

На правах рукописи



Селиванов Евгений Викторович

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ
ДЛЯ СИНТЕЗА КОМПОЗИТНЫХ СМЕСЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНЫХ БАЗ ЗНАНИЙ**

Специальность:

05.13.11 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Рязань 2015

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» (РГРТУ) на кафедре «Вычислительная и прикладная математика».

Научный руководитель: **Каширин Игорь Юрьевич**,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО РГРТУ, профессор кафедры
«Вычислительной и прикладной математики», г. Рязань.

Официальные оппоненты: **Котов Владислав Викторович**,
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Тульский государственный
университет», профессор кафедры «Робото-
техники и автоматизации производства»,
г. Тула;

Романчук Виталий Александрович,
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный
университет имени С.А. Есенина», доцент
кафедры «Информатики и вычислительной
техники», г. Рязань.

Ведущая организация: **ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»**, г. Тамбов

Защита состоится 16 декабря 2015 г. в 12 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 212.211.01 в ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» по адресу:

390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, ауд. 235.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» и на официальном сайте университета <http://www.rsreu.ru>.

Автореферат разослан «_____» _____ 2015 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



В.Н. Пржегорлинский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Информационные сервисы (ИС) глобальных компьютерных сетей являются одним из важных программных системных элементов, используемых в облачных технологиях. Такие сервисы могут предоставлять пользователям инструментальные ресурсы, дающие возможность не только существенно упростить задачи специалиста в какой-либо предметной области, но и автоматизировать поиск и выборку знаний из других удаленных информационных ресурсов. Решение проблемы накопления и последующего использования специальных знаний в конкретной предметной области лежит в основе новых подходов к формированию технологических баз знаний (ТБЗ), являющихся основой математического и системного программного обеспечения (ПО) в комплексах с сервис-ориентированными архитектурами (SOA).

В качестве предметной области для ТБЗ в диссертации рассматривается оптимизация композитных смесей, как целенаправленный процесс улучшения технологических характеристик искомого композитного продукта при определенных условиях с учетом разнообразных факторов производства, влияющих на результат. Архитектура существующих программных систем оптимизации смесей устаревает, они ориентированы на численные математические методы, и не могут обеспечить требуемый уровень решения задачи о смесях в условиях неизвестных с заданной точностью параметров. Такими параметрами могут являться: меняющиеся цены на комплектующие компоненты, наличие принципиальной возможности поставки технологических компонентов, возможность применения технологии и/или ее элементов в условиях специфики конкретного предприятия. Таким образом, задача разработки нового, основанного на ТБЗ, системного ПО и соответствующего математического обеспечения, доступного специалистам посредством ИС, является актуальной.

В известных ПО задача о смесях представляется в терминах математического программирования, включающих целевые функции и ограничения. В рамках нового подхода целесообразно использовать формализм, позволяющий учитывать особенности технологического процесса, объективно оценивать качество результирующего продукта, оперировать знаниями конкретной предметной области. Базы знаний – одно из самых актуальных направлений в проектировании ПО. Интеллектуальные алгоритмы, оперирующие знаниями, обладают достаточной гибкостью и позволяют решать сложные задачи.

С архитектурной точки зрения, современной и перспективной технологией, позволяющей частично решить основные проблемы задачи оптимизации смесей, является архитектура SOA. Алгоритмы структурной композиции ИС актуальны для реализации автоматического пополнения баз знаний, обучения системы, параллельных вычислений. Последние, в частности, могут

быть использованы для уменьшения времени решения задач, имеющих большую размерность.

Степень разработанности темы. Весомый вклад в развитие математического и программного обеспечения оптимизации многокомпонентных смесей внесли многие отечественные и зарубежные учёные. Значительных успехов в практической деятельности достигли А.Н. Мерцалов, В.О. Новицкий (кафедра «Автоматизированные системы и вычислительная техника» Московского государственного университета пищевых производств), разработавшие программу «Автоматизированная система расчета оптимальных рецептов помольных смесей». Обширная теоретическая и практическая проработка темы была произведена в «МСХА им. К.А. Тимирязева» Б.В. Лукьяновым и П.Б. Лукьяновым (разработан комплекс программ «КОРАЛЛ», позволяющий производить расчёт рационов для сельскохозяйственных животных).

