

*Т.Шмельова, д.т.н, С. Шаптала, аспірант, В. Стовба, магістр
(Національний авіаційний університет, Україна, Київ)*

Моделі прийняття рішень при управлінні потоками БПЛА

Пропонуються моделі прийняття рішень оператора БПЛА в умовах невизначеності і ризику у разі виникнення аварійної ситуації. Організація польотів БПЛА у міській місцевості та навколо неї, аналіз місцевості і перешийки, оцінювання ризиків, пошук оптимальних маршрутів з мінімальними ризиками і максимальною ефективністю.

Наразі застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) значно розширилося [1]. Безпілотні авіаційні станції (БАС) можуть бути ефективними у виконанні складних функцій і завдань. Застосування безпілотної авіації має ряд переваг порівняно з пілотуванням людиною, а саме: менша вартість експлуатації, стабільність і гнучкість у виконанні поставлених завдань, простота і доступність технологій [2; 3]. До недавнього часу основним напрямком розвитку БАС було багатоцільове використання, наприклад, контроль і охорона лісів, заповідників, льодова розвідка, моніторинг пожежної небезпеки великих територій, реагування на надзвичайні ситуації та стихійні лиха, у сільському господарстві, аерофотозйомці, мережах зв'язку, моніторингу погоди, повітря та води та ін. [2 - 5].

Основною проблемою безпілотної авіації сьогодні є інтеграція та підпорядкування системі авіації загального призначення, забезпечення здатності виконувати безпечні, скоординовані та ефективно інтегровані польоти БПЛА в єдиній авіаційній транспортній системі. Для виконання польотів БПЛА використовується дистанційно пілотована авіаційна система (ДПАС), до складу якої входять БПЛА, станція дистанційного пілотування, лінії управління та управління (С2) для реалізації високої надійності, малої затримки в польоті БПЛА та інші компоненти залежно від завдання (цільове завдання), яке виконує БПЛА/група БПЛА [5; 6].

На даний момент існує багато підходів, концепцій і стратегій організації автомобільного транспорту, серед яких найбільш перспективними є розвиток безпілотної авіаційної мобільності (Urban Air Mobility - UAM). Одним із нових напрямків UAM є організація безпечної та ефективної системи авіаційного транспорту в місті і навколо міста [7; 8].

Мета роботи: розробка методів, принципів та основ безпечних, скоординованих та ефективно інтегрованих польотів БПЛА/групи БПЛА в єдину повітряно-транспортну систему.

Чимало з цих завдань ефективно використовують одиночний чи груповий політ БПЛА [9]. Доцільним є використання групових польотів БПЛА, наприклад, для фото/відео-моніторингу; групове обстеження великих територій та районів патрулювання; доставка великої кількості вантажів та використання безпілотного таксі для переміщення пасажирів та ін. [10].

Для ефективного вирішення багатоцільових задач БПЛА розроблені системи підтримки прийняття рішень (СППР) операторів БПЛА. Для управління БПЛА система використовує наступні схеми:

- Оператор - одинарний БПЛА;
- Група операторів - група БПЛА;
- Оператор – CDR (central repeater drone) - група БПЛА.
- Оператор БПЛА – віртуальний дрон - група БПЛА

Для управління групою БПЛА із віддалених пілотних систем літальних апаратів (RPAS - Remote Piloted Aircraft Systems) було запропоновано використовувати центральний ретранслятор (CDR - Central Drone Repeater), з'єднаний по радіоканалу з наземним оператором для керування іншими БПЛА (Рисунок 1).

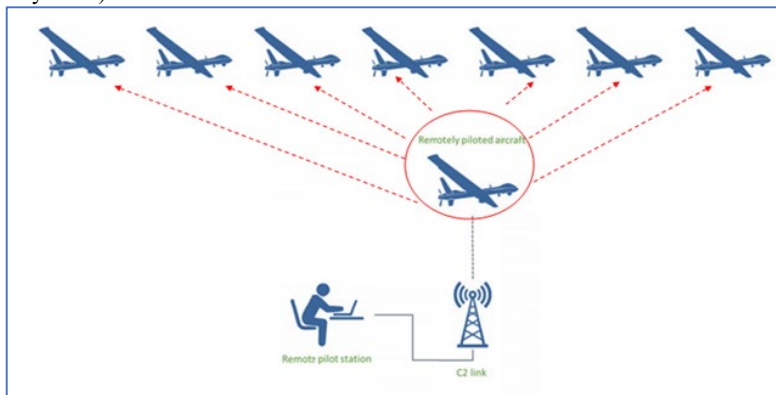


Рисунок 1 Система управління групою БПЛА з використанням центрального ретранслятора CDR [10].

