

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРУПИ БПЛА

Якорнов Є.А., Цуканов О.Ф.

*Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: yakornovits@gmail.com*

DETERMINATION OF THE COORDINATES OF GROUND OBJECTS USING THE UAV GROUP

A brief analysis of the methods of determining the coordinates of moving ground objects using a group of UAVs, namely pseudo-range-finding, difference-range-finding and direction-finding methods by a group of 3 or 4 UAVs, was conducted. It is proposed to use the direction-finding method, which allows reducing the number of UAVs to two.

В умовах ведення Україною оборонних, контрнаступальних та наступальних операцій однієї з пріоритетних задач є визначення координат наземних, в першу чергу, рухомих об'єктів в реальному масштабі часу. На теперішній час, вказана задача вирішується за допомогою застосування розвідувальних БПЛА, які мають можливість надавати візуальну інформацію по визначеним цілям.

Розвідувальні БПЛА, мають великий час роботи в повітрі, а це означає їх відносно великі розміри, а значить і більшу ефективну поверхню розсівання, та значний обсяг апаратури, що приводить до їх високої вартості та потребують значний час виробництва. Також, такі БПЛА потребують спеціальні ділянки для базування та зльоту і є першочерговими для знищення цілями ППО противника.

Сучасні тенденції розвитку БПЛА воєнного призначення це зниження вартості, особливо для дронів-камікадзе та підвищення автономності для вирішення задач розвідки. За таких умов вирішення питання застосування малогабаритних БПЛА, які мають на борту мінімальний обсяг апаратури для ведення розвідки, а саме координат наземних рухомих об'єктів противника (цілей) з високою точністю, є актуальною задачею.

Розглянемо методи визначення координат наземних цілей.

1. За допомогою електронних карт. Координати цілей визначається телевізійною камерою БПЛА, а координати визначаються на пункті керування БПЛА за допомогою електронної карти місцевості (система Байрактар). Знищення одного такого БПЛА, приведе до неможливості виконання задачі ведення розвідки.

2. Для підвищення живучості БПЛА (стійкості до вогневого ураження) слід застосовувати групу з трьох або більш БПЛА, що дозволяє визначити координати наземних рухомих цілей без застосування електронних карт.

На даний час, така задача може бути розв’язана [1] за допомогою групи з трьох БПЛА із застосуванням далекомірних методів, далекомірного або різницево-далекомірного, та пеленгаційного за допомогою чотирьох БПЛА. Наприклад, розглянутий в [2] псевдо далекомірний метод полягає в тому що, за допомогою лазерного далекоміра послідовно з трьох точок здійснюється вимірювання відстані до цілі яка розташована на землі. Координати БПЛА визначаються за допомогою системи GPS в реальному масштабі часу, а координати цілі на землі, після виміру дальності з трьох точок. Недоліком цього псевдо далекомірного методу є відсутність можливості визначення дальності лазерним далекоміром, що унеможливорює його застосування.

Тому, для визначення координат наземних рухомих цілей пропонується застосовувати групу БПЛА із застосуванням далекомірного, або різницево-далекомірного методу.

В разі застосування далекомірного методу рис. 1а. пропонується використовувати групу з трьох БПЛА. Для використання різницево-далекомірного методу, групи з чотирьох БПЛА рис.1(b,c).

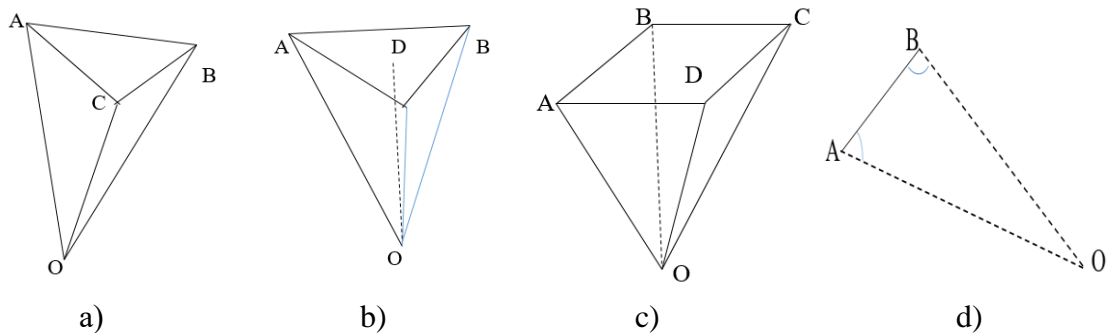


Рис.1. а) далекомірний метод; б) різницево-далекомірний метод; в) пеленгаційний метод 1; д) пеленгаційний метод 2.

