

Акционерное общество «ЭВРИКА»
СПб, ул. Коли Томчака, д. 9, лит. Б, пом. 1-Н
Почтовый адрес: Московский пр., 118,
Санкт-Петербург, 196084
Телефон: (812) 718-6181, факс: (812) 718-6130
E-mail: info@eureca.ru www.eureca.ru
ОКПО 44332499, ОГРН 1027809212595,
ИНН/КПП 7827008143/781001001

Ученому секретарю диссертационного
совета

24.2.377.02 доценту Зотееву В.Е.

443100, Россия, г. Самара,
ул. Молодогвардейская, 244, ФГБОУ
ВО «Самарский государственный
технический университет»

№ _____

на №_02-01/961 _____ от 21.03.2023 _____

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н. профессора Городецкого В.И.
на диссертационную работу Галузина Владимира Андреевича, выполненную 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

1. Актуальность темы

Диссертационная работа Галузина В.А. посвящена созданию алгоритмического базиса адаптивной системы планирования и управления распределенными ресурсами системы дистанционного зондирования поверхности Земли (ДЗЗ), а также цифровой платформы сервис-ориентированной архитектуры, ответственной за планирование загрузки спутников группировки и доставку результатов наблюдений заказчикам через наземные пункты приема (НПП) информации. В работе полагается, что система ДЗЗ может включать в себя несколько низкоорбитальных группировок малых космических аппаратов (МКА), принадлежащих разным владельцам, с аппаратурой видеонаблюдения различного разрешения. Разработанная программная система играет также роль агрегатора сервисов ДЗЗ, поставляемых разными операторами, ответственного за обеспечение требуемого качества сервисов, поставляемых заказчику, с одной стороны, а также за эффективное использование ресурсов средств ДЗЗ разных операторов, с другой стороны. При этом качество ДЗЗ-сервиса характеризуется, прежде всего, оперативностью его доставки заказчику и выполнением требований по уровню разрешения предоставляемой видеоинформации.

Хотя задача планирования использования средств систем ДЗЗ и управления ими исследуется еще со времени появления первых спутников, она остается актуальной и в настоящее время. Причин этому много, в частности, это достаточно быстрый рост возможностей систем ДЗЗ и расширение круга потенциальных потребителей ДЗЗ-сервисов.

Возможности ДЗЗ-систем увеличиваются за счет наращивания размеров группировок (этому способствует снижение габаритов спутников и их энергопотребления) и повышения качества добываемой видеoinформации. Современные системы ДЗЗ уже сейчас включают сотни спутников, а в ближайшей перспективе их состав будет исчисляться тысячами. Параллельно с увеличением размеров орбитальных группировок растет число НПП, увеличивается разрешение аппаратуры наблюдения и разнообразие характеристик орбит, ужесточаются требования к качеству сервисов со стороны потребителей, ДЗЗ-сервис становится практически массовым бизнесом, поэтому требуется изменять организационные формы его поставки. По этим причинам постановки задач планирования и управления в системах ДЗЗ и алгоритмы их решения, полученные «вчера», «сегодня» становятся уже непригодными, а «завтра» потребуются менять постановки задач и алгоритмы «сегодняшнего дня». Очевидно, что эти тенденции сохранятся еще достаточно долго, а потому проблема исследований и разработок в области создания алгоритмического базиса и архитектур систем планирования и управления ДЗЗ актуальны сейчас и будут оставаться актуальными еще не один год.

Рецензируемая работа исследует ключевые проблемы этой актуальной научной и прикладной области и предлагает для них решения на перспективу. По этим причинам тематику, предмет и основные задачи ее исследований и разработок следует признать актуальными.

2. Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Основные результаты проведенных исследований относятся к центральным вопросам организации процессов функционирования системы ДЗЗ, входом которой является поток заявок на сервисы ДЗЗ с заданными требованиями на оперативность поставки сервисов заказчикам и их качество. Новизна работы обусловлена

- новыми характеристиками рассматриваемой группировки спутников (большое число спутников и разнообразие их орбит),
- учетом использования бортовой аппаратуры наблюдения с разным разрешением,
- увеличенным числом НПП; это может облегчить поиск лучших решений, но это и новый элемент постановки задачи, задающий дополнительное измерение вычислительной сложности,
- существенно более интенсивным и, что более важно, плохо предсказуемым потоком заявок на сервисы ДЗЗ с более жесткими требованиями по оперативности доставки и качеству требуемого сервиса.

