

Технічні науки

УДК 623.74

Репнікова Наталія Борисівна

*кандидат технічних наук, доцент,
викладач факультету інформатики та обчислювальної техніки
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Repnikova Nataliya

*PhD, Associated Professor of the
Faculty of Informatics and Computer Science
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Облаухов Владислав Юрійович

*студент факультету інформатики та обчислювальної техніки
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Oblaukhov Vladyslav

*Student of the Faculty of Informatics and Computer Science of the
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ОБ'ЄКТІВ ЗА
ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИКІВ
SYSTEM FOR DETERMINING MOVEMENT PARAMETERS OF
OBJECTS WITH THE HELP OF DRONES**

Анотація. Розглядається проблема пасивного визначення координат, швидкості та напрямку рухомих об'єктів. Пропонується використання двох безпілотних літальних апаратів з тепловізійними камерами для

пасивного непомітного спостереження за рухомими цілями і визначення параметрів їх руху. Розроблено метод обчислення параметрів руху цілей. Приведено результати розрахунків за розробленим методом.

Ключові слова: безпілотники, пасивне спостереження цілей, визначення координат і швидкості цілей.

Анотація. Рассматривается проблема пассивного определения координат, скорости и направления движущихся объектов. Предлагается использование двух беспилотных летательных аппаратов с тепловизионными камерами для незаметного пассивного наблюдения за движущимися целями и определения параметров их движения. Разработан метод вычисления параметров движения целей. Приведены результаты расчетов по разработанному методу.

Ключевые слова: беспилотники, пассивное наблюдение целей, определение координат и скорости целей.

Summary. Considered the problem of passive determination of coordinates, speed and direction of moving objects. It is proposed to use two unmanned aerial vehicles with thermal imaging cameras for passive invisible observation of moving targets and determine the parameters of their movement. The method of calculation of parameters of movement of the purposes is developed. The results of calculations by the developed method are given.

Key words: drones, passive observation of targets, determination of coordinates and speed of targets.

Вступ. Безпілотні літальні апарати, вони ж БПЛА, вони ж дрони, сьогодні не є чимось незвичним, особливо у військовій справі. Втім, варто розуміти, що під словом "безпілотник" ховається цілий ряд літальних апаратів, різниця між якими може бути як між велосипедом і танком. Найменший військовий безпілотник солдат може носити в кишені, щоб

“зазирнути”, припустимо, за ріг будинку. А найбільший, по суті, є повноцінним бойовим літаком, просто без кабіни пілота, який може буквально цілодобово кружляти в повітрі, очікуючи нагоди враження цілі.

Активні бойові дії на сході України, зумовлені російською агресією, продемонстрували потребу не лише у застосуванні на полі бою БПЛА для корегування артилерії та збору розвідувальних даних, а й ударних, здатних вражати броньовані та важкодоступні цілі противника.

Для виконання поставлених задач, потрібно чітко визначення параметрів руху цілей: координат, швидкості та напрямку.

Наразі існують активні та пасивні методи спостереження. В активних методах використовується електромагнітне випромінювання, яке відбивається від цілі і сприймається датчиками для визначення відстані [1]. Але такий метод має недоліки: ціль може мати датчики для виявлення такого опромінення і визначення напрямку звідки воно надходить [2]. Таким чином ціль може сховатися або знищити БПЛА.

Пасивні методи – це спостереження за середовищем, без впливу на нього, таким чином значно покращується непомітність та ціль не має уявлення про те, що її виявили. Але наявні пасивні методи спостереження мають складні обчислення для адекватної точності розрахунків [3].

Основна частина. В розробленому методі пропонується використання одразу двох БПЛА для точного та простого обчислення параметрів руху цілей. Завдяки інфрачервоній камері, визначається напрямок на ціль відносно кожного БПЛА. Маючи координати БПЛА завдяки GPS та напрямок на ціль, можна скласти рівняння прямих, які поєднують кожен БПЛА з ціллю. Обчисливши координати їх перетину – визначимо координати цілі.

Нехай існує ціль E, координати якої потрібно знайти (Рис.1).

Є початок координат точка O, та два БПЛА, позначені точками A та B.

$A_x, A_y, A_z, B_x, B_y, B_z$ – відповідно проекції точок A та B на осі координат в певний момент часу.

A_1, B_1 – проекції точок A та B на площину xOy .

Вектори \vec{AA} та \vec{BB} – напрямки руху БПЛА.