Нехай три БПЛА розташовані в точках рівностороннього трикутника АСВ, рис. 1а, необхідно визначити координати цілі розташованої в точці О. Кожний БПЛА визначає кут між відрізком між двома сусідніми БПЛА та напрямком на ціль.

Необхідно визначення дальності $R_1 = [AO]$; $R_2 = [BO]$; $R_3 = [CO]$; Визначення дальності, наприклад D_1, D_2 здійснюється за допомогою теореми синусів. Причому, значення D_1, D_2, D_3 може бути здійснено декілька раз для визначення швидкості наземних цілей.

Визначення координат цілі $x_{ц}, y_{ц}, z_{ц}$ здійснюється шляхом рішення системи рівнянь ітераційним методом:

$$(x_{ц} - x_j)^2 + (y_{ц} - y_j)^2 + (z_{ц} - z_j)^2 = D_i^2, \quad j = A, B, C; \quad i = \overline{1,3}. \quad (1)$$

Для підвищення точності визначення координат можна застосувати різницево-далекомірний метод рис 1b. Для цього застосовуються чотири БПЛА, для кожного з яких вимірюється дальність до цілі, при цьому БПЛА

розташований в т. D знаходиться в початку системи координат. Визначення координат цілі здійснюється шляхом рішення системи рівнянь:

$$\begin{aligned} (x_{ц} - x_j)^2 + (y_{ц} - y_j)^2 + (z_{ц} - z_j)^2 &= D_i^2, \\ j = A, B, C; i = \overline{1,3}. \\ x_D^2 + y_D^2 + z_D^2 &= D_D^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Зазначимо що для цієї задачі далекомірний та різницево далекомірний методи є похідними з пеленгаційного методу, який далі розглянемо два варіанти застосування пеленгаційного методу.

Перший пеленгаційний метод, передбачає використання угруповання з чотирьох БПЛА рис. 1с). Кожен БПЛА розташований у вершинах квадрата, всі БПЛА розташовані на одній висоті, та всі одночасно вимірюють пеленг на ціль, при чому якщо для попередніх методів для отримання максимальної точності визначення координат необхідно щоб проекція положення цілі обов'язково знаходилась в середині трикутника. то для пеленгаційного методу такої вимоги не має.

З метою зменшення кількості БПЛА з 4 до 2 пропонується застосування другого пеленгаційного методу. Реалізація цього методу передбачає наявність тільки двох БПЛА рис. 1 d. які розташовані в точках А, В. За допомогою системи взаємного вимірювання відстані [3] між БПЛА, відстань |АВ| відома. Ще однією умовою застосування другого пеленгаційного методу є умова рівності висот польоту кожного з двох БПЛА.

Крім того, обов'язковою умовою досягнення високої точності визначення координат наземних цілей є те що, пеленг на ціль на борту БПЛА не повинен вимірюватись в градусах, або в радіанах, ці значення нелінійне зв'язані з прямокутною системою координат, а тільки в направляючих косинусах, це зменшує помилку вимірювання координат цілі.

Відстань між БПЛА визначається ланкою підрозділу розвідки, батальйонна або бригадна.

Література

1. Матричные радиометрические корреляционно-экстремальные системы навигации летательных аппаратов.–Х.: Изд-во ООО «Щедрая усадьба плюс», 2014– 372 с. ISBN 978-617-7188-XX-X.
2. О.В. Майстренко і інш. Визначення координат наземних цілей з використанням малогабаритних БПЛА на основі вдосконаленого псевдодальномірного методу Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів. DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.22.2020.43-47>.
3. Y. Yakornov O.Tsukanov Estimation of Motion Parameters of Unmanned Aerial Vehicles of Wireless Sensor Networks Based on the Least Squares Method with a Fractional Taylor Series in a “Sliding Window”, International Scientific and Technical Conference - Modern Challenges in Telecommunications MCiT 2021: Progress in Advanced Information and Communication Technology and Systems pp 419–435.