

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора Громова Василия Александровича на диссертационную работу Юртина Алексея Артемьевича «Нейросетевые методы восстановления потоковых данных», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.5 – математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа А.А. Юртина посвящена разработке новых методов, связанных с восстановлением потоковых данных, представленных в форме временных рядов. Тема исследования является актуальной в связи с повсеместным распространением потоковых данных в современных информационных системах, высокой практической значимостью обеспечения их полноты для анализа и активными исследованиями в области повышения точности нейросетевых методов, применяемых для решения данной задачи.

Цель, задачи и результаты диссертационного исследования

Целью диссертационного исследования А.А. Юртина является разработка и исследование новых методов восстановления потоковых данных, представленных в форме многомерных временных рядов, на основе совместного использования нейросетевых моделей и поведенческих шаблонов. Для выполнения данной цели А.А. Юртиным были решены следующие задачи.

1. Разработаны следующие нейросетевые модели, методы и алгоритмы, предназначенные для восстановления потоковых данных:
 - нейросетевые методы восстановления многомерных временных рядов в офлайн и онлайн режимах;
 - функция потерь для обучения нейросетевых моделей восстановления временных рядов;
 - метод прогнозирования ошибки и времени обучения нейросетевых моделей восстановления временных рядов.

2. Проведены вычислительные эксперименты, результаты которых продемонстрировали эффективность предложенных нейросетевых моделей, методов и алгоритмов.

Соответствие специальности

Диссертационное исследование и полученные результаты соответствуют специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей: п. 4. Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов.

Содержание текста диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Объем диссертации составляет 193 страницы, объем библиографии 168 наименований.

Во **введении** аргументирована актуальность темы диссертационной работы и представлен анализ степени ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, охарактеризованы методологические основы исследования, представлен обзор структуры и содержания диссертации.

Первая глава диссертации посвящена анализу современных методов и алгоритмов восстановления потоковых данных, представленных в формате временных рядов. Рассмотрены основные этапы жизненного цикла нейросетевых моделей восстановления потоковых данных. Для каждого этапа выделены ключевые инструментальные средства их реализации, влияющие на точность восстановления. Проведен анализ влияния этих инструментов на качество восстановления, выявлены ограничения существующих подходов. Выполнена систематизация методологических подходов и выявлены ключевые тенденции развития предметной области. Введены основные формальные определения и обозначения, используемые в дальнейшем.

Во **второй главе** представлены оригинальные нейросетевые методы восстановления потоковых данных, предназначенные для различных режимов обработки. Описан новый нейросетевой метод SANNI, разработанный для восстановления данных в режиме онлайн. Для офлайн обработки потоковых данных предложен нейросетевой метод SAETI. Рассмотрены архитектуры нейросетевых моделей, реализующих ключевые этапы обработки данных в рамках предложенных методов. Описаны способы формирования обучающих выборок для нейросетевых моделей методов.

В **третьей главе** представлена новая функция потерь MPDE и новый метод прогнозирования ошибки и времени обучения tsGAP, предназначенные для оценки точности нейросетевых моделей восстановления потоковых данных. Описана функция потерь и доказан ряд ее свойств. Предложен параллельный алгоритм ее вычисления. Представлен метод tsGAP для прогнозирования ошибки и времени обучения нейросетевых моделей восстановления, в котором целевые нейросетевые модели подаются на вход в виде ориентированного ациклического графа. Рассмотрены способы обучения, ошибка и этапы подготовки данных нейросетевой модели, реализующий метод tsGAP.

Четвертая глава посвящена анализу результатов вычислительных экспериментов, направленных на оценку эффективности предложенных нейросетевых методов и функции потерь. Проведенные исследования включают сравнительный анализ методов SANNI и SAETI с передовыми аналогами, исследование функции потерь MPDE и ее сравнение с различными функциями потерь, сравнение метода tsGAP с современными методами предварительной оценки нейросетевых моделей. Эксперименты проводились на реальных и синтетических наборах данных из различных предметных областей. Представленные результаты экспериментов демонстрируют, что предложенные нейросетевые методы и функция потерь превосходят передовые аналоги.

