

УДК 004.032.2

Использование нейронных сетей для предсказания погоды в ТомскеД.П. Ющенко

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Г.Ю. Лазаренко
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: dpy3@tpu.ru

Using neural networks to adjust the heating on and off scheduleD.P. Yushchenko

Scientific Supervisor: Ass. Prof., Ph.D. G.Y. Lazarenko
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: dpy3@tpu.ru

Abstract. *The work is dedicated to developing an intelligent heating management system based on neural network algorithms. A temperature forecasting system is proposed with the aim of minimizing energy consumption and improving the quality of life for residents. The economic and social significance of the developed model has been evaluated.*

Key words: *neural network algorithms, improving the quality of life, model, significance.*

Введение

В современных условиях нестабильности климата и ускоренной урбанизации эффективное управление коммунальными системами, в частности отоплением, приобретает первостепенное значение для обеспечения комфорта и безопасности жителей городов.

Отсутствие гибкой регулировки отопления наиболее чувствительно сказывается на уязвимых группах населения – пожилых людях, детях, лицах с хроническими заболеваниями и инвалидах, что повышает риск заболеваемости и госпитализаций. Ограниченные физические и финансовые возможности не позволяют этим категориям граждан использовать альтернативные средства обогрева.

Именно поэтому появляется необходимость разработки более гибких и адаптивных систем управления отоплением, учитывающих широкий спектр факторов, влияющих на потребность в тепле, и позволяющих повысить комфорт и снизить риски для здоровья населения, а также оптимизировать потребление энергоресурсов. Изучение применения современных моделей [3] является необходимостью. Для работы будет использована нейронная сеть LSTM, которая часто используется для решения данной проблемы [1].

Целью данной работы является разработка интеллектуальной системы управления отоплением на основе нейросетевых алгоритмов для корректировки графика включения и выключения отопления в городе Томске.

Экспериментальная часть

В рамках данного исследования была проведена проверка на стационарность временного ряда температуры. Хотя LSTM-сети способны эффективно обрабатывать нестационарные временные ряды, выявление степени нестационарности исходного ряда позволяет лучше интерпретировать результаты анализа, более эффективно строить признаки и оценивать потенциальную сложность задачи прогнозирования. Временной ряд считается стационарным, если его статистические характеристики не меняются во времени. Для формальной проверки стационарности был использован расширенный тест Дики-Фуллера. Альтернативная гипотеза заключается в том, что временной ряд стационарен. Тест Дики-Фуллера основан на следующей регрессии:

$$\Delta y_t = a + \beta t + \gamma y_{t-1} + \delta_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \delta_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

где

Δy_t – значение временного ряда в момент t

a – константа

βt – тренд

γ – коэффициент при первом лаге ряда ($y_t - 1$)

δ_1 – коэффициенты при лагированных разностях ($\Delta y_t - i$)

ε_t – случайная ошибка

$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ – первая разность временного ряда

• Prophet: модель, разработанная Facebook, специально для прогнозирования временных рядов с выраженными сезонными компонентами и трендами. Она хорошо подходит для данных, в которых наблюдаются четкие годовые или недельные закономерности. Обучение модели Prophet выполнялось с использованием L-BFGS для оценки параметров. Алгоритм подбирает веса для максимизации правдоподобия модели на исторических данных, при необходимости применяя регуляризацию.

• LSTM (Long Short-Term Memory): с другой стороны, представляет собой более гибкую модель рекуррентной нейронной сети, которая способна улавливать сложные нелинейные зависимости и долгосрочные закономерности во временных рядах. Обучение LSTM будет проводиться с использованием алгоритма обратного распространения ошибки и оптимизатора Adam.

Результаты

Этот график отображает результаты прогнозирования среднесуточной температуры на зимне-весенний период 2025 года в Томске (рис. 1). Синяя линия – фактические данные о температуре за аналогичный период в прошлые годы. Красная линия – прогноз, полученный с помощью модели Prophet. Видно, что модель успешно предсказывает общие тенденции изменения температуры, однако не способна предвидеть экстремальные температурные колебания, создавая сглаженный прогноз.

