

УДК 664.004.9

Разработка баз данных интеллектуальных экспертных систем автоматического контроля показателей качества пищевой продукции

Балыхин Михаил Григорьевич

доктор экономических наук, профессор, ректор

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: rektor@mgupp.ru

Благовещенский Иван Германович

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: igblagov@mgupp.ru

Благовещенская Маргарита Михайловна

доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: mmb@mgupp.ru

Донник Ирина Михайловна

академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор

Российская академия наук

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, 32А

E-mail: imdonnik@presidium.ras.ru

Существующие в настоящее время методы оценки качества пищевой продукции далеки от совершенства, поскольку эта оценка осуществляется в лабораториях предприятий и, чаще всего, органолептическим путем. Успешное решение этой задачи возможно при внедрении в производственный процесс интеллектуальных экспертных систем контроля и прогнозирования в потоке показателей качества пищевых продуктов с использованием интеллектуальных технологий. Одной из важнейших составных частей экспертной системы является база данных. В статье проработаны методологические основы создания баз данных при построения интеллектуальной экспертной системы контроля и прогнозирования показателей качества пищевой продукции в процессе производства. Выделены отличительные особенности баз данных. Исследована и предложена методика разработки баз данных. Исследованы и проанализированы основные этапы разработки баз данных, а именно: проведена постановка задачи на проектирование базы данных предметной области. Разработана интегрированная концептуальная модель базы данных предметной области интегрированной экспертной системы. Разработаны: дерево целей базы данных, состав основных элементов системы базы данных интегрированной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. Проработаны основные фазы и этапы проектирования базы данных интегрированной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. Представлена VAD-диаграммы потока данных. Разработано описание семантики предметной области в виде системы функциональных и многозначных зависимостей между атрибутами концептуальной модели базы данных предметной области. Разработана автоматизированная системы обработки данных. Созданы приложения базы данных, в которые в соответствии с основными функциями и содержимым базы данных входят: программы обработки и передачи запросов, создание и обработка отчетов, программа управления приложениями. Разработана архитектура базы данных. Разработанная специализированная база данных интегрированной экспертной системы контроля показателей качества пищевой продукции является единой информационной средой, осуществляющей информационное обеспечение контроля органолептических показателей качества пищевой продукции.

Ключевые слова: автоматический контроль, интеллектуальные экспертные системы, база данных, качество, пищевая продукция

На современном этапе экономического развития Российской Федерации на первый план выходят проблемы повышения эффективности отраслей пищевой промышленности. Все более возрастают требования к повышению качества и конкурентоспособности отечественных продуктов питания.

Решение данных проблем в современных условиях возможно только на основе использования новейших научных достижений в области техники и технологии, обеспечения стабильности производственных процессов, оснащения поточно-механизированных линий современными средствами непрерывного автоматического контроля, регулирования и управления с использованием высокоэффективных интеллектуальных технологий.

Трудность решения этих задач обусловлена тем, что большинство приготавливаемых пищевых продуктов представляют собой сложные и неоднородные многокомпонентные смеси, состояние которых зависит от многих факторов. Все это вызывает частые колебания параметров процессов приготовления многокомпонентных пищевых масс и не позволяет получать стабильный по качеству готовый продукт (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017). Поэтому проблемы автоматизации контроля в потоке и прогнозирования качества получаемой пищевой продукции, оптимизация режимов работы используемого оборудования на основе учета изменения параметров, определяющих ход протекания этих процессов, являются крупными теоретическими и практическими задачами, требующими первоочередного решения.

Для исследования возможности решения данной проблемы были выбраны, исследованы и проанализированы наиболее типичные технологические процессы кондитерского, мукомольного, молочного и пивобезалкогольного производства пищевой продукции, которая пользуется неизменным и все более возрастающим спросом у населения страны (Благовещенский, 2017; Савостин, Благовещенская, 2016; Благовещенская, Благовещенский, Назойкин, 2015). Выбраны наиболее характерные пищевые производства, представляющие собой большие группы самых разнообразных продуктов питания. На основе всесторонних теоретических исследований состояния этих процессов производства, была разработана обобщенная схема основных этапов подготовки анализируемых процессов к автоматизации

и внедрению интеллектуальных технологий. Выявлены наиболее информативные параметры этих процессов. На сегодняшний день накоплен достаточный практический и теоретический объем информации по автоматизации технологических процессов пищевых производств с использованием современных информационных технологий, которые проводили С.И. Апанасенко, В.К. Битюков, А.Б. Борзов, М.М. Благовещенская, Ю.А. Ивашкин, А.Я. Красинский, А.Е. Краснов, и другие (Савостин, Благовещенская, 2016; Благовещенская, Благовещенский, Назойкин, 2015; Сулимов, Шкапов, Сулимов, 2018; Савостин, Благовещенская, Благовещенский, 2016; Шкапов, Благовещенский, Носенко, 2017). В настоящей работе был учтен и проработан опыт предыдущих исследований, использованы рекомендации, приводимые авторами перечисленных трудов.

Существующие в настоящее время методы оценки качества пищевой продукции далеки от совершенства, поскольку эта оценка осуществляется в лабораториях предприятий и, чаще всего, органолептическим путем. Органолептический контроль длителен по времени, обладает большим количеством недостатков (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017). За отсутствием профессиональных дегустаторов, а также вследствие несоблюдения на большинстве пищевых предприятиях условий проведения анализа, такая оценка может зачастую давать недостоверные и необъективные показания о качестве готовой продукции (Благовещенская, Злобин, 2010). Назрела необходимость повышения объективности контроля качества пищевой продукции, за счет внедрения высокоэффективных интеллектуальных технологий в производственный процесс и создания на их базе непрерывных автоматизированных систем контроля и управления.

