

ОТЗЫВ

официального оппонента Москвитина Алексея Эдуардовича на диссертационную работу Галузина Владимира Андреевича на тему «Методы и средства согласованного планирования разделяемых ресурсов для цифровых платформ управления орбитальными группировками дистанционного зондирования Земли», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Галузина В.А. посвящена разработке новых методов и средств согласованного планирования разделяемых ресурсов в цифровых платформах управления орбитальными группировками (ОГ) малых космических аппаратов (МКА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Автор развивает предложенную ранее мультиагентную модель сети потребностей и возможностей для управления ОГ МКА ДЗЗ с целью обеспечения пакетного режима работы сервиса согласованного планирования и обработки большого числа заявок. При этом рассматриваются такие заявки на съемку районов интереса, которые могут быть удовлетворены только несколькими МКА на разных витках.

Выбор этого аспекта процессов управления ОГ МКА ДЗЗ продиктован ростом объемов заказов услуг ДЗЗ, приводящего к увеличению числа запускаемых МКА, отличающихся своими функциональными и стоимостными возможностями. При этом число заявок на съемку ДЗЗ растет быстрее, чем число МКА, что требует новых подходов к управлению группировками МКА для повышения эффективности их использования.

Эффективность ОГ МКА ДЗЗ зависит от многих факторов. Наряду с множеством технических, информационных, технологических, инфраструктурных, экономических и других факторов, эффективность таких систем в значительной степени зависит от качества планирования программы съемки МКА районов интереса на заданном временном интервале. Сложность задачи формирования планов работы ОГ МКА ДЗЗ определяется тем, что в результате увеличения размерности орбитальной группировки МКА многократно возрастает количество потенциально возможных вариантов съемки спутниками земной поверхности. Дополнительно существенно усложняет и расширяет постановку задачи необходимость получения решения в режиме реального времени.

Эти требования затрудняют использование существующих решений, основанных на централизованных алгоритмах, причем каждый МКА планируется своим оператором в отдельности. Чтобы решить, на каком из возможных МКА лучше выполнять заявку, потребитель должен опросить каждого оператора и сделать свой выбор, а операторы – попытаться адаптивно перестроить планы работ и найти возможность встроить новую заявку.

ФГБОУ ВО "СамГТУ"	
" 20 " 04, 23	1
Вход. № 5/4	

Более перспективный подход связан с созданием цифровых платформ, которым в управление передаются МКА разных производителей для работы в режиме разделения ресурсов, когда один МКА может выполнять заявки от разных потребителей.

В этой связи предлагаемая в диссертации разработка новых методов и средств согласованного планирования разделяемых ресурсов в цифровых платформах управления ОГ МКА ДЗЗ представляет собой актуальную и значимую задачу, решение которой будет востребовано в космической промышленности.

Содержание диссертации

Диссертация содержит 112 страницы основного текста и состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы, включающего 96 источников, приложения.

В *первой главе* рассмотрена задача управления ОГ МКА ДЗЗ, приведено теоретико-множественное описание объекта исследования и предложена новая постановка задачи согласованного планирования МКА ДЗЗ, входных и выходных данных, критериев планирования и имеющихся ограничений.

Во *второй главе* выполнен обзор существующих методов планирования ресурсов ОГ ДЗЗ. Проведен анализ ограничений каждого метода для разработки сервиса согласованного планирования, и поставлена задача разработки нового метода для цифровой платформы управления группировками МКА ДЗЗ.

В *третьей главе* описывается разработанный метод для обработки заявок на объектовую и площадную съемку в группировках МКА ДЗЗ в пакетном режиме, но с сохранением возможности адаптивного согласованного перестроения плана по событиям. В ходе разработки предложенная ранее мультиагентная модель сети потребностей и возможностей для управления ОГ МКА ДЗЗ была модифицирована для обеспечения пакетного режима работы сервиса согласованного планирования и обработки большого числа заявок, причем с возможностью распараллеливания вычислений при наличии нескольких ядер процессора. При этом рассматриваются заявки на съемку для нескольких МКА на разных витках, т.е. обеспечивается как конкуренция, так и кооперация МКА.

В *четвертой главе* приводится функциональная архитектура разработанной цифровой платформы с описанием задач основных модулей, а также показывается реализация сервиса планирования.

В *пятой главе* приводится описание проведенных экспериментальных исследований с целью оценки характеристик разработанных методов и средств для решения поставленной задачи и их сравнения с известными методами планирования по качеству и производительности решения.

В *шестой главе* приводится описание разработки и внедрения разработанного сервиса согласованного планирования и прототипа платформы для решения задач управления группировками МКА «Канопус», которые решались по заказу компании АО «СТТ групп» в интересах АО «Корпорация

«ВНИИЭМ». Разработанный сервис позволил моделировать различные варианты конфигурации ОГ и планировать пакеты до 20 тысяч заказов на съемку на горизонте до 4 недель, включая объектовую и площадную съемку. Разработанный сервис использовался также при разработке платформы управления пунктами приема информации и прошел испытания на площадке Сколковского института науки и технологий для планирования приема данных от МКА, запущенных при поддержке Фонда содействия инновациям в научно-технической сфере в августе 2022 года.

