



Автоматизированная система распознавания печатных символов нейронной сетью Хопфилда [Текст] /Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014 – 534 с.

3. Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015): труды международной научно-технической конференции. Том 1. Лезина И.В., Мазаев А.В. Распознавания печатных символов нейронной сетью Хемминга [Текст] /Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015 – 530 с.

А.Н. Максимов, Н.А. Максимов

РАЗРАБОТКА И ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОКЛАДКИ МАРШРУТА ПОЛЕТА ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

(Московский авиационный институт)

За последние десятилетия накоплен большой опыт в разработке и применении беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для решения военных задач. Однако в настоящее время большое внимание стало уделяться исследованию возможности применения беспилотной авиации при чрезвычайных ситуациях, стихийных бедствиях, а также для обеспечения телекоммуникаций, метеорологических измерений, мониторинга трубопроводов, патрулирования границ, и других задач гражданского назначения [1].

Эффективность использования БЛА значительно повышается при организации групповых полетов. Однако наряду с этим, возникает сложная проблема, связанная с обеспечением управления полетом группы. В настоящее время оно осуществляется одним из двух способов [2]:

- автономное - по заложенной в памяти бортового компьютера программе полета;
- централизованное - с помощью одного или нескольких операторов, обеспечивающих оперативное планирование полета в реальном времени со стационарного или переносного пункта.

Однако и тот, и другой способ имеют свои недостатки. При автономном управлении не могут быть учтены возникающие в полете непрогнозируемые заранее изменения внешних условий, а также появление новых целей, исключена возможность при необходимости перепланирования действий. При быстром обновлении текущей полетной информации и большом ее объеме при централизованном способе управления, нагрузка на оператора возрастает многократно, и принятие им оперативного решения становится затруднительным. Таким образом, задача координации действий более одного БЛА является практически неразрешимой ни одним из этих двух способов.

В данной работе сделана попытка решить эту задачу комбинированным способом, при котором первоначальное планирование полета группы производится на земле до вылета, а оперативное перепланирование – бортовыми сред-



ствами БЛА. При этом считается, что все БЛА в полете поддерживают между собой связь и могут обмениваться информацией [3].

Исходные данные и постановка задачи

Одиночный полет

Заданы количество и координаты целей, которые надо разведать (отснять).

Заданы координаты начального положения БЛА, которые могут совпадать или не совпадать с координатами конечной точки маршрута БЛА.

Множество целей может быть представлено полносвязным графом, дуги которого имеют смысл времени полета БЛА от одной цели к другой.

В некоторых областях (известных априорно) имеются средства ПВО, которые могут уничтожить БЛА. Этот факт отражается в графе ребрами с очень большим весом (временем полета).

Надо создать алгоритм определения маршрута полета БЛА, при котором он облетает все цели за минимальное время, пролетая над каждой однократно.

Групповой полет

Заданы количество n и координаты целей и число m БЛА, причем $m < n$. Все или часть БЛА назначается для выполнения облета целей. Исходное расположение БЛА задано. Они могут вылетать из разных мест (1...3). Конечные пункты полета так же заданы.

В некоторых областях (известных априорно) имеются средства ПВО, которые могут уничтожить БЛА. Этот факт отражается в графе ребрами с очень большим весом (временем полета).

Необходимо разработать алгоритм решения задачи в замкнутом и разомкнутом вариантах. После гибели какого-либо БЛА, количество работоспособных БЛА уменьшается на единицу, а количество целей, которые надо отснять, на число уже отснятых к этому моменту.

Для завершения решения поставленной задачи предлагается повторно решать задачу для новых исходных данных: количество целей $n_1 = n - n_{\text{отсн}}$, где $n_{\text{отсн}}$ - количество уже отснятых целей. В качестве исходного положения БЛА брать их положение (координаты) на момент сбития, а конечные пункты полета остаются прежними. Процедура расчета проводится на всех БЛА.

В случае поражения следующего БЛА процедура пересчета маршрутов повторяется.

Критерий оптимизации – минимальное время разведки всех целей при использовании $m, m-1, m-2, \dots, 1$ БЛА не должно превосходить некоторое наперед заданное время выполнения задачи $T_{\text{зад}}$. Дополнительно могут быть заданы ограничения по топливу для каждого БЛА (или по общей длине маршрута каждого БЛА).

Для решения задачи могут быть использованы результаты [4] в части реализации алгоритмов решения задачи коммивояжера с соответствующими дополнениями и ограничениями.



Алгоритм решения задачи многих коммивояжеров

Как было описано выше, гарантированный маршрут возможен только при полном переборе. Поэтому данный способ является весьма не эффективным по времени. Максимум что можно сделать это попытаться найти как можно более близкое к оптимальному решение. Для выполнения поставленной цели было предложено применить эвристический алгоритм [4], так как другие алгоритмы, например полного перебора или деревьев поиска, не выполняют поставленную задачу за приемлемое время. Разработанный эвристический метод представляет комбинацию метода статистических испытаний [5] и еще нескольких других эвристических алгоритмов. Поскольку предполагается большое количество испытаний, то среди них потребуется найти лучшее. Чтобы это сделать, необходимо ввести метрику. В данном случае лучше всего представить значение метрики для данного решения как произведение суммы длин всех путей $-J_1$ на длину максимального пути $-J_2$, где каждый множитель еще возводится в степень важности данного критерия, который задается пользователем.