Успешное решение этой задачи возможно при внедрении в производственный процесс интегрированных экспертных систем (ИЭС) контроля и прогнозирования в потоке показателей качества пищевых продуктов с использованием современных интеллектуальных технологий: искусственных нейронных сетей (ИНС) и систем компьютерного зрения (СКЗ). Создание и использование ИЭС является одним из концептуальных этапов развития автоматизации пищевой промышленности. В основе алгоритма работы экспертной системы заложена нейросетевая модель (НСМ), функционирование которой основано на работе аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС)

и систем компьютерного зрения (СКЗ). Создание такой системы позволит: непрерывно, в потоке контролировать и прогнозировать показатели качества полуфабрикатов и готовой продукции в течении всего технологического процесса; обеспечить стабильность производства пищевой продукции; существенно уменьшить уровень брака, снизить потери рабочего времени, сырья и энергии, повысить качество готовых изделий.

Интегрированная экспертная система (ИЭС) контроля показателей качества пищевой продукции решает следующие задачи:

- контроль в режиме реального времени технологических режимов органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых пищевых изделий;
- идентификация текущего состояния технологических процессов;
- прогнозирование качества готовой пищевой продукции;
- поддержка принятия управленческих решений в реальном времени в условиях неопределенности для регулирования процессов производства.

Материалы и методы исследований

Основными свойствами разработанной ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции являются следующие:

1. Раздельное хранение знаний, представленных в символьной форме и компонентов обработки этих знаний;
2. Способность ИЭС делать выводы и принимать решения на основании сохраненной информации, которая представляется в системах неявно;
3. Способность ИЭС к четким пояснениям, т.е система должна по требованию вывести для пользователя понятную и ясную для него цепочку рассуждений о состоянии в данный момент технологического процесса данного производства;
4. Способность ИЭС к обучению, которая подразумевает, например, способность выводить новые знания на основании информации, полученной от пользователя;
5. Способность ИЭС широко использовать информацию, полученную ранее от экспертов в заданной области – производства определенной пищевой продукции и контроля качества этой продукции.

Для разработки интеллектуальной ЭС в определенной проблемной сфере необходимо, в первую очередь всесторонне исследовать объекты, их свойства, существующие взаимосвязи между объектами.

Структурная схема ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции приведена на Рисунке 1. Основу ее составляют: база данных (БД), база знаний (БЗ) и подсистема поддержки принятия решения.

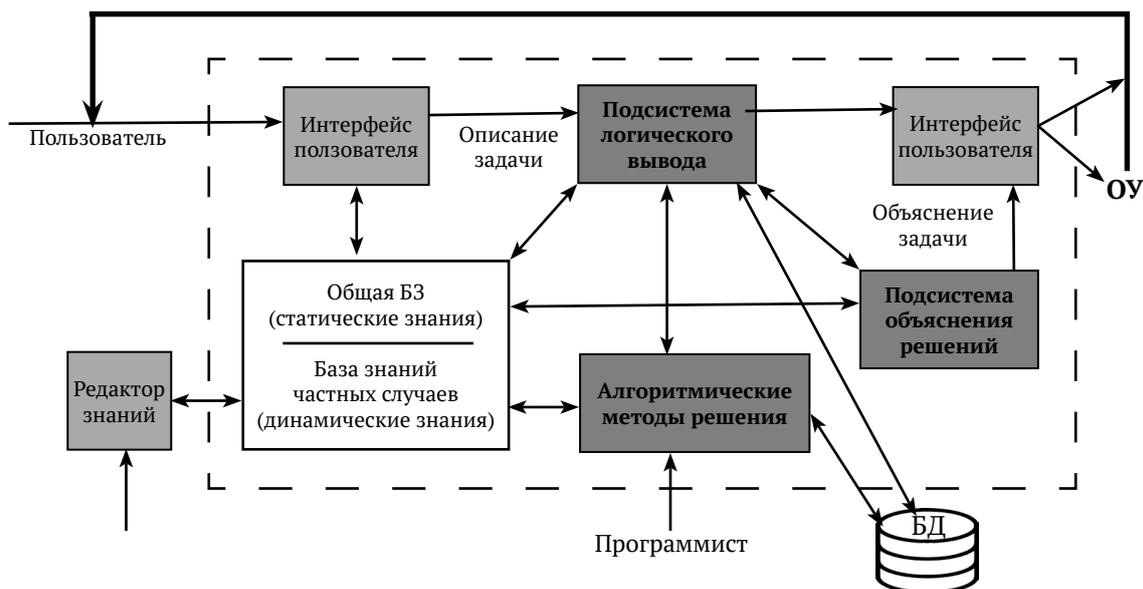


Рисунок 1. Структура ИЭС контроля качества пищевой продукции

В пищевой промышленности для решения задач управления сложными многопараметрическими и высоко связанными системами, объектами, производственными и технологическими процессами приходится сталкиваться с решением трудно формализуемых задач. Разработанная интегрированная экспертная система (ИЭС) контроля показателей качества пищевой продукции использует знания специалистов (экспертов) о некоторой конкретной узко специализированной предметной области (например, кондитерской, молочной, мукомольной, пивобезалкогольной и т.д.) и в пределах этой области она способна принимать решения на уровне эксперта-профессионала.

