

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Гагариной Ларисы Геннадьевны на диссертационную работу Пестина Максима Сергеевича «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

Актуальность работы. В представленной диссертационной работе Пестин М.С. занимается исследованием программного обеспечения сетевой маршрутизации узлов в беспроводных децентрализованных сетях передачи данных. Данное программное обеспечение решает задачи формирования структуры сегментов сетей, подключения новых узлов к ним, построения и поддержания в актуальном состоянии маршрутов передачи данных, комплексирования маршрутных метрик и балансировки потоков трафика, при этом указанные задачи решаются в процессе взаимодействия сетевого ПО отдельных узлов сети. Существующие методы взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации узлов беспроводных децентрализованных сетей обладают как достоинствами, так и недостатками, оказывающих существенное влияние на эффективность передачи данных по маршрутам в рассматриваемых сетях.

Обмен по проактивной схеме сопровождается высоким объемом служебного трафика, низкими темпами обновления маршрутной информации. Использование реактивных методов коммуникации между ПО сопровождается высокими задержками обнаружения маршрутов и их восстановления. Гибридные подходы адаптированы под частные условия функционирования беспроводных сетей. Поэтому в настоящее время проблемы оптимального взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации в децентрализованных сетях связи решены не полностью.

Таким образом, диссертация посвящена решению актуальной научной задачи исследования и разработки новых методов и алгоритмов обеспечения взаимодействия программного обеспечения маршрутизации трафика в беспроводных децентрализованных сетях для организации передачи данных между мобильными узлами в условиях отсутствия централизованной инфраструктуры.

В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Пестина М.С. является актуальным научным исследованием.

Научная новизна диссертации. К результатам диссертационной работы, обладающим научной новизной, можно отнести следующие:

1. Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации при построении и восстановлении маршрутов связи в

децентрализованных сетях передачи данных. Их особенностью является совмещение реактивной и проактивной схем обмена служебными сообщениями и совместное использование адресных и широковещательных информационных ответов. За счёт этого удаётся повысить значение коэффициента доставки сетевых пакетов в 1,32 раза и уменьшить сквозную задержку при их передаче по найденным маршрутам в 1,16 раз, а также обеспечить возможность построения и поддержания квазипараллельных путей передачи трафика. Квазипараллельность маршрутов между двумя абонентами означает, что допускается, но не является обязательным наличие на них общих сегментов.

2. Метод оценки эффективности маршрутов передачи данных, формируемых в процессе взаимодействия программного обеспечения сетевых узлов. В отличие от стандартных решений, предложенный метод предоставляет возможность динамической фильтрации и упорядочивания информационных сообщений на промежуточных узлах сети. За счёт этого повышается эффективность функционирования децентрализованной сети передачи данных ввиду снижения суммарного объема служебного трафика на 5,63% между сетевым программным обеспечением.

3. Метод балансировки потоков данных в децентрализованной сети по квазипараллельным маршрутам. Он включает децентрализованное информационное взаимодействие сетевых узлов, за счёт которого производится распределение пакетов трафика по квазипараллельным маршрутам с учётом значений их динамических метрик. Это позволяет снизить сквозную задержку передачи данных в 2,06 раз.

Практическая ценность результатов работы. Результаты диссертационной работы обладают практической ценностью.

Разработан программный инструмент для моделирования процессов функционирования беспроводной децентрализованной сети в различных сценариях работы, который позволяет исследовать, отлаживать и выполнять оценку предложенных методов и алгоритмов взаимодействия сетевого программного обеспечения узлов. Достоинствами и практически полезными функциями предложенного программного обеспечения является визуализация алгоритмов взаимодействия сетевого программного обеспечения, запуск динамических сценариев передачи трафика по сети, интеграция сторонних алгоритмов взаимодействия ПО.

Предложена и реализована в рамках разработанного инструмента моделирования архитектура программного обеспечения сетевой маршрутизации отдельных узлов децентрализованных сетей, особенностью которой является возможность интеграции разработанных методов и алгоритмов взаимодействия ПО в рамках единого решения и замены при необходимости отдельных компонентов ПО сторонними реализациями. Разработанные в диссертации методы и алгоритмы послужили основой для создания нового протокола маршрутизации. Его особенностями являются совмещение преимуществ проактивных и реактивных протоколов сетевого

взаимодействия, использование составных маршрутных метрик для оценки эффективности маршрутов, возможность построения квазипараллельных путей и передачи трафика по ним. Автором был разработан прототип ПО сетевой маршрутизации на основе разработанного программного инструмента моделирования децентрализованной сети передачи данных.

Проведено экспериментальное исследование созданного протокола в различных сценариях функционирования сети, которое подтвердило эффективность предложенных решений. В частности, запас времени на передачу потока данных с учётом потерь удалось увеличить в 1,5 раз для сети с низкомобильными абонентами и в 1,8 раз для сети с высокомобильными абонентами. Методика проведения экспериментов в работе описана грамотно и полученные результаты сомнения не вызывают, таким образом, можно утверждать, что заявленная в работе цель достигнута.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационного исследования. Обоснованность и достоверность полученных автором научных результатов подтверждается достаточным объёмом проанализированных отечественных и зарубежных источников по тематике работы, согласованностью теоретических и экспериментальных исследований, корректным применением методов градиентного бустинга деревьев решений, имитационного моделирования процессов взаимодействия сетевого программного обеспечения узлов в беспроводных децентрализованных сетях передачи данных, наличием актов внедрения результатов работы в эксплуатацию ООО «Дипвью Групп», ООО «АДВЕРТ-ПРО» для организации связи между мобильными устройствами, в учебный процесс кафедры вычислительной техники ТулГУ, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, участием в научных конференциях и семинарах всероссийского и международного уровня.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертационная работа написано грамотно, обладает внутренним единством, имеет правильно сформулированную цель, научную новизну, практическую значимость, содержит обоснование полученных результатов и оформлена в соответствии с ГОСТ 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Содержание автореферата соответствует диссертации, в нём изложены основные результаты работы.

Содержание диссертации и область исследования соответствуют пункту 3 – «Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем» паспорта научной специальности «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» (технические науки).

Публикации и апробация результатов работы. По теме диссертации автор сделал 21 публикацию, из которых 3 статьи в сборниках, включённых в международные наукометрические базы Web of Science и Scopus, 4 статьи

квартиля K1 и 5 статей квартиля K2 в журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных результатов диссертационной работы по специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», а также 9 статей в прочих изданиях. Кроме того, автором получено 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Основные результаты диссертационной работы представлены на 9-ой и 10-ой международных конференциях «IEEE Mediterranean Conference of Embedded Computing» (Будва, Черногория, 2020, 2021), 21-ой международной конференции «International scientific and technical conference «Automation-2022» (Сочи, 2022), XVII и XVIII Международных научно-технических конференциях «Recognition» (Курск, 2021, 2023), международном конгрессе «Интеллектуальные системы и информационные технологии (IS&IT-2023)» (Дивноморское, 2023), Всероссийской научно-технической конференции «Интеллектуальные и информационные системы (Интеллект)» (Тула, 2019, 2021), научном семинаре, проводимом ТулГУ, ТГПУ и ОИЯИ (г. Тула, 2022), II-ой межрегиональной научной конференции «Промышленная революция 4.0: Взгляд молодёжи». Кроме того, отдельные результаты диссертационной работы были включены в отчёт по научно-исследовательской работе, выполненной автором в рамках гранта для поддержки молодых ученых по тематике диссертации.

Замечания по диссертации. Недостатков, ставящих под сомнение справедливость и достоверность результатов работы, в диссертации не выявлено. Однако, имеется ряд замечаний:

1. В работе не рассмотрены варианты взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации при построении квазипараллельных маршрутов, когда один из промежуточных узлов уже имеет актуальные маршруты к целевому абоненту и обновления маршрутной информации не требуется.

2. В качестве готовой реализации алгоритма градиентного бустинга деревьев решений выбран алгоритм catboost, но не рассмотрены альтернативные алгоритмы, а также не обоснованы преимущества catboost над ними.

3. Не рассмотрены альтернативные составные метрики эффективности передачи информации по сети, учитывающие как показатели надёжности, так и показатели производительности передачи данных по маршруту. Например, не проанализированы кибернетическая мощность, объём сети связи.

4. В диссертации не проанализированы и в явном виде не обоснованы ограничения на количество узлов сети, при которых применение разработанных автором методов обеспечения взаимодействия сетевого ПО является наиболее эффективным.

5. В пункте 3.3.5 диссертации рассмотрены не все параметры для настройки предложенного автором протокола связи.

Тем не менее, отмеченные замечания не снижают общей научной и практической значимости работы.

Заключение. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача исследования и разработки новых методов и алгоритмов обеспечения взаимодействия программного обеспечения маршрутизации трафика в беспроводных децентрализованных сетях для повышения эффективности передачи трафика по сети.

Диссертационная работа Пестина М.С. «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации» соответствует требованиям, предъявляемым п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства №842 от 24.09.2013г. к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждение учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент:

Директор Института системной и программной инженерии и информационных технологий (СПИНТех) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (Национальный исследовательский университет «МИЭТ»)
Доктор технических наук (05.13.07), профессор

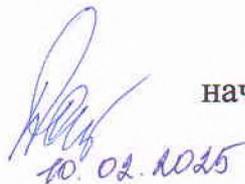
Гагарина Л.Г.



124498, Россия, Москва, Зеленоград, Площадь Шокина, д. 1,
Электронная почта: spintex@yandex.ru,
Телефон: +7-(499) 720-85-54



Подпись официального оппонента
д.т.н., проф. Гагариной Л.Г
удостоверяю



10.02.2025

нач. ОРП Данилова Е.И.

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента Ватутина Эдуарда Игоревича

на диссертационную работу Пестина Максима Сергеевича

«МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЗЛОВ БЕСПРОВОДНЫХ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

I. АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗБРАННОЙ ТЕМЫ

Беспроводные децентрализованные сети являются относительно новой технологией, позволяющей обеспечивать передачу данных между мобильными узлами без использования централизованной инфраструктуры. Их отличительными особенностями являются динамически изменяющаяся ячеистая топология и наличие значительного количества мобильных узлов, которые осуществляют коммуникацию и передачу трафика между собой посредством взаимодействия собственного программного обеспечения при функционировании сети и в процессе обмена информацией. При этом каждый узел сети является как конечной точкой, так и промежуточным маршрутизатором для других абонентов, и, таким образом, все узлы могут участвовать в построении маршрутов передачи трафика и формировании топологии сети.

Одним из важных компонентов обеспечения функционирования беспроводных децентрализованных сетей передачи данных является программное обеспечение сетевой маршрутизации. С увеличением количества устройств, подключенных к беспроводным децентрализованным сетям, ростом объема передаваемых данных, особенно в контексте интернета вещей и мобильных приложений, потребность в эффективном управлении трафиком, которое обеспечивается сетевым ПО, становится критически важной. Беспроводные сети часто характеризуются динамической топологией, где узлы могут присоединяться и покидать сеть. Программное обеспечение маршрутизации должно поддерживать механизмы самоорганизации, позволяющие сетям адаптироваться к изменениям без вмешательства администратора. Для решения этих задач требуются эффективные механизмы взаимодействия между программным обеспечением сетевой маршрутизации.

Проактивные и реактивные методы представляют собой два основных подхода к взаимодействию сетевого ПО в беспроводных децентрализованных сетях передачи данных. Проактивные методы, которые основаны на периодической рассылке служебных сообщений по сети с информацией обо всех изменениях в её топологии, вызывают высокое потребление энергии и пропускной способности. Реактивные методы, в основе которых лежит

широковещательная рассылка сообщений-запросов по требованию, вызывают высокие **задержки в построении маршрутов** из-за необходимости ожидания ответа на запрос. Кроме того, существуют гибридные методы взаимодействия сетевого ПО, комбинирующие механизмы проактивных и реактивных подходов, однако приспособлены под условия функционирования иерархических сетей и сложны в настройке. Перечисленные недостатки существующих методов способствуют снижению эффективности передачи данных по беспроводным децентрализованным сетям при высокой динамике изменения их топологии.

На основании этого можно сказать, что решаемая Пестиным М.С. в рамках диссертации научная задача разработки новых методов и алгоритмов взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации для повышения эффективности передачи трафика имеет высокую степень важности, а **тема диссертационной работы является актуальной.**

II. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, изложенных на 175 страницах печатного текста, списка использованной научной литературы, включающего 139 наименований научных трудов на русском и иностранных языках и 2 приложений, и содержит 67 рисунков, 13 таблиц и 33 формулы.

Во введении автор приводит общую характеристику работы, обосновывает ее актуальность, формулирует объект, предмет, цель и задачи исследования, представляет научную новизну и практическую значимость, положения, выносимые на защиту. Общая характеристика, данная во введении, соответствует фактическому содержанию работы.

В первой главе автор производит анализ современных методов, алгоритмов и протоколов взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации трафика, методов оценки маршрутов, балансировки потоков данных по найденным путям, а также маршрутных метрик и критериев эффективности передачи данных сети. Изучение содержания первой главы диссертации позволяет говорить о способности автора производить анализ отечественной и зарубежной литературы и делать выводы для дальнейших исследований.

Во второй главе Пестин М.С. приводит результаты, имеющие научную новизну, а именно описывает разработанные методы и алгоритмы взаимодействия между сетевым программным обеспечением отдельных узлов при решении задач маршрутизации (построения и восстановления маршрутов), метод оценки маршрутов передачи данных, формируемых в процессе взаимодействия сетевого ПО, метод балансировки потоков трафика в децентрализованных сетях. На основе анализа второй главы можно сделать вывод, что автор способен получать результаты, имеющие теоретическую значимость, а также грамотно их излагать.

В третьей главе рассматривается разработанный автором программный инструмент для моделирования процессов взаимодействия сетевого программного обеспечения в различных сценариях работы беспроводных сетей, предложена архитектура программного обеспечения сетевой маршрутизации отдельных узлов и протокол связи на основе описанных методов и алгоритмов, реализованы программные модули для выполнения процедур сетевой маршрутизации, функционирующие в рамках разработанного программного инструмента. Полученные в третьей главе результаты имеют практическую ценность, а автор показал способность в процессе научной деятельности получать результаты, имеющие практическую значимость.

В четвёртой главе описывается исследование предложенных в работе методов и алгоритмов взаимодействия сетевого ПО и экспериментальное подтверждение того, что их практическая реализация позволяет обеспечить повышение эффективности передачи трафика в децентрализованных сетях в различных сценариях их функционирования. Полученные экспериментальные результаты соответствуют теоретическим положениям работы. Автором продемонстрирована способность выполнения экспериментальных исследований и анализа полученных результатов.

В заключении представлены итоги выполненного исследования, приведены рекомендации, и описаны перспективы дальнейших исследований по теме диссертации.

В целом, обобщая анализ содержания диссертационной работы, можно сказать, что она является завершённой научно-исследовательской работой, которая обладает внутренним единством, обладает научной новизной и практической значимостью. Объект, предмет, научная задача выбраны и сформулированы корректно, соответствует фактическому содержанию диссертации. Все результаты, полученные в работе, являются обоснованными и получены автором лично.

Сущность научного исследования в полном объёме раскрыта в тексте диссертации. Её содержание и положения, выносимые на защиту, соответствует пункту 3 «Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем» паспорта научной специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей». **Диссертация соответствует критериям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней**, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

III. НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ

Научная новизна работы определена новыми методами и алгоритмами взаимодействия сетевого ПО при построении и восстановлении маршрутов в децентрализованных сетях

передачи данных, методами оценки маршрутов передачи данных, формируемых в процессе взаимодействия программного обеспечения сетевых узлов, и балансировки потоков данных в децентрализованных сетях передачи данных.

Разработанные методы и алгоритмы взаимодействия сетевого ПО отличаются от существующих решений совмещением реактивной и проактивной схем обмена сообщениями, совместным использованием адресных и широковещательных информационных ответов. Метод оценки маршрутов отличается от стандартных возможностью динамической фильтрации и упорядочивания информационных сообщений на промежуточных узлах сети. Предложенный метод балансировки потоков данных отличается от известных децентрализованным взаимодействием сетевых узлов при распределении пакетов трафика по квазипараллельным маршрутам с учётом значений их динамических метрик, собираемых при информационном обмене между программным обеспечением сетевой маршрутизации.

Разработанные методы и алгоритмы позволяют повысить значение коэффициента доставки сетевых пакетов и уменьшить сквозную задержку при их передаче по найденным маршрутам, и в целом повысить эффективность передачи трафика по сети. На основе анализа текста диссертации можно сделать вывод, что заявленные результаты обладают научной новизной.

Практическая значимость работы заключается в том, что была произведена разработка ПО для исследования взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации в высокодинамичных децентрализованных сетях, предложена архитектура программного обеспечения сетевой маршрутизации, обеспечивающей интеграцию предложенных методов и алгоритмов в рамках единого решения, создан прототип ПО сетевой маршрутизации на основе протокола связи. Проведённое экспериментальное исследование показало повышение эффективности передачи трафика по сети в соответствии с выбранным критерием в 1,3–1,7 раз.

Практическая значимость подтверждается наличием 4 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, 3 актов внедрения результатов работы.

IV. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Анализ диссертационной работы позволяет **положительно оценивать достоверность полученных результатов**. Выводы и рекомендации, полученные автором в ходе выполнения диссертации, являются **обоснованными**. Это подтверждается достаточным объемом проанализированной литературы по теме исследования, актами внедрения результатов работы в ООО «ДипВью», ООО «АДВЕРТ-ПРО» и учебный процесс ТулГУ, участием соискателя на научных конференциях российского и международного уровня с докладами по тематике

исследования, большим количеством публикаций по теме исследования. Все теоретические и экспериментальные результаты работы согласованы между собой и являются достоверными.

V. НАЛИЧИЕ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

Автором диссертации опубликовано 25 научных работ, из них 9 статей в журналах из перечня ВАК РФ по специальности диссертации, 3 публикации в сборниках, включённых в международные базы научного цитирования Web of Sciences и Scopus, 1 статья в издании РИНЦ, 8 публикаций в сборниках трудов Всероссийских и международных конференций, 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Количество выполненных публикаций соответствует требованиям ВАК к соискателям учёной степени кандидата технических наук.

VI. АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Работа имеет достаточную степень апробации. Соискатель принял участие и выступил с докладами на шести международных конференциях: МЕСО-2020, МЕСО-2021 (г. Будва, Черногория), Automation-2022 (Сочи), Recognition-2021, Recognition-2023 (г. Курск), IS&IT-2023 (с. Дивноморское, Краснодарский край), четырёх Всероссийских и межрегиональных конференциях: Интеллект-2019, Интеллект-2021 (г. Тула), II-ая межрегиональная научная конференции «Промышленная революция 4.0: Взгляд молодёжи» (г. Тула, 2020), межвузовский научный семинар между ТулГУ, ТГПУ и ОИЯИ (2022). Результаты диссертационной работы использованы при выполнении научно-исследовательской работы, выполненной автором в рамках гранта для поддержки молодых ученых по тематике диссертации.

VII. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

По диссертации и автореферату можно выделить следующие недостатки:

1. В диссертационной работе не уделено внимание вопросу организации межсетевого взаимодействия, осуществляемого программным обеспечением сетевой маршрутизации, когда один или несколько узлов беспроводной децентрализованной сети могут являться шлюзами для её соединения с другими сетями.

2. В выполненных экспериментальных исследованиях следовало бы произвести оценку эффективности предложенного метода и осуществить сравнение полученных результатов со стандартными известными методами балансировки сетевого трафика.

3. При анализе литературных источников в явном виде не рассмотрены подходы, методы и алгоритмы взаимодействия сетевого ПО в проводных децентрализованных сетях связи. Весьма вероятно, что отдельные известные методы, алгоритмы и их практические реализации могли бы быть использовать при разработке предложенных в диссертации методов и алгоритмов.

4. В диссертации и автореферате присутствует незначительное количество редакционных погрешностей и неточностей.

Приведённые замечания не носят принципиального характера, не снижают теоретическую и практическую значимость работы, а также общую положительную оценку работы, не ставят под сомнение корректность и обоснованность научных положений, а также полученных результатов, выводов и рекомендаций.

VIII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача повышения эффективности передачи данных в беспроводных децентрализованных сетях связи. Результатом решения сформулированной научной задачи является разработка новых методов и алгоритмов взаимодействия программного обеспечения маршрутизации трафика отдельных узлов, обеспечивающих снижение задержек и повышение коэффициента доставки пакетов до конечного абонента. Научные исследования выполнены на высоком уровне.

Диссертационная работа Пестина М.С. «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации» соответствует требованиям, предъявляемым «Положением о присуждении ученых степеней», утверждённым постановлением правительства № 842 от 24.09.2013 г., к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждение учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент:

Профессор кафедры вычислительной техники
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный
университет», доктор технических наук, доцент

Ватулин Э.И.

«14» 02 2025 г.

Ватулин Эдуард Игоревич:

Шифр специальности, по которой защищена диссертация:

05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94

Телефон/Факс: +7 (4712) 50-48-00

E-mail: rector@swsu.ru



Ватулина Э И

Лист по кадрам

Светлана Ву

14.02.2025