

УДК 004.9

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Соломкин А. В.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск

E-mail: anton.solomkin@gmail.com

Аннотация: В статье представлены результаты работы по созданию и обучению нейронной сети для прогнозирования потребления электроэнергии применительно к ОАО «Мордовская энергосбытовая компания». Произведен анализ влияния различных факторов на электропотребление. Разработана программа, которая создает и обучает нейронную сеть, а также делает на её основе прогноз. Произведено сравнение спрогнозированных и фактических данных по электропотреблению.

Ключевые слова: электропотребление, оптовый рынок электроэнергии, нейронная сеть, краткосрочное прогнозирование, относительная погрешность, ретроспективные данные.

Введение.

С ноября 2003 года на Федеральном оптовом рынке электроэнергии начал функционирование сектор свободной торговли. Но при переходе в данный сектор помимо выигрыша от участия в конкурентных торгах предприятие берет на себя некоторый риск, который связан с невозможностью точного планирования заявки на потребление электроэнергии. Отклонения фактического графика нагрузок субъекта оптового рынка от заявленных значений больше определенного процента приводит к покупке электроэнергии с балансирующего рынка по большей цене. Отклонение в меньшую сторону тоже карается оплатой непоставленной электроэнергии, определяемой разницей между заявленным и фактическим потреблением по установленным расценкам.

В связи с таким положением возрастает важность прогнозирования энергопотребления субъектов оптового рынка электроэнергии. Особенно ответственной эта задача является для тех энергосистем или субъектов оптового рынка, у которых нет собственных генерирующих мощностей, и отсутствуют возможности влиять на нагрузку потребителей.

Сложность прогноза обусловлена наличием большого числа потребителей и необходимостью учета многих факторов, влияющих на потребление электроэнергии (температура окружающего воздуха; степень освещенности; долгота дня; день недели; переходы с зимнего на летнее время и обратно; наличие экстраординарных событий (катастрофы; массовые акции); прогнозы погодных условий; состояние других факторов, влияющих на изменение потребления в соответствии с данными, полученными в результате обработки статистики потребления; планируемое включение/отключение энергоемких производств).

Выбранный метод решения задачи.

Традиционно для прогноза потребления электроэнергии используется метод авторегрессии: линейный алгоритм, основанный на предсказании будущего по ближайшему прошлому. Возможно построение отдельных авторегрессионных моделей для различных типов дней. При этом все остальные факторы, влияющие на потребление электроэнергии,

используются опосредованно, то есть через их влияние на прошлые значения потребления электроэнергии. Этот метод позволяет получать хорошие результаты прогноза в стабильных ситуациях (нет резких изменений погоды). Однако при неожиданном резком изменении внешних параметров применение такого подхода не позволяет правильно спрогнозировать ситуацию. Например, при резком сильном похолодании, даже в случае если известен примерно правильный прогноз погоды, метод не предусматривает возможности его использовать.

В последнее время все большее внимание со стороны специалистов, занимающихся прогнозом временных рядов, и в частности, рядов по потреблению электроэнергии, привлекают искусственные нейронные сети (ИНС). Основная привлекательность применения ИНС для задач прогноза потребления электроэнергии состоит в возможности использования большого количества разнообразных входных параметров – исторические данные по потреблению электроэнергии и соответствующие исторические погодные условия, прогноз погоды, время суток, время года, тип дня и т.д. При этом функция влияния входного параметра на выходной результат может быть какой угодно сложной (нелинейной, нестационарной, ...) и неизвестной формы. Кроме того, часть входных параметров модели является численными (исторические значения потребления электроэнергии, температура воздуха, время суток и т.п.), а часть – категориальными (время года, тип дня, тип облачности и другие). Возможно также неявное использование входных параметров. Например, через построение системы ИНС, каждый элемент которой (отдельная ИНС) обучен на определенный случай, например, для определенного типа дня или времени года. Общий вход системы ИНС (ворота) служит для направления данных на вход конкретной ИНС, предназначенной для соответствующей прогнозируемому случаю ситуации. При этом выбор ИНС определяется по специальному, неявно задаваемому параметру (или набору параметров) – например, тип дня [1].

ИНС являются аналитическими системами, в которых поставленные задачи не достаточно четко сформулированы. Недостаточная точность формулировки восполняется способностью ИНС к самообучению, умению находить в данных скрытые и неясные образы. Важным свойством ИНС является способность к изменению своего поведения и знания в зависимости от изменений внешней среды.

Для прогнозирования электропотребления предпочтительнее использовать конфигурацию ИНС прямого распространения (персептроны) с обучением по методу обратного распространения ошибки. Здесь необходимо заметить, что при выборе структуры ИНС важно учитывать ее размерность, т.е. количество скрытых слоев и количество нейронов в этих слоях. При недостаточном размере сети для решения поставленной задачи ИНС будет плохо обучаться и неправильно работать, а при размере сети, который превышает сложность решаемой задачи, процесс обучения ИНС будет очень длительным, или сеть вообще может быть непригодна для решения данной задачи. Этот вопрос в каждом конкретном случае решается экспериментальным путем [2].

