

Урбанский Д. Ю.

соискатель

научный руководитель Ерохин В. В., д.т.н.

Профессор кафедры «Радиоэлектронных систем»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

университет гражданской авиации имени главного маршала авиации

А.А. Новикова» (ФГБОУ ВО СПбГУ ГА им. А.А. Новикова)

**АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ
БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА В
МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НАБЛЮДЕНИЯ**

Аннотация: Рассмотрены возможности применения многопозиционной системы наблюдения (МПСН) для определения местоположения беспилотных воздушных судов (БВС) при полете в составе группы. Показано, МПСН может быть эффективным средством определения параметров траекторного движения БВС с достаточно высокой точностью.

Ключевые слова: многопозиционная система наблюдения, беспилотное воздушное судно, местоположение.

D.Yu. Urbanskiy

V.V. Erokhin, Doctor of Engineering

Professor, Department of Radioelectronic Systems,

Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal

of Aviation A.A. Novikov (Saint Petersburg State University of Civil Aviation

named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov)

ALGORITHM FOR DETERMINING THE LOCATION OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE IN A MULTI-POSITION SURVEILLANCE SYSTEM

Abstract: The potential of using a multi-positional surveillance system (MPSS) to determine the location of unmanned aerial vehicles (UAVs) flying in formation is examined. It is demonstrated that the MPSS can be an effective means of determining UAV trajectory parameters with a sufficiently high accuracy.

Keywords: multi-position surveillance system, unmanned aerial vehicle, location..

В последнее время интеграция трехмерного зрения в оборудовании БВС внесла большой вклад в продвижение геопространственных технологий для мелкомасштабного картографирования, приложений для мониторинга и инспекции. Группой БВС может решаться широкий круг задач, в частности, обследование больших по площади участков местности, акваторий морей, автономное картографирование необследованной местности [1].

При картографировании каждое БВС группы должно выполнять следующие функции: выполнять взлет, осуществлять полет в назначенный пункт маршрута с высокой точностью при создании своей карты, выполнять оценку качества сгенерированной карты, и реализовывать программу возврата в точку вылета. При выполнении данных функций высокоточное позиционирование БВС имеет большое значение [1]. Одной из проблем эффективного радиолокационного наблюдения за группой объектов является низкая разрешающая способность. Следовательно, проблему позиционирования БВС при полете в составе группы можно использовать МПСН на основе мультилатерации [2]. Целью исследований

является решение актуальной научно-прикладной задачи определения МП БВС при полете в составе группы на основе мультilaterационной технологии.

Благодаря МПСН возможно решение задачи определения МП БВС и ВС на основе мультilaterационной технологии с отображением информации о воздушной обстановке на многофункциональном индикаторе. Применение МПСН позволит повысить безопасность полетов при реализации концепция интеграции БВС в единое воздушное пространство Российской Федерации. Демонстрация возможностей определения МП ВС и БВС на основе МПСН продемонстрирована на рисунке 1.

