

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
д.и.н., профессор



Г.В. Мерзлякова

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Пальчевского Евгения Владимировича на тему «Методы нейросетевой обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки принятия управленческих решений (на примере электроэнергетики)», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы

Согласно программе «Развитие энергетики» до 2035 года и доктрине «Энергетическая безопасность Российской Федерации» необходимо развитие процессов управления в области энергетики на основе интеллектуальных технологий. Основным вызов для перехода к цифровой трансформации и интеллектуальным технологиям при обработке больших данных – повышение скорости генерации информации и увеличение объема данных. Из-за огромного объема и присущей этим данным темпоральности и разнородности, классические методы обработки данных не подходят для работы с ними. Как следствие, спрос на более быструю обработку больших данных ежедневно растет, и многие исследователи сосредоточились на модификации методов их обработки, сделав упор на точность при решении задач. При принятии решений решающее значение имеют процессы планирования, прогнозирования и контроля, в связи с чем попытки рассчитать и предсказать будущие тенденции необходимы для функционирования энергетики. Руководство энергетических предприятий использует информацию, полученную в результате прогнозирования и планирования, для принятия важных решений.

В диссертации исследуется задача прогнозирования значений потребления электроэнергии. Для этого разрабатывался прототип системы поддержки принятия решений путем объединения в единый процесс следующих подпроцессов: обработка

ВХОД. №	1701-13
«22»	05 2024г.

первичного потока данных с датчиков и метеорологических ресурсов и формирования исходного датасета путем фильтрации сетевого потока данных; автоматическое определение необходимости переобучения искусственных нейронных сетей; прогнозирование потребления электроэнергии.

В связи с этим актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью получения методов обработки больших темпоральных данных и прогнозирования временных рядов с целью информационной поддержки принятия управленческих решений в энергетике.

Оценка структуры и содержания работы

Содержание и структура диссертации Пальчевского Е.В. полностью соответствуют заявленной цели исследования и критерию внутреннего единства. Это подтверждается последовательной логикой работы и взаимосвязанностью ее элементов.

Автором применен системный подход к построению методов, моделей и алгоритмов нейросетевой обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки принятия управленческих решений.

В работе определен авторский вклад в теорию, технологию и практику работы с темпоральными большими данными с помощью искусственных нейросетей применительно к области электроэнергетики.

Проведенное исследование имеет важное практическое значение, поскольку направлено на повышение эффективности управления электроэнергетикой.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 194 страницах, в том числе: основной текст на 182 страницах, 33 таблицы, 39 рисунков, список использованных источников из 180 наименований на 22 страницах, 2 приложения на 12 страницах.

Во введении дается характеристика проблем обработки больших темпоральных и разнородных данных, для которой требуются новые методы поддержки принятия решений. Проведенный анализ существующих методов и алгоритмов при обработке больших данных с возможностью одновременного прогнозирования временных рядов показал, что зачастую они используют четко-структурированную информацию, при этом не задействуются алгоритмы комплексной (одновременной) обработки.

В связи с этим обоснована необходимость разработки методов обработки больших темпоральных данных и прогнозирования временных рядов с целью повышения эффективности информационной поддержки принятия управленческих решений, что позволяет повысить точность заключений и уменьшает негативное влияние человеческого фактора при принятии решений.

В первой главе проведен анализ существующих методов обработки больших данных для поддержки принятия решений. Отмечено, что с точки зрения обеспечения качественной обработки больших данных основными проблемами являются их классификация, привязка данных по дате в рамках предобработки информации. На выходе получается массив нормализованных данных. Классификация проводится с помощью контролируемого машинного обучения, решающего проблему построения модели из правильно классифицированного набора данных. Существующие в настоящее время средства не решают поставленной задачи по причине невозможности обработки данных для различных выборок. Одним из способов решения этой проблемы для электроэнергетики является разработка нескольких математических моделей классификации и регрессии, а также построение интегрированного универсального метода обработки данных путем объединения и модификации указанных моделей для повышения эффективности принятия управленческих решений.

В рамках проведенных исследований представлен сравнительный анализ моделей и методов обработки больших данных с возможностью прогнозирования: статистические методы, модели Грея, гибридные и нейросетевые методы. Наиболее подробно рассмотрены нейросетевые методы, основными преимуществами которых являются скорость обучения и высокая точность раннего прогнозирования и обработки больших данных. Тем не менее, традиционные модели обладают рядом отмеченных в работе недостатков.

У вышеперечисленных методов и моделей обработки больших данных и прогнозирования имеются серьезные общие ограничения в рамках рассматриваемой предметной области, которые и определили цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе разработаны методы нейросетевой обработки больших данных и прогнозирования с применением импульсной и рекуррентной нейронных сетей на основе модифицированного метода обучения обратного распространения ошибки для информационной поддержки принятия решений на примере электроэнергетики.

Предлагаемые методы включают в себя следующие методы.

