



Литература

1. Гультяев А.К., MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде WINDOWS / Практическое пособие. Изд-во: Наука, 1990. – 285 с.
2. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. – 640 с: илл.
3. Духанов, А. В. Имитационное моделирование сложных систем: курс лекций / А. В. Духанов, О. Н. Медведева; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. – 115 с.

Д.Ф. Муфаззалов, В.С. Фетисов

ДИСПЕТЧИРОВАНИЕ ПОЛЕТОВ ГРУППЫ МУЛЬТИКОПТЕРОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Все большее применение для выполнения различных задач находят малые беспилотные летательные аппараты вертолетного типа – мультикоптеры. Наиболее типичные задачи для них: мониторинг стационарного локализованного объекта с применением видеокамер и различных датчиков; доставка заказчикам небольших; химическая обработка сельскохозяйственных участков, военные задачи по уничтожению наземных целей и т.д. Однако мультикоптеры, которые, как правило, являются электрическими аппаратами с питанием от перезаряжаемых аккумуляторов, способны находится в полете 30-40 минут, не более. Поэтому для качественного обслуживания объекта в общем случае необходимо использовать группу аппаратов, способных при необходимости заменять друг друга, и которые через определенное время полета должны уходить на специальную сервисную площадку для зарядки (замены) аккумулятора [1].

Система управления такой группой мультикоптеров должна обеспечивать рациональное расписание полетов между сервисными станциями и объектами, а также их правильное обслуживание на сервисных станциях. Предположительно сервисные станции должны работать автоматически и кроме функции подзарядки питания в общем случае они могут выполнять операции погрузки-выгрузки контейнеров, пополнения химреактивами, боеприпасами и т.д. Координирование полетов осуществляется наземной станцией, представляющей собой информационно-измерительную и управляющую систему, работающую на основе оперативной информации, получаемой с каждого борта по радиоканалам. Расписание (последовательность вылетов) должно быть оптимальным в определенном смысле. Критерий оптимальности может быть комплексированным. Задача усложняется тем, что параметры мультикоптеров (такие как энергоемкость бортового аккумулятора, аэродинамические параметры и связанные



с ними энергетические и временные затраты) в общем случае различны. Они изменяются во времени и зависят от различных внешних факторов, в первую очередь от погодных условий. Даже если используются аппараты одного типа, в процессе их эксплуатации накапливаются различия в энергоемкости аккумуляторов, что обязательно нужно учитывать при формировании расписания вылетов, т.к. в связи с индивидуальными изменениями энергоемкости различными будут и интервалы времени, затрачиваемые на полет до объекта и обратно, возможное время дежурства и время зарядки на сервисной станции. Таким образом, адаптивное выстраивание оптимального расписания полетов – это комбинаторная задача. Как известно, для решения такого рода задач можно успешно применять генетические алгоритмы [2].

Все многообразие сервисных задач, выполняемых мультикоптерами, можно свести к следующим 4 обобщенным случаям (во всех случаях используется множество мультикоптеров, распределенных по зарядным станциям или сосредоточенных на одной):

- 1) Один объект обслуживания, одна зарядная станция;
- 2) Множество объектов обслуживания, одна зарядная станция;
- 3) Один объект обслуживания, множество зарядных станций;
- 4) Множество объектов обслуживания, множество зарядных станций.

Для иллюстрации применения генетических алгоритмов в управлении полетами группы аппаратов остановимся на первом случае. Задача оптимизации расписания полетов решалась для группы из N мультикоптеров, которые должны выполнять дежурство (видеомониторинг) над объектом, находящимся на расстоянии S от сервисной станции в течение времени T . Обслуживание аппаратов на сервисной станции сводится к зарядке аккумулятора. При контроле этого процесса определяется реальное значение энергоемкости аккумулятора C . В общем случае количество используемых аппаратов N может быть больше или меньше минимально необходимого количества N_n , обеспечивающего непрерывное дежурство над объектом. В наших исследованиях N выбиралось несколько большим N_n , но и в этом случае при неудачном выборе последовательности вылетов возможны перерывы в мониторинге объекта.

