

УДК 681.21

НАПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А.Л. Смолин (*smolinal@nrczh.ru*)

НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского, Москва

Аннотация. В статье обосновывается требование интеллектуализации беспилотных авиационных транспортных систем. Предлагается оригинальная классификация задач интеллектуализации. Рассматриваются примеры с одним плечом и двумя плечами грузоперевозок, формируемых требования под обеспечение интеллектуализации. Показывается, что система с интеллектуализацией и использованием технологий искусственного интеллекта может повысить эффективность беспилотных авиационных транспортных систем за счет применения алгоритмов перераспределения задач в реальном времени. Применимость конкретных методов и их выбор осуществляется на основе результатов натурного эксперимента. Предлагаются дальнейшие пути интеллектуализации беспилотных авиационных транспортных систем.

Ключевые слова: беспилотные авиационные транспортные системы, беспилотные авиационные воздушные суда, интеллектуализация, транспорт.

Введение

С развитием беспилотной техники круг задач, решаемых беспилотными летательными аппаратами, значительно расширился. В настоящее время наиболее востребованы беспилотные воздушные суда, выполняющие задачи: мониторинга, связи и ретрансляции, обеспечения безопасности. Вместе с тем с развитием беспилотной авиационной техники, с ростом её характеристик по грузоподъемности, дальности действия, автономности, становится актуальной задача использования беспилотных летательных аппаратов в качестве транспортного средства [Varnounakis 2016], [Кутахов В.П. 2019].

Целью работы является проведение анализа существующих решений по интеллектуализации беспилотных авиационных транспортных систем

(БАТС) и обоснование необходимости интеллектуализации различных операций при беспилотной доставке грузов.

1 Постановка задачи формализации интеллектуализации

С целью эффективного применения транспортной системы транспортные средства, как правило, объединяют в единую систему транспортного обеспечения. Беспилотная авиационная транспортная система – это совокупность совместно действующих беспилотных воздушных судов, комплекса наземных средств по подготовке и обеспечению полетов, персонала, занятого эксплуатацией транспортных и наземных средств, необходимой инфраструктуры для эксплуатации БАТС, а также системы управления процессом применения системы [Hanap 2020].

Формализация отдельных функций и задач системы управления БАТС предполагает проведение моделирования и проведение натурального эксперимента. Задача моделирования процесса доставки грузов на этапе подготовки, для постановки и решения задач оптимизации с целью определения оптимального количества беспилотных воздушных судов, необходимого для успешной доставки грузов, для обоснования выбора наиболее подходящего транспортного средства для указанной задачи при заданных условиях внешней среды.

В качестве основы следует принять типовые транспортно-логистические процессы (ТЛП), которые являются по сути базовыми транспортными операциями, на которых основывается вся транспортная система и идет обеспечение материальными средствами (МС). В таблице приведены показатели и критерии эффективности, позволяющие поставить задачу формализации в первом приближении и затем оценивать эффективность, а также проводить оптимизацию.

Таблица 1 – Показатели и критерии оценки эффективности транспортно-логистических процессов

Показатели эффективности	Критерии эффективности	Ограничения
Степень обеспеченности МС – Q_n ; V^F – фактический объем поставки запасов МС, т; V^T – потребность в МС, т.	$Q_n = \frac{V^F}{V^T} \rightarrow 1$	$C^F \leq C^T$, $T^F \leq T^T$
Оперативность ТЛП – T_n ; T^F и T^T – фактическое и требуемое время выполнения ТЛП, ч.	$T_n = \frac{T^F}{T^T} \rightarrow \min$	$V^F \geq V^T$, $C^F \leq C^T$
Экономичность ТЛП – C_n ;	$C_n = \frac{C^F}{C^T} \rightarrow \min$,	$V^F \geq V^T$, $T^F \leq T^T$

