

Контроль космічного та повітряного простору

УДК 621.865.1+519.7

doi: 10.26906/SUNZ.2020.1.003

А. О. Бережний, І. М. Крижанівський

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

КОМПЛЕКС ЗАДАЧ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ НА ПЛАНУВАННЯ МАРШРУТІВ ПОЛЬОТІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Анотація. Впровадження інформаційно-аналітичних систем у практику людської діяльності в умовах стрімкого розвитку інформаційних і телекомунікаційних технологій забезпечує рішення ключової для керівника задачі - здійснення ефективного управління в масштабах визначених повноважень. Використання в роботі сучасних технологій підтримки прийняття рішень дозволяє знизити ризики, які пов'язані з прийняттям необґрунтованих рішень, корегувати плани застосування безпілотних авіаційних комплексів в умовах мінливої обстановки і ситуаціях невизначеності. У статті доведено, що широке застосування безпілотних літальних апаратів дозволяє вирішувати різні задачі в умовах, у яких застосування пілотованої авіації недоцільно. Низька вартість, простота і доступність технології виробництва, тактико-технічні характеристики безпілотних літальних апаратів дозволяють використовувати їх для вирішення широкого спектру завдань, у тому числі з пошуку стаціонарних та динамічних об'єктів. Дані завдання вимагають ретельного планування маршрутів польотів безпілотних літальних апаратів для пошуку та моніторингу стану різних об'єктів, прийняття оптимальних рішень щодо дій з урахуванням різноманітних факторів впливу на безпілотний літальний апарат, формування управляючих рішень з високою оперативністю та обґрунтованістю, що може бути забезпечено створенням інтелектуальної системи підтримки прийняття рішення. Застосування безпілотних літальних апаратів передбачає виконання планування маршрутів польотів, що характеризується значною часовою та обчислювальною складністю. На теперішній час значна увага дослідників присвячена розробкам інтелектуальних систем підтримки прийняття рішення оператора безпілотного літального апарату по управлінню технічним засобом з урахуванням можливих впливів на апарат, однак моделі та задачі системи прийняття рішення на планування маршрутів безпілотних літальних апаратів не розкриті в у повній мірі. У статті розроблена структура комплексу задач планування маршрутів польоту безпілотного літального апарату, яку доцільно застосувати при створенні автоматизованої системи управління підрозділами безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, інформаційні технології, маршрут, планування, система підтримки прийняття рішення.

Вступ

Постановка проблеми. Науково-технічний прогрес, особливо в області інформаційних технологій, забезпечує швидкий розвиток техніки і розширення її функціональних можливостей. Однак переважна більшість сучасних технічних систем залишаються орієнтованими на людину, як ключову ланку в управлінні цими системами. Виходом з такої ситуації є перехід до застосування систем, у яких негативний вплив людського фактору був би зведений до мінімуму. Такими є безпілотні літальні апарати (БПЛА). Вони дозволяють вирішувати різні задачі в умовах, у яких застосування пілотованої авіації недоцільно. Низька вартість, простота і доступність технології виробництва, тактико-технічні характеристики БПЛА дозволяють використовувати їх для вирішення широкого спектру завдань з пошуку стаціонарних та динамічних об'єктів, а також моніторингу їх стану. Серед основних цивільних завдань БПЛА слід відзначити: моніторинг і контроль об'єктів критичної інфраструктури, пожеж, сільськогосподарських угідь та лісних масивів, контроль морської акваторії, залізничних та автомобільних магістралей, отримання планів місцевості та кадастрових фотопланів. Основними завданнями в сфері забезпечення національної безпеки держави є ведення повіт-

ряної, хімічної, радіаційної розвідки, вогневе ураження об'єктів противника, контроль за скупченнями народу, пошук злочинців та терористичних груп, припинення контрабанди. Дані завдання вимагають ретельного планування маршрутів польотів безпілотних літальних апаратів для пошуку та моніторингу стану різних об'єктів, прийняття оптимальних рішень щодо дій з урахуванням різноманітних факторів впливу на БПЛА, формування управляючих рішень з високою оперативністю та обґрунтованістю, що може бути забезпечено створенням інтелектуальної системи підтримки прийняття рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідно відмітити значну кількість публікацій як вітчизняних, так і закордонних авторів відносно принципів побудови, управління БПЛА, що свідчить про значний інтерес до цього нового наукового напрямку. Літературні джерела, що були використані в даній статті, умовно розділимо на декілька груп:

До першої групи віднесемо роботи з інтелектуальної обробки зображень на борту БПЛА. У роботі [1] для автоматичного виявлення динамічних об'єктів на знімках застосовується адаптивний метод віднімання фону. В статті [2] розробляється алгоритм виявлення і моніторингу рухомих транспортних засобів БПЛА з використанням обробки фонової сцени і фі-

льтрації Кальмана. У статті [3] вирішувалася проблема ефективної обробки зображень з більшою роздільною здатністю за допомогою CNN для інтелектуального UAV у режимі реального часу програми для камер. Дані методи відносяться до системи розпізнавання образів та формування сцени на борту БПЛА.

