

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 16 сентября 2026 г. № 13

О присуждении Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн, гражданке Республики Ирак, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование и разработка методов построения сетей связи с распределенным искусственным интеллектом для поддержки услуг телеприсутствия» по специальности 2.2.15, Системы, сети и устройства телекоммуникаций принята к защите 03 июля 2026 года, протокол № 8 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 Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн, 25 мая 1989 года рождения, в 2017 году окончила Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ с присвоением квалификации «магистр» по специальности «11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

В 2026 году окончила освоение программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре 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»

Научный руководитель – доктор технических наук, Мутханна Аммар Салех Али, 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, профессор кафедры.

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. Степанов Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, основное место работы: Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», кафедра интеллектуальных сетевых и облачных технологий, доцент кафедры, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Кучерявым Евгением Андреевичем, доктором технических наук, профессором, директором Научно-исследовательского института телекоммуникаций НИУ ВШЭ и Круком Евгением Аврамовичем, доктором технических наук, заслуженным профессором, научным руководителем Научно-исследовательского института технологий НИУ ВШЭ, утвержденным Роциным Сергеем Юрьевичем, кандидатом экономических наук, доцентом, проректором федерального государственного автономного

образовательного учреждения «Национальный исследовательский университет» «Высшая школа экономики», указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой. Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Результаты широко апробированы на значимых российских и зарубежных конференциях. Основные научные результаты достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает ее содержание, содержание диссертации соответствует специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций. На основании изложенного считаем, что диссертация Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций, а ее автор Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 17, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, – 3, в том числе 3 в изданиях, соответствующих искомой специальности, а также: 6 работ в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования; 8 статей в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций. Общий объем авторского вклада в работы составляет 4,3 печ.л. из общего количества 6,7 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. Аль-Кереа З.А.Х., Мутханна А.С.А., Кучерявый А.Е. Интеллектуальная бессерверная вычислительная система для услуг телеприсутствия // Труды учебных заведений связи. – 2025. – Т. 11, № 4. – С. 18-27.

2. Аль-Кереа З.А.Х. Трехуровневая сетевая архитектура для выгрузки задач в сетях 6G на основе технологий граничных вычислений / З.А.Х. Аль-Кереа, А.С.А. Мутханна // Электросвязь. – 2025. – № 11. – С. 15-24.

3. Аль-Кереа З.А.Х. Архитектурная эволюция сетей: распределенный интеллект и конвергенция космических, воздушных, наземных и подводных сетей связи / З.А.Х. Аль-Кереа, А.С.А. Мутханна, А.Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2025. – № 10. – С. 63-71.

Публикации в изданиях, индексируемых в МБЦ:

1. Zahraa Al-Kerea, Hussein Yasir, Tatyana Lapteva, Artem Volkov, Ammar Muthanna, and Maha Ibrahim. 2025. Hybrid traffic Offloading method for distributed edge computing in 6G networks. In Proceedings of the 8th International Conference on Future Networks & Distributed Systems (ICFNDS '24). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 930-937.

2. Zahraa Al-Kerea, Hussein Yasir, Olga Vorozheykina, Ammar Muthanna, and Nargizakhon Nosirkhuja kizi Shamshieva. 2025. Intelligence serverless computing system for telepresence services. In Proceedings of the 8th International Conference on Future Networks & Distributed Systems (ICFNDS '24). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 938-944.

3. Zahraa Al-Kerea, Hussein Yasir, Alsarhan Mohammed Qahtan, Lyubov Gorbacheva and Ammar Muthanna. A novel collaborative reinforcement learning method for Human-to-Avatar Interactions. Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. 2025. pp.67-78.

4. Al-Kerea Z., Yasir H., Muthanna A., Volkov A. (2026). Distributed Intelligence Empowered 6G Networks: A Hybrid Optimization Perspective. In: Vishnevskiy V.M., Samouylov K.E., Kozyrev D.V., Ivanova N.M. (eds) Distributed Computer and Communication Networks. DCCN 2025. Lecture Notes in Computer Science, vol 16378. Springer, Cham.

5. Al-Kerea Z., Yasir H., Muthanna A., Volkov A. (2026). Edge Computing Platform for Telepresence Services Based on Artificial Intelligence Algorithms. In: Vishnevskiy V.M., Samouylov K.E., Kozyrev D.V., Ivanova N.M. (eds) Distributed Computer and

Communication Networks. DCCN 2025. Lecture Notes in Computer Science, vol 16378. Springer, Cham.

