



**«Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы» (РУДН)**

ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198
ОГРН 1027739189323; ОКПО 02066463; ИНН 7728073720

Телефон: +7495 434 53 00, факс: +7495 433 15 11
www.rudn.ru; rudn@rudn.ru

03 июня 2025
№ 05-07/12554

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор -
проректор по научной работе
РУДН им. Патриса Лумумбы,
доктор медицинских наук, профессор,
член-корреспондент РАН

Костин Андрей Александрович

« 03 » июня 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования**

**«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
(РУДН)**

на диссертацию Чана Тунга Зыонга на тему «Исследование и разработка
методов распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций
в сетях связи на основе искусственного интеллекта», представленную к защите
в диссертационном совете Д 55.2.004.01

на базе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПб ГУТ)
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы диссертационной работы

Основное направление развития сетей связи в настоящее время на
среднесрочную и долгосрочную перспективу связано с созданием сетей связи
пятого и последующих поколений. Сложность построения таких сетей,
появление принципиально новых услуг, в том числе услуг телеприсутствия,
требует интеграции ресурсов всех сетей, входящих в структуру сетей связи

общего пользования. В последнее время в связи с развитием новых технологий появилась реальная возможность для широкого использования при построении сетей связи пятого и последующих поколений гибридных воздушно-наземных сетей.

Одной из основных проблем создания гибридных воздушно-наземных сетей связи является оптимизация распределения ресурсов в таких сетях. Автор в своей работе вносит весомый вклад в это научное направление, исследуя и разрабатывая методы распределения ресурсов в гибридных воздушно-наземных сетях с использованием метаэвристических алгоритмов, методов искусственного интеллекта с подкреплением и глубокого обучения. Таким образом, тема представленной на отзыв диссертационной работы “Исследование и разработка методов распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций в сетях связи на основе искусственного интеллекта” является, несомненно, актуальной.

**Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.
Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 131 наименования и одного приложения.

Научная новизна диссертационной работы проявляется уже непосредственно в самом названии. Исследования и разработки в области методов распределения ресурсов в гибридных воздушно-наземных сетях исключительно востребованы мировым сообществом в настоящее время. Основное внимание автором уделяется вопросам распределения ресурсов между воздушными базовыми станциями ABS (Aerial Base Station) и наземными базовыми станциями GBS (Ground Base Station) в процессе планирования построения гибридных воздушно-наземных сетей связи.

В первой главе рассмотрен процесс эволюции телекоммуникационных сетей и актуальность архитектуры SAGSIN, включающей космические, воздушные, наземные и морские компоненты. При этом отмечается, что каждый тип сети обладает своими преимуществами и ограничениями: широкое покрытие спутников, гибкость воздушных платформ, высокая скорость наземной связи. Поэтому далее на основе проведенного анализа автор исследует возможности и разрабатывает методы распределения ресурсов в гибридных воздушно-наземных сетях с использованием метаэвристических алгоритмов, методов искусственного интеллекта с подкреплением и глубокого обучения.

Во второй главе разработаны модель и методика размещения ABS в трехмерном пространстве для поддержки GBS в условиях перегрузки,

отличающиеся тем, что задача решается при различной плотности пользователей в нескольких районах на основе метаэвристического алгоритма PSO в условиях большой плотности пользователей в густонаселенных районах, на фестивалях и спортивных мероприятиях.

В третьей главе разработан метод максимизации скорости передачи данных при использовании ABS, отличающийся тем, что максимизация осуществляется на базе совместной оптимизации размещения ABS и распределения мощности среди пользователей на основе использования методов обучения с подкреплением, а именно метода Q-learning и жадного алгоритма ϵ -greedy, что позволяет уменьшить высоту расположения ABS и одновременно увеличить скорость передачи данных на 10-20% в зависимости от числа пользователей.

