

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ CUDA

А.В. ЕВСЕЕВА, асп.

Рассматривается новый гибридный алгоритм прогнозирования энергопотребления, проводится анализ его работы, предлагается возможность уменьшения временных затрат на его работу за счет применения технологии параллельных вычислений CUDA.

Ключевые слова: прогноз, потребление электроэнергии, временной ряд, фильтр Винера, нейронная сеть, эволюционное моделирование, параллельный алгоритм, гибридный алгоритм, технология CUDA, высокопроизводительные вычисления.

PREDICTION OF ENERGY CONSUMPTION WITH HYBRID ALGORITHM AND CUDA TECHNOLOGY

A.V. EVSEVA, Post Graduate Student

The article describes a new hybrid power system load forecasting method, gives the analysis of this new method, and the possibility of time costs decreasing by application of CUDA technology.

Key words: forecasting, power system load, time series, Wiener filter, neural network, evolutionary modeling, parallel algorithm, hybrid algorithm, CUDA technology, High-Performance Computing.

В энергетической сфере понятие прогнозирования тесно связано с понятием планирования. Всем участникам рынка энергетических услуг необходимо составление максимально точного расчета объемов электроэнергии. Потребителям знание данной величины позволит скорректировать расчет денежных средств на покупку энергетических ресурсов, энергосбытовым компаниям – снизить убытки, которые могут возникнуть из-за нехватки или, напротив, избытка запланированной для поставки электроэнергии.

Современное законодательство предоставляет потребителям энергии выбирать сбытовую компанию, а сбытовой компании определять количество энергии, реализованной на различных условиях, таких как договорная цена, свободная цена, определяемая рынком, а также повременная и позонная тарификация. Эти условия в значительной степени усложняют взаимоотношения субъектов энергетического рынка и предъявляют особые требования к автоматизации энергосбытовых предприятий.

Сложности, возникающие с необходимостью повышения точности планирования у энергосбытовых компаний, усугубляются проведенной реструктуризацией данной области промышленности. В Постановлении Правительства от 11 июля 2001 г. № 526 «О реформировании электроэнергетики Российской Федерации» были определены цели и задачи реформы.

Основная цель реформирования электроэнергетики России – повышение эффективности предприятий отрасли, создание условий для ее развития на основе стимулирования инвестиций, обеспечение надежного и бесперебойного энергоснабжения потребителей.

В связи с этим в электроэнергетике России происходят радикальные изменения: меняется система государственного регулирования отрас-

ли, формируется конкурентный рынок электроэнергии, создаются новые компании.

В ходе реформы меняется структура отрасли: осуществляется разделение естественно-монопольных (передача электроэнергии, оперативно-диспетчерское управление) и потенциально конкурентных (производство и сбыт электроэнергии, ремонт и сервис) функций, и вместо прежних вертикально-интегрированных компаний, выполнявших все эти функции, создаются структуры, специализирующиеся на отдельных видах деятельности.

Генерирующие, сбытовые и ремонтные компании в перспективе станут преимущественно частными и будут конкурировать друг с другом. В естественно-монопольных сферах, напротив, происходит усиление государственного контроля.

Таким образом, создаются условия для развития конкурентного рынка электроэнергии, цены которого не регулируются государством, а формируются на основе спроса и предложения, а его участники конкурируют, снижая свои издержки [6].

Повышение точности получаемого прогноза при планировании будущего потребления энергоресурсов должно являться одной из составляющих политики снижения издержек энергосбытовой компании и, как следствие, повышения конкурентоспособности на обновленном рынке энергетических услуг.

После изучения предметной области и обзора существующих на сегодняшний день методов построения прогноза для решения поставленной задачи было предложено использовать гибридный алгоритм, базирующийся на трех методах анализа временных рядов: фильтре Винера, нейронных сетях и эволюционном моделировании. Каждый из указанных подходов обладает своими преимуществами в преодолении указанной проблемы: фильтр Винера показывает хо-

рошие результаты в обработке и фильтрации данных, представленных в виде временного ряда; нейронные сети помогают выявлять скрытые закономерности; эволюционное моделирование на основе мутации и естественном отборе позволяет выбрать особей, максимально удовлетворяющих заданным критериям. Объединение трех перечисленных методик призвано повысить точность работы единого гибридного алгоритма.

При построении гибридного алгоритма предлагаются результаты работы трех базовых методов объединить при помощи определенного набора коэффициентов: $\alpha_i \geq 0$, $\sum_i \alpha_i = 1$, $i = 1, 2, 3$.

Далее для нахождения указанных коэффициентов ставится линейная задача оптимизации:

$$r(t) - (\alpha_1 \cdot f(t) + \alpha_2 \cdot n(t) + \alpha_3 \cdot m(t)) \rightarrow \min,$$

где $r(t)$ – реальное значение величины потребляемой электроэнергии; $f(t)$ – величина потребляемой электроэнергии, полученная с применением фильтра Винера; $n(t)$ – величина потребляемой электроэнергии, полученная с применением нейронной сети; $m(t)$ – величина потребляемой электроэнергии, полученная с применением эволюционного моделирования.

