

Схемы взаимодействия поставщиков и получателей прогнозов электропотребления на основе использования нейросетевой информационной системы

Б.А. Староверов, И.В. Семенов

Костромской государственный университет

Аннотация: Прогнозирование необходимо для эффективного управления процессами передачи и потребления электроэнергии, расчета нагрузок, определения и снижения технических и коммерческих потерь. В связи с этим разработано много моделей и методов прогнозирования потребления электроэнергии, но наиболее универсальными являются методы на основе искусственных нейронных сетей. Но практическое применение их сдерживается сложностью и дороговизной программного обеспечения, необходимостью иметь квалифицированные кадры для формирования и эксплуатации таких систем. Предлагаются схемы взаимодействия поставщиков и получателей прогнозов электроэнергии, которые решают эти проблемы. Первая схема реализует принцип взаимодействия «модель, как услуга», вторая схема реализует принцип взаимодействия «прогноз, как услуга».

Ключевые слова: прогнозирование электропотребления, информационная система, искусственные нейронные сети, поставщик прогнозов, получатель прогнозов, схема взаимодействия.

Актуальность проблемы

Наиболее эффективным, с точки зрения автоматизации процессов управления режимами работы электрических сетей, является расширение функционала автоматизированных информационно-измерительных систем учета электроэнергии (АИИС УЭ) путем включения в их состав подсистемы прогнозирования электропотребления [1,2]. Это позволяет повысить качество управления процессами передачи и потребления электроэнергии за счет упреждающей диспетчеризации распределения электроэнергии, расчета нагрузок, определения и снижения технических и коммерческих потерь. В связи с этим для электросетевых и сбытовых компаний наличие систем прогнозирования является крайне необходимо. Эта потребность породила большое количество теоретических и практических разработок по прогнозированию потребления электроэнергии.

Из широко используемых методов прогнозирования можно выделить экспертные и сценарные модели и методы, основанные на опыте и интуиции. Недостатком таких методов является наличие субъективных факторов, влияющих на качество прогноза, а также затратность этих методов: для их реализации необходим постоянно действующий штат квалифицированных экспертов. Прогнозирование на основе анализа временных рядов с помощью экстраполяционных и регрессионных моделей [3,4], в которых используются методы наименьших квадратов или максимального подобия для определения коэффициентов регрессии, обладают простотой и универсальностью [5,6]. Однако недостатками данных моделей являются сложность определения их параметров и вида функциональной зависимости особенно при моделировании нелинейных процессов [7,8]. Поэтому в настоящее время все более широко применяются модели и методы прогнозирования на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) [9 – 13]. Это обуславливается рядом факторов: доступность высокоэффективных программных продуктов, появление большого количества технологий прогнозирования с помощью нейронных сетей, наличие накопленного опыта применения в различных областях, возможностью осуществлять прогнозирование с помощью сложных, нелинейных самоадаптируемых моделей.

Создание таких нейросетевых систем прогнозирования и их практическое применение реализуется несколькими способами. Прямой способ заключается в использовании готовой среды проектирования, например, инструментария Neural Network Toolbox из пакета Matlab или пакета Neuro Solutions Pro. Второй способ заключается в использовании библиотек и фреймворков, позволяющих работать с нейронными сетями. Системы, построенные на основе таких библиотек, имеют ограниченные возможности из-за меньшего числа типов ИНС и алгоритмов их обучения.

Третий способ заключается в самостоятельной программной по реализации нейронных сетей, что связано с большими затратами.

Схемы взаимодействия поставщиков и получателей прогнозов

Все три рассмотренных способа практического применения информационных систем прогнозирования на основе ИНС сдерживаются сложностью и дороговизной программного обеспечения, а также необходимостью иметь квалифицированные кадры для формирования и эксплуатации таких систем. В связи с этим предлагаются два вида взаимодействия между разработчиком нейросетевой информационной системы прогнозирования (называемый далее – поставщик), который также осуществляет её поддержку, и получателем прогнозов потребления электроэнергии (называемый далее – получатель). Один вид взаимодействия осуществляется по принципу «модель как услуга», другой вид – «прогноз как услуга». Они позволяют упростить процедуру создания высокоэффективного программного продукта и обеспечить его качественную эксплуатацию.