$$J = J_1^{\alpha_1} * J_2^{\alpha_2}$$

Суть самого алгоритма будет заключаться в следующем: составляется случайное решение для многих коммивояжеров, и оно считается ответом на задачу. Потом его пытаются улучшить либо подбирают другое, которое будет лучше. Если в течение заранее определенного числа итераций значение метрики не становится лучше, то это означает, что было подобрано максимально успешное решение и его надо принять за искомое. В каждой итерации алгоритма сначала генерируются 3 случайных числа, в зависимости от которых будут применены различные алгоритмы к текущему лучшему решению. В зависимости от величины первого случайного числа, принимается решение о генерации нового ответа на задачу, либо на улучшение текущего. Если было предложено сгенерировать новое решение, то в зависимости от второго случайного числа выбирается, либо новое случайное, либо новое жадное решение. При случайном выборе все точки облета случайным образом делятся между БЛА, также выбирается порядок облета. При "жадном" решении распределение тоже случайное, но облет происходит "жадным" путем, то есть всегда к самому ближайшему. При генерации решения с лучшей метрикой происходит обновление решения. Если было предложено улучшить текущий путь, то в зависимости от значения третьей величины выбирается один из двух алгоритмов улучшения. Каждый из них основывается на том, чтобы в пути следования коммивояжера поменять порядок облета точек и посчитать значение метрики. При улучшении метрики лучшее решение обновляется. Отличаются эти два решения тем, что в одном из них вершины меняются местами через одну, а в другом друг за другом.

При большом количестве итераций (примерно 500) можно говорить о том, что было получено примерно лучшее решение. Но в контексте нашей задачи приходится учитывать еще и дальность полета БЛА. Чтобы решить данную проблему, было предложено после работы алгоритма проверять длины всех пу-



тей облета на наличие превышения предполагаемой дальности. Если данное решение не удовлетворяет дальностям самолетов, то предполагается запустить алгоритм заново и так до тех пор, пока не будет найдено подходящего решения. Возможно, такого решения не будет и тогда алгоритм заикнется и следует ограничить этот поиск разумным числом итераций поиска.

Данное решение не является оптимальным, так как, если не найдется пути, учитывающего дальности всех БЛА, то решение вообще не будет построено. Его можно было бы улучшить следующим образом; после каждой итерации, возможно, следует менять параметры метрики, чтобы построение путей отличалось от предыдущей итерации. Также возможно удалить из путей облета вершины, которые мешают БЛА облететь точки в пределах заданной дальности. Можно для каждой точки рассчитывать сумму расстояний до всех точек, и тогда вершины графа с максимальным значением суммы будут, скорее всего, удалены больше всех от основного скопления точек. Такие вершины можно удалить из графа. Что касается самих эвристических алгоритмов, к ним можно добавить еще один. Перемещая точки облета из одних путей в другие можно получить решение с лучшей метрикой. Таким образом, в перспективе можно реализовать данные улучшения, что позволит повысить качество работы алгоритма.

Литература

1. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография. – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Со-временная прикладная математика и информатика»). – 768 с.
2. Mirzoyan L.A., Lashchyov A.Ya. New approach to longitudinal motion's flight control system design. Сборник докладов EUCASS - European Conference for Aerospace Sciences, 2005.
3. Шевцов В.А., Бородин В.В., Крылов М.А.. Построение совмещенной сети сотовой связи и самоорганизующейся сети с динамической структурой. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 85 www.mai.ru/science/trudy/
4. Казак А.А Моделирование сложных процессов железнодорожного и автомобильного транспорта на основе использования задачи коммивояжера. Диссертация на соискание степени к.т.н. Научный руководитель проф., д.т.н. Лаббах А.А. Ростов-на-Дону, 2009 г.
5. Максимов Н.А., Подлипьян П.Е. Многофазный алгоритм решения задачи планирования полета группы беспилотных летательных аппаратов Электронный журнал «Труды МАИ» Вып.№43, 2011, с. 61-67



Д.Е. Мишутин, Е.В. Симонова

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ГРУППИРОВКИ МКА НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева)

Введение

В настоящее время расширяется сфера применения данных, получаемых из космоса. Одной из перспективных тенденций в космической отрасли является создание многоспутниковых орбитальных группировок, состоящих из малых космических аппаратов (МКА), способных значительно расширить нишу потребительских сервисов по сравнению с реализуемыми в настоящее время [1]. Для обеспечения целевого функционирования создаваемых орбитальных группировок и повышения качества предоставляемых услуг необходимо использовать современные схемы взаимодействия с потребителями в сочетании с организацией эффективного планирования и управления ресурсами группировки МКА в режиме реального времени.

Постановка задачи

Пусть имеется некоторое число космических аппаратов (КА). Для каждого КА известно расписание видимости для районов наблюдений (РН) и пунктов приема информации (ППИ). Необходимо составить оптимальное, с точки зрения целевой функции, расписание съемки РН и дальнейшего сброса информации на ППИ. Целевая функция вычисляется по следующей формуле:

$$C = \frac{1}{m} \sum_j^m \left(a_1 \left(1 - \frac{\tau_j}{\tau_{max}} \right) + a_2 \left(1 - \frac{r_j}{r_{max}} \right) \right) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где m – количество районов наблюдения,

τ_j – оперативность получения снимка j -го района наблюдения на ППИ,

r_j – разрешение снимка j -го района наблюдения,

τ_{max} – предельное время хранения снимка,

r_{max} – предельно допустимое разрешение снимка,

$a_1 + a_2 = 1$, – весовые коэффициенты.

Полученное расписание должно удовлетворять следующим ограничениям:

- 1) наличие видимости между КА и районом наблюдения при съемке;
- 2) наличие видимости между КА и ППИ при передаче информации;
- 3) наличие свободного места в бортовом запоминающем устройстве КА;
- 4) согласованность времени съемки и передачи снимка;
- 5) отсутствие пересечений в расписании КА и ППИ (запрещается одновременно выполнять несколько операций).

Для решения поставленной задачи был разработан модуль планирования с использованием мультиагентного подхода. Мультиагентные системы пред-