Структура связи базы знаний и базы данных в ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции представлена на Рисунке 2.

БЗ предназначена для хранения экспертных знаний о предметной области, используемых при решении задач экспертной системой.

БД предназначена для временного хранения фактов или гипотез, являющихся промежуточными решениями или результатом общения системы с внешней средой, в качестве которой обычно выступает оператор, ведущий диалог с экспертной системой.

Машина логического вывода – механизм рассуждений, оперирующий знаниями и данными с целью получения новых данных из знаний и других данных, имеющихся в рабочей памяти. Для этого

в ИЭС используется программно реализованный механизм поиска решения в сети фреймов или семантической сети. Машина логического вывода ИЭС реализовывает рассуждения в виде: дедуктивного вывода (прямого, обратного, смешанного); вероятностного вывода; унификации; поиска решения с разбиением на последовательность подзадач; рассуждений с использованием механизма аргументации; ассоциативного поиска с использованием нейронных сетей.

Подсистема общения служит для ведения диалога с пользователем, в ходе которого ИЭС запрашивает у пользователя необходимые факты для исследуемого процесса, а также дающая возможность пользователю в какой-то степени контролировать и корректировать ход рассуждений экспертной системы.

Подсистема объяснений необходима для того, чтобы дать возможность пользователю контролировать ход рассуждений и, может быть, учиться у ИЭС.

Подсистема приобретения знаний служит для корректировки и пополнения БЗ. В простейшем случае – это интеллектуальный редактор БЗ, в более сложных экспертных системах – средства для извлечения знаний из БД, неструктурированного текста, графической информации и т.д.

На Рисунке 3 показаны основные этапы разработки динамической ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции в процессе

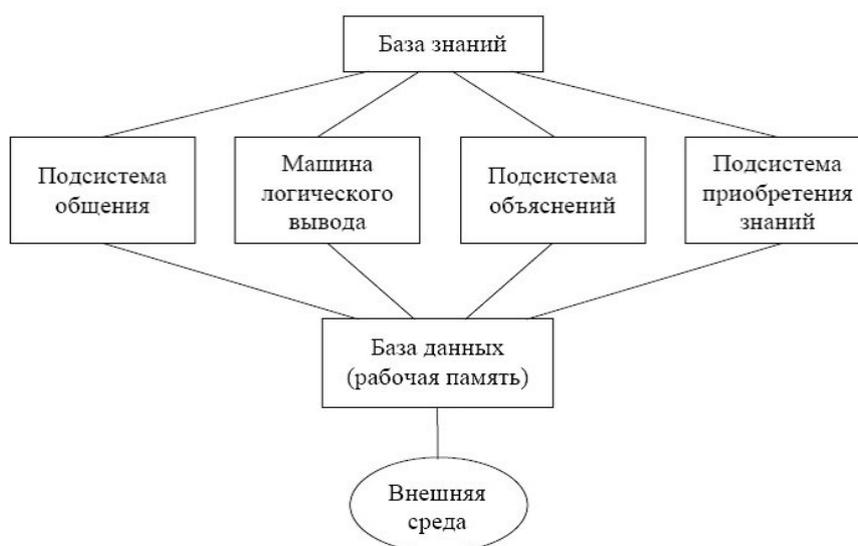


Рисунок 2. Структура связи БД и БЗ в ИЭС контроля качества пищевой продукции.

производства, позволяющие аккумулировать знания обслуживающего персонала и экспертов о причинах отклонения показателей качества полуфабрикатов и готовой пищевой продукции на всех этапах производства.

Одним из важнейших компонентов ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции является система базы данных (БД), процесс построения которой имеет три основных фазы: формулирование требований к БД, проектирование и реализация.

Во время фазы формулирования требований разрабатывалась модель данных: подбирались различные элементы данных выбранной предметной области (производство помадных конфет, муки, сливочного масла, хлебного кваса; процессы контроля их качества; информация для реализации предполагаемых запросов пользователя и т.д.). Кроме того, на полученные данные накладывались ограничения и правила, определялись потребности в их обработке.

Была спроектирована структура данных предметной области, представляющая собой информационно-логическую модель БД. Важным этапом при разработке БД являлась фаза проектирования. Во время фазы проектирования модель данных преобразовывалась в таблицы и их отношения. Таблицы создавались с помощью языка SQL, который является промышленным стандартом для обработки таблиц. Для представления связей в таблицах использовались внешние ключи. Проектировались механизмы ограничений, хранимые процедуры и триггеры.

Следующим важным этапом являлась фаза

реализации. В фазе реализации создавались таблицы и связи для предметной области. Для создания таблиц использовался способ с помощью SQL средств. Ограничения на данные также задавались с помощью SQL средств. Во время реализации проходило тестирование хранимых процедур и триггеров. Далее БД заполнялись полученными данными в предметной области и система в целом тестировалась.

Построение БД и создание единой информационной модели, позволяющей в упорядоченном виде хранить необходимые для ИЭС данные подразумевало экспериментальный поиск оптимальных значений органолептических показателей качества конкретной пищевой продукции на всех этапах производства. При этом немаловажным являлась разработка блока, содержащего дополнительную информацию об оптимальной величине цвета и вкуса исследуемых продуктов (например, величины кристаллов сахара в конфетных массах), которые в значительной степени зависят от свойств сырья, способов получения пищевой продукции, режимах ведения технологических процессов, применяемых технологических схем и других факторах. Важным являлось также разработка блока, содержащего информацию о цвете получаемого полуфабриката и готовой пищевой продукции. При этом эти блоки объединяют функциональное свойство ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции.

