

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.004.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 02 июля 2025 г. № 9

О присуждении Чан Тунг Зыонг, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка методов распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций в сетях связи на основе искусственного интеллекта» по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 30 апреля 2025 года, протокол №6 диссертационным советом 55.2.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 191186, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 61, приказ № 258/нк от 27 марта 2019 года.

Соискатель Чан Тунг Зыонг, 5 октября 1996 года рождения.

В 2020 году соискатель окончил федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» Министерства обороны Российской Федерации. С 2021 года является аспирантом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».

Диссертация выполнена на кафедре сетей связи и передачи данных Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Кучерявый Андрей Евгеньевич, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», кафедра сетей связи и передачи данных, завещующий кафедрой.

Оппоненты:

1. Татарникова Татьяна Михайловна, доктор технических наук, профессор, основное место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Институт информационных технологий и программирования, директор института;

2. Маркелов Олег Александрович, кандидат технических наук, доцент, основное место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра радиотехнических систем, и.о. заведующего кафедрой, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Самуйловым Константином Евгеньевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой теории вероятностей и кибербезопасности, утвержденном Костиным Андреем Александровичем,

доктором медицинских наук, профессором, первым проректором - проректором по научной работе, указала, что представленная диссертация является научно-квалифицированной работой. Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Результаты апробированы на значимых научных конференциях. Основные научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает ее содержание, содержание диссертации соответствует пунктам 2, 4, 6, 7, 11 специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций. На основании изложенного считает, что Чан Тунг Зыонг заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 9, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 3, в том числе 3 по искомой специальности, а также: 1 работа в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования; 5 статей в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций. Из них 1 работа опубликована соискателем без соавторства. Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 2,79 печ.л. из общего количества 45,3 печ.л. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Чан Т. З. Размещение воздушных базовых станций в трёхмерной сети для поддержки наземного сегмента / Т. З. Чан, А. Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2025. – № 3. – С. 17-25.

2. Чан Т. З. Оптимизация использования ресурсов воздушных базовых станций на основе методов искусственного интеллекта / Т. З. Чан, А. Е. Кучерявый // Труды учебных заведений связи. – 2025. – Т. 11. – № 1. – С. 62-68.

3. Чан Т. З. Оптимизация распределения пользователей, мощности и расположения воздушной базовой станции на основе методов глубокого обучения с подкреплением / Т. З. Чан, А. Е. Кучерявый // Труды учебных заведений связи. – 2025. – Т.11. – № 2. – С. 32-40.

Публикации в изданиях, индексируемых в МБЦ:

4. Tran T. D. Aerial Base Station Location Assisting Terrestrial Systems in 3D network/ T. D. Tran, Muthanna A., Koucheryavy A. // Lecture Notes in Computer Science (LNCS). Cham: Springer Nature Switzerland. – 2024. – Vol. 15554. – pp. 194-208.

Публикации в других изданиях:

5. Чан Т. З. Трехмерное размещение воздушных базовых станций для поддержки наземной сети на основе адаптивной оптимизации роя частиц / Т. З. Чан, А. Е. Кучерявый // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2024. – Т. 12. – № 3. – С.1-12.

6. Чан Т. З. Распределение ресурсов в беспроводной сети связи с базовой станцией на воздушной платформе: Обзор / Т. З. Чан // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2024. – Т. 12. – № 2. – С. 40-47.

7. Чан Т. З. Распределения пользователей в сетях пятого и последующих поколений/ Т.З. Чан Нгуен Дык Ту, А. Е. Кучерявый// 80-я Научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная Дню радио. – 2025. – С.179-181.

8. Чан Т. З. Трехмерные многослойные гетерогенные сверхплотные сети / А. Е. Кучерявый, А. И. Парамонов, М. А. Маколкина, А. С. А. Мутханна, А. И. Выборнова, Р. А. Дунайцев, М. В. Захаров, Л. С. Горбачева, Т. З. Чан, А. В. Марочкина // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2022. – Т. 10. – №. 3. – С. 1-12.

9. В направлении устойчивых сетей на основе воздушных базовых станций: обзор энергоэффективных протоколов маршрутизации / Нгуен Дык Ту, Т. З. Чан, А. С. Мутханна, А. Е. Кучерявый // 80-й Научно-техническая

конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная Дню радио. – 2025. – С.186-189.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: официального оппонента Татарниковой Т.М., д.т.н., проф., директора института информационных технологий и программирования Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения; Маркелова О.А., к.т.н., доцента, и.о. заведующего кафедрой радиотехнических систем Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина); ведущей организации РУДН; Никульского И.Е., д.т.н., с.н.с., главного специалиста, зам. главного конструктора ЦНПО «Ленинец»; Гольдштейна А.Б., д.т.н., доц., генерального директора НТЦ «АРГУС»; Колбанёва М.О., д.т.н., проф., профессора кафедры информационных систем и технологий Санкт-Петербургского государственного экономического университета; Ковтуненко А.С., к.т.н., доцента, доцента кафедры информатики Уфимского университета науки и технологий; Степанова С.Н., д.т.н., профессора, заведующего кафедрой сетей связи и систем коммутации Московского технического университета связи и информатики; Самойлова А.Г., д.т.н., профессора, профессора кафедры радиотехники и радиосистем Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых; Бурановой М.А., д.т.н., доцента, профессора кафедры информационной безопасности Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики.

