



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

ул. Профессора Попова, д.5 литера Ф, Санкт-Петербург, 197022
Телефон: (812) 234-46-51; факс: (812) 346-27-58; e-mail: info@etu.ru; <https://etu.ru>
ОКПО 02068539; ОГРН 1027806875381; ИНН/КПП 7813045402/781301001

Отзыв официального оппонента

Маркелова Олега Александровича на диссертацию
Гребенщиковой Александры Андреевны
на тему «Модели и методы прогнозирования сетевого трафика в
гетерогенных сетях с учётом его статистических характеристик»,
по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Актуальность темы диссертационной работы

Прогнозирование трафика в современных гетерогенных сетях является важным аспектом для оптимизации функционирования всей сети в целом. Благодаря комбинированию разнообразных подходов в прогнозировании, включая ARIMA (autoregressive integrated moving average), экспоненциальное сглаживание, а также алгоритмы машинного обучения и нейронные сети можно повысить эффективность управления сетевыми ресурсами, обнаружить и предотвратить перегрузки для обеспечения высокого качества обслуживания.

Автор в своей работе исследовала модели и разработала методы прогнозирования трафика гетерогенной сети пятого и последующих поколений на основе авторегрессионных моделей типа ARIMA и GARCH (generalized autoregressive conditional heteroscedasticity), которые характеризуются относительно простыми решениями в области прогнозирования с высокой интерпретируемостью данных, благодаря чему удалось получить результаты, обеспечивающие уменьшение ошибки прогноза для трафика маломощных систем. Так же автору удалось повысить эффективность прогнозирования при рассмотрении прогнозирования трафика трехмерной сети связи высокой

плотности как многомерного процесса, что вносит весомый вклад в развитие области прогнозирования трафика современных сетей.

Исходя из сказанного, тема, представленной на отзыв диссертационной работы «Модели и методы прогнозирования сетевого трафика в гетерогенных сетях с учётом его статистических характеристик» является актуальной.

Содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованных источников и одного приложения. Полный объем диссертации составляет 115 страниц. Работа содержит 34 рисунка, 8 таблиц. Список литературы содержит 71 источник.

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

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и результатов диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, обсуждением результатов диссертационной работы на международных конференциях и семинарах, публикацией основных результатов диссертации в ведущих рецензируемых журналах.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 10-ой международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (Санкт-Петербург, 24–25 февраля 2021), 11-ой международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (Санкт-Петербург, 15–16 февраля 2022), 27-ой международной конференции «International conference on Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications DCCN» (Москва, 23-27 сентября 2024).

Всего по теме диссертации опубликовано 5 работ, из них 3 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, 2 работы в других научных изданиях.

Количество публикаций в рецензируемых научных изданиях, выполненных лично, в которых излагаются результаты научных работ – 2, что соответствует требованиям п. 13 «Положения о присуждении ученых степеней» (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842).

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработанных моделях и методах прогнозирования трафика. В первой главе автор провела анализ применения статистических и структурных моделей в различных областях, исследовал востребованные методы прогнозирования сетевого трафика в современных инфокоммуникационных сетях и сформулировал цели и задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена анализу структуры модели авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего и разработке модели ARIMA(1,5,4) для трафика Интернета вещей на краткосрочном периоде, что обеспечило уменьшение средней абсолютной ошибки прогноза более чем в 4 раза по сравнению с использованием исходной модели ARIMA(1,1,2).

В третьей главе автор исследует структуру гибридной модели ARIMA-GARCH для трафика реального времени с применением преобразования Бокса-Кокса, что позволило уменьшить число параметров при подборе модели и улучшить прогнозирование на 8,5% при прогнозе на один шаг вперед и на 7,6% при прогнозе на два шага вперед.

В четвертой главе диссертационной работы предложена модель трафика трехмерной сети связи высокой плотности и алгоритм прогнозирования с применением искусственной нейронной сети как многомерного случайного процесса, что позволило повысить эффективность прогнозирования до 35 %. Из полученных автором данных следует, что трафик трехмерной сети высокой плотности в задачах прогнозирования целесообразно рассматривать как многомерный случайный процесс, размерность которого равна количеству узлов сети, производящих трафик.

Таким образом, разработанные методы позволили повысить точность прогнозирования сетевого трафика гетерогенной сети пятого и последующих

поколений с применением как аналитических методов прогнозирования, так и с помощью методов на основе ИНС.

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при проведении научно-исследовательских работ в области современных телекоммуникационных сетей и систем и при проектировании и планировании современных сетей связи ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ», операторскими компаниями ПАО «Ростелеком», а также при подготовке специалистов по современным сетям и системам связи в университетах РФ.

Правильность оформления диссертации и автореферата, соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. 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 по диссертационной работе

По диссертации имеются следующие замечания:

1. На рисунке 2 требуется пояснение к формулировке определений “точность” и “неточность” в рамках соответствия моделей исходным данным. Следовало указать использующийся критерий и соответствующий диапазон значений, в рамках которых подобранная модель будет соответствовать необходимым условиям качественного прогноза.

2. 29 стр. При рассмотрении области прогнозирования на основе ИНС, автором отмечается использование в таком роде подходов не только прошлых значений временного ряда, но и другие составляющие. Следует уточнить, какие инструменты, в отличие от линейных подходов, применяются при прогнозах на основе нейронных сетей.

3. Стр. 51. При оценке модели ARIMA (1,1,2) автором были выявлены достаточно большие значения байесовского информационного критерия (Bayesian information criterion, BIC) и информационного критерия Акаике (AIC). Однако,

разработанный алгоритм по подбору модели прогнозирования основывался только на критерии AIC. Таким образом, требуются обоснования выбора исключительно одного из критериев и в чем их отличительная особенность.

4. 89 стр. Полученные результаты по прогнозированию трафика, как многомерного случайного процесса на основе нейронной сети типа LSTM (long short-term memory), продемонстрировали высокую точность прогноза на достаточно продолжительном интервале. Для оценки эффективности полученного прогноза использовалась средняя разница между значениями, спрогнозированными моделью, и фактическими значениями трафика – корень средней квадратичной ошибки (RMSE). Однако, совместно с выбранной оценкой прогноза следует применить и другие инструменты для более информативного результата.

5. В целом работа написана хорошо, но по тексту имеются отдельные редакционные неточности (например, стр.20, стр.85) и отсутствуют ссылки на литературу (стр. 11).

Заключение

Отмеченные недостатки не снижают ценности результатов диссертации для теории и практики. Диссертационная работа Гребенщиковой Александры Андреевны «Модели и методы прогнозирования сетевого трафика в гетерогенных сетях с учётом его статистических характеристик» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций: 1,8 и 18.

В диссертации решена научная задача, которая заключается в повышении точности прогнозирования сетевого трафика гетерогенной сети за счет аналитических методов и методов на основе искусственных нейронных сетей, имеющая значение для отрасли цифрового развития и связи. Диссертация отвечает критериям, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации

от 24.09.2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями). Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа «Модели и методы прогнозирования сетевого трафика в гетерогенных сетях с учётом его статистических характеристик» заслуживает положительной оценки, а её автор – Гребенщикова Александра Андреевна – присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

05.12.2024

И.о. заведующего кафедрой
радиотехнических систем,
кандидат технических наук



Маркелов Олег Александрович

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОДС
Т.Л. РУСЯЕВА



Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)».

Почтовый адрес: 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д.5, литера Ф.

Тел. +7(812) 234-46-51. Сайт: <https://etu.ru>. E-mail: info@etu.ru