

УДК 623.746-519

САМКОВ О.В., декан факультету Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, професор

СІЛКОВ В.І., старший науковий співробітник Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, кандидат технічних наук, доцент

ГОЖИЙ О.П., декан факультету Чорноморського державного університету, кандидат технічних наук, доцент

МАВРЕНКОВ О.Є., докторант, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА

Запропоновано систему підтримки та прийняття рішень для підвищення ефективності пошуку заданих об'єктів безпілотними літальними апаратами.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, ефективність пошуку об'єктів, оптимальна програма польоту.

Бурхливий розвиток безпілотних літальних апаратів (БпЛА) за останній час привів до значного поширення переліку завдань, які успішно вирішуються безпіотною авіацією, як в військовій, так і в цивільній сферах застосування [1,2]. Значне місце в цьому переліку займає клас завдань спостереження та пошуку об'єктів.

В залежності від специфіки цих завдань, вимоги до них значно відрізняються від інших. Так, наприклад, в задачі спостереження за об'єктом, для забезпечення можливості безперервного контролю за зміною його стану, до БпЛА пред'являється вимога великої тривалості польоту. В задачі пошуку головною вимогою є оперативність отримання та доставки інформації про об'єкт пошуку споживачу. Зрозуміло, що обов'язково необхідно враховувати ці вимоги при вирішенні даних завдань.

Крім того відомо [2,3], що при проведенні спостереження деякої площини S в одному польоті при пошуку заданих об'єктів з відповідними лінійними розмірами, висота польоту БпЛА для скорочення часу пошуку повинна бути якомога більшою. В той же час, зі збільшенням висоти польоту БпЛА об'єкт пошуку може стати малопомітним. Задані об'єкти будуть напевно більш помітними, якщо детальність зйомки d не буде перевищувати заданої величини $d_{\text{зад}}$, ($d \leq d_{\text{зад}}$). В цьому разі, оптимальна висота польоту повинна відповідати умові $d = d_{\text{зад}}$, що забезпечить максимальну площу зйомки, а об'єкти зробить помітними.

Очевидно, що для мінімізації витрат на виконання завдань пошуку конкретних об'єктів з їх розмірами та з урахуванням погодних умов, кожного разу повинна розроблятися спеціальна програма польоту БпЛА.

В зв'язку з цим можна стверджувати, що завдання розробки оптимальної програми польоту БпЛА для класу завдань спостереження та пошуку

заданих об'єктів, а також виконання польоту згідно з заданою програмою, є безумовно актуальним.

В попередніх роботах авторів [2,3] сформульовано задачу досліджень та розроблено алгоритм розрахунків, який узгоджує характеристики об'єкта пошуку, його розміри з необхідними параметрами польоту БПЛА: висотою, швидкістю, траєкторію, кутами просторового положення та ін. Наявність цих залежностей та алгоритмів на їх основі дозволяє в реальному масштабі часу розробляти оптимальну програму польоту БПЛА для вирішення задач спостереження та пошуку заданих об'єктів. Однак реалізація такої програми для БПЛА, пов'язана з постійними збуреннями та відхиленнями, що з'являються в результаті невизначеностей завдань даного класу, зміни атмосферних умов, технічного стану літака, змін та уточнень завдань та ін. Це потребує проведення розрахунків в реальному масштабі часу та внесення коректив у програму шляхом запровадження відповідної системи підтримки та прийняття рішень (СППР), основні елементи якої знаходяться, в першу чергу, на наземному комплексі управління БПЛА, а інші – на борту літака.

Варіант такої структури системи управління БПЛА, з урахуванням роботи СППР, наведений на рис.1.

