

Информационная поддержка процессов автоматизированного проектирования изделий пищевой промышленности

*Ф.А. Попов
проф., д.т.н., проф., pfa@bti.secna.ru
О.А. Бубарева
доц., к.т.н., angel@bti.secna.ru
Д.А. Селиванова
асп., sda@bti.secna.ru
БТИ АлмГТУ, г. Бийск*

В настоящее время в области автоматизации проектно-конструкторских работ особую важность имеют работы по созданию методов и средств автоматизированного проектирования изделий пищевой промышленности, в частности - многокомпонентных продуктов питания. Работы в данном направлении довольно интенсивно ведутся как в стране, так и за рубежом, но применение автоматизированных методов ограничивается моделированием их рецептур, оптимальных с той или иной точки зрения. В данной работе авторами сделана попытка рассмотреть особенности информационной поддержки процессов автоматизированного проектирования продуктов питания, обусловленные множественностью источников информации, и ее структурными особенностями. В интегрированном виде все данные сохраняются в хранилище, содержащем, кроме собственно данных, также и онтологию предметной области, формируемую автоматически.

At present, in the field of automation of design and engineering works, special importance is attached to the development of methods and tools for the automated design of food products, in particular - multi-component food products. Work in this direction is quite intensive both in the country and abroad, but the use of automated methods is limited to modeling their recipes, optimal from one or another point of view. In this paper, the authors attempted to consider the specifics of information support for the processes of computer-aided design of food products, due to the multiplicity of sources of information, and its structural features. In an integrated form, all data is stored in a repository that contains, in addition to the actual data, also the ontology of the domain, which is automatically generated.

Введение

В настоящее время в области автоматизации проектно-конструкторских работ особую важность и значимость имеют работы по созданию методов и средств автоматизированного проектирования изделий пищевой промышленности, в первую очередь - многокомпонентных продуктов питания.

Вообще работы в данном направлении довольно интенсивно ведутся как в стране, так и за рубежом, но применение автоматизированных методов чаще всего ограничивается моделированием их рецептур, оптимальных с той или иной точки зрения.

Проектирование многокомпонентных пищевых продуктов представляет собой интенсивно развивающееся направление исследований, целью которого является разработка методов и технологий создания сложных продуктов питания с требуемым уровнем качественных и количественных показателей. Состав этих показателей не является постоянным, он постоянно расширяется и характеризует не только потребительские свойства продуктов, но и их технологические, медико-биологические, санитарно-гигиенические и др. особенности.

При этом сырьевая база пищевой промышленности на современном уровне насчитывает тысячи видов основных и вспомогательных ингредиентов, каждый из которых может подразделяться на разновидности и наименования, имеющие особенности, обусловленные их функциональными, технологическими, физико-химическими, органолептическими и др. характеристиками.

Очевидно, что разрешить рассматриваемую проблему качественно без использования автоматизированных методов и средств не представляется возможным, при этом наиболее эффективным является их применение на всех этапах создания продукта, начиная с постановки задачи его создания и заканчивая серийном выпуском на производстве.

Основная часть

Моделирование рецептурных смесей пищевых продуктов общего и функционального назначения находит всё более широкое применение на практике. Оптимизационные задачи, как правило, решаются по выбранным направлениям, например, химическому, минеральному, витаминному составам, энергетической ценности. Большое внимание при этом уделяется вопросам проектирования комбинированных пищевых систем, т.е. созданию рациональных рецептур и/или оптимальных структурно-механических свойств продукта при одновременном использовании сырья растительного и животного происхождения. Для разработки методологии компьютерного проектирования многокомпонентных продуктов питания необходимо провести анализ достоинств и недостатков методов, используемых для решения аналогичных задач различными авторами [1].

Для проектирования рецептур многокомпонентных пищевых продуктов в основном используются методы линейного программирования и экспериментального моделирования.

Построение математической модели состоит из следующей последовательности этапов: выбор вида разрабатываемого продукта (объекта проектирования), определения цели исследования, выбор критерия оптимальности, выявления неизвестных и основных ограничений, математической формализации.

В первую очередь для структуризации процесса разработки необходимо формализовать цель и задачи проектирования.

Критерий оптимальности - экономический, технологический или другой показатель - определяется в соответствии с поставленной целью для ее количественного выражения.

