

УДК 004.896

Оптимизационный фреймворк для размещения сенсоров на БПЛА

Софьин Михаил Константинович¹

m.sofin@innopolis.university

Меньшиков Никита Михайлович¹

n.menshikov@innopolis.university

Буличев Олег Викторович^{1, 2(*)}

bulichev.ov@mipt.ru

¹ АНО ВО «Университет Иннополис», Иннополис, Россия² Московский физико-технический институт (МФТИ), Москва, Россия

Аннотация. Представлен фреймворк для оптимизации размещения гетерогенных датчиков на плоской монтажной поверхности БПЛА. Модель формализует решение как набор параметров положения и ориентации для каждого датчика и использует многокритериальную оптимизацию (NSGA-II) для одновременной минимизации перекрытия полей зрения (АО) и оптимизации угловой согласованности обзора (AAD). Метод протестирован на трех промышленных платформах. Полученные компоновки демонстрируют существенное улучшение предложенных метрик по сравнению с базовой заводской конфигурацией.

Ключевые слова: сенсоры, БПЛА, оптимизация, генетический алгоритм, размещение сенсоров

Введение. Размещение датчиков является ключевым фактором, определяющим качество перцептивных модулей автономных систем. Неправильная компоновка приводит к избыточному перекрытию полей зрения или, напротив, к недостаточному покрытию наблюдаемой сцены, что ухудшает качество слияния данных и надежность обнаружения.

Существующие подходы фокусируются либо на двумерном покрытии и простых геометрических метриках, либо на однотипных сенсорных конфигурациях; их расширение на гетерогенные и пространственно ограниченные платформы остается ограниченным [1, 2].

Методы и материалы; результаты. Платформа моделируется как прямоугольная плоская панель. Для каждого датчика оптимизируются координаты монтажа и ориентация. Характеристики, такие как дальность и угол обзора, считаются фиксированными для заданной модальности. Цель — одновременно минимизировать АО между парами датчиков и максимизировать AAD относительно центроида конфигурации. Задача решается как двухкритериальная оптимизация с восстановлением множества Парето-оптимальных решений.

В работе применяется генетический алгоритм NSGA-II [3]. Данный алгоритм был выбран благодаря возможности обеспечения комплексной визуализации процесса.

В реализованном генетическом алгоритме каждая особь кодирует размещение фиксированного количества датчиков m , которое остается постоянным

во всех популяциях. Для каждого датчика кодируются координаты положения и угол ориентации, в то время как дальность и угол обзора остаются неизменными в зависимости от модальности датчика. Начальная популяция формируется путем копирования базовой конфигурации, предоставленной пользователем. В качестве генетических операторов используются кроссовер, а также мутации, реализованные через нормальное распределение для параметров положения и равномерное распределение для углов ориентации.

В экспериментальной части исследования предложенный оптимизационный фреймворк подвергается оценке на трех коммерчески доступных мультиторторных БПЛА. На каждой платформе установлено по 8 датчиков (камер). В качестве базовой конфигурации (исходной точки) принято оригинальное размещение датчиков от производителя, описанное в руководстве пользователя. Данная базовая конфигурация сравнивается с тремя оптимизированными вариантами: Max AAD, Min AO.

Результаты экспериментов демонстрируют, что оптимизированные конфигурации значительно превосходят базовые компоновки производителя по обоим целевым метрикам.

Заключение. Разработанный фреймворк демонстрирует способность получать Парето-оптимальные компоновки для гетерогенных конфигураций датчиков на ограниченной монтажной панели. Результаты показывают, что сбалансированные решения обеспечивают существенные улучшения по обоим метрикам.

Список источников

- [1] Gonzalez-Barbosa J.J. et al. Optimal camera placement for total coverage. IEEE International Conference on Robotics and Automation, IEEE, 2009, pp. 844–848.
- [2] Kaveti P. et al. Oasis: Optimal arrangements for sensing in slam. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), IEEE, 2024, pp. 13818–13824.
- [3] Deb K. et al. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. IEEE transactions on evolutionary computation, 2002, vol. 6, no. 2, pp. 182–197.