

## О Т З Ы В

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА,

д.т.н., ст.н.с., профессора Н.Б. ФИЛИМОНОВА

на диссертацию ПАЛЬЧЕВСКОГО Евгения Владимировича  
«МЕТОДЫ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ДАННЫХ  
ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ)»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических  
наук по специальности 2.3.1 – *Системный анализ, управление  
и обработка информации, статистика*

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Диссертационная работа Пальчевского Е.В. посвящена вопросам обработки больших объемов данных с одновременным прогнозированием временных рядов нейросетевыми методами. Наличие больших объемов темпоральных данных в системах электроэнергетики и присутствующая при этом семантическая неоднородность, приводят к неэффективности применения классических и простых в реализации подходов к решению поставленной задачи прогнозирования потребления электроэнергии.

Сложность и важность представленной задачи требует разработки новых или модификации известных методов и моделей, нивелирующих их недостатки применения к конкретной предметной области, и создание на их основе научно обоснованных концептуальных положений для достижения цели. Одним из таких решений и является использование нейросетевых методов обработки больших данных и прогнозирования временных рядов.

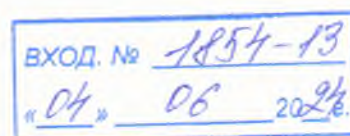
### **СТРУКТУРА И КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Диссертация изложена на 194 страницах и включает в себя 39 рисунков и 33 таблицы, состоит из содержания, введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 180 наименований и приложений. Имеются общие выводы по всей работе в целом и по каждой главе в частности.

Во **введении** дается обоснование актуальности темы диссертационного исследования, показаны научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы цели и задачи исследования, проанализированы научные труды по теме диссертации.

**Первая глава** диссертации посвящена критическому обзору проблемы обработки больших данных, а также методов и моделей прогнозирования потребления электроэнергии. Отмечены преимущества и недостатки известных моделей прогнозирования потребления электроэнергии. На основе проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследования.

**Во второй главе** диссертации разрабатываются методы и модели обработки больших темпоральных данных и прогнозирования временных рядов. Представлены импульсная и рекуррентная нейронные сети. Импульсная ней-



ронная сеть необходима для предобработки данных – автоматического формирования исходного датасета, а рекуррентная нейронная есть – для прогнозирования временных рядов. Обе нейронные сети обучаются на модифицированном методе обратного распространения ошибки, что позволяет улучшить прогнозные результаты.

*Третья глава* посвящена разработке прототипа системы поддержки принятия решений (СППР) для обработки больших темпоральных данных и прогнозирования временных рядов. Разработаны:

- ◆ Системная модель бизнес-процессов предприятия электроэнергетики на примере производственного отделения «Кумертауские электрические сети».
- ◆ Четырехкаскадная структурная схема управления функциональным процессом прогнозирования потребления электроэнергии с включением прототипа СППР.
- ◆ Информационная модель прототипа СППР.
- ◆ Архитектура и основная функциональность прототипа СППР.

Приведены примеры получаемых на выходе импульсной нейронной сети правил фильтрации для формирования исходного датасета. Рассмотрены основные возможности и ограничения разработанных импульсной и рекуррентной нейронных сетей.

В *четвертой главе* дается оценка эффективности предложенных методов (решений) на примере производственного отделения «Кумертауские электрические сети». Приведены вычислительные эксперименты по оцениванию эффективности:

- ◆ Метода и модели обработки сетевого потока данных (данные с датчиков и счетчиков, а также метеорологических ресурсов) с применением импульсной нейронной сети.
- ◆ Метода и модели прогнозирования многомерных временных рядов с применением рекуррентной нейронной сети.
- ◆ Отдельных модулей и прототипа СППР в целом.

*Заключение* подытоживает результаты диссертационного исследования.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ, НОВИЗНА И ОСНОВНОЙ НАУЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Материал диссертации охватывает разработанные автором теоретические и научно-практические положения, совокупность которых правомерно квалифицировать как решение актуальной научной задачи в области искусственного интеллекта в совокупности с системным анализом и управлением.

**Основной научный результат диссертационной работы Е.В. Пальчевского состоит в разработке нейросетевых методов обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки принятия управленческих решений.**

Работа содержит следующие *новые результаты*:

- ◆ Метод обработки информации, включающий анализ и фильтрацию сетевого потока больших темпоральных данных на основе модели импульсной нейронной сети.

◆ Метод нейросетевой обработки больших данных и прогнозирования временных рядов, основанный на модели рекуррентной нейронной сети и ее модифицированном методе обучения.

◆ Четырехкаскадная схема СППР, в которой 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.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Диссертационное исследование имеет *практическую значимость*, поскольку разработанные в его рамках методы являются эффективным инструментом для обработки больших темпоральных данных и прогнозирования временных рядов. По результатам, представленным в диссертационном исследовании, разработанные методы и модели за счет прогнозных значений потребления электроэнергии, получаемых на выходе рекуррентной нейронной сети, позволяют повысить точность экспертных заключений и уменьшают роль человеческого фактора при принятии решений в различных ситуациях. Практическая ценность полученных результатов подтверждена актами о внедрении результатов диссертационного исследования на предприятиях.