C^F и C^T – фактические и требуемые затраты на выполнение ТЛП, руб.; C_n – удельные затраты на ТЛП, руб./т.	$C_n = \frac{C_n}{V^F} \rightarrow \min$	
--	--	--

Первые два критерия оценки эффективности процессов, служат для оценки степени достижения целей и должны обеспечить обоснованный выбор их вариантов (способов) (доставки, хранения материальных средств) в соответствии с требованиями к надежности транспортно-логистического обеспечения и недопущения возникновения ситуации нехватки ресурсов. Третий критерий оценки эффективности отражает наиболее существенные стороны повышения экономической эффективности процессов и ориентирует на минимизацию затрат на выполнение транспортно-логистических операций.

Таким образом задача интеллектуализации может быть сформулирована как задача оптимизации по критериям эффективности функционирования БАТС с ограничениями и введением неопределенности среды при условии влияния внешней среды и нештатных ситуаций, которые могут произойти с транспортными средствами.

2 Моделирование БАТС

Система моделирования включает в себя основу, сформированную в программном комплексе GAMA [GAMA], которая позволяет моделировать многоагентные системы. В качестве агентов выступали транспортные средства. При этом учитывались следующие наборы:

1. Построение или актуализация маршрутной сети.
2. Построение или актуализация транспортной мультисети.
3. Поиск плана загрузки транспортных средств.
4. Перераспределение транспортных средств.
5. Формирование множества альтернативных сценариев транспортировки.
6. Оценка и выбор оптимального сценария.

Моделирование проводилось на различных наборах данных, которые включали в себя полные наборы по различным характеристикам транспортных средств. В качестве базовой модели была принята схема одного плеча доставки, где присутствовала одна точка-источник ресурсов и несколько целевых точек доставки (рисунок 1).

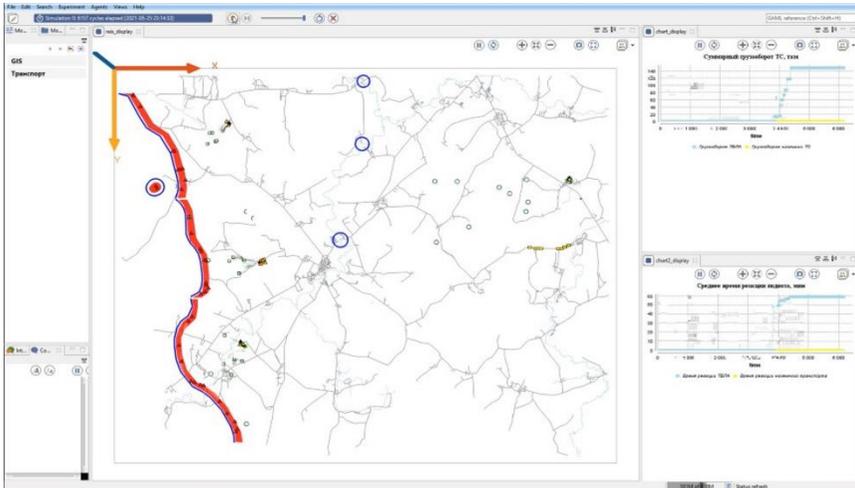


Рисунок 1. Моделирование транспортно-логистических процессов на платформе GAMA

Результаты моделирования показали, что при жестком распределении путей и точек доставки можно добиться оптимального режима по критериям из таблицы 1. Вместе с тем требуется использование алгоритмов интеллектуализации в случае включения в среду моделирования внешней среды и получения нештатных ситуаций, например, потери транспортных средств.

3 Натурный эксперимент

Для проведения эксперимента была использована схема расположения точек старта, финиша с условием что на каждой точке возможна перегрузка грузов, которые туда доставляются. Представленная схема позволяет отработать полеты более чем с одним и двумя плечами – за счет последовательного использования точек взлета и посадки.

Эксперимент проводился сотрудниками ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» совместно с сотрудниками ФГБУН Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН на базе полигона ГкНИПАС.