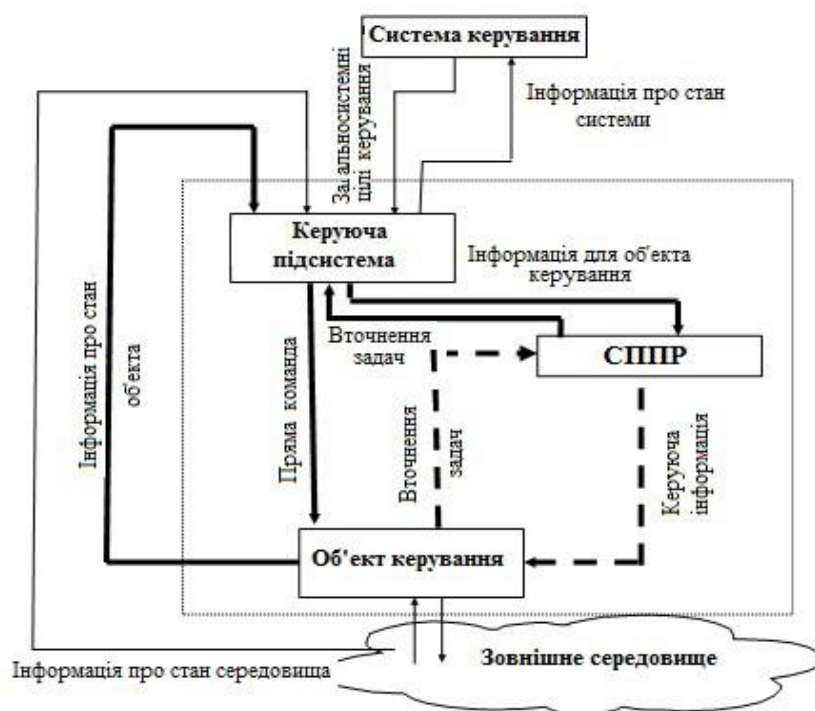


Рис. 1. Структура системи управління БПЛА з СППР

Запропонована СППР повинна вирішувати ряд основних задач, серед яких:
визначення основних льотно-технічних характеристик (ЛТХ) БПЛА;
визначення оптимальних режимів польоту в залежності від завдань, що вирішуються;
визначення оптимальної траєкторії польоту для виконання польотного завдання;
побудова оптимальних планів (програм) польотів.

До основних ЛТХ БпЛА відносяться: час, висота, швидкість для заданої траєкторії польоту та ряд інших [4,5]. Склад і кількість ЛТХ, які враховуються, визначається в залежності від польотного завдання.

Оптимальні режими польоту розраховуються, виходячи з типу завдання, що вирішується, умов його виконання та ЛТХ БпЛА. З метою отримання оптимальних траєкторій польоту в останній час широко застосовуються евристичні методи, що будуються на використанні різних алгоритмів. Для вирішення завдання побудови оптимальних польотних планів найбільш доцільним є використання модифікованого алгоритму A^* [3], який дозволяє спростити процедуру необхідних розрахунків. Такий алгоритм дає можливість побудови траєкторій, наближених до оптимальних, з урахуванням прийнятих обмежень.

Для побудови оптимального плану польоту БпЛА зроблена прив'язка цього алгоритму до картографічної інформації. При цьому, на карті польотного завдання визначаються траєкторії і площі для його виконання. В польотному плані для відповідних ділянок траєкторій розраховуються основні ЛТХ і режими польоту.

СППР в контурі системи управління БпЛА функціонує наступним чином. Керівник розрахунку плану використання БпЛА – особа, що приймає рішення (ОПР), отримує завдання на проведення пошуку заданого об'єкта в визначеному районі, уточнює та доводить його до оператора керування БпЛА. Оператор формалізує задачу та на її основі, з урахуванням картографічної інформації, оцінки ситуації, аналізу даних, розробляє основні вимоги до виконання польотного завдання для БпЛА. Далі він вводить в СППР відповідні необхідні дані. На основі аналізу вхідної інформації щодо виконання задачі пошуку і розрахунків параметрів польоту БпЛА, СППР за допомогою модулів побудови варіантів плану (програми) польоту формує варіанти цього плану. В модулі прийняття рішення СППР на основі отриманих варіантів здійснюється вибір оптимального плану польоту. Процедура вибору побудована на основі методів багатокритеріального аналізу та прийняття рішення, серед яких методи аналізу ієрархій, аналізу співвідношень та еволюційний метод. При необхідності ОПР контролює і корегує процес вибору плану польоту та, при необхідності, вносить зміни в нього. Характеристики отриманої програми польоту від СППР передаються в підсистему керування БпЛА, яка забезпечує виконання цієї програми. Структурна схема СППР при керуванні БпЛА наведена на рис.2.

