

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по инновационной  
деятельности ФГБОУ ВО  
«Уфимский университет науки и  
технологий»

канд. тех. наук, наук

Г.К. Агеев



04

2023 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»

**Диссертация** Пальчевского Е.В. «Методы нейросетевой обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки принятия управленческих решений (на примере электроэнергетики)» выполнена на кафедре автоматизированных систем управления ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**В период подготовки диссертации соискатель** Пальчевский Евгений Владимирович работает в ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в должности инженера управления научно-исследовательских разработок.

**В 2019 г. окончил** магистратуру ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Геоинформационные системы».

**В 2023 г. окончил** аспирантуру ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника», профиль «Системный анализ, управление и обработка информации».

**Справка об обучении** со сведениями о сданных кандидатских экзаменах выдана в 2023 г. ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент Антонов Вячеслав Викторович, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

**1. Диссертация Пальчевского Евгения Владимировича является законченной научно-квалификационной работой,** соответствующей п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (с последующими изменениями), в которой содержится решение научной задачи имеющей значение для развития нейросетевой обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки принятия управленческих решений на примере электроэнергетики.

**2. Соискателем лично получены все основные результаты, выносимые на защиту:**

– метод и модель обработки информации в виде сетевого потока данных с применением импульсной нейронной сети для подготовки исходного датасета с целью прогнозирования значений потребления электроэнергии;

– метод и модель прогнозирования многомерных временных рядов с применением рекуррентной нейронной сети для информационной поддержки принятия управленческих решений;

– структурная схема системы управления процессом поддержки принятия управленческих решений в электроэнергетике на основе предложенных методов и моделей;

– прототип СППР для нейросетевой обработки больших темпоральных данных и прогнозирования временных рядов;

– оценка эффективности предложенных решений (обработка больших объемов информации в сетевого потока данных и прогнозирование потребления электроэнергии) на примере предприятия электроэнергетической отрасли.

В перечисленных в автореферате работах соискателем лично получены следующие результаты:

– в работах [1–3] разработаны метод и модель обработки информации сетевого потока данных с применением импульсной нейронной сети для подготовки исходного датасета с целью прогнозирования значений потребления электроэнергии;

– в работах [4, 6, 8] разработаны метод и модель прогнозирования многомерных временных рядов с применением рекуррентной нейронной сети для информационной поддержки принятия управленческих решений;

– в работах [5, 7] разработана структурная схема системы управления процессом поддержки принятия управленческих решений в электроэнергетике на основе предложенных методов и моделей;

– в работах [9–16] разработан прототип СППР для основе нейросетевой обработки больших темпоральных данных и прогнозирования временных рядов.

– в работах [7, 8] проведена оценка эффективности предложенных решений (обработка большого объема информации в виде сетевого потока

данных и прогнозирование потребления электроэнергии) на примере предприятия электроэнергетической отрасли.

Опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях и патентах автора: по главе 2 – [1-3]; по главе 3 – [4, 6, 8]; по главе 4 – [5, 7-16]. Одна работа написана автором единолично, другие совместно с научным руководителем или другими членами научного коллектива.

### ***3. Достоверность полученных результатов и выводов обусловлена:***

1) корректным использованием методов системного и математического анализа, общей теории и проектирования систем, математического, компьютерного и нейросетевого моделирования в рамках обработки больших темпоральных данных на примере разнородного неструктурированного сетевого трафика и прогнозирования временных рядов в области электроэнергетики. Вводимые допущения по нагрузке на вычислительные ресурсы мотивировались фактами, известными из практики;

2) результатами сравнительного анализа моделей и методов прогнозирования;

3) апробацией на научных конференциях, публикацией результатов в ведущих рецензируемых научных изданиях.

Результаты исследований, выводы и предлагаемые технические решения прошли производственную апробацию. При этом реализованная система «Электроэнергетика 2.0» находится в открытом доступе по адресу <https://elforecasting.com/> с возможностью быстрой регистрации.

