

УДК 656.7.025

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАЛОЙ АВИАЦИЕЙ «ПО ЗАПРОСУ»

В.Г. Елисеев

Непубличное акционерное общество «Группа компаний «Генезис знаний»
Россия, 121205, Москва, территория Инновационного Центра «Сколково»,
Большой бульвар, дом 42, строение 1, этаж 4, помещение 1680
E-mail: valerii.eliseev@gmail.com

Ключевые слова: онтология; база знаний; мультиагентные технологии; планирование; управление ресурсами; воздушный транспорт; малая авиация.

Аннотация: Дается краткий анализ проблем малой авиации в России. Для рационального использования самолётов малой авиации, которых в России в настоящее время недостаточно для обеспечения всех потребностей в малых населенных пунктах Сибири, Севера и Дальнего востока, предлагается создание интеллектуальной системы для планирования поступающих заказов на полёты «по запросу». Показывается, что такая система может позволить консолидировать заказы, распределять самолеты малой авиации под полёты и строить маршруты полётов, планировать и оптимизировать доступные самолеты с учетом их вместимости, скорости и других параметров, вести мониторинг и контроль исполнения заказов. Рассматривается подход к реализации системы на основе онтологий и мультиагентных технологий, функции и архитектура системы. Представлены результаты разработки прототипа, показывающие адаптивность и эффективность работы системы, которая поможет жителям в удовлетворении их потребностей.

1. Постановка задачи

Россия имеет огромную территорию со своими географическими и климатическими особенностями, что влияет на развитие малой авиации и воздушного транспорта.

Текущая сеть автомобильных и железных дорог недостаточна для быстрого доступа в ряд населенных пунктов, а развитие этих видов транспорта во многом не рентабельно на значительной территории страны.

Использование малой авиации может помочь в решении этих проблем, а также и в решении другого широкого круга социально-экономических и военных задач [1-6]:

- перевозка пассажиров, доставка почты и груза в труднодоступных районах страны;
- выполнение различных сельскохозяйственных работ;
- поддержка вахтенного метода работ;
- оказание срочной медицинской помощи;
- обнаружение и ликвидация кризисных природных и техногенных ситуаций;
- мониторинг окружающей среды, геологоразведки, получения метеопрогнозов;
- решение специфических задач безопасности ФСБ, погранслужбы, МВД, МЧС и многих других задач (обучение летным навыкам, спорт, туризм, реклама и др.).

Однако, на сегодняшний день транспортная система малой авиации в России находится в зачаточном состоянии, для сравнения, в США имеется более 2500 малых аэродромов, где любой желающий может заказать перелёт в нужном направлении.

Сегодня многие суда малой авиации списаны в связи с истечением срока эксплуатации, а новых производится единицы. Данные России по малой авиации в сравнении с другими странами неутешительны. Так, в том же США на 100 тысяч населения приходится 76,5 самолетов малой авиации, в России – 3,1 [1].

Проблемы малой авиации неоднократно обсуждались на самом высоком уровне правительства РФ и имеется ряд решений, так что это направление будет развиваться. Потребителями самолетов малой авиации будет и государство с его различными службами, а также частные корпорации, туристические и экскурсионные компании, операторы регулярных рейсовых перевозок, частные пользователи.

Огромный потенциал у так называемых "аэротакси" - здесь могут быть задействованы десятки тысяч самолётов по стране, но этот процесс займет годы.

В этой связи возникает задача рационального использования формируемого флота малых самолётов для обеспечения необходимых потребностей.

2. Подход к решению задачи

Для решения поставленной задачи может быть использована интеллектуальная система управления полётами самолётов малой авиации по «запросу» в масштабе времени, приближенной к реальному.

Такая система может быть разработана с использованием мультиагентных технологий, онтологий и баз знаний, которые уже себя зарекомендовали на практике в различных промышленных решениях [7-8].

Для решения задачи предложено создать прототип интеллектуальной системы управления полётами самолётов малой авиации по «запросу», который состоит из двух подсистем, взаимодействующих между собой: конструктор онтологий и баз знаний и унифицированная интеллектуальная мультиагентная система управления ресурсами.

Конструктор онтологий предназначен для разработки онтологий и формирования на их основе баз знаний под конкретную прикладную область.

