

**Разработка метода навигации беспилотных летательных аппаратов по изображению подстилающей поверхности в условиях отсутствия сигналов внешних навигационных систем**

**Литвиненко А.И. (ИТМО)**

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Будько М.Ю. (ИТМО)**

**Введение.** В области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) надежная навигация является ключевым фактором для успешного выполнения миссий и обеспечения их безопасности. Традиционные навигационные системы БПЛА, как правило, зависят от внешних сигналов, поступающих от глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), таких как GPS, ГЛОНАСС и Galileo. Тем не менее, в некоторых условиях эти сигналы могут быть подвержены помехам или вовсе недоступны, например, в городских каньонах, внутри зданий или в зонах с преднамеренным глушением. Это создает серьезные проблемы для БПЛА, работающих в таких условиях, поскольку они могут утратить возможность точно определять свое местоположение, что, в свою очередь, может привести к неудаче миссии или даже к потере летательного аппарата.

Актуальность разрабатываемого метода определяется его потенциальным использованием в различных критически важных областях. В военных и оборонительных операциях БПЛА широко применяются для разведывательных и наблюдательных миссий, особенно в условиях, когда глушение GPS становится обычной тактикой. Аналогично, в ходе поисково-спасательных операций БПЛА способны эффективно работать в районах с ослабленным или отсутствующим сигналом, таких как густые леса и городские каньоны, предоставляя помощь людям в бедственном положении. Кроме того, разрабатываемый метод особенно ценен в контексте реагирования на стихийные бедствия. Навигация в зонах, где сигналы GPS могут нарушаться из-за повреждений инфраструктуры, имеет ключевое значение для успешного проведения операций. Этот метод также может быть использован для навигации в закрытых помещениях, например, при управлении складами и картографировании пространств, где доступ к GPS обычно отсутствует. БПЛА находят применение и в мониторинге естественных мест обитания диких животных, отслеживании исчезающих видов, а также в исследованиях климата в труднодоступных регионах, таких как полярные области и густые леса.

Классификация алгоритмов сопоставления изображений может незначительно варьироваться в зависимости от контекста и специфики исследования. Тем не менее, во многих научных работах в области компьютерного зрения и навигации БПЛА анализируются различные методики, которые в совокупности формируют общепринятую систему классификации, включающую корреляционно-экстремальный подход [1], использование ключевых точек [2] и нейронные сети [3]. Эти методы также освещаются в книге [4], посвященной общей классификации в компьютерном зрении, а также в статье [5], исследующей различные подходы, применяемые в визуальной одометрии и имеющие отношение к навигации БПЛА. Это предоставляет всесторонний обзор методик, используемых в сопоставлении изображений.

**Основная часть.** В настоящей работе предлагается метод навигации БПЛА с использованием алгоритма поиска ключевых точек SIFT, алгоритма FLANN, карты подстилающей поверхности в качестве эталонного изображения, а также с применением матрицы преобразования. Разработанный метод объединяет несколько передовых подходов в единую, связную систему. Хотя каждый компонент применялся в различных приложениях, их совместное использование для навигации БПЛА при отсутствии внешних навигационных сигналов является уникальным. Сочетание SIFT для обнаружения ключевых точек, FLANN

для надежного сопоставления и сортировки и карты подстилающей поверхности для опорных изображений создает синергетический эффект, который повышает общую производительность и надежность навигационной системы. Использование карт подстилающей поверхности в качестве опорных изображений является значительным улучшением по сравнению с традиционными спутниковыми изображениями. Они предоставляют более актуальные данные, что имеет решающее значение для точной навигации. Этот аспект обычно не подчеркивается в существующих методах.

Разработанный метод был протестирован в симуляционной среде для робототехники и автономных систем – Gazebo. Эксперименты показали, что беспилотное транспортное средство может стабилизироваться в воздухе и определять своё местоположение, основываясь на данных разработанного метода навигации без использования сигналов внешних навигационных систем, с точностью до двух метров.

**Выводы.** В ходе исследования разработана программа, которая позволяет по изображению подстилающей поверхности определить локальное положение БПЛА с точностью до 2 метров. Система была успешно протестирована в симуляции, где на полётный контроллер отправлялись значения координат.

#### **Список использованных источников:**

1. Zitová B., Flusser J.: Image registration methods: a survey. *Image and Vision Computing*, 2003. V. 21. N. 11. P. 977–1000.
2. Lowe D. G.: Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 2004. V.60. N.2. P. 91–110.
3. Simonyan K., Zisserman A.: Very deep convolutional networks for large-scale image recognition, 2014. P. 1-10.
4. Szeliski R.: *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Texts in Computer Science, Springer International Publishing. 2010. P. 183-228.
5. Fraundorfer F., Scaramuzza D., Pollefeys M.: Visual odometry: Part II—matching, robustness, optimization, and applications. *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, 2012. V. 7. N.1. P. 1–177.