

УДК 629.7.05

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОИСКА НАЗЕМНЫХ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ АВТОНОМНОЙ ГРУППЫ БЛА

Н. В. КИМ, И. Г. КРЫЛОВ

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет, МАИ)

Рассмотрены проблемы группового применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА), связанные с организацией согласованного планирования и управления БЛА, выполняющих различные задачи наблюдения.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БЛА), групповое применение, анализ ситуации, поиск объектов.

Ким Николай Владимирович – кандидат технических наук, профессор, e-mail: nkim2011@list.ru

Крылов Иван Геннадьевич – младший научный сотрудник, e-mail: krylov_i@mail.ru

ORGANISATION OF SEARCH GROUND MOBILE OBJECTS USING AN AUTONOMOUS GROUP OF UAVS

N.V. KIM, I.G. KRYLOV

Moscow aviation institute (National research university, MAI)

The problems of a group of unmanned aerial vehicles (UAVs), related to the organization of coherent planning and control of UAVs that perform various monitoring tasks.

Key words: unmanned aerial vehicle (UAV), a group application, analysis of the situation, search for objects.

Kim Nikolay V. – Ph.D., Professor, e-mail: nkim2011@list.ru

Krylov Ivan G. – Research Associate, e-mail: Krylov_I@mail.ru

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БЛА) широко применяются при решении многих задач наблюдения, в частности поиска мобильных наземных объектов, который состоит в обследовании областей интереса (поиска) на основе анализа изображений, принимаемых фото- или видеокamerой, установленной на борту БЛА. При применении одиночного БЛА производительность поиска ограничивается рядом факторов, таких, как поле зрения камеры, скорость полета и др. Групповое согласованное применение БЛА [1] может существенно повысить производительность поиска. Сложность управления группой (группами) БЛА в процессе поиска связана с решением ряда задач, например оперативным планированием и коррекцией полетов отдельных БЛА в связи с изменением областей интереса, обеспечением безопас-

ности полетов и т.д. Во многих случаях подобные процедуры управления каждым БЛА не могут быть реализованы человеком-оператором в реальном времени и требуют сокращения их объема и/или автоматизации.

В представленной работе рассматриваются вопросы автоматизации выделения областей интереса и их обследования автономной группой БЛА. При этом в зависимости от условий поиска исходная группа БЛА может разделяться на отдельные подгруппы.

Одним из перспективных сценариев группового применения БЛА в задачах поиска наземных мобильных объектов является сценарий автономного использования группы БЛА от момента получения целевой задачи до сбора группы в области ожидания или конечного пункта маршрута.

Преимущества такого применения связаны с повышением производительности и надежности поиска. Однако для их осуществления необходимо обеспечить решение ряда задач, не реализованных на борту современных БЛА и включающих:

- оперативное определение областей интереса с учетом конкретных условий;
- реконфигурирование исходной группы БЛА в соответствии с выделенными областями интереса;
- оперативное перепланирование поисковых операций при изменении условий наблюдения и пр.

Решение подобных задач может основываться на технологии анализа ситуаций, включающего процедуры формирования описаний объектов и межобъектных отношений, существенных для выполнения заданных целевых задач. На основании этих описаний можно оценить, например, вероятности присутствия объектов поиска в тех или иных районах поискового пространства (областях интереса). Кроме того, анализ ситуации определяет условия возможной наблюдаемости объектов, что, в свою очередь, позволяет сформировать текущий рабочий набор признаков обнаружения или распознавания объектов и выбрать соответствующий алгоритм наблюдения [2].

Анализ решаемых задач показал, что сценарий поиска объектов группой БЛА, функционирующей в автономном режиме, должен включать:

1. Прием и анализ условий решения целевой задачи (в рассматриваемом случае – задачи поиска наземных мобильных объектов).
2. Определение областей интереса. В частном случае данная процедура может решаться на основе оценки вероятности присутствия объекта (или объектов) поиска в различных подобластях исходной области поиска.
3. Распределение группы БЛА на подгруппы и постановка подгруппам частных целевых задач. Процедура реализуется, если сравнительный анализ различных стратегий поиска показывает преимущества данного подхода.
4. Планирование согласованных маршрутов полета к областям интереса каждой подгруппе БЛА.
5. Реализацию управлений согласованными полетами подгрупп БЛА к областям интереса с облетом препятствий и предотвращением возможных столкновений со стационарными и мобильными объектами.
6. Выполнение целевой задачи, в частности поиска объектов в областях интереса.
7. Выход и полет в области ожидания с облетом препятствий и предотвращением столкновений.

В соответствии с данным сценарием был разработан комплексный алгоритм поиска наземных мобильных объектов автономной группой БЛА. Структура алгоритма представлена на рис. 1.

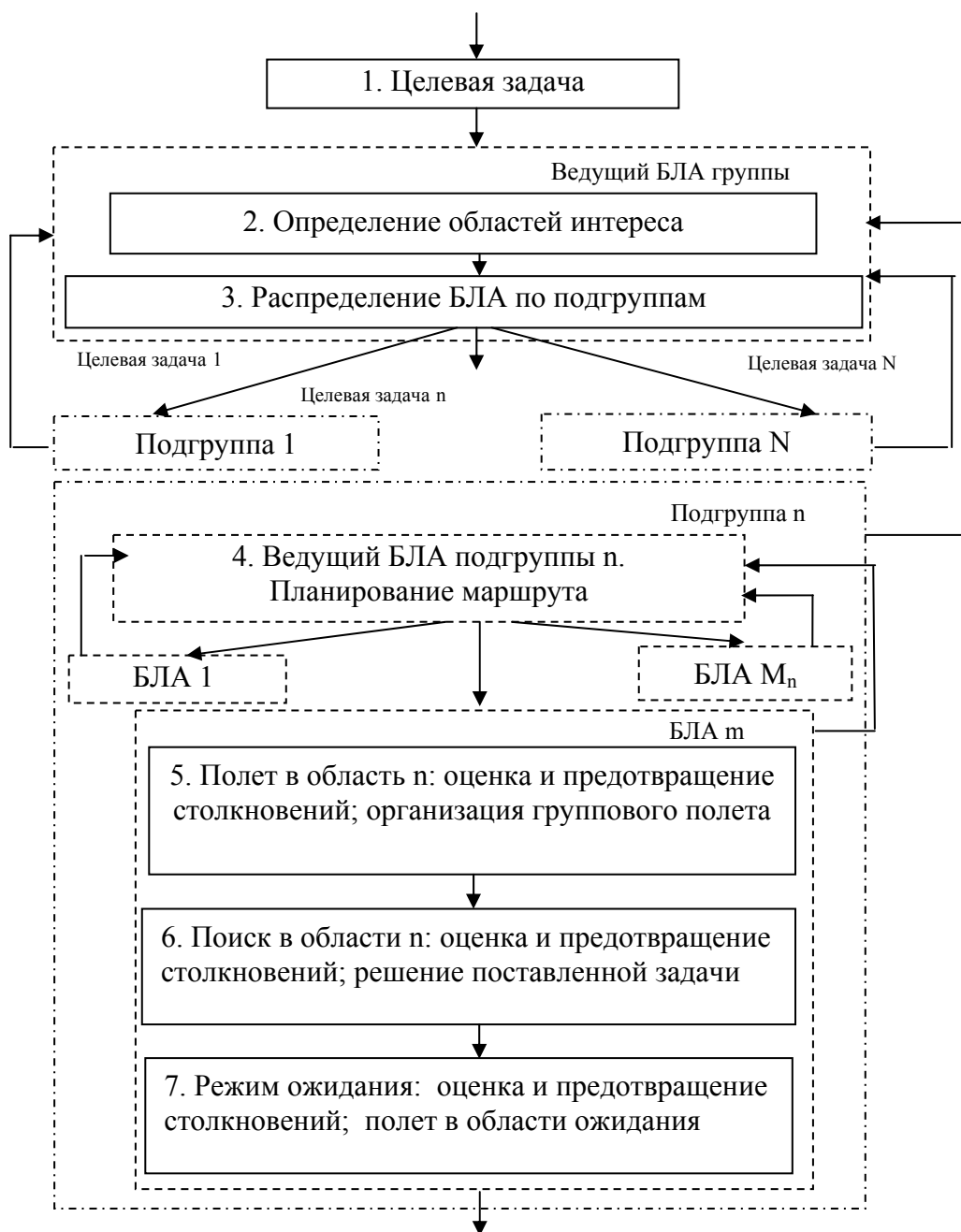


Рис. 1. Структура алгоритма

Для выделения областей интереса на основе анализа ситуации используются данные из БД о проходимости объекта на местности. В работе принимается, что типовая проходимость легкового автомобиля оценивается условным показателем $R = 1$ ($1 \leq R \leq 5$).

На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма выделения областей интереса.

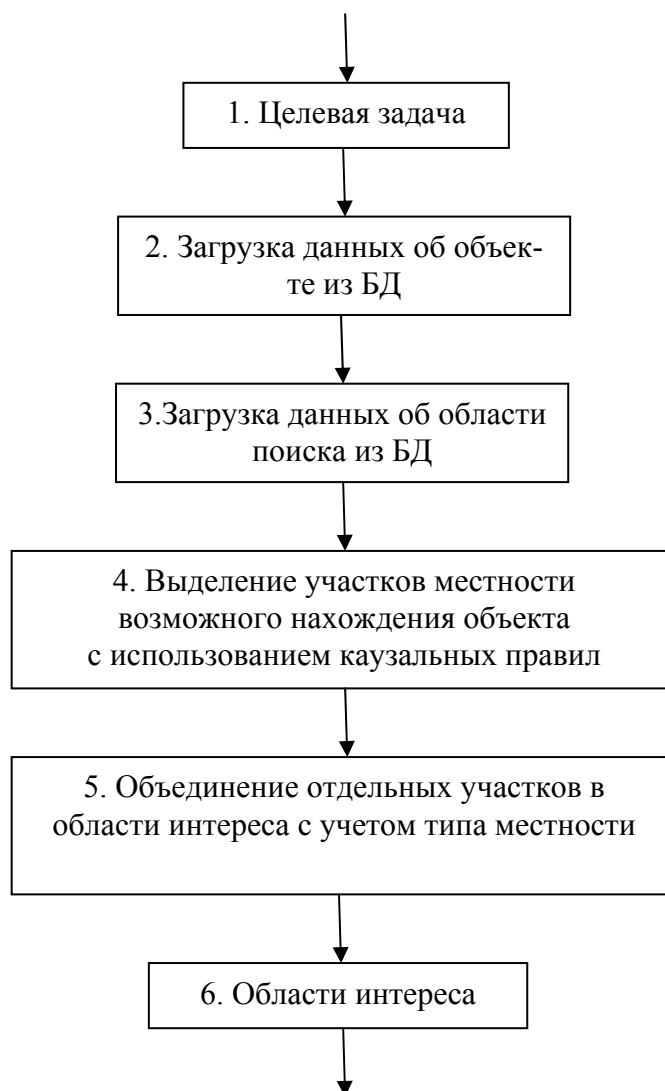


Рис. 2. Алгоритм выделения областей интереса

Анализ ситуации проводится с применением заранее составленного набора каузальных правил. Например, для принятия решений о возможности прохождения объектом поиска рассматриваемого района могут использоваться правила:

- Если подстилающая поверхность рассматриваемого района – лес, то объект не пройдет.
- Если – поле с требуемой проходимостью выше проходимости объекта, то объект не пройдет.
- Если – водоем, то объект не пройдет.
- Если – дорога и требуемая проходимостью выше проходимости объекта, то объект не пройдет.
- Если – населенный пункт и требуемая проходимостью выше проходимости объекта, то объект не пройдет.
- Если – поле и требуемая проходимостью не выше проходимости объекта, то объект пройдет.
- Если – дорога и требуемая проходимостью не выше проходимости объекта, то объект пройдет.
- Если – населенный пункт и требуемая проходимостью не выше проходимости объекта, то объект пройдет и пр.

Обследование исходной карты местности (с использованием набора правил) производится до начала поиска на основании сопоставления показателя проходимости объекта и возможной проходимости отдельных участков с известной текстурой: лес, поле и пр., – а также с учетом погодных условий.

В результате реализации данной процедуры выделяются области возможного нахождения объекта (области интереса).

Примеры выделенных областей интереса, отмеченных номерами 1 – 7, представлены на рис. 3.



Рис. 3. Выделенные области интереса

Пусть количество всех БЛА – M . После выделения областей интереса БЛА распределяются на подгруппы для исследования этих областей. При этом для каждой n -й области интереса, $n = 1, 2, \dots, N$, при $M > N$ выделяется n -я подгруппа БЛА.

Количество БЛА в каждой подгруппе должно соответствовать площади S_n данной области интереса.

Примем, что производительности каждого БЛА равны W_T . Тогда производительность n -й подгруппы будет равна $m_n W_T$, где m_n – количество БЛА в n -й подгруппе.

В общем случае для распределения БЛА по подгруппам рассчитывается теоретическое время, затрачиваемое каждой n -й подгруппой на выполнение ЦЗ (полет до соответствующей n -й области поиска, исследование области, возврат) при некотором распределении БЛА по подгруппам:

$$T_n = t_{1n} + \frac{S_n}{W_T \cdot m_n} + t_{2n},$$

где t_{1n} – время полета до n -й области; S_n – площадь n -й области; t_{2n} – время возврата из n -й области.

Будем считать, что наилучшим является распределение БЛА по подгруппам, которое удовлетворяет критерию

$$T_0 = \min_{i \in I_{\max}} \max_{n \in N} \{T_n[m_n(i)]\}, \quad (1)$$

где $T_n[m_n(i)]$ – теоретическое расчетное время, необходимое для выполнения ЦЗ подгруппой n количеством БЛА m_n при i -м варианте распределения БЛА по подгруппам ($i = 1, 2, \dots, I_{\max}$).

БЛА распределяются по подгруппам на основе использования метода перебора и оценки критерия (1).

Для планирования маршрутов каждой подгруппы БЛА в работе используется алгоритм Ли. Разработанный алгоритм и программное обеспечение позволяют планировать маршруты с обходом опасных зон. Параметры маршрута корректируются с учетом динамических характеристик БЛА.

В рамках данной работы были произведены исследования алгоритмов распределения БЛА по областям интереса, построения маршрутов на основе типовых режимов полета, полета строем и предотвращения столкновения.

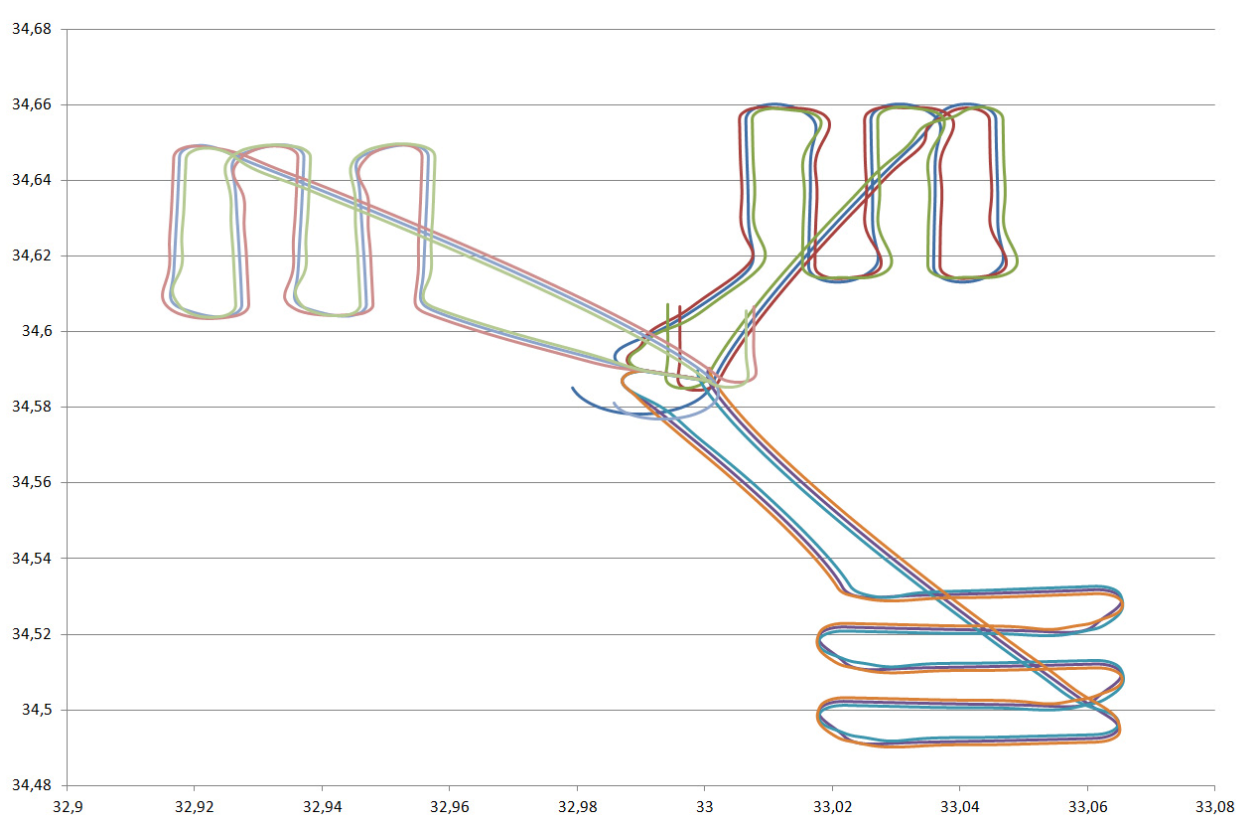


Рис. 4. Групповой полет БЛА

На рис. 4 представлены результаты исследования данных алгоритмов с использованием симулятора Microsoft Flight Simulator X. Данные исследования подтвердили работоспособность алгоритмов.

Заключение

Предлагаемый подход позволяет осуществлять автоматическое нахождение областей интереса и построение траекторий полета БЛА для эффективного наблюдения. Использование типовых (унифицированных) режимов сокращает объем работ оператора при организации планирования и управления БЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. КИМ Н.В. К вопросу согласованного применения пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов: Сб. докладов VIII Всероссийской юбилейной научно-технической конференции «Проблемы совершенствования робототехнических и интеллектуальных систем летательных аппаратов»/МАИ-ПРИНТ, 2010.
2. КИМ Н.В., КУЗНЕЦОВ А.Г. Поиск объектов на основе анализа наблюдаемой ситуации: Сб. тезисов докладов научного семинара «Системы технического зрения»/ИКИ РАН, 2011.