

СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРСОДЕРЖАНИЯ ПАРОВОДОЯНОЙ СМЕСИ ПРИ ИЗВЕСТНЫХ ДАВЛЕНИИ, ТЕМПЕРАТУРЕ И ЭНТАЛЬПИИ

Орехова Е.Е., Абрамов А.А., Андреев В.В.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия (603600, г. Н. Новгород, ул. Минина, д. 24), e-mail: katrin_orehova@rambler.ru

В данной работе рассмотрено применение искусственных нейронных сетей (далее ИНС) к решению задачи определения паросодержания паро-водяной смеси. Были созданы и проанализированы ИНС для определения степени сухости (паросодержания) по известному давлению, температуре и энтальпии паро-водяной смеси. В данной работе исследовались ИНС типа многослойный перцептрон с одним и двумя промежуточными слоями, с 1, 2 или 3 количеством нейронов в слое. Так же рассматривали различные функции активации передаточной функции. Выполнен анализ полученных результатов. В результате анализа выявлены архитектуры нейронных сетей, решающих поставленную задачу наиболее приближенно к существующим методам. Замечено, что из сетей с одним промежуточным слоем наиболее оптимальна сеть с сигмоидной функцией активации, из сетей с двумя промежуточными слоями наиболее оптимальна сеть с функцией активации гипертангенс. В данной работе не проводилась оптимизация параметров сетей. Данная работа планируется в дальнейшем.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, теплофизические параметры водяного пара, паро-водяная смесь, паросодержание.

CREATION NEURAL NETWORKS TO IDENTIFY THE STEAM QUALITY OF THE STEAM-WATER MIXTURE UNDER CERTAIN PRESSURE, TEMPERATURE AND ENTHALPY

Orehova E. E., Abramov A.A., Andreev V.V.

Nizhny Novgorod State University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia (Nizhny Novgorod, street Minina, 24), e-mail: katrin_orehova@rambler.ru

In this paper considered the application of neural networks to solving the problem of determination of the steam quality steam – water mixture. Were created and analysed neural networks to determinate the degree of dryness (steam content) for a know pressure, temperature and enthalpy of the stem – water mixture. In this study we investigated the neural networks type multilayered perceptron with one and two intermediate layers, with 1, 2 or 3 number of neurons in the layer. Just looked at various activation function the transfer function. Analysis of the obtained results. The analysis revealed architecture of neural networks, solving a task most closely to the existing methods. It is noticed, that the from the networks with one intermediate layer is the most optimal network with sigmoint function activation of networks with two one intermediate layer is the most optimal network with sigmoint function activation hypertangent. In this work was not carried out optimization of parameters of networks. This work is planned in future.

Keywords: neural network, the thermophysical parameters of water, steam-water mixture, vapor content.

Введение

За последние десятилетия в разных странах проведено большое количество работ с целью изучения термодинамических свойств воды, водяного пара и паро-водяной смеси. Но, несмотря на это, значительная область температур и давлений оставалась неизученной, и необходимые данные в этой области получены только путем экстраполяции опытных результатов [1].

В последнее время увеличивается количество программных средств, позволяющих определить интересующие параметры при конкретных условиях [3]. Но в программных

средствах представлены не все комбинации параметров, которые могут быть исходными при расчете, в связи с чем не всегда можно получить интересующие данные. Кроме того, используемые в программах уравнения связей могут совершенствоваться (уточняться), что приведет к необходимости модернизировать само программное средство. Решить указанные проблемы с меньшими трудозатратами возможно с применением искусственной нейронной сети (ИНС). Создать новую ИНС или переобучить существующую быстрее и проще, чем внести изменения в программное средство при выявлении новых, более точных уравнений связи в случае уточнения значений параметров. Одна из первых попыток применения ИНС для определения значений теплофизических параметров была предпринята Катковским Е. А. [4].

Цель работы

Цель данной работы заключалась в определении паросодержания паро-водяной смеси с помощью нейронных сетей, в анализе полученных результатов и тем самым в обосновании возможности применения ИНС для определения вышеуказанной величины.