До другої групи джерел віднесемо роботи з оптимального планування польотів БПЛА. Слід відзначити значний інтерес до групового застосування БПЛА в ході виконання завдань за призначенням (місії).

У [4] розглядається координація групи безпілотних літальних апаратів, що розгорнуті для пошуку динамічної мети в безперервному просторі за допомогою алгоритму максимальної суми. У [5] представлений підхід до розподілу задач UAV, що беруть участь у місії пошуку і дії. Описано три алгоритми колективного пошуку неоднорідної команди UAV на просторово розширеному полі бою. У [6] представлена методика планування повітряної розвідки незаконних збройних формувань, а в [7] показники та критерії оцінювання ефективності повітряної розвідки.

До третьої групи джерел слід віднести роботи щодо побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. В роботі [8] розглядається підхід по формуванню рекомендацій для своєчасного прийняття обґрунтованих рішень оператором при дистанційному керуванні безпілотним літальним апаратом при рішенні різних задач. В [9] розкривається підхід до побудови системи підтримки прийняття рішень щодо управління БПЛА.

Таким чином, можна відмітити, що дані роботи розв'язують задачу обґрунтування структури системи підтримки прийняття рішення саме для управління БПЛА (групою БПЛА) при виконанні місії, однак не враховують комплекс завдань планування маршрутів польоту БПЛА по виконанню завдань місії.

Метою статті є розробка структури комплексу задач системи підтримки прийняття рішень на планування маршрутів польоту БПЛА.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо алгоритм рішення задачі планування маршрутів польоту БПЛА для пошуку динамічних об'єктів [8, 9]. Існуюча схема формування маршрутів пошуку динамічних об'єктів з застосуванням БПЛА вимагає внесення змін оскільки маршрут польоту БПЛА повинен враховувати дії протилежної сторони, допускати застосування прийомів і способів протидії розвідці для прихованого виходу

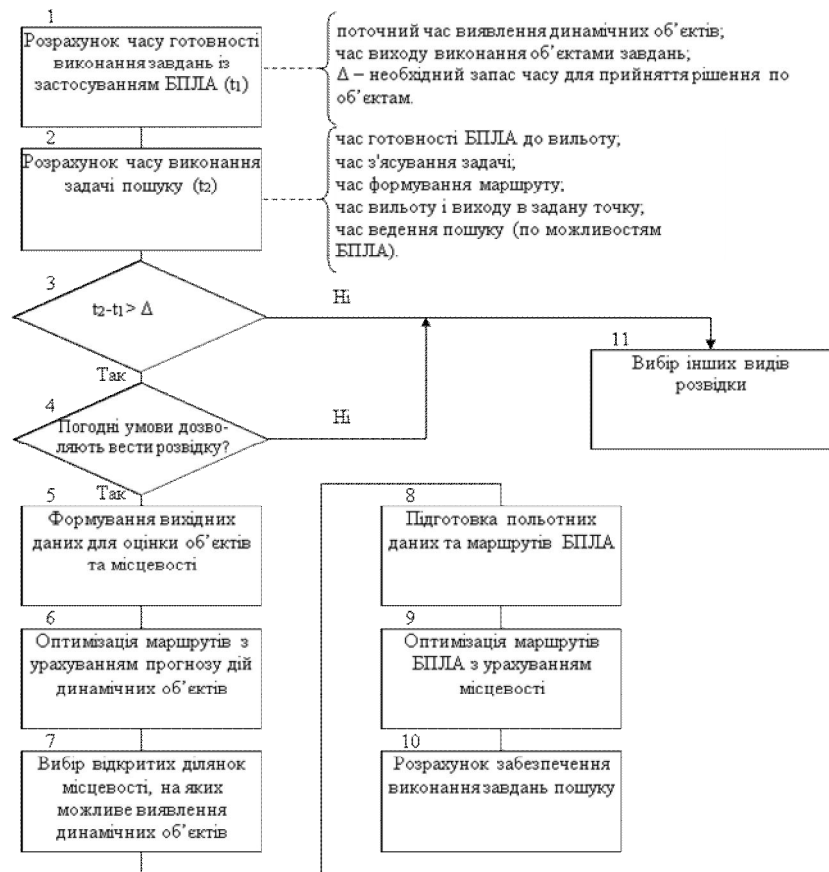


Рис. 1. Загальний алгоритм рішення задачі планування маршрутів польоту БПЛА для пошуку динамічних об'єктів

