

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет,
д-р техн. наук, доцент



Башкиров А.В

«28» 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

Диссертация «Математическое и алгоритмическое обеспечение процессов группового управления информационным взаимодействием автономных мобильных объектов» выполнена на кафедре автоматизированных и вычислительных систем.

В период подготовки диссертации соискатель Черноиваненко Игорь Александрович с 2024 г. обучался в аспирантуре по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». В настоящее время продолжает обучение.

В 2024 г. окончил специалитет Воронежского государственного технического университета по специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, квалификация - инженер.

Справка о периоде обучения выдана в 2026 году федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Воронежский государственный технический университет».

Научный руководитель – д.т.н., профессор Кравец Олег Яковлевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», кафедра автоматизированных и вычислительных систем, профессор.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Представленная диссертация может быть оценена как научно-квалификационная работа, в которой на основании выполненных автором исследований разработано математическое и алгоритмическое обеспечение процессов группового управления информационным взаимодействием автономных мобильных объектов, совокупность результатов можно квалифицировать как научное достижение. Решена научно-практическая

задача создания алгоритмов и программных инструментов управления информационным взаимодействием.

Судя по представленным материалам, в том числе по публикациям автора, диссертация написана им самостоятельно и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, рекомендации по использованию научных выводов и сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов в области системного анализа, управления и обработки информации, статистики.

Предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Оформление диссертации соответствует требованиям, установленным Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных журналах и изданиях, индексируемом в международной базе данных WoS, в материалах всероссийских и международных конференций; имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Актуальность темы

С развитием электроники и программного обеспечения растет число автономных мобильных объектов (АМО), способных выполнять скоординированные действия. В последние десятилетия АМО вызвали большой исследовательский интерес, поскольку они широко используются для выполнения ряда задач высокого риска (например, поисково-спасательные операции в труднодоступных районах, контроль окружающей обстановки, транспортировка тяжелых грузов, оценка повреждений от стихийных бедствий, телекоммуникационная ретрансляция, обнаружение радиации, составление контурных карт и прогнозирование погоды). Ввиду небольших размеров и низкой производительности процессора АМО, он способен выполнять только несложные задачи. Напротив, система из нескольких АМО обладает такими преимуществами как высокая эффективность, широкий охват, низкие затраты топлива и времени, повышенная надежность, отказоустойчивость и высокая гибкость. Кроме того, сеть АМО может создавать новые функциональные возможности с помощью различных малых групп АМО. Более того, для некоторых задач локализации может потребоваться, чтобы несколько АМО обменивались различной информацией (например, местоположением, скоростью) друг с другом посредством беспроводной связи.

Несмотря на развитую теорию группового управления информационным взаимодействием, при одновременной работе нескольких АМО возникает множество проблем. Например, при выполнении задач управления несколькими АМО часто требуется

одновременно достичь одинаковых/различных целевых местоположений, или нескольким АМО приходится перемещаться из разных локаций. АМО собираются в определенном месте, образуя плотный рой. Эта проблема изучалась во многих областях, однако в существующей литературе не учтены некоторые уникальные характеристики и сферы применения АМО.

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования продиктована необходимостью дальнейшего развития средств специального математического и алгоритмического обеспечения процессов группового управления информационным взаимодействием систем АМО.

Тематика диссертационной работы соответствует научному направлению ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» «Вычислительные комплексы и проблемно-ориентированные системы управления».

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: IV Всероссийской молодежной научной конференции «Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития» (Тамбов, 2019); X Международной научной конференции «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности» (Казань, 2020); XXVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, 2020); VI Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии в экономике и управлении» (Махачкала, 2024); XXX-th International Open Science Conference «Modern informatization problems in simulation and social technologies» (Yelm, WA, USA, 2025); II Международном форуме «Антропоцентрические науки в образовании: вызовы, трансформации, ресурсы» (Воронеж, 2025); IX Всероссийской научной конференции с международным участием «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения» (Тольятти, 2026), а также на научных семинарах кафедры автоматизированных и вычислительных систем ВГТУ (2024-2026 гг.).

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Все результаты, изложенные в диссертации, получены соискателем лично:

1. Проведен системный анализ существующих подходов к решению задач группового управления информационным взаимодействием систем АМО, а также рассмотрены варианты их модификаций, направленных на их качественные улучшения.

