

УДК 004.7

Свистун С.О., Мельниченко О.В., Скрипник Т.К.

Хмельницький національний університет

ПРОЄКТУВАННЯ РОБОЧОЇ МІСІЇ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРІ

У статті розглядається процес проектування робочої місії безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в тривимірному координатному просторі. Описуються ключові етапи планування місії, від визначення координат до тестування системи. Висвітлюється потреба у розробці нового методу побудови маршрутів для БПЛА, який би дозволяв автоматично коригувати траєкторію польоту та забезпечував самонавчання системи. Особливо розглядаються три можливі траєкторії польоту в конкретному робочому середовищі, а саме: пріоритетна, допустима та небажана. Аналізуються час та ефективність кожної з траєкторій, на підставі чого робиться висновок про перевагу пріоритетної траєкторії. Автори підкреслюють, що вибір оптимального маршруту сприяє підвищенню ефективності моніторингу та збору даних.

The article examines the process of designing the working mission of unmanned aerial vehicles (UAVs) in a three-dimensional coordinate space. It describes the key stages of mission planning, from determining coordinates to testing the system. The need for developing a new method of constructing routes for UAVs is highlighted, which would allow for automatic adjustment of the flight trajectory and facilitate the system's self-learning. Three possible flight trajectories in a specific working environment are separately considered: priority, permissible, and undesirable. The time and efficiency of each trajectory are analyzed, based on which a conclusion is made about the advantages of the priority trajectory. The authors emphasize that choosing the optimal route contributes to enhancing the efficiency of monitoring and data collection.

Постановка проблеми. Ефективне здійснення робочого завдання вимагає попереднього його планування [1-3]. Окреслимо ключові етапи проектування робочої місії БПЛА у тривимірному просторі [4,5]: 1) встановлення стартових та кінцевих координат місії; 2) призначення технічних параметрів БПЛА; 3) розробка маршруту з урахуванням особливостей робочого середовища; 4) ініціація налаштувань технічного обладнання; 5) проведення перевірки та тестування.

Основною відмінністю функціонування робочої місії є формування та визначення шляху руху БПЛА у середовищі виконання завдання [6]. Завдання реалізується в умовах, що можуть змінюватись, з можливістю впливу зовнішніх факторів та подій на траєкторію руху БПЛА. Серед таких факторів можна виділити зміни погодних умов, пориви вітру, критичний стан батареї, появу несподіваних

перешкод і ін. [7,8]. Таким чином, важливим є розробка інноваційних методик побудови маршрутів для БПЛА у тривимірному просторі, які забезпечать можливість автоматичного корегування і відновлення координат руху після критичних збоїв та сприятимуть самонавчанню системи під час виконання завдань.

Формалізація траєкторій польоту. Аналіз типового середовища роботи в саду дозволив визначити три можливі траєкторії руху для групи БПЛА: (I) пріоритетну, (II) допустиму та (III) небажану. Їх графічне представлення демонструється на рисунку 1.

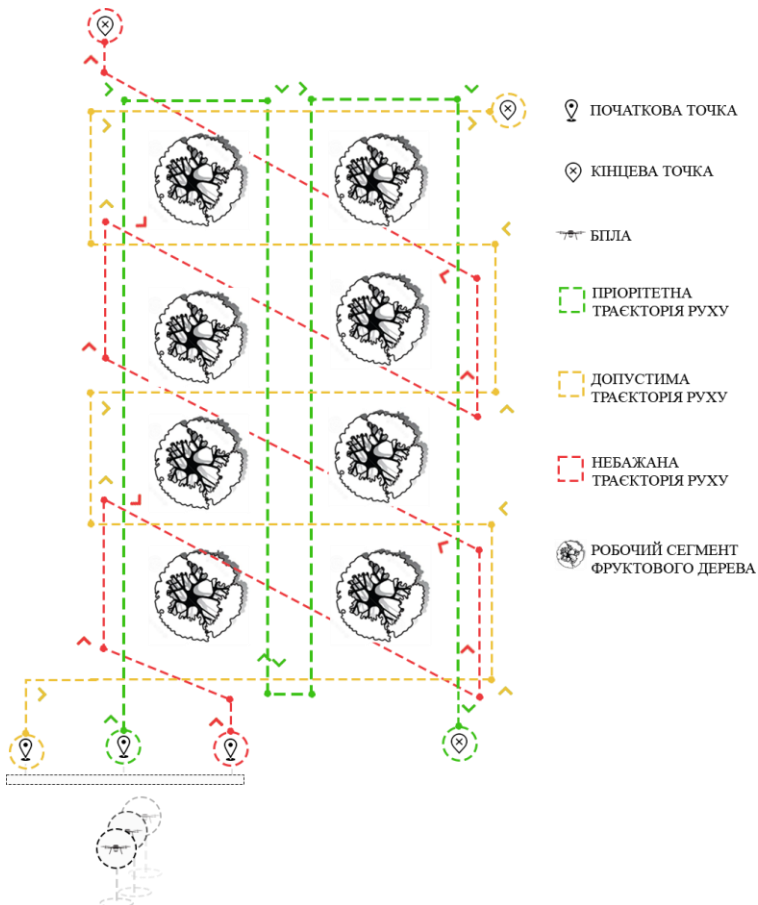


Рисунок 1 – Схема можливих траєкторій руху групи БПЛА у тривимірному координатному просторі