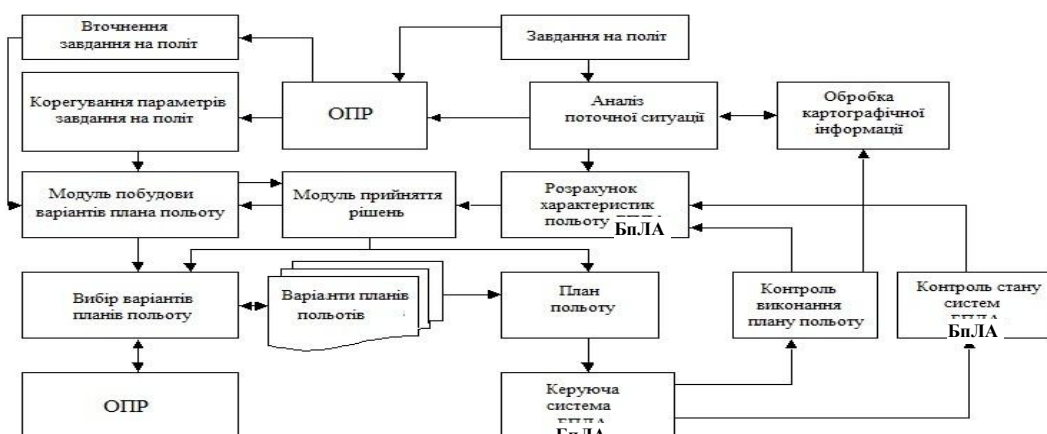


Рис.2. Структурна схема СППР при керуванні БпЛА

Змінні:

- 1) *nodes* - усі вершини
- 2) *nodesCount*; // кількість вершин графу
- 3) *opened = List*; // черга, де елементи відібрані в залежності від евристичної функції «відстань + вартість» $f(x)$
- 4) *first* // початкова вершина
- 5) *solution* // логічна змінна

Алгоритм:

```

    opened.add(first);
    while (!opened.isEmpty() && !solution)
// Отримуємо та виділяємо зі списку вершину з найменшою функцією вартості досягнень
    current = opened.poll();
    nodes++;
// Перебудовуємо шлях для даної вершини
    aux = current;
    route = new List();
    route.add(aux);
    while (aux.level != 0) { // поки глибина не рівна 0
    aux = aux.parent;
    route.add(0, aux); // додаємо попередню вершину до списку}

    // У разі, як що глибина пошуку дорівнює кількості вершин – оптимальний шлях знайдено
    if (current.level == nodesCount) {
    solution = true;
    optimumRoute = route;
    } else {
    for (int i = 0; i < nodesCount; i++) {
    // Чи є дана вершина серед вершин даного шляху
    visited = route.contains(nodes[i]);
    // Якщо шлях включає всі можливі вершини і ця початкова вершина
    isSolution = (route.size() == nodesCount) && (nodes[i] == first);

    if (!visited || isSolution) {
    child = nodes[i];
    // Встановлюємо вартість досягнень як суму вартостей батьківської вершини + вартість від
    батьківської до дочірньої
    child.g = current.g + getCost(current, child);
    // Визначаємо евристику
    child.h = getHeuristicValue(nodesCount, current.level + 1);
    // Визначаємо глибину
    child.level = current.level + 1;
    // Визначаємо батьківську вершину
    child.parent = current;
    // Додаємо у в відкритий список
    opened.add(child);
    Допоміжні функції:
    1)
    // count - кількість вершин, level - глибина
    getHeuristicValue(int count, int level) {
    //можлива відстань між двома точками
    HEURISTICCONSTANT = 15;
    return HEURISTICCONSTANT * (count - level);
    }
    2) getCost – розраховуємо відстань між двома точками (у метрах).