2. Разработана децентрализованная структура группового управления локальным информационным взаимодействием АМО с использованием фильтрации больших данных для избегания столкновений

в единой точке, организации распределенного обмена информацией, а также уменьшения воздействия неблагоприятных факторов.

3. Представлены алгоритмы группового управления обменом данными АМО в сценариях гибридных сред на основе усовершенствованного генетического алгоритма, информированного подхода iRRT* и эволюционной стратегии адаптации ковариационной матрицы для динамического распределения задач между разнородными группами АМО. Время выполнения миссии было сокращено в 3 раза по сравнению с существующими методами.

4. Предложен многокритериальный алгоритм системы группового управления положением АМО, учитывающий множество целевых задач при формировании Парето-оптимальных траекторий, для организации распределенного взаимодействия АМО.

5. Разработан алгоритм принятия решения информационного взаимодействия АМО, основанный на многоэтапном объединении сенсорных узлов в беспроводной сенсорной сети, для энергоэффективного сбора и обработки информации.

6. Представлена структура подсистемы распределенного межобъектного взаимодействия АМО с применением технологий искусственного интеллекта на основе радиальной базисной функции, обеспечивающая получение комплексной информации о состоянии АМО и устраняющая динамические неопределенности.

7. Элементы программного обеспечения зарегистрированы в Роспатенте.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Обоснованность полученных результатов определяется корректным использованием методов системного анализа, принятия решений, оптимизации, искусственного интеллекта, объектно-ориентированного программирования.

Основные теоретические результаты проверены на основе вычислительных и натурных экспериментов, подтверждающих их достоверность. Основные результаты внедрены при проектировании систем управления группами автономных мобильных объектов, в учебный процесс Воронежского государственного технического университета в рамках дисциплин: «Беспилотные системы и комплексы», «Информационные сети и телекоммуникационные технологии», а также в рамках курсового и дипломного проектирования. Эффект от внедрения заключается в повышении эффективности проектирования систем управления облачными сервисами обработки больших данных.

Новизна и практическая значимость результатов проведенных исследований

Научная новизна результатов

В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Децентрализованная структура группового управления локальным информационным взаимодействием АМО, отличающаяся фильтрацией больших данных и обеспечивающая распределенный обмен информацией, избегание столкновений в единой точке и уменьшение воздействия неблагоприятных факторов.

2. Алгоритмы группового управления обменом данными АМО в сценариях гибридных сред, отличающиеся применением усовершенствованного генетического алгоритма, информированного подхода iRRT* и эволюционной стратегии адаптации ковариационной матрицы и обеспечивающие динамическое распределение задач между разнородными группами АМО.

3. Многокритериальный алгоритм системы группового управления положением АМО, отличающийся учетом множества целевых задач при формировании Парето-оптимальных траекторий и обеспечивающий организацию распределенного взаимодействия АМО.

4. Алгоритм принятия решения информационного взаимодействия АМО, отличающийся многоэтапным объединением сенсорных узлов в беспроводной сенсорной сети и обеспечивающий энергоэффективный сбор и обработку информации.

5. Структура подсистемы распределенного межобъектного взаимодействия АМО, отличающаяся применением технологий искусственного интеллекта на основе радиальной базисной функции и обеспечивающая получение комплексной информации о состоянии АМО и устранение динамических неопределенностей.

Практическая значимость работы заключается в развитии средств специального математического и алгоритмического обеспечения процессов группового управления информационным взаимодействием систем автономных мобильных объектов, а также информационного и программного обеспечения для экспериментальной оценки качества разработанных методов и алгоритмов. На компоненты математического и программного обеспечения системы управления получено свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Ценность научных работ соискателя

По результатам диссертационного исследования опубликовано 12 научных работ, в том числе 7 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 1 в издании WoS, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ).

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве.
В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично автором получены следующие результаты: [8, 9] – формализация задач группового управления информационным взаимодействием АМО; [1, 10] – алгоритмы группового управления для повышения точности позиционирования АМО; [3, 5, 11] – математическое обеспечение для организации взаимодействия АМО; [4, 12] – алгоритмы группового управления обменом данными АМО в сценариях гибридных сред; [13] – концептуальная модель системы группового управления данными в гибридной среде АМО; [2, 6] – децентрализованная структура группового управления информационным взаимодействием АМО; [7] – информационное и программное обеспечение для экспериментальной оценки качества разработанных методов и алгоритмов.

