

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мохамеда Али Рефае Абделлаха «Прогнозирование характеристик трафика для сетей 5G на основе технологий искусственного интеллекта», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

По причине повсеместной интеграции инфокоммуникаций во все области жизнедеятельности человека в настоящее время требуются всё более высокие скорости беспроводной передачи данных и пересмотр принципов организации существующих сетей связи. Также, помимо требований к высоким скоростям передачи данных и поддержке высокоплотных топологий, начали появляться и требования к задержке. Новым сценариям применения сетей связи, таким как: виртуальная и дополненная реальность, тактильный интернет, медицинские приложения и беспилотные транспортные средства - для корректной работы необходимо иметь минимальную временную задержку между возникновением события и реакцией на него. Все вышеперечисленные факторы и стали основными причинами необходимости развития стандарта мобильных сетей связи и возникновения сетей пятого поколения.

В связи с популярностью исследований сетей 5G стали появляться публикации, включающих в себя прогнозы роста числа устройств глобальной сети, в которых сообщается, что в будущем количество сетевых устройств может достигать 50 миллиардов. Такие устройства способны генерировать трафик, который может негативно сказаться на работоспособности сетей связи. Именно поэтому прогнозирование и оценка сетевого трафика является необходимым условием для обеспечения контроля перегрузки, маршрутизации и распределения сетевых ресурсов. Исследование Мохамеда Али Рефае Абделлаха направлено на применение технологий искусственного интеллекта для прогнозирования характеристик трафика сетей пятого поколения. В свете вышеперечисленных факторов считаю, что данное исследование, несомненно, является актуальным.

К основным значимым результатам можно отнести следующее:

1. 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 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. Метод прогнозирования задержки и потерь в сетях Интернета вещей и Тактильного Интернета на основе нелинейной рекуррентной авторегрессионной нейронной сети NARX дает 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. Разработанный метод прогнозирования пропускной способности сетей 5G/6G для трафика Интернета Вещей на основе алгоритма долговременной краткосрочной памяти (LSTM) обеспечивает результаты прогноза с приемлемой для практики точностью при 500 скрытых нейронах.

В качестве замечаний по автореферату можно указать следующее:

1. В автореферате приводятся сравнения результатов прогнозирования нейронных сетей (Таблица 1, Таблица 2 и Таблица 3). В таблице 1 значение MAPE приведено в процентном виде, в других таблицах значения указаны без единиц измерения. Следует привести значения таблиц к единому виду.

2. В четвертой главе на рисунках 4, 5 и 6 ось ординат подписана «Ошибка», что не соответствует тексту автореферата - имеется ввиду изменение ошибки прогнозирования. Считаю, что следует называть ось ординат иначе.

Несмотря на представленные замечания, полученные результаты соответствуют поставленным в работе цели и задачам, также считаю, что работа Мохамеда Али Рефае Абделлаха имеет практическую и теоретическую значимость.

Содержание автореферата и перечень опубликованных работ отражают факт того, что настоящая работа представляет собой завершенное диссертационное исследование и соответствует специальности 2.2.15. Считаю, что представленный автореферат соответствует требованиям ВАК, а автор диссертации Мохамед Али Рефае Абделлах заслуживает присуждения ученой степени кандидата наук по специальности 2.2.15.

Профессор кафедры программного обеспечения и управления в технических системах Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ)

д.т.н.

Игорь Вячеславович Карташевский

24.05.22 г.

Адрес: ул. Льва Толстого, д. 23, Самара, 443010.

Телефон: (846) 3391100 доб. 2281, E-mail: [ivk@psuti.ru](mailto:ivk@psuti.ru)

Подпись д.т.н. Карташевского И.В. заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета ПГУТИ

О.В. Витевская