При разработке рецептур пищевых продуктов возможно использование нескольких критериев оптимальности, для этого необходимо перейти к комплексному критерию оптимизации.

Поиск оптимального решения с помощью математического аппарата осуществляется обычно в условиях каких-либо ограничений. Состав и количество ограничений зависит от свойств объекта проектирования и требований, установленных задачей, они должны максимально полно, эффективно и кратко отражать существо задачи разработки.

В последнее время задачи, связанные с моделированием многокомпонентных рецептурных смесей пищевых продуктов решают с помощью математического программирования количественного состава – заданных парциальных частей (компонентов), входящих в данную смесь. Используемые правила описания систем, состоящих из заданных компонентов смесей, основываются, как правило, на линейных аддитивных моделях, когда их результирующие физические, химические и другие (в том числе потребительские) свойства являются аддитивной (взвешенной) суммой соответствующих свойств компонентов. Задача заключается в отыскании весовых коэффициентов и масс компонентов смеси. При моделировании систем применяется также подход, состоящий в том, что многокомпонентные рецептурные смеси описываются различными регрессионными уравнениями, связывающими характеристики этих смесей с характеристиками и массовыми долями их парциальных компонентов. В основном для этих целей используют полиномиальные зависимости функционально-технологических свойств от массовых долей их парциальных компонентов второго (а иногда, но гораздо реже, третьего) порядка, обосновывая выбор порядка соображениями минимизации наименьших квадратичных ошибок моделей. Однако полиномиальные зависимости не всегда согласуются с физическим смыслом задачи, что заставляет находить новые приёмы для решения поставленной проблемы. Оптимизация параметров смеси позволяет обеспечить получение (с большей долей вероятности) продуктов заданного качества [2].

Для автоматизации различных этапов моделирования многокомпонентных рецептурных смесей существуют различные информационные системы.

ИС «Multifaz», разработанная в Тамбовском государственном техническом университете, на основе объектно-ориентированного подхода позволяет проектировать многофазные рецептуры кондитерских изделий в два этапа. На первом этапе производится расчет по фазам, на втором – по всему изделию в целом. Подходит для решения задач оптимизации рецептур кондитерских изделий по различным критериям минимизации и максимизации с учетом заданных ограничений.

А.А. Борисенко предложена ИС «Etalon» для расчета рецептур пищевых продуктов специализированного назначения с учетом экологии, возраста, образа жизни, физических нагрузок и для различных диет. Позволяет автоматизировать алгоритм оценки нутриентной сбалансированности [3].

ИС «Разработка рецептур композиций из растительного сырья» (И.А. Бугаец) позволяет рассчитывать рецептуры концентратов на плодовоовощной основе с высокой степенью соответствия состава потребностям организма. Баланс нутриентов в разработанной рецептуре, необходимых для максимального удовлетворения суточной потребности человека, достигается путем задания параметров определенного продукта [4].

В Кубанском государственном техническом университете разработана ИС для проектирования и оптимизации рецептур поликомпонентных продуктов питания «Generic 2.0», принцип работы которой основан на построении обобщенной функции желательности Харрингтона [5].

ИС «CheesePro» разработана с целью автоматизации проектирования рецептур плавящихся сыров с определенными свойствами по сформированному в процессе разработки справочнику.

Программы компании «Эксперт Софт» «Технолог-кулинар», «Технолог-кондитер», «Технолог-хлебопёк» обеспечивают расчет пищевой ценности, физико-химических и микробиологических показателей с учетом нормативных документов.

Модуль «Управление разработкой продукции в непрерывном производстве» промышленной ИС для автоматизации управления предприятием ERP-продуктов «Oracle E-Business Suite» также обеспечивает автоматизированный расчёт рецептур. Применение данной ИС актуально не только на отдельном предприятии, но и на всем холдинге. Высокая стоимость внедрения и поддержки, необходимость обучения персонала для работы с ИС являются недостатками данного ПС [6].

В данной работе авторами сделана попытка рассмотреть особенности информационной поддержки процессов автоматизированного проектирования продуктов питания, обусловленные множественностью источников информации и ее структурными особенностями.