На рис.1 представлена схема взаимодействия «модель как услуга». На стороне поставщика используется программное обеспечение (*ПО поставщика*), основой которого является *Коммерческое ПО* - платная среда разработки нейросетевых систем, а основным инструментом является *Модуль обучения*, с помощью которого производится формирование и обучение нейронных сетей системы прогнозирования.

Поставщик получает ретроспективные данные об энергопотреблении от получателя прогнозов за определённый период. Из них для обучения нейронных сетей формируется *Входной вектор* данных и *Целевой вектор*. Обученные нейронные сети отправляются получателю для использования в *Модуле прогнозирования*.

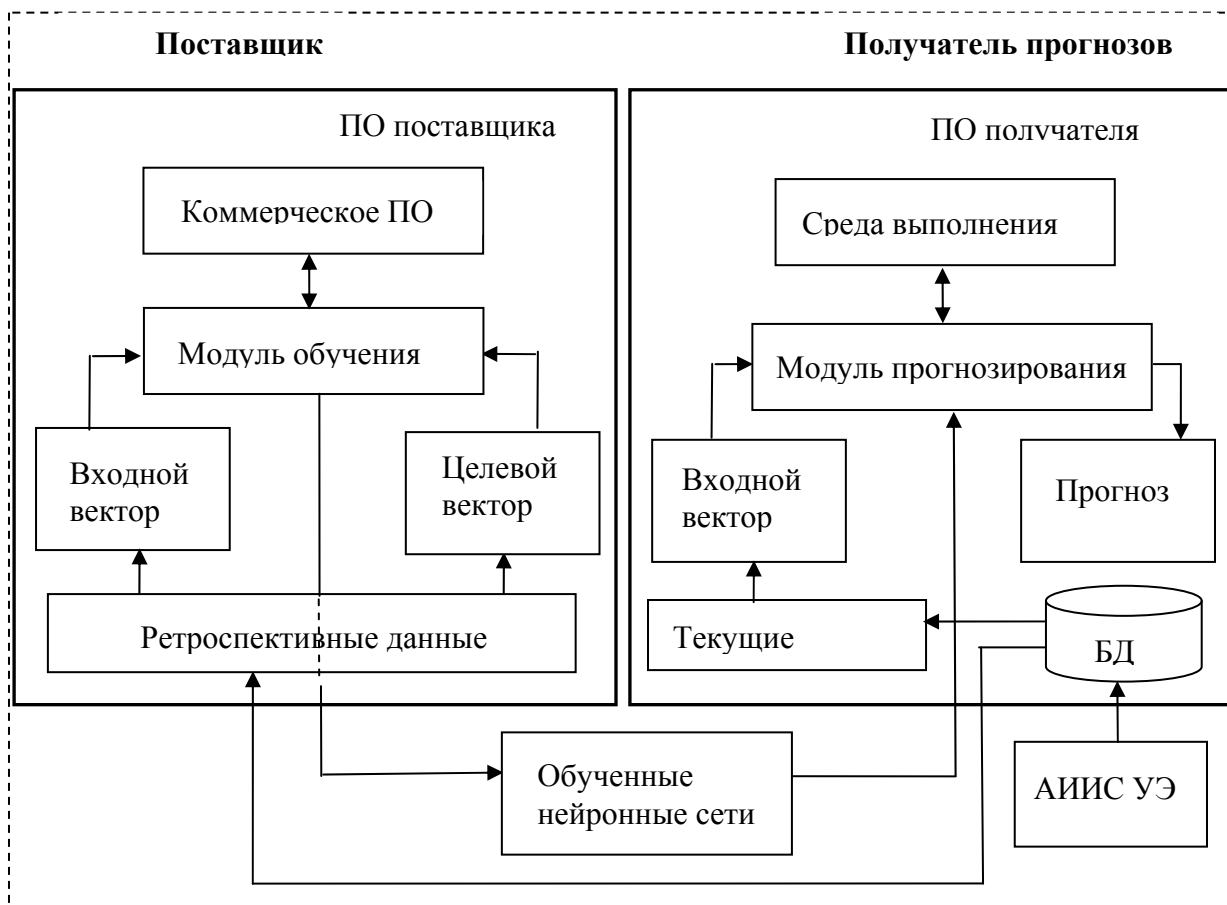


Рис.1. – Схема взаимодействия «модель как услуга»

На стороне получателя формируется база данных (БД) ретроспективных и текущих объемов потребления электроэнергии, получаемых от АИИС УЭ. Получатель, используя среду выполнения, предоставляемую поставщиком в виде набора библиотек (*ПО получателя*), запускает модуль прогнозирования. Данный модуль представляет собой информационную систему, состоящую из обученных ИНС, которая функционирует с использованием данного ПО без установки полного дорогостоящего пакета. С помощью модуля прогнозирования на основе текущих данных осуществляется формирование прогнозных графиков электропотребления на требуемую перспективу. После того, как нейросетевые модели устаревают, цикл обучения повторяется. Период, в течение которого модели остаются актуальными, а, следовательно, и частота

обмена данными между получателем и поставщиком, зависит от характера изменения графиков потребления электроэнергии и определяется экспериментально.

К недостаткам рассмотренного взаимодействия можно отнести необходимость периодических контактов между поставщиком и получателем, а также требование наличия у получателя квалифицированных сотрудников, специализирующихся на прогнозировании с помощью нейросетевой информационной системы. Устранить эти недостатки позволяет схема взаимодействия, построенная по принципу «прогноз как услуга» (см. рис.2).

