

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.т.н., профессора кафедры 604 «Системный анализ и управление» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Малышева Вениамина Васильевича на диссертационную работу Иванушкина Максима Александровича «Методика оценки показателей функционирования многоспутниковых систем мониторинга Земли с учётом выбора координат наземных пунктов приёма информации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Общая характеристика работы

Диссертация Иванушкина Максима Александровича посвящена повышению целевой эффективности функционирования многоспутниковых систем дистанционного зондирования Земли. Для достижения поставленной цели были разработаны методика выбора оптимального расположения наземных станций приёма информации и масштабируемая имитационная модель для оценки ключевых показателей функционирования космических систем ДЗЗ, на основе которых был разработан программный комплекс, с помощью которого проведена апробация разработанной методики и имитационной модели на примере решения двух практических задач по оценке целевых показателей функционирования низкоорбитальных космических систем ДЗЗ, обеспечивающих глобальный высокодетальный мониторинг земной поверхности, а также космических систем, предназначенных для мониторинга Арктики и Северного морского пути.

Диссертационная работа имеет чёткую структуру и состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и шести приложений. Общий объём 191 страница, в том числе 19 таблиц, 72 рисунка. Список литературы содержит 86 наименований.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена актуальной научно-технической задаче, важность которой определяется совокупностью факторов, характеризующих современный этап развития космической отрасли.

В настоящее время наблюдается рост количества развёртываемых в космосе многоспутниковых систем, в том числе, предназначенных для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В ближайшее десятилетие

прогнозируется запуск более 5000 космических аппаратов ДЗЗ, что может породить диспропорцию между возможностями космического сегмента по сбору информации и пропускной способностью наземной инфраструктуры по её приёму и обработке.

Вместе с тем существующие методики синтеза систем ДЗЗ традиционно сосредоточены на оптимизации орбитального сегмента, оставляя задачу рационального размещения наземных станций приёма в области эвристических, нередко не формализованных подходов. Дополнительную актуальность работе придаёт возрастающее стратегическое значение Арктического региона и Северного морского пути для Российской Федерации: задача обоснования облика радиолокационной системы мониторинга высокоширотных территорий с определением минимально необходимого числа и расположения наземных пунктов приёма носит выраженный прикладной характер.

Таким образом, разработка методики комплексной оценки показателей функционирования многоспутниковых систем ДЗЗ с учётом совместной оптимизации орбитального и наземного сегментов, а также её программная реализация и апробация на практических задачах представляют несомненный научный и прикладной интерес.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Научная новизна работы состоит в разработке новой комплексной методики совместной оценки и оптимизации показателей функционирования орбитального и наземного сегментов многоспутниковой системы ДЗЗ. В отличие от существующих подходов, предложенная методика выбора расположения наземных станций приёма основана на жадном алгоритме с формальной целевой функцией минимизации числа станций и явными ограничениями на непересечение временных интервалов радиовидимости – аспект, ранее в задачах синтеза наземного сегмента не рассматривавшийся. Самостоятельную новизну представляет имитационная модель, обеспечивающая анализ конфигураций до двухсот космических аппаратов при произвольном числе наземных станций с интегрированным расчётом состояния бортовой памяти и очередей передачи данных. Дополнительно разработана методика оценки показателей покрытия, периодичности наблюдения и оперативности доставки информации на основе дискретной модели земной поверхности. Совокупность перечисленных результатов реализована в едином программном комплексе с модульной архитектурой и апробирована на двух самостоятельных практических задачах.

Обоснованность и достоверность выводов диссертации

Анализ структуры диссертации, точности математических формулировок и логической последовательности изложения материала показал достаточно высокую степень обоснованности полученных в работе положений и выводов.

Информационной базой диссертационного исследования послужили публикации и результаты международных и отечественных исследований по рассматриваемой проблематике.

Достоверность результатов диссертации обеспечивается корректностью постановки задач, обоснованностью применяемых математических методов, подтверждается результатами имитационного моделирования. Достигнутые показатели периодичности наблюдений и оперативности доставки информации для системы мониторинга Северного морского пути сопоставлены с характеристиками действующей отечественной системы «Арктика-М» и зарубежных аналогов – ICEYE, Capella, RADARSAT Constellation, и показано их соответствие международному уровню.