Задача информационной поддержки автоматизированного проектирования продукции пищевой промышленности рассматривается в контексте создания базы данных с целью облегчения поиска необходимой информации по заданным параметрам. Использование такого подхода ограничивает возможности информационных систем. На сегодняшний день востребованы средства для интеллектуального анализа ингредиентов сложных продуктов питания (ПП), например, нахождения множества связанных с ним сопоставимых компонентов с требуемым уровнем расширяемых качественных и количественных показателей, выявление оптимальных характеристик сложных многокомпонентных ПП с учетом колебаний параметров рецептурных ингредиентов и т.д. Такие средства могла бы предоставлять информационная система, способная на основе формализованных знаний о предметной области, задачах, поддерживать наборы возможных рецептур, давать удобные возможности в представлении и редактировании информации о ПП. Кроме того, важно иметь средства выполнения автоматического анализа в условиях выявления неизвестных и основных ограничений многокомпонентных рецептур ПП с последующей их кластеризацией.

Онтологии на сегодняшний день являются естественным интегратором знаний, унифицирующим как процессы представления знаний о предметных областях, так и процессы обмена знаниями. Поэтому без проведения глубоких исследований в этой области невозможно решить поставленную в проекте проблему.

К числу основных видов необходимых информационных структур в нашем случае можно отнести: базы данных (БД) о спроектированных продуктах; БД об используемых сырье и материалах; БД о проектах, находящихся в стадии разработки (версии проектов); данные научной периодики; данные о производителях продукции, сырья и компонентов. При этом данные могут быть как структурированными, так и слабо структурированными или не

структурированными вообще (например, данные научной периодики). Источниками данных являются как собственно процессы автоматизированного проектирования, так и внешние источники информации, содержащие нормативно-справочные материалы, профессиональные справочники, реферативные обзоры, др. материалы, имеющие собственные локальные модели данных.

Программное обеспечение включает в себя функциональные приложения перечисленных БД, а также результат реализации алгоритма проектирования, основанный на использовании методов работы с данными и математического моделирования. Особое внимание при этом уделяется пользовательскому интерфейсу, позволяющему эффективно управлять процессом проектирования с использованием различных устройств, в т.ч. мобильных, представлять информацию о его текущем состоянии и прогнозируемых результатах в удобном и наглядном виде.

Математическое обеспечение основывается на использовании традиционных методов математической статистики, а также нейронных сетей, эвристических алгоритмов и непрерывной логики.

В интегрированном виде все данные (не структурированные - предварительно подвергнутые процедуре кластеризации) сохраняются в хранилище, содержащем, кроме собственно данных, также и онтологию предметной области, формируемую автоматически, с возможностью ручного вмешательства через визуальный конструктор. Получение интегрированной информации зависит от эффективного взаимодействия информационных ресурсов с различными стандартами описания и представления данных.

При слиянии разнородных источников данных в единую глобальную модель порождается ряд конфликтов, в частности: использование различных терминов для обозначения одних и тех же понятий; различного рода семантические конфликты. Анализ построения интегрированных систем показал, что в процессе их создания для решения проблемы неоднородности, применяются методы, основанные на использовании единой онтологии верхнего уровня.

Как отмечает N. Guarino, любая ИС имеет свою онтологию, поскольку она приписывает значение каждому представленному в ней символу (имени), используемому в соответствии с присущим ей взглядом на мир. Для обеспечения совместной работы неоднородных ИС в контексте предметной области задачи, необходимо согласовать онтологии, лежащие в их основе. Каждая онтология ИС, построенная разными группами экспертов, носит субъективный характер и обладает собственными категориями абстракций. Именно по этой причине объединение онтологий с целью последующего установления взаимодействия схем ИС является серьезной проблемой [7].

Один из вариантов решения такой проблемы является нахождение семантически близких элементов онтологий (концептов). Задача интеграции ИС сводится к задаче построения отображений и интеграции онтологий, а затем и установление взаимосвязей схем интегрируемых ИС, т.е. сохранение соответствия множества онтологий ИС заданному набору семантических зависимостей, позволяя установить взаимодействие между ИС.

Построение математической модели интеграции данных ИС с учетом сопоставления их онтологических спецификаций создает возможность для измерения близости (подобия) концептов онтологий.

Для численной оценки семантической близости концептов онтологий выбран подход, основанный на результатах исследований А.Ф. Тузовского и профессора университета Мангейма А. Maedche [8]. В соответствии с этим рассматриваются атрибутивная, таксономическая и реляционная меры с учетом весовых коэффициентов.