Ефективність представлення використання БПЛА для сучасного міста як «розумного міста» має деякі проблеми: наявність будівель, доріг, будівництво, зони відпочинку, природні зони тощо. Щоб оцінити безпеку польотів БПЛА у місті. Для виконання польотів необхідно отримати кількісні значення ризиків польотів на різних територіях міста. Методами оцінки «фізику» є метод експертних оцінок та нечітка логіка [9]. Правила аеронавігації для класифікації перешкод у місті були обрані як «заборонені» та «небезпечні» райони (ризик заподіяння шкоди людям дуже високий), так і «зони обмеженого доступу», це такі райони, де ризик заподіяння шкоди людям високий, «небезпечні райони» - ризик заподіяння шкоди людям дуже високий. Результати класифікації та оцінювання території фрагменту міста представлені в показано в [9; 10].

Для отримання шляхів мінімальної вартості і максимальної безпеки застосовуються методи динамічного програмування, прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності [8 - 11]. Наприклад, на рис. 2 представлена оцінка мінімальних затрат, шлях мінімальної вартості для польоту групи БПЛА в смарт-сіті, виконання польотів організовано на трьох рівнях, з відповідними переходами з рівня L1 на рівень L2 і L3.

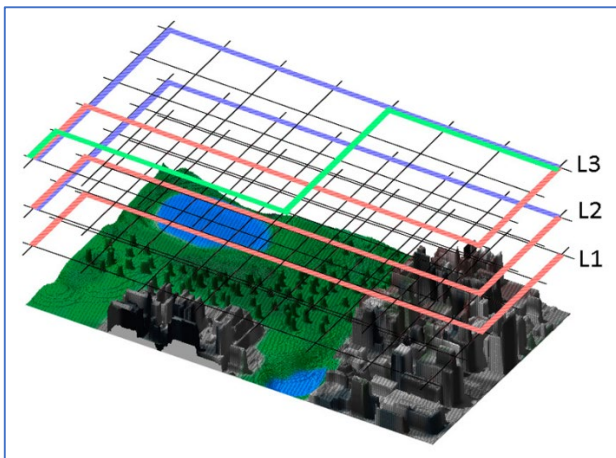


Рисунок 2 Моделювання польотів БПЛА в міській місцевості

Якщо політ виконується групою БПЛА для формування конфігурації групи застосовуються методи геометричного моделювання (рисунок 3). Метод геометричного моделювання заснований на інтерпретації взаємного розташування БПЛА на місцевості з урахуванням заборонених зон та інших обмежуючих факторів, відповідно топологічним, позиційним та метричним характеристикам модельованого об'єкта (формування конфігурації групового польоту відповідно до цілі та розрахункових характеристик місцевості).

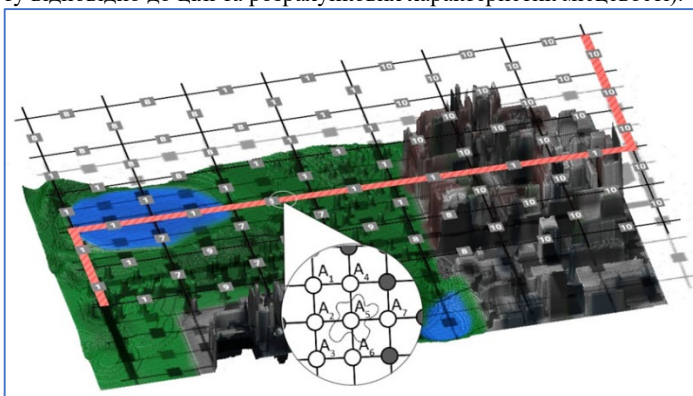


Рисунок 3 Моделювання польотів групою БПЛА в міській місцевості

Передпольотне планування польотів передбачає перелік запасних аеродромів/місць/вертопортів для аварійної посадки у разі виникнення позаштатної ситуації (складні метеоумови, відсутність зв'язку, відмови обладнання на БПЛА, тощо). Розроблені моделі прийняття рішень оператора БПЛА в аварійних ситуаціях [7 - 11]. Необхідно: забезпечити достатній запас палива/енергії, щоб БПЛА міг відхилитися від запланованого місця

посадки/повернення; безпечно пройти до запасного аеродрому/місця посадки; зробити захід і посадку, наприклад для прийняття рішень в аварійній ситуації «складні метеоумови», аеродром вильоту А (Полтава), аеродром призначення В (Житомир), запасні аеродроми/вертипорти V1 (Бориспіль), V2 (Біла Церква), V3 (Черкаси), цільове завдання - доставка вантажу. Задача вибору оптимальних запасних аеродромів/місць/вертипортів посадки здійснюється з використанням критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності типу Вальда, Лапласа, Севіджа, Гурвіца (рис4.).