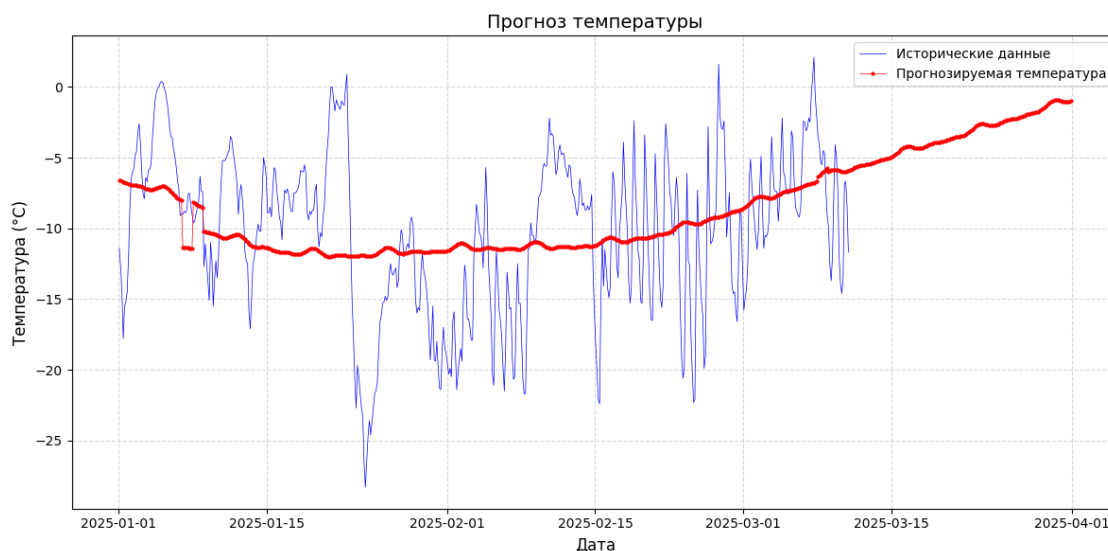


Рис. 1. Прогноз температуры модели Prophet на период с декабря 2024 по март 2025

Модель LSTM успешно справилась с обучением и демонстрирует способность прогнозировать температуру с высокой степенью соответствия реальным данным. Оранжевая линия в значительной степени повторяет динамику синей линии, отражая основные колебания и тренды температуры в течение рассматриваемого периода (рис. 2). Это указывает на то, что

модель уловила важные закономерности в исторических данных и способна адекватно экстраполировать их на будущее.

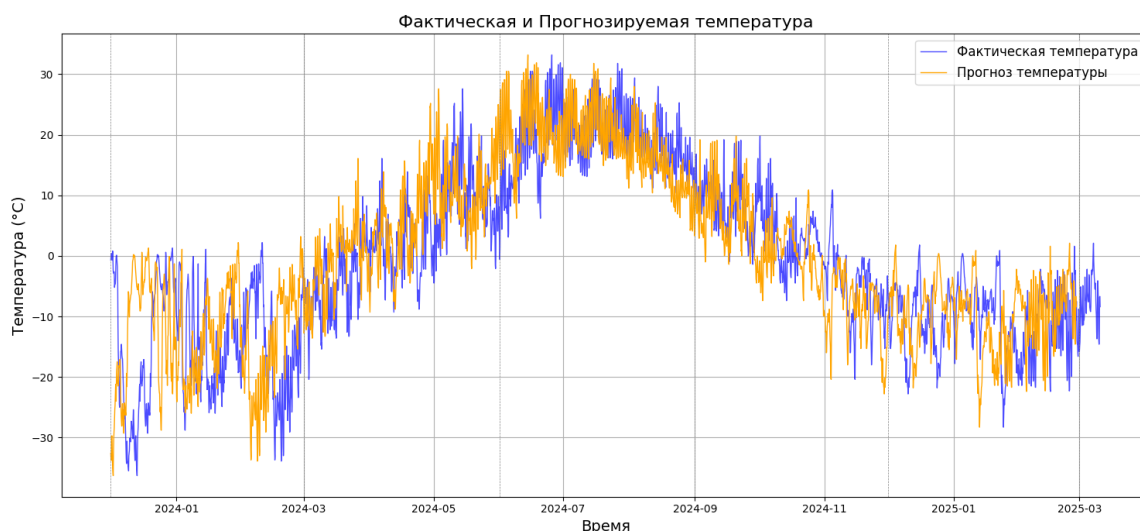


Рис. 2. Прогноз температуры модели LSTM на период с января 2024 по март 2025

Заключение

В процессе работы выявлены ограничения Prophet, связанные с его склонностью к сглаживанию прогнозов и недостаточной гибкостью при моделировании сложных нелинейных зависимостей, характерных для погодных данных.

Основной упор был сделан на LSTM-сеть, демонстрирующую способность учитывать сложные нелинейные зависимости и адаптироваться к сезонным колебаниям температуры.

В ходе работы были реализованы следующие ключевые этапы: загрузка и предобработка данных, создание признаков, разделение данных на обучающую и тестовую выборки, обучение LSTM-сети и базовой модели, оценка производительности моделей на тестовой выборке, прогнозирование температуры на отопительный сезон.

Список литературы

1. Соловьёв В.Н., Кузнецов Д.С. Прогнозирование температуры наружного воздуха для управления отоплением с использованием рекуррентных нейронных сетей // Теплоэнергетика, 2021
2. Huijun Zhang, Huijun Zhang, Huijun Zhang, Huijun Zhang. Machine Learning Methods for Weather Forecasting: A Survey. – Текст: электронный // Atmosphere. – 2025. – Vol. 16 (1). P. 82. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/16/1/82>
3. Bogdan Bochenek, Zbigniew Ustrnul. Machine Learning in Weather Prediction and Climate Analyses–Applications and Perspectives – Текст: электронный // Atmosphere. – 2022. – Vol. 13 (2). – P. 180 – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/2/180>
4. Shikha Verma, Kuldeep Srivastava, Akhilesh Tiwari, Shekhar Verma. Deep Learning Techniques in Extreme Weather Events: A Review – Текст: электронный // Atmospheric and Oceanic Physics. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2308.10995>
5. Шарапов Р.В. Использование нейронных сетей для предсказания опасных погодных явлений // Современные наукоёмкие технологии. – 2023. № 1. – С. 78–82. – URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39500>
6. Taylor S.J., & Letham B. Forecasting at scale // The American Statistician. – 2018. – Vol. 72 (1). – P. 37–45.