

УДК 629.7.05

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРУППОВЫХ ДЕЙСТВИЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

С.В. КОРЕВАНОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Логвиным А.И.

Рассмотрены проблемы моделирования и планирования групповых полетов беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Для каждого из этапов процедуры планирования групповых действий разработана нейросетевая структура.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, планирование полета, нейросетевые системы.

В настоящее время большое внимание стало уделяться исследованию возможности применения беспилотной авиации. Эффективность их использования значительно повышается при организации групповых полетов. Наряду с этим, возникает проблема, связанная с обеспечением управления полетом группы БЛА, которое осуществляется одним из двух способов:

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

При автономном управлении не могут быть учтены возникающие в полете непрогнозируемые заранее изменения внешних условий и 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. Выход состоит в создании бортовых систем управления с элементом искусственного интеллекта, обеспечивающего оперативное планирование групповых действий в условиях постоянно меняющейся полетной ситуации.

Моделирование групповых действий

Рассмотрим основные принципы моделирования групповых действий на примере двух летательных аппаратов:

- 1) каждый БЛА выбирает порядок облета объектов в соответствии со своей нейросетевой (НС) структурой, вид НС структур у обоих БЛА одинаковый, отличия заключаются в границах областей и соответствующих им альтернативах поведения, определяющих общую область ответственности (рис.1);

- 2) информация о появляющихся во время полета объектах заносится в специальные списки объектов каждого БЛА;

- 3) в случае отсутствия объектов в пределах области ответственности БЛА эта область ответственности расширяется до появления в ней хотя бы одного объекта.

Алгоритм моделирования группового полета, таким образом, состоит из следующих шагов:

- 1) определение следующей точки маршрута каждым из БЛА в отдельности с помощью соответствующих им НС структур. В начале моделирования выбирается один из БЛА, ему отдается приоритет в выборе первого объекта обслуживания. Выбранный объект заносится в «список запретов», т.е. исключается из рассмотрения обоими БЛА. Второй БЛА на основании списка запретов определяет свой первый объект для обслуживания;

- 2) сравнение соответствующих объектам для обслуживания длин маршрутов обоих БЛА и выбор более короткого. Пусть, например, длина маршрута 1-го БЛА составляет 0,8 у.е., второго - 0,2 у.е. Тот факт, что для первого БЛА она больше, чем для 2-го, свидетельствует, что в момент непосредственного обслуживания им следующего объекта 2-й БЛА успеет запланиро-

вать еще как минимум один облет для обслуживания, а значит, в список запретов будет внесена коррекция;

3) процедура выбора следующего объекта для обслуживания проводится только для того БЛА, текущая длина маршрута которого меньше. При этом каждый новый выбранный объект заносится в общий список запретов;

4) пп. 2, 3 повторяются до тех пор, пока БЛА не окажутся в области конечной точки.

Схема алгоритма взаимодействия 2-х БЛА представлена на рис. 1, где $dist1$, $dist2$ - длины маршрута БЛА с учетом выбранного следующего объекта обслуживания 1-го и 2-го БЛА. Процедура выбора следующей точки маршрута БЛА - использование им НС структуры.

Синтез планирования полета для двух беспилотных летательных аппаратов

Разобьем процедуру принятия решения о выборе следующего пункта маршрута на 4 этапа:

- 1) общая стратегическая классификация обстановки;
- 2) подсчет числа объектов, попавших в каждую зону;
- 3) определение приоритетной зоны;
- 4) выбор объекта в приоритетной зоне.

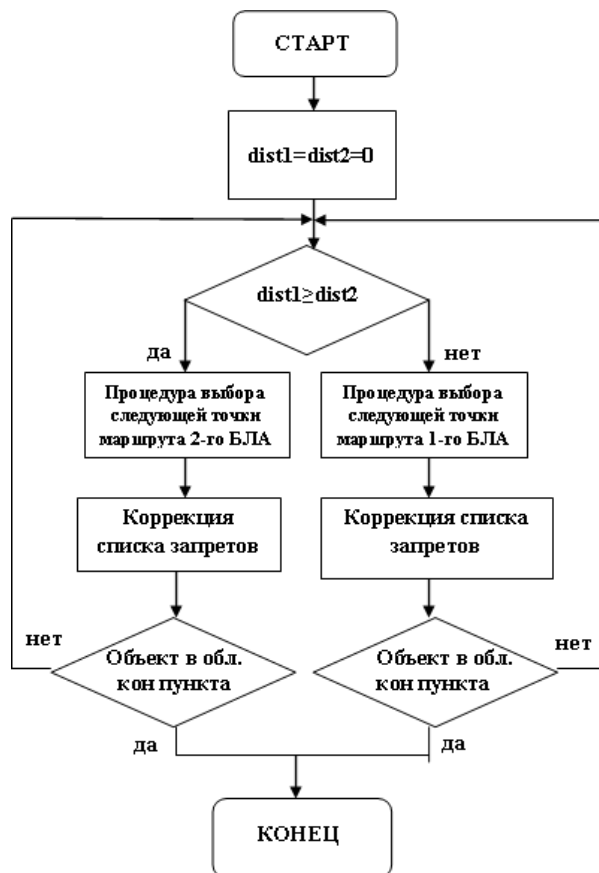


Рис. 1. Алгоритм взаимодействия 2-х БЛА

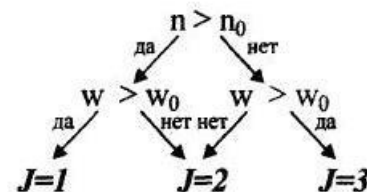


Рис. 2. Нейросетевая структура общей стратегической классификации обстановки

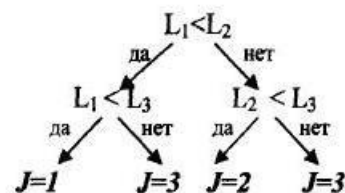


Рис. 3. Нейросетевая структура выбора объекта в приоритетной зоне

Задачи каждого из этих этапов предлагается решать с помощью отдельных нейросетевых структур, причем результаты функционирования предыдущей задействуют в работе последующей, а все вместе они образуют нейросетевую систему планирования групповых действий.

Из перечисленных четырех нейросетевых структур, нейросетевая структура определения приоритетной зоны формируется предложенным эволюционным методом. Остальные структуры имеют фиксированную архитектуру на базе новых нейроэлементов, позволяющую опре-

делить параметры, необходимые для принятия решения о выборе альтернативы поведения, такие как величины смещения, количество объектов в зонах, выбор объекта в приоритетной зоне.

Нейросетевая структура общей стратегической классификации обстановки

С помощью данной НС структуры в условиях имеющихся ресурсов (w) и количества объектов, попавших в область ответственности БЛА (n), обстановка классифицируется на простую, сложную и промежуточную (рис. 2). В зависимости от этого решения настраиваются размеры зон, на которые разбивается передняя и задняя (относительно БЛА) полусферы, в зависимости от этого также определяется величина порога на число объектов, которая будет использована в НС структуре определения приоритетной зоны.

Для каждого объекта после проверки его принадлежности к зоне видимости БЛА ($X_{\min} < X - X_T < X_{\max}$, $Y_{\min} < Y - Y_T < Y_{\max}$) определяется его принадлежность к одной из зон обслуживания (рис. 4). X - количество объектов в зонах области ответственности.

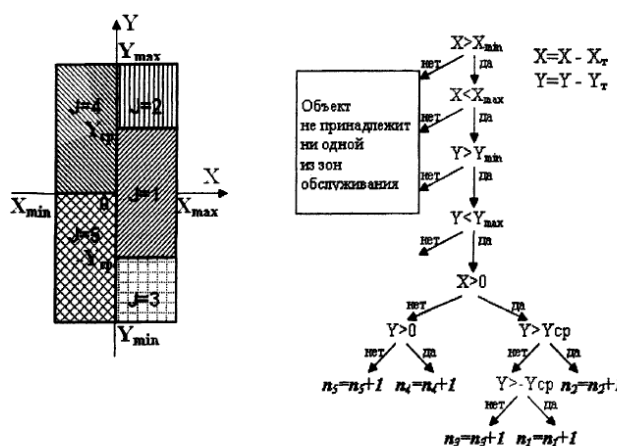


Рис. 4. Нейросетевая структура подсчета числа объектов в зонах

Нейросетевая структура определения маршрута в пределах приоритетной зоны

Для решения этой задачи предлагается использовать следующее правило: БЛА облетает объекты в приоритетной зоне в порядке возрастания их координат X . При этом также определяется возможность маневра с учетом ограничений, т.е. пункты, попадающие в поле зрения камеры БЛА, считаются обслуженными и исключаются из рассмотрения. Таким образом, задачами нейросетевой структуры (рис. 3) в данном случае являются:

- а) определение ближайшего к БЛА по оси X маршрута;
- б) проверка выбранного пункта маршрута на его попадание в поле зрения БЛА. В случае если пункт попадает в эту область, исключить из рассмотрения этот пункт и перейти к следующему;
- в) если в приоритетной зоне обслужены все пункты, то необходимо сформировать сигнал для построения новой области ответственности относительно текущего положения БЛА и повторения всей процедуры планирования действий.

Задача выбора объекта с наименьшими затратами на обслуживание представляет собой задачу выбора минимального элемента массива. С помощью нейронной сети, аппроксимирующей длину траектории полета к цели, определяем наименее «затратный объект».

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лебедев Г.Н.** Интеллектуальные системы управления и их обучение с помощью методов оптимизации: учеб. пособие. - М: МАИ, 2002.
2. **Назаров А.И.** Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. - М.: Наука и техника, 2004.
3. **Hopfield J.** Neural Networks and physical system with emergent collective computational abilities. In Proc. National Academy of sciences, USA, 1982.

MODELLING GROUP ACTION UNMANNED AERIAL VEHICLES

Korevanov S.V.

The problems of modeling and planning group flights of unmanned aerial vehicles are considered. Neural network structure is designed for each stage of the planning procedure of group activates.

Keywords: unmanned aerial vehicles, flight planning, neural system.

Сведения об авторе

Кореванов Степан Владимирович, 1988 г.р., окончил МГТУ ГА (2010), аспирант МГТУ ГА, автор 2 научных работ, область научных интересов - беспилотные летательные аппараты, нейросетевые системы, эксплуатация радионавигационных систем.