1. Метод нейросетевой обработки и новый метод обучения на примере анализа и обработки (фильтрации) информации с применением модели импульсной нейронной сети. За счет внедрения метода порядкового следования импульсов и добавления коэффициента реагирования каждого нейрона входного слоя на изменение данных, в том числе видов и типов информации, повышается скорость и качество обработки большого объема данных

с последующим формированием специализированных правил обработки информации. При этом приоритет отдается импульсной нейронной сети из-за ее математического аппарата (есть возможность оперирования дискретными событиями и обработки разнородных и временных – темпоральных данных), способствующего высокой скорости обработки данных, динамичности и многозадачности.

Получены результаты, подтверждающие, что предложенный метод обучения существенно увеличивает скорость и точность обучения импульсной нейронной сети.

2. Метод интеллектуальной обработки и анализа больших темпоральных данных и прогнозирования временных рядов на основе модифицированного метода обучения обратного распространения ошибки путем внедрения в него разработанных коэффициентов скорости обучения и чувствительности, а также модификации нейрона за счет ввода коэффициента учета аномалий (всплесков) для увеличения точности расчета прогнозных значений. В рамках данной диссертационной работы прогнозирование осуществлялось на примере потребления электроэнергии энергетических предприятий Республики Башкортостан.

Процесс прогнозирования предлагается проводить в четыре этапа: принятие решения о прогнозировании, т.е. лицо, принимающее решение, принимает решение, на какое количество дней будет осуществлен прогноз; предобработка данных; формирование прогнозной модели; постобработка данных.

Исходя из теоретических результатов, полученных в главе 2, реализованы и апробированы методы и модели, что показано в главах 3 и 4.

В третьей главе проведена разработка архитектуры и алгоритмов прототипа системы поддержки принятия решений на основе нейросетевой обработки и прогнозирования. Показаны схема работы прототипа системы и входящие в ее состав модули, а также области применения.

В целях информационной поддержки принятия решений должны выполняться следующие основные задачи: прогнозирование и генерация правил фильтрации на основе автоматизированной обработки больших данных; автоматический мониторинг состояния серверного оборудования.

Предлагаемые методы и модели апробировались путем публикации в научно-технических журналах, практической реализации и регистрации разработанных программных продуктов. В рамках текущей диссертации предлагаемый прототип системы

направлен на информационное сопровождение принятия управленческих решений на основе обработки данных и прогнозирования в электроэнергетике.

В четвертой главе Четвертая глава посвящена апробации и оценке эффективности предложенного комплекса методов, реализованных в виде прототипа системы.

Приводятся результаты экспериментальных исследований, демонстрирующих, что использование разработанной системы является целесообразным и эффективным при обработке данных и прогнозировании на примере значений потребления электроэнергии. Проведенные анализы эффективности показали, что при использовании предлагаемого прототипа системы получены новые возможности и методы.

Преимущество предлагаемого решения в рамках прогнозирования потребления электроэнергии достигается модификацией нейрона и метода обучения рекуррентной нейронной сети, а также качественным исходным датасетом, получаемым импульсной нейронной сетью. Данные результаты показывают эффективность ее применения в расчетах прогнозных значений количества потребляемой электроэнергии. При этом за счет данных прогнозов у предприятий появится возможность принимать управленческие решения.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе.

Область исследования диссертации соответствует пунктам паспорта научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика:

п. 3 «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»;

п. 4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»;

п. 9 «Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов»;

п. 10 «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах».

Оформление диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат диссертации выполнен с соблюдением установленных требований, полностью отражает ее содержание, полученные в ней практические и теоретические результаты и выводы.

Новизна полученных результатов заключается в следующих аспектах.

1. Предложен метод обработки информации, включающий анализ и фильтрацию сетевого потока больших темпоральных данных на основе модели импульсной нейронной сети. Метод отличается от ранее существовавших тем, что на основе порядкового подхода следования импульсов (сетевой поток данных большого объема на транспортном и/или прикладном уровнях), модифицированного метода обучения обратного распространения ошибки и реализации возможности реагирования нейронов на внешние воздействия формируются специализированные правила обработки данных путем их нормализации, денормализации и кодирования.
2. Предложен метод нейросетевой обработки больших данных и прогнозирования временных рядов, основанный на модели рекуррентной нейронной сети и ее модифицированном методе обучения. Метод отличается от ранее существовавших тем, что на основе модифицированного метода обучения обратного распространения ошибки путем внедрения в него полученных экспериментально и формализованных коэффициентов скорости обучения импульсных нейронных сетей и чувствительности, а также модификации нейрона путем ввода специализированных коэффициентов учета аномалий (всплесков) во временных рядах повышается точность выходных прогнозных значений.
3. Новизна структурной схемы, предложенной в рамках прототипа системы поддержки принятия решений, заключается в четырехкаскадном контуре управления: четырех замкнутых контурах, в которых на основе предложенных методов и моделей объединены возможности импульсной нейронной сети и рекуррентной нейронной сети с одновременной обработкой и анализом больших данных, представленных в виде сетевого потока информации.