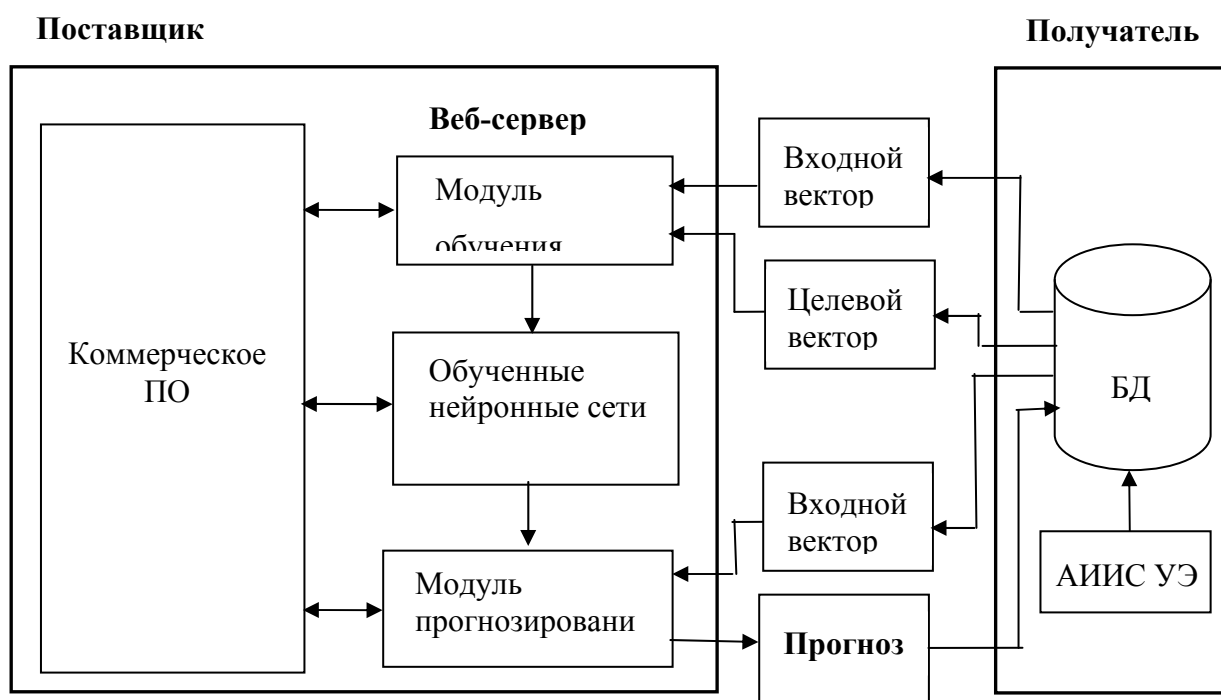


Рис.2. – Схема взаимодействия «прогноз как услуга»

Взаимодействие по этой схеме строится на основе веб-сервиса, доступного получателю прогнозов через сеть Интернет. Коммерческое ПО, модули обучения и прогнозирования, а также обученные нейронные сети

размещаются на веб-сервере. В этом случае получатель взаимодействует с данным сервисом через браузер с помощью веб-интерфейса. Он загружает файлы с целевыми и входными векторами, формируемые автоматически из ретроспективных данных по заранее установленному регламенту, и файлы с текущими данными для формирования входного вектора, используемого модулем прогнозирования. В результате дистанционно осуществляется обучение нейронных сетей и формирование прогноза электропотребления на заданную перспективу.

Потребителю не требуется установка дополнительного ПО, и по сравнению по схемой «модель как услуга» при использовании веб-сервиса не потребуется иметь постоянный контакт между поставщиком и получателем прогнозов. Периодическое переобучение модели и сам процесс прогнозирования осуществляются автоматически, и потребителю не требуются специалисты по эксплуатации данной системы, что снижает его текущие затраты. Поставщик, в свою очередь, может обслуживать несколько получателей прогнозов, что повышает рентабельность его услуг.

К недостаткам такого подхода можно отнести необходимость через сеть Интернет передавать поставщику данные об энергопотреблении, что усложняет задачу обеспечения информационной безопасности.

Заключение

