

ческие и структурные решения СМР на основе современных информационных технологий и электронной компонентной базы, а также концептуальную модель резервирования средств мониторинга.

2. Разработать модели и систему оценки параметров работоспособности основных подсистем БЛА, критерии результативности (качества) действий лиц, принимающих решение по обеспечению безопасного и безаварийного полета.

3. Интегрировать датчики и оборудование для квазинепрерывного сбора информации о работоспособности основных подсистем БЛА, создать аппаратно-программное обеспечение для обработки и анализа первичной информации, реализации интерфейсов «человек-машина», ведения информационных ресурсов (специализированных баз данных и функционирования «экспертных систем»), прогнозирования динамики параметров функционирования и показателей надежности основных подсистем БПЛА, реализации технологий «искусственного интеллекта».

УДК 519.6

ЗАДАЧА ПРЕСЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ БПЛА САМОЛЁТНОГО ТИПА

В.Ф. СЛЕПЦОВ

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

На протяжении тысяч лет государства ведут войны за сырьевые ресурсы и возможность управлять другими народами. Пришло время, когда «... почти весь земной шар поделен между ... “владыками капитала”, в форме ли колоний или посредством запутывания чужих стран тысячами нитей финансовой эксплуатации. Свободную торговлю и конкуренцию сменили стремления к монополии, к захвату земель для приложения капитала, для вывоза сырья и т. д.» [1], что западные руководители называют санкциями.

Чтобы сохранить свой суверенитет и независимость необходимо обеспечить отечественные Вооруженные Силы современной военной и специальной техникой, развитие форм и способов ведения военных действий [2].

Сказанное явилось причиной рассмотреть возможности применения математических методов оптимальных решений в управлении летательными аппаратами.

При создании математической модели процесса предполагаем, что аппарат имеет автономное управление, которое защищено от средств радиоэлектронной борьбы, оснащён средствами навигации типа гиросtabilизированной платформы, имеет средства управления двигателем и способен обнаруживать присутствие поблизости других подобных аппаратов.

При моделировании объекта управления использовались методы динамики управляемых систем [3,4]. В качестве примера рассматривается задача преследования, использующая теорию дифференциальных игр [5].

При создании математической модели задачи обозначим преследователя символом P (рис.1), а преследуемого символом E . В силу обратимости участников действия назовем их партнёрами в игре.

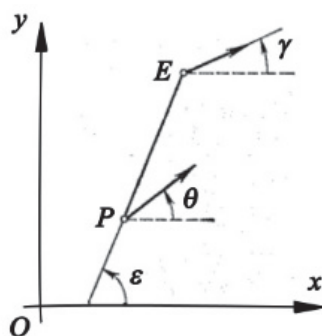


Рис. 1. К задаче преследования

Пусть v_E , γ – скорость и курс точки E , а v_P , θ – скорость и курс точки P . Уравнения их движения запишем в виде:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= v_E \cos \gamma, \\ \dot{y} &= v_E \sin \gamma,\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}\dot{D} &= v_P \cos(\varepsilon - \theta) + v_E \cos(\varepsilon - \gamma), \\ D\dot{\varepsilon} &= v_P \sin(\varepsilon - \theta) - v_E \sin(\varepsilon - \gamma).\end{aligned}\tag{2}$$

Здесь ε – угол, образуемый прямой PE с осью x , $D=EP$, координаты x, y описывают состояние партнёра E , а координаты D, ε – состояние партнёра P . Оба состояния зависят от скорости и тангажа курса движения, которые можно выбирать. Поэтому v_P, θ, v_E, γ являются управляющими функциями.

Отметим также, что в задачах, имеющих практический смысл, должно быть

$$\begin{aligned} 0 \leq v_E \leq a, |\dot{\gamma}| \leq m, \\ 0 \leq v_P \leq b, |\dot{\theta}| \leq n, \end{aligned} \quad (3)$$

где a, b, m, n – заданные числа.

Неравенства (3) определяют область значений функций управления при любых параметрах x, y, D, ε и представляют собой область определения уравнений (1), (2).

Представленная математическая модель описывает ситуацию, которая называется конфликтной или игровой [5] и решение задачи возможно имеющимися алгоритмами динамического программирования.

В результате вычислений оптимальная стратегия для u имеет вид:

$$\begin{aligned} u &= -\bar{u} \quad \text{при } z_3 > s_3 \geq s_2, \\ u &= +\bar{u} \quad \text{при } z_3 < s_3 \leq s_2, \\ u &= 0 \quad \text{при } z_3 = s_3 \cdot \frac{3}{2}. \end{aligned} \quad (4)$$

где $\bar{u}$ – заданное число; $z_3 = \theta$; $s_2 = \varepsilon(T)$; $s_3 = \theta(T)$.

Оптимальная стратегия для v будет:

$$\begin{aligned} v &= -\bar{v} \quad \text{при } z_4 > s_4 \geq s_2, \\ v &= +\bar{v} \quad \text{при } z_4 < s_4 \leq s_2, \\ v &= 0 \quad \text{при } z_4 = s_4, \end{aligned} \quad (5)$$

причём $\bar{v}$ – заданное число; $z_4 = \gamma$; $s_4 = \gamma(T)$.

Зависимости (4) и (5) определяют оптимальные траектории преследования. Они состоят из отрезков окружностей минимальных радиусов

$R_P = \frac{v_P}{\bar{u}}$, $R_E = \frac{v_E}{\bar{v}}$. В исключительных случаях, когда

$$s_3 = s_2 = z_3, \quad z_4 = s_4 = s_2,$$

кроме отрезков указанных окружностей оптимальные траектории преследования могут состоять также из отрезков прямых.

Изложенный алгоритм определения оптимальной траектории преследования позволяет создать программное обеспечение, которое обеспечит эффективное управление полетом БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленин, В.И. Социализм и война. ПСС, Изд-е 5-е. М.: Изд-во пол-лит. лит-ры, 1967. Т. 26. 590 с.
2. Зарудницкий, В.Б. Характер и содержание военных конфликтов в современных условиях и обозримой перспективе // Военная мысль. – 2021.–№ 1.–С. 33–43.
3. Molotnikov, V., Molotnikova, A. Theoretical and Applied Mechanics. – Switzerland: Springer Nature AG, 2023.–684 s.
4. Летов, А.М. Динамика полёта и управление. – М.: Наука, 1969.–389 с.
5. Айзекс, Р. Дифференциальные игры. – М.: Мир, 1967.–479 с.

УДК 621.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ, СВЯЗАННОЙ С БЕСПИЛОТНЫМИ АППАРАТАМИ

И.Ф. СОЛОВЬЕВА

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

История беспилотных летательных аппаратов (дронов) началась задолго до их массового применения в гражданской сфере.

Первая идея беспилотного аппарата относится к 1860 году, когда во время осады Венеции австрийцы запускали воздушные шары с бомбами, чтобы атаковать город.

Далее в США в 1916 г. – Чарльз Кеттеринг разработал беспилотный самолет-снаряд, который должен был лететь по заданному маршруту и падать на врага с бомбой. Он управлялся примитивным автопилотом.

В Великобритании в 1917 г. начали появляться радиоуправляемые самолёты для учебных целей.

Во время второй мировой войны (1939–1945) в Германии стали создаваться крылатые ракеты «Фау-1» (V-1), которые считались прототипом современных дронов.

В СССР также велись эксперименты с дистанционно управляемыми самолетами, использовавшиеся для разведки, наблюдения и учений (например, Ту-143 «Рейс», 1970).