Полученные результаты.

Рассмотрим применение ИНС для краткосрочного прогнозирования электропотребления на примере ОАО «Мордовская энергосбытовая компания».

Для начала проанализируем влияние нескольких факторов (температура окружающего воздуха, день недели, время суток) на потребление электроэнергии на примере ОАО «Мордовская энергосбытовая компания» в период с 1 по 30 сентября 2009 года.

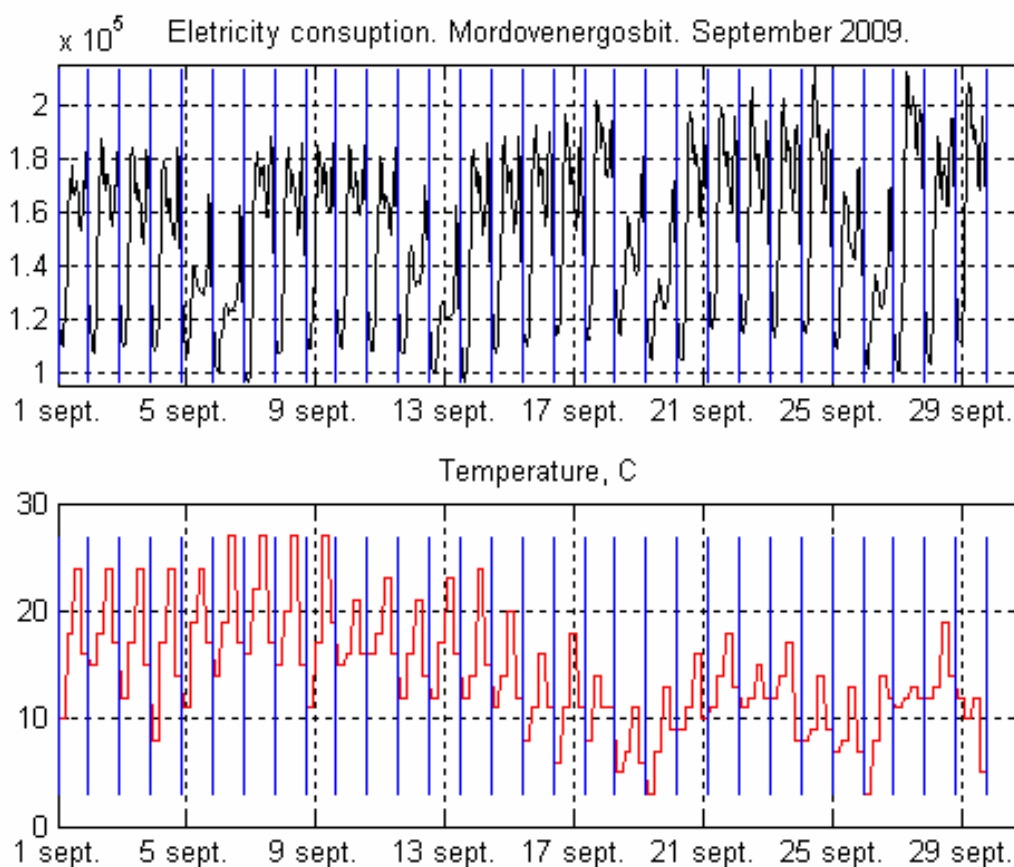


Рис. 1. Электропотребление в сентябре 2009 года в ОАО «МЭСК» (кВтч). Температура окружающего воздуха в г. Саранск.

Можно проследить влияние температуры окружающего воздуха в г.Саранск на потребление по графикам на рис. 1. До 13 сентября температура находилась в пределах от $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом общая картина потребления была стабильной. После 14 сентября температура стала снижаться и 20 сентября достигла $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Здесь мы можем наблюдать рост электропотребления, который также связан с тем, что отопительный сезон в тот период еще не начался.

Из графика потребления на рис.1 можно наблюдать отличие потребления в рабочие и выходные дни, а также движение потребления в течение суток. Пик потребления в рабочие дни приходится на утренние часы, в выходные – на вечерние часы.

При построении нейронной сети для прогнозирования электропотребления необходимо учесть влияние температуры, дня недели, время суток. Также существует зависимость текущего потребления от значения потребления 7 дней назад. Для большей точности прогноза решено было учесть эти ретроспективные данные.

В результате была построена и обучена ИНС прямого распространения с обучением по методу обратного распространения ошибки, состоящая из 3-х слоев. Во входном слое 4 нейрона, в скрытом слое 2 нейрона, в выходном – 1 нейрон. Для обучения нейронной сети использовался алгоритм Левенберга-Марквардта. Для её настройки использовался метод градиентного спуска с возмущением. Обучение сети проводилось на основе фактических почасовых данных по потреблению, истории погоды, календаря праздничных и выходных дней с января по сентябрь в 2009 году. Количество циклов обучения выбрано равным 1000.

