

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГООБЪЕКТНЫМИ СИСТЕМАМИ БПЛА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Симаньков В. И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail:

Произведен обзор некоторых задач, возникающих при построении систем управления группами беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Рассмотрены возможные пути решения.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время расширяется применение БПЛА в различных сферах человеческой деятельности. Существуют гражданские и военные применения. Увеличивается количество аппаратов решающих одну задачу вместе с развитием технических возможностей датчиков. Это приводит к увеличению объемов передаваемой информации. Чем больше количество объектов управления системы, тем сложнее организовать эффективный информационный обмен между операторами, если каждый БПЛА управляется вручную. Появляется необходимость в многообъектных автоматизированных системах управления (МОСУ) БПЛА. Предназначение таких систем в том, чтобы снизить нагрузку на оператора и повысить продуктивность каждого БПЛА и системы в целом по сравнению с ручным управлением. Снижение нагрузки достигается за счет делегирования задач на МОСУ, где участие человека не требуется либо менее эффективно. Рассмотрим некоторые задачи для МОСУ БПЛА и возможные пути их решения.

I. УСТРАНЕНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ МАРШРУТОВ

Решение 1. Для решения этой задачи можно применить жадный метод с использованием выпуклой оболочки. На каждом шаге назначаются цели для одного БПЛА из отсортированного списка. Сортировка должна быть такой, чтобы маршрут БПЛА, построенный на предыдущем шаге, не пересекался с маршрутом текущего БПЛА. Строится выпуклая оболочка по координатам БПЛА и целей. Текущему БПЛА назначается $[n / m]$ целей расположенных следом за ним на выпуклой оболочке по часовой или против часовой стрелки в зависимости от вида сортировки. Пример решения показан на рис 1.

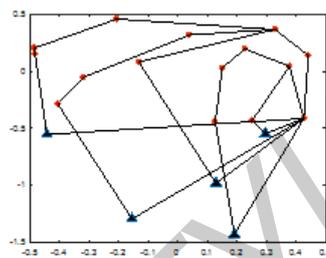


Рис. 1 – Выпуклые оболочки

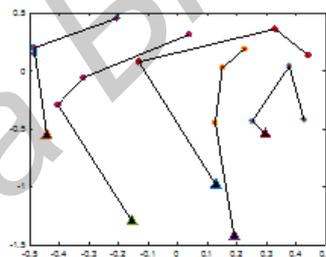


Рис. 2 – Решение задачи

Решение 2. Если планирование без конфликтов в пространстве невозможно или неэкономично, тогда решение задачи заключается в поиске альтернативных маршрутов путем добавления дополнительных или распределения конфликтующих маршрутов на разные уровни высоты. Их количество должно быть также минимальным.

Данные о пересечении маршрутов могут быть представлены в виде матрицы пересечений $C[m][m] \in [0,1]$, то есть, если элемент $C_{ij} = 1$, значит маршруты i -го и j -го агентов пересекаются. Другой способ представления пересечения маршрутов это граф. Здесь вершинами графа являются БПЛА, а ребра графа – соединяют БПЛА, маршруты которых пересекаются. Затем можно применить алгоритм расцветки вершин графов. Алгоритм и его практическая реализация описаны в книге Иглина [1]. Решением этого алгоритма является назначение каждой вершине цветов (или в общем случае меток) таким образом, что любые две смежные вершины имеют разный цвет. В случае с маршрутами БПЛА цвета означают уровни высот. То, что смежные вершины имеют разные цвета, означает, что БПЛА с пересекающимися маршрутами будут иметь раз-

ные высоты. Пример использования алгоритма расцветки графов представлен на рис. 3-4.