Имеются и другие особенности задач планирования и управления, решаемых в современных системах ДЗЗ, которые приняты во внимание в рецензируемой работе. Эти особенности ведут к новой постановке основных задач систем ДЗЗ и требуют разработки других подходов к их решению. Хорошо известно, что в задачах дискретной оптимизации типа той, к которой относится задача диссертационной работы Галузина В.А., изменение размерности задачи, структуры ограничений и других ее характеристик требуют, с одной стороны, очень тщательного отношения к формированию постановки задачи, к выбору принципов и алгоритмической основы поиска решений, а также к вопросам структуризации задачи и метода ее решения.

Имеются работы как в России, так и за рубежом, которые рассматривали похожие задачи планирования сервисов ДЗЗ и управления группировкой МКА. Однако эти работы обычно характеризуются хотя бы частью недостатков из списка, представленного ниже:

(1) имеют, главным образом, более теоретическую направленность, уделяют основное внимание исследованию свойств применяемого метода и при этом игнорируют системные аспекты приложений ДЗЗ;

(2) акцентируют внимание на отдельных подзадачах систем ДЗЗ, а не на сквозном потоке задач от получения заявки до доставки требуемого результата заказчику;

(3) игнорируют проблемы масштабируемости используемых алгоритмов (по размеру группировки, по интенсивности потока заявок, по числу разных типов аппаратуры наблюдения) и проблемы вычислительной устойчивости получаемых решений;

(4) не рассматривают вопросы координации параллельных и асинхронных потоков задач в качестве специальной проблемы системного уровня, решение которой преобразует обычную сложную систему планирования и управления в достаточно унифицированную экосистему сервисов, реализуемую на основе цифровой платформы. А это перспективный тренд современных сложных ИТ-систем.

Одним из важных достоинств рецензируемой работы является более полный учет специфических черт решаемой задачи и ее подзадач по сравнению с известными решениями проблем ДЗЗ, а также учет перспективных трендов и возможных подходов к их решению. Именно этот аспект рецензируемой работы определяет ее новизну, в частности, в таких компонентах исследования, как

1. Постановка задачи, которая достаточно полно учитывает особенности современных и перспективных систем ДЗЗ;

2. Архитектура системы планирования и управления функционированием системы ДЗЗ, в основу которой положена концепция цифровой платформы, управляющей параллельными и асинхронными потоками задач и информации на абстрактном уровне, приближая тем самым разрабатываемую систему к классу экосистем.

3. Алгоритмический базис, в основу которого положена концепция адаптивности и самоорганизации поведения программных агентов. Хотя сама по себе идея адаптивности и самоорганизации в мультиагентной среде уже неоднократно рассматривалась в разных алгоритмических вариантах, в данной работе механизм самоорганизации акцентирует внимание, прежде всего, на автономном разрешении конфликтов, возникающих при использовании общедоступных ресурсов (в работе этот механизм называется согласованием) на основе общесистемного показателя – функции удовлетворенности. Именно этот показатель «заставляет» конкурирующих агентов заявок на сервисы идти на компромиссы ради более высокоуровневой цели. Разработанный алгоритмический базис, реализующий эту идею в новой форме – в форме двухэтапного алгоритма, один из этапов которого реализуется на основе локальной оптимизации функции удовлетворенности системы в целом, вносит свой вклад в общую новизну работы.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Основные результаты работы представляются обоснованными, и аргументами в пользу этого заключения могут служить

- особое внимание, которое уделено в работе реализации программного прототипа системы и экспериментального исследования различных характеристик ее функционирования при различных значениях атрибутов группировки спутников ДЗЗ и характеристик входного потока заявок на ДЗЗ-сервисы.

- анализ современного состояния научных исследований по проблеме планирования и управления в системах ДЗЗ с современным масштабом группировок, аппаратуры видеонаблюдения, используемой в них, и свойствами потока заявок на видеоинформацию;
- корректное использование математического аппарата и обширный объем экспериментальных исследований;
- апробация основных результатов работы на рейтинговых конференциях, а также их публикация в реферируемых изданиях.

4. Значимость результатов диссертации для науки и практики

Научную значимость работы Галузина В.А. определяют нижеследующие научные результаты:

1. Двухэтапный алгоритм адаптивного составления расписания исполнения потока заявок на сервисы ДЗЗ, который включает в себя в качестве новых компонент алгоритм самоорганизации поведения агентов заявок при возникновении конфликтов, т.е. ситуаций, когда один и тот же слот времени одного и того же спутника содержит назначения для разных заявок. Новизна предложенного алгоритма разрешения конфликтов состоит в том, что он основан на использовании конфликтующими агентами локального показателя качества решения, называемого функцией удовлетворенности. Этот показатель качества мотивирует группу конфликтующих агентов заявок искать общее состояние равновесия, в котором все агенты, по крайней мере, не ухудшают суммарное значение их функций удовлетворенности. Предметно-независимая научная новизна этого результата состоит в том, что он предлагает новый метод автономной локальной координации поведения конфликтующих (эгоистичных, самозаинтересованных) агентов, который путем ввода некоторой внутренней мотивации агентов преобразует их в систему, кооперирующуюся для разрешения локальных конфликтов на основе системного показателя качества. В некоторой степени этот вариант самоорганизации схож с идеей алгоритмов машинного обучения с подкреплением, которые дополнительно к внешнему вознаграждению за удачный выбор получают еще дополнительное (внутреннее) вознаграждение за определенный стиль своего поведения, в данном случае, за согласие к уступкам и к кооперативному поведению. Заметим, что системы машинного обучения с подкреплением с внутренней мотивацией рассматриваются в настоящее время в искусственном интеллекте как аналогия систем принятия решений творческого характера. Последняя аналогия подходит и для предложенного метода локальной самоорганизации поведения группы агентов на основе максимизации их суммарной функции удовлетворенности.

2. Цифровая платформа для планирования и управления параллельными и асинхронными потоками задач, решаемых в процессе обработки потока заявок на сервисы, в данном приложении – на сервисы системы ДЗЗ. В настоящее время идеи подобного рода активно обсуждаются в сообществе ИТ-специалистов как путь реализации сложных интеллектуальных систем с параллельными и асинхронными потоками задач и информации в стиле систем, которые принято называть экосистемами, т.е. системами с унификацией структуры обмена данными и внутренними встроенными средствами системного характера, которые делают систему более автономной и более простой в использовании для некоторого класса приложений.

Практическая значимость результатов данной работы состоит в том, что она

1. Предлагает для практиков в области планирования и управления работы современных систем ДЗЗ достаточно большого масштаба (по меркам сегодняшнего дня) детально разработанный алгоритмический базис адаптивного планирования и управления исполнением интенсивного потока заявок на сервисы. Его практическая значимость состоит в том, что этот алгоритмический базис разработан для сквозного потока задач, которые решаются системой от момента получения пакета заявок и до момента доведения результатов их исполнения до заказчиков. В этом потоке заявок учтены практически все базовые ситуации принятия решений, включая автономную адаптивную реакцию системы на такие события, как возникновение конфликтов по использованию общих ресурсов, появление новых заявок на распланированном временном горизонте, выход из строя спутников или его аппаратуры наблюдения, отказ от заявки на сервис и т.д., которые в обычной практике рассматриваются как исключительные ситуации. С практической точки зрения это повышает доверие пользователя системы к результатам ее работы и имеет целью обеспечить ее свойство, которое принято называть жизнеспособностью системы (*англ. sustainability*).

2. Позволяет оценить новые возможности современных подходов к построению сложных (эко)систем на основе цифровых платформ как путь унификации интерфейсов и сервисов с помощью системной компоненты, задачей которой является управление параллельными и асинхронными потоками задач обработки данных сложных систем с входным потоком заявок на сложные сервисы (в рецензируемой работе это демонстрируется на примере реализации сервиса планирования площадных заявок).

Практическая ценность результатов работы подтверждается также экспериментальными исследованиями различных аспектов функционирования программного прототипа системы ДЗЗ, которые подтверждают заявленные свойства разработанного алгоритмического базиса и цифровой платформы. Дополнительным аргументом в пользу практической значимости работы являются зарегистрированные пакеты прикладных программ и акт о практическом использовании результатов работы в разработках ИТ-компаний.

5. Замечания по диссертационной работе

1. Исследование масштабируемости предложенного алгоритмического базиса проведено на примерах современных интенсивностей потоков заявок и существующих размерностей орбитальных группировок систем ДЗЗ. Однако эти характеристики систем ДЗЗ довольно быстро растут во времени, а потому, если говорить о перспективных системах планирования и управления ДЗЗ, то ориентироваться нужно на перспективные характеристики приложений. С точки зрения теории сложности, задача, решаемая в работе, является NP-трудной. Это означает, что существует такое значение размерности проблемы, начиная с которого появляется экспоненциальный взрыв объема вычислений, связанных с проблемой. При меньших значениях размерности этот взрыв отсутствует, а экспериментально построенная зависимость объема вычислений от размерности может казаться на первый взгляд линейной или полиномиальной. Это создает обманчивое впечатление, что и в дальнейшем подобная зависимость будет иметь место. Однако это не так, и любой NP-трудный алгоритм будет иметь «точку взрывного роста» объема вычислений». Известно, что масштабы группировок ближайшего будущего и интенсивности потоков заявок ближайшего будущего будут исчисляться на порядок большими

значениями, чем современные. На эти случаи исследования в рамках данной работы не проводились. По этим чисто формальным причинам вопрос о масштабируемости предложенных решений на системы ближайшего будущего остается открытым. Понятно, что в рамках реализации используются асинхронные ограничения, но тогда нужно было бы оценить возможность их некорректного завершения (когда еще не найдено даже первое решение) и его последствий.