## **ДОСТОВЕРНОСТЬ И ОБОСНОВАННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

*Достоверность* сформулированных научных положений диссертационной работы не вызывает сомнений. Теоретические выводы и рекомендации обоснованы и подкреплены вычислительными экспериментами. Более того, в полном тексте диссертации приведена ссылка на прототип разработанной системы. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых журналах и представлены на научных конференциях.

## **ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

К диссертационной работе имеются следующие *замечания*:

1. В работе утверждается, что для прогнозирования потребления электроэнергии преобладают статистические модели. Следовательно, при обработке реального массива больших разнородных и темпоральных данных, факторы, влияющие на предсказание возможных ситуаций, *имеют стохастическую природу*, т.е., являясь неопределенными, они развиваются по правилу игры в кости или рулетки. Очевидно, что данные факторы, порождающие неопределенность ситуаций, *не относятся к классу повторяемых и не обладают свойством статистической устойчивости*. Напомню, что о правомерности применения стохастической методологии в прикладных задачах особо подчеркивали светила современной науки, например, один из основоположников современной теории вероятностей А.Н. Колмогоров, а также один из основоположников современной теории управления Р.Э. Калман, который, кстати, еще в 80-х годах прошлого столетия, полностью отказался от стохастической теории управления, о чем наше научное сообщество *до сих пор настоятельно умалчивает*.

2. В работе предложена схема четырехкаскадной системы управления «процессом информационной поддержки принятия управленческих решений» без указания смысла управляющих воздействий. При этом третий и четвертый каскады данной системы представляют собой два контура: контур «регулирования» и контур «автоматического регулирования». Однако, следует констатировать, что ни о каком процессе регулирования здесь речи быть не может. Функцию третьего и четвертого контуров выполняет не регулятор, а обычный конечный автомат, обеспечивающий переключение структуры системы в зависимости от диагностируемой текущей ситуации. Кстати, следует заметить, что архитектура СППР вполне может содержать такие подсистемы управления, как управление данными; управление моделью и управление интерфейсом.

3. В работе ошибочно утверждается, что в большинстве исследований не приводится полное описание комплексного применения возможностей нейросетевых технологий для осуществления в режиме реального времени анализа и обработки данных, а также прогнозирования возможных ситуаций.

4. В работе в качестве модели импульсной нейронной сети за основу взята модель Фитц Хью-Нагумо, которая является динамической системой, описываемой дифференциальным уравнением. Однако, динамическое, инерционное изменение параметров в данной нейросети в работе даже не упоминается.

5. Не ясно преимущество импульсной нейронной сети (ИНС) над другими нейросетями, т.е. почему выбор пал на доработку именно ИНС, а не на LSTM. При этом в первую очередь рассматривается эффективность ИНС, хотя было бы целесообразным рассматривать ее «второстепенно», т.к. в работе упор сделан все же на прогнозную точности, т.е. на рекуррентной нейронной сети.

6. Все полученные в работе результаты по обработке и прогнозированию больших темпоральных данных предназначены для поддержки принятия управленческих решений. Однако не ясно о каких управленческих решениях, направленных на сокращение «финансовых потерь» и оптимизацию бюджета энергетической компании, идет речь.

7. В целом результаты диссертационных исследований изложены достаточно ясно и четко. Однако в тексте все же встречаются некоторые опечатки и стилистические неточности.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

Диссертация Пальчевского Евгения Владимировича обладает научной новизной и практической значимостью и является научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором исследований решена актуальная научно-техническая проблема обработки больших темпоральных данных для автоматического формирования исходного датасета и раннего (заблаговременного) прогнозирования временных рядов. Это позволяет повысить точность экспертных заключений и уменьшает роль человеческого фактора при принятии решений в различных ситуациях.

В целом, несмотря на указанные замечания, диссертационное исследование Е.В. Пальчевского выполнено на высоком научном уровне на актуальную тему и представляет собой законченный по форме и содержанию научный труд.

Основные результаты диссертационного исследования достоверны, выводы и заключения обоснованы. Научные результаты апробированы на конференциях и отражены в статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, входящих в Перечень ВАК и цитируемых в МНБД RSCI, Scopus и WoS.

Диссертация соответствует заявляемой специальности, а ее автореферат в полной мере и правильно отражает ее содержание.

На основании вышеизложенного считаю, что *диссертационная работа Пальчевского Е.В. «Методы нейросетевой обработки больших темпоральных данных для информационной поддержки принятия управленческих решений (на примере электроэнергетики)» соответствует всем требованиям «Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Пальчевский Евгений Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.*

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОПОНЕНТ:**

**Заместитель заведующего кафедрой**

«Физико-математические методы управления»

Московского государственного университета

имени М.В. Ломоносова

доктор технических наук,

профессор



**Филимонов**

**Николай**

**Борисович**

14.05.2024г.

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.01 *Системный анализ, управление и обработка информации.*

Даю согласие на обработку персональных данных.

Адрес основного места работы:

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет

Адрес эл. почты: nbfilimonov@mail.ru

Телефон: 8-916-514-71-02

*Подпись профессора Филимонова Н.Б. заберу*

Ведущий специалист  
по кадрам

*Горюховская Р. Ш.*

5

