

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ В СИСТЕМЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Н. Е. Иванов

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь, email: ivanovn347@gmail.com*

В данной статье рассматриваются теоретические и практические аспекты применения нейронных сетей для прогнозирования уровня воды в водоемах. Практический аспект включает реализацию нейросетевой модели на языке программирования Python с применением библиотек scikit-learn и Matplotlib, ее обучение на основе архивных данных метеонаблюдений и действительных показателей уровня воды в водоеме. В качестве параметров модели используются: уровень воды, температура воздуха, температура воды, статистика выпадения осадков, высота снежного покрова.

Ключевые слова: нейросетевые модели; уровень воды; гидрологическое прогнозирование; scikit-learn; метеонаблюдения.

USING A NEURAL NETWORK MODEL IN A HYDROLOGICAL FORECASTING SYSTEM

N. E. Ivanov

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
6 P. Brovka St., 220013, Minsk, Belarus, email: ivanovn347@gmail.com*

This article discusses theoretical and practical aspects of applying neural networks for forecasting water levels in water bodies. The practical aspect includes the implementation of a neural network model using the Python programming language, with the application of scikit-learn and Matplotlib libraries, and its training based on archived meteorological observation data and actual water level indicators in water bodies. The model parameters used include: water level, air temperature, water temperature, precipitation statistics, and snow cover height.

Keywords: neural network models; water level; hydrological forecasting; scikit-learn; meteorological observations.

Гидрологические прогнозы – научно обоснованные методы предсказания различных элементов режима водных объектов суши [1]. Гидрологические явления формируются на территориях речных и озерных водосборов, отличающихся высокой географической неоднородностью, и представляют собой результат сложных процессов, протекающих в атмосфере, на поверхности и в глубинах Земли. Гидрологическое прогнозирование включает в себя исследование закономерностей предсказываемых

явлений и осуществляется посредством теоретического анализа, а также полевых экспериментов и наблюдений.

Прогнозирование паводков рек является многопараметрической задачей, зависящей от множества природно-климатических факторов, включая антропогенные влияния. Значение некоторых факторов, таких как осадки или уровень влажности почвы, невозможно измерить в конкретной точке из-за сложностей доступа, пространственной изменчивости и других объективных причин. Другие параметры, как, например, температура воздуха или состояние ледяного покрова, могут обладать недостаточной точностью и подвержены резким изменениям. В таких условиях использование нейронных моделей оказывается предпочтительнее традиционных математических подходов, поскольку они обучаются на больших объемах данных, выявляя скрытые закономерности и взаимосвязи между параметрами. Эти модели учитывают значимость каждого фактора, адаптируются к изменяющимся условиям и обеспечивают более точное и надежное прогнозирование сложных процессов, таких как изменение уровня воды в водоеме.

Для исследования актуальности использования нейронных сетей в гидрологическом прогнозировании был проведен анализ открытых источников информации, содержащих необходимые данные о наблюдениях за гидрологической ситуацией. В качестве примера для исследования была выбрана река Припять на участке, проходящем в городе Наровля Гомельской области, поскольку удалось найти обширный и достоверный набор данных, включающий параметры, необходимые для гидрологического прогнозирования. В частности, в архивах содержатся данные о таких характеристиках, как уровень и температура воды [2], дневная, вечерняя и ночная температуры воздуха, количество осадков и высота снежного покрова [3]. Эти параметры являются ключевыми для анализа динамики водных потоков, оценки погодных условий и потенциальных изменений уровня воды, что позволяет более полно изучить возможность использования нейронных сетей для точного и эффективного прогнозирования гидрологических явлений.

На основе архивных данных была сформирована база гидрологических и метеорологических данных в городе Наровля и проходящему по нему участку реки Припять за март, апрель и май 2021 – 2024 годов и сохранена в базе данных SQLite. На рис. 1 представлены графики уровня воды в реке Припять в весенний период (с 1 марта по 31 мая) в 2021–2024 годах. Как видно из графиков, динамика уровня воды в разные годы значительно различается, особенно в отношении локальных экстремумов уровня воды. Эти изменения могут быть связаны с различными климатическими и гидрологическими факторами, такими как осадки, таяние снега

или антропогенные воздействия на экосистему реки. Визуализация данных в виде графиков позволяет более наглядно оценить эти колебания и выявить закономерности.