Автореферат диссертации

Текст автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы. Основные положения и результаты исследования изложены корректно.

Обоснованность и достоверность результатов диссертации

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждаются результатами вычислительных экспериментов над реальными и синтетическими данными, проведенными в соответствии с общепринятыми стандартами. Исходные тексты разработанных алгоритмов вместе с наборами данных размещены в свободно доступных Интернет-репозиториях.

Научная новизна результатов диссертации

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем. Предложены новые нейросетевые методы обработки потоковых данных, новизна которых заключается в интеграции поведенческих шаблонов в процесс восстановления пропусков. Предложена новая функция потерь для обучения нейросетевых моделей восстановления потоковых данных, обеспечивающая повышения точности восстановления за счет учета поведенческого сходства во время обучения. Разработан новый нейросетевой метод оценки точности и времени обучения нейросетевых моделей восстановления данных, отличительной особенностью которого является использование графового представления архитектуры нейросети с последующим его анализом при помощи графовой нейросетевой модели, реализованной на основе автоэнкодера.

Теоретическая и практическая ценность диссертации

Теоретическая значимость диссертационного исследования определяется следующими положениями. В предложенных методах обработки потоковых данных представлены новые нейросетевые модели, реализующие возможность применения поведенческих шаблонов, выделяемых непосредственно из анализируемых данных, в качестве

дополнительного источника данных. Предложенная функция потерь обеспечивает в процессе обучения оценку поведенческого сходства фрагментов временных рядов.

Практическая значимость диссертационной работы обусловлена возможностью применения разработанных нейросетевых моделей, алгоритмов и методов для задач восстановления пропусков временных рядов в интеллектуальных системах, работающих в режиме реального времени. Внедрение предложенных методов и моделей в инструментарий разработки цифровых продуктов создает предпосылки для автоматизации этапов подготовки и обработки потоковых данных, содержащих пропуски.

Публикации и апробация

По теме диссертационного исследования автором опубликовано 5 работ в журналах категорий К1 и К2 Перечня ВАК. Из них 4 статьи опубликованы в российских научных журналах, входящих в Ядро РИНЦ, в том числе 1 статья в зарубежном журнале, приравненном к журналам категории К1 Перечня ВАК, индексируемом в квинтиле Q2 библиографической базы данных Scopus. Публикации с достаточной полнотой отражают основные результаты диссертации. Результаты исследования прошли апробацию на 5 международных и всероссийских научных конференциях.

Замечания по диссертации

По диссертационной работе А.А. Юртина имеются следующие замечания, которые, однако, не снижают общего высокого научного уровня работы и значимости полученных результатов.

1. Работа, безусловно, выиграла бы от понимания того, насколько зависит эффективность предложенных методов от степени хаотичности рассматриваемых рядов (значения старшего показателя Ляпунова, положение пары значений энтропия-сложность ряда на соответствующей плоскости и др.).
2. Насколько возможен перенос рассмотренных в работе подходов на ряды других предметных областей?

3. Каковы минимальные объёмы выборок, на которых методы демонстрируют свою эффективность?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация А.А. Юртина представляет собой самостоятельно выполненную и законченную научно-квалификационную работу, в которой автором разработаны новые нейросетевые методы восстановления потоковых данных в форме многомерных временных рядов, имеющие существенное значение для решения задач обработки больших массивов потоковых данных с помощью интеллектуальных систем машинного обучения. Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть использованы в широком спектре предметных областей. Диссертационная работа А.А. Юртина в полной мере соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, включая п. 9, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент:


Василий Александрович Громов

«20» апреля 2026 г.

Доктор физ.-мат. наук, профессор
Заместитель руководителя департамента анализа данных и искусственного интеллекта Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва
Адрес организации: 109028, Москва, Покровский бульвар, д. 11
Телефон: + 7 (495) 772-95-90
Email: vgromov@hse.ru

Подпись заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО
КАДРОВОМУ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА
ХАЛАМИНСКАЯ А.О.
04.05.2026г.