Цикл работы одного i -го мультикоптера выглядит следующим образом:

- τ_{Fi} (Forward) – время на перелет от зарядной станции до объекта;
- τ_{Oi} (Object) – время дежурства на объекте;
- τ_{Bi} (Backward) – время на перелет от объекта до зарядной станции;
- τ_{Ci} (Charging) – время зарядки аккумулятора.

Аппарат не может вылететь с зарядной станции до окончания цикла зарядки. Во время дежурства какого-либо аппарата на объекте τ_{O1} следующий должен вылететь ему на смену заранее, с учетом времени полета τ_{F2} , таким образом, чтобы по возможности не образовывался перерыв в мониторинге объекта (рис.2).

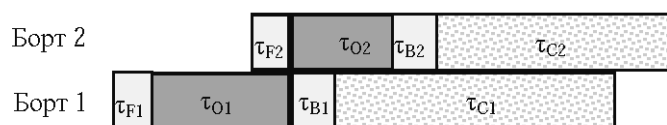


Рис.2. Схема сопряжения двух соседних вылетов

Аппараты и соответствующие им рабочие циклы пронумерованы. Комбинации подбираются случайным образом, но должно выполняться условие полной зарядки любого аппарата до его вылета. Если к моменту смены дежурства полностью заряженных аппаратов нет, то образуется пауза, связанная с ожиданием завершения процесса зарядки аппарата, наиболее близкого к его окончанию. В зависимости от варианта расписания суммарное время перерывов мониторинга τ_G за период T может быть различным.

Было предложено полученные комбинации – последовательности, составленные из номеров аппаратов, рассматривать в качестве хромосом для реализации генетического алгоритма, который позволяет достаточно быстро находить оптимальную комбинацию вылетов для текущей ситуации. Т.е. в нашем случае применяется небинарный алфавит: удобнее кодировать гены натуральными числами из конечного ряда, представляющего собой номера аппаратов. В качестве функции пригодности рассматривалось суммарное время перерывов мониторинга τ_G .

Наборы временных параметров τ_{Fi} , τ_{Oi} , τ_{Bi} , τ_{Ci} рассчитываются для каждого периода T по моделям, разработанным и корректируемым исходя из следующих зависимостей:

- 1) времена полета τ_{Fi} , τ_{Bi} , а также время дежурства τ_{Oi} зависят от энергоемкости аккумулятора C , аэродинамических параметров аппарата, расположения объекта относительно зарядной станции, скорости и направления ветра;
- 2) время зарядки аккумулятора аппарата τ_{Ci} на зарядной станции зависит от энергоемкости аккумулятора C . Предположительно ток зарядки выбирается всегда номинальным, и процесс зарядки не форсируется;
- 3) энергоемкость аккумулятора C сложным образом зависит от всей предыстории его работы (количества циклов заряда-разряда, токов заряда и разряда, условий работы и хранения), а также текущей температуры. Определение реальной энергоемкости производится в каждом цикле зарядки каждого аппарата. Этот параметр передается в систему управления для коррекции полетных моделей.

Таким образом, задача выстраивания оптимального расписания полетов в виде конечной последовательности номеров летательных аппаратов решается с помощью генетического алгоритма, в котором обычные операции отбора, скрещивания и мутации хромосом дополнены операцией проверки очередного добавляемого в выстраиваемую хромосому гена (номера аппарата) на завершенность процесса зарядки.

Описанный алгоритм был реализован в специально разработанной про-



грамме, которая позволяет выбирать лучшую хромосому (последовательность номеров аппаратов). Для сравнения в программу заложен также тривиальный алгоритм сплошного перебора вариантов.

Вычислительный эксперимент, результаты которого представлены в табл.1, был проведен для следующих исходных данных и параметрах алгоритма: количество аппаратов – 5 (их временные параметры τ_{Fi} , τ_{Oi} , τ_{Bi} , τ_{Ci} были назначены сходными с таковыми для реально существующих мультикоптеров); длина хромосом варьировалась от 5 до 7 генов; размер популяции составлял 5 хромосом.

