

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОСВЕТА БУМАГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.К. Хмельницкий (СПГУРП)

Кратко описан метод прогнозирования качества просвета бумаги, базирующийся на применении обобщенной регрессионной нейронной сети.

Нейронные сети в настоящий момент находят широкое применение во многих областях промышленности и сферах человеческой деятельности. Это объясняется тем, что при помощи них можно решать сложные проблемы, связанные с классификацией образов, задачами оптимизации и управления, аппроксимацией функций, кластеризацией. Перечень задач, решение которых подвластно нейронным сетям, зависит от того, как сеть работает и как она обучается. Рассмотрим возможность использования нейронных сетей для прогнозирования качества просвета бумаги.

Целью проводимой работы было спрогнозировать качество бумаги с точки зрения однородности ее просвета. Это является очень актуальной задачей, поскольку целлюлозно-бумажные производства выпускают большой ассортимент бумаг, которые в дальнейшем используются для полиграфической продукции, а качество печати (особенно высокохудожественной продукции) зависит от однородности просвета бумаги. На качество просвета влияет большое число факторов: композиционный состав бумажной массы, степень помола, применяемые химикаты, концентрация массы, температура, скорость сетки и т.д. [2].

В качестве входных переменных были выбраны следующие факторы: расход лиственной и хвойной целлюлозы, расход брака, скорость нижней сетки бумаго-делательной машины (БДМ), рН среды, расход перкола, степень помола, концентрация бумажной массы в напорном ящике, расход бентонита, крахмала, мела, АКД. И было исследовано, как все эти факторы влияют на качество просвета офсетной бумаги. В качестве показателя, характеризующего качество просвета, использовался индекс формирования. Результатом проводимых исследований стало получение выборки, состоящей из 200 измерений. Выборка охватывает диапазон индекса формирования в диапазоне 46...85. Статистичес-

кие данные результатов пассивного эксперимента были взяты за 1 месяц. Исследования проводились на целлюлозно-бумажном производстве на БДМ, производящей офсетную бумагу, на которой установлены сканеры с измерительными приборами, которые производят измерения по ширине бумажного полотна и создают архивы данных.

После получения результатов исследований были сформированы обучающие примеры, которые помещены в окна форматирования данных (рис. 1).

В работе использована обобщенная регрессионная нейронная сеть (GRNN), структурная схема которой представлена на рис. 2. В точку расположения каждого обучающего наблюдения помещается ядерная функция Гаусса. При этом каждое наблюдение говорит о некоторой степени уверенности в том, что

поверхность отклика в данной точке имеет определенную высоту. Надо отметить, что эта уверенность убывает при отходе в сторону от точки. Сеть с такой архитектурой осуществляет копирование внутрь себя все обучающие наблюдения и использует их для оценки отклика в произвольной точке. Окончательная выходная оценка сети получается как взвешенное среднее выходов по всем обучающим наблюдениям, где величины весов отражают расстояние от этих наблюдений до той точки, в которой производится оценивание (и, таким образом, более близкие точки вносят больший вклад в оценку). Окно создания нейронной сети представлено на рис. 3.

Далее проводилось тестирование сети с целью определения точности прогноза, который делает сеть на основании неизученной области. Для этого были взяты выборки значений (полученных в ходе эксперимента), которые еще не были представлены сети, но информация о том, какой получится просвет (индекс формирования) заранее известна. Нейронная сеть пытается самостоятельно спрогнозировать (смоделировать), как будет протекать процесс и какой будет



Рис. 1. Окно форматирования входных данных

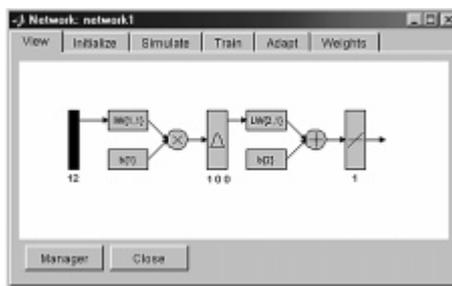


Рис. 2. Структурная схема обобщенной – регрессионной нейронной сети (GRNN)

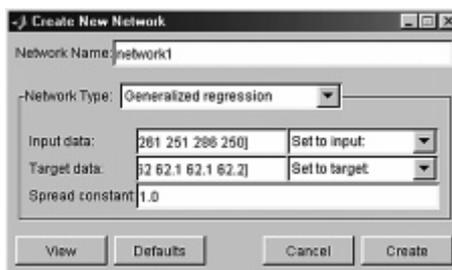


Рис. 3. Окно создания нейронной сети

просвет бумаги (индекс формования). В результате был получен индекс формования, который, по мнению нейронной сети, получится для данной входной последовательности. Для рассматриваемого примера точность сети получилась высокой, относительная погрешность составила всего 2,8 %.