Все отзывы положительные, но есть критические замечания. В первой главе приводится анализ воздушных платформ для размещения узлов сети связи, однако автор акцентирует основное внимание на достоинствах тех или иных решений и мало внимания уделяет недостаткам и ограничениям. Например, возможности функционирования НАР в условиях низких температур, малой освещенности, стабильности их положения. Наличие анализа недостатков существенно расширило бы представления о возможности использования тех или иных решений. При описании распределения пользователей по территории во

второй главе автору следовало бы более подробно описать используемую модель точечного процесса или метода формирования неравномерного распределения пользователей. Автор в работе приводит ряд аналитических выражений, в которых фигурируют параметры мощности, отношения сигнал/шум, затухания, а для примеров приводит их численные значения, используя обозначения, приведенные в формулах. Однако, численные значения зачастую приводятся не в том виде, в котором они должны быть в формуле. Во второй главе автор вводит аналитические выражения (2.4) и (2.5) для расчета отношения сигнал/(шум + помеха), в которых фигурируют параметры мощности базовых станций, которые в этих выражениях должны измеряться в единицах мощности, однако в таблице 2.2 для этих же обозначений приводятся значения уровня мощности в логарифмических единицах. Аналогично, в третьей главе – выражение (3.4) и таблица 3.1, в четвертой главе – выражения (4.5) и (4.6) и таблица 4.1. В работе имеет место ряд неудачных формулировок и выражений, отдельные опечатки. Функция вознаграждения в DDPG исключает компонент GBS, считая, что его вклад остаётся постоянным, но в реальной многопользовательской системе даже небольшие изменения в распределении ресурсов между ABS и GBS могут повлиять на общую производительность. Это упрощение может вызвать существенное отличие модели от реальной системы и необходимо его формализовать. Автором в работе использовано равномерное распределение мощности между пользователями, которые подключаются к GBS. В реальных условиях QoS варьируется, и это может быть источником ошибок или снижения производительности. Данное упрощение модели также требует формализованного описания. В тексте диссертации отсутствуют расшифровки некоторых отдельных аббревиатур, которые введены без описания. В содержании присутствует дублирование (например, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ) – дважды в разных главах; встречаются орфографические неточности (ЗАКЛЮЧЕНИЕ вместо ЗАКЛЮЧЕНИЕ). На стр.24 утверждает, что «SAGSIN в основном базируется на наземной сети, которая расширяется за счет космической сети, обеспечивая поддержку различных сетевых сервисов в пространстве, воздухе, на суше и в

море». Это не совсем верно, поскольку воздушная сеть также имеет большое значение о общей структуре интегрированной сети, что наглядно иллюстрируется, в том числе, и результатами диссертационной работы. На стр.56 алгоритм PSO является одним из множества метаэвристических алгоритмов, поэтому хотелось бы видеть более подробное обоснование для его выбора для решаемой в диссертационной работе задачи. В главе 3 достаточно часто встречается обозначение t-greedy, хотя для решения задачи используется жадный алгоритм e-greedy. На стр.92 требуется более развернутое представление MDP (Марковский процесс принятия решений). Автор работы уделил значительное внимание разработке методов максимизации скорости передачи данных в рассматриваемой им сети, однако вопросы анализа показателей качества обслуживания различных классов трафика в рассматриваемой сети проанализированы им не в полной мере. При разработке метода максимизации скорости передачи данных не учтено влияние надежности элементов сети. В качестве замечаний следует отметить отсутствие единиц измерения величин, входящих в приведенные аналитические выражения, что несколько затрудняет восприятие. Помимо этого, не совсем понятно, что понимать под словосочетанием «общая скорость передачи данных». Условия моделирования, сформулированные на стр.12 автореферата, накладывают определенные ограничения на возможность обобщения полученных результатов в части снижения помех и повышения эффективности обслуживания. Из графика на рисунке 6 на стр.18 осталось неясным, насколько данные зависимости останутся справедливыми для сценария движения устройства в пространстве. На странице 20 автореферата скорость передачи данных в таблице 1 и на рисунке 7 измерены в битах в секунду, при этом показанные значения скорости очевидно представлены для единиц измерения килобит или мегабит в секунду. Из автореферата не ясно, почему при моделировании для определения суммарной скорости передачи данных рассмотрено столь малое число пользователей (от 5 до 10). Не рассмотрено, что будет происходить при большем числе пользователей, что было бы полезно с учетом особенностей современных сетей связи. На стр.12 автор пишет о нормальном распределении пользователей в