### ***4. Научная новизна работы заключается в следующем:***

4.1. Предложен метод обработки информации, включающий анализ и фильтрацию больших темпоральных данных в виде локального и интернет-трафика на основе модели импульсной нейронной сети. Метод отличается тем, что на основе порядкового подхода следования импульсов (внешний интернет-трафик 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, тем самым повышая скорость и качество обработки информации, что позволяет решать задачи информационной поддержки принятия решений при поступлении больших объемов данных через внешний сетевой интерфейс за счет формирования специализированных правил обработки информации.

4.2. Предложен метод нейросетевой обработки больших данных и прогнозирования временных рядов, основанный на модели рекуррентной нейронной сети и ее модифицированном методе обучения. Метод отличается тем, что на основе модифицированного метода обучения обратного распространения ошибки путем внедрения в него полученных экспериментально и формализованных коэффициентов скорости обучения

ИНС и чувствительности, а также модификации нейрона путем ввода специализированных коэффициентов учета аномалий (всплесков) во временных рядах повышается точность выходных прогнозных значений. Это позволяет повысить прогнозную точность (в зависимости от сезонности до 92-95%) временных рядов для решения задач информационной поддержки принятия управленческих решений.

4.3. Новизна структурной схемы, предложенной в рамках прототипа СППР, заключается в четырехкаскадном контуре управления – четырех замкнутых контурах, в которых на основе предложенных методов и моделей объединены возможности ИмНС и РНС с одновременной обработкой и анализом как больших данных, представленных в виде сетевого потока информации. Это позволяет управлять процессом информационной поддержки принятия управленческих решений на основе обработки больших разнородных и темпоральных данных и прогнозирования временных рядов.

**5. Практическая значимость полученных результатов заключается в том,** что на основании разработанных методов создан прототип информационной системы интеллектуальной поддержки принятия решений для организаций энергетической отрасли с целью прогнозирования значений потребления электроэнергии, что позволяет повысить точность экспертных заключений и уменьшает роль человеческого фактора при принятии решений в различных ситуациях.

Более того, метод нейросетевой обработки больших данных и прогнозирования временных рядов, применен в программном обеспечении регламентного мониторинга оборудования и системы датчиков, а принцип структуризации реагирования для обеспечения интеллектуального информационного сопровождения используется в виде схемы системы управления информационного сопровождения.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования подтверждается их внедрением:

1. ООО «Башкирэнерго» – «Кумертауские электрические сети» (г. Кумертау). Внедрен метод нейросетевой обработки больших темпоральных данных на примере прогнозирования временных рядов с применением рекуррентной нейронной сети второго поколения на основе модифицированного метода обучения обратного распространения ошибки для информационной поддержки принятия управленческих решений: необходимость в проведении энергосберегающих мероприятий, расчет необходимых энерго мощностей для годового обеспечения электроэнергией обслуживаемого района с учетом показателя эффективности. При этом одним из функций данного предприятия является оптимизация распределения электроэнергии с учетом бесперебойной работы потребителей и минимизации при этом избыточного резервирования энергетических мощностей. Результаты апробации прототипа СППР показали, что разработанный метод прогнозирования потребления электроэнергии до 17,7% точнее относительно других ИНС и до 26,6% точнее относительно статистических/гибридных

методов прогнозирования, а также до 95% быстрее относительно других методов обучения ИНС, что дает возможность расчета (коррекции) количества резервируемых мощностей и более оптимизированного проведения энергосберегающих мероприятий.

2. Павловская ГЭС Приуфимской ТЭЦ филиала ООО «БГК». При разработке научно-обоснованной методологии построения предиктивной аналитики и диагностики, основанной на комплексной оценке и анализе вибрационного состояния и режимных параметров гидроагрегата в виде структуры цифрового двойника гидроагрегата, объединенных в программный комплекс (систему) предиктивной аналитики и диагностики, внедрены: метод и модель прогнозирования многомерных временных рядов с применением рекуррентной нейронной сети для информационной поддержки принятия управленческих решений; метод и модель обработки сетевого потока данных с применением импульсной нейронной сети. Это позволило: разработать формализованные правила объединения данных для мониторинга оборудования из разных источников (баз данных АСУТП и из файлов разных форматов); создать классификаторы дефектов и формализованных рекомендаций (правил) по их устранению или переключения от одного вида ремонта к другому; создать прогнозные модели на основе применений нейронной сети и оценки остаточного ресурса на основе динамики развития ситуации потенциальных инцидентов (отказов контролируемых узлов агрегатов), как следствие, прогноз состояния оборудования; интегрировать прогнозные показатели с принятыми решениями для обеспечения интеллектуального информационного сопровождения.