Рисунок 4. Політ БПЛА з аеродрому вильоту А (Полтава) до аеродрому призначення Б (Житомир)

Запропоновані моделі, алгоритми, програми, застосовуються в СППР операторі БПЛА [11]. Планується для знаходження та прогнозування шляхів та ешелонів мінімальної вартості та максимальної безпеки при польоті БПЛА в смарт-сіті застосовувати методи штучного інтелекту [12].

Висновки. Розроблено базові принципи та алгоритми моделювання оптимальних маршрутів БПЛА, починаючи від оцінювання окремих перешкод та, як наслідок, усієї території; вибору оптимальної конфігурації групи БПЛА відповідно до цільового завдання. Запропоновано моделі прийняття рішень для формування потоків повітряного руху при управлінні польотами БПЛА, моделі прийняття рішень в умовах ризику і невизначеності, насамперед, у разі виникнення аварійної ситуації.

Список літератури

1. EASA. Introduction of a regulatory framework for the operation of drones. Technical Opinion. A-NPA 2015-10 [Електронний ресурс]. — режим доступу: <https://www.easa.europa.eu/document-library->
2. Śladowski A., Kamiński W. Cases on Modern Computer Systems in Aviation Chapter 3 Using Unmanned Aerial Vehicles to Solve Some Civil Problems. International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2019, pp. 52-127 Manual on remotely piloted aircraft systems (RPAS) / Doc. 10019/AN 507. 1-ed. – Canada, Montreal: ICAO, 2015.-190 p.
3. Gollnick V. , Niklass M., and Swaid M. et al. A Methodology and first results to assess the potential of urban air mobility concepts. Proceedings of Conference: Aerospace Europe Conference, Hamburg, February 2020, [Online]. Available at:

https://www.academia.edu/66696287/A_Methodology_and_First_Results_to_Assess_the_Potential_of_Urban_Air_Mobility_Concepts

4. Tenedório A., Estanqueiro R., and Delgado Henriques C.. Methods and Applications of Geospatial Technology in Sustainable Urbanism. International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2021.

5. Shmelova T., Kovalyov Yu., Kuchеров D., Stovba V. Organization of a safe and efficient system of air transportation in and around an urban area using Unmanned Aerial Vehicles. In 2022 IEEE 12th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT) - Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers 9-11 Dec. 2022 DOI: 10.1109/DESSERT58054.2022

6. Manual of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), 1st ed., Doc. 10019/AN 507. Canada, Montreal: ICAO, 2015.

7. Unmanned Airspace. The information portal for unmanned air system traffic management (UTM), urban air mobility (UAM), counter-UAS (C-UAS), and space traffic management systems. 2021 [Online]. Available: <https://www.unmannedairspace.info/>.

8. Drone life. Urban Air Mobility, [Online]. Available at: <https://dronelife.com/2018/11/28/urban-air-mobility-the-first-uic2-forum-at-amsterdam-drone-week-shows-europes-commitment-to-smart-cities/>

9. Shmelova, T., Sterenharz, A., & Burlaka, O. (2019). Optimization of flows and flexible redistribution of autonomous UAV routes in multilevel airspace. In CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2393, pp. 704–715). CEUR-WS.

10. Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Logistics and Supply Chain Management. Chapter 5: Automated System of Controlling Unmanned Aerial Vehicles Group Flight /Tetiana Shmelova, Dmitry Bondarev - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. – November, 2019. – P. 167-204

11. Stochastic Methods for Estimation and Problem-Solving in Engineering: Stochastic Methods of Decision Making in Aviation / Tetiana Shmelova - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania.2018. – P.139-160

12. Handbook of Artificial Intelligence Applications in the Aviation and Aerospace Industries / Editors: Tetiana Shmelova, Arnold Sterenharz, Yuliya Sikirda. - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. 2019. - P. 390