2. В постановке задачи полагается, что чем выше разрешения полученной видеоинформации, тем лучше для заказчика. Для заказчика это действительно так. Но существует еще законодательное ограничение на допустимое разрешение поставляемой видеоинформации в зависимости от типа потребителя этой информации. Это регулируется законом о государственной тайне. Поэтому на допустимое разрешение должны накладываться ограничения и снизу, и сверху, в общем случае.

3. Автор слишком полагается на прямой перевод термина *shared resource*, для которого используется стандартный перевод «разделяемый ресурс». Но в работе в некоторых контекстах такой перевод приводит к нелепым высказываниям. Примером является фраза на стр. 5 автореферата «...возможностью разделения одного аппарата между несколькими заявками» (аналогичное имеется и в диссертации). Никакой перевод не должен нарушать те или иные устои целевого языка, в данном случае – русского языка. Есть более подходящий перевод типа «общедоступный ресурс» вместо «разделяемый ресурс».

4. Результаты, выносимые на защиту, имеют разный научный и прикладной вес. Конечно, можно говорить о новизне постановки задачи по сравнению с постановками, использованными ранее другими авторами. Но постановка задачи в данной работе новая не потому, что автор впервые в мире «додумался» до нее. Просто пришло время, когда более общая и более прагматичная постановка задачи стала доступной для решения. Например, мне представляется, что постановка задачи в работе [18] является более прогрессивной, но она будет реализуема не сегодня, и в связи с этим возникает вопрос о том, можно ли будет ее в этом будущем времени оценивать как «новый» научный результат?

Аналогично можно высказать сомнение относительно научной новизны экспериментальных результатов. Они позволяют оценить качество принятых решений и разработок автора, но по существу они не вносят что-то принципиально новое в теорию организации экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования, проведенные в рамках рецензируемой работы, важны сами по себе для работы, но науку об экспериментальных исследованиях данная работа не продвигает вперед, по крайней мере, в чем-то заметном для других читателей работы, чем автор.

Оба эти результата диссертации очевидно повышают оценку качества работы, но их вряд ли стоит относить к научным результатам. Они скорее имеют квалификационное значение для диссертанта, что тоже немаловажно.

5. Определение агента, данное на стр. 48 диссертации: «Агентами называются программные объекты, которые выполняют определенные упреждающие и корректирующие действия в соответствии с заданиями, делегированными человеком». Анализ принципиальных различий между понятиями агента и программного объекта посвящен ряд работ классиков в области теории агентов и многоагентных систем. И самое главное их различие состоит в том, что программный объект не может обладать проактивностью, в то время как для агента это основное свойство. Заметим, что самоорганизация агентов при

разрешении конфликтов, а это один из результатов работы, является примером проактивного поведения агентов.

Имеются также замечания к качеству текста, в котором встречаются разного рода некорректности.

6. Общая характеристика диссертационной работы

Представленная диссертационная работа, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, выполнена на хорошем научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится новое решение актуальной научно-практической задачи планирования и управления процессом исполнения потока заявок на видеoinформацию системой ДЗЗ при большом количестве разнородных ограничений и требований к качеству и оперативности предоставляемых сервисов.

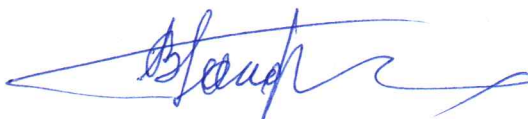
Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на ряде рейтинговых научно-технических конференций, в том числе, международных, и полностью опубликованы в 17 научных трудах соискателя, из них 4 – в журналах, рекомендованных ВАК, 8 – в изданиях, индексируемых в Scopus, 5 работ – в трудах международных и всероссийских конференций. Получены также три свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты работы использованы в разработках систем ДЗЗ для АО «Корпорация «ВНИИЭМ» и Сколковского института науки и технологий. Имеются акты об использовании результатов работы Галузина В.А. в других организациях.

Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям, установленным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор – Галузин Владимир Андреевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент ведущий научный сотрудник АО «ЭВРИКА»
д.т.н., профессор

апреля 2023 г.



В.И. Городецкий

Адрес: 196006, СПб, ул. Коли Томчака, д. 9, лит. Б, пом. 1-Н
Телефон: (812) 718-6181, факс: (812) 718-6130
E-mail: info@eureca.ru www.eureca.ru

Подпись ведущего научного сотрудника АО «ЭВРИКА»
доктора технических наук профессора В.И. Городецкого
удостоверяю

Начальник отдела кадров Е.А. Орлова Д.К.