Описание нейронной сети

ИНС представляет собой совокупность нейроподобных элементов, определенным образом соединенных друг с другом. Основная часть нейронной сети – нейрон. Он состоит из элементов трех типов: умножителей (синапсов), сумматоров и нелинейного преобразователя. Сигнал, поступающий на вход нейрона, умножается на число, характеризующее силу связи (весовой коэффициент). Сумматор выполняет сложение сигналов, поступающих от других нейронов и внешних входных сигналов. Нелинейный преобразователь реализует нелинейную функцию одного аргумента – выхода сумматора. Эта функция называется функцией активации нейрона (передаточной функцией) [2], [5]. На рисунке 1 представлена структурная схема нейрона.

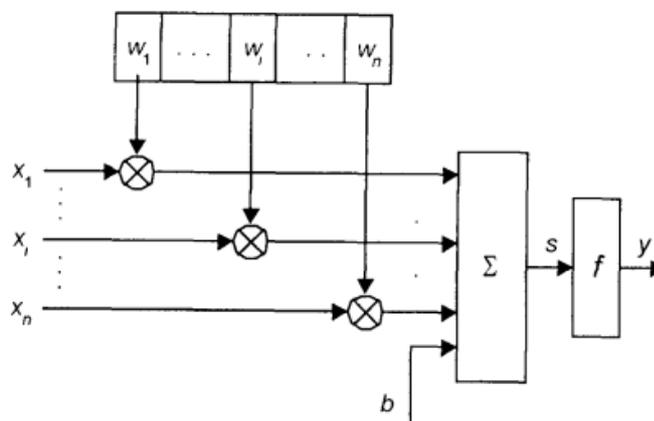


Рисунок 1. Структурная схема нейрона

где w_i – вес синапса, $i=1\dots n$, b – значение смещения (порог), s – результат суммирования, x_i – входной сигнал нейрона, y – выходной сигнал нейрона, n – число входных нейронов, f – функция активации.

Главное отличие и преимущество нейросетей перед классическими средствами прогнозирования и классификации заключается в их способности к обучению. На этапе обучения происходит вычисление синаптических коэффициентов в процессе решения нейронной сетью задач, в которых нужный ответ определяется не по правилам, а с помощью примеров, сгруппированных в обучающие множества.

Решение поставленной задачи

В данной работе рассматриваются нейронные сети типа многослойный персептрон. Для реализации нейронных сетей выбранного типа необходимы обучающие данные. В данной работе обучающие данные представляют собой значения теплофизических параметров: тех, по которым определяем интересующий параметр, а также значения того параметра, который должна прогнозировать сеть. Была создана таблица с обучающими данными. Она представляет собой набор значений параметров паро-водяной смеси. Обучающие данные состояли из значений давлений в диапазоне от 0,5 МПа до 21,06 МПа.

Для данной задачи моделировалось несколько типов сетей: многослойный персептрон с одним и двумя скрытыми слоями нейронов. МПС с одним промежуточным слоем рассматривался с 2 и 3 нейронами в слое. Каждая из сетей рассматривалась с сигмоидной и функцией активации гипертангенс. Аналогичные сети рассматривались и для МПС с двумя промежуточными слоями нейронов.

Из всего множества исходных данных 80 % выборки – обучающее, 20 % – тестовое множества.

Анализ полученных результатов

Ни в одном из существующих справочных и программных средств нет возможности определить паросодержание. Поэтому для оценки работы данной нейронной сети было взято значение температуры насыщения и паросодержание. С использованием ПО WSP определено значение давления и энтальпии при данной температуре и паросодержании. С использованием ИНС определено значение паросодержания при полученных значениях давления, энтальпии и исходной температуре. Полученное значение паросодержания сравнено с исходным. Частично полученные результаты представлены в таблице 1. В данной таблице представлены результаты, полученные с использованием ИНС в области низких, средних и высоких давлений и различных паросодержаний. Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что из сетей с 1 слоем лучше всего работают сети с сигмоидной функцией активации. Можно заметить, что в области низких и высоких

давлений ошибка определения нейросетью паросодержания увеличивается, возможно, это происходит из-за того, что эти значения давлений являются крайними из обучающей выборки и сети сложно экстраполировать значения определяемого параметра. Так же можно заметить, что в области низких и высоких паросодержаний ошибка также увеличивается, можно предположить, что причина аналогична вышесказанной. Из сетей с двумя промежуточными слоями с поставленной задачей лучше справляется сеть с функцией активации гипертангенс с 2 нейронами в первом и во втором слое.

Таблица 1. Средняя ошибка определения нейронной сетью значения паросодержания в диапазоне давлений от 0,005МПа до 22 Мпа

Исходное значение паросодержания X, %	Паросодержание X, полученное с использованием ИНС при исходных температуре, давлении и энтальпии												
	ИНС с 1 скрытым слоем						ИНС с 2 скрытыми слоями						
	Сигмоидная функция активации			Функция активации Гипертангенс			Сигмоидная функция активации			Функция активации Гипертангенс			
	Количество нейронов в промежуточном слое			Количество нейронов в промежуточном слое			Количество нейронов в промежуточном слое			Количество нейронов в промежуточном слое			
	1	2	3	1	2	3	1/2	2/2	3/2	1/2	2/2	3/2	
Давление 0,1 МПа													
5	11	5	5	6	6	5	10	7	6	7	5	5	
20	13	11	19	12	9	17	12	17	15	12	22	17	
50	49	52	48	70	49	52	49	49	55	69	54	54	
70	85	72	74	88	76	74	86	71	73	88	73	71	
90	91	96	95	92	90	94	93	96	95	92	92	91	
Давление 5 МПа													
5	14	5	6	8	12	6	11	9	9	8	5	6	
20	15,7	11	21	14	19	21	15	20	20	14	22	20	
50	48	52	49	57	51	50	47	51	50	57	48	50	
70	80	72	69	80	79	69	79	70	68	80	69	67	

90	89	96	87	88	90	88	90	89	90	89	88	90
Давление 12 МПа												
5	15	8	6	10	10	6	13	8	9	10	5	6
20	19	18	19	18	15	21	18	17	19	17	21	20
50	49	50	48	52	49	49	49	53	51	53	48	48
70	75	72	67	74	76	68	76	70	68	76	72	68
90	87	91	90	84	88	92	88	90	92	86	90	91
Давление 20 МПа												
5	24	12	8	21	17	6	23	11	9	21	6	6
20	31	21	17	29	25	18	30	19	17	29	18	18
50	50	51	48	47	50	51	51	48	50	48	52	51
70	64	74	71	60	66	72	66	71	72	60	72	72
90	75	89	91	70	78	91	77	92	90	70	87	89

Выводы

В работе рассмотрено применение искусственных нейронных сетей для определения паросодержания паро-водяной смеси.

Для каждой задачи было смоделировано несколько типов сетей для дальнейшего исследования и выявления нейронной сети с наилучшими показателями точности для решения поставленной задачи. Анализ точности расчетов с использованием сетей проводился на основе сравнения результатов, полученных с применением нейросетей, с данными, полученными с использованием сертифицированных существующих программных средств. В процессе анализа выявлено, что лучше всего с поставленной задачей справляются сети с одним промежуточным слоем с сигмоидной функцией активации, а из сетей с двумя промежуточными слоями – сеть с функцией активации гипертангенс с двумя нейронами в первом и во втором слое.

В данной работе не рассматривалась оптимизация сетей и ее параметров. Работы по оптимизации планируются в дальнейших исследованиях.

Список литературы

1. Вукалович М. П. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Таблицы и диаграммы. – 5-е изд. – М.: МАШГИЗ, 1955. – 93 с., ил.
2. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.: ил.
3. Официальный сайт программы по определению теплофизических параметров воды и водяного пара WaterSteamPro. [Электронный ресурс]. – [URL: http://twf.mpei.ac.ru/orlov/watersteampro/ru/#authors](http://twf.mpei.ac.ru/orlov/watersteampro/ru/#authors) (дата обращения 03.12.2013).
4. ООО «Энергоавтоматика: Современные системы контроля и управления: Статьи: Методы нейронных сетей для расчетов на ЭВМ тепловых, гидродинамических и физико-химических процессов / Е.А. Катковский. – URL: <http://www.asuintegrator.ru/stat/Katkovski.pdf>
5. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс. – 2-е изд. – Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – Парал. тит. англ.

Рецензенты:

Радионов А.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Кафедра общей и ядерной физики» Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего профессионального образования «Нижегородский Государственный Университет им. Р.Е. Алексеева», г. Н. Новгород.

Мисевич П.В., д.т.н., доцент, профессор кафедры «Вычислительных систем и технологий» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева», г. Н. Новгород.