на об'єктів впливу. Запропонована схема (рис. 1) включає основний елемент - порядок формування маршруту ведення повітряної розвідки.

Відмінною рисою розробленого алгоритму є необхідність урахування множини варіантів дій динамічного об'єкту і множини маршрутів польоту БПЛА, що потребує рішення задачі оптимізації варіантів з використанням критеріїв ефективності дій динамічних об'єктів та ведення повітряної розвідки.

Розроблена методика обґрунтування вибору раціонального маршруту польоту БПЛА для пошуку динамічних об'єктів вимагає застосування сучасних інформаційних технологій.

Оскільки робота з картою, оцінкою місцевості займає при плануванні маршрутів польоту БПЛА значний час, то необхідно застосовувати геоінформаційні системи (ГІС), що використовують не тільки електронні бази даних про характер місцевості, але і алгоритми, що забезпечують проведення розрахунків по електронній карті, автоматичну прив'язку елементів системи в єдиній системі координат. Це дозволяє поєднати географічну або топографічну карти і великий масив вираженою в цифровій формі різномірної інформації, систематизованою і прив'язаною до відповідної точки картографічного зображення.

Для забезпечення візуалізації органам управління при формуванні множини варіантів дій динамічних об'єктів і варіантів маршруту польоту БПЛА доцільно використовувати електронні карти, що полегшує інтерактивну роботу користувача при роботі безпосередньо з картою та шарами карти.

Зараз усе більша увага приділяється розвитку інструментальних засобів, що являють собою великий набір модулів, з яких можна побудувати складну систему для конкретних завдань, при цьому спираючись на загальний інформаційний фундамент у виді стандартів, обмінних форматів, класифікаторів.

Для реалізації функцій планування необхідно створювати і підтримувати цифрові моделі як оперативної, так і тактичної обстановки, для чого доцільно використовувати типову структуру ГІС, приведену на рис. 2.

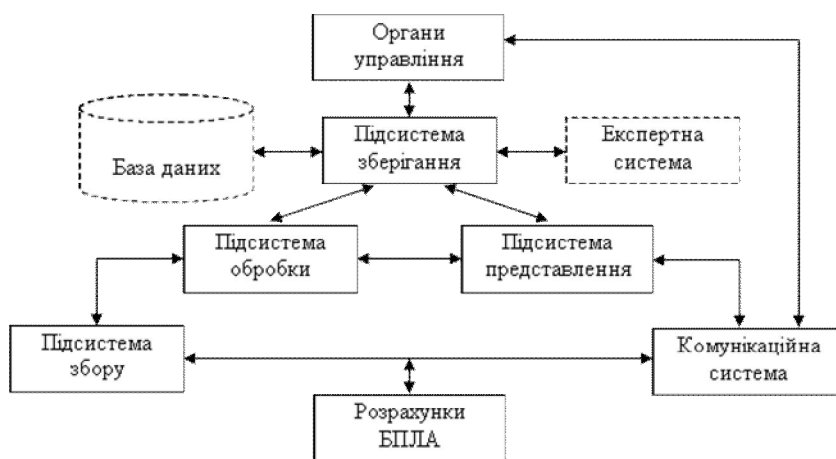


Рис. 2. Типова структура ГІС для планування повітряної розвідки

Наявність показаних на рис. 2 підсистем визначає глибину інтеграції даних і методів їх обробки, дозволяє в одному форматі приймати органами управління рішення і реалізовувати їх. Комплекс задач планування маршрутів БПЛА є складовою частиною системи підтримки прийняття рішення на застосування БПЛА і складається із сукупності взаємозалежних задач (рис. 3).

Задача збору інформації і формалізації даних призначена для отримання інформації про можливий район пошуку, її формалізації для автоматизо-

ваної обробки. Дана задача нерозривно зв'язана з задачею управління інформаційним забезпеченням, що призначена для формування інформації для прийняття рішення, для обміну необхідною інформацією між елементами структури, для формалізації польотного завдання БПЛА.