Унифицированная мультиагентная система управления ресурсами (УМАС) содержит в своем составе мультиагентный планировщик, который позволяет формировать расписание для ресурсов и адаптивно его перестраивать по событиям в масштабе времени, приближенном к реальному.

В основе построения баз знаний лежит онтологический подход, позволяющий формализовать специфические предметные знания в виде семантической сети, узлами которой являются классы понятий и их экземпляры, а связями – отношения между ними.

База знаний состоит из трех уровней: онтологий, онтологических моделей и сцен. Онтологическая модель описывает конкретные экземпляры объектов. Сцена показывает состояние объектов в конкретный момент времени.

С помощью конструктора онтологий были разработаны и загружены в базу знаний базовая онтология планирования, прикладная онтология логистики и онтологическая модель виртуальной модельной авиакомпании, осуществляющей функции аэротакси, т.е. осуществляющей по заявкам пассажирские авиаперевозки на самолётах, относящихся к малой авиации.

В базовой онтологии планирования были собраны все поддерживаемые понятия и отношения, которыми оперирует мультиагентный планировщик, и которые встроены в его программный код. Это такие базовые классы, как задача, продукт, ресурс и др.

Для описания конкретной предметной области была создана отдельная, прикладная онтология, в данном случае, это онтология логистики.

В онтологию логистики были введены классы понятий и отношений, являющиеся специфическими для данной области. Это такие классы, как процессы, в состав которых входят логистические операции, подразделения, сотрудники, тарифы и др.

На основе прикладной онтологии логистики была создана онтологическая модель виртуальной авиакомпании, в которую были загружены упрощенные модельные данные, предназначенные для проведения испытаний прототипа по адаптивному планированию заказов с помощью мультиагентного планировщика.

Для каждого ресурса задан календарь его доступности, а также технические данные самолёта, необходимые для планирования: крейсерская скорость, количество пассажирских мест.

Также для ресурса задаётся его первоначальное географическое местоположение.

В онтологическая модель было введено два модельных процесса, в зависимости от типа поступающих в систему заказов:

- аренда самолета целиком;
- покупка пассажирского места.

Для упрощения было принято решение на первом этапе в прототипе не учитывать реальные полётные карты. Маршрут перелёта строится по прямой сначала от точки текущего местоположения ресурса до точки забора пассажиров и затем по прямой до точки доставки пассажиров. Длительность перелёта рассчитывается исходя из полётного расстояния и крейсерской скорости самолета.

Также для упрощения в модельном процессе не учитывались некоторые операции, которые сильно зависят от инфраструктуры аэропортов: например, время выруливания самолета по взлётной полосе перед взлётом, время на взлёт и посадку, время выруливания по посадочной полосе после посадки. Модельный процесс состоит только из двух «логистических» операций: перелёт от точки текущего местоположения ресурса до точки забора пассажиров и перелёт до точки доставки пассажиров.

Но в модельный процесс также добавлены и «статические» операции с некоторой статистической длительностью, которые учитывают усреднённые значения времени на технические работы по подготовке к полёту, в том числе по заправке самолёта, а также время на технические работы по завершению перелёта.

3. Эксперименты по анализу работы прототипа

После подготовки модельных данных и их загрузке в базу знаний была проведена серия экспериментов по адаптивному планированию заказов с помощью мультиагентного планировщика, входящего в состав унифицированной мультиагентной системы управления ресурсами.

В процессе испытаний в систему вводились заказы на перевозку пассажиров. В данных заказа указывались плановые сроки выполнения заказа, географические координаты пункта забора и доставки пассажиров, количество пассажиров, а также тип заказа, по которому назначается процесс его выполнения.

Заказы загружались с разными временными ограничениями, с разными пунктами забора и доставки пассажиров, с разным количеством пассажиров в заказе. По мере поступления заказов в систему модуль планирования сразу же приступал к формированию расписания по их выполнению. При этом учитывалось текущее местоположение самолётов и количество свободных мест для пассажиров.