6. Al-Kerea Z., Yasir H., Muthanna A., Koucheryavy A. (2026). Flexible Load Management Algorithm in Future 6G Networks Based on Federated Deep Reinforcement Learning. In: Vishnevskiy V.M., Samouylov K.E., Kozyrev D.V., Ivanova N.M. (eds) Distributed Computer and Communication Networks. DCCN 2025. Lecture Notes in Computer Science, vol 16378. Springer, Cham.

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; официального оппонента Степанова М.С., к.т.н., доц., доцента кафедры интеллектуальных сетевых и облачных технологий Московского технического университета связи и информатики; ведущей организации – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ); Ковтуненко А.С., к.т.н., доц., доцента кафедры телекоммуникационных систем Уфимского университета науки и технологий; Гольдштейна А.Б., д.т.н., доц., генерального директора ООО «НТЦ АРГУС»; Маркелова О.А., к.т.н., доц., заведующего кафедрой радиотехнических систем Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина); Самойлова А.Г., д.т.н., проф., профессора кафедры радиотехники и радиосистем Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых; Бурановой М.А., д.т.н., доц., профессора кафедры информационной безопасности Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики.

Все отзывы положительные, но имеются следующие замечания. При описании (определении) интеллектуальных пограничных вычислений автор говорит, что это форма обработки данных децентрализованным способом и подчеркивает ее достоинства. Автору следовало бы заметить, что достоинства такой формы будут проявляться лишь при определенных условиях, и раскрыть эти условия.

Централизованная форма обработки тоже может быть эффективнее чем децентрализованная, при определенных условиях, и также раскрыть эти условия. Сокращение задержки за счет уменьшения расстояния безусловно имеет место быть, но ее величина должна быть соизмерима с временем обработки данных сервером или пограничным вычислительным устройством. Автор часто упоминает о величине задержки в 1 мс, однако не поясняет между какими точками сети и какими событиями эта величина должна иметь место. Например, рекомендации 3GPP в 18 релизе декларируют задержку в 0,5 мс в RAN (сети радиодоступа), но не в ядре сети. Рассматривая сетевую кластеризацию (стр. 90), автор приводит пример применения алгоритма k-средних. В этом примере не отражен случайный характер результата, получаемый при кластеризации, зависящий от выбранных начальных условий. Это может быть существенно при решении конкретных задач. Формула (2.1) дает лишь приблизительную оценку энергозатрат на передачу, т.к. на них влияют и многие другие факторы, она скорее демонстрирует их квадратичную зависимость от расстояния, но не абсолютную величину. Поэтому в ней следовало бы использовать не знак строгого равенства, а знак пропорциональности или приближенного равенства. В формуле 2.3, при текущих условиях задачи первое слагаемое, выражающее задержку на распространение сигнала, на три-четыре порядка меньше второго слагаемого, выражающего задержку на передачу. Практически, в данном случае им можно пренебречь. Автору стоило бы отметить, что время распространения существенно, когда оно соизмеримо с остальными компонентами, определяющими задержку. Разработанная и описанная в главе 2 гибридная модель безусловно позволяет решать задачу оптимизации сети, однако зависимость качества беспроводных каналов связи от уровня сигнала, который, в свою очередь, зависит от расстояния, учитывается лишь косвенно через энергетические затраты, что ограничивает ее возможности по управлению качеством. На стр. 99 целевая функция задачи оптимизации описана лишь вербально взвешенной суммой, не приведена ее формула и значения весовых коэффициентов для ее слагаемых. В работе имеют место отдельные опечатки и неточности, например: в описании выражения (4.1), вероятно, допущена ошибка, т.к. в скобках имеет место сумма