3. ООО «Газпромнефть-Цифровые решения». Внедрены метод и модель прогнозирования многомерных временных рядов с применением рекуррентной нейронной сети для информационной поддержки принятия управленческих решений. Данный метод нейросетевой обработки больших данных и прогнозирования временных рядов, основанный на модели рекуррентной нейронной сети и ее модифицированном методе обучения, внедрен при разработке программного обеспечения мониторинга оборудования на основе обработки больших потоков данных из разных источников и интеграции прогнозных показателей с принятыми решениями для обеспечения интеллектуального информационного сопровождения.

4. ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» – кафедра автоматизированных систем управления (г. Уфа). Основные результаты, в том числе и нейронные сети, диссертации применяются в учебном процессе для решения задачи моделирования, прогнозирования и управления, где требуется строить нечеткие системы из наборов цифровых данных по дисциплинам «Математическое моделирование сложных систем» и «Специальные информационно-аналитические системы». На сегодняшний день исследования на кафедре АСУ в рамках совершенствования (с научной и практической точек зрения) данной системы продолжаются.

## **6. Ценность научных работ заключается в том, что в результате выполненных исследований:**

– на основе модификаций существующих нейросетевых методов и моделей разработаны новые методы и модели формирования исходного датасета и прогнозирования временных рядов;

– решены прикладные задачи, связанные с информационной поддержкой принятия управленческих решений на примере электроэнергетики;

– повышена эффективность в виде точности и скорости прогнозных значений потребления электроэнергии, что дало возможность принимать управленческие решения: например, проводить энергосберегающие мероприятия (начиная от контроля рабочих режимов и сроков проверки приборов учета электрической энергии и заканчивая реконструкцией электрических сетей, а также резервированием генерирующих мощностей электроэнергетических систем). Это позволит более эффективно использовать финансовые ресурсы энергетическим компаниям, что положительно скажется не только на тарифных планах электроэнергии для физических и юридических лиц, но и предоставит возможность оптимизации бюджета энергетической компании.

## **7. Обоснование выбранной специальности и отрасли науки диссертации**

Диссертация «Методы нейросетевой обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки принятия управленческих решений (на примере электроэнергетики)» соответствует следующим 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».

**Отрасль науки** – технические науки, поскольку приведенные результаты исследований в области искусственного интеллекта и принятия решений в электроэнергетике дают существенный технический эффект при их использовании и внедрении.

## **8. Полнота изложения материалов диссертации**

Основные результаты диссертации опубликованы в 10 работах, в том числе 5 статьях в научных изданиях из Перечня рецензируемых научных

изданий, рекомендованных ВАК, либо в научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI, 2 научные работы в изданиях, включенные в базу Scopus, 3 статьи в других изданиях. Получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

***Статьи в научных изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, либо в научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI***

1. Пальчевский, Е.В. Метод повышения точности прогнозных значений временных рядов на основе импутации ретроспективных данных (на английском языке) / Е.В. Пальчевский // Программная инженерия. – 2023. – Т. 14. № 6. – С. 301–306.

2. Пальчевский, Е.В. Разработка удаленного клиента для автоматизированной передачи данных в UNIX-подобных системах / Е.В. Пальчевский, А.Р. Халиков // Программные продукты и системы. – 2019. – Т. 32. № 1. – С. 92–102.

3. Пальчевский, Е.В. Прогнозирование на основе искусственной нейронной сети второго поколения для поддержки принятия решений в особо значимых ситуациях / Е.В. Пальчевский, В.В. Антонов, Р.Р. Еникеев // Программные продукты и системы. – 2022. – Т. 35. № 3. – С. 488–503.

4. Пальчевский, Е.В. Интеллектуальная система контроля анализа компетенций в процессе обучения (на английском языке) / В.В. Антонов, Г.Г. Куликов, Е.В. Пальчевский, Л.Е. Родионова, А.Р. Фахруллина, Л.А. Кромина, Т. Брейкин // Программные продукты и системы. – 2023. – Т. 36. № 1. – С. 5–13.

