

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертацию и автореферат **Хуссейн Али** на тему: «Специальное математическое обеспечение процессов управления энергоэффективным перемещением данных в беспроводных информационных системах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

### **Актуальность темы**

Актуальность темы диссертации Хуссейн Али «Специальное математическое обеспечение процессов управления энергоэффективным перемещением данных в беспроводных информационных системах» обусловлена тем, что последние годы беспроводные информационные системы и сенсорные данные в них стали существенно важным объектом в связи с интеллектуализацией их обработки и широким распространением концепции и технологий «Умный дом». Обработка сенсорных данных от множества активных устройств и многочисленных датчиков объединена с облачными сервисами, что породило проблему поиска архитектурных и структурных решений, направленных на снижение энергопотребления всей системы в целом и подсистемы управления данными в частности.

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования продиктована необходимостью разработки специальных средств математического обеспечения процессов управления энергоэффективным перемещением данных в беспроводных информационных системах на основе динамической реконфигурации и кластеризации.

Поэтому в качестве основной цели исследования выбрана разработка моделей и алгоритмов работы средств специального математического обеспечения процессов управления энергоэффективным перемещением данных в беспроводных информационных системах.

### **Задачи и результаты**

Соискатель ученой степени сформулировал и решил следующие задачи и получил соответствующие результаты:

1. Создана модель снижения энергопотребления процессов перемещения данных в беспроводных информационных системах, обеспечивающая повышение эффективности узла слияния по мере увеличения количества кластеризуемых узлов, а также их индивидуальных уровней энергии.

2. Предложена модификация стратегии управления данными на основе агентного подхода, позволяющая повысить энергоэффективность маршрутизации в крупномасштабных беспроводных сенсорных сетях.

3. Разработан алгоритм улучшения показателей энергоэффективной связи объектов беспроводных информационных систем, обеспечивающий сокращение общего времени, необходимого для завершения процесса кластеризации.

4. Разработан гибридный итерационный алгоритм поиска аномальных данных, сочетающий применение матрицы сходства аномальных признаков данных и кластерный анализ с использованием обучения iForest, обеспечивающий улучшение точности обнаружения в среднем на 22%.

5. Разработана структура программного комплекса динамического мониторинга потерь больших объемов данных с многоуровневым сбором информации (уровни кластера, производительности узлов и работы заданий), обеспечивающая максимальную точность мониторинга до 98%.

6. Компоненты программного обеспечения зарегистрированы в Роспатенте.

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» в рамках научного направления «Вычислительные комплексы и проблемно-ориентированные системы управления».

### **Научная новизна**

Научной новизной характеризуются предложенные в работе:

1. Модификация стратегии управления данными, отличающаяся применением агентного подхода и фреймворка динамической реконфигурации для технологии слияния на основе дерева, позволяющая повысить энергоэффективность маршрутизации в крупномасштабных беспроводных сенсорных сетях.

2. Модель снижения энергопотребления процессов перемещения данных в беспроводных информационных системах, отличающаяся использованием скрытых марковских моделей и технологий кластеризации и обеспечивающая повышение эффективности узла слияния по мере увеличения количества кластеризуемых узлов, а также их индивидуальных уровней энергии.

3. Алгоритм улучшения показателей энергоэффективной связи объектов беспроводных информационных систем, отличающийся автоматическим выбором гетерогенных факторов, ранжирования узла слияния – кандидата с

наибольшей реализуемостью, и обеспечивающий сокращение общего времени, необходимого для завершения процесса кластеризации.

4. Гибридный итерационный алгоритм поиска аномальных данных, сочетающий применение матрицы сходства аномальных признаков данных и кластерный анализ с использованием обучения iForest, обеспечивающий улучшение точности обнаружения в среднем на 22%.

5. Структура программного комплекса динамического мониторинга потерь больших объемов данных с многоуровневым сбором информации (уровни кластера, производительности узлов и работы заданий), обеспечивающая максимальную точность мониторинга до 98%.

Все перечисленные результаты, полученные в рамках диссертационной работы, являются новыми и достоверными и соответствуют требованиям Положения ВАК РФ.

**Тематика работы** соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»: п. 4. «Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов»; п. 9. «Модели, методы, алгоритмы, облачные технологии и программная инфраструктура организации глобально распределенной обработки данных».

**Теоретическая и практическая значимость исследования** заключается в разработке специальных средств математического и программного обеспечения управления процессами энергоэффективного перемещения данных в беспроводных информационных системах на основе динамической реконфигурации и кластеризации.

Теоретические результаты работы могут быть использованы в проектных и научно-исследовательских организациях, занимающихся проектированием энергоэффективных программных систем управления потоками данных.

Основные результаты внедрены в АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева» (г. Москва) при проектировании систем управления перемещением потоков данных в беспроводных информационных системах, в учебный процесс Воронежского государственного технического университета в рамках дисциплин: «Вычислительные машины, системы и

сети», «Информационные сети и телекоммуникационные технологии», а также в рамках курсового и дипломного проектирования.

#### **Обоснованность научных положений и выводов.**

Обоснованность сформулированных автором диссертации основных научных положений подтверждается корректным применением методов теории вероятностей, теории принятия решений, кластерного анализа, а также методов объектно-ориентированного программирования, а также результатами прикладных экспериментов и исследования предложенных моделей и алгоритмов.

#### **Структура и объем диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 180 наименований. Работа изложена на 188 страницах основного текста.

#### **Критические замечания**

1. Предложенное решение позволяет снизить энергопотребление за счет использования вероятностных методов и кластеризации. Хотелось бы увидеть расширенный анализ эффективности решения.

2. Соискатель трактует минимальную энергию пути как минимальное потребление всеми узлами на выбранном пути. Но задача может быть и многокритериальной.

3. Предложенный алгоритм улучшения показателей энергоэффективной связи объектов беспроводных информационных систем с автоматическим выбором гетерогенных факторов ранжирования объектов нуждается в детализации.

4. Неясно, каким образом задача обнаружения аномальных данных в электроэнергетической системе связана с целью работы.

5. Соискатель неоправданно сужает задачу динамического мониторинга системы к задаче мониторинга кластеров.

6. В диссертации и автореферате присутствуют отдельные стилистические погрешности.

#### **Заключительная оценка**

В целом критические замечания не носят принципиального характера и не снижают оценки ее значимости. Диссертация Хуссейн Али является законченной научно-исследовательской работой, содержащей новое решение важной научно-технической проблемы.

Основные результаты диссертации опубликованы в 16 научных работах (4 – без соавторов), в том числе 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 1 – в издании, индексируемом в WoS и одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ). Публикации полно отражают содержание диссертации.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на Международных и других тематических конференциях и семинарах.

По актуальности избранной темы, глубине проработки всего комплекса частных задач, научной ценности и практической значимости полученных результатов, обоснованности выводов и рекомендаций, можно заключить, что диссертационная работа соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.3.5, а ее автор, Хуссейн Али, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

#### **Официальный оппонент**

Профессор кафедры управления и информатики  
в технических системах  
д.т.н., доцент

Мутин Денис Игоревич

13 апреля 2026 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
Почтовый адрес: 127055, г. Москва, Вадковский пер., д.3а

Телефон: +7 (499) 973-30-66  
E-mail: uits\_stankin@mail.ru



Подпись руки *Мутина Д.И.* удостоверяю  
Удиректор ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»  
*Гаврилин Александр*  
*Хуссейн Али*