величин с различной размерностью; графики 3.3 и 3.4 мало информативны, поскольку на них приведены горизонтальные прямые, демонстрирующие лишь отсутствие зависимости от величины, отложенной по оси ординат. В главе 2 (раздел 2.2) при описании кластерной архитектуры не приведено обоснования выбора именно пяти кластеров – следовало бы добавить анализ зависимости производительности от числа кластеров. В формуле (3.1) для динамического порога весовые коэффициенты α , β , γ , δ приняты равными 1 без пояснения их оптимальности. Было бы полезно исследовать чувствительность порога к изменению этих коэффициентов. При моделировании гибридной выгрузки (глава 3) предполагается, что все узлы имеют одинаковую вычислительную мощность, что в реальных условиях может не выполняться. Желательно рассмотреть более гетерогенный сценарий. В четвертой главе комбинированный метод SMRA+MEC сравнивается только с базовыми MEC и SMRA; для полноты картины стоило бы добавить сравнение с эвристическими алгоритмами (например, «жадными» или генетическими). В тексте автореферата используются англоязычные и русскоязычные сокращения (например, SMRA, INC, НИОКС) без расшифровки, что затрудняет понимание. Неясно, что означает «бесшовное внедрение передовых технологий» на стр. 3. Предложение «Подробные оценки производительности указывают на постоянное сокращение времени ожидания и повышение энергоэффективности, что делает выводы весьма надежными» на стр. 8 плохо сформулировано и никак не соответствует разделу «Степень достоверности и апробация результатов». На рис. 1(в) следовало бы указать, в чем измеряются расходы, отложенные по оси ординат, и почему они всегда остаются на уровне 2000. В тексте встречаются стилистические погрешности и обороты, характерные для перевода с иностранного языка; в отдельных местах введения используется форма изложения от первого лица единственного числа («Моя цель в этом случае заключается...»), что не соответствует принятому в диссертационных работах безличному стилю изложения. Аббревиатура SMRA, вынесенная в название главы 4 и являющаяся элементом предлагаемого решения, не раскрывается в тексте введения. В тексте используются аббревиатуры (SMRA, INC, NIOKS, PSO-GA,

полных названий, что затрудняет понимание материала читателями, не являющимися специалистами в данной области. На стр. 3 встречается расплывчатая фраза «бесшовное внедрение передовых технологий», которая не имеет точного технического значения и в большей степени характерна для журналистского стиля. В разделе под названием «Степень достоверности и апробация результатов» (стр. 8) содержится расплывчатая формулировка о «постепенном сокращении времени ожидания», что не соответствует стандартному содержанию данного раздела (в котором обычно описываются методы проверки и сравнения с аналогичными системами). На рис. 1(в) не указаны единицы измерения значения «Расходы», а также не объясняется, почему это значение остается постоянным (на уровне 2000) во всех экспериментах, что ставит под сомнение информативную ценность данного графика. На рис. 4 представлено сравнение времени расчета нагрузки в зависимости от количества задач; однако графики показывают, что время расчета практически не зависит от количества задач, что противоречит ожидаемой логике и, вероятно, указывает на неверный масштаб или неверные параметры моделирования. При описании гибридной модели выгрузки вычислительных задач для 6G-сетей, основанной на комбинированном использовании MEC и INC, представленной на рис. 3, не уточняется, какие значения могут принимать весовые коэффициенты α , β , γ , δ , применяемые для расчёта динамического порога DT. При описании параметров моделирования, представленных в таблице 1, не указано, каким образом выбирали данное число узлов и задач. В тексте автореферата встречаются опечатки. Рисунки 5 и 10, по-видимому, дублируют информацию, уже приведённую в тексте в виде числовых значений (в форме списка), и могут быть признаны излишними. В автореферате часто упоминается использование имитационного моделирования, однако не уточняется, в какой среде (например, MATLAB, ns-3, OMNeT++ и т.д.) и каким именно образом оно проводилось, что снижает воспроизводимость результатов. В автореферате имеется коллизия – на стр. 8 указано 6 публикаций, входящих в международные базы данных Scopus, а в списке опубликованных работ на стр. 21 только 3 публикации. На стр. 19 пункт 9 изложение от первого лица и ошибочная ссылка на рис. 3.2, вместо рис. 3. Отсутствуют описания рисунков 1 и 2,