На первом этапе проектирования был определен тип СУБД. Из реляционных СУБД для нашей задачи был выбран наиболее распространенный вариант bdForge Studio for MySQL. В качестве преимуществ данного варианта можно отметить



Рисунок 2. Основные этапы разработки динамической ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции.

наличие в нем средств для централизованного администрирования; инструментов для сравнения БД; наличие визуального профилировщика запросов; наличие дизайнера БД, который позволяет строить визуальные диаграммы и т.д. С его помощью можно легко автоматизировать рутинную работу и сэкономить время.

Разработанные БД ИЭС позволяют хранить данные о:

- классификации пищевой продукции в соответствии с технической документацией на эти изделия, а также в зависимости от способа изготовления (используемых типовых технологических процессов) и отделки;
- ассортименте готовой продукции (например, помадных глазированных конфет, выпускаемых кондитерскими предприятиями Холдинга «Объединенные кондитеры»);
- видах используемого сырья; показателях качества этого сырья в соответствии с существующими ГОСТами;
- показателях качества полуфабрикатов и готовой пищевой продукции с указанием в соответствии с ГОСТами, паспортами готовых изделий возможного диапазона изменения этих показателей;
- методах и средствах контроля показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой пищевой продукции. Требованиях к методам и техническим средствам (ТС) определения показателей качества на всех этапах ТП производства этой продукции;
- причинах возникновения дефектов при производстве пищевой продукции, брака и условий их устранения;
- ГОСТы межгосударственные, внутригосударственные; внутризаводские паспорта качества на производство пищевой продукции и другие документы предприятия.

БД включают также справочные таблицы, нормативные материалы и графическую информацию о выпускаемых пищевой промышленностью изделиях. Кроме этого, предоставлена информация о терминах в пищевой промышленности, единицах измерения, параметрах и условных обозначениях элементов на схемах автоматизации (СА). В БД также имеются сведения о функциях контроля за состоянием технологических процессов производства пищевой продукции, соблюдением технологии производственных процессов, периодической проверкой режимов используемого оборудования и составлением проведения лабораторных анализов

контроля показателей качества выпускаемых изделий. Для регистрации сорта пищевой продукции заполняется паспорт используемого сырья, требования к используемому сырью, а также паспорт готовой пищевой продукции. Реализацию данной функции в БД осуществляет процесс «сбор информации о сортах выпускаемых изделий». Для регистрации ГОСТов в БД заполняется информация о межгосударственных, внутригосударственных, внутризаводских паспортах на качество: готовой пищевой продукции; сырья; технических средств, используемых для приготовления этих изделий; методов, используемых для проверки показателей качества продукции. Реализацию данной функции в БД осуществляет процесс «сбор информации о ГОСТах». Для регистрации требований к методам и техническим средствам определения качества сырья, полуфабрикатов и готовой пищевой продукции указываются способы и методы определения их определения. Реализацию данной функции в БД осуществляет процесс «Сбор информации о требованиях к методам и техническим средствам определения показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой пищевой продукции».

Процесс выпуска пищевых изделий предусматривает также и контроль показателей качества технологических процессов приготовления этой продукции на всех стадиях его производства. Таким образом, от лабораторий пищевых предприятий (кондитерских фабрик, молочных заводов, мелькомбинатов и пивобезалкогольных предприятий) получаем информацию об органолептических, физико-химических и др. показателях качества продукции на каждой стадии производства.

Для сбора данной информации в БД был выбран процесс «Сбор информации о показателях качества, определяемых лабораторными методами». В информационной структуре БД использованы два вида моделей данных: иерархическая и реляционная. На верхнем уровне БД имеет иерархическую трехуровневую структуру с отношениями между объектами на соседних уровнях типа «один ко многим», что придает информационной системе наглядность и гибкость, возможность включать новые виды параметров, типы технических средств автоматизации и т.д. На нижнем уровне форма электронной таблицы соответствует реляционной модели информации. Она включает две группы полей - фиксированные, не подлежащие изменению, и переменные, в которых данные можно обновлять. Такая модель обеспечивает быстрый поиск и сортировку

данных по различным классификационным признакам. Свойства сырья, полуфабрикатов и готовой пищевой продукции представлены в БД справочными таблицами, содержащими их характеристики. Для системного подхода к разработке БД, структурировании перечня вышеперечисленных направлений работ, иерархии разноуровневых целей разработана модель – дерево целей, которая позволяет упорядочить и объединить цели в единый комплекс (Рисунок 4).

На Рисунке 5 представлена VAD-диаграммы потока данных, необходимых при проектировании БД интеллектуальной ЭС контроля показателей качества пищевой продукции.

Результаты исследования и их обсуждение

Известно, что проектирование ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции охватывает три основные области:

- создание моделей данных, которые будут реализованы в БД;
- проектирование программ, экранных форм, отчетов, которые будут обеспечивать

- выполнение запросов к данным;
- учет конкретной среды или технологии, а именно: топологии сети, конфигурации аппаратных средств, используемой архитектуры (файл-сервер или клиент-сервер), параллельной обработки, распределенной обработки данных и т. п.

