

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора по науке,  
кандидат технических наук, доцент

А.А. Захаров

2024 г.

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Волкова Артёма Николаевича  
«Разработка и исследование комплекса моделей и методов построения  
сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг  
телеприсутствия», представленной на соискание ученой степени доктора  
технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства  
телекоммуникаций**

С внедрением Интернета вещей, беспилотного транспорта, искусственного интеллекта, виртуальной и дополненной реальности значительно увеличивается объем данных, передаваемых в сети Интернет. По оценкам Минцифры России, ежегодный рост трафика составляет примерно 20-30%. В этих условиях традиционные облачные вычисления (cloud computing), при которых данные от устройств передаются в централизованные дата-центры для обработки, становятся менее эффективными. В последнее время для обеспечения оптимальной производительности и качества обслуживания все большее распространение получают граничные вычисления (edge computing) и туманные вычисления (fog computing), которые позволяют переместить облачные вычисления на границы сети, смещая вычислительные ресурсы от централизованного расположения ближе к источникам и потребителям данных.

Таким образом, диссертация Волкова Артёма Николаевича, посвященная разработке и исследованию комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг телеприсутствия, вне всякого сомнения является актуальной, а также представляет, как теоретический, так и практический интерес.

Судя по автореферату, соискатель хорошо ориентируется в рассматриваемых вопросах, корректно ставит задачи исследования, которые затем эффективно решает с использованием методов теории телетрафика и теории массового обслуживания, теории оптимизации, теории вероятностей, а также метаэвристических алгоритмов и моделирования.

К наиболее значимым научным результатам, судя по автореферату, полученным автором, можно отнести следующие:

1. Предложена *новая архитектура сети*, в которой все услуги связи могут быть предоставлены на базе распределенных туманных вычислений, а для динамического распределения ресурсов сети образуются новые структуры – туманности, как результат ее кластеризации.

2. Предложена *новая архитектура сети с поддержкой распределенных оркестраторов и динамических туманных вычислений в рамках общей интегрированной сети*. Данная архитектура учитывает территориальные особенности Российской Федерации, включая сельскую местность и труднодоступные районы.

3. Разработаны *модель и метод функционирования сети*, отличающиеся от известного использования бессерверной архитектуры для миграции групп типовых микросервисов при применении метаэвристического алгоритма стаи серых волков для определения группы устройств, на которую будет мигрировать группа контейнеров с микросервисами, что позволяет сократить время принятия решения о миграции в десятки раз по сравнению с известным метаэвристическим алгоритмом роя частиц.

4. Разработана *модель данных для датчиков и актуаторов (исполнительных механизмов) костюма телеприсутствия*, а также метод передачи этих данных в объекты мультивселенных (например, цифровые и/или физические аватары), позволяющие обеспечить минимизацию суммарных издержек на ошибки квантования и задержку передачи данных.

Результаты диссертации изложены в 64 опубликованных работах, в том числе в 11 статьях, опубликованных в журналах из перечня ВАК Министерства

науки и высшего образования Российской Федерации, в 19 статьях, опубликованных в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science (WoS), 2 отчетах о НИР и в 32 статьях в других изданиях и материалах конференций

По автореферату к работе *имеются следующие замечания:*

– В общей характеристике работы при описании актуальности темы исследования, также в п. 12 выводов «метавселенная/мультивеселенные» упоминаются в контексте актуального и перспективного направления исследований в области развития сетей и систем связи. При этом указано что понятие «метавселенная/мультивеселенные» определено в Международном союзе электросвязи (МСЭ). Принимая во внимание, что понятие/концепция «метавселенная/мультивеселенные» является новой и не имеет всеми признанного определения, представляется целесообразным дать определение, рассматриваемое в МСЭ, или краткое общее описание.

– В тексте автореферата несколько раз встречаются термины «микросервисная архитектура» и «миграции микросервисов», однако отсутствует определение что это и для чего применяется.


– В тексте автореферата несколько раз встречаются термины «туманные вычисления», «туман», а также «Fog» (в контексте Fog кластер). Данные термины написаны как со строчной, так и с заглавной буквы, что создает неоднозначность, идет ли речь об одних и тех же сущностях или о разных. Было бы целесообразным использовать единое название, там, где это применимо.

– На стр. 35 в фразе «На рисунке 23 представлен процент улучшения задержки предлагаемой модели по сравнению с традиционными протоколами для передаваемых данных пяти устройств» есть две неточности. Во-первых, она относится к рис. 24, а не 23. Во-вторых, речь идет не про улучшение, а про уменьшение задержки.

– На стр. 40- 41 на рисунках 29-а и 30-а, представляющих форму сигнала, и на рисунках 29-б и 30-б, представляющих энергетический спектр сигнала, не указаны единицы измерения величины по осям ординат.

– В тексте заключения вместо аббревиатуры «TSAG» представляется целесообразным использовать русскоязычную аббревиатуру официального перевода МСЭ – КГСЭ (Консультативная группа по стандартизации электросвязи).

Тем не менее, считаю, что указанные недостатки носят частный характер и не снижают ценности проделанной работы. Судя по автореферату, диссертация «Разработка и исследование комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг телеприсутствия» является законченной научно-квалификационной работой, в которой присутствуют практическая ценность и научная новизна. Кроме того, в ней решены научные проблемы, имеющие важное хозяйственное значение. Работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Волков Артём Николаевич заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Научный консультант ФГБУ НИИР,  
доктор технических наук, профессор, академик  
Национальной академии наук Республики Армения  В.К. Сарьян

телефон: (495) 647-17-77, доб. 1313  
e-mail: [saryanvk@niir.ru](mailto:saryanvk@niir.ru)

Сведения об организации:  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Ордена Трудового Красного Знамени Российский  
научно-исследовательский институт радио  
имени М.И. Кривошеева» (ФГБУ НИИР),

почтовый адрес: Казакова ул., д. 16, Москва, 105064,  
e-mail: [info@niir.ru](mailto:info@niir.ru), сайт: <http://www.niir.ru>  
Подпись В.К. Сарьяна заверяю,

Директор службы персонала ФГБУ НИИР  В.А. Тютюнова  
« 16 » 12 2024 г.