а также ссылки на них в тексте. На рис. 1(в) не указаны единицы измерения затрат. Все графики на рис. 1 построены как зависимость от неких «итераций», смысл которых не раскрыт в тексте автореферата. На стр. 13 указано, что предлагаемый гибридный метод «остаётся более сбалансированным», чем метод обработки задачи внутри сети, но из текста автореферата и прилагаемых графиков этого не следует. Из текста автореферата не очевидно, что в работе рассматриваются именно «сети связи с распределённым искусственным интеллектом», вынесенные в тему научного исследования. В тексте автореферата присутствуют орфографические и синтаксические ошибки и опечатки.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что д.т.н., проф. Татарникова Т.М. является одним из ведущих специалистов в области исследования сетей связи и, в частности, сетей связи пятого поколений. К.т.н., доц. Степанов М.С. хорошо известен своими трудами в области теории телетрафика и теории массового обслуживания применительно к современным сетям и системам связи. Выбор НИУ ВШЭ в качестве ведущей организации обусловлен её научно-практической компетентностью: университет обладает глубокой экспертизой по тематике сетей 6G и интеграции искусственного интеллекта в телекоммуникации, подкреплённой участием в программе «Приоритет-2030», функционирующим исследовательским стендом и активной публикационной деятельностью научных сотрудников.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработаны гибридная модель и метод, в которых используется динамический порог, имеющий комплексное и многофакторное определение и позволяющий дать объективную оценку эффективности выбранного метода обработки конкретной задачи 8 и определить выбор метода вычислительной задачи (MEC, INC или гибридный);

предложена система выгрузки задач, основанная на пограничных вычислениях с множественным доступом и внутрисетевых вычислениях, позволяющая сократить время ожидания и оптимизировать использование ресурсов за счёт динамического

планирования вычислительных задач между серверами МЕС и сетевыми устройствами;

доказано, что предложенная система выгрузки задач и гибридная модель использования технологий INC и МЕС могут сократить задержку примерно на 70%;

введено понятие интегрированных внутрисетевых и пограничных вычислений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что методика построения сетей связи пятого и последующих поколений с использованием технологий граничных вычислений и интегрированных внутрисетевых позволяет уменьшить задержку примерно на 70%;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы теория стохастической оптимизации для построения аналитической модели и методики экспериментальной проверки;

изложены ключевые особенности предоставления услуг размещения программных приложений в граничных вычислительных системах;

раскрыта необходимость унифицирования сетевых приложений для обеспечения архитектурной гибкости в процессе миграции приложений;

изучены характеристики и свойства трафика и приложения для выгрузки в граничные вычислительные системы;

проведена модернизация существующих математических моделей сетей, методик выбора алгоритма для миграции трафика.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: результаты диссертационного исследования **внедрены** в образовательный процесс при чтении лекций, проведении практических и лабораторных работ в СПбГУТ по дисциплинам «Системы, сети и устройства телекоммуникации» и «Искусственный интеллект в сетях связи»;

определены возможности применения предлагаемых моделей и методов на практике при внедрении технологий интеллектуального распределения сетевых ресурсов;

создана система практических рекомендаций для планирования сетей и систем шестого поколения;

представлены результаты имитационного моделирования, которые позволяют продемонстрировать эффективную работу методов миграции сервисов в сетях 6G.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: для экспериментальных работ результаты получены с использованием широко известной системы моделирования Matlab, обеспечивающей необходимую достоверность экспериментальных исследований;

теория построена на известных положениях теории математической статистики и искусственного интеллекта, а также согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и смежным отраслям;

идея базируется на обобщении передового опыта и использовании неизвестных ранее взаимосвязей;

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

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным; полученные в диссертационной работе результаты **использованы** при сравнении с данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике.

Личный вклад соискателя состоит в том, что все результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежит основная роль при постановке и решении задач, а также обобщении полученных результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания о том, что предложенная система выгрузки задач не учитывает различный вид услуг с разными типами трафика.

Соискатель Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн в ходе заседания ответила на задаваемые ей вопросы, согласилась с замечаниями и привела собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Исследование и разработка методов построения сетей связи с распределенным искусственным

интеллектом для поддержки услуг телеприсутствия» 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 и 11 паспорта научной специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

На заседании 16 сентября 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн ученую степень кандидата технических наук **за решение научной задачи** разработки модельно-методического аппарата построения сетей связи с распределенным искусственным интеллектом для поддержки услуг телеприсутствия, имеющей существенное значение для развития телекоммуникаций и повышения эффективности перспективных сетей связи.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Киричек Руслан Валентинович

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Владыко Андрей Геннадьевич

18 сентября 2026 года