Проведение эксперимента включало в себя проведение измерений различных транспортно-логистических процессов: взлет, посадка, перегрузка, разгрузка, загрузка, обслуживание и другие, которые моделировались в разделе 2 согласно критериям таблицы 1. Был использован типоряд беспилотных воздушных судов, которые обеспечивали различные типы как транспортных средств, так и полезной

нагрузки. Загрузка, перегрузка и разгрузка полезной нагрузки грузов проводилась ручным способом. Проведенные эксперименты показали соответствие предложенной методологии для формирования как системы критериев, так и оцениваемых параметров моделей.

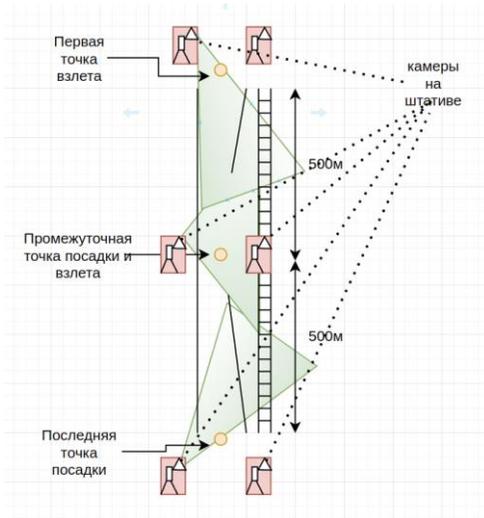


Рис. 2. Схема полигона для проведения эксперимента

Следует отметить, что в качестве алгоритмов интеллектуализации использовались алгоритмы перераспределения задач в процессе полета и определения места посадки. Это существенно (до 20%) позволяло уменьшить время транспортно-логистических процессов.

3 Направления интеллектуализации

Проведенное моделирование и натурные эксперименты позволяют сформулировать направления применения и развития применения технологий искусственного интеллекта при реализации различных систем:

интеллектуализацию транспортного беспилотного воздушного судна, направленную на получение максимально автоматизированного и адаптивного автономного транспортного средства;

интеллектуализацию информационно-коммутиационного поля: информационного и командного обмена – основы взаимодействия между отдельными транспортными средствами и пунктами управления с целью координации и оптимизации их группового поведения;

интеллектуализацию системы управления и ее подсистем БАТС – как системы, обеспечивающей принятие решений или части автономного решения;

обеспечение развития и самоорганизации БАТС в результате взаимодействия отдельных подсистем накопления знаний в единой системе, взаимодействующих по законам группового поведения, и подчиненных единой цели.

Интеллектуализация транспортных беспилотных летательных аппаратов включает интеллектуализацию комплекса бортового оборудования:

- системы управления летательным аппаратом;
- системы связи и телекоммуникации;
- системы навигации;
- системы управления функциональной нагрузкой;
- системы сенсоров;
- системы управления двигателем;
- противопожарной системы;
- противообледенительной системы.

Интеллектуализация комплекса бортового оборудования обеспечивает решение следующих задач:

- обеспечение автоматических режимов взлета и посадки, в том числе на неподготовленные площадки;
- обеспечение режимов автономной работы систем и оборудования;
- уклонение от угроз столкновения (рельефа местности и искусственных препятствий);
- автоматический режим обработки информации, получаемой от бортовых сенсоров и системы управления: полетной, командной, навигационной, метеорологической и др.;
- обеспечение режимов автономного полета к указанной цели без априорно установленного маршрута с маневрированием;
- автоматизация режимов разгрузки и погрузки транспортных средств;
- управление системами транспортного беспилотного воздушного судна в зависимости от: внешних условий, условий эксплуатации, маршрута и режима полета, от результатов диагностики и прогнозирования состояния систем.

Интеллектуализация системы управления БАТС, подсистем и элементов включает интеллектуализацию:

- системы планирования применения групп;
- системы управления полетами;
- системы логистики;
- системы пунктов управления;

- системы обеспечения БАТС.

