

Отзыв оппонента

Кучерявого Евгения Андреевича на диссертацию
Гребенщиковой Александры Андреевны
на тему «Модели и методы прогнозирования сетевого трафика в гетерогенных
сетях с учётом его статистических характеристик»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы диссертации

Модели и методы прогнозирования сетевого трафика являются важным элементом в области управления сетями. Действительно, именно от точности прогнозов, на основе которых принимаются упреждающие решения будет зависеть эффективность использования сетевых ресурсов и качество обслуживания для конечного пользователя. Таким образом, модели и методы, которые способны учитывать совокупность всех актуальных характеристики временного ряда, способны предсказывать сетевой трафик на различные временные горизонты.

Использование технологий искусственного интеллекта в области прогнозирования сетевого трафика позволяет достичь значительного прогресса в разработке и применении статистических моделей. Это обусловлено применением гибридных моделей, которые объединяют традиционные статистические методы с методами машинного обучения. Такой подход позволяет улучшить точность прогнозов и учитывать более сложные зависимости. Один из этих подходов - использование гибридных моделей ARIMA (autoregressive integrated moving average) и искусственных нейронных сетей (ИНС). Действительно, модели прогнозирования на основе ИНС, несомненно имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными подходами, а в контексте сетей пятого и последующих поколений используются для оптимизации качества обслуживания, улучшения производительности и обеспечения более эффективного использования ресурсов. Однако, для различных маломощных систем в рамках современной гетерогенной сети не всегда актуально применение моделей и методов на основе ИНС.

Таким образом, автор в своей работе использует традиционные подходы в прогнозировании трафика сетей, для которых критически важно обойтись без больших вычислительных затрат на примере авторегрессионных моделей типа ARIMA и гибридных подходов с применением условной гетероскедастичности GARCH (Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity). Однако, при рассмотрении трехмерной сети связи высокой плотности, автору удалось повысить эффективность прогнозирования за счет предложенной модели и метода на основе ИНС, что вносит весомый вклад в развитие области прогнозирования сетевого трафика. Исходя из сказанного, тема, представленная на отзыв диссертационной работы “Модели и методы прогнозирования сетевого трафика в гетерогенных сетях с учётом его статистических характеристик” является актуальной.

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.

Апробация результатов исследования

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).

Научная новизна результатов диссертационной работы

Полученным результатам присуща научная новизна, требуемая для диссертаций, представляемых к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук. Параметрические модели типа $ARIMA(1,5,4)$ и $ARIMA(1,2,2)-GARCH(2,0)$, которые чаще всего применяются для краткосрочного прогнозирования одномерных процессов, обеспечили уменьшение средней абсолютной ошибки прогноза. Таким образом, применение гибридных моделей прогнозирования $ARIMA-GARCH$ для исследования сетевого трафика реального времени подтверждает наличие в такого рода временных рядах эффектов авторегрессионной условной гетероскедастичности и расширяет существующие знания в области прогнозирования сетевого трафика в гетерогенной сети пятого и последующих поколений. В свою очередь прогнозирование сетевого трафика как многомерного процесса с помощью ИНС демонстрирует хорошую точность долгосрочного прогноза и позволяет повысить эффективность прогнозирования до 35 %. Эффективность прогнозирования предложенным методом возрастает с увеличением размерности процесса.

Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в ООО «НТЦ СевенТест» в решения серии «Профит», в АО «НПП «Эргоцентр» в ходе выполнения опытно-конструкторской работы, направленной на расширение функциональности комплексного имитационно-моделирующего стенда системы специального назначения в интересах решения задач обоснования системотехнических решений по построению функциональных подсистем и всей системы специального назначения в целом (шифр - «Орфей-Эрго-2014»), в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Математическое и программное обеспечение киберфизических систем», 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.

Публикации по теме диссертации

Основные результаты по теме диссертации изложены в 5 работах, из них 3 статьи опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК, 2 статьи в других изданиях.

Характеристика содержания диссертационной работы

Диссертация представлена в виде рукописи и состоит из содержания, введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка используемых переменных, списка использованных источников и одного приложения. Общий объем диссертации - 115 страниц. Работа содержит 34 рисунка, 8 таблиц и список из 71 литературного источника.