Цель создания модели БД состоит в обеспечении разработчика ИЭС концептуальной схемой БД в форме одной модели или нескольких локальных моделей, которые относительно легко могут быть интегрированы в любую БД. Разработанная интегрированная концептуальная модель данных, которая будет реализована в БД ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции, представлена на Рисунке 6. При построении интегрированной концептуальной модели предметной области (КМПО) были использованы все локальные КМПО.

Цель построения такой модели заключается в создании общей схемы, интегрирующей системы взглядов различных пользователей этой системы, сохраняя при этом семантику, заложенную в локальные КМПО. Суть процесса построения интегрированной КМПО состоит в объединении локальных концептуальных моделей в общую модель, сущности которой содержат атрибуты каждой из сущностей локальных КМПО. При

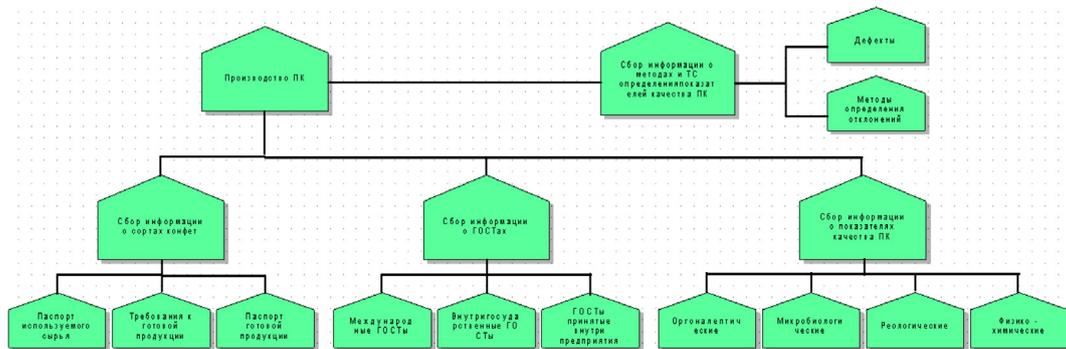


Рисунок 4. Дерево целей БД.

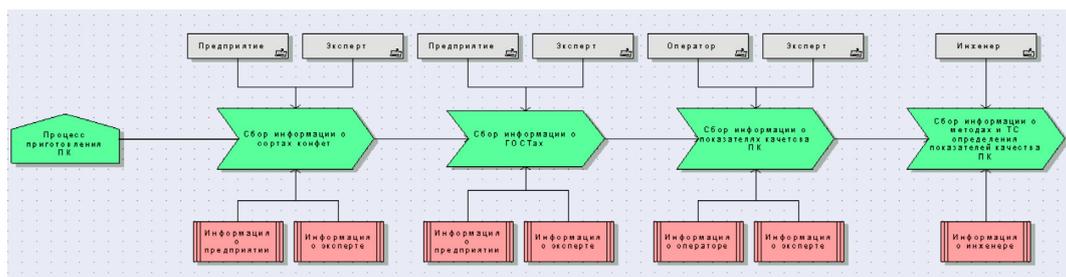


Рисунок 5. VAD-диаграмма потока данных.

создании моделей данных использовался метод семантического моделирования, который основывается на значении структурных компонентов или характеристик данных, что способствует правильности их интерпретации.

В качестве инструмента семантического моделирования используются различные варианты диаграмм сущность-связь — ERD. При разработке ER-моделей была обследована предметную область (кондитерские предприятия, мелькомбинаты, молочные заводы, пивобезалкогольные комбинаты) и выявлены: сущности, о которых хранятся данные в этих предприятиях (представлены в виде блоков); связи между этими сущностями (представлены в виде линий, соединяющих эти блоки); свойства этих сущностей (представлены в виде имен атрибутов в этих блоках).

В силу того, что множество базовых зависимостей интегрированной КМПО включает в себя множество многозначных и функциональных зависимостей, КМПО является нормализованной. В Таблице 1 представлено разработанное описание семантики предметной области (ПО) в виде системы функциональных и многозначных зависимостей между атрибутами КМПО, заданной в виде ERM.

Для создания БД ИЭС контроля качества пищевой продукции были использованы результаты проведенных нами исследований технологических процессов производства различной пищевой продукции. На Рисунке

7 представлена ER-диаграмма изображения сущности исследуемой предметной области и существующие взаимосвязи, что позволяет автоматизировать обработку данных при реализации ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции.

Основными функциями и содержимым Приложения БД является: создание и обработка формы; создание и передача запросов; создание и обработка отчетов; выполнение логики приложения; управление приложением.

Когда пользователь заполняет форму и посылает данные обратно, приложение определяет, какие таблицы данных нуждаются в модификации, и посылает запросы к СУБД, чтобы вызвать необходимую модификацию.

Если во время этого процесса возникают ошибки, Приложение получает сообщение об ошибке и генерирует подходящее сообщение для пользователя или осуществляет какое-нибудь другое действие.

При работе с СУБД устанавливаются правила, касающиеся значений данных. Например, если пользователь ошибочно введет какое-либо значение и это значение вызовет множество ошибок, то вставка и запрос о модификации разрешаться не будут. Такие правила, которые называются ограничениями ссылочной целостности, устанавливаются СУБД. СУБД контролирует работу, следя, чтобы изменения одного пользователя не пересекались с изменениями другого.