Научная новизна основных результатов и выводов диссертации

К числу наиболее значимых научных результатов, полученных автором, можно отнести следующее.

1. Предложена новая постановка задачи согласованного планирования разделяемых ресурсов в цифровой платформе управления группировками МКА ДЗЗ.

2. Разработан метод согласованного планирования разделяемых ресурсов в цифровой платформе управления ОГ МКА ДЗЗ.

3. Разработана функциональная архитектура цифровой платформы управления группировкой МКА ДЗЗ.

4. Проведено исследование возможностей разработанных методов и средств и их сравнение с известными методами планирования, показавшее преимущества предлагаемого подхода для обработки 20 тысяч заявок на горизонте в 30 дней против 5 тысяч с применением известных методов на базе пакета OptaPlanner.

Значимость результатов для науки и производства

Полученные Галузиным В.А. научные результаты имеют практическую значимость и позволяют:

1) создать сервис согласованного планирования разделяемых ресурсов для цифровых платформ управления многоспутниковыми ОГ МКА ДЗЗ, предоставляющих услуги объектовой и площадной съемки;

2) применить индивидуальный подход к каждой заявке и каждому аппарату в цифровой платформе управления группировками МКА ДЗЗ, обеспечивая баланс «оперативность и качество» получения изображений;

3) разработать цифровую платформу управления целевым применением группировок МКА ДЗЗ для реализации всего жизненного цикла заявки, нашедшую применение для моделирования космических группировок РКЦ «Прогресс» и Сколковского института науки и технологий, управления аппаратами «Канопус» АО «Корпорация «ВНИИЭМ»;

4) уменьшить сложность и трудоемкость управления группировками МКА и наземной инфраструктурой и сократить зависимость от «человеческого» фактора, допускающего ошибки в процессе принятия решений.

Результаты работы могут быть использованы при создании других цифровых платформ для работы с разделяемыми ресурсами: грузовыми перевозками, цехами производства, беспилотными летательными аппаратами.

Акты о внедрении представлены в диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность полученных результатов обеспечивается применением в диссертационной работе методов системного анализа и исследования операций, методов математического и имитационного моделирования, метода сопряженных взаимодействий в мультиагентных сетях потребностей и возможностей.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается применением методологии системного анализа и исследования операций, сравнением результатов исследования с результатами традиционных методов и средств из известных источников, практическим использованием разработанного сервиса цифровой платформы для решения задач управления целевым применением МКА ДЗЗ, сравнением результатов моделирования с оценками квалифицированных экспертов и специалистов профильных предприятий.

Замечания по диссертационной работе

По содержанию диссертационной работы могут быть высказаны следующие замечания.

1. В работе не приведены детальные алгоритмы расчета баллистики космических аппаратов.

2. При разработке модели орбитальной группировки не принималась во внимание возможность межспутниковой связи.

3. Недостаточно полно отражены вопросы интеграции разрабатываемой платформы и сервиса планирования ОГ МКА ДЗЗ в контур центра управления полетами, например, каким образом план доводится до исполнителей, имеется ли возможность его предварительного согласования, проверки и уточнения результатов выполнения работ, какие виды событий должны генерироваться для поддержания системы в актуальном состоянии.

Общая оценка диссертации

В целом, несмотря на высказанные замечания, представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, связанную с разработкой новых методов и средств согласованного планирования разделяемых ресурсов в цифровых платформах управления ОГ МКА ДЗЗ.

Оформление работы соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. При использовании результатов других авторов в диссертации даются необходимые ссылки.

Работа прошла апробацию на многочисленных научных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации, а опубликованные работы в достаточной степени раскрывают её содержание. Материалы диссертации

ции достаточно подробно представлены в 17 работах, в том числе в журналах из списка ВАК и в изданиях, индексируемых в Scopus. Имеется три свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Работа содержит ряд новых научных и практических результатов, которые позволяют обеспечить индивидуальный подход к каждой заявке и каждому аппарату в цифровой платформе, уменьшить сложность и трудоемкость управления группировками МКА и наземной инфраструктурой, а также результаты работы могут быть использованы при создании других цифровых платформ для работы с разделяемыми ресурсами.

На основании изложенного считаю, что работа полностью удовлетворяет требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Галузин Владимир Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент,

ведущий научный сотрудник НИИ «Фотон»

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный

радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»

А.Э. Москвитин

Адрес: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1

Телефон: +7 (4912) 72-03-72

Электронная почта: foton@rsreu.ru

Подпись в.н.с. НИИ «Фотон» РГРТУ Москвитина А.Э. удостоверяю:

Проректор по научной работе
и инновациям РГРТУ, д.т.н.



С.И. Гусев

С ст. 341 в.с.м. ознакомлен

21. 04. 23

Галузин В. А.