Представленные схемы взаимодействия между поставщиком прогнозов электроэнергии, в роли которого может выступать разработчик информационных систем, и получателями прогнозов (региональные сбытовые и сетевые компании, производственные предприятия и другие потребители электроэнергии), позволяют минимизировать затраты и решить задачу по массовому применению современных средств прогнозирования, построенных на основе искусственных нейронных сетей.

Литература

1. Староверов Б.А., Гнатюк Б.А. Повышение эффективности системы автоматизированного коммерческого учета электроэнергии за счет введения функций прогнозирования // Вестник ИГЭУ. – 2013. – № 6. – С. 26–29.
2. Корецкий А.А., Подопригора В.Б.², Мирошниченко Е.П. Особенности разработки и внедрения системы учета энергоресурсов // Инженерный вестник Дона, 2017, №3. URL.ivdon.ru/ru/magazine/ archive/n3y2017/4365
3. Макоклюев Б.И. Анализ и планирование электропотребления. М.: Энергоатомиздат, 2008. 296 с.
4. Чучуева И. А. Модель экстраполяции временных рядов по выборке максимального подобия // Информационные технологии. 2010. №12. С. 43 – 47.
5. Alfares H.K., Nazeeruddin M. Electric load forecasting: literature survey and classification of methods // International Journal of Systems Science. 2002, Vol 33. pp. 23 – 34.
6. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования в экономике. / Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права. – М., 2004. – 60 с.
7. Бэнн Д.В., Фармер Е.Д. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 196 с.
8. Семенистая, И.Г. Анацкий, Ю.А. Бойко. Разработка программного обеспечения автоматизированной системы контроля и учета энергоресурсов и воды // Инженерный вестник Дона, 2016, №4. URL.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3897
9. An Artificial Neural Network Approach for Day-Ahead Electricity Prices Forecasting / J. Catalao [et al.] // 6th WSEAS international conference on Neural networks, USA, Stevens Point, 2005. pp. 80 – 83.