Интеллектуализация системы управления БАТС обеспечивает решение следующих задач:

- планирование применения групп разнородных и разнотипных пространственно-распределенных транспортных средств;
- интеллектуализация выбора рациональных вариантов типов, количества транспортных средств, маршрутизации групп и отдельных средств при выполнении доставки грузов;
- интеллектуализация управления транспортными средствами в реальном масштабе времени, особенно при возникновении неопределенностей или изменении обстановки;
- реконфигурация групп транспортных средств в ходе выполнения задачи; траекторная оптимизация выполнения транспортных задач.

Рассматривая вопрос создания инструментов планирования действий и управления в реальном времени группой транспортных средств, совместно выполняющих общую транспортную задачу, следует заметить, что большинство существующих решений предназначены для планирования и управления действиями автономных беспилотных аппаратов, действующих в одиночку. При этом имеет место низкий уровень проработанности механизмов планирования, контроля и управления действиями объединенной группы транспортных беспилотных воздушных судов. Такие механизмы позволили бы наиболее эффективно, в части функциональности, снижения потерь, финансовых и временных затрат, использовать имеющиеся в распоряжении ресурсы и, при необходимости, оперативно распределять поступающие в режиме реального времени новые задачи между отдельными транспортными средствами группы непосредственно в процессе выполнения заданий. В процессе выполнения задач необходимо обеспечить оперативное принятие решений.

Заключение

Можно сделать вывод, что должны быть сформулированы требования к средствам управления в части обеспечения высокого уровня быстродействия как следствие ограниченного запаса времени для принятия решений. В системах ручного и автоматизированного управления транспортными беспилотными воздушными судами качество и скорость решения задач напрямую зависит от решений операторов, особенно влияние принимаемых решений и последствия возможных человеческих ошибок проявляется в случае, когда оператору необходимо управлять группой и принимать важные решения в условиях дефицита времени и меняющейся реальной обстановки. [Казанская 2018] Применение классических методов поиска решений не всегда эффективно для решения

сложных многофакторных задач, особенно в условиях высокой динамики событий, влияющих на результаты планирования и согласования отдельных планов распределенных устройств. Наиболее перспективным способом управления видится автоматическое управление, при котором все элементарные действия выполняются полноценным автопилотом, а их планированием занимается интеллектуальная система управления. Один из подходов к решению подобных сложных задач управления ресурсами связан с применением мультиагентных технологий, как одного из направлений развития искусственного интеллекта. Решение сложных задач планирования и адаптивного перестроения расписания в этой технологии достигается методами распределенного подхода на основе моделей, методов и алгоритмов самоорганизации агентов заказов и ресурсов.

Таким образом проведенный анализ существующих решений по интеллектуализации беспилотных авиационных транспортных систем показывает необходимость развития конкретных операций в БАТС и позволяет сформулировать задачи развития средств интеллектуализации.

Список литературы

- [**Barmounakis etc., 2016**] Emmanouil N.Barmounakis, Eleni I.Vlahogianni, John C.Golias Unmanned Aerial Aircraft Systems for transportation engineering: Current practice and future challenges International Journal of Transportation Science and Technology Volume 5, Issue 3, October 2016, Pages 111-122.
- [**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.
- [**Hanan etc 2020**] Fatma Outay,a Hanan Abdullah Mengash,b,* and Muhammad Adnanc Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) in road safety, traffic and highway infrastructure management: Recent advances and challenges // Transp Res Part A Policy Pract. 2020 Nov; 141: 116–129.
- [**GAMA**] <https://gama-platform.org/>
- [**Казанская и др. 2018**] Казанская Л.Ф., Савицкая Н.В., Камзол П.П. Перспективы развития беспилотного транспорта в России // Бюл. результатов науч. исслед. – 2018. – № 2. – С. 18–28.