

выражений, определяющих параметры нейросетевой модели для решения задачи о назначениях размерностью 20...200 работ (исполнителей):

$$\begin{cases} T_{ji\mu\nu} = -2\delta_{j\mu} - 2\delta_{j\nu} + 2\delta_{i\mu}\delta_{j\nu}, \\ I_{ji} = 3 + c_{ij}, \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} T_{ji\mu\nu} = -200\delta_{j\mu} - 200\delta_{j\nu} + 20\delta_{i\mu}\delta_{j\nu}, \\ I_{ji} = 390 + 50c_{ij}, \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} T_{ji\mu\nu} = -200\delta_{j\mu} - 200\delta_{j\nu} + 3\delta_{i\mu}\delta_{j\nu}, \\ I_{ji} = 385,5 + 50c_{ij}. \end{cases} \quad (12)$$

Значения $\delta_{cp}(c)$ и $\delta_{cp}(c, x^{\min})$ определены с помощью алгоритма Лина-Кернигама [3]. Для оценки среднестатистического значения качества $\Phi_{\mu}(c)$ было рассмотрено 10 различных вариантов исходных данных, случайно выбранных из диапазона [0, 1], для каждого из которых получили 10 решений при различных начальных условиях эволюции НС. Для проведения экспериментов было разработано ПО под платформу Win32, реализующее работу НС, в которой все элементы модифицируются в соответствии с выражением:

$$u_j(t+1) = \sum_{i=1}^n x_i T_{ij} - I_j, \quad u(0) = u^0, \quad t = 0, 1, 2, \dots$$

В таблице представлены результаты экспериментальной оценки качества решений по распределению единиц дорожной техники района. Полученные результаты свидетельствуют о приемлемых значениях показателя $\Phi_{\mu}(c)$.

*Броварный Денис Павлович – инженер Калининградского государственного технического университета.
Контактный телефон (909) 777-77-85. E-mail: star_it@mail.ru*

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ

Н.В. Шейн (Московский государственный университет прикладной биотехнологии)

Рассмотрена проблема оценки качества одного из прогрессивных методов консервирования скоропортящихся пищевых продуктов – сублимационной сушки. Показано, что наиболее оптимальным решением в данной предметной области является создание экспертной системы, позволяющей в зависимости от заданного уровня качества готового продукта выбирать оптимальные режимные параметры ТП, а также оценить затраты на цикл сушки. Главным достоинством системы является возможность накопления, хранения и модификации знаний в течение длительного времени, поддержание базы знаний в актуальном состоянии. Это позволяет различным организациям повысить квалификацию своих сотрудников за счет использования данной компьютерной системы в качестве тренажера.

Ключевые слова: экспертная система, автоматизация процесса сублимационной сушки, прогнозирование и оценка качества готового продукта, оценка эффективности ТП.

Сублимационная сушка является одним из наиболее прогрессивных методов консервирования скоропортящихся пищевых продуктов. Она включает два известных метода консервирования: замораживание и сушка в вакууме при давлениях ниже давления тройной точки воды. При этом удаление влаги происходит путем сублимации замороженных кристаллов льда, что обеспечивает сохранность формы, размера,

Таблица

Параметры нейронной сети (№ выражений)	Число единиц дорожной техники и их комбинаторных групп				
	20	40	80	100	200
(10)	0,980	0,960	0,975	0,988	0,887
(11)	1,000	0,999	0,999	0,958	0,898
(12)	1,000	0,999	1,000	1,000	0,899

Выводы

Географически распределенные неисправности дорожного хозяйства и парк техники, применяемой для ремонта дорог, представлены в виде двух комбинаторно взаимодействующих множеств. Решение задачи об оптимальном назначении множества средств восстановления на покрытие дефектов дорожной сети реализовано в нейросетевом базисе, удовлетворяющем требованиям оперативного решения задачи целочисленной оптимизации большой размерности – 102...104 дефектов (комбинаторных групп дефектов) в масштабе РВ проведения дорожных работ. Разработанная модель планирования дорожных работ на основе нейросетевого решения задачи целочисленного программирования может использоваться в составе аналитического дополнения географической информационной системы масштаба области и региона.

Список литературы

1. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир. 1972.
2. Hopfield J.J., Tank D.W. Neural computation of decisions in optimization problems. Biological Cybernetics. 52. 1985.
3. Таха Х. Введение в исследование операций. Т. 1. М.: Мир. 1985.