Графики, представленные на рис. 1, были построены с использованием библиотеки matplotlib в Python. Данные для графиков были извлечены из базы данных SQLite, в которой хранятся показания уровня воды по дням за рассматриваемые годы. Для каждого года был построен отдельный график, где ось X отображает дату измерений, а ось Y – уровень воды в сантиметрах. Каждый график имеет отдельную цветовую палитру, что облегчает их различение и позволяет увидеть различия в динамике уровня воды по годам.

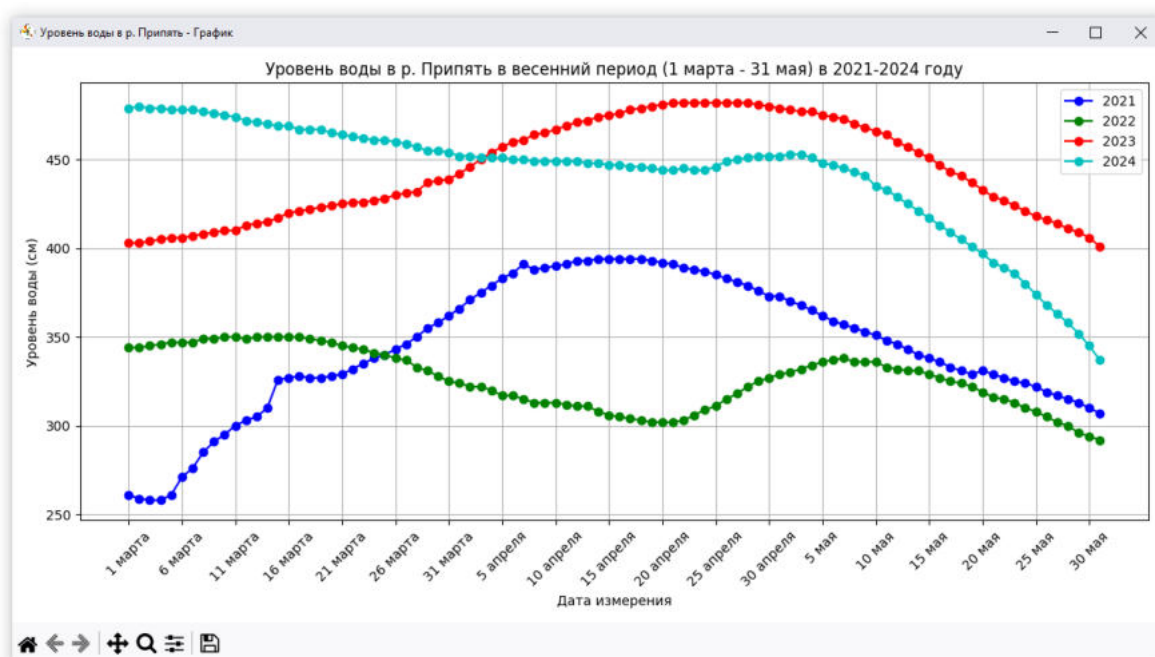


Рис. 1. Графики уровня воды в р. Припять в весенний период с 2021 по 2024 год

После извлечения данных был выполнен этап предобработки, в ходе которого данные были нормализованы с помощью StandardScaler из библиотеки scikit-learn. Нормализация данных необходима для того, чтобы модель могла эффективно обучаться, так как разные признаки (температура воды и воздуха) могут иметь разные масштабы. Также данные были разделены на обучающую и тестовую выборки с использованием функции train_test_split, при этом для сохранения временной последовательности данные были разбиты по времени без случайного перемешивания (параметр shuffle=False).

Сам процесс обучения модели использовал архитектуру нейронной сети, состоящую из нескольких полносвязных слоев (Dense). Первый слой

сети с 64 нейронами использует функцию активации ReLU, что помогает модели эффективно обучаться на нелинейных зависимостях между признаками. Следующий скрытый слой имеет 32 нейрона, также с активацией ReLU. На выходе сети находится один нейрон, который представляет предсказанный уровень воды. В качестве функции потерь была выбрана среднеквадратическая ошибка (MSE), что является стандартным выбором для задач регрессии. Для оптимизации использовался Adam-оптимизатор, который позволяет адаптивно менять скорость обучения и ускоряет процесс обучения.