```

Рис.3. Програма об'льоту заданих точок маршруту пошуку на основі алгоритму A*

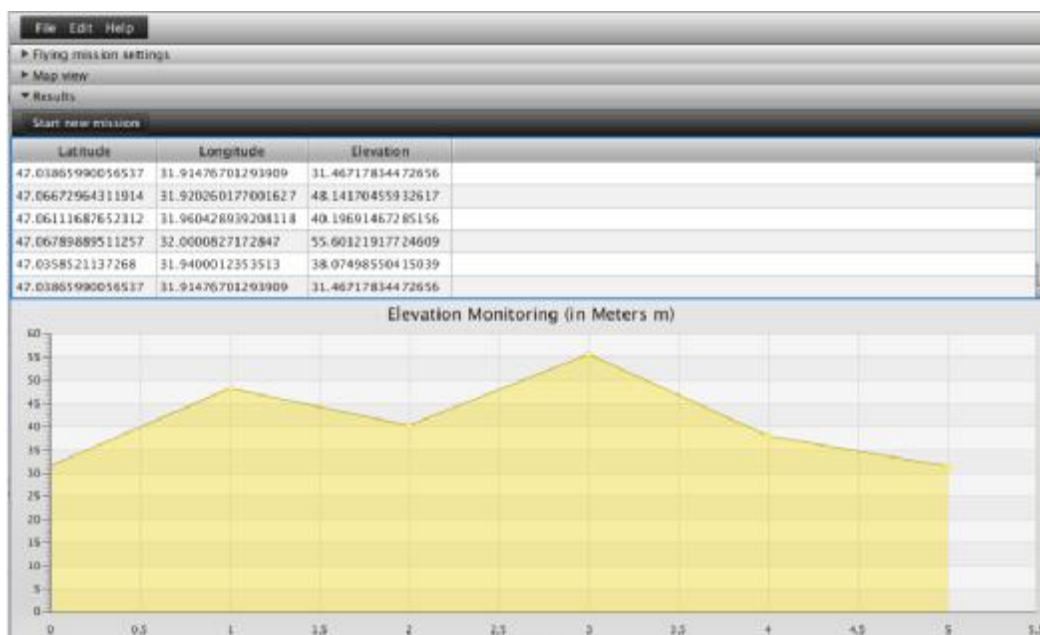


Рис.6. Розрахунок параметрів польоту (висота)

Передбачається, що впровадження представленої СППР у систему керування БПЛА дозволить підвищити ефективність застосування безпілотних комплексів розвідки та спостереження за рахунок автоматизації підготовки польотного завдання, оптимізації маршруту польоту з прив'язкою до електронної мапи місцевості та визначення оптимальних параметрів польоту з можливістю корегування параметрів польотного завдання в реальному масштабі часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик/ В.М. Ильюшко, М.М. Митрахович, А.В. Самков, В.И. Силков и др.; под об. ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2012. – 302 с.
2. Беспилотные летательные аппараты: Методика сравнительной оценки боевых возможностей/ М.М. Митрахович, В.И. Силков, А.В. Самков, Х.В. Бурштынская и др.; под об. ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2012. – 288 с.
3. Samkov A. 2012. Some particular indices of effectiveness of unmanned aerial vehicle application / Samkov A., Silkov V.//Vilnius: Aviation 16(3): 57 – 62.
4. Сілков В.І. Бойове маневрування літальних апаратів. – К.: НАОУ, 2004. – 340 с.
5. Силков В.И. Динамика полета летательных аппаратов. – К.: КМУ ГА, 1997. – 425с.

Надійшла до редакції 18.10.2012