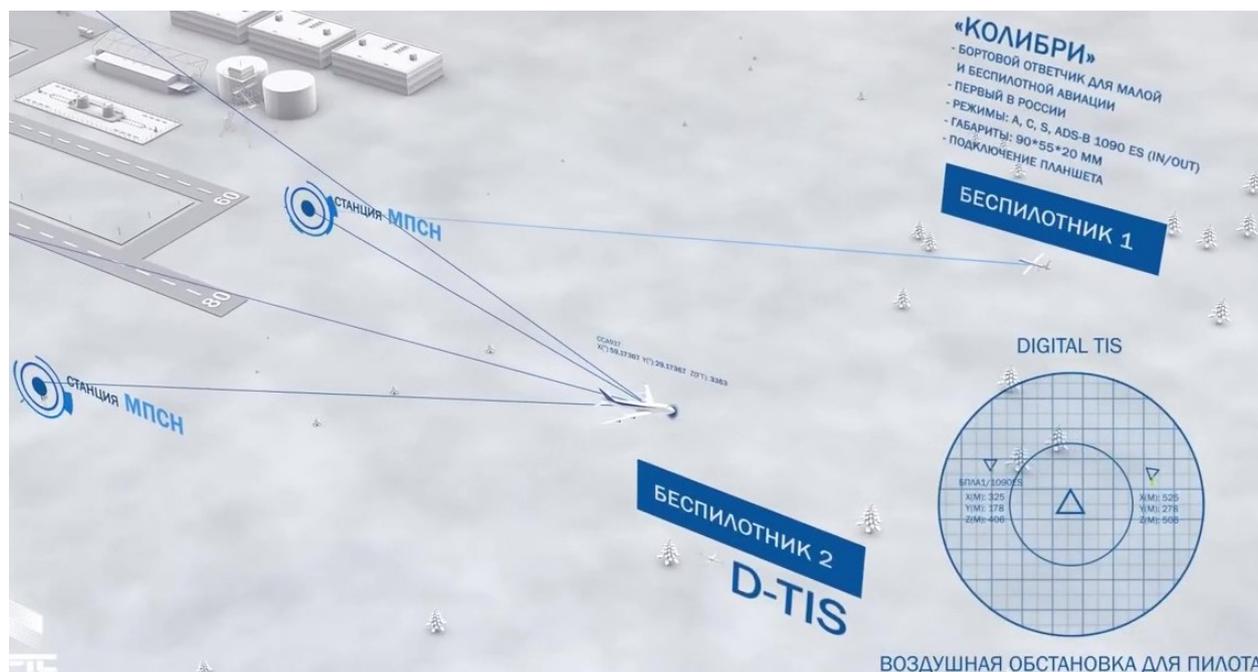


Рисунок 1 – Демонстрация определения МП ВС и БВС на основе МПСН

Требуется определить неизвестные координаты БВС x_m, y_m, z_m . С учетом шумов и помех, воздействующих на МПСН, для определения МП БВС целесообразно использовать математический аппарат оптимальной фильтрации. Данный подход основан на использовании о состоянии системы в предыдущий момент времени, что позволяет повысить точность

оценки вектора состояния [3]. Уравнение наблюдения запишем в векторно-матричном виде

$$\xi_k = H_k(\lambda_k) + n_k, \quad (1)$$

где $\xi_k = [\Delta D_{i,1}(t_k) \ \cdots \ \Delta D_{i,N-1}(t_k)]^T$ - вектор наблюдений, $\lambda = [x \ y \ z]^T$ - вектор состояния, содержащий неизвестные координаты БВС, $n_k = [n_{i,1}(t_k) \ \cdots \ n_{i,N-1}(t_k)]^T$ - вектор аддитивных шумов с известной матрицей шумов измерений V_k ; $H_k(\lambda_k)$ - нелинейная вектор-функция взаимосвязи вектора состояния λ_k с вектором наблюдений ξ_k .

Динамику вектора состояния системы представим нелинейным уравнением вида [3]:

$$\lambda_k = F(\lambda_k) + W_k, \quad (2)$$

где $F(\lambda_k)$ - нелинейная матрица динамики системы; W_k - вектор аддитивных ДБГШ с известной матрицей односторонних спектральных плотностей Q_k .

Алгоритм ОФК применительно к задаче определения МП БВС в МПСН представлен следующими выражениями [3]:

$$\hat{\lambda}_k = F_k \hat{\lambda}_{k-1} + K_k (Z_k - H_k F_k \hat{\lambda}_{k-1}), \quad (3)$$

$$K_k = P_{k/k-1} H_k^T [H_k P_{k/k-1} H_k^T + V_k]^{-1}, \quad (4)$$

$$P_k = [I_k - K_k H_k] P_{k/k-1} [I_k - K_k H_k]^T + K_k V_k K_k^T \quad (5)$$

где I_k - единичная матрица.

В соотношениях (3), (5) $\hat{\lambda}_k$ и P_k - вектор оптимальных оценок переменных состояния и матрица ковариаций ошибок фильтрации.

Таким образом, обосновано применение МПСН для обеспечения слежения за БВС. Синтезирован алгоритм оценивания местоположения на основе фильтра Калмана, который можно использовать для слежения за БВС в МПСН. Результаты имитационного моделирования продемонстрировали высокую точность разработанного алгоритмов наблюдения за БВС. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о высокой точности определения местоположения БВС при полете в

составе группы на основе мультilaterационной технологии при воздействии случайных возмущений.

Использованные источники:

1. Bertrand, S., Raballand, N., Viguiet, F., Muller, F., 2017, June. Ground risk assessment for long-range inspection missions of railways by UAVs. In 2017 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 1343-1351. IEEE
2. Fornaser, A., Maule, L., Luchetti, A., Bosetti, P., De Cecco, M. Self-Weighted Multilateration for Indoor Positioning Systems. Sensors, 19(4), 2019, 872.
3. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов / под ред. М.С. Ярлыкова. – М.: Радиотехника, 2012. – Т.1. Теоретические основы – 504 с.