Обоснованность и достоверность результатов исследования

Достоверность научных результатов обусловлена корректным использованием методов системного анализа, моделирования и проектирования систем, математического, компьютерного и нейросетевого моделирования в рамках обработки больших темпоральных данных на примере информации в виде сетевого потока данных и прогнозирования временных рядов. Вводимые допущения по нагрузке на вычислительные ресурсы мотивировались проводимыми экспериментами и фактами, известными из практики.

Публикации и апробация работы

Основные результаты диссертации опубликованы в 10 научных работах, из них 5 статей – в изданиях из перечня, утвержденного ВАК (4 издания входят в перечень RSCI – K1, 1 издание – K2) России; 2 статьи, входящие в международную базу Scopus (Q3); 3 статьи входят в другие издания. Получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации, для практики

Теоретическая значимость работы связана с совершенствованием методов и предложением моделей систем поддержки принятия решений в условиях обработки больших темпоральных данных.

Практическая значимость работы заключается в том, что на основе разработанных методов создан прототип системы поддержки принятия решений для прогнозирования значений потребления электроэнергии в организациях энергетической отрасли, что позволяет повысить точность экспертных заключений и уменьшает роль человеческого фактора при принятии решений в различных ситуациях.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования подтверждается их внедрением.

Замечания по работе

1. Формулы (2) и (3) в автореферате - (2.12) и (2.13) в диссертации записаны так, что создаётся впечатление, что в сумме (2)-(2.12) остаётся только один ненулевой член суммирования (или не более одного). К этому месту в тексте ещё не определено значение d – верхней границы суммирования. Выше сказано, что t – период времени (т.е. интервал), между тем, в формуле (1) автореферата и (2.11) диссертации и далее t – момент времени, т.е. число.
2. Словосочетание "постоянной константой" на стр. 12 автореферата и на стр. 62 диссертации тавтологично. Некоторые слова повторяются подряд ("общая, общая" на стр. 11 автореферата).
3. Не объяснено, почему значение потребляемой энергии на одном счётчике за один день – вектор (стр. 13 автореферата, стр 73 диссертации). Для формул (8, 2.26) и (11, 2.30) не объяснено, зачем в нижней границе суммирования стоит "+l", а не "+1" (такое впечатление, что в приведённой формуле нижняя граница иногда может стать выше верхней).
4. На стр. 14 автореферата и на странице 75 диссертации есть математически загадочная фраза об "изменении веса на" дифференциал " dw " (такое впечатление, что речь идёт вдруг о нестандартном математическом анализе).

5. Кроме скорости генерации информации и увеличения объёма данных целесообразно учитывать различные единицы измерения энергии разного качества (монетарные, физические), в работе учитывается только отвлечённая физическая энергия.

6. Конкретные термины и сокращения, которые используются в диссертации, либо не объясняются, либо уточняются в конце диссертации. Это затрудняет понимание читателями их функциональности. Например, аббревиатура ARIMA впервые упоминается на странице № 22, но объясняется только на странице № 159. Она использовалась в диссертации более 15 раз, прежде чем была определена на странице 159.

7. Характеристики сервера, используемого для эксперимента, не упоминаются. Необходимо указать их объём памяти, вычислительную мощность, скорость передачи данных и т.д.

Вместе с тем, указанные замечания не являются принципиальными, не снижают общей положительной оценки работы, ее научной и практической ценности, а отмеченные вопросы внедрения результатов диссертации выходят за рамки научной специальности.

В качестве пожелания и рекомендации для дальнейшего развития предложенных методов и моделей заметим следующее. Для качественного управления, кроме прогнозирования, нужен мониторинг (отслеживание положения дел), эволюционное онлайн-моделирование. При подобном анализе целесообразно рассматривать цепочку: распределённое производство, потребление и результат этого потребления. Надо обратить также внимание на мультимодальную информацию и формы её представления для человека.

Заключение

Диссертация Пальчевского Евгения Владимировича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития теории и практики разработки программного обеспечения систем управления на основе обработки больших темпоральных данных и искусственных нейросетей.

Диссертация соответствует требованиям п.9 Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Пальчевский Евгений Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Диссертационная работа Пальчевского Е. В. и отзыв обсуждены на заседании кафедры теоретических основ информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Удмуртский государственный университет» (протокол № 7 от 08 мая 2024 года).

Отзыв составили:

заведующий кафедрой теоретических основ информатики
Удмуртского государственного университета

доктор физико-математических наук, профессор Бельтюков Анатолий Петрович
Докторская диссертация защищена 09/07/1993 по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Даю согласие на обработку персональных данных.

доцент кафедры теоретических основ информатики
Удмуртского государственного университета

кандидат технических наук Мохсин Маншад Аббаси
Кандидатская диссертация защищена 30/06/2022 по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации.

Даю согласие на обработку персональных данных.

Адрес организации: 426034, г. Ижевск, ул. Университетская 1.

Телефон/факс (канцелярия): +7-3412-681-610/8-3412-685-866

Адрес эл. почты: rector@udsu.ru

Подпись А.П. Бельтюкова
заверяю М.М. Аббаси

Учёный секретарь
Учёного совета



Н. Н. Журина