Таблица. 1. Результаты вычислительного эксперимента

| Длина хромосомы | Алгоритм оптимизации | Время вычисления | Наилучшая хромосома |
|-----------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| 5 | Сплошной перебор | 0,12 с | 45132 |
| | | 0,12 с | 45132 |
| | Генетический алгоритм | 6,5 с | 15234 |
| | | 14,1 с | 45132 |
| 6 | Сплошной перебор | 27 с | 542132 |
| | | 49 с | 542132 |
| | Генетический алгоритм | 5,2 с | 542132 |
| | | 11,3 с | 124351 |
| 7 | Сплошной перебор | 2 ч 37 м | 3512435 |
| | | Более 3 ч | 3512435 |
| | Генетический алгоритм | 27 с | 3512435 |
| | | 31 с | 3512345 |

Как видим, по времени вычисления генетический алгоритм сравним со сплошным перебором только при небольшой длине хромосом, а уже при длине хромосомы в 7 генов он радикально быстрее. Для более длинных хромосом длительность сплошного перебора оценить уже невозможно, а длительность генетического алгоритма меняется незначительно.

Генетический алгоритм, адаптированный для оптимизации полетов мультикоптеров с зарядной станции на объект дежурства и обратно, вполне пригоден для практического применения. В некоторых случаях результат поиска отличается от наилучшего решения (см. крайнюю правую колонку табл.1), что говорит о необходимости более тщательной настройки параметров алгоритма (выбор точки деления хромосом при скрещивании, вероятности мутации и др.).



Литература

1. Fetisov V., Dmitriyev O., Neugodnikova L., Bersenyov S., Sakayev I. Continuous monitoring of terrestrial objects by means of duty group of multicopters // Proceedings of XX IMEKO World Congress "Metrology for Green Growth", 9-14 Sept. 2012, Busan, Republic of Korea. P.86.

2. Батищев Д.И., Неймарк Е.А., Старостин Н.В. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации: учебное пособие. Нижний Новгород: НГУ, 2007. – 85 с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/15.pdf>

Д.А. Николаева

ОЦЕНИВАНИЕ ОШИБКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА ПРИ НАЛИЧИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДАТЧИКОВ

(Самарский государственный университет путей сообщений)

В настоящее время роботы-манипуляторы являются неотъемлемой частью в промышленном производстве, т.к. обусловлены качественными показателями. Основной задачей манипуляционных роботов является перемещение в пространстве предметов с целью выполнения определенных производственных задач. Промышленный робот может работать в круглосуточном режиме без потери качества выполняемых работ, что не присуще человеку, так же оптимальное использование производственных площадей, позволяет снижать затраты на аренду. Точность работы без влияния человеческого фактора позволяет снизить процент брака продукции. Все эти условия способствуют окупаемости купленной робототехники за короткий промежуток времени, и, как следствие, последующее увеличение прибыли.

В работе рассматривается робот - манипулятор, предназначенный для транспортировки заготовок шаровых мельниц. Технологическая схема робота – манипулятора представлена на рисунке 1.

Робот-манипулятор состоит из четырех подвижных звеньев: звено 1, звено 2, звено 3 и звено 4. Звено 1 – захватное устройство. Состоит из цилиндра, головки поршня и штока. Звено 2 – подвижное механическое звено, движение которого осуществляется в плоскости ОУ. Оно содержит два гидравлических привода, которые осуществляют поднятие/опускание звена 1, углом не более 90 градусов. Звенья 1 и 2 соединены между собой подвижными пластинами. Звено 3 – подвижное механическое звено, которое осуществляет вращательное движение по оси У. Оно содержит два гидравлических привода, которые осуществляют поднятие/опускание звена 1 и 2, углом не более 120 градусов. Звенья 3 и 2 соединены также как и звенья 1 и 2 подвижными пластинами. Звено 4 – подвижное механическое звено (платформа), которое осуществляет поворот робота-манипулятора на угол 330 градусов.