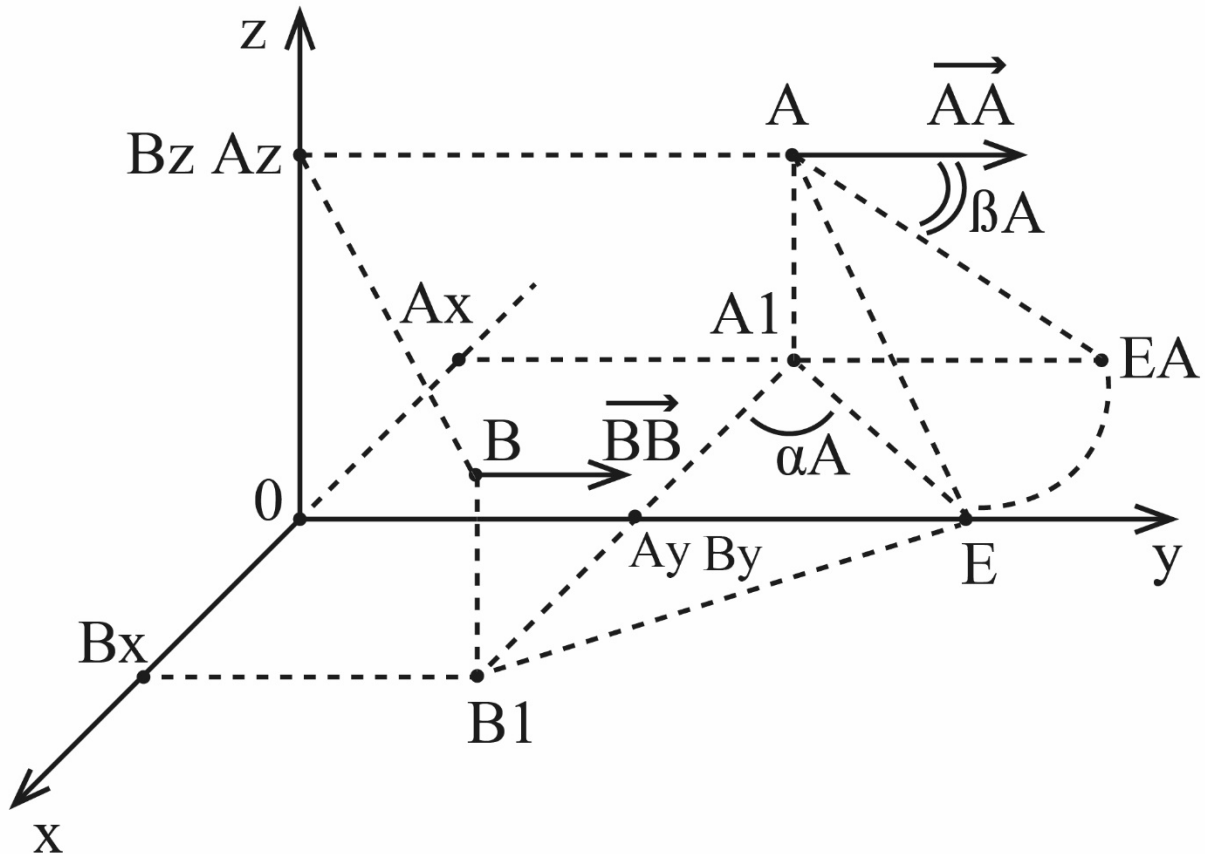


Рис. 1. Графічна модель відстеження точки E

Джерело: авторська розробка

В певний момент часу кожен БПЛА має свої координати $A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_2)$ від системи GPS та кути напрямку на ціль по горизонталі відносно осі X : α_A, α_B та по вертикалі відносно площини xOy : β_A, β_B від датчиків кутів повороту камери.

Тоді можна скласти рівняння прямих [4]:

$$\frac{x - x_1}{m_1} = \frac{y - y_1}{p_1} = \frac{z - z_1}{l_1};$$
$$\frac{x - x_2}{m_2} = \frac{y - y_2}{p_2} = \frac{z - z_2}{l_2};$$

Де проекції напрямних векторів:

$$m_1 = \overline{AE}_z = 1 * \sin(\beta_A);$$
$$p_1 = \overline{AE}_x = 1 * \cos(\beta_A) * \cos(\alpha_A);$$
$$l_1 = \overline{AE}_y = 1 * \cos(\beta_A) * \sin(\alpha_A);$$
$$m_2 = \overline{BE}_z = 1 * \sin(\beta_B);$$
$$p_2 = \overline{BE}_x = 1 * \cos(\beta_B) * \cos(\alpha_B);$$
$$l_2 = \overline{BE}_y = 1 * \cos(\beta_B) * \sin(\alpha_B);$$