Диссертация Черноиваненко И.А. соответствует критериям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях списка ВАК

1. Ищенко Е.А., Пастернак Ю.Г., Пендюрин В.А., Федоров С.М., Черноиваненко И.А. Применение технологии виртуальных антенных решеток для повышения точности пеленгатора воздушного базирования // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2022. – Т. 18. – № 3. – С. 90-94. – DOI: 10.36622/VSTU.2022.18.3.012. – EDN XJQINQ.

2. Черноиваненко И.А., Кравец О.Я. О децентрализованном решении задачи одновременного прибытия автономных мобильных объектов к финальной точке с использованием анализа больших данных // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12. – № 4.

3. Черноиваненко И.А. Математическое обеспечение управления положением нестационарных объектов информационно-телекоммуникационной системы // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2025. – Т. 21. – № 4. – С. 31-38.

4. Черноиваненко И.А., Кравец О.Я. Математическое обеспечение распределения задач в гибридной среде нестационарных автономных объектов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2025. – № 93. – С. 51-60.

5. Черноиваненко И.А., Кравец О.Я., Атласов И.В. Математическое обеспечение распределенного управления роем автономных мобильных объектов с применением технологий искусственного интеллекта // Системы управления и информационные технологии. – 2025. – Т. 99. – № 1. – С. 71-77.

Публикация в издании, входящем в базу данных WoS

6. Kravets O.Ja., Husein Ali, Getmanskaia D.V., Al-Imari Mustafa Jaafar Baqer, Chernoiivanenko I.A., Redkin Yu.V., Varlamov O.O. Automata model of a system with distributed ledger technology based on a blockchain// International Journal on Information Technologies and Security. – 2025. – Vol. 17(4). – P. 3-12.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

7. Коптелова А.С., Аль Имари М.Д.Б., Гетманская Д.В., Черноиваненко И.А. Интеграция данных гетерогенных оконечных устройств для автоматизации управления ими. Заявка №2025681242 от 14.08.2025. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2025685930 от 26.09.2025. – М.: Роспатент. – 2025.

Статьи и материалы конференций

8. Черноиваненко И.А., Кравец О.Я. Проблемы и особенности управления автономными мобильными объектами // Сб. тр. VI Всеросс. НПК «Информационные технологии в экономике и управлении». – Махачкала. – 2024. – С. 18-26.

9. Chernoiivanenko I.A., Kravets O.Ja. Comparative analysis of decentralized and centralized strategies for the swarm control of autonomous mobile objects // Anthropocentric Sciences in Education: Challenges, Transformation, Resources: Proc. of the II-th Int. Science Forum. – Voronezh: Publishing and Printing Center «Scientific Book». – 2025. – P. 401-404.

10. Chernoiivanenko I.A., Kravets O.Ja. The use of artificial intelligence to identify the location of an autonomous mobile object // Modern Informatization Problems in Simulation and Social Technologies (MIP-2025'SCT): Proc. of the XXX-th Int. Open Science Conf. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House. – 2025. – P. 32-45.

11. Черноиваненко И.А. Математическое обеспечение и особенности управления несинхронизированным набором мобильных объектов // Информатика. Экономика. Управление. – Красноярск. – 2025. – Т. 4. – № 1. – С. 1015-1021.

12. Chernoiivanenko I.A., Tsvetkov A.V. Support for data exchange in a hybrid environment of non-stationary autonomous objects // Modern informatization problems in simulation and social technologies (MIP-2026'SCT): Proc. of the XXXI-th Int. Open Science Conf.– Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House. – 2026. – P. 43-50.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертация «Математическое и алгоритмическое обеспечение процессов группового управления информационным взаимодействием автономных мобильных объектов» соответствует специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах,
опубликованных соискателем**

В работах, опубликованных соискателем, обеспечена полнота изложения материалов диссертации.

Заключительная оценка

Диссертация «Математическое и алгоритмическое обеспечение процессов группового управления информационным взаимодействием автономных мобильных объектов» Черноиваненко Игоря Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заключение принято на заседании кафедры автоматизированных и вычислительных систем Воронежского государственного технического университета.

Присутствовало на заседании – 12 чел. Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 14 от «02» июня 2026 г.

Заведующий кафедрой автоматизированных
и вычислительных систем ВГТУ,
д.т.н., профессор

Барabanов Владимир Федорович



Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВГТУ»).

Адрес: 394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84
телефон +7(473) 271-59-05, +7(473) 271-52-68, +7(473) 207-22-20, доб. 6125

E-mail: rector@cchgeu.ru

Сайт: <https://cchgeu.ru/>