Наиболее передовой зарубежной разработкой является система «SMART! Fertilizer Management Software» (Гай Села, Юзи Каффафи и др.). Система предназначена для поиска оптимального состава смеси сельскохозяйственных удобрений и использует наиболее современные технические решения (клиент-серверная архитектура, «тонкий клиент») по сравнению с другими программными продуктами.

В то же время, исследования в области автоматизации изготовления смесей направлены, чаще всего, на совершенствование существующих математических методов решения задач линейного программирования. Использование математических формализмов для ТБЗ, с помощью которых удаётся наиболее полно описать рассматриваемую задачу конкретной предметной области, в современных исследованиях является новым и до сих пор малоисследованным направлением.

Объект исследования – программные системы и математическое обеспечение ИС с SOA архитектурой в приложении к оптимизации смесей.

Предмет исследования – архитектура и алгоритмы программных систем оперирования знаниями в удаленных сервисах.

Целью диссертационной работы является разработка программного обеспечения, ориентированного на знания и использование облачных технологий, в приложении к процессам изготовления смесей.

Исходя из поставленной цели определены основные **задачи исследования**.

1. Провести анализ существующих методов решения задач изготовления смесей с целью выявления проблем при их применении.

2. Определить основные тенденции развития современных программных систем. Применить полученные данные в проектировании инструментального ПО для поиска в глобальных информационных ресурсах специальных знаний о рецептуре смесей.

3. Создать математическую формализацию для описания знаний о технологических процессах приготовления многокомпонентных смесей. Она должна обладать конструктивными оптимизирующими свойствами и позволять делать выводы на основе знаний о конкретной предметной области.

4. Проанализировать архитектурные, технические и функциональные решения, применяемые в существующих программных системах поиска оптимизированных смесей. Выявить преимущества и недостатки таких решений с целью определения основных особенностей, которыми должно обладать проектируемое в диссертационной работе инструментальное ПО.

5. Спроектировать структуру ТБЗ для хранения и возможности интеллектуального вывода информации о компонентах смеси, технологических ситуациях и процессах её изготовления.

6. Разработать оригинальные алгоритмы структурной композиции ИС в контексте SOA для решения задач поиска оптимизированной рецептуры смесей, пополнения, обучения и адаптации ТБЗ.

7. Разработать программную реализацию SOA-системы поиска рецептуры смесей, использующую предложенные в диссертации алгоритмы структурной композиции ИС.

8. Провести экспериментальное сравнение разработанной системы с конкурентным ПО. Выявить достоинства и недостатки спроектированной системы.

Новые научные результаты, выносимые на защиту.

1. Предложена формализация специальных знаний о технологии изготовления смесей, описывающая компонентные вещества, их свойства, основные операции составления композиции, технологические ситуации и процессы. Она позволяет математически строго анализировать знания о компонентных веществах, их свойствах, технологические ситуации и процессы, делать выводы на основе знаний ТБЗ о конкретной предметной области, а также даёт возможность применять интеллектуальные алгоритмы поиска рецептуры многокомпонентных смесей. Эти свойства являются основой качественно нового математического подхода к решению задачи построения ИС с SOA архитектурой.

2. Предложена оригинальная структура ТБЗ для хранения и возможности интеллектуального вывода информации о компонентах смеси, технологических ситуациях и процессах её изготовления, а также позволяющая автоматизировать процесс поиска рецептуры композитных смесей в удаленных ИС. Использование предлагаемой структуры ТБЗ является новым технологическим решением в области проектирования ПО.

3. Разработаны алгоритмы структурной композиции ИС для масштабируемой, распределённой системы, основанной на SOA, дающие возможность повысить эффективность технологии поиска рецептуры композитных смесей. Предложенные алгоритмы решают задачи поиска оптимизированной рецептуры смесей, пополнения, обучения и адаптации ТБЗ.

4. Реализация ПС «Composite-S v.1.0», предназначенного для автоматизированного поиска на примере оптимизированного компонентного состава картонов.

Теоретическая и практическая значимость.

1. Предложенная структура ТБЗ универсальна и может быть использована для широкого круга программных средств (ПС), работающих с понятиями смежных предметных областей.

2. Показана возможность адаптации ТБЗ с помощью разработанного Data Mining-алгоритма для автоматизированной корректировки расчёта прогнозных характеристик смеси.