Центральною задачею комплексу задач планування маршрутів дій БПЛА є задача моделювання можливих варіантів дій динамічних об'єктів та польотів БПЛА. Результат моделювання використовується в задачі №5 (рис. 3).

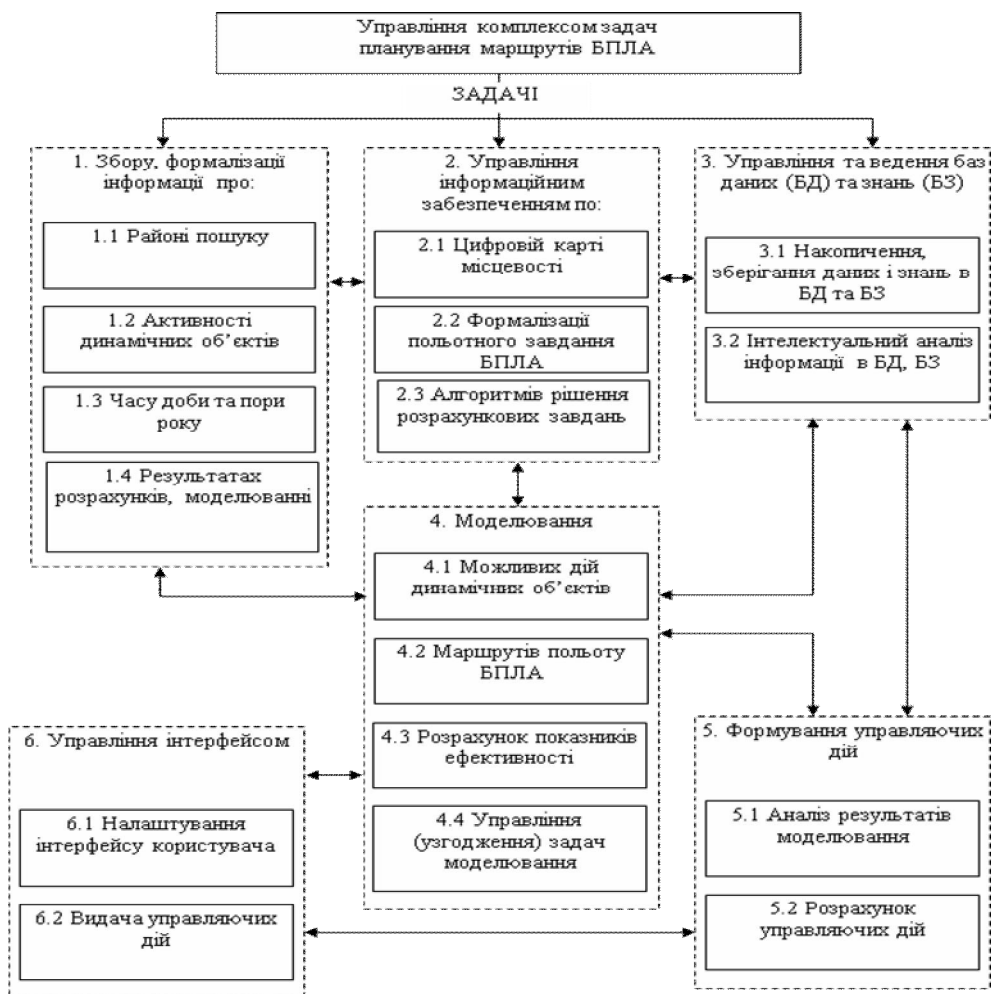


Рис. 3. Структура комплексу задач планування маршрутів польоту БПЛА

Із задачі №5 (рис. 3) (формування управляючого впливу), обгрунтований варіант маршруту передається оператору БПЛА.

Таким чином, запропоновану схему доцільно застосувати при створенні автоматизованої системи процесів прийняття рішення планування маршрутів БПЛА.

Висновки

Таким чином, на основі проведених досліджень можна зробити ряд висновків.

1. Широке розповсюдження та застосування БПЛА визначаються необхідністю виконання пла-

нування маршрутів польотів, що характеризується значною часовою та обчислювальною складністю.

2. На теперішній час значна увага дослідників присвячена розробкам інтелектуальних систем підтримки прийняття рішення оператора БПЛА по управлінню технічним засобом з урахуванням можливих впливів на апарат, однак моделі та задачі системи прийняття рішення на планування маршрутів БПЛА не розкриті в у повній мірі.

