

УДК 681.21

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУПП БЛА ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ: НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.П. Кутахов (*kutahovvp@nrczh.ru*)
Р.В. Мещеряков (*karateka30@mail.ru*)

НИЦ им. Н.Е. Жуковского,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Москва

Аннотация. В статье предлагаются принципы организации группового поведения беспилотных летательных аппаратов в транспортной системе. Рассматривается последовательность функционирования группы БЛА с изменяющимися пунктами доставки или нештатными ситуациями. Предложенные принципы позволяют сформировать комплекс научных задач и конкретных методов их решения. Обосновывается подход к задаче управления как последовательности задач принятия решений. Обозначаются направления применения технологий искусственного интеллекта.

Ключевые слова: беспилотные транспортные средства, групповое управление, принципы, искусственный интеллект.

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БЛА) активно внедряются в народное хозяйство. Перспективным представляется использование БЛА в транспортных задачах. Очевидно, что необходимо в таком применении рассматривать управление применением не только одиночных БЛА, но и их групп. Использование классических подходов ограничено позволяет комплексно формировать целевые задачи для групп БЛА [Гайдук 2014, Zhicai 2021, Sasa 2009, Li 2020, Bai 2020]. В работе предложено рассматривать транспортную систему БЛА, как крупномасштабную систему, а управление группой транспортных БЛА как последовательность решения задач принятия решений и их исполнения с соответствующей корректировкой в ходе выполнения миссий.

1 Функционирование групп БЛА транспортного назначения

Одной из первоочередных задач, которую можно рассматривать для использования групп БЛА – это формирование направлений создания прикладных технологий для автоматизированного распределения ресурсов группы БЛА транспортного назначения. [Кутахов 2017, Цариченко 2015]

Определим, что задача ставится не для ситуации транспортного обеспечения по заранее запланированным заявкам, а для ситуации высокодинамичного развития событий, когда множество разнородных заявок возникает и должно удовлетворяться в масштабах времени сопоставимом с временем функционирования транспортной группы. [Кутахов В.П. 2019] В этом случае транспортная группа должна иметь в своем составе средства информационного обеспечения о текущих и появляющихся заявках и изменяющейся обстановке, а также средства перепланирования логистических действий в процессе применения (реконфигурации транспортной группы). Тогда следует выделить ряд этапов действия транспортной группы, для которых характерны соответствующие задачи и их методы.

Этап 1 – формирование состава группы исходя из задания. Задача состоит в том, чтобы определить оптимальный состав группы разнородных однофункциональных БЛА – транспортных различной грузоподъемности, информационного обеспечения различного рода и т.д. состав группы определяется, исходя из планируемого пространственного размаха транспортного обеспечения, априорных данных модели потребностей получателей, транспортной нагрузке, включая массо-габаритные показатели и требования по временам и приоритетам. Задача усложняется наличием неопределенности априорных данных, а также размытостью прогноза априорных данных на период полета группы.

Этап 2 – управление поддержания группировки БЛА в процессе доставки к зоне расположения получателей; важно отметить, что это не полет строем в виде формации, а скорее сбор группы с индивидуальными маршрутами следования, выстраивание пространственной конфигурации группы, исходя из функциональных возможностей элементов группы.

Этап 3 – мониторинг зоны ответственности различными информационными средствами, имеющимися на различных пространственно-разнесенных БЛА, обнаружения точек сброса/разгрузки/перегрузки по результатам объединения информации от разнородных информационных систем и оценки обстановки.

Этап 4 – целераспределение, то есть распределения задач конкретных действий по информационному обеспечению и по доставке грузов конкретным объектам между БЛА транспортной группы, либо изменения

точек маршрута, либо возникновения нештатных ситуаций, включая выход БЛА из строя. Сложность задачи заключается в изменяющемся пространственном распределении транспортных БЛА с различной загрузкой по отношению к подвижным получателям.

Этап 5 – целеуказание по результатам распределения с учетом пространственного расположения БЛА и объектов, влияния среды, различий и особенностей приоритетов доставки и оценка ресурсов (временных, энергетическая и т.п.).

Далее – этапы 6 и 7.

Этап 6 – оценка результативности действий, а также технического состояния элементов группы.

Этап 7 – реконфигурации группы БЛА, на котором производится возвращение к этапу 3, но уже в новых текущих условиях.

Приведенная разбивка по этапам условна и иллюстративна. На самом деле, эти этапы по времени могут быть совмещаемы, что, конечно же, существенно усложняет перечисленные задачи.

Обобщенно мультифункциональную группу можно представить на рисунке 1.

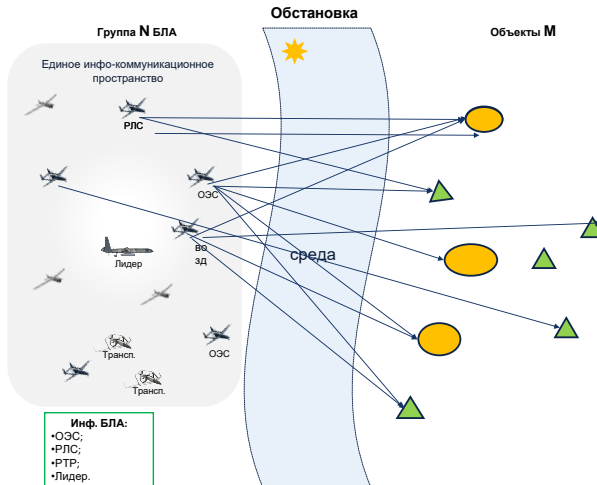


Рис. 1. Схема группы мультифункциональных БЛА в транспортной системе.

Инф. БЛА – информационные БЛА,

ОЭС – оптико-электронные средства,

РЛС – радиолокационная станция, РТР – радиотехническая разведка,
Лидер – БПЛА, на борту которого принимается решение о выборе сценария применения группы.

Одной из первых задач, которую можно рассматривать для использования групп БЛА – это задача применения прикладных технологий для автоматизированной распределения ресурсов группы БЛА транспортного назначения и их функционирования на при ее реализации [Кутахов В.П. 2017].

Приведенная разбивка по этапам условна и иллюстративна. На самом деле, эти этапы по времени могут быть совмещены, что, конечно же, существенно усложняет перечисленные задачи.

На каждом из перечисленных этапов необходимо решать задачу принятия решений. В связи с этим, общим принципом управления группой транспортных БЛА, в данной постановке, является следующее. Управление крупномасштабной группой БЛА транспортного назначения сводится не к задачам динамического управления, а к последовательности задач принятия решений. И в этом смысле оно смыкается с задачами и технологиями искусственного интеллекта ИИ.

2 Принципы формирования групп

В предложенной постановке задаче транспортного обеспечения с использованием БЛА возникает несколько вопросов, которые могут быть сформулированы в виде принципов:

1. Единство группы – представление группы на различных уровнях иерархии транспортной системы как единства используемых БЛА или групп БЛА более низкого уровня.
2. Целеполагание – определение эффективности группы как комплексной оценки выполненных задач по доставке с учетом затраченных ресурсов.
3. Управляемость – предполагается формирование единство требований к элементам группы БЛА с учетом возможностей конкретных элементов при непротиворечивости функционирования группы.
4. Распределение задач и функций – возложение в группе функций и задач на конкретные БЛА и перераспределение в случае изменения задач и функций или изменения состава БЛА.

Предложенные формулировки принципов декларируют общие подходы к формированию групп БЛА, однако они не ограничивают использование БЛА для реализации конкретных сценариев поведения. Вместе с тем возникает потребность рассмотрения какие технологии искусственного интеллекта могут быть применены в транспортной задаче, а также в задачах, смежных с ней.

3 Обсуждение перспектив исследований в области групп беспилотных летательных аппаратов

Создание транспортной системы на основе групп БЛА требует решения целого комплекса научно-технических и организационных задач. Структура их представлена на рисунке 2. Среди них доминирующее положение с точки зрения глубины требуемой проработки и влияния на принципы функционирования системы имеет группа задач, связанная с интеллектуализацией группового применения БЛА в транспортной системе. В том числе – формирование и реконфигурация группы, многоагентное поведение в соответствии с информационно-исполнительной моделью транспортной системы, распознавание текущей ситуации, навигация по совокупности распознанных ориентиров и другие.



Рис. 2. Интеллектуальные задачи создания беспилотной авиационной транспортной системы.

Эти направления должны быть ориентированы на функционирование транспортной системы не в традиционной постановке задачи – по заранее сформированным пакетам заявок, а в постановке задачи когда поток заявок возникает во временных масштабах непосредственно полета группы, в динамике возникновения потребностей доставки грузов в некотором конкретном пространственном районе.

Особенностью постановки задачи формирования управления группой являются новые показатели эффективности, при которых вместо традиционных показателей объемов доставленных грузов, ввиду

необходимо оперировать показателями, отражающими степень удовлетворения потребностей в доставке грузов, включая и минимизацию времени реагирования на возникающие заявки и потребности.

Отдельным проблемным вопросом является разработка методов испытаний крупномасштабных систем, построенных на применении технологий искусственного интеллекта.

Наряду с решением перечисленных задачам предстоит решать и задачи, связанные с созданием собственно специализированных БЛА, предназначенных для работы в группе, для группового, коллективного поведения при решении транспортной задачи.

Заключение

Представленные в работе подходы к формированию группы БЛА транспортного назначения позволяют сформулировать перспективные задачи с использованием современных методов обработки информации. Предложенная последовательность действий в группе БЛА транспортного назначения может разбиваться на этапы и на каждом этапе будет формироваться комплекс критериев оптимизации (эффективности), решаемые в конкретные моменты времени по поставленным сценариям и в соответствии с предложенными принципами.

Вместе с тем задачи интеллектуализации поведения групп БЛА, формирования принципов организации транспортных систем на их основе, на наш взгляд, являются приоритетными.

Список литературы

- [Гайдук А.Р. и др. 2014] Гайдук А.Р., Капустян С.Г., Меркулов В.И., Бесклубова К.В. Групповое управление БЛА // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2014. - № 11. - С. 24-36.
- [Zhicai etc. 2021] Ren Zhicai; Bo Jiang; Xu Hong A Cooperative Search Algorithm Based on Improved Particle Swarm Optimization Decision for UAV Swarm // 2021 IEEE 6th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS). DOI: 10.1109/ICCCS52626.2021.9449283
- [Sasa etc. 2009] Ma Sasa; Liu Dongqing; Xue Jia; Fang Xingqiao Research on Continuous Function Optimization Algorithm Based on Swarm-Intelligence // 2009 Fifth International Conference on Natural Computation. DOI: 10.1109/ICNC.2009.9
- [Li etc. 2020] R. Li and H. Ma, "Research on UAV Swarm Cooperative Reconnaissance and Combat Technology," 2020 3rd International Conference on Unmanned Systems (ICUS), 2020, pp. 996-999, doi: 10.1109/ICUS50048.2020.9274902.
- [Bai etc. 2020] Y. Bai, K. Asami, M. Svinin and E. Magid, "Cooperative Multi-Robot Control for Monitoring an Expanding Flood Area," 2020 17th International

Conference on Ubiquitous Robots (UR), 2020, pp. 500-505, doi: 10.1109/UR49135.2020.9144931.

- [**Кутахов В.П. и др. 2017**] Кутахов В.П., Плякота С.И. Информационное взаимодействие в крупномасштабных робототехнических авиационных системах // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD '2017. Материалы Десятой международной конференции: в 2-х томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2017. С. 93-96
- [**Цариченко и др. 2015**] Цариченко С.Г., Родинченко Н.С. Беспилотные летательные аппараты, как средство повышения эффективности оперативно-тактической деятельности пожарно-спасательных подразделений // Известия ЮФУ. Технические науки. - 2015. - № 1 (162). - С. 14-24.
- [**Кутахов В.П. и др. 2019**] Кутахов В.П., Мещеряков Р.В. Принципы формирования модели оптимизации системы роботизированных авиационных средств // В сборнике: XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019. Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2019. С. 1211-1214.