

## **Отзыв официального оппонента**

Сухопарова Михаила Евгеньевича на диссертацию

Миклуш Виктории Александровны,

**Модели и алгоритмы обеспечения гарантированной доставки данных в самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетях с ячеистой топологией**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Актуальность диссертационной работы Миклуш В.А. обусловлена тем, что сегодня происходит глобальная цифровизация всех сфер технологий и технических направлений, в том числе инфокоммуникационных сетей, одним из направлений которых являются беспроводные сенсорные сети (БСС).

В силу свойств БСС приоритетными становятся следующие характеристики, влияющие на качество обслуживания: устойчивость к изменению топологии связей узлов БСС (самоорганизация); время жизни БСС; площадь покрытия заданной области; время доставки данных; пропускная способность БСС; вероятность потери данных.

Таким образом требуются новые эффективные алгоритмы размещения сенсорных узлов, способствующие появлению нескольких соединений от узла источника до узла адресата и алгоритмы маршрутизации, устанавливающие пути для передачи данных с учетом особенностей БСС, а также модели оценки характеристик доставки данных с такими параметрами узлов и соединений, алгоритмов маршрутизации, площади покрытия и т.д., которые соответствуют требуемому качеству обслуживания.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе**

Теоретические и практические результаты диссертационной работы направлены на достижение необходимых качественных показателей функционирования телекоммуникационной системы путем разработки научно-методического аппарата обеспечения гарантированной доставки данных в самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетях с ячеистой топологией.

На основе проведенного анализа специфики современных самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетей, исходя из необходимости обеспечения заданных показателей качества функционирования сетевой инфраструктуры, автор обоснованно сформулировал подход к решению научной задачи, направленный на:

1. Решение многоцелевой задачи оптимального расположения сенсорных узлов разной физической природы на заданной территории;

2. Разработку алгоритма маршрутизации самоорганизующейся беспроводной сенсорной сети с ячеистой топологией;
3. Выполнение имитационного моделирования самоорганизующейся беспроводной сенсорной сети с ячеистой топологией;
4. Оценку эффективности предложенных моделей и алгоритмов.

Исследования были выполнены с применением математического моделирования, оптимизации, теории вероятности и математической статистики, информационного обмена, случайных процессов, принципов построения и работы систем, сетей, устройств беспроводных сенсорных сетей, что, применительно к содержанию решаемых задач, является обоснованным и математически правильным.

В процессе теоретических исследований в диссертационной работе получена имитационная модель самоорганизующейся беспроводной сенсорной сети с ячеистой топологией, достоверность которой подтверждается корректным использованием математического аппарата и проведенной серией экспериментов.

Таким образом, обоснованность полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается полученной имитационной моделью самоорганизующейся беспроводной сенсорной сети с ячеистой топологией, достоверность которой подтверждается корректным использованием математического аппарата, проведенной серией экспериментов и сравнительным анализом результатов испытаний.

#### **Апробация результатов исследования.**

Основные научные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- XVI всероссийской научной конференции "Нейрокомпьютеры и их применение", г. Москва, 13 марта 2018 г.;
- XI Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019)», 23–25 октября 2019 г.;
- V Международной научно-практической конференции «Информационные системы и технологии в моделировании и управлении», г. Ялта, 20–22 мая 2020 г.;
- VI межрегиональной научно-практической конференции «Перспективные направления развития отечественных информационных технологий», г. Севастополь, 22–26 сентября 2020 г.;
- XVII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика (РИ-2020)», 28-30 октября 2020 г.; Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Российского государственного гидрометеорологического университета «Современные проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ», г. Санкт-Петербург, 22–24 октября 2020 г.;

– II Международной научной конференции Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (СПб ГУАП), 2022 г.;

– III Международной научной конференции Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (СПб ГУАП), 2023 г.

### **Достоверность и научная новизна результатов диссертационной работы**

Достоверность полученных результатов диссертации определяется глубиной анализа исследуемой предметной области, корректной постановкой задачи исследования, правильным использованием системного подхода при решении комплекса научных задач обеспечения гарантированной доставки данных в телекоммуникационных системах, корректностью разработанных моделей и алгоритмов, непротиворечивостью теоретических и экспериментальных результатов, полученных лично соискателем и другими исследователями.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в том, что разработаны оригинальные модели и алгоритмы обеспечения гарантированной доставки данных в самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетях с ячеистой топологией. При этом новизна элементов указанного научно-методического аппарата состоит в следующем:

1. Предложено новое решение многоцелевой задачи оптимального расположения сенсорных узлов различной физической природы на заданной территории по критерию получения максимума информации при допустимых границах искажения сигнала.

2. Разработан новый алгоритм маршрутизации самоорганизующейся беспроводной сенсорной сети с ячеистой топологией, позволяющий на этапе установления соединения формировать несколько маршрутов, что позволяет обеспечивать устойчивость БСС в условиях ее динамических свойств и улучшить значения вероятностно-временные характеристики доставки данных.

3. Разработана оригинальная имитационная модель самоорганизующейся беспроводной сенсорной сети с ячеистой топологией, позволяющая оценить время доставки данных и вероятность потери данных с учетом особенностей функционирования БСС.

### **Теоретическая и практическая ценность работы**

Теоретическая ценность работы заключается в предложенном решении многоцелевой задачи оптимального расположения сенсорных узлов разной физической природы на заданной территории по критерию получения максимума информации при допустимых границах искажения сигнала и новом алгоритме выбора маршрута доставки данных, позволяющем на этапе

установления соединения формировать множество эффективных маршрутов и обеспечивающего устойчивое функционирование беспроводной сенсорной сети в условиях ее динамических свойств.

Практическая ценность результатов диссертационной работы состоит в том, предложенная имитационная модель самоорганизующейся беспроводной сенсорной сети с ячеистой топологией, позволяющей провести эксперимент по оцениванию вероятностно-временных характеристик доставки данных и может быть использована для проектирования беспроводных сенсорных сетей.

Внедрение результатов диссертационной работы осуществлено в АО «Научно-исследовательский и опытно-экспериментальный центр интеллектуальных технологий «Петрокомета»» и в учебный процесс кафедры информационных систем и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» при подготовке бакалавров по направлению «Информационные системы и технологии» при проведении лекционных и практических занятий по дисциплинам «Инфокоммуникационные системы и сети», «Методы искусственного интеллекта» и «Теория информации, данные, знания».

### **Публикации по теме диссертации**

Автореферат и работы, опубликованные соискателем, дают полное представление о содержании самой диссертации и полученных результатах в процессе проведения исследований. Диссертант опубликовала 30 работ, из которых 9 – статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований и 3 – в изданиях, включенных в международные базы цитирования. Получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. На научных конференциях сделано 10 докладов.

### **Характеристика содержания диссертационной работы**

Диссертация представлена в виде рукописи и состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы. Общий объем работы – 144 страницы. Работа содержит 75 рисунков и 5 таблиц. Список литературы включает 99 источников. Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно.

Материал диссертации изложен в логической последовательности, отвечающей требованиям проведения научных исследований, имеет целостность и внутреннее единство содержания. Текстовый материал и иллюстрации оформлены аккуратно, в соответствии с требованиями ГОСТ.

Выводы обоснованы и достаточно полно отражают результаты проведенных исследований.

## **Замечания по тексту диссертационной работы**

1. В работе указаны показатели, влияющие на качество гарантированной доставки данных, но не приведены ограничения по внешним воздействиям, которые также вносят свой вклад в работу беспроводных сенсорных сетей.

2. В представленной работе подробно рассмотрен пример экологического мониторинга, но следовало привести больше примеров применения беспроводных сенсорных сетей для решения практических задач.

3. Дано подробное описание имитационной модели самоорганизующейся беспроводной сенсорной сети с ячеистой топологией, приведены натурные эксперименты, но нет подробного описания алгоритма, описывающего данную модель.

4. Проведенные эксперименты на разработанной имитационной модели показывают падение вероятности доставки данных при увеличении роста спящих узлов и недоступных каналов. Следовало провести сравнение данных показателей с другими известными моделями.

Отмеченные недостатки, в общем, не снижают качество исследования и не влияют на главные теоретические и практические результаты работы. Работа выполнена на высоком научном уровне и базируется на достаточном количестве экспериментального материала. Работа написана хорошим научным языком, стиль изложения логичный и доказательный. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

## **Заключение**

Диссертационное исследование Миклуш Виктории Александровны является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, в рамках которой решена научная задача разработки моделей и алгоритмов, обеспечивающих качественный сервис по доставке данных в самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетях с ячеистой топологией. Результаты диссертационного исследования обладают внутренним единством, необходимой новизной, практической значимостью и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Они в достаточной мере опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Содержание и основные научные результаты соответствуют паспорту специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций». Автореферат диссертации достаточно полно отражает основное содержание диссертационной работы. По оформлению работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям.

На основании изложенного можно сделать вывод, что диссертация «Модели и алгоритмы обеспечения гарантированной доставки данных в самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетях с ячеистой топологией» соответствует критериям, изложенным в п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 года № 842, а ее автор Миклуш Виктория Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата

технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

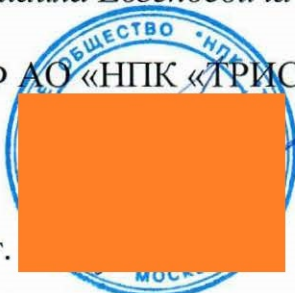
Официальный оппонент – доктор технических наук, заместитель директора по научной работе Санкт-Петербургского филиала Акционерного общества «НПК «ТРИСТАН»



М.Е. Сухопаров

*Подпись руки Сухопарова Михаила Евгеньевича подтверждаю:*

Заместитель директора СПбФ АО «НПК «ТРИСТАН»



А.В. Кротов

«13» октября 2023 г.

Сведения об организации:  
Санкт-Петербургский филиал Акционерного общества «НПК «ТРИСТАН»  
Адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, пр. Непокорённых, д. 47  
Тел.: 8 (812) 9707456  
Эл. почта: mail@spb3stan.ru