Модель обучалась на обучающих данных в течение 100 эпох с использованием мини-пакетов по 32 примера на каждой итерации. После обучения модель была протестирована на тестовой выборке, что позволило оценить её точность и способность предсказывать уровень воды. После этого модель использовалась для прогнозирования уровня воды на основе данных за май 2024 года. Для этого были загружены последние данные о температуре воды и воздуха, преобразованы в день года, а затем масштабированы с использованием того же стандартизатора, что и для обучающих данных. Результаты прогнозирования с помощью нейронной модели в сравнении с существующими данными об уровне воды представлены на рисунке 2.

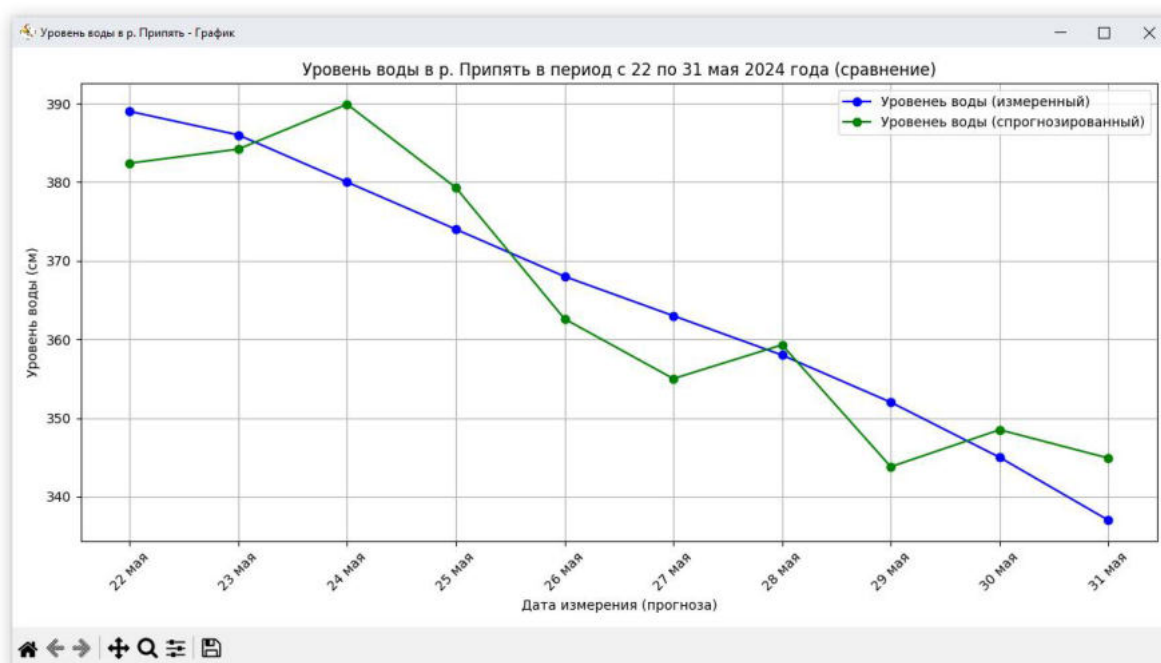


Рис. 2. Графики измеренного и спрогнозированного уровней воды в р. Припять в период с 22 по 31 мая 2024 года

Нейросетевая модель продемонстрировала достаточно высокую точность при прогнозировании уровня воды в конкретной точке водоема, результаты прогноза оказались близкими к фактическим данным. Модель успешно уловила основные тенденции изменения уровня воды, что указывает на её способность адекватно отражать динамику гидрологических процессов.

Библиографические ссылки

1. Гидрологическое прогнозирование: электронный учебно-методический комплекс для специальности: 1-31 02 02 «Гидрометеорология» / А. А. Новик; БГУ, Фак. географии и геоинформатики, Каф. общего землеведения и гидрометеорологии. Минск : БГУ, 2022. 61 с.
2. Уровень воды на гидропосту Припять-Наровля [Электронный ресурс] // All Rivers : сайт. URL: <https://allrivers.info/gauge/pripyat-narovlya/waterlevel> (дата обращения: 14.11.2024).
3. Архив погоды в Мозыре [Электронный ресурс] // RP5 : сайт. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Мозыре (дата обращения: 14.11.2024).