Данный метод был адаптирован для расчета семантической близости двух неоднородных онтологий. Модификация данного метода заключается в способе нахождения атрибутивной и таксономической составляющих, а также в применении генетического алгоритма для нахождения весовых коэффициентов. При этом предлагается определять таксономическую меру как отношение пересечения множеств терминов к объединению множеств терминов концептов. Основные преимущества предлагаемого подхода заключаются в нахождении ключевых концептов, устранении субъективности их описаний и зависимости от точек зрения разработчиков онтологий.

Метод вычисления семантической близости концептов позволяет количественно оценить сходство между понятиями. Для каждого концепта одной онтологии формируется множество релевантных семантических концептов другой онтологии. С целью ранжирования элементов результирующего множества необходимо определить пороговые значения меры близости.

Доступ проектировщика к большим массивам данных, а также управление процессами автоматизированного проектирования (АП) осуществляется через средство мультиагентного адаптивного динамического портала. При этом автоматизированные функции процессов АП реализуются нетрадиционными интеллектуальными агентами, иницируемыми или по инициативе проектировщика, или при наступлении соответствующих событий, предусмотренных сценарием АП. Интеллектуальные агенты представляют собой автоматизированные познавательные процедуры с использованием баз фактов и баз знаний, автоматического порождения гипотез, к примеру, многокритериальная оптимизация рецептур пищевых продуктов со сложным сырьевым составом. Адаптация портала к меняющимся особенностям процесса автоматизированного проектирования и предметной области осуществляется в автоматическом, в отдельных случаях - в автоматизированном режимах.

Одной из методологий, которая помогает решать задачи различных классов поиска закономерностей и интерпретации результатов, является методология интеллектуального анализа данных Data Mining. Она применяется для нахождения и исследования закономерностей в массивах слабоструктурированной информации и построения моделей, описывающих поведение сложных систем. Data Mining – исследование и обнаружение «машиной» (алгоритмами, средствами искусственного интеллекта) в сырых данных знаний, которые ранее не были известны, нетривиальны, практически полезны, доступны для интерпретации человеком. Характерной особенностью анализа данных методами Data Mining является использование различных алгоритмов нахождения закономерностей в данных [9].

Заключение

Полученные результаты позволяют создать комплекс методов информационной поддержки процессов автоматизированного проектирования многокомпонентных рецептур пищевых продуктов в условиях информационной неопределенности и с учетом взаимодействия компонентов. В целом, решение этой задачи будет способствовать повышению качества проектирования пищевых продуктов.

Литература

1. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания : учебное пособие / Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, С.И. Дворецкий, О.В. Зюзина, Д.В. Леонов. - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. - 80 с.
2. Popov F.A., Shkol'nikova M.N., Naumova D.A. Principles of computer-aided design of multi-component food products / Information Innovative Technologies: Materials of the International scientific – practical conference. /Ed. Uvaysov S. U., Ivanov I.A. – М.: Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2017, P. 79-82.
3. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ «Etalon» № 2005610751 от 30 марта 2005г. / Борисенко А.А.
4. Бугаец И.А. Разработка рецептур и оценка потребительских свойств концентратов киселей плодово-ягодных функционального назначения : диссертация ... кандидата технических наук : 05.18.15 / Бугаец Иван Алексеевич; [Место защиты: Кубан. гос. технол. ун-т].- Краснодар, 2008.- 133 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/170
5. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2005611720. Программа для автоматизированного проектирования, расчёта и оценки качества многокомпонентных рецептур пищевых продуктов (Generic-2.0)" /А.А. Запорожский, В.А. Запорожский.
6. Школьникова М.Н., Наумова Д.А. Автоматизированные информационные системы подбора рецептур пищевых продуктов / Сборник научных статей и докладов II Международной научно-практической конференции (заочной) (г. Воронеж, 26—27 октября 2016 г.), С.139-141.
7. Бубарева О. А., Попов Ф. А., Ануфриева Н. Ю. Использование онтологий с целью интеграции данных в рамках автоматизированных информационных систем ВУЗов // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12 (часть 1). – С. 85-88.
8. Бубарева О.А., Попов Ф.А. Математическая модель процесса интеграции информационных систем на основе онтологий // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №2. URL: www.science-education.ru/102-6030 (дата обращения: 01.12.2017)
9. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И.. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. БХВ-Петербург, 2008.