

УДК 629.7.05

СОГЛАСОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОНОМНОЙ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Н.В. Ким (*nkim2011@list.ru*)
Московский авиационный институт, Москва

И.Г. Крылов (*Krylov_I@mail.ru*)
Московский авиационный институт, Москва

Рассматривается алгоритм формирования согласованных управлений для беспилотных летательных аппаратов при групповом поиске наземных объектов.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БЛА) применяются для решения различных, как гражданских, так и военных задач [Ким и др. 2011]. В силу ограниченности возможностей одиночного БЛА все чаще рассматриваются задачи, реализуемые группой БЛА. Наиболее сложными являются задачи, в которых каждый БЛА должен выполнять свою подзадачу согласовано с другими БЛА.

В работе [Ким и др. 2011] был предложен сценарий поиска (обнаружения и оценки координат) наземных малоразмерных подвижных объектов группой БЛА, функционирующей в автономном режиме (без участия человека-оператора), и общий алгоритм формирования управлений для каждого БЛА. Было показано, что ключевым является автоматическое распределение заданной общей целевой задачи (ЦЗ) на отдельные подзадачи для каждого БЛА. В рамках рассматриваемых задач наблюдения это означает разделение области поиска на подобласти, обследуемые отдельными БЛА с помощью размещенных на них систем наблюдения (СН). При этом необходимо обеспечить согласованность их действий и оптимизацию процесса с учетом заданного критерия, например, продолжительности поиска

$$T_{\Pi} = \max T_m, \quad (1)$$

где T_m – время обследования m -м БЛА соответствующей подобласти, $m \in M$.

Вероятность правильного обнаружения $P_{по}$ обычно задается в виде

$$P_{ПО} \geq P_{тр} \quad (2)$$

где $P_{тр}$ – заданная вероятность правильного обнаружения.

Распределение области поиска с учетом (1), (2) и технических характеристик БЛА является сложной научно-технической задачей. В частности, возможность обнаружения объектов поиска с заданной достоверностью (2) определяется множеством факторов, одним из которых является загораживание этих объектов другими объектами, например, зданиями, деревьями и пр.

Таким образом, необходимым (но не достаточным) условием для обнаружения или распознавания объектов поиска является их наблюдаемость, зависящая от положения СН, размеров объектов поиска и структуры рельефа обследуемой местности. Наблюдаемость объектов с БЛА выше на открытых участках местности и уменьшается при обследовании городских районов или леса. Чем выше наблюдаемость объектов, тем на большем расстоянии могут прокладываться траектории полетов БЛА, соответственно, повышая производительность поиска.

Карты области наблюдения, на которых обозначены расстояния между траекториями полета БЛА, с учетом типов подстилающей поверхности и характеристик объектов поиска будем называть *картами наблюдаемости*.

В представленной работе предлагается подход, обеспечивающий предварительное распределение заданной ЦЗ поиска для группы БЛА вертолетного типа (рис.1) с учетом наблюдаемости объектов на различных подстилающих поверхностях.

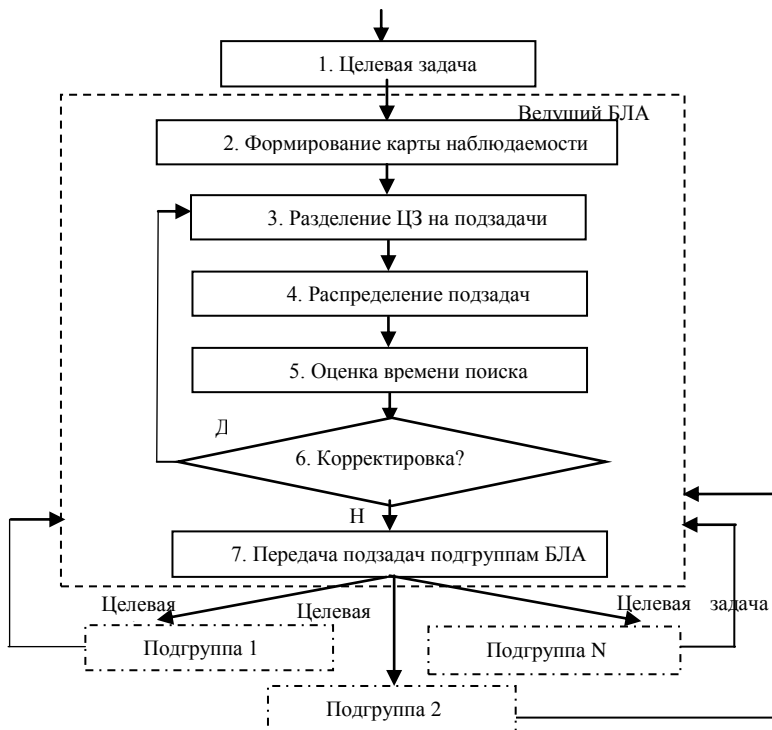


Рисунок 1. Структура общего алгоритма управления

В соответствии с представленным алгоритмом на 1-м этапе ЦЗ, передаваемая ведущему группы БЛА, представляется в формализованном виде, позволяющем в бортовых вычислителях БЛА планировать и реализовать дальнейшие действия группы, подгрупп и отдельных БЛА. В ЦЗ входят: вид требуемого поиска, описание объектов поиска, описание области поиска, требования к оценке эффективности поиска, дополнительные требования, а также атрибуты объекта поиска, атрибуты области поиска (границы различных поверхностей и их тип), условия поиска и уникальные требования к прохождению маршрута. Предполагается, что имеется карта области, а границы подстилающих поверхностей и их типы определены.

На следующем этапе формируется карта наблюдаемости области поиска. При этом будем считать, что для конкретных условий наблюдения и типов подстилающих поверхностей можно определить некоторые унифицированные расстояния между траекториями полета БЛА. На основе моделирования процессов поиска были получены оценки расстояний между траекториями полета БЛА, обеспечивающие

достаточно подробное обследование (в соответствии с требованием (2)) различных подстилающих поверхностей при поиске малоразмерных объектов (размером не более 3x3 м).

Так, при высоте полета – 200 м БЛА вертолетного типа для гарантированной наблюдаемости ($P_{тр} = 0,95$) малоразмерного объекта расстояния между траекториями должны быть не более:

- 10 м - для леса;
- 20 м - для населенного пункта;
- 100 м - для поля, водной поверхности.

На основе этих данных, может быть сформирована карты наблюдаемости, в которую входят показания к построению маршрута над разными видами поверхностей, например, лес, город, поле и т.д.

На следующем этапе (рис.1, блок 3) область поиска разделяется на подобласти, которые распределяются между отдельными БЛА в группе (рис. 1 блок 4).

Для расчета времени T_m строятся маршруты облета подобластей с учетом технических характеристик и типов БЛА

$$T_m = L_m / V_{тбл},$$

где L_m – длина траектории полета БЛА в m -й подобласти, $V_{тбл}$ – скорость полета m -го БЛА.

В качестве примера рассмотрим процедуру распределения подзадач между 4-мя БЛА вертолетного типа при поиске малоразмерных объектов в области, представленной на рисунке 2.



Рисунок2. Исследуемая область

Вариант1. Будем считать, что в области поиска присутствуют 3 типа подстилающих поверхностей: лес, населенный пункт, поле (водная

поверхность). Таким образом, в данном примере для каждой поверхности при планировании маршрутов БЛА, необходимо выбирать соответствующее расстояние между траекториями.

С учетом типов поверхностей данной области поиска и результатов моделирования была получена соответствующая карта наблюдаемости (рисунок 3).

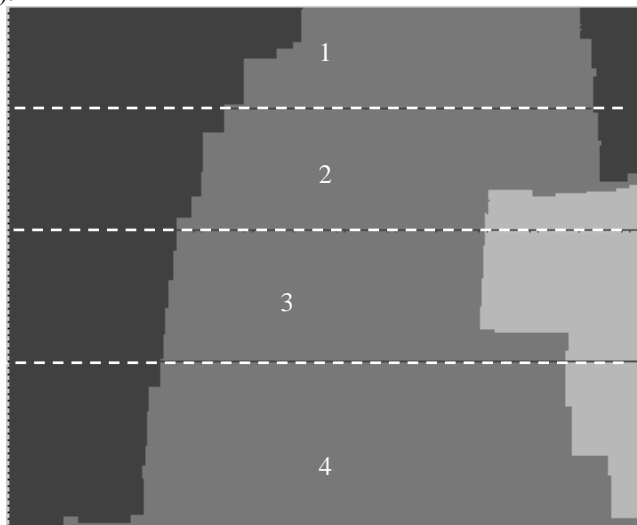


Рисунок 3. Карта наблюдаемости

На рисунке 3 присутствуют области, окрашенные 3-мя цветами: лес - черным (Ч), поле - серым (С), населенный пункт - светло-серым (СС).

Общая площадь области С составляет 577269 м^2 , площадь области СС составляет 102468 м^2 , площадь области Ч составляет 303576 м^2 .

С учетом приведенных выше требуемых расстояний между траекториями получим:

- длина маршрута над областью С равна 5772 м ,
- длина маршрута над областью СС равна 5123 м ,
- длина маршрута над областью Ч равна 30358 м .

Общая длина маршрута составляет $L_0 = 41254 \text{ м}$.

Пусть, скорости БЛА равны, тогда наилучшим будет вариант равномерного распределения длины маршрута между БЛА

$$L_m = \frac{L_0}{4} = 10313 \text{ м}$$

Границы распределенных областей показаны на рисунке 3 штриховыми линиями.

При скорости $V_{\text{бл}} = 15 \text{ м/с}$, получим время обследования (вариант 1) всей области поиска

$$T_{\text{П1}} = T_m = 688 \text{ с}$$

Вариант 2. При разделении области поиска между БЛА на равные площади без учета наблюдаемости объектов на различных подстилающих поверхностях, получим в области:

- 1 длина маршрута - 12860 м, время наблюдений - 857 с;
- 2 - 10606 м, - 707 с;
- 3 - 9624 м, - 642 с;
- 4 - 7853 м, - 524 с.

Согласно (1), время обследования области поиска для варианта 2 равно

$$T_{\text{П2}} = T_m = 857 \text{ с}$$

Экономия времени в варианте 1 по сравнению с вариантом 2 составляет 25%.

Заключение

Предложен алгоритм формирования согласованных управлений БЛА при групповом поиске наземных объектов. Показано, что учет наблюдаемости объектов на различных типах подстилающих поверхностей позволяет существенно повысить производительность наблюдений.

Список литературы

[Ким и др. 2011] Ким Н.В., Кузнецов А.Г.. Поиск объектов на основе анализа наблюдаемой ситуации// Сб. тезисов докладов на научном семинаре «Системы технического зрения» ИКИ РАН / М.:, 2011.

[Ким и др. 2011] Ким Н.В., Крылов И.Г., Лебедев А.В. Согласованное применение группы БЛА. // Материалы Шестой Всероссийской научно-практической конференции "Перспективные системы и задачи управления" и Третьей молодежной школы-семинара "Управление и обработка информации в технических системах". - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011, -с.11-14.