

# **ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ**

**МОХАМЕД АЛИ РЕФАЕЕ АБДЕЛЛАХ**

**НА ТЕМУ:**

**«ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАФИКА ДЛЯ СЕТЕЙ 5G НА  
ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА»,  
ПРЕДСТАВЛЕННУЮ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
2.2.15 – СИСТЕМЫ, СЕТИ И УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

Количество различных телекоммуникационных услуг, предоставляемых пользователям сетей связи ежегодно увеличивается. Сегодня кроме хорошо известных услуг, таких как передача голоса, видео и данных, можно обозначить такие современные и востребованные услуги как дополненная (AR) и виртуальная (VR) реальность, Интернет вещей, Тактильный интернет, сети автомобильного транспорта (VANET) и многое другое.

Вместе с тем год от года растут и требования к качеству обслуживания (QoS) при предоставлении как уже существующих, так и новых услуг связи. Это обусловлено как техническим усложнением механизмов предоставления самих услуг, так и желанием повысить удовлетворенность конечных пользователей.

Для того чтобы обеспечить необходимое качество предоставления обозначенных услуг в сетях связи пятого и последующих поколений целесообразно разработать и внедрить некоторые унифицированные решения. Таким решением могут стать технологии искусственного интеллекта (ИИ), которые позволяют обеспечить надежное и точное прогнозирование значений параметров QoS.

Данная диссертационная работа посвящена прогнозированию характеристик трафика для сетей пятого поколения на основе технологий искусственного интеллекта. В этой связи тема и результаты диссертационного исследования представляются весьма актуальными.

Достоверность полученных автором научных и практических результатов диссертационной работы подтверждается корректным использованием математического аппарата и имитационного моделирования, а также широким обсуждением полученных результатов на международных и отечественных конференциях и семинарах.

Основные результаты диссертации, обладающие научной новизной:

1. Разработан метод прогнозирования потерь пакетов в сетях VANET на основе глубокого обучения и многослойной нейронной сети в условиях, когда данные искажены гауссовским шумом и случайными выбросами, который при использовании робастной справедливой оценки и робастной оценки Коши позволяет уменьшить среднеквадратичную ошибку более, чем в пять раз, а абсолютную ошибку примерно в 2 раза по сравнению с использованием метода наименьших квадратов.

2. Разработан метод прогнозирования задержки и потерь в сетях Интернета вещей и Тактильного Интернета на основе нелинейной рекуррентной авторегрессионной нейронной сети NARX, который обеспечивает наилучшие результаты при его обучении алгоритмом Левенберга-Марквардта, превосходя при этом алгоритм обучения Флетчера-Ривса и устойчивый алгоритм обучения по

значениям среднеквадратичной ошибки и абсолютной ошибки на порядок и более как при прогнозировании на один шаг, так и при прогнозировании на несколько шагов.

3. Разработан метод прогнозирования пропускной способности сетей 5G/6G для трафика Интернета Вещей на основе алгоритма долговременной краткосрочной памяти (LSTM), который обеспечивает результаты прогноза с приемлемой для практики точностью при 500 скрытых нейронах.

Материал автореферата изложен логично и достаточно подробно отражает основные результаты работы.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. В тексте автореферата в некоторых местах имеются опечатки в названии алгоритма Флетчера-Ривса (стр. 12 на одной странице две опечатки в названии алгоритма).
2. В тексте автореферата описываются технические характеристики программно-аппаратного комплекса для проведения моделирования. Данная информация не несет существенной смысловой нагрузки, поскольку не может и не должна влиять на результаты моделирования.
3. Во второй и третьей главе указано, что сетевой трафик для обучения нейронных сетей был сгенерирован искусственно (с помощью эмуляторов). Поскольку сети Интернета вещей и VANET в настоящий момент уже находят своё широкое применение в различных отраслях народного хозяйства, то сетевой трафик следовало бы собрать в ходе натурных экспериментов или отдельно предоставить характеристики рассматриваемого трафика в привязке к практическому применению.

Указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов диссертации и ее общую положительную оценку. Судя по автореферату, диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Мохамед Али Рефае Абделлах заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Кандидат технических наук,

PhD, профессор

Департамент бизнес-информатики

Высшая школа бизнеса

НИУ ВШЭ

Михаил Михайлович Комаров

Федеральное государственное автономное образовательное учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

Тел. (495) 771-32-32

<http://www.hse.ru/> e-mail: [hse@hse.ru](mailto:hse@hse.ru)

Подпись руки Комарова М.М. заверяю:

Подпись заверяю

СПЕЦИАЛИСТ  
КАДРОВОМУ  
ОТВЕЧАЮЩИЙ  
УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛА  
КУНЕВА О.А.

20.05.2022