ограниченной (центральной) подзоне. Нормальное распределение не может быть ограничено, если речь идет об ограниченной зоне, то скорее всего применялось усеченное нормальное распределение. Скорость передачи данных базовых станций на рисунке 6 измеряется в десятках Мбит/с, а в таблице 1 – сотнях бит/с. Автор не поясняет, чем обусловлено такое отличие скоростей передачи данных. В автореферате не указаны причины экстремума на зависимости суммарной скорости передачи данных в гибридной воздушно-наземной сети связи от радиуса покрытия наземной сети (рис. 7, стр.20). Не указано, какой выигрыш дает Q-learning по сравнению с более простыми жадными или итеративными методами оптимизации. Следует пояснить, каким образом предложенная модель учитывает перемещение пользователей и динамику изменения их плотности в процесс моделирования

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются известными учеными в области сетей и систем связи, а ведущая организация – несомненным лидером по системам массового обслуживания для сетей связи. д.т.н., профессор Т.М. Татарникова – одна из ведущих ученых в области развития сетей и систем телекоммуникаций, имеющая большой опыт и существенные публикации как в целом по проблемам построения сетей и предоставляемых ими услуг, так и в области новых технологий телекоммуникаций. К.т.н., доцент О.А. Маркелов хорошо известен своими трудами в области теории телетрафика и теории массового обслуживания применительно к современным сетям и системам связи. Ведущая организация – Российский университет дружбы народов за последние годы зарекомендовала себя крупными достижениями в области сетей и систем связи пятого и последующих поколений. Отзыв сформирован на кафедре теории вероятностей и кибербезопасности, заведующим которой является известный специалист в области сетей связи д.т.н. профессор К.Е. Самуйлов, им же и подписан.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод увеличения пропускной способности сети посредством совместного оптимизационного подхода к размещению ABS и распределению мощности между пользователями и метод комплексного решения задач ассоциаций пользователей, распределения ресурсов и выбора оптимальной позиции ABS в гибридных сетях;

предложены модель и метод оптимального размещения ABS в трёхмерном пространстве для поддержки GBS в условиях высокой нагрузки при разной плотности пользователей в различных регионах;

доказано, что применение алгоритмов обучения с подкреплением снижает необходимую высоту установки станций и повышает скорость передачи данных на 10–20%, зависимо от количества обслуживаемых абонентов;

введен новый динамический параметр, на основе которого проводится оптимизация – радиус покрытия GBS.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность использования метода Q-learning и жадного алгоритма e-greedy для максимизации скорости передачи данных в гибридных воздушно-наземных сетях;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследования, в т.ч. методы теории телетрафика и теории массового обслуживания, теории вероятностей, теории оптимизации;

изложены элементы использования метода Q-learning и жадного алгоритма e-greedy для максимизации скорости передачи данных в гибридных воздушно-наземных сетях, идеи об использовании методов глубокого обучения DDPG и DQN для решения проблем ассоциации пользователей, распределения энергии и оптимизации местоположения ABS в гибридных сетях на основе радиуса покрытия GBS как динамического параметра;

раскрыты взаимодействие роботов-манипуляторов с сетью и характеристики генерируемого при этом трафика;

изучены устойчивое функционирование роботов-манипуляторов при их взаимодействии с сетью и взаимосвязь устойчивого функционирования с расстоянием, на котором осуществляется управление роботом по сети связи;

проведена модернизация известных ранее характеристик трафика сетей связи с расширением их значений при использовании взаимодействия робот-манипулятор – сеть.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны научно-обоснованные методы планирования гибридной воздушно-наземной сети связи, а также **внедрены** основные результаты диссертационной работы в учебный процесс для обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры;

определены возможности использования метода Q-learning и жадного алгоритма e-greedy, что позволяет уменьшить высоту расположения ABS и одновременно увеличить скорость передачи данных на 10-20% в зависимости от числа пользователей;

создана методика размещения ABS в трехмерном пространстве для поддержки GBS в условиях перегрузки при различной плотности пользователей в нескольких районах;

представлены новая модель и методика с использованием метаэвристического алгоритма PSO при различной плотности пользователей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены при использовании широко распространенных в научной среде систем имитационного моделирования ;

теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, в т.ч. на результатах фундаментальных работ в области теории телетрафика отечественных и зарубежных ученых;

идея максимизации скорости передачи данных с помощью распределения мощности среди пользователей с использованием методов обучения с

подкреплением **базируется** на обобщении передового опыта и использовании неизвестных ранее взаимосвязей;

использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и/или количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в том, что основные результаты диссертации получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: об уточнении траекторий движения базовых станций, о площади покрытия БС и возможности использования географических координат, об уточнении потерь при использовании упрощенных моделей.

Соискатель Чан Тунг Зыонг в ходе заседания **ответил** на задаваемые ему вопросы, **согласился с замечаниями** и привел собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Исследование и разработка методов распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций в сетях связи на основе искусственного интеллекта» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также пунктам 2, 4, 6, 7, 11 паспорта научной специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

На заседании 02 июля 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Чан Тунг Зыонг ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи разработки методов для оптимизации распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций на основе искусственного интеллекта., имеющую значение для отрасли цифрового развития и связи, а также специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за –15, против –нет, недействительных бюллетеней –нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Гоголь Александр Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Владыко Андрей Геннадьевич

02 июля 2025 года