5. Пальчевский, Е.В. Метод формирования структур цифровых двойников предметно-ориентированных объектов пространственно-открытых источников на основе формализмов теории множеств, графов, теории категорий и теории порождающих языков Хомского / В.В. Антонов, Г.Г. Куликов, Я.С. Вояковская, Е.В. Пальчевский // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2023. – Т. 23. №2. – С.17–27.

***Публикации в отечественных журналах из перечня изданий ВАК, включенных в международные базы Web of Science, Scopus***

6. Пальчевский, Е.В. Концепция формирования интеллектуальных управляющих систем энергоснабжения городских сетей / Е.В. Пальчевский, В.В. Антонов, Л.А. Родионова, Л.А. Кромина, А.Р. Фахруллина, Л.И. Баймурзина, Е.А. Родионов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24. № 4. – С. 190-198.

7. Пальчевский, Е.В. Интеллектуальное прогнозирование потребления электроэнергии при управлении энергетическими предприятиями на основе нейронной сети (на английском языке) / Е.В. Пальчевский, В.В. Антонов, Л.А. Родионова, Л.А. Кромина, А.Р. Фахруллина // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2023. – Т. 24. № 6. – С.307–316.

### *Другие публикации по теме диссертации*

8. Пальчевский, Е.В. Разработка системы увеличения пропускной способности сетевого стека для повышения отказоустойчивости физического сервера / Е.В. Пальчевский, А.Р. Халиков // Перспективные информационные технологии. – 2017. – С. 262–265. (РИНЦ, по материалам конференции «ПИТ-2017»)

9. Пальчевский, Е.В. Система поддержки принятия решений на основе применения нейронной сети второго поколения (на английском языке) / Е.В. Пальчевский, В.В. Антонов // Программная инженерия. – 2022. – Т. 13. № 6. – С. 301–308. (по материалам конференции «ITIDS-2021»)

10. Пальчевский, Е.В. Искусственная нейронная сеть для прогнозирования потребления электроэнергии на энергетических предприятиях (на английском языке) / Е.В. Пальчевский, В.В. Антонов, Л.Е. Родионова, А.Р. Фахруллина, Л.А. Кромина // Программная инженерия. – 2023. – Т. 14. № 1. – С. 34–41.

### *Патенты и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ*

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023662065 «Программная библиотека глубокого обучения для решения регрессионных задач» / Е.В. Пальчевский, В.В. Антонов // Зарег. 06.06.23. – М.: Роспатент, 2023.

12. Пальчевский, Е.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017612872 «Расчет количества входящих потоковых сетевых пакетов» / Е.В. Пальчевский // Зарег. 03.03.17. – М.: Роспатент, 2017.

13. Пальчевский, Е.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613016 «Система управления серверами в веб-интерфейсе» / Е.В. Пальчевский // Зарег. 07.03.17. – М.: Роспатент, 2017.

14. Пальчевский, Е.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613065 «Распараллеливание нагрузки физических и логических ядер» / Е.В. Пальчевский // Зарег. 09.03.17. – М.: Роспатент, 2017.

15. Пальчевский, Е.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613861 «Мониторинг состояния вычислительного процесса» / Е.В. Пальчевский // Зарег. 03.04.17. – М.: Роспатент, 2017.

16. Пальчевский, Е.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614111 «Разработка алгоритма блокировки IP-адреса» / Е.В. Пальчевский // Зарег. 06.04.17. – М.: Роспатент, 2017.

**Диссертация** Пальчевского Евгения Владимировича соответствует п. 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней:

– отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

– соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

Диссертация «Методы нейросетевой обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки принятия управленческих решений



(на примере электроэнергетики)» Пальчевского Евгения Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

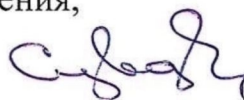
**Заключение принято на заседании** кафедры автоматизированных систем управления ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Присутствовало на заседании** 32 человека, в том числе 15 докторов наук.

**Результаты голосования:** «за» – 32 человека, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 6 от «7» апреля 2023 г.

Заместитель заведующего кафедрой  
автоматизированных систем управления,  
к.т.н., доцент



В.А. Суворова