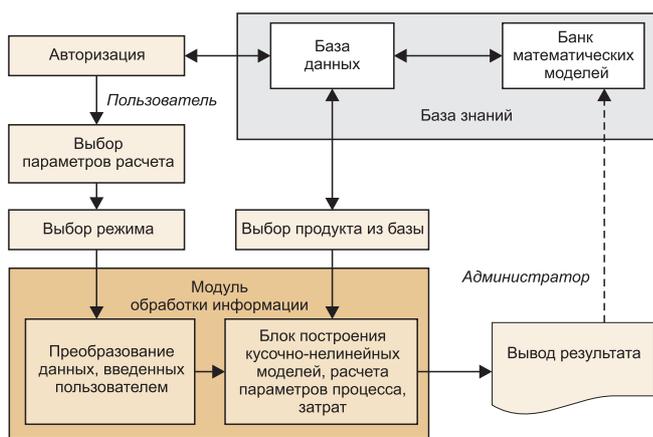


Рис. 1. Структурная схема экспертной системы

ной системы мониторинга, прогнозирования, оценки качества и принятия решений. Данная система, базирующаяся на методах математического моделирования, позволит в зависимости от заданного уровня качества готового продукта выбрать оптимальные режимные параметры ТП сублимационной сушки.

Экспертная система состоит из отдельных программных модулей: корреляционного, регрессионного анализа, кусочного моделирования, экспериментальной и нормативной БД [1,2]; и позволяет оценить степень влияния режимных параметров ТП на качество готового продукта сублимационной сушки, моделировать процесс посредством изменения параметров и получить аналитический отчет, на основании которого можно судить об экономической эффективности переработки данного вида сырья. Внедрение сформированной базы знаний на сублимационное производство позволит снизить затраты на проведение экспериментальных исследований и повысить уровень контроля и управления качеством производимого продукта.

Структура экспертной системы (рис. 1) кроме декомпозиции основных модулей отражает взаимодействие системы с внешним миром, а именно информационные потоки между системой и внешними сущностями, с которыми она должна быть связана; идентифицирует эти внешние сущности, а также процесс взаимодействия пользователя с системой и разграничение прав доступа. Сущность - понятие, на основании которого была построена логическая модель базы знаний и которое определяет отдельную независимую структурную единицу БД [3]. Организация знаний подобным образом позволяет существенно упростить доступ к необходимым данным. Если системе потребовалась информация о некоторой сущности, то она ищет объект, описывающий эту сущность, а затем уже внутри объекта отыскивает информацию о данной сущности.

Исходными данными для работы системы являются сложные кусочно-нелинейные зависимости количества вымороженной влаги от температуры сублимации. Установлено, что именно количество вы-

мороженной влаги является основным критерием оценки качества готового продукта. Данные модели размещены в базе знаний и в результате работы система обращается к ним или сохраняет новые, полученные в результате взаимодействия пользователя с системой.

Работа с компьютерной системой может осуществляться в трех режимах. Режимы работы системы задаются самим пользователям после аутентификации. Это может быть либо прогнозирование уровня качества готового продукта, либо расчет оптимальных режимных параметров, в том числе и по собственным экспериментальным данным пользователя. Работая с системой в первом режиме можно прогнозировать качество готового продукта, варьируя значение температуры сублимации.

При работе с системой во втором режиме пользователю (в зависимости от заданного им уровня качества) выдаются рекомендации по выбору режима сушки (рекомендуемая температура сублимации, максимальная температура нагрева, остаточное давление в сублимационной камере и длительность процесса). Программа выбирает из банка математических моделей регрессионную зависимость, которая соответствует заданному пользователем продукту. С помощью выбранной модели, исходя из заданного пользователем уровня качества готового продукта, рассчитывается температура сублимации. Полученные результаты, в том числе и рассчитанную длительность процесса сублимационной сушки, система выводит на экран.

Разработанная экспертная система имеет трехзвенную архитектуру, включающую уровни: БД, приложения и служб представления. Все уровни выделены в три разные подсистемы, что позволяет в дальнейшем при увеличении объема данных снизить нагрузку на сервер, перенести БД на отдельную машину. Для базового уровня достаточно, чтобы сервер БД и сервер приложений работали на одном ПК (Pentium 3800, 512 МБ). Для загрузки данных в систему желательно использовать канал, пропускная способность которого составляет ≥ 512 Кбит/с.

База данных используется для хранения информации о продуктах, группах продуктов, параметрах ТП, о показателях качества, характерных каждой группе и их ограничениях, параметрах сублимационных установок. Также в ней хранятся промежуточные результаты и нормативно-справочная документация. БД представляет собой реляционную структуру, управляемую СУБД MySQL [4]. Пользователям предоставляются определенные права доступа к информации.

СУБД поддерживает параллельный доступ к БД. Приложения могут обращаться к БД одновременно, что повышает общую производительность системы. Кроме того, отдельные операции могут "распараллеливаться" для еще большего улучшения производительности. Наконец, СУБД помогает восстанавливать информацию в случае непредвиденного сбоя,

