

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

М.А. Темирбулатов

А.Г. Мустафаев

Дагестанский государственный университет народного хозяйства  
arslan\_mustafaev@mail.ru

Солнечная энергетика является перспективным направлением возобновляемой энергетики. В настоящее время карты ресурсов солнечной энергии созданы и широко доступны для определения потенциала определенной территории в солнечной энергии. Эти карты создаются на основе спутниковых снимков и данных метеорологических станций. Однако большой масштаб карт ресурсов, находящихся в свободном доступе, различия в микроклимате и топографии не позволяют принять решение о выборе оптимального проекта солнечной электростанции. Ошибка в выборе места расположения солнечной электростанции может существенно снизить возможное количество солнечных дней в году [1, 2].

Для построения эффективных систем солнечной энергетики необходимы точные данные об солнечной освещенности поверхности земли. Традиционный способ мониторинга потока солнечной энергии заключается в размещении системы пиранометров на значительной территории и их обслуживания, что значительно увеличивает стоимость сбора данных.

По этой причине проблема разработки метода сбора информации о солнечной энергии, использующего климатические данные регистрируемые стационарными метеостанциями, является актуальной.

Целью настоящей работы является разработка нейросетевой модели прогнозирующей значение уровня солнечной энергии на основе косвенных данных метеорологических станций.

Искусственные нейронные сети – инструмент моделирования и прогнозирования, получивший широкое признание в качестве метода решения трудноформализуемых задач с независимыми параметрами. Нейронные сети обучаются на тестовых примерах, обладают высокой отказоустойчивостью в отношении зашумленных и неполных данных. Обученная нейронная сеть может быть использована для прогнозирования предметной области [3, 4].

Искусственная нейронная сеть является одним из подходов технологии создания интеллектуальных систем, основанных на имитации поведения человеческого мозга. Нейронные сети разделяются на две категории: прямого распространения (feed-forward) и обратного распространения (feedback). В feed-forward нейросетях сигнал распространяется только в одном направлении - от входов к выходам.

В feedback нейросети выходной сигнал от нейрона передается на вход другого нейрона, на том же или предыдущем уровне. Чаще всего используются сети прямого распространения, в которых нейроны делятся на группы с общим выходным сигналом – слои, при этом на каждый нейрон первого слоя подаются элементы внешнего выходного сигнала, а все выходы нейронов  $i$ -го слоя подаются на каждый нейрон слоя  $(i+1)$ .

Многослойный перцептрон обладает высокой степенью связности, реализуемой посредством синаптических соединений. Каждый нейрон сети имеет гладкую нелинейную функцию активации. Многослойные нелинейные нейронные сети позволяют формировать более сложные связи между входами и выходами, чем однослойные линейные.



Рис. Этапы разработки искусственной нейронной сети.

Метеорологические данные о погодных условиях были получены с использованием технологии «Аисори» из единого государственного фонда данных ВНИИ гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ-МЦД) [5]. Были учтены следующие географические и метеорологические параметры широта, долгота и высота над уровнем моря точки

наблюдения, длительность светового дня, температура, относительная влажность, солнечная освещённость. Данные с семи метеостанций использовались для обучения нейронной сети (обучающая выборка), данные четырех метеостанций для тестирования (тестовая выборка), данные четырех метеостанций для проверки разработанной модели (валидационная выборка).

Разработка нейронной сети требует выполнения нескольких этапов (рис.).

Подготовка данных заключается в их нормализации и дополнении отсутствующих данных (усреднением пограничных данных).

На этапе обучения нейронная сеть восстанавливает целевую функцию по множеству наборов обучающей выборки, т.е. решает задачу интерполяции. На этапе использования обученной нейронной сети (получении прогноза) она будет использовать восстановленную зависимость для получения прогнозируемой величины, т.е. решать задачу экстраполяции. Для корректного решения задачи экстраполяции как задачи интерполяции необходимо обеспечить стационарность временного ряда признаков, распределение значений ряда должно быть инвариантно относительно момента времени, для которого оно построено.

Для решения поставленной задачи была выбрана модель многослойного персептрона, имеющего три слоя: семь нейронов в первом слое, пять нейронов в скрытом слое и один нейрон в выходном слое.

Установлено [6], что хорошие показатели обобщения достигаются, когда количество обучающих примеров в несколько раз превышает количество весов сети.

Обучение сети производилось методом обратного распространения ошибки, общая схема которого описывается следующим образом:

1. Инициализировать синаптические веса нейронов маленькими случайными значениями;
2. Выбрать очередной обучающий вектор из обучающей выборки и подать его на вход сети;
3. Вычислить результат на выходе нейронной сети;
4. Определить разность между текущим выходом сети и требуемым выходом (целевым значением);
5. Скорректировать синаптические веса нейронной сети для минимизации ошибки;
6. Повторять шаги с 2 по 5 для каждого вектора обучающей выборки до тех пор, пока ошибка на всем множестве не достигнет приемлемого уровня.

После того как нейронная сеть была обучена, она была использована для прогнозирования уровня солнечной энергии на основе валидационной выборки.

Сравнение результатов прогноза уровня

солнечной энергии данного искусственной нейронной сетью с актуальными значениями показывают хорошую корреляцию. Это подтверждает возможность использования искусственных нейронных сетей для моделирования и прогнозирования в регионах где отсутствуют данные об уровне солнечной энергии, но есть иные данные метеорологических станций.

#### Список использованных источников

1. Измерение солнечного излучения в солнечной энергетике. [Электронный ресурс] <http://www.kippzonen.com/Download/672/Solar-Energy-Guide-Russian> (дата обращения: 13.02.2017).
2. Мустафаев А.Г. Нейросетевая модель прогнозирования уровня солнечной энергии для задач альтернативной энергетики// Программные системы и вычислительные методы. – 2016. – № 2. – С. 150 - 157. DOI: 10.7256/2305-6061.2016.2.18314
3. Темирбулатов М. А., Мустафаев А. Г. Использование нейросетевых технологий в прогнозировании осложнений при сахарном диабете // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 1996–2000. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/86427.htm>.
4. Ahmed M., Ahmad F., Wasim M. Estimation of global and diffuse solar radiation for Hyderabad, Sindh, Pakistan, Journal of Basic and Applied Sciences, 2009, Vol. 5, No. 2, pp. 73-77.
5. Научно-прикладной справочник «Климат России». [Электронный ресурс] <http://aisori.meteo.ru/ClspR> (дата обращения: 14.02.2017).
6. Галушкин А. Нейронные сети. Основы теории. Горячая Линия – Телеком, 2012. - 496 с.