

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

Ковтуненко Алексея Сергеевича на диссертационную работу Шарлаевой Марии Владимировны на тему «Исследование и разработка методов внедрения услуг телемедицины в сетях связи пятого и последующих поколений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

### **Актуальность темы исследования**

Диссертационная работа М. В. Шарлаевой «Исследование и разработка методов внедрения услуг телемедицины в сетях связи пятого и последующих поколений» посвящена вопросам применения современных и перспективных сетей связи для предоставления телемедицинских сервисов.

Современные темпы развития телекоммуникационных технологий позволяют прогнозировать в ближайшее время появления целой экосистемы новых технологических решений в области обработки данных применительно к разным областям человеческой деятельности. Возможности сетей связи пятого и последующих поколений позволяют внедрять в массовое использование новые виды услуг, такие как использование Интернета вещей, Тактильного интернета (интернета навыков). Это, разумеется, накладывает на транспортные сети ряд дополнительных требований, таких как, например, требования к задержке (должна быть малой), или допустимая плотность устройств (должна быть высокой).

Особенно актуальным для развития общества является массовое внедрение телемедицинских услуг, эффективность которых напрямую зависит от сетей связи. Телемедицинские сервисы предъявляют к сетевой инфраструктуре особые требования, поскольку, по сути, объединяют в себе множество технологий как получения данных (регистрации их на границах киберфизических подсистем), так их интерпретации (использование высокопроизводительных вычислительных систем) и визуализации (использование технологий VR/AR, панорамных камер и проекторов высокого разрешения).

В настоящее время вопрос адаптации сетей связи пятого и последующих поколений к предоставлению телемедицинских услуг изучен мало. Это не позволяет говорить о массовом внедрении и применении телемедицины в современном здравоохранении. Учитывая

вышеизложенное, можно утверждать, что тема диссертационной работы, а именно исследование и разработка методов внедрения услуг телемедицины в сетях связи пятого и последующих поколений является актуальной научной проблемой.

### **Характеристика содержания диссертационной работы**

Диссертационная работа представлена в виде рукописи и состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 80 наименований и приложения. Общий объем диссертации составляет 138 страниц, включая 40 рисунков, 9 таблиц, список литературы из 80 наименований. Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно.

### **Научная новизна результатов диссертационной работы**

Полученные результаты обладают научной новизной, требуемой для диссертаций, представляемых к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук. Эта научная новизна выражается в следующем:

- Выполнено прогнозирование развития услуг на сетях связи пятого и последующих поколений на горизонте планирования до 2030 года, отличающееся от известных полученными результатами числа пользователей телемедицинских услуг.
- Получена зависимости задержки от интенсивности трафика и длительности обслуживания пакетов для первого набора телемедицинских услуг.
- Предложен метод кластеризации, позволяющий выбрать размер цифрового кластера в зависимости от плотности расположения пользователей.

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

Достоверность основных результатов диссертации подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования, публикацией результатов работы в ведущих рецензируемых журналах и выступлениями как на российских, так и на международных конференциях.



Основные результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на следующих конгрессах, конференциях и семинарах: XXI Международной научно-практической конференции «Технологии ИС в цифровой трансформации экономики и социальной сферы» (Москва, 2021), Всероссийской научно-технической и научно-методической конференции магистрантов и их руководителей «Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2020)» (Санкт-Петербург, 2020), Международных научно-технических и научно-методических конференциях «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» АПИНО (Санкт-Петербург, 2019-2022), региональных научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Студенческая весна» (Санкт-Петербург, 2018-2021).

Всего по теме диссертации опубликовано 9 работ, из которых 3 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, 6 статей в других изданиях и материалах конференций.

### **Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации**

Теоретическая значимость работы заключается в определении новой меры оценки цифрового разрыва, связанной с показателем экономической эффективности – Валовым Региональным Продуктом, плотностью населения в областях и числом медицинских организаций. Данное заключение позволяет сделать выводы о расположении центров обработки данных для повсеместного предоставления первого набора телемедицинских услуг.

Практическая значимость заключается в результатах, полученных при исследовании трафика, а именно в доказательстве зависимости величины задержки от плотности населения, интенсивности трафика и длительности обслуживания пакетов для первого набора телемедицинских услуг. Помимо этого, весомую практическую ценность имеют созданный метода кластеризации территорий, учитывающий плотность расположения пользователей телемедицинских услуг, а также алгоритм действий для формирования технического задания по проектированию телемедицинской сети.

Значимость результатов, полученных в диссертационной работе подтверждается использованием в ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ» при разработке «Методики планирования сетей связи

при внедрении первого набора телемедицинских услуг», в ООО «НТЦ АРГУС» при проектировании систем технического учета «Аргус NRI», в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. Проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Архитектура построения и принципы проектирования сетей связи 5G/6G», «Технологические принципы организации инфокоммуникационных услуг», а также при выполнении Соглашения о предоставлении из федерального бюджета гранта в форме субсидий, выделяемого для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных организациях высшего образования, научных учреждениях и государственных научных центрах Российской Федерации от «06» июля 2022 г. № 075-15-2022-1137 по приоритетному направлению научно-технологического развития Российской Федерации 20а – Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

#### **Краткая характеристика основного содержания диссертации.**

Диссертация М. В. Шарлаевой состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения.