Розглянемо вибір саме пріоритетної траєкторії руху БПЛА з рисунку 1 проти решти варіантів за визначеним критерієм. Вибір траєкторії обльоту робочих сегментів фруктових дерев в експериментальному робочому середовищі обумовлений, насамперед, часом T , за який група БПЛА здійснює виконання робочої місії в робочому середовищі. Час на виконання робочої місії залежить від швидкості руху v кожного апаратного пристрою в групі БПЛА. Зазначимо, що v є постійною величиною для кожного БПЛА в групі за будь-якої траєкторії руху. Тоді, час що потрібен для обльоту робочого середовища, подамо через відношення відстані D і швидкості руху v за формулою:

$$T = \frac{D}{v}. \quad (1)$$

Далі задамо визначення згідно формули (1) для кожної з трьох визначених траєкторій.

Позначимо через d_1 відстань між сусідніми робочими сегментами в ряді робочого середовища. Величина d_1 є сталою величиною для всіх траєкторій і вказує на те, що відстань між робочими сегментами є однаковою. Позначимо через d_2 відстань між рядами робочих сегментів у експериментальному робочому середовищі. Величина d_2 є також сталою величиною і визначає однакоку відстань між рядами робочих сегментів. Нехай n – кількість робочих сегментів в одному ряду, m – кількість рядів у робочому середовищі, яку потрібно облетіти під час виконання програмної місії, а D^I , D^{II} та D^{III} – відстані в метрах, які потрібно пролетіти групі БПЛА за траєкторіями руху (I), (II) та (III), відповідно.

Тоді, час обльоту у визначеній пріоритетній траєкторії (I) визначимо за наступною формулою:

$$T_1 = \frac{D^I}{v} = \frac{(n \times m \times d_1 + (m-1) \times d_1)}{v}. \quad (2)$$

Час обльоту у допустимій траєкторії руху (II) є таким:

$$T_2 = \frac{D^{II}}{v} = \frac{(n \times m \times (d_1 + d_2) - (m-1) \times d_2)}{v}. \quad (3)$$

I, нарешті, час обльоту у небажаній траєкторії руху (III) подамо так:

$$T_3 = \frac{D^{III}}{v} = \frac{\sqrt{d_1^2 + d_2^2} \times n \times m}{v}. \quad (4)$$

Параметри d_1 , d_2 , n та m використовуються у формулах (2-4) для обчислення відстані та часу для кожної можливої траєкторії руху групою БПЛА.

Значення цих параметрів є сталими для кожної траєкторії руху в процесі обльоту групою БПЛА. Для формального обґрунтування відмінності між траєкторіями за часом обльоту, обчислимо різницю між T_1 та T_2 , а також різницю між T_2 та T_3 . Різницю $\Delta T_{1,2}$ між T_1 та T_2 визначимо так

$$\begin{aligned} \Delta T_{1,2} = T_1 - T_2 &= \frac{D^I}{v} - \frac{D^{II}}{v} = \frac{(n \times m \times d_1 + (m-1) \times d_2)}{v} = \\ &= \frac{(n \times m \times (d_1 + d_2) - (m-1) \times d_2)}{v} = \frac{(n \times m \times d_1 - n \times m \times d_2)}{v} \end{aligned} \quad (5)$$

Отже, $\Delta T_{1,2} > 0$, якщо $n \times m \times d_1 > n \times m \times d_2$ тобто $D^I > D^{II}$. Іншими словами, обліт відбувається швидше, коли відстань між робочими сегментами в ряду більша, ніж за відстань між самими рядами.

Різницю $\Delta T_{2,3}$ між T_2 та T_3 обчислимо так:

$$\begin{aligned} \Delta T_{2,3} = T_2 - T_3 &= \frac{D^{II}}{v} - \frac{D^{III}}{v} = \\ &= \frac{(n \times m \times (d_1 + d_2) - (m-1) \times d_2)}{v} - \frac{\sqrt{d_1^2 + d_2^2} \times n \times m}{v}. \end{aligned} \quad (6)$$

Отже, $\Delta T_{2,3}$, якщо $(n \times m \times (d_1 + d_2) - (m-1) \times d_2) > \sqrt{d_1^2 + d_2^2} \times n \times m$
 $(n \times m \times (d_1 + d_2) - (m-1) \times d_2) > \sqrt{(d_1^2 + d_2^2)} \times n \times m$, тобто
 $d_1 + d_2 > \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$, що є завжди істинним з огляду на геометричну інтерпретацію відстані.