Значимость результатов, полученных в диссертации

Практическая значимость обусловлена непосредственной применимостью разработанных методик и программного комплекса на этапах предварительного и эскизного проектирования перспективных многоспутниковых систем наблюдения. Конкретные результаты апробации имеют самостоятельную ценность: обоснован оптимальный облик группировки глобального мониторинга и комбинированной радиолокационной системы мониторинга Северного морского пути. Разработанный программный комплекс зарегистрирован в установленном порядке, внедрён на ведущих предприятиях ракетно-космической отрасли и в образовательный процесс, что подтверждает его практическую востребованность.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии научно-методического аппарата системного проектирования многоспутниковых космических систем ДЗЗ: предложенный подход впервые позволяет в рамках единой формализованной процедуры совместно оптимизировать параметры орбитального и наземного сегментов с учётом реальных ограничений информационного взаимодействия между ними

**Подтверждение опубликования полученных результатов в печати,
соответствие автореферата диссертационной работе**

Материалы исследования достаточно полно изложены в 12 работах, в том числе 4 статьи в изданиях, входящих в перечень, рекомендованный ВАК Минобрнауки РФ и 4 статьи в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, что в полной мере соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней. Результаты диссертационного исследования также прошли апробацию на конференциях.

Автореферат полностью соответствует диссертационной работе, в полном объёме отражает идеи, результаты и выводы диссертации.

Тема и содержание диссертации соответствуют следующим пунктам паспорта научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика по пунктам: п. 3. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 5. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

Замечания по диссертационной работе

Результаты работы представляют практический интерес при исследовании свойств и показателей функционирования многоспутниковых космических систем наблюдения.

Однако по материалам автореферата и диссертации имеются следующие замечания:

1. Жадный алгоритм, используемый для решения задачи выбора минимального числа наземных станций приёма, обеспечивает лишь локально оптимальное решение, что прямо признаётся автором. Однако в работе не приводится сравнение с точными методами оптимизации на задачах приемлемой размерности. Отсутствие такого сопоставления не позволяет оценить отклонение получаемого решения от глобального оптимума и, следовательно, подтвердить практическую достаточность предложенного подхода.

2. Имитационное моделирование в главе 4 проводится за период, равный одним суткам. Автор сам указывает на необходимость более длительного моделирования для получения точных усреднённых показателей. Вместе с тем в работе не приводится оценка ошибки, вносимой данным упрощением: не ясно, насколько однодневные значения отличаются

от значений, усреднённых за характерный период (например, период повтора орбиты или год), что снижает обоснованность количественных выводов четвёртой главы.

3. В разделах 4.5 и 4.7 показано, что распределение информационной нагрузки между наземными станциями оказывается существенно неравномерным (на ряд станций приходится на порядок больший объём данных, чем на другие). Однако решение данной проблемы остаётся за рамками исследования и лишь обозначается как направление дальнейшей работы. Целесообразно было бы предложить хотя бы эвристический механизм балансировки нагрузки в рамках существующей методики (например, путём введения взвешенной целевой функции или ограничения максимальной загрузки отдельной станции).

4. При оценке оперативности доставки информации для задач мониторинга Северного морского пути (раздел 4.7) принято допущение об отсутствии ограничений по освещённости, что справедливо для радиолокационной аппаратуры, однако в работе не проведён анализ влияния эксплуатационных факторов: неплановых перерывов в работе станций, деградации характеристик бортовой аппаратуры на сверхнизких орбитах, сезонных вариаций условий связи, что ограничивает применимость результатов моделирования для обоснования проектных решений по реальным системам.

5. В диссертации не представлен экономический анализ или хотя бы качественное сравнение стоимостных характеристик предложенных проектных решений. В частности, переход от варианта №1 к варианту №3 обеспечивает улучшение периодичности наблюдения примерно на 13%, однако требует увеличения числа как спутников (на 29%), так и наземных станций (на 75%). Отсутствие технико-экономического обоснования выбора рекомендуемого варианта затрудняет практическое применение полученных результатов лицами, принимающими проектные решения.

Отмеченные недостатки не изменяют общую положительную оценку диссертационной работы, содержащей решение актуальной задачи. Полученные автором результаты могут рассматриваться в качестве основы для дальнейших исследований.

Заключение

Диссертационная работа Иванушкина Максима Александровича представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, выполненную на соответствующем научном уровне.

Диссертационная работа Иванушкина Максима Александровича «Методика оценки показателей функционирования многоспутниковых систем мониторинга Земли с учётом выбора координат наземных пунктов приёма информации» отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (ред. от 16.10.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025).

Автор диссертационной работы Иванушкин Максим Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент

профессор кафедры 604 «Системный анализ
и управление»

федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский авиационный
институт (национальный исследовательский
университет)»

125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.
4

тел. +79161259792

e-mail: veniaminmalyshev@mail.ru

Заслуженный деятель науки Российской
Федерации

Доктор технических наук, профессор



В.В. Малышев

« 14 » 05 2026 г.

Подпись Малышева Вениамина Васильевича заверяю:

Директор Аэрокосмического института



Тушавина О.В.