Во введении обосновывается актуальность диссертационного исследования, формулируется цель и основные задачи работы; описывается предлагаемый автором подход к решению поставленных задач; характеризуется степень новизны полученных результатов и их апробация. Кроме того, дается краткое изложение содержания диссертации.

В первой главе автор рассматривает сети связи пятого и последующих поколений, оценивает перспективы их развития в горизонте до 2030 года. Отмечается важность повышения доступности медицинских услуг и обеспечения дистанционной формы их получения для сокращения цифрового разрыва между регионами РФ. Проведен анализ подходов к выбору архитектуры сетей с учетом особенностей сетей с ультрамалыми задержками. Выявлены особенности типов данных, характерные для телемедицинских услуг, показана эффективность децентрализованных схем для построения медицинских сетей. Проведена оценка перспектив



внедрения и распространения телемедицинских услуг в РФ, что позволяет говорить об актуальности работы и эффективности предложенных подходов.

Во второй главе проводится анализ влияния экономических факторов на темпы внедрения телемедицины в регионах, формулируется проблема цифрового разрыва, предлагаются пути решения. Проведена типизация территорий РФ с точки зрения возможности осуществления охвата сетями связи пятого и последующих поколений для нужд телемедицины, предложена новая мера оценки цифрового разрыва, учитывающая дополнительно корреляции между числом больничных и амбулаторно-поликлинических организаций. Отмечено, что задача сокращения цифрового разрыва может быть решена путем внедрения сетей с ультрамалыми задержками, которые предусматривают множество центров обработки данных, расположенных в областных и районных центрах.

В третьей главе рассматриваются вопросы построения медицинских сетей. Определены факторы, влияющие на структуру сетей, отмечена неоднородность требований к надежности и задержка в сетях в зависимости от предоставляемых услуг. Отмечены проблемы, препятствующие созданию единой системы телемедицинских услуг на территории РФ. На основе кластерного анализа предлагается проводить разбиение сети для моделирования с применением теории массового обслуживания. Каждый кластер характеризуется отдельной моделью массового обслуживания с одним узлом обработки. Данный подход позволяет рассчитывать участки сети с произвольной интенсивностью поступления заявок и произвольным набором телемедицинских услуг. Обоснована необходимость разработки нового алгоритма кластеризации территорий с учетом плотности населения, параметров качества телемедицинских услуг и требований к задержке в сетях связи.

В четвертой главе рассматривается задача разработки нового алгоритма кластеризации территорий с учетом требований к медицинским сетям. На примере Северо-Западного федерального округа показана зависимость задержки при доставке данных от плотности населения, что позволяет использовать этот фактор как основу для кластеризации следует выбрать плотность населения. На основе метода K-средних разработан новый метод кластеризации, который позволяет гибко настраивать параметры кластеризации и повысить эффективность ее применения для проектирования сетей с ультрамалыми задержками для нужд телемедицинских сервисов.

В целом диссертация А. В. Шарлаевой является законченным научным исследованием, в ходе которого решены актуальные научные задачи. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Материал диссертации изложен в логической последовательности, имеет целостность и внутреннее единство содержания. Выводы обоснованы и четко отражают результаты проведенных исследований. 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.

#### Замечания:

1. На схемах организации WAN-сегмента телемедицинской сети (стр. 27, 28) следовало бы рассмотреть структуру не только телемедицинского пункта (ТП), но и удаленных телемедицинских пунктов (УТП), телемедицинских центров (ТЦ), мобильных телемедицинских пунктов (ТЦ).
2. На рисунке 7 (стр. 34) было бы полезно указать данные о проникновении телемедицины на территории Российской Федерации за 2023 год.
3. По таблице 7 требуется пояснить, чем определяется тип трафика (стр. 94).
4. По тексту диссертации имеются опечатки в небольшом количестве (стр. 4, 10, 100).

#### Заключение

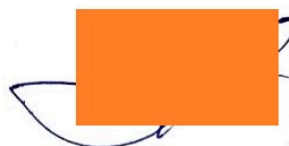
Приведенные замечания не снижают научную ценность полученных результатов и не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Диссертация Шарлаевой Марии Владимировны на тему «Исследование и разработка методов внедрения услуг телемедицины в сетях связи пятого и последующих поколений» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача по разработке метода построения цифровых кластеров сети для первого набора телемедицинских услуг с учетом требований по качеству обслуживания и прогнозирования числа пользователей телемедицинских услуг на горизонте планирования до 2030 года. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа Шарлаевой Марии Владимировны на тему «Исследование и разработка методов внедрения услуг телемедицины в сетях связи пятого и последующих



поколений» соответствует пунктам 3, 4, 7, 19 паспорта специальности Системы, сети и устройства телекоммуникаций и отвечает критериям, изложенным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (ред. от 25.01.2024), а ее автор – Шарлаева Мария Владимировна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры информатики



А.С. Ковтуненко  
31 октября 2024 года

Подпись руки Ковтуненко А.С. заверяю



Подпись *Ковтуненко А.С.*  
Удостоверяю « 31 » 10 / 2024 г.  
Начальник общего отдела УНИТ *Раженинова Д.В.*

Ковтуненко Алексей Сергеевич, кандидат технических наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительные систем, комплексов и компьютерных сетей, доцент по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительные систем, комплексов и компьютерных сетей, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий». Адрес: 450076, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, дом 32  
Тел. +7 (960) 380-30-10