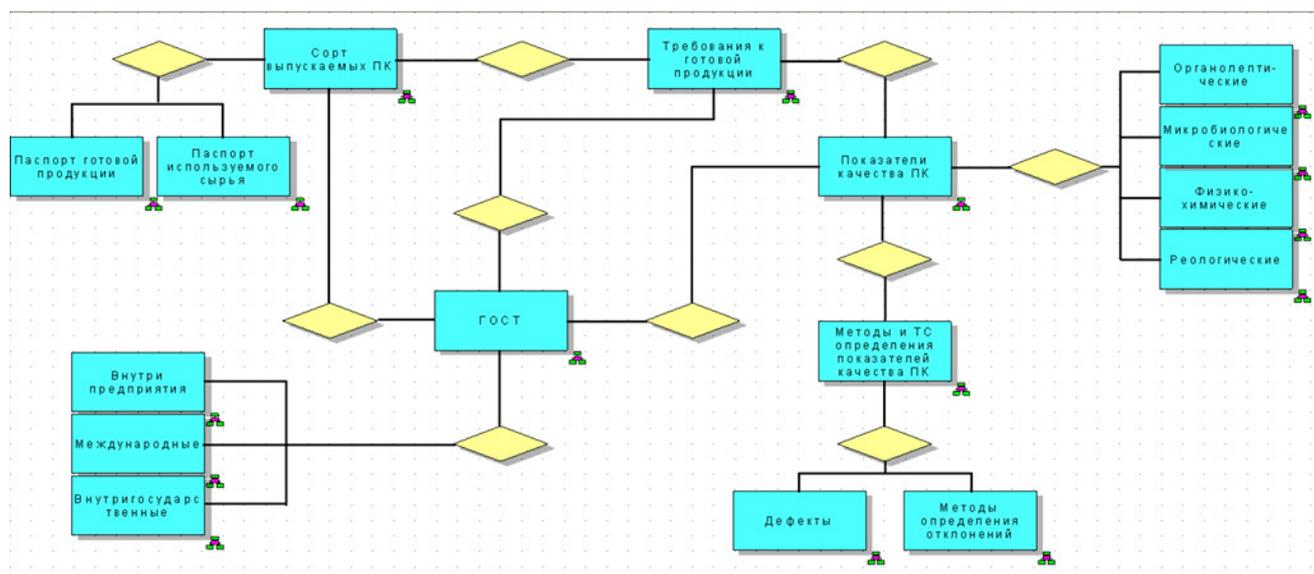


Рисунок 6. Интегрированная концептуальная модель предметной области БД.

Таблица 1
Зависимости между атрибутами КМПО

Сущность	Зависимость
Сорта пищевой продукции	Название ->предприятие, используемое сырье, группа выпускаемыхИзделий,
Используемое сырье	Название -> сроки хранения, производитель
Требования к готовой продукции	КодПродукта ->упаковка, маркировка, производитель
Паспорт готовой продукции	КодПродукта -> время приготовления, сведения об отклонениях, характеристики
ГОСТ	Название ->номер, характеристика
Межгосударственный	Номер -> название, характеристика
Внутригосударственный	Номер -> название, характеристика
Внутри предприятия	Номер -> название, характеристика
Показатели качества сырья	idСырья -> контролируемый параметр
Органолептические показатели качества	НаименованиеПоказателя -> характеристика
Физико-химические показатели качества (пример для шоколада)	Наименование показателя -> НормДляШокОбыкнБезДобавл, НормДляШокОбыкнСДобавл, НормДляШокДесБезДобавл, НормДляШокДесСДобавл
Реологические показатели качества	Название -> Дисперсионная среда, Дисперсная фаза, название Системы,
Методы и ТС определения показателей качества ПК	НазвМетода -> показатель Качества, характеристики
Дефекты	Название -> причины возникновения
Методы определения отклонений	Название -> характеристика