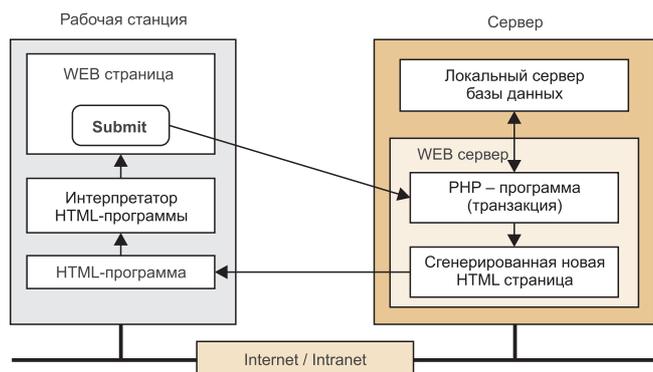


Рис. 2. Структурная схема доступа к компьютерной системе

незаметно для пользователей создавая резервные копии данных. Все изменения, вносимые в БД, регистрируются, поэтому многие операции можно отменить и выполнять повторно. MySQL, как и многие другие СУБД, функционирует по модели "клиент/сервер". На рис. 2 представлена структурная схема доступа к компьютерной системе из Web-браузера локального ПК пользователя.

Доступ к системе (рис. 2) осуществляется из Web-браузера локального ПК пользователя (уровень представления). Сначала по запросу Web-браузера из Web-сервера Internet читается HTML-форма (это HTML-программа, которая содержит описание полей ввода для Web-страницы и имя PHP-программы для их обработки). Web-браузер интерпретирует эту программу (уровень служб представления) и выводит страницу на экран рабочей станции. Пользователь должен заполнить поля ввода и нажать кнопку типа SUBMIT. Web-браузер пересылает Web-серверу имя PHP-программы обработки, имена полей ввода и их значения. Web-сервер, в свою очередь, запускает PHP-программу (транзакцию), которая обрабатывает их в соответствии с алгоритмом, затем с помощью SQL-запроса осуществляет взаимодействие с локальной БД и генерирует новую HTML-страницу, содержащую результаты обработки. Эта страница передается на рабочую станцию, где и интерпретируется Web-браузером. Пользователь видит Web-страницу с данными, полученными из БД (рис. 3): оптимальные режимные параметры (температуру сублимации, максимальную температуру нагрева продукта, длительность процесса, величину остаточного давления в сублимационной камере и количество потребляемой электроэнергии за цикл сушки для выбранного типа сублимационной установки).

При создании компьютерной системы основное внимание уделялось возможности воспроизвести техническими средствами методики решения проблем, которую используют эксперты применительно к данной предметной области. Поставленными перед

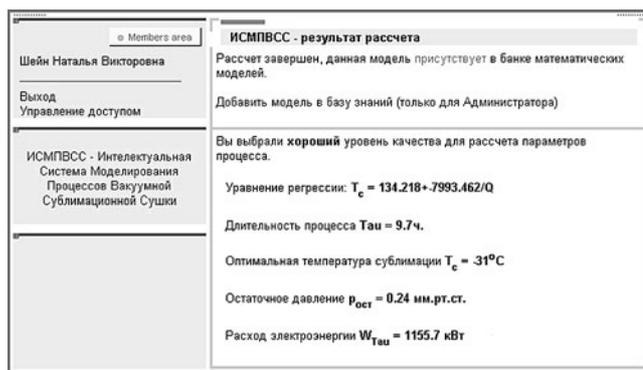


Рис. 3

системой задачами являются: определение режимных параметров процесса сублимационной сушки в зависимости от вида сырья и заданного уровня качества готового продукта и выдача пользователю соответствующих рекомендаций, прогнозирование уровня качества готового продукта по экспериментальным данным, введенным в систему самим пользователем, и оценка затрат на цикл обезвоживания.

Главным достоинством разработанной экспертной системы является возможность накопления, хранения и модификации знаний в течение длительного времени, поддержание БЗ в актуальном состоянии. Это позволяет различным организациям повысить квалификацию своих сотрудников за счет использования данной компьютерной системы в качестве тренажера. Также использование данной системы уменьшает время принятия решения на этапе разработки технологий для сублимационной сушки продуктов питания и медицинских препаратов, а также способствует росту эффективности работы специалистов-технологов. К недостаткам разработанной системы можно отнести относительно небольшую базу знаний по данной предметной области, однако в связи с тем, что при ее построении использовался модульный принцип, добавление новых знаний по ТП сублимационной сушки не вызывает проблем.

Список литературы

1. Бородин А.В., Арабей А.С. Методология построения компьютерной системы формирования базы знаний в прикладной биотехнологии / Тезисы докладов научно-методических чтений "Техника, процессы, расчеты и конструирование в подготовке инженера биотехнологических производств". МГУПБ, М. 2003.
2. Бородин А.В. К вопросу построения обучающей, тренажерной системы в прикладной биотехнологии // Материалы Научно-технической конференции "Автоматизация биотехнических систем в условиях рыночной экономики и конверсии". М., 1994.
3. Джексон П. Введение в экспертные системы. 3-е изд. М.: Вильямс. 2001.
4. Шелдон, МойеД. MySQL: базовый курс. М.: Диалектика. 2007.

Шейн Наталья Викторовна — аспирант Московского государственного университета прикладной биотехнологии. Контактный телефон (495) 677-03-40. E-mail: nata@sheyn.ru