Рассмотрим результаты работы сети при прогнозировании на первые 7 дней октября. На рис. 2 представлены графики фактического и спрогнозированного потребления.

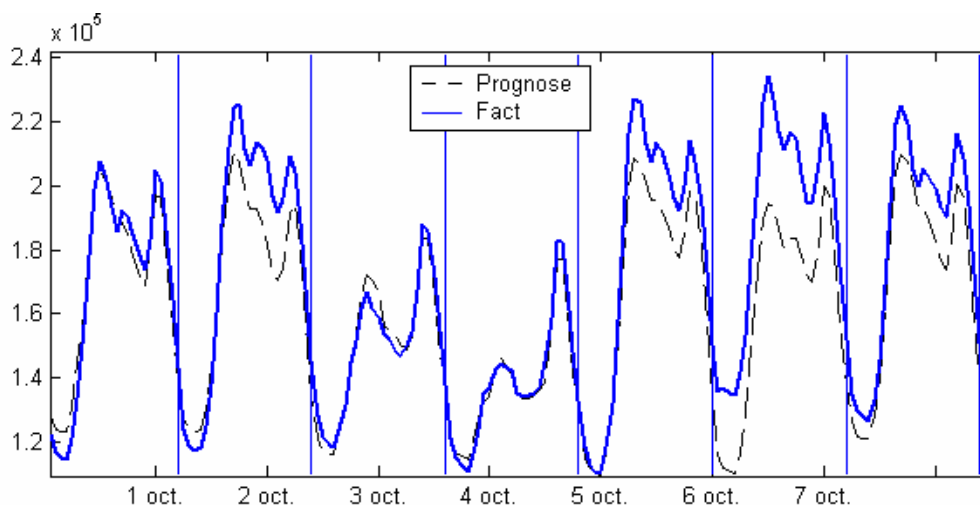


Рис.2. Фактическое и спрогнозированное электропотребление с 1 по 7 октября 2009 г.

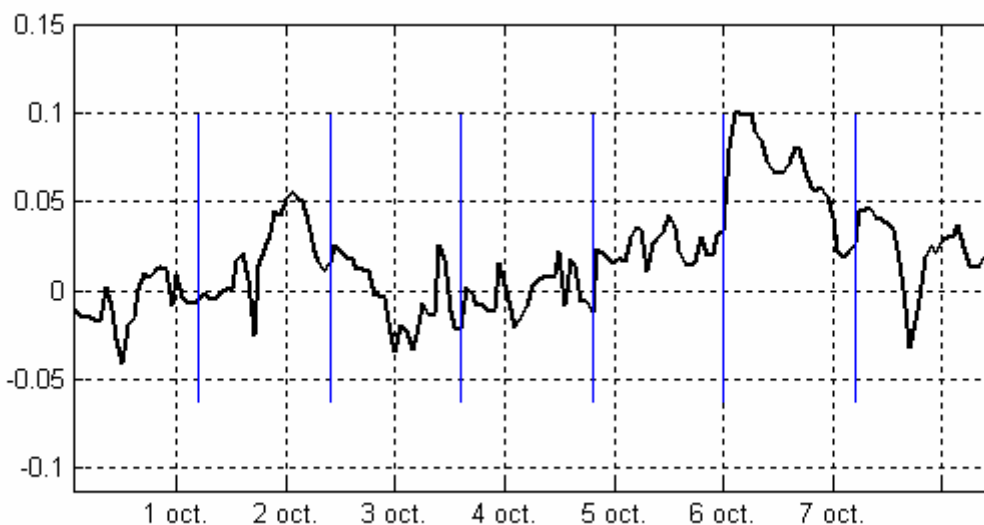


Рис. 3 Относительная погрешность прогноза.

Относительная погрешность прогноза на ближайшие 3–4 дня составляет не более 5%. Прогноз на 5 дней и более имеет высокую погрешность (до 10 %). Это связано с тем, что для точного прогноза нейронная сеть должна постоянно дообучаться на предыдущих значениях потребления.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о целесообразности и удобстве использования нейросетевых методов для прогнозирования электропотребления.

Литература

1. Е.А. Савельева, М.Ф. Каневский, А.С. Кравецкий, В.П. Огарь, Л.А. Большов Пример прогноза потребления электроэнергии при экстремальных погодных условиях [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://esco-ecosys.narod.ru/2004_2/art111.htm – Загл. с экрана.
2. Шумилова Г.П., Готман Н.Э., Старцева Т.Б. Прогнозирование нагрузки ЭЭС на базе новых информационных технологий. В книге: Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами / Н.А.Манов, Ю.Я.Чукреев, М.И.Успенский и др. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. С.127–156.