Сформированное расписание анализировалось с помощью различных представлений, которые УМАС предоставляет пользователю:

- с помощью диаграммы Гантта в табличном и графическом виде показывается временной график выполнения отдельных операций по авиаперевозке пассажиров по заказам;
- в окне пункта меню «План-график» можно проанализировать на временной шкале, как распределились заказы на конкретные ресурсы;
- в окне пункта меню «Исполнение» можно проанализировать модельное исполнение сформированного расписания проставляя факты по исполнению операций вручную или автоматически, запустив процесс моделирования;
- в окне пункта меню «Карта» можно детально ознакомиться с построенными маршрутами перелётов, а также добавить в систему новые заказы, имитируя поступление в систему нового события;
- показатели планирования можно посмотреть в окне пункта меню «Отчёт»;
- Экономические показатели можно посмотреть в окне пункта меню «Экономические показатели»;
- Показатели мультиагентной системы можно посмотреть в окне пункта меню «Показатели планировщика».

В процессе испытаний были успешно проведены следующие эксперименты:

- добавление новых заказов с перепланированием расписания ресурсов;
- добавление новых заказов с вытеснением ранее запланированных заказов и перепланированием их на другие ресурсы;
- консолидация заказов, которых невыгодно выполнять по отдельности из-за больших расходов на перелёт в связи с дальним расстоянием;
- перепланирование заказов в случае возникновения непредвиденных событий, например, фиксация факта о недоступности ресурса.

Результаты первых экспериментов показали высокую адаптивность системы, которая позволит обеспечить эффективность использования ресурсов самолётов и пилотов для перевозки пассажиров и грузов в труднодоступных районах.

4. Заключение

Успешные испытания, проведённые на прототипе интеллектуальной системы управления полётами самолётов малой авиации по «запросу» в масштабе времени, приближенной к реальному, показали, что применение мультиагентных технологий и баз знаний позволяет эффективно решать сложные задачи управления полётами самолётов малой авиации, достаточно рационально используя доступные ресурсы.

Использование конструктора онтологий позволяет достаточно быстро создавать онтологические модели («цифрового двойника») реальных авиакомпаний и без дополнительного программирования УМАС начинать планировать приходящие заказы на авиаперевозку.

Дальнейшие исследования будут направлены на развитие прикладной онтологии и онтологических моделей, на расширение состава операций процессов на авиаперевозки и усложнение функций УМАС, в частности на возможность одновременного планирования разных типов ресурсов и маршрутизации по полётным картам.

Список литературы

1. Мирный А. Малая авиация в России идет на помощь. 31.05.2022 URL: <https://www.sovsekretno.ru/articles/obshchestvo/malaya-aviatsiya-v-rossii-idet-na-pomoshch26052022/> (дата обращения: 16.01.2024).

2. Просвирина Н.В. Анализ проблем малой авиации в России и возможные пути их решения // Естественно-гуманитарные исследования. 2020. № 28 (2). С. 232-238.
3. Соболев Л.Б. Большая миссия малой авиации // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 3. С. 4-16.
4. Есть ли проблема с малой авиацией в России. URL: <https://argumenti.ru/society/2022/09/787826> (дата обращения: 16.01.2024).
5. Клочков В.В., Горшкова И.В., Молчанова Е.В. Авиатранспорт в малонаселенных регионах: оценка затрат и эффективности инновационных технологий // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 30. С. 58-68.
6. Полешкина И.О. Роль малой авиации в обеспечении транспортной доступности арктических регионов: проблемы и перспективы развития // Научный вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25, №. 2. С. 54-69.
7. Rzevski G., Skobelev P., Zhilyaev A. Emergent Intelligence in Smart Ecosystems: Conflicts Resolution by Reaching Consensus in Resource Management // Mathematics, 2022. Vol. 10, No. 11. P. 1923. URL: <https://doi.org/10.3390/math10111923> (дата обращения: 16.01.2024).
8. Galuzin V., Galitskaya A., Grachev S., Laruchkin V., Novichkov D., Skobelev P., Zhilyaev A. The Autonomous Digital Twin of Enterprise: Method and Toolset for Knowledge-Based Multi-Agent Adaptive Management of Tasks and Resources in Real Time // Mathematics. 2022. Vol. 10, No. 10. P. 1662. URL: <https://doi.org/10.3390/math10101662> (дата обращения: 16.01.2024).