3. Показана возможность автоматического пополнения и обучения ТБЗ с помощью разработанного алгоритма структурной композиции ИС.

4. Программная реализация ПС «Composite-S v.1.0» показывает эффективность использования разработанных алгоритмов структурной композиции ИС с элементами облачных технологий для решения задачи поиска оптимизированной рецептуры композитных смесей. SOA, взятая за основу при проектировании ПС «Composite-S v.1.0» позволяет масштабировать систему, используя механизмы распределения нагрузки, фактически реализуя концепцию облачных вычислений. Практическая значимость такого технического решения выражается в возможности поиска оптимизированной рецептуры смеси в условиях большого количества исходных компонентов, а также возможности балансировки соотношения производительности/стоимости системы.

Методы исследования. При решении поставленных в диссертационной работе задач были использованы элементы теории множеств, теории графов, теории универсальных алгебр, теории унификации, теории алгоритмов и объектно-ориентированного проектирования.

Обоснованность и достоверность результатов исследования. Корректность разработанной математической формализации технологии работы со знаниями об изготовлении смесей подтверждается аналитически при решении прикладных задач оптимизации. Предложенная структура ТБЗ позволяет формировать ограничения задачи поиска оптимизированной рецептуры автоматически, автоматизировать процесс поиска рецептуры, учитывая множество разнообразных факторов специфики производства. Применение SOA гарантирует расширяемость спроектированной системы и даёт возможность регулировать её вычислительную мощность. Уменьшение темпов роста времени поиска оптимизированной рецептуры смеси на 11-23% в разработанной программной системе доказывает эффективность предложенных алгоритмов структурной композиции ИС, показывает преимущества применяемых проектных решений. Достоверность результатов исследования подтверждается также их практической апробацией.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты научной работы использованы в ЗАО «Многоотраслевая производственная компания

«КРЗ» для составления оптимизированной композиции компонентного состава картона, а также в учебном процессе ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет», что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы отражены в докладах:

– Международных научно-практических конференций «Современные тенденции в образовании и науке», Тамбов (2012, 2013 гг.);

– Всероссийских научно-технических конференций студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях», Рязань (2012, 2014 гг.);

– Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы экономики и управления в организации» (Рязань, 2014);

– IX Международной научно-практической конференции «Тенденции развития современных информационных технологий, моделей экономических, правовых и управленческих систем» (Рязань, 2014);

Публикации. Содержание диссертации достаточно полно отражено в 16 работах: 9 статей (3 статьи в изданиях из списка ВАК), 6 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях, получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015617615.

Соответствие паспорту специальности. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»: п.3 «Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем»; п.4 «Системы управления базами данных и знаний»; п.9 «Модели, методы, алгоритмы и программная инфраструктура для организации глобально распределённой обработки данных».

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения (10 с.), четырёх глав (135 с., включая 30 рисунков и 16 таблиц), заключения (3 с.) и четырёх приложений (23 с.). Библиографический список включает 132 наименования (12 с.).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** приводится краткий обзор и анализ основных математических методов решения задач изготовления оптимизированных смесей, используемых в программном обеспечении в настоящее время. Выявлены общие недостатки программных систем составления композитных смесей, связанные с применяемыми математическими методами решения, заключающиеся в следующих факторах.

1. Время проектирования новых технологий увеличивается пропорционально увеличению размерности задачи.

2. Не учитываются знания о специфике реальных задач, связанных с неточно определенными характеристиками реального производства.

3. Концепция существующей математической постановки оптимизационной задачи и рассмотренные методы её решения не предполагают учёта особенностей технологического процесса.

Кроме того, в первой главе освещено современное состояние развития и возможности сервис-ориентированных технических решений, основанных на взаимодействии посредством глобальных сетей (ГС). Проведён анализ возможностей использования ИС для внедрения новых подходов к составлению оптимальных композитных смесей.

Вторая глава посвящена созданию математической формализации знаний о технологии изготовления композитных смесей, где центральным понятием выступает технологический процесс.

Каждый этап технологического процесса характеризуется исходными для этого этапа компонентными веществами, а также результирующими веществами. Все они имеют множество характеристик, позволяющих идентифицировать