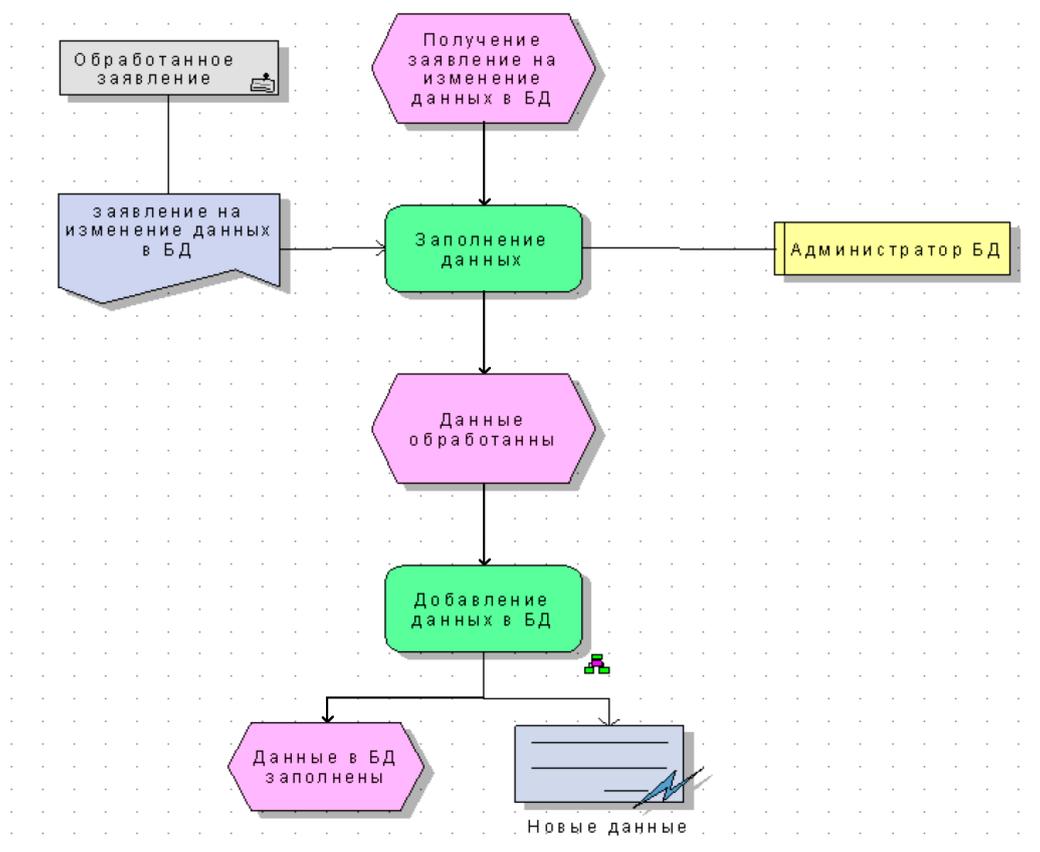


Рисунок 7. ER-диаграмма изображения сущности предметной области и существующих взаимосвязей.

Кроме того, СУБД содержит систему безопасности, которая используется для проверки того, что только авторизованные пользователи выполняют определенные действия с БД. СУБД обеспечивает возможность резервного копирования данных из БД и восстановления их в случае необходимости.

На Рисунке 8 представлена общая архитектура разработанной БД в виде физической Erwin диаграммы, по которой был написан программный код на языке SQL и реализован в bdForge Studio for MySQL.

Построенная БД может функционировать самостоятельно или быть интегрированной в прикладные программы проектирования ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции.

Разработанная специализированная БД ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции является единой информационной средой, осуществляющей информационное обеспечение контроля органолептических показателей качества пищевой продукции.

Предусмотрены три категории пользователей и соответствующие им виды санкционированного доступа к информации в БД:

1. разработчики ПО, связанные с БД – открыт формат данных, разрешено добавление в БД новой информации и удаление старой;
2. пользователи, использующие БД - допускается добавление и удаление данных;
3. пользователи БД в качестве информационно-поисковой системы не имеют возможности самостоятельно изменять содержимое БД.

Заключение

Внедрение единой базы БД, интегрирующей разрозненные данные, в ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции, позволит специалистам гибко вносить изменения в имеющиеся типовые методики расчета, а также давать рекомендации по контролю свойств и характеристик сырья, полуфабрикатов и готовой пищевой продукции в целях выявления причин снижения качества производимых изделий и возникновения дефектов в режиме реального времени.

Разработанная БД ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции обладает следующими достоинствами: открытость, возможность свободного доступа к данным; поддержка широкого спектра текстовых и графических форматов данных; возможность подключения БД к прикладным программам проектирования и анализа качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий пищевой промышленности.

Литература

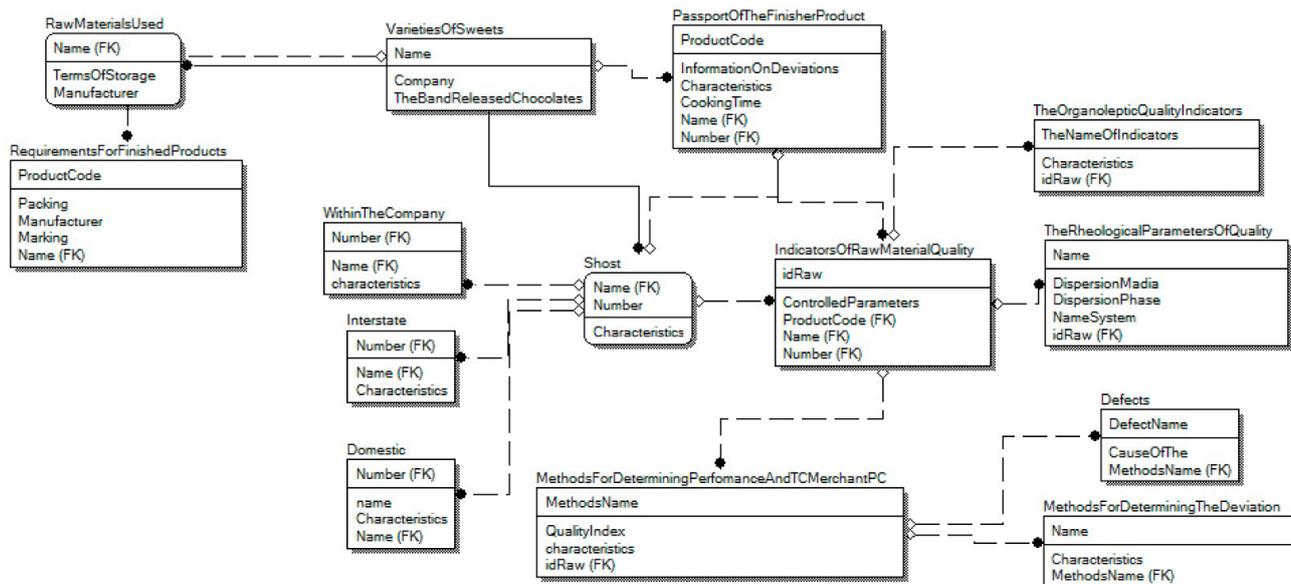


Рисунок 8. Архитектура БД ИЭС контроля показателей качества пищевой продукции.

- Бальхин М.Г., Борзов А.Б., Благовещенский И.Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий. М.: Изд-во Франтера. 2017. 395 с.
- Благовещенский И.Г. Автоматизированная экспертная система контроля в потоке показателей качества помадных конфет с использованием нейросетевых технологий и систем компьютерного зрения. М.: Изд-во Франтера. 2017. 183 с.
- Савостин С.Д., Благовещенская М.М. Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий. М.: Изд-во Франтера. 2016. 146 с.
- Благовещенская М.М., Благовещенский И.Г., Назойкин Е.А. Методика автоматической оценки качества пищевых изделий на основе теории искусственных нейронных сетей // Пищевая промышленность. 2015. № 2. С. 42–45.
- Сулимов В.Д., Шкапов П.М., Сулимов А.В. Геометрические структуры и вычислительная диагностика динамических систем с использованием гибридных алгоритмов. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. Т. 1. № 4 (330). С. 3–13.
- Савостин С.Д., Благовещенская М.М., Благовещенский И.Г. Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий. М.: Изд-во Франтера. 2016. 146 с.
- Шкапов П.М., Благовещенский И.Г., Носенко А.С. Методология расчета динамических характеристик гидродинамических систем пищевых производств при их моделировании // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 4. С. 45–48.
- Бальхин М.Г., Борзов А.Б., Благовещенский И.Г. Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции // Пищевая промышленность. 2017. № 11. С. 60–63.
- Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. М.: Высшая школа, 2010. 768 с.

Database Development of Intelligent Expert Systems for Automatic Control of Food Quality Indicators

Mikhail G. Balykhin

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080
E-mail: rektor@mgupp.ru*

Ivan G. Blagoveshchensky

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080
E-mail: igblagov@mgupp.ru*

Margarita M. Blagoveshchenskaya

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080
E-mail: mmb@mgupp.ru*

Irina M. Donnik

*Russian Academy of Sciences
32A, Leninsky Prospekt, Moscow, Russian Federation, 119334
E-mail: imdonnik@presidium.ras.ru*

Currently existing methods for assessing the quality of food products are far from perfect, since this assessment is carried out in the laboratories of enterprises and, most often, organoleptic way. The successful solution of this problem is possible with the introduction into the production process of intelligent expert systems of control and forecasting in the flow of food quality indicators using intelligent technologies. One of the most important components of the expert system is a database. In article methodological bases of creation of databases at creation of intellectual expert system of control and forecasting of indicators of quality of food production in the course of production are worked out. The distinctive features of databases are highlighted. The technique of database development is investigated and offered. The main stages of development of databases are investigated and analyzed, namely: the problem statement on design of the database of the subject area is carried out. The integrated conceptual model of the domain database of the integrated expert system is developed. Developed: a tree of database goals, the composition of the main elements of the database system of integrated expert system of quality control of food products. The main phases and stages of database design of the integrated expert system of quality control of food products are worked out. VAD data flow diagrams are presented. The article describes the semantics of the domain in the form of a system of functional and multivalued dependencies between the attributes of the conceptual model of the domain database. An automated data processing system has been developed. Created database applications, which in accordance with the basic functions and contents of the database include: program processing and transmission of requests, creating and processing reports, application management program. The database architecture is developed. The developed specialized database of the integrated expert system of control of indicators of quality of food production is the uniform information environment performing information support of control of organoleptic indicators of quality of food production.

Keywords: automatic control, intelligent expert systems, database, quality, food products

References

- Balykhin M. G., Borzov A. B., Blagoveshchensky I. G. Methodological bases of creation of expert systems of control and forecasting of quality of food products with the use of intelligent technologies / Monograph. - M.: Publishing house Frontera. 2017. - 395 p.
- Blagoveshchensky I. G. Automated expert control system in the flow of quality indicators of fondant sweets using neural network technologies and

- computer vision systems / Monograph. - M.: Publishing house Frontera. 2017. - 183 p.
- Savostin S. D., Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchensky I. G. Automation of control of flour quality indicators in the grinding process using intelligent technologies / Monograph. - M.: Publishing house Frontera. 2016. - 146 p.
- Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchensky I. G., E. A. Nazeikin. Method for automatic quality assessment of food products on the basis of the theory of artificial neural networks. / Food industry. 2015. - №2. - S. 42 – 45.
- Sulimov V. D., Shkapov p. M., and Sulimov A. V. geometric structures and computational diagnostics of dynamical systems using hybrid algorithms. Fundamental and applied problems of engineering and technology. 2018. Vol.1. №4 (330). Pp. 3 – 13.
- Savostin S. D., Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchensky I. G. Automation of monitoring the quality of flour in the process of grinding using intelligent technologies / SD Savostin, MM Blagoveshchenskaya, I.G. Blagoveshchensky // Monograph. - M.: Publishing House Franter. 2016. - 146 p.
- Shkapov p. M., Blagoveshchensky I. G., Nosenko A. S. methodology of calculation of dynamic characteristics of hydrodynamic systems of food production at their modeling. Storage and processing of agricultural raw materials. 2017. No. 4. P. 45 – 48.
- Balykhin MG, Borzov AB, Blagoveshchensky I.G. Architecture and the basic concept of creating an intellectual expert system of quality control of food products / MG. Balykhin, A.B. Borzov, I.G. Blagoveshchenskiy // Food industry. 2017. - №11. - p. 60 - 63.
- Blagoveshchenskaya M.M., Zlobin L.A. Information technology process control systems - Moscow: Higher School, 2010. - 768 s.