В первой главе автором проведен анализ авторегрессионных моделей прогнозирования сетевого трафика таких как модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего ARIMA, моделей и методов на основе ИНС, а также рассмотрена итеративная процедура построения моделей для описания зависимости наблюдаемых временных рядов.

Вторая глава посвящена анализу структуры модели авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего и разработан метод прогнозирования трафика в гетерогенных сетях пятого и последующих поколений на основе модели ARIMA для краткосрочного прогноза.

В третьей главе диссертации отмечается важность оценки остатков модели ARIMA с помощью Q-статистики Льюнга-Бокса, теста на гетероскедастичность и на анализ нормальности, что в совокупности с разработанным методом позволяет

получить качественный прогноз объемов трафика реального времени на несколько шагов вперед.

В четвертой главе диссертационной работы автором предложена модель трафика трехмерной сети связи высокой плотности на основе зависимости потоков, так как передаваемые сигналы влияют на процесс передачи в соседних узлах, если используется один частотный канал. Также автором разработан метод прогнозирования с использованием искусственной нейронной сети и представлен процесс прогнозирования такого рода трафика в виде последовательной обработки. Для оценки эффективности полученного прогноза применялась средняя разница между значениями, спрогнозированными моделью, и фактическими значениями трафика – корень средней квадратичной ошибки (RMSE). Таким образом, разработанный метод позволил повысить точность прогнозирования сетевого трафика гетерогенной сети пятого и последующих поколений с применением методов на основе ИНС.

Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. 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).

Замечания по тексту диссертационной работе

По диссертации имеются следующие замечания:

1) Автор во второй главе разработал алгоритм прогнозирования трафика гетерогенной сети пятого и последующих поколений на основе моделей авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего ARIMA и подробно продемонстрировал результаты по оценке остатков модели. Однако, после применения предложенного метода прогнозирования отсутствуют дополнительные пояснения об изменении таких характеристик, как Q-тест Льюнг-Бокса и статистического теста Харке-Бера (рисунок 16).

2) На странице 50 тренировочный участок был приведен в эквидистантный вид с временем агрегации 200 мс. Требуется пояснить выбор именно такого времени агрегации данных.

3) На странице 56 требуется расширить перечень инструментов, которые способны нормализовать данные и выровнять дисперсию на ряду с методикой Бокса-Кокса.

4) Одним из практических достижений диссертации является разработка алгоритмов прогнозирования трафика с применением языков программирования. Следовало бы добавить структуру кода в приложении.

5) В работе присутствует ряд опечаток в виде неточного перевода аббревиатуры (стр.17), грамматических ошибок (стр.19, стр.20, стр. 28), отсутствуют знаки препинания (стр.58, стр.85).

Заключение

Приведенные замечания не снижают научную ценность результатов диссертационной работы и не влияют на ее положительную оценку. Диссертация Гребенщиковой Александры Андреевны на тему «Модели и методы прогнозирования сетевого трафика в гетерогенных сетях с учётом его статистических характеристик» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, которая заключается в повышении точности прогнозирования сетевого трафика гетерогенной сети за счет аналитических методов и методов на основе искусственных нейронных сетей. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа Гребенщиковой Александры Андреевны на тему «Модели и методы прогнозирования сетевого трафика в гетерогенных сетях с учётом его статистических характеристик» соответствует пунктам 1, 8, 18 паспорта специальности 2.2.15. – 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 (с изменениями и дополнениями), а её автор, Гребенщикова Александра Андреевна, заслуживает присуждения

ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. –
Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

04.12.2024

Профессор департамента
электронной инженерии,
д.т.н., профессор



Кучерявый Евгений Андреевич

Организация: Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования Национальный исследовательский
университет «Высшая школа экономики»

Почтовый адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

Тел. +7 (495) 771-32-32. Сайт: <https://www.hse.ru/>. E-mail: hse@hse.ru.

Подписи заверяю



Подпись заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО ПЕРСОНАЛУ
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА
АЗОВЦЕВ Т. Д.

