

УДК 623.746.-519

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ОБЛЕТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОЛЯ ГРУППОЙ БПЛА

Р.Р. Галин (*grr@ipu.ru*)

Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН,
Москва

Г.К. Тевяшов (*glebtevyashov96@yandex.ru*)

Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН,
Москва

Аннотация. В данной статье приводится решение задачи построения оптимальной траектории облета сельскохозяйственного поля несколькими беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Алгоритм формирования траектории является более экономичным по сравнению с простыми алгоритмами, где осуществляется прямолинейное движение от одного конца поля к другому с некоторыми отступами. Для проверки работы алгоритма был разработан дополнительный модуль, где была экспериментально показана адекватность работы предлагаемого алгоритма на трехмерной модели реального поля.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, сельское хозяйство, траектория полета, облет по траектории.

Введение

Основными направлениями использования БПЛА в сельском хозяйстве, как и в одной из важнейшей отрасли в жизнедеятельности человека, являются мониторинг и отслеживание состояния сельскохозяйственных угодий, распыление пестицидов, высокоточное картографирование полей, а также своевременное внесение удобрений и полив различных культур. [Dileer et al., 2020] Конечной целью апробации и совершенствования различных методов и способов применения БПЛА является их эффективное автономное задействование, в том числе в составе групп, для выполнения вышеуказанных задач в рамках системы интеллектуального сельского хозяйства.

1 Алгоритмы планирования траектории полета

Преимуществами использования БПЛА по сравнению с наземной техникой являются экономия ресурсов и времени при выполнении сельскохозяйственных процедур. Но одновременно с этим существуют ограничения времени работы дрона, поэтому траектории БПЛА задаются таким образом, чтобы минимизировать время облета подобластей, назначенных каждому дрону. Основной сложностью являются неправильные форм площадей облета, возникающие препятствия, а также задача минимизации количества точек полета. [Shahbandi et al., 2019]

Классическое решение задачи полного охвата исследуемой области заключается в клеточной декомпозиции рассматриваемой площади, затем осуществляется планирование траектории облета с помощью алгоритмов, делящиеся на две группы. Алгоритмы с простой схемой облета предполагают прямолинейное движение от одной границы области к противоположной с определенными отступами. В качестве же примера алгоритма со сложной траекторией полета можно привести энергосберегающий алгоритм, определяющий центростремительное движение по спирали от границ области облета. Облет с использованием нескольких БПЛА, предполагает разбиение области на подобласти и их облет с использованием простых или сложных алгоритмов облета, но при этом расходуется больше энергоресурсов. [Abbyasov et al., 2020]

Алгоритм оптимизации, предложенный авторами, включает в себя четыре этапа: преобразование координат заданного поля в декартовы; вычисление оптимального порядка разбиения поля, назначаемые для облета каждому БПЛА; формирование итоговой траектория полета каждого дрона; а также минимизация времени облета каждым дроном в группе. [Mamchenko et al., 2021]

В качестве тестового поля, подлежащего облету и поливу, была использована трехмерная модель реальной местности, засеянной подсолнухом (Рис. 1).



Рис. 1. Процесс тестирования алгоритма облета модели поля тремя БПЛА.

В симуляторе производилось варьирование значений площадей для каждого дрона и пересчет времени выполнения задания. Таким образом

были получены массивы значений времени выполнения заданий каждым БПЛА, из которых был выбран набор значений, соответствующий минимальному максимальному времени облета подобласти с помощью БПЛА.

Соответствующая выбранным значениям времени траектория полета может быть не только визуализирована в виртуальном симуляторе, но и выгружена в установленном формате в виде реального полетного задания для группы БПЛА с привязкой реальных географических координат моделируемой области облета и промежуточных точек траектории полета.

2 Заключение

В статье проведен анализ современных подходов применения БПЛА при решении задач, связанных с мониторингом, картографированием и обработкой сельскохозяйственных полей. Наиболее эффективным является применения алгоритмов совместного облета поля несколькими дронами одновременно, позволяя кратно сократить время облета полей практически любой формы. Разработанное алгоритмическое решение оптимизации траектории на основе времени облета был апробирован в виртуальном симуляторе полетов БПЛА и их групп, разработанном в ИПУ РАН. Предложенный подход и алгоритм оптимизации облета полей продемонстрировали эффективность и адекватность при проведении виртуального эксперимента по облету трехмерной модели реального поля группой из трех дронов.

Список литературы

- [Abbyasov et al., 2020] Abbyasov B., Lavrenov, R., Zakiev, A., Tsoy, T., Magid E., Svinin, M., Martinez-Garcia, E.A. Comparative analysis of ROS-based centralized methods for conducting collaborative monocular visual SLAM using a pair of UAVs // Proceedings of CLAWAR 2020 - p. 113-120.
- [Dileep et al., 2020] M. R. Dileep, A. V. Navaneeth, S. Ullagaddi and A. Danti, "A Study and Analysis on Various Types of Agricultural Drones and its Applications," 2020 Fifth International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN), Bangalore, India, 2020, pp. 181-185.
- [Mamchenko et al., 2021] Mark V. Mamchenko, Gleb K. Tevyashov, Andrey N. Migachev, Rinat R. Galin, Konstantin A. Kulagin, Petr M. Trefilov, Rodion O. Onisimov, Nikolay V. Goloburdin Algorithm for Multi-drone Path Planning and Coverage of Agricultural Fields / Agriculture Digitalization and Organic Production. St. Petersburg, Russia: Springer Singapore, 2021.
- [Shahbandi et al., 2019] Gholami Shahbandi, Saeed & Magnusson, Martin. (2019). 2D Map Alignment With Region Decomposition. Autonomous Robots.
- [Sampaio et al., 2019] Sampaio, P.A.; da Silva Sousa, R.; Rocha, A.N. Reducing the range of perception in multi-agent patrolling strategies. J. Intell. Robot.