3. В статті розроблена структура комплексу задач планування маршрутів польоту БПЛА, яку доцільно застосувати при створенні автоматизованої системи управління підрозділами БПЛА.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Shreyamsh Kamate, Nuri Yilmazer, «Application of Object Detection and Tracking Techniques for Unmanned Aerial Vehicles», Texas A&M University – Kingsville, Kingsville, TX 78363, USA
2. Min-Hyuck Lee and Seokwon Yeom «Detection and Tracking of Multiple Moving Vehicles with a UAV» International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems Vol. 18, No. 3, September 2018, pp. 182-189 <http://doi.org/10.5391/IJFIS.2018.18.3.182>
3. George Plastiras, Christos Kyrkou, and Theocharis Theocharides. «Efficient ConvNet-based Object Detection for Unmanned Aerial Vehicles by Selective Tile Processing», 2018. In Proceedings of International Conference on Distributed Smart Cameras, Eindhoven, Netherlands, September 3–4, 2018 (ICDSC '18), 6 pages. <https://doi.org/10.1145/3243394.3243692>
4. Francesco M. Delle Fave, Zhe Xu, Alex Rogers & Nicholas R. Jennings «Decentralised Coordination of Unmanned Aerial Vehicles for Target Search using the Max-Sum Algorithm»
5. Yan Jin, Student Member, IEEE, Yan Liao, Ali A. Minai, Member, IEEE, and Marios M. Polycarpou, Fellow, IEEE «Balancing Search and Target Response in Cooperative Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Teams» CYBERNETICS, VOL. 36, NO. 3, JUNE 2006
6. Чернавина О.Е. Методика обоснования рационального решения на ведение воздушной разведки незаконных вооруженных формирований в лесистой местности / О.Е. Чернавина. – Х.: ХУПС, 2010. – С. 49-54.
7. Городнов В.П. Выбор показателей и критериев для оценки эффективности ведения воздушной разведки по выявлению НВФ / В.П. Городнов, Е.Б. Смирнов, А.В. Тристан, О.Е. Чернавина // Наука і техніка Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип.1(7). – С. 58-62.
8. Королюк Н. А. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении беспилотными летательными аппаратами на наземном пункте управления / Н.А. Королюк, С.Н. Еременко // Системи обробки інформації. – 2015. – № 8(133). – С. 31-36.
9. Бурый А.С., Шевкунов М.А. Подход к построению систем поддержки принятия решений при управлении беспилотными летательными аппаратами // Транспортное дело России. - 2015 - №6. – С.22-26.

Received (Надійшла) 21.11.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 22.01.2020

Complex of tasks of the system of support of decision-making for planning the route of unmanned aerial vehicles

A. Berezhnoj, I. Kryzhanivskyi

Abstract. The implementation of information and analytical systems in the practice of human activity in the context of the rapid development of information and telecommunication technologies provides a solution to the key task for the leader - the implementation of effective management on the scale of certain powers. The use of modern technologies for decision support helps reduce the risks associated with making unreasonable decisions, and adjust plans for the use of unmanned aerial systems in a changing environment and situations of uncertainty. The article proves that the widespread use of unmanned aerial vehicles makes it possible to solve various problems in conditions in which the use of manned aircraft is inappropriate. The low cost, simplicity and availability of production technology, the tactical and technical characteristics of unmanned aerial vehicles allow them to be used to solve a wide range of tasks, including the search for stationary and dynamic objects. These tasks require careful planning of flight routes of unmanned aerial vehicles for searching and monitoring the status of various objects, making optimal decisions regarding actions, taking into account various factors affecting the unmanned aerial vehicle, and forming control decisions with high efficiency and validity, which can be ensured by the creation of intelligent A decision support system. The use of unmanned aerial vehicles provides for the implementation of flight route planning, which is characterized by significant time and computational complexity. Currently, significant attention of researchers is devoted to the development of intelligent decision support systems for the operator of an unmanned aerial vehicle to manage technical equipment taking into account possible effects on the device, however, the models and tasks of the decision system for planning routes of unmanned aerial vehicles are not fully disclosed. The article has developed the structure of a set of tasks for planning flight routes of an unmanned aerial vehicle, which is advisable to apply when creating an automated control system for unmanned aerial vehicle units.

Keywords: unmanned aerial vehicle, information technology, route, planning, decision support system.