

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.029.03**

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 20 сентября 2024 года № 8

О присуждении Ахмад Али Айед Ахмад, гражданину Республики Ирак, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод и алгоритм обработки сообщений в беспроводных сенсорных сетях» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика принята к защите 02 июля 2024 года (протокол заседания № 5) диссертационным советом 99.2.029.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94), федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95), федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (308015, г. Белгород, ул. Победы, 85) приказом №1196/нк от 7 октября 2016 года (№1845/нк от 26 сентября 2023 года).

Соискатель Ахмад Али Айед Ахмад, «03» мая 1984 года рождения. В 2014 году с отличием окончил Воронежский государственный технический университет с присвоением квалификации магистр по направлению подготовки «Информационные системы и технологии». В 2023 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», работает в преподавателем Университета Киркука Министерства высшего образования и научных исследований Республики Ирак.

Диссертация выполнена на кафедре информационной безопасности в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент Таныгин Максим Олегович, федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», декан факультета фундаментальной и прикладной информатики.

**Официальные оппоненты:**

Чопоров Олег Николаевич – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко», проректор по цифровой трансформации;

Двилянский Алексей Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», научно-испытательный отдел радиоэлектронных технологий научно-испытательного центра радиоэлектронных технологий, научный сотрудник

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г.Шухова», г. Белгород, **в своём положительном отзыве**, подписанном Бушуевым Дмитрием Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой технической кибернетики, Гольцовым Юрием Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры технической кибернетики, Кариковым Евгением Борисовичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры технической кибернетики, утверждённом проректором по научной и инновационной деятельности Давыденко Татьяной Михайловной, доктором педагогических наук, профессором, указала, что диссертационная работа Ахмад Али Айед Ахмад на тему «Метод и алгоритм обработки сообщений в беспроводных сенсорных сетях» является логически завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на актуальную тему. Разработана совокупность научно-обоснованных технических решений, позволяющих снизить энергопотребление сенсоров беспроводных сенсорных сетей. Результаты диссертационного исследования могут быть применены при разработке распределённых информационно-управляющих систем, реализующих сбор информации о физической среде мобильными автономными комплексами с датчиков по беспроводным каналам связи с низкой пропускной способностью, большим радиусом действия и длиной сообщений размером до нескольких десятков байтов. По своему научному содержанию, объёму исследований, полученным результатам и выводам диссертационная работа «Метод и алгоритм обработки сообщений в беспроводных сенсорных сетях» в полной мере удовлетворяет требованиям Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, в частности пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, и соответствует паспорту научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, а её автор, Ахмад Али Айед Ахмад, заслуживает присуждения учёной степени кандидат технических наук.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, общим объёмом 8 печатных листов, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 научных работ (7,7

печатных листа), из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 (3 печатных листа, авторский вклад 70%); 1 патент на изобретение. Соискателем опубликовано 7 работ в материалах международных и всероссийских конференций (1,1 печатных листа, авторский вклад 70%).

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

**Наиболее значимые статьи по теме диссертации:**

1. Ахмад А. А. Модель размещения данных во внутренней памяти вычислителя, реализующего схему кодирования данных в режиме сцепления блоков / А. А. А. Ахмад, М. О. Таныгин, О. В. Казакова, Д. Голубов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2023. – Т. 27, № 1. – С. 73-91.

2. Ахмад А. А. Повышение скорости определения источника сообщений за счет ограничения множества обрабатываемых блоков данных / М. О. Таныгин, А. А. Чеснокова, А. А. Ахмад // Труды МАИ. – 2022. – № 125 – п.20. doi: 10.34759/trd-2022-125-20.

3. Ахмад А. А. Метод повышения достоверности обмена данными между удалёнными узлами в условиях ограниченного размера идентификационных полей сообщений / А. А. Ахмад, А. Л. Марухленко, В. П. Добрица, М. О. Таныгин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – № 2. – С. 38-49.

На автореферат поступили 6 отзывов из следующих организаций: Воронежского государственного технического университета, подписан доктором технических наук, профессором, профессором кафедры автоматизированных и вычислительных систем Кравцом Олегом Яковлевичем (Отзыв положительный. Замечания: 1. Не сформулирован критерий применимости созданных решений по размеру сетевых пакетов, циркулирующих в распределённой системе сбора информации; 2. Из текста не ясно, почему для беспроводных сенсорных сетей параметр  $J_f$  можно принять равным единице; 3. Целесообразно было бы увеличить размер рисунков, на которых приведён граф, описывающий случайный процесс обработки поступающих сообщений); Института динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, г. Иркутск, подписан кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории логического и оптимизационного анализа сложных систем Заикиным Олегом Сергеевичем (Отзыв положительный. Замечания: 1. Из текста автореферата не до конца ясно, на каком этапе формируются слова, хранящиеся в матрице описателей сообщений В, которые используются в алгоритмах формирования списочной структуры и её последующей обработки 2. В тексте нет чёткого указания на порядок обработки структур данных, таких как битовый массив занятых областей памяти, множества указателей на следующие элементы); Брянского государственного технического университета, подписан кандидатом технических наук, профессором, заведующим кафедрой систем информационной безопасности Рытовым Михаилом Юрьевичем (Отзыв положительный. Замечания: 1. При наличии нескольких полей данных, задействованных при обработке сообщения, графическое представление формата сообщения облегчило бы восприятие материала 2. Не формализовано отличие между понятиями «целевой сенсор» и «посторонний сенсор»); Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской

Федерации, подписан кандидатом технических наук, экспертом центра информационных технологий Института государственной службы и управления Холиным Александром Николаевичем (Отзыв положительный. Замечания: 1. Не обоснован выбор цепи Маркова с непрерывным временем как основы для получения вероятности ошибки обработки метаданных 2. Не приведены выражения для оценки вероятности  $p_{err}$  как величины, влияющей на целевой параметр работы – объём передаваемых сенсоров данных 3. Алгоритм обработки служебных полей целесообразно было бы привести в виде классической блок-схемы или иных визуальных нотаций (IDEF, UML)); Пензенского государственного университета, подписан доктором технических наук, профессором, профессором кафедры вычислительной техники Зинкиным Сергеем Александровичем (Отзыв положительный. Замечание: 1. Для лучшего понимания формата элемента, описывающего сообщение, целесообразно было бы привести его структуру в графическом виде 2. В диссертации не было показано, как соотносится число сенсоров, сообщения которых обрабатываются в центральном модуле системы, и число независимых областей памяти, в которых хранятся их описатели. 3. По тексту автореферата для обозначения одной сущности используются разные термины: «группы сообщений» и «последовательности сообщений»); ордена Трудового Красного Знамени Московского технического университета связи и информатики, подписан доктором военных наук, кандидатом технических наук, профессором, заведующим кафедрой безопасности телекоммуникаций Кубанковым Александром Николаевичем (Отзыв положительный. Замечания: 1. Следовало бы указать, создаёт ли использование метода определения последовательности сообщений от сенсора беспроводной сенсорной сети дополнительные временные задержки в центральном модуле системы управления и снижает ли оперативность управления. 2. Из текста автореферата не до конца ясно, какое из значений функции вероятности пропуска сообщения, полученной в результате решения системы дифференциальных уравнений, описывающих марковский процесс, используется как параметр в формуле (6) для вычисления вероятности ошибки).

Все поступившие в совет отзывы положительные. Во всех отзывах отмечается, что диссертационная работа выполнена на актуальную тему, на высоком научном уровне, отличается научной новизной, теоретической и практической значимостью, выполнена лично соискателем и имеет завершённый характер, соответствует паспорту научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика и критериям, предъявляемым п.п. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями и дополнениями, к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

На все поступившие замечания соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты характеризуются высокой компетентностью в области обработки информации в распределённых информационных и управляющих системах и наличием публикаций за последние пять лет в ведущих рецензируемых научных изданиях по теме диссертационной работы, что позволило им определить научную и практическую ценность диссертации. Областью научных интересов

оппонентов является обработка информации и системный анализ в интеллектуально-информационных системах, интегрированных системах управления в производство. Ведущая организация является передовым научно-исследовательским образовательным учреждением в области методологии и комплексного моделирования технических систем, систем передачи и обработки информации, обладает высококвалифицированными научными специалистами, известными в стране и за рубежом, специализирующимися в области проблематики диссертационной работы. Организация обладает научным потенциалом, позволяющим определить научную ценность диссертации. Организация осуществляет научные разработки и подготовку кадров высшей квалификации по разработке систем обработки данных. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация не имеет договорных отношений с соискателем.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработан** метод определения источника сообщений ограниченного размера в беспроводных сенсорных сетях, отличающийся исключением из обработки сообщений по результатам анализа позиции сообщения в последовательности и кодограммы, сформированной из данных предыдущих сообщений, позволяющий повысить энергоэффективность узлов беспроводной сенсорной сети за счёт уменьшения эффективного объёма передаваемых сенсором данных;

**предложен** новый подход к формированию множества анализируемых сообщений при определении их источника, основанный на формировании последовательности сообщений сенсором и анализе номера каждого сообщения в такой последовательности;

**доказаны** зависимости между параметрами обработки сообщений, передаваемых и обрабатываемых в беспроводных сенсорных сетях и достоверностью определения источника сообщений, объёмом передаваемой сенсором информации, позволившие установить взаимосвязи между характеристиками методов обработки данных, составом и назначением блоков специализированных вычислителей, обрабатывающих атрибуты и достигаемой длительностью полного цикла обработки данных;

**введён** целевой показатель методов обработки сообщений в беспроводных сенсорных сетях – общий объём переданных сенсором данных, позволяющий увязать между собой совокупность разнородных параметров формирования и обработки сообщений сенсоров и их энергопотребление, влияющее на срок службы сенсора и срок эксплуатации всей сети в целом.

**Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:**

**доказана** возможность снижения объёма передаваемых сенсором данных за счёт выбора оптимальных параметров обработки его сообщений, обеспечивающих снижение вероятности некорректного определения источника и уменьшение требуемого для такой достоверности размера полей служебной и метаинформации;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)**

**использованы** методы системного анализа, теории случайных процессов, теории вероятностей, аналитического конструирования;

**изложен** подход к снижению эффективного объёма передаваемых данных за счёт выбора целесообразного размера полей метаданных для определения источника сообщений и целесообразных параметров обработки таких сообщений в центральном модуле сети;

**раскрыты** возможности повышения достоверности определения источника сообщений за счёт использования характеристик информационного потока сообщений в беспроводной сенсорной сети;

**изучено** влияние эффективного объёма передаваемых сенсором данных на его энергопотребление, что позволило за счёт повышения достоверности определения источника сообщений и уменьшения размеров заголовочных частей каждого сообщения снизить затраты энергии сенсора на передачу сообщений в центральный модуль сенсорной сети;

**проведена модернизация** методов обработки сообщений, передаваемых по каналам связи с низкой пропускной способностью, путем исключения из обработки сообщений по результатам анализа позиции сообщения в последовательности и кодограммы, сформированной из данных предыдущих сообщений.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработанные методы, модели и алгоритмы** внедрены в ООО «ВТИ-Сервис» и используются в учебном процессе Юго-Западного государственного университета при обучении по направлениям 10.04.01 «Информационная безопасность» (дисциплина «Математическое моделирование технических объектов и систем управления») и 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» (дисциплина «Проектирование защищённых телекоммуникационных систем»);

**определены** перспективы практического применения предлагаемого метода определения источника сообщений ограниченного размера в беспроводных сенсорных сетях путём изменения форматов сообщений сенсоров беспроводных сенсорных сетей, в основе которого лежит кодирование в режиме сцепления блоков и обработка метаданных сообщения в центральном модуле сбора и обработки информации распределённой информационно-управляющей системы;

**создана** модель обработки сообщений сенсора беспроводной сенсорной сети, на основе которой определяются целесообразные параметры формирования и обработки сообщений сенсора для каждой конфигурации беспроводной сенсорной сети;

**представлены** практические рекомендации по дальнейшему улучшению показателей достоверности, аппаратной сложности, энергоэффективности автономных, в том числе мобильных, агентов распределённых информационно-управляющих систем.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория** построена на известных методах теории вероятностей и методов математической логики, все теоретические результаты согласуются с опубликованными экспериментальными данными и результатами, полученными в ходе численного расчета и экспериментальных исследований;

**идея базируется** на снижении энергопотребления сенсора беспроводной сенсорной сети за счёт сокращения объёма передаваемых сенсором данных, которое достигается путём повышения достоверности обработки заголовочных частей сообщений узлов сенсорной сети;

*использованы* результаты предыдущих известных работ в области обработки потоков сообщений с ограниченным размером полей заголовков, для сравнения авторских результатов, а также подтверждения полученных результатов;

*установлена* возможность сокращения энергозатрат узла беспроводной сенсорной сети за счёт исключения из обработки центральным модулем обработки информации части сообщений узлов сети и повышения достоверности такой обработки;

*использованы* известные и авторские методы обработки сообщений и их заголовочных частей с целью определения их источника применительно к системам, в которых обмен данными между элементами осуществляется сообщениями ограниченного размера.

*Личный вклад соискателя состоит* в разработке метода и модели определения источника сообщений ограниченного размера в беспроводных сенсорных сетях, оценки влияния полученных показателей достоверности на затраты энергии отдельного узла беспроводной сенсорной сети.

Результаты работы могут быть использованы в системах сбора и обработки информации об окружающей среде и параметрах технологических процессов, в многокомпонентных высокоавтономных роботизированных комплексах очувствления, а также в их управляющих системах: АО «НПО «Эшелон» (г. Москва), ЦНИИ РТК (г. Санкт-Петербург), НИИ РИПУ ЮФУ (г. Таганрог), СПб ФИЦ РАН (г. Санкт-Петербург).

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1) взаимодействие узлов беспроводной сенсорной сети рассмотрено без включения фазы подтверждения получения приёма данных или управляющего воздействия приёмником,

2) энергопотребление рассматривалось без учёта возможности возникновения канальных ошибок при передаче данных по беспроводной сенсорной сети.

Соискатель Ахмад Али Айед Ахмад исчерпывающе ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, высказанные замечания и привёл собственную аргументацию подхода к формированию и обработке заголовочных частей последовательности сообщений, не оказывающих влияние на квитирование доставки, который может быть использован как в системах с подтверждением доставки отдельных сообщений, так и без неё, канальные ошибки при передаче увеличивают энергопотребление системы как использующей предлагаемые решения, так и без этого, увеличение объёма передаваемой сенсором информации и его энергопотребления при ошибках не влияет на результативность предлагаемых метода, алгоритма и моделей.

На заседании 20 сентября 2024 года диссертационный совет принял решение: за успешное решение научно-технической задачи разработки методов, алгоритмов формирования и обработки служебной информации в беспроводных сенсорных сетях, сокращающих объём передаваемых служебных данных и повышающих энергоэффективность узлов беспроводной сенсорной сети, их автономность и срок службы, обеспечивающих требуемую достоверность определения источника сообщения модулем сбора информации и управления, присудить Ахмад Али Айед Ахмад учёную степень кандидата технических наук.