Для решения поставленной задачи оптимизации предложено использовать метод градиентного спуска, а для преодоления проблемы локальных минимумов производить поиск оптимума поочередно из нескольких поисковых точек.

Было проведено тестирование трех базовых алгоритмов и разработанного гибридного подхода для построения прогноза энергопотребления. Для проведения исследования были рассмотрены показатели энергопотребления в Костромской области за 2005 год. Результаты представлены на рисунке.

В качестве критерия оптимальности построенного прогноза был использован индекс Тейла:

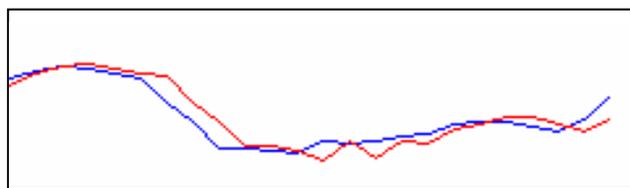
$$U(X, Y) = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^n (X_t - Y_t)^2}}{\sqrt{\sum_{t=1}^n X_t^2 + \sum_{t=1}^n Y_t^2}}$$

Индекс Тейла $U(X, Y)$ измеряет несовпадение временных рядов X_t и Y_t , и чем ближе он к нулю, тем ближе сравниваемые ряды. По результатам испытаний данный показатель при прогнозировании с помощью эволюционного моделирования составил 0,0436, фильтра Винера – 0,0329, нейронной сети – 0,0322, гибридного алгоритма – 0,0239.

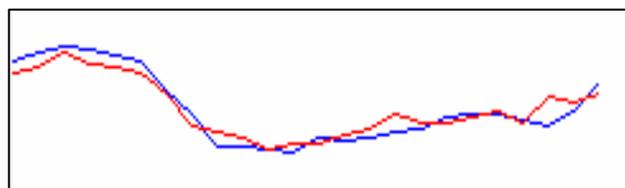
Анализ полученных данных показывает, что разработка гибридного алгоритма позволила решить поставленную задачу – повышение точности построения прогноза энергопотребления.

Однако достигнутый результат привел к возникновению дополнительной проблемы – увеличение временных затрат, которая может быть решена с помощью применения параллельных вычислений, в частности технологии CUDA с использованием суперкомпьютеров на базе графических ускорителей. Для этого может быть задействован суперкомпьютер Ивановского института ГПС МЧС России, содержащий два графических ускорителя, каждый из которых имеет по два чипа на плате.

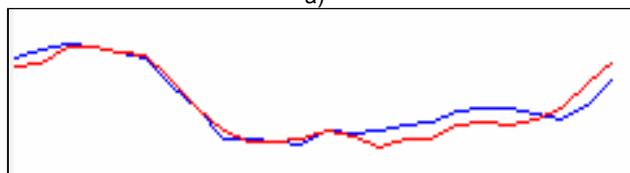
Параллельная реализация каждого из базовых методов принесет выгоду, однако для эффективной работы архитектуры CUDA [5] необходим подход, при котором тысячи потоков исполняют небольшой набор одинаковых команд над собственными данными. Поэтому в данном случае для наиболее эффективного решения поставленной задачи следует максимально задействовать каждое из четырех доступных устройств, что возможно при использовании для метода градиентного спуска 4-х поисковых точек одновременно. Каждое устройство будет последовательно выполнять параллельные версии базовых методов прогнозирования и изменять свои коэффициенты в зависимости от выбранного алгоритма оптимизации. Таким образом, предложенный гибридный алгоритм позволит максимально использовать мощности суперкомпьютера для решения задачи прогнозирования и снизить время выполнения поставленной задачи.



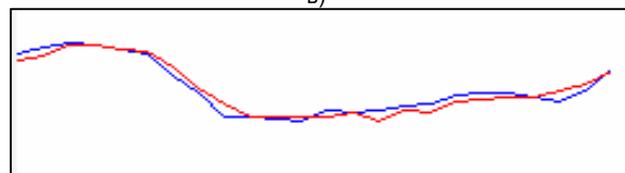
а)



в)



б)



г)

Графики прогноза энергопотребления, полученные: а – с помощью эволюционного моделирования; б – фильтра Винера; в – нейронной сети; г – гибридного алгоритма

Список литературы

1. **Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М.** Теория и практика эволюционного моделирования. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
2. **Сергиенко А.Б.** Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2002.
3. **Зверев В.А., Стромков А.А.** Выделение сигналов из помех численными методами. – Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2001.

4. **Головко В.А.** Нейронные сети: обучение, организация и применение: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000.

5. <http://developer.nvidia.com/object/gpucomputing.html> – NVIDIA GPU Computing Developer.

6. <http://www.rao-ees.ru/ru/reforming/reason/show.cgi?content.htm> – официальный сайт РАО ЕЭС России.

Евсеева Анна Владимировна,
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
аспирант кафедры высокопроизводительных вычислительных систем,
телефон (4932) 26-98-29.