В четвертой главе разработан метод оптимизации для решения проблем ассоциации пользователей, распределения энергии и оптимизации местоположения ABS в гибридных сетях, отличающийся тем, что оптимизация проводится на основе радиуса покрытия GBS как динамического параметра и использования методов глубокого обучения DDPG и DQN, первый из которых дает увеличение скорости передачи на несколько процентов во всем исследованном диапазоне изменения радиуса покрытия GBS по сравнению со вторым методом.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке моделей, методов и методик для планирования гибридных сетей воздушных и наземных базовых станций на основе использования искусственного интеллекта. При этом разработана новая модель и методика с использованием метаэвристического алгоритма PSO при различной плотности пользователей. Предложено использование метода Q-learning и жадного алгоритма ϵ -greedy для максимизации скорости передачи данных в гибридных воздушно-наземных сетях. Кроме того, предложено использовать радиус покрытия GBS как динамический параметр и для решения задачи оптимизации на основе этой метрики применить методы глубокого обучения DDPG и DQN для планирования современных сетей связи.

Практическая ценность работы состоит в разработке научно-обоснованных методов планирования гибридной воздушно-наземной сети связи, а также в использовании основных результатов диссертационной работы в учебном процессе для бакалавров и магистров.

Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Интернет вещей и самоорганизующиеся сети», «Современные

проблемы науки в условиях перехода к сетям шестого поколения (6G)», «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при проведении научно-исследовательских работ в области современных телекоммуникационных сетей и систем в профильных НИИ, при проектировании и планировании современных сетей связи ПАО «ТИПРОСВЯЗЬ», операторскими компаниями ПАО «Ростелеком», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», ПАО «МТС», а также при подготовке специалистов по современным сетям и системам связи в университетах НИУ ВШЭ, РУДН, СПб НИУ ИТМО, СПбПУ Петра Великого, ПГУПС Императора Александра I, СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, ПГУТИ, МТУСИ, СибГУТИ и др.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования, а также публикациями в журналах из перечня ВАК и выступлениями как на российских, так и на международных научных конференциях.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Экспериментальные исследования проведены под научным руководством автора при его непосредственном участии.

Полнота опубликования и апробация результатов исследования

Основные результаты диссертации опубликованы в 9 работах, в том числе в 3 работах в журналах из перечня ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации; 1 работе в изданиях, включенных в международную базу цитирования SCOPUS; 5 работах в других научных изданиях и материалах конференций.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: The International Conference on Advanced Computing & Next-Generation Communication (ICACNC) – Санкт Петербург – 12.10.2023 - 13.10.2023, 24th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networks and Systems (NEW2AN) – Марракеш (Марокко) – 12.12.2024 - 13.12.2024, 8th International Conference on Future Networks & Distributed Systems (ICFNDS) – Марракеш (Марокко) – 1.12.2024 - 11.12.2024, 80-я научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТОРЭС им. А.С.Попова, посвященная Дню Радио. 21-25 апреля 2025 года, Научно-

техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов СПбГУТ, 17-21 февраля 2025, семинары кафедры сетей связи и передачи данных СПбГУТ.

Правильность оформления диссертации и автореферата, соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Автореферат адекватно и в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации. Автореферат содержит краткое изложение материалов диссертационной работы по главам и полностью соответствует содержанию самой диссертационной работы.

Недостатки работы

1. На стр.24 утверждается, 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 в общей структуре интегрированной сети, что наглядно иллюстрируется, в том числе, и результатами диссертационной работы.
2. 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.
3. В главе 3 достаточно часто встречается обозначение t-greedy, хотя для решения задачи используется жадный алгоритм ϵ -greedy.
4. На стр.92 требуется более развернутое представление MDP (Марковский процесс принятия решений).

Заключение

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Чана Тунга Зыонга. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача разработки методов для оптимизации распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций на основе искусственного интеллекта, имеющая значение для отрасли цифрового развития и связи, а также специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. 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 и 11 специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты. На основании изложенного считаем, что диссертация Чана Тунга Зыонга «Исследование и разработка методов распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций в сетях связи на основе искусственного интеллекта» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 01.01.2025 года), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций, а ее автор Чан Тунг Зыонг заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Заключение принято на заседании кафедры прикладной информатики и теории вероятностей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» 27.05.2025 (состав кафедры – 37, присутствовали – 31), протокол № 0200-54/01-БУП-10.

02.06.2025

Заведующий кафедрой теории вероятностей
и кибербезопасности РУДН,
доктор технических наук
(специальность 05.13.17 -Теоретические
основы информатики), профессор



К.Е. Самуйлов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
(ФГАОУ ВО РУДН им. Патриса Лумумбы)
Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6
Тел.: +7 (495) 434-70-27
E-mail: rector@rudn.ru