З проведеного аналізу за формулами (5-6) маємо, що для будь-яких значень d_1 та d_2 різниці $\Delta T_{1,2} > 0$ та $\Delta T_{2,3} > 0$, що означає $T_1 < T_2$ та $T_2 < T_3$. Тому, для мінімізації часу обльоту T , траєкторія руху D^I є найкращим вибором для виконання робочих місій групою БПЛА.

Висновок

Отже, з огляду на проведений аналіз часу, що необхідний для обльоту по різних траєкторіях руху БПЛА, встановлено, що “пріоритетна траєкторія руху” D^I , продемонстрована на рисунку 1, є найкращим варіантом для застосування в подальших дослідженнях. Математичні обрахунки підтверджують ефективність вибраної “пріоритетної траєкторії”, вказуючи на її здатність мінімізувати час обльоту у порівнянні з іншими траєкторіями, що висвітлює її значущість у створенні автоматизованих маршрутів для групи БПЛА. Водночас, ця траєкторія

забезпечує найшвидше оброблення даних у експериментальному робочому середовищі, підвищуючи тим самим продуктивність моніторингу та збору інформації.

Перелік посилань

1. Melnychenko O., Savenko O. A self-organized automated system to control unmanned aerial vehicles for object detection. The 4th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS-2023) : CEUR-Workshop Proceedings. Vol. 3373. (Khmelnyskyi, Ukraine, 22–24 March 2023). Aachen : CEUR-WS.org, 2023. P. 589–600.
2. A comprehensive review on recent applications of unmanned aerial vehicle remote sensing with various sensors for high-throughput plant phenotyping / L. Feng et al. Computers and Electronics in Agriculture. 2021. Vol. 182. P. 106033.
3. Aggarwal S., Kumar N. Path planning techniques for unmanned aerial vehicles: A review, solutions, and challenges. Computer Communications. 2020. Vol. 149. P. 270–299.
4. Stott E., Williams R. D., Hoey T. B. Ground control point distribution for accurate kilometre-scale topographic mapping using an RTK-GNSS unmanned aerial vehicle and SfM photogrammetry. Drones. 2020. Vol. 4, No. 3. P. 55.
5. Amami M. Fast and reliable vision-based navigation for real time kinematic applications. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 2022. Vol. 10, No. 2. P. 922–932.
6. Radiuk P., Pavlova O., Avsiyevych V., Kovalenko V. Convolutional neural network for parking slots detection. The 3rd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS-2022) : CEUR-Workshop Proceedings. Vol. 3156. (Khmelnyskyi, Ukraine, 23-25 March 2022). CEUR-WS.org, Aachen, 2022. P. 284–293.

УДК 004.4

Слутяк Є.І., Радельчук Г.І., Балицький Б.І.

Хмельницький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ВЕРИФІКАЦІЇ ПОВІДОМЛЕНЬ

Проведено аналіз предметної області, досліджено наявні реалізації протоколів передачі даних та алгоритмів шифрування. Удосконалено передачу даних, що знизить ймовірність перехоплення даних користувачів під час їх передачі у мережі Інтернет. Запропонована удосконалена модель вирішує усі проблеми, виявлені під час дослідження.

An analysis of the subject area was carried out, existing implementations of data transfer protocols and encryption algorithms were investigated. Data transmission has been improved, which will reduce the probability of interception of user data during its transmission over the Internet. The proposed improved model solves all the problems identified during the research.

Останні дослідження показують, що з кожним роком кількість користувачів мережі Інтернет зростає. Відповідно, разом з цим зростає трафік, який споживається цими користувачами у мережі. Так, відповідно до звіту Digital 2022 Global Statshot [1] близько 63% населення світу користуються мережею Інтернет станом на кінець 2022 року. Також, згідно зі зведеною статистикою приблизний щоденний обсяг інтернет-трафіку протягом останніх десяти років зріс з десятків ексабайт даних до сотень ексабайт даних.

Таке зростання популярності та поширеності мережі Інтернет призвів до значного зростання кіберзловмисників. Відповідно до звіту про роботу системи виявлення вразливостей та реагування на кіберінциденти [2] станом на кінець 2022 року кількість кіберзлочинів зросла у 2.8 разів. Згідно з даними Держспецзв'язку [3] близько 90% кібератак у 2022 році було здійснено хакерами з території Білорусії та Російської Федерації.

Саме тому проблема безпеки передачі даних є актуальною та потребує дослідження, аналізу та знаходження нових методологій та методів вирішення проблем безпеки передачі даних у мережі Інтернет.

Метою роботи є удосконалення методу передачі даних у мережі Інтернет з використанням алгоритму верифікації повідомлень.

Класичний метод передачі даних складається з двох частин, а саме:

- протокол передачі даних;
- алгоритм шифрування даних.