10. Шумилова Г.П., Готман Н.Э., Старцева Т.Б. Прогнозирование электрических нагрузок при оперативном управлении электроэнергетическими системами на основе нейросетевых структур: учебное пособие // – Екатеринбург: КНЦ УрО РАН, 2008. – 77 с.
11. Староверов Б.А., Гнатюк Б.А. Определение наиболее перспективных нейронных сетей и способов их обучения для прогнозирования электропотребления // Вестник ИГЭУ. – 2015. – №6. – С. 59-64.
12. Методы прогнозирования электропотребления в распределительных сетях (обзор) / А.М. Абдурахманов, М.В. Володин, Е.Ю. Зыбин, В.Н. Рябченко // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. – 2016. – №1, Том 3, С.3-23.
13. Филиппова Т.А., Русина А.Г., Дронова Ю.В. Модели и методы прогнозирования электроэнергии и мощности при управлении режимами энергетических систем. – Новосибирск: Изд-во НТГУ, 2009. - 368 с.

References

1. Staroverov B.A., Gnatyuk B.A. Vestnik IGEU. 2013. № 6. pp. 26–29.
 2. Koretskiy A.A., Podoprigora V.B., Miroshnichenko Ye.P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4365.
 3. Makoklyuev B.I. Analiz i planirovanie elektropotrebleniya. [Analysis and planning of power electricity consumption]. M.: Energoatomizdat, 2008. 296 p.
 4. Chuchueva I. A. Informatsionnye tekhnologii. 2010. №12. pp. 43 – 47.
 5. Alfares H.K., Nazeeruddin M. International Journal of Systems Science. 2002, Vol 33. pp. 23 – 34.
 6. Dubrova T.A. Statisticheskie metody prognozirovaniya v ekonomike [Statistical methods of forecasting in economics]. Moskovskiy mezhdunarodnyy institut ekonometriki, informatiki, finansov i prava. M., 2004. 60 p.
-



7. Benn D.V., Farmer E.D. Sravnitel'nye modeli prognozirovaniya elektricheskoy nagruzki: per. s angl. M.: Energoatomizdat, 1987. 196 p.
8. Semenistaya E.S., Anatsky I.G., Boyko Yu.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3897.
9. An Artificial Neural Network Approach for Day-Ahead Electricity Prices Forecasting. J. Catalao [at al.] 6th WSEAS international conference on Neural networks, USA, Stevens Point, 2005. pp. 80 – 83.
10. Shumilova G.P., Gotman N.E., Startseva T.B. Prognozirovanie elektricheskikh nagruzok pri operativnom upravlenii elektroenergeticheskimi sistemami na osnove neyrosetevykh struktur: uchebnoe posobie. [Electric power load forecasting for operational management of electric power systems based on neural network structures]. Ekaterinburg: KNTs UrO RAN, 2008. 77 p.
11. Staroverov B.A., Gnatyuk B.A. Vestnik IGEU. 2015. №6. pp. 59-64.
12. Abdurakhmanov A.M., Volodin M.V., Zybin E.Yu., Ryabchenko V.N. Elektrotehnika: setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal. 2016. №1, Vol 3, pp. 3-23.
13. Filippova T.A., Rusina A.G., Dronova Yu.V. Modeli i metody prognozirovaniya elektroenergii i moshchnosti pri upravlenii rezhimami energeticheskikh sistem. [Models and methods of forecasting of electric power and energy for regime management of energy systems]. Novosibirsk: Izd-vo NTGU, 2009. 368 p.