

УДК 004.02

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

© Чекина Е.В., Михеев С.В., Михеева Т.И.

e-mail: ev-chekina@yandex.ru

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Российская Федерация*

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) многовинтового типа востребованы во многих областях деятельности. Актуальным является их применение для точной адресной доставки малогабаритных грузов как в городской среде с высоким уровнем урбанизации, так и на труднодоступной пересеченной местности [1]. Определение оптимального маршрута БПЛА в различных условиях функционирования является сложной и длительной процедурой, связанной с многообразием вариантов выбора из возможных решений.

Сложность задачи состоит в определении набора точек в пространстве, которые бы отвечали траектории полёта БПЛА и определялись бы на карте. На выбор маршрута оказывают влияние следующие факторы:

- ограниченное время полёта;
- безопасность полёта;
- множественность маршрутов.

Ограниченность времени полёта предполагает определение такого маршрута, который позволил бы решить поставленную задачу в установленное время. Из практических соображений маршрут БПЛА должен состоять из прямолинейных участков и участков кривизны, соединяющих прямолинейные участки.

Безопасность полёта определяется набором соответствующих ограничений: соблюдение заданного эшелона и коридора полёта, облёт препятствий на пути, расстояние до аварийной посадочной платформы, расстояние от запретных для полётов зон, изменение погодных условий. В случае учета первого и второго факторов возникает совместная задача, как сокращение маршрутного времени, так и уменьшения длины траектории. Последний фактор говорит о неоднозначности пути, по которому могут следовать БПЛА. Решение этой задачи требует выдвижения критерия, по которому следует выбирать наиболее подходящий маршрут.

Анализ литературы показывает, что наиболее подходящим для решения задачи построения оптимального маршрута является мультиагентный подход, обладающий высокой точностью и скоростью решения задач. Мультиагентные системы, заимствованные из общественных биосистем, к которым относят муравейник, привлекательны по некоторым признакам, таких как автономность действий отдельных агентов, децентрализация управления за счет реализации в системе коллективного интеллекта и обучаемость агентов [2].

Задачи построения оптимальных маршрутов БПЛА являются ключевыми в области логистики и являются NP-сложными задачами комбинаторной оптимизации. Эвристические методы решения задач маршрутизации БПЛА требуют экспоненциального времени вычислений [3]. При использовании алгоритма муравьиной колонии определение наилучшего маршрута производится путем многократного исследования пространства поиска в различных направлениях.

Особенностью предполагаемого перемещения является наличие феромона, выделяемого агентами на пути в процессе своего перемещения. Наилучшим является маршрут с наибольшим содержанием феромона [4]. Алгоритм муравьиной колонии является одним из алгоритмов метаэвристики, используемых для решения задачи коммивояжера. Начальным шагом алгоритма является инициализация уровня феромона, с последующим анализом критерия останова и модификацией феромона. Критерием закрытия цикла алгоритма может стать заданное число итераций или число итераций, не приносящее улучшение ожидаемого решения. Значение феромона при принятии решения увеличивается на компонентах лучших решений и, соответственно, уменьшается на компонентах худших решений [5].

Описанный алгоритм использован при решении задачи построения траектории облета территории в среде интеллектуальной транспортной геоинформационной системе «ITSGIS», отражающей на интерактивной электронной карте территории траектории движения (станции подзарядки, посадочные платформы и т.д.), а также граф транспортной сети [6].

Анализ работы алгоритма проводился по предполагаемому времени прохождения БПЛА построенного маршрута при различных размерах графа транспортной сети и различных условиях полета. На каждом цикле автоматически формируется граф транспортной сети с заданными характеристиками [7].

В результате работы выявлено, что достоинством метода муравьиного алгоритма является возможность нахождения квазиоптимального маршрута, что достигается многократным повторением процедуры прохождения агентов по маршруту.

Данный подход целесообразен при выборе кратчайшего маршрута с использованием БПЛА при наличии значительного количества препятствий на маршруте, воспринимаемых как дополнительные опорные точки.

В задачах же с малым количеством опорных точек правильный выбор маршрута в большинстве случаев является очевидным, и поэтому подход муравьиной колонии не может быть рекомендован к применению.

Библиографический список

1. Михеева, Т.И. Система формирования полётных планов для беспилотного летательного аппарата [Текст] / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Труды Международно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» (ПИТ-2017) / Самарский университет. – Самара, 2017. – С. 669-672.
2. Козуб, А.Н. Интеграционный подход к задаче выбора маршрута группы БПЛА [Текст] / А.Н. Козуб, Д.П. Кучеров // Искусственный интеллект. №4, 2013. С. 333-343.
3. Валеева, А.Ф. О задаче доставки однородного продукта различным клиентам с учетом решения задач управления запасами, маршрутизации и складирования [Текст] / А.Ф. Валеева, Р.С. Валеев, Т.Д. Тарасова, Э.И. Газизова // Логистика и управление цепями поставок. – №2, 2015. – С. 54-69.
4. Пугин, К.В. Генетические алгоритмы с частичной параллелизацией в системах с общей памятью на примере задачи коммивояжера [Текст] / К.В. Пугин, С.С. Ефимов // Математические структуры и моделирование. – Вып. № 26, 2012. – С. 110-117.
5. Штовба, С.Д. Муравьиные алгоритмы [Текст] / С.Д. Штовба // Exponenta Pro. Математика в приложениях. – №4, 2013. – С. 70–75.
6. Муравьиный алгоритм [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Муравьиный_алгоритм (дата обращения 5.02.2019)
7. Михеева Т.И., Золотовицкий А.В. Применение теории графов в задачах управления дорожным движением // Вестник СГАУ. Сер. «Актуальные проблемы радиоэлектроники» – Самара: СГАУ, – 2003. С. 20 – 24.