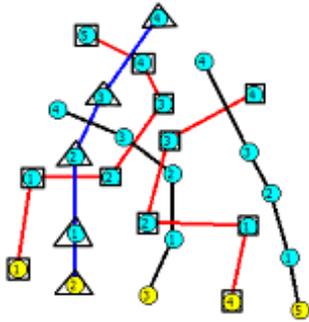


Рис. 3 – Маршруты

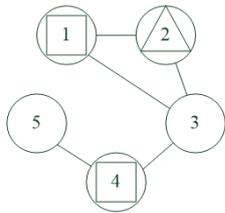


Рис. 4 – Граф расцветки

Решение 3. Также возможно применить теорию кос [2] для разрешения конфликтов (рис. 4-5). Алгоритм работает по принципу расчески. Расческа последовательно проходит между косами. Если косы спутаны, то расческа выправляет их. Применительно к маршрутам, процесс «расчесывания» выполняется алгоритмом линии развертки (sweep line algorithm). Вертикальная линия последовательно и дискретно перемещается по оси x, останавливаясь на точках пересечения и изменения направления маршрутов. В этих точках производятся манипуляции с маршрутами для исключения их пересечений.

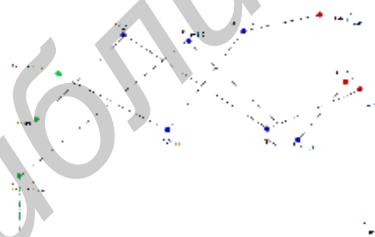


Рис. 5 – Исходные маршруты

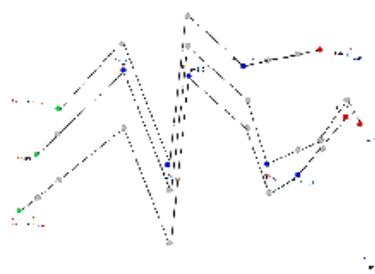


Рис. 6 – Измененные маршруты

Очевидно, что построение альтернативных маршрутов увеличивает суммарный путь и разнесение по высотам имеет ограничения по количеству слоев. Однако, можно повысить эффективность планирования с помощью имитационного моделирования полета по времени.

II. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕЙ МЕЖДУ БПЛА С ОПТИМИЗАЦИЕЙ ПО ВРЕМЕНИ

Минимизировать максимальное значение длины маршрута. Смысл такой минимаксной задачи в том чтобы снизить общее время миссии по достижению всех целей. Данная задача – в некотором смысле эквивалент линейной задачи о назначениях в узких местах.

Решение. Один из эффективных способов решения – это пороговый алгоритм Гарфинкеля. Он включает в себя проверку двудольного графа на наличие совершенного паросочетания. Можно использовать алгоритм Хопкрофта-Карпа для поиска наибольшего паросочетания с проверкой, является ли оно совершенным. Данная задача, алгоритм ее решения и его практическая реализация описаны в книге Буркарда [3]. Также есть реализации на основе Венгерского алгоритма [4].

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложная миссия в своей исходной постановке может оказаться слишком трудной, если решать ее прямо как одну большую задачу. Можно уменьшить сложность задачи ее разложением на более простые подзадачи. Разнообразие постановок миссий для МОСУ можно объяснить тем, что каждая аппаратная платформа накладывает свои особенности. Также развивающиеся возможности техники постоянно меняют условия задач, некоторые из требований становятся неактуальными, появляются новые. Все это ведет к появлению задач, для которых возможно еще не существует эффективного решения. Поэтому при описании типовых задач рассмотрены не только существующие опубликованные методы, но и некоторые идеи, потенциально эффективные при разработке решения новых задач или уже существующих, но в новой постановке.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иглин, С. П. Математические расчеты на базе MATLAB // СПб.: БХВ-Петербург, 2005 – 640 с.
2. Сосинский А., Косы и узлы. Квант № 2, 1989, стр. 6-14
3. Rainer Burkard Assignment Problems Mauro Dell'Amico Silvano Martello Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, PA, USA ©2009.
4. A New Algorithm for Solving Linear Bottleneck Assignment Problem Pramendra Singh Pundir1, Sandeep Kumar Porwal2 and Brijesh P. Singh3 Journal of Institute of Science and Technology, 2015, 20(2): 101-102,