

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента
Антонова Вячеслава Викторовича на диссертационную работу
Качелаева Олега Вадимовича на тему: «Разработка метода прогнозирования и управления комплексными энергетическими сетями на основе интеллектуального анализа данных», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

1. Актуальность исследования

Диссертационная работа Качелаева О.В. посвящена актуальной задаче повышения точности краткосрочного прогнозирования электропотребления в условиях цифровой трансформации электроэнергетики и перехода к интеллектуальным сетям (Smart Grid). Рост объёмов данных от интеллектуальных счётчиков, SCADA-систем и метеостанций требует новых подходов к их обработке и анализу. Особую сложность представляют потребители с аддитивным (ациклическим) профилем потребления, доля которых составляет, по оценкам автора, до 30%. Традиционные методы прогнозирования, основанные на выявлении периодичности, для таких объектов неэффективны, что влечёт финансовые потери на оптовом рынке электроэнергии и снижает надёжность управления сетями.

Таким образом, разработка комплекса методов обработки данных, нейросетевого прогнозирования и поддержки принятия решений для управления сложными энергосистемами является безусловно актуальной и соответствует приоритетным направлениям развития энергетического сектора России на период до 2035 года.

2. Обоснованность, достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, полученных в работе

Обоснованность научных положений достигается тем, что все выдвигаемые в диссертации положения опираются на корректно применяемый математический аппарат и согласованы с результатами экспериментальных исследований.

Достоверность результатов базируется на следующих основаниях:

- в работе используются апробированные научные методы: теория нейронных сетей и алгоритм обратного распространения ошибки, методы робастного оценивания (функции потерь Хьюбера и Коши), генетические алгоритмы и методы статистического анализа временных рядов (тесты Зивота–Эндрюса и KPSS);
- большой объём экспериментальных данных и сопоставительный анализ с известными методами.

Научная новизна исследования включает:

1. Новизна метода скользящего окна заключается в адаптации авторегрессионного подхода для аддитивных профилей потребления, для которых традиционные методы прогнозирования неприменимы. Экспериментально обоснован оптимальный размер окна, позволяющий использовать ресурсоэффективные сети типа MLP вместо сложных LSTM.
2. Новизна генетического алгоритма состоит во введении этапа «первичного тестирования» на малом числе эпох для быстрой отбраковки неперспективных архитектур, что сокращает время подбора гиперпараметров и повышает точность прогноза.
3. Новизна СППР заключается в интеграции разработанных методов обработки данных, прогнозирования и логических выводов на основе ограниченной

рациональности в единый программный комплекс, что позволяет формировать рекомендации в условиях неполноты исходной информации.

3. Оценка содержания диссертации и её завершённости

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе проведён глубокий анализ предметной области, выделены классы потребителей (циклические и аддитивные) с использованием коэффициента вариации и коэффициента заполнения графика. Экспериментально обоснована необходимость предобработки данных и показана эффективность предложенного метода CMAN для циклических профилей.

В главе второй исследовано влияние структурных гиперпараметров нейросети на точность прогнозирования: размера пакета, числа слоёв, функций активации, оптимизаторов. Теоретически обоснована и экспериментально проверена робастная модификация метода обратного распространения с использованием функции потерь Хьюбера.

Глава третья посвящена разработке эволюционного алгоритма синтеза структуры НС. Приведены листинги программного кода на Python, описана архитектура хромосомы и функция штрафа, учитывающая как ошибку прогноза, так и размер сети.

В главе четвёртой представлены ключевые экспериментальные результаты. Показано, что совокупность методов CMAN + MLP + SW + GAHO + Huber обеспечивает среднюю ошибку MAPE 2,7% для аддитивных данных, что значительно превосходит базовые методы (MSE, MAE и др.) и сопоставимо с лучшими известными гибридными моделями.

Глава пятая описывает архитектуру СППР, её взаимодействие с SCADA, логику работы на основе ограниченной рациональности и оценку экономической эффективности. Разработанный программный комплекс NDFLS представляет собой завершённое приложение с графическим интерфейсом.

В заключении отражены основные результаты диссертации и предложены направления дальнейших исследований.

Полнота и завершённость диссертационной работы подтверждаются соответствием темы работы её содержанию, последовательным, логически связанным изложением материала, решением поставленных задач и достижением цели исследования.

Таким образом, диссертационная работа Качелаева О.В. является завершённой научно-квалификационной работой.

4. Полнота публикаций по теме исследования

Основные результаты исследования отражены в 13 работах, опубликованных в рецензируемых изданиях и сборниках трудов международных и всероссийских научно-практических конференций, в том числе 3 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, включённых в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук». Получены 3 патента на полезную модель.

5. Соответствие автореферата содержанию диссертации

Содержимое автореферата соответствует основным положениям, представленным в диссертации, и позволяет оценить полученные автором результаты

исследования. Изложение материала в автореферате последовательное, логически связанное. Оформление соответствует требованиям ВАК РФ.

6. Замечания по диссертационной работе

- 1) В главе 1 для обнаружения аномалий используется метод k -средних, однако автор не приводит аргументов в пользу этого алгоритма по сравнению с другими методами, например, DBSCAN или методами на основе плотности, которые часто более эффективны при работе с выбросами и не требуют априорного задания числа кластеров.
- 2) При прогнозировании на горизонт до месяца с использованием скользящего окна (авторегрессии) неизбежно накопление ошибки, особенно для аддитивных профилей. В работе не оценивается рост погрешности при увеличении глубины прогноза (например, на неделю или месяц) и не предлагаются методы коррекции этого эффекта (демпфирование, использование нескольких шагов прогноза и т.п.).
- 3) В таблицах 2.6 и 4.6 приведено сравнение с некоторыми известными моделями, но не указано, проводилось ли обучение этих моделей на тех же наборах данных, что и разработанная. Это снижает убедительность выводов о превосходстве предложенного подхода.
- 4) В работе используются архивные метеоданные, однако при реальном упреждающем управлении прогноз погоды всегда имеет погрешность. В диссертации не исследуется, как ошибки в прогнозе температуры, ветра и осадков влияют на итоговую точность прогнозирования электропотребления.
- 5) В диссертации, согласно формуле 1.6, значения CV определяются в процентах. Можно предположить, что в таблице 1.4 приведены значения σ/μ в долях единицы, а не в процентах. Тогда пороговое значение 4.4 в процентах соответствует 0.044 в долях. В этом случае все значения в таблице (0.122 и выше) превышают 0.044, и все потребители должны считаться аддитивными, что не соответствует классификации автора. Все признаки свидетельствуют о технической ошибке. Можно говорить о необходимости корректировки расчётов или критериев группировки в случае, если эта ошибка не техническая.
- 6) Таблица 1.2 содержит погрешности прогноза для разных типов потребителей: Аддитивный- 2.52%, Циклический – 1.71%. Так как таблица 2.1 приводит обратные значения возможно имела место быть техническая.

7. Заключение

Указанные замечания не снижают общей научной и практической ценности работы и носят, в основном, дискуссионный или рекомендательный характер. Содержимое работы изложено в научном стиле, технически грамотно.

Диссертационная работа Качелаева Олега Вадимовича «Разработка метода прогнозирования и управления комплексными энергетическими сетями на основе интеллектуального анализа данных» полностью соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней ВАК РФ, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями от 25.01.2024), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор, Качелаев Олег Вадимович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой автоматизированных систем управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий».

доктор технических наук, доцент

«22» 06 2026 г.



В.В. Антонов

ФИО: Антонов Вячеслав Викторович

Адрес (рабочий): 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, дом 12, корп. 6.

Контактная информация: тел.: + 7 (908) 350-30-83, e-mail: asu@ugatu.su

Организация, должность: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», заведующий кафедрой автоматизированных систем управления.

Научная специальность докторской диссертации 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Дата составления отзыва: «22» 06 2026 г.

