

СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ПОВЫСИТЕЛЬНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Садоменко С.Л., Тозик А.С., Лившиц Ю.Е.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь.

Оптимизации энергопотребления повысительных насосных станций (ПНС) на сегодняшний день уделяется большое внимание. Наиболее затратными элементами ПНС являются насосные агрегаты, поэтому оптимизация состава и режимов их работы является важной и актуальной задачей.

Для оптимизации режимов работы насосных агрегатов в первую очередь необходимо разработать механизм прогнозирования водопотребления для того чтобы оценить оптимальный состав работающих насосов с учетом возможностей регулирования.

Поскольку водопотребление можно описать одномерным временным рядом для прогнозирования процесса могут применяться многие статистические методы обработки и анализа временных рядов. Однако, эти методы менее эффективны для временных рядов с существенными нелинейностями, что присуще для описания водопотребления.

Другой класс методов прогнозирования основан на нейронных сетях.

Традиционные нейронные сети лишены памяти, что является их основным недостатком. Рекуррентные нейронные сети решают эту проблему. Они содержат в себе обратные связи, позволяющие сохранить информацию [1].

Успешно применяется особый тип рекуррентных нейронных сетей LSTM-сеть (long short-term memory, долговременно-кратковременная память), которая при решении ряда задач значительно превосходит стандартный вариант, поскольку способна обучаться долговременным зависимостям.

При решении задачи прогнозирования с помощью нейронных сетей важно правильно выбрать стратегию прогнозирования.

Рекурсивная стратегия – это метод прогнозирования временных рядов на шаг вперед. Чтобы реализовать прогнозирование на более чем один шаг в данном подходе используется следующий механизм, сначала прогнозируем на шаг вперед, далее результат первого прогноза подаем на вход системы и прогнозируем опять, в результате такой рекурсии мы получаем прогноз на необходимое количество шагов.

Прямая стратегия – в отличие от рекурсивной стратегии, прямая подразумевает построение отдельной модели для каждого шага прогнозирования, то есть на 3 шага вперед необходимо построить 3 модели.

Стратегия множественного ввода и множественного вывода (МВМВ) – в отличие от рекурсивной и прямой стратегий, которые рассматриваются

как стратегии одиночного вывода, поскольку они отражают набор входных значений в одиночный скалярный выход, стратегия МВМВ использует набор входных значений для прогнозирования набора выходных значений. Результатом прогнозирования является вектор, а не скаляр. Стратегия МВМВ не имеет проблем предыдущих стратегий, однако из-за конкретной конфигурации модели, она становится менее гибким инструментом в отличии от других стратегий.

После анализа рассмотренных стратегий с учётом особенностей водопотребления на ПНС, была использована LSTM-сеть со стратегией прогнозирования МВМВ. Разработанная система прогнозирования удовлетворяет основному требованию, предъявляемому по ошибке прогноза. Как показал эксперимент, среднеквадратичная ошибка на тестовой выборке составляет менее 5 % (рисунок 1).

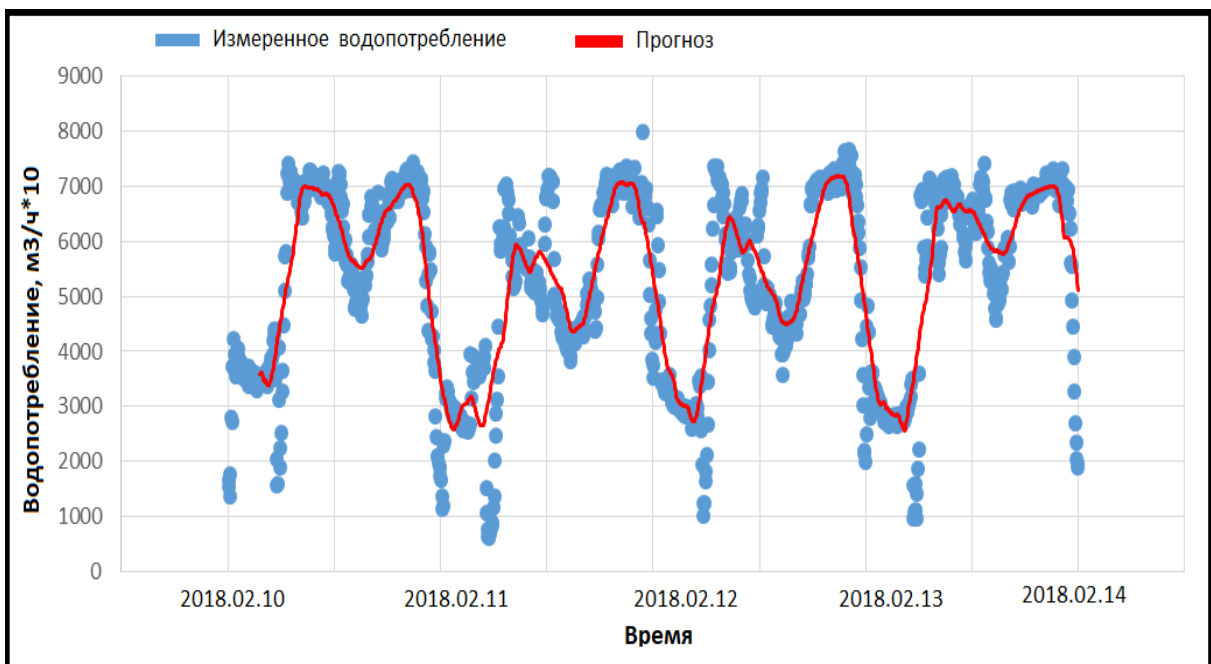


Рисунок 1 – Результат прогнозирования расхода воды на повысительной насосной станции

Система прогнозирования реализована в виде кроссплатформенного решения на языке программирования с# с помощью .netframework 4.6 для операционной системы (ос) windows и mono для ос linux [2].

Мкртчян С.О. Нейроны и нейронные сети. (Введение в теорию формальных нейронов) — М.: Энергия, 1971. -232 с.

Э. Троелсен. Язык программирования С# 2010 и платформа .NET 4/ - М.: Издательство «Вильямс», 2010. -1392 с.

УДК 658.512.22.011.56