА у різних погодних умовах (наприклад, сніг, туман, вітер, дощ, зміна температур та освітлення).
6. Вибір оптимальних налаштувань для реальних ситуацій шляхом проведення експериментів з різними конфігураціями БПЛА та їх параметрів (мотори, пропелери, камери, батареї тощо).

Головне меню, яке відображається при запуску програмного застосунку, зображено на рис. 1. В даному меню користувач може обрати тип завдання та локацію при натисканні на кнопку «Flight» (рис. 2). Також є можливість переглянути фото та відео, які були записані при попередніх польотах на БПЛА. У головному меню є можливість виконати налаштування ПЗ.



Рис. 1. Мокіуп головного меню

Після вибору локації, користувач переходить до основного режиму програмного застосунку, де може виконувати завдання або місії (рис. 2).

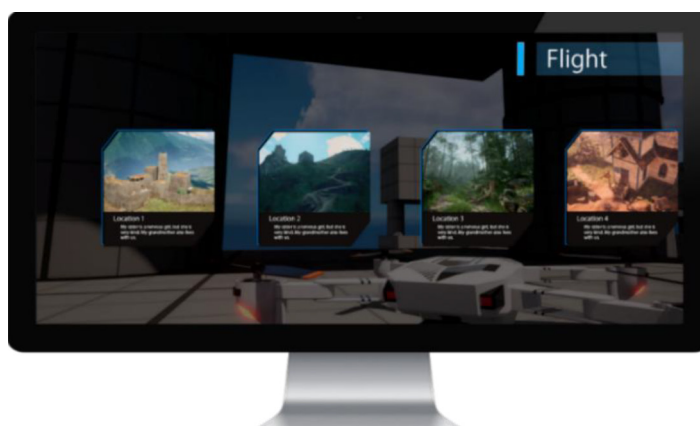


Рис. 2. Вибір локації для польоту

Після вибору локації, у меню «Settings» відображаються налаштування БПЛА у реальному часі (рис. 3). Користувач має змогу змінювати налаштування БПЛА, зберігати їх або повертатися до попередніх.

У розробці програмного застосунку для симуляції польоту БПЛА було використано такі технології, як: Blender, 3DS Max, GAEA, Adobe Substance Painter та засоби рушія Unreal Engine 5.

Розробка моделі БПЛА – це процес побудови візуальної та геометрично коректної моделі у 3D-середовищі. Цей процес складається з визначення основних вимог до моделі, створення базової геометрії, розгортання UV-текстур та текстуровання, налагодження та оптимізації.

В роботі було досліджено ряд існуючих моделей БПЛА, що дозволило ознайомитися зі специфікаціями та функціональними можливостями реальних пристроїв, вивчити їх особливості та принципи роботи [1, 5].



Рис. 3. Налаштування параметрів БПЛА

В процесі досліджень авторами було:

- Проаналізовано ринок БПЛА, вивчено різні моделі, виробники, їх функції та можливості.
- Розглянуто технічні характеристики БПЛА: вага, розміри, максимальна швидкість, дальність керування, час польоту, типи сенсорів та камер тощо.
- Проаналізовано функціональні можливості різних типів БПЛА: автопілот, стабілізація, GPS-навігація, зйомка відео та фотографій, виконання певних маневрів тощо.
- Опрацьовано стандарти безпеки, які застосовуються до БПЛА. Наприклад, правила використання у контрольованих зонах, обмеження висоти польоту тощо.

В результаті досліджень автори отримали інформацію стосовно характеристик, функцій та особливостей конструкції існуючих БПЛА, що дозволило розробити програмне забезпечення симуляції польоту БПЛА [6, 7] з використанням рушія Unreal Engine 5.

Авторами було створено основні елементи базової геометрії моделі БПЛА: корпус, пропелери, камера (рис. 4).

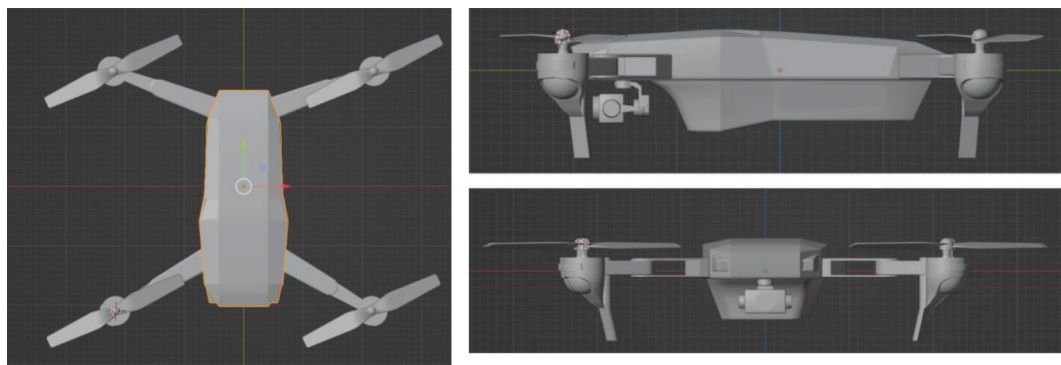


Рис. 4. Геометрія БПЛА

В результаті було розроблено трьохвимірну модель корпусу БПЛА, яка візуально відповідає реальній конструкції та має всі необхідні елементи для коректного функціонування при симуляції польоту (рис. 5).

Дослідження контролерів керування БПЛА є важливою частиною процесу розробки середовища для симулювання польоту [4, 6, 7, 8]. У процесі дослідження контролерів керування БПЛА було розглянуто різні типи контролерів, їх функціональні можливості та способи взаємодії з симуляційним середовищем. В результаті, у даному програмному застосунку було використано PID Controller [9].

Використання PID Controller дозволяє керувати системою з метою підтримки заданого рівняння стану або забезпечення бажаного вихідного сигналу. PID Controller має три режими контролю: пропорційний, інтегральний та похідний. Кожен режим відповідає за певну частину керування процесом.

В роботі було проведено тестування програмного забезпечення на відповідність вимогам та специфікаціям при різних сценаріях використання ПЗ. Після цього, програмний застосунок може бути використаним для симуляції польоту БПЛА на основі Unreal Engine 5 (рис. 6).



Рис. 5. 3D модель БПЛА

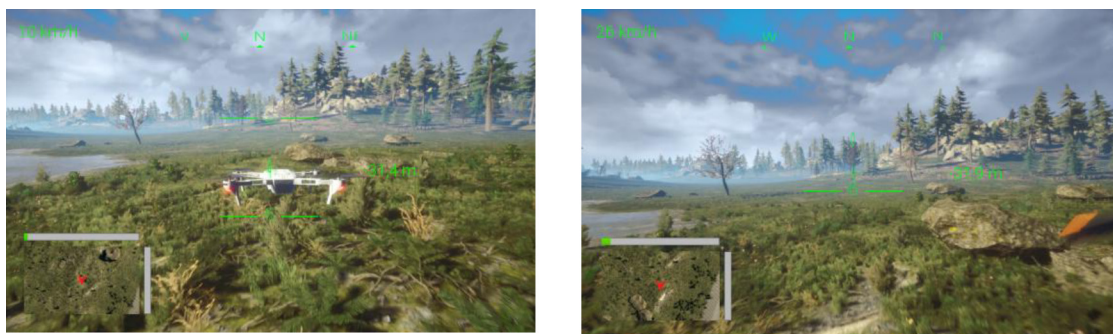


Рис. 6. Приклади симуляції польоту БПЛА

Висновки

Проведені дослідження показують, що симулювання польоту БПЛА є корисним інструментом для навчання та тестування безпілотних літальних апаратів у безпечному та контрольованому середовищі, що є надзвичайно важливим у сучасних умовах. Розроблене програмне забезпечення симуляції польоту БПЛА з використанням Unreal Engine 5 надає можливості налаштування умов польоту, характеристик БПЛА, реалістичних фізичних параметрів та середовища тощо. Дане програмне забезпечення може бути використано для навчання та тренування пілотів БПЛА, розвитку їх навичок та вдосконалення стратегій управління.

Список використаної літератури

1. Syed Agha Hassnain Mohsan, Nawaf Qasem Hamood Othman, Yanlong Li, Mohammed H. Alsharif, Muhammad Asghar Khan Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. Intelligent Service Robotics. 2023. P. 109–137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11370-022-00452-4>
2. Selçuk Kaya, Zdobyslaw Goraj The Use of Drones in Agricultural Production. International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research. 2020. Vol. 4 (2). P. 166–176. DOI: <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2020.254.2>
3. Глотов В. М., Фис М. М. та ін. Застосування БПЛА у військовій справі та аерозніманні. Монографія. Видавництво: Львівська політехніка, 2022. 196 с.
4. Кучеренко О. І., Вакалюк Т. А. Огляд технічних та програмних засобів керування БПЛА. ВІСНИК ХНТУ. Серія Інформаційні технології. Херсон, 2024. № 2. С. 170–176. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.2.24>
5. Akshay Kumar. A Technical Overview of drones and their Autonomus Applications. 25 Jun. 2020. URL <https://control.com/technical-articles/a-technical-overview-of-drones-and-their-autonomous-applications/> (дата звернення: 21.01.2025)
6. Gokulraj KS, Manikandan J. Design and development of simulator software for formation flight of drones. Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC). 26–27 May 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ZINC52049.2021>
7. Vanema Kangunde, Emmanuel K. Theophilus. A review on drones controlled in real-time. International Journal of Dynamics. 05 Jun. 2021. № 9. P. 1832–1846. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40435-020-00737-5>
8. Yang Xiao,, Shulin Dai, Chenfan Xiao and Xinfeng Xu Research and Development of a Real-time UAV Flight Visualization Simulation System Journal of Physics: Conference Series 2022. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2218/1/012081/pdf>
9. The PID Controller & Theory Explained. URL: https://www.ni.com/en/shop/labview/pid-theory-explained.html?srsltid=AfmBOopVmu_8plBzximhDFVuDhPJE_6OVXih-SGiN60UeRKFrYwjeHac (дата звернення: 21.01.2025).

References

1. Syed Agha Hassnain Mohsan, Nawaf Qasem Hamood Othman, Yanlong Li, Mohammed H. Alsharif, Muhammad Asghar Khan. (2023). Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics*, 109 – 137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11370-022-00452-4> [in English].
2. Selçuk Kaya, Zdobyslaw Goraj. (2020). The Use of Drones in Agricultural Production. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 4 (2), 166–176. DOI: <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2020.254.2> [in English].
3. Hlotov V. M., Fys M. M. ta in. (2022). Zastosuvannia BPLA u viiskovii spravi ta aeroxnimanni [The application of UAVs in military affairs and aerial surveys]. Vydavnytstvo: Lvivska politehnika [in Ukrainian].
4. Kucherenko O. I., Vakaliuk T. A. (2024). Ohliad tekhnichnykh ta prohramnykh zasobiv keruvannia BPLA [Overview of UAV control hardware and software]. *VISNYK KhNTU. Serii Informatsiin tekhnolohii*. Kherson, (2), 170–176. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.2.24>. [in Ukrainian].
5. Akshay Kumar. (2020). A Technical Overview of drones and their Autonomus Applications. Retrieved from <https://control.com/technical-articles/a-technical-overview-of-drones-and-their-autonomous-applications/> [in English].
6. Gokulraj KS, Manikandan J. Design and development of simulator software for formation flight of drones. (2021). *Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*. DOI: <https://doi.org/10.1109/ZINC52049.2021>. [in English].
7. Vanema Kangunde, Emmanuel K. Theophilus. (2021). A review on drones controlled in real-time. *International Journal of Dynamics*, (9), 1832–1846. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40435-020-00737-5>. [in English].
8. Yang Xiao, Shulin Dai, Chenfan Xiao and Xinfeng Xu. (2022). Research and Development of a Real-time UAV Flight Visualization Simulation System. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, (1–8). Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2218/1/012081/pdf>. [in English].
9. The PID Controller & Theory Explained. Retrieved from https://www.ni.com/en/shop/labview/pid-theory-explained.html?srsId=AfmBOopVmu_8plBzximhDFVuDhPJE_6OVXih-SGiN60UeRKFrYwjeHac. [in English].