Полученную в ходе исследований нейронную сеть могут использовать работники целлюлозно-бумажных производств для прогнозирования качества про-света бумаги при изменении входных факторов, ока-

*Хмельницкий Артур Константинович — канд. техн. наук, доцент кафедры "Автоматизация химико-технологических процессов" Санкт-Петербургского государственного университета растительных полимеров.*

*Контактный телефон (812) 598-03-48. E-mail: xmelnak@mail.ru*

## СИНТЕЗ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

**К.А. Колязов, А.В. Воробьева, Н.И. Шиянова (МГУ ТУ)**

*Рассмотрена задача синтеза имитационной модели ТП выпаривания молока и молочных продуктов с помощью аппарата нечеткой логики. Предложенный метод позволяет с помощью несложного математического аппарата получать достаточно достоверные модели сложных процессов.*

Эффективность работы современного производства пищевых продуктов во многом определяется достигнутым уровнем его автоматизации. Высокие требования на мировом рынке к качеству выпускаемой продукции, тенденция к созданию технологического оборудования с высокими скоростями движения, безопасность труда и другие социально-экономические требования современного общества обуславливают необходимость перехода к безлюдным технологиям, гибкому и автоматизированному производству. Ряд объектов управления пищевой промышленности до сих пор не имеют точных математических моделей, что не позволяет для их качественного управления использовать наиболее рентабельные и широко распространенные системы регулирования, основанные на применении ПИ и ПИД-регуляторов. Как часть этой проблемы в настоящей работе рассматривается задача синтеза имитационной модели технологического процесса выпаривания молока и молочных продуктов с помощью аппарата нечеткой логики.

В качестве объекта управления выступает процесс выпаривания сгущенного молока. Математическая модель этого процесса на основе теплового баланса допускает ряд упрощений [1], что может повлиять на качество регулирования процессом. Для создания более достоверной модели объекта, необходимо учесть изменение температуры кипения, возникающее в выпарном аппарате с вертикальными трубками из-за дополнительного давления парожидкостной смеси. К настоящему времени достоверных исследований изменения температуры кипения при выпаривании сгущенного молока, позволивших создать строгую математическую модель, не проводилось. В связи с этим была разработана имитационная модель, основанная на экспериментально полученных данных. Целью создания модели является получение на выходе достаточно достоверного значения температуры по заданному расходу.

зывающих влияние на однородность бумажного полотна. Это позволит снизить уровень брака и производить бумагу, пригодную для высокохудожественной печатной продукции.

### Список литературы

1. Дьяконов В.П., Круглов В.В. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. М.: Солон-Пресс. 2006.
2. Фляте Д.М. Свойства бумаги. М.: Лесная промышленность. 1986.

Для сгущения цельного, обезжиренного молока и молочных продуктов применяют двухкорпусную вакуум-выпарную установку непрерывного действия (рис. 1-2).

Основные части установки — два калоризатора (греющие камеры) 1 и два пароотделителя (сепаратора) 2 первой и второй ступеней.

Установка работает с использованием вторичного пара в обеих ступенях, поэтому в первом корпусе имеется термокомпрессор 3.

Калоризатор вертикальный трубчатого типа. Поверхность нагрева образуют кипяtilьные трубки, завальцованные в трубные решетки. Вверху и внизу имеются перегородки, делящие жидкостные пространства на две части. В каждой из них имеется по одной циркуляционной трубе большего диаметра. Поэтому молоко при выпаривании последовательно

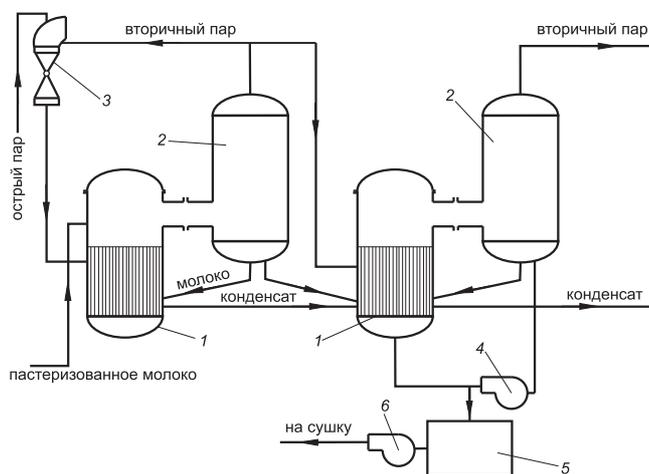


Рис. 1 Схема двухкорпусной вакуум-выпарной установки циркуляционного типа непрерывного действия  
1 – калоризатор; 2 – пароотделитель; 3 – термокомпрессор; 4 – продуктовый циркуляционный насос; 5 – промежуточный бак с мешалкой; 6 – насос для подачи сгущенного молока на сушку