Далі зведемо рівняння обох прямих до однієї системи з чотирьох рівнянь з трьома невідомими x, y, z . Запишемо її в матричному вигляді:

$$\begin{bmatrix} p_1 & -m_1 & 0 \\ 0 & l_1 & -p_1 \\ p_2 & -m_2 & 0 \\ 0 & l_2 & -p_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1 * x_1 - m_1 * y_1 \\ l_1 * y_1 - p_1 * z_1 \\ p_2 * x_2 - m_2 * y_2 \\ l_2 * y_2 - p_2 * z_2 \end{bmatrix};$$

Для вирішення отриманої системи можна застосувати будь який з відомих методів вирішення СЛАР, наприклад метод Гауса. Якщо система виявиться несумісною – прямі не перетинаються і БПЛА спостерігають різні цілі, якщо система має безліч рішень – прямі співпадають (проте в заданій задачі така ситуація неможлива). Єдиний розв'язок системи дає точку перетину прямих і, відповідно, координати цілі.

Якщо ціль рухається, потрібно виконати двічі цю операцію з певним інтервалом часу. Маючи 2 точки цілі і час можна обчислити швидкість і напрямок руху.

Приклад вирішення задачі

Є початок координат точка 0, та два БПЛА, позначені точками А та В, які мають в певний момент часу спостереження координати: А(-2;2;2√2) та В(2;2; 2√2).

Кути, які видають датчики кутів повороту камери в БПЛА: α_А=45°, α_В=135°, β_А=-45°, β_В=-45°.

Тоді за розробленим методом:

Підставляємо координати БПЛА та напрямних векторів в канонічні рівняння прямих:

$$\begin{aligned} \text{АЕ: } \frac{x - A_x}{AEx} &= \frac{y - A_y}{AEy} = \frac{z - A_z}{AEz} = \\ &= \frac{x + 2}{\frac{1}{2}} = \frac{y - 2}{\frac{1}{2}} = \frac{z - 2\sqrt{2}}{-\frac{\sqrt{2}}{2}}; \end{aligned}$$

Та для другого БПЛА:

$$\begin{aligned} \text{ВЕ: } \frac{x - B_x}{BEx} &= \frac{y - B_y}{BEy} = \frac{z - B_z}{BEz} = \\ &= \frac{x - 2}{-\frac{1}{2}} = \frac{y - 2}{\frac{1}{2}} = \frac{z - 2\sqrt{2}}{-\frac{\sqrt{2}}{2}} \end{aligned}$$

Зводимо до однієї системи рівнянь:

$$\begin{bmatrix} p1 & -m1 & 0 \\ 0 & l1 & -p1 \\ p2 & -m2 & 0 \\ 0 & l2 & -p2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p1 * x1 - m1 * y1 \\ l1 * y1 - p1 * z1 \\ p2 * x2 - m2 * y2 \\ l2 * y2 - p2 * z2 \end{bmatrix};$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} * (-2) - \frac{1}{2} * 2 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} * 2 - \frac{1}{2} * 2\sqrt{2} \\ \frac{1}{2} * 2 - (-\frac{1}{2}) * 2 \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} * 2 - \frac{1}{2} * 2\sqrt{2} \end{bmatrix};$$

В результаті вирішення методом Гауса отримаємо:

$$\left[\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right];$$
$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix};$$

Координати цілі E(0;4;0).

Висновки. В даній науковій роботі запропоновано новий підхід пасивного методу спостереження за рухомими об'єктами, який забезпечує визначення їх координат та швидкості з використанням інфрачервоних камер двох БПЛА.

В цілому, отримані у ході даного дослідження теоретичні та практичні результати можуть використовуватися надалі у якості методологічної бази підвищення ефективності враження броньованих та важкодоступних цілей противника.

Література

1. Белоцерковский Г.Б. Основы радиолокации и радиолокационные устройства / Г.Б. Белоцерковский. М.: Советское радио, 1975. 336 с.
2. Дрогалин В.В., Дудник П.И., Канащенков А.И. и др. Определение координат и параметров движения источников радиоизлучения по

- угломерным данным в однопозиционных бортовых радиолокационных системах // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2002. № 3. С. 64–93.
3. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, О.Е. Балашов, А.И. Степашкин., М.: Радиотехника, 2008. 176 с.
 4. Рівняння прямої в просторі. URL:
http://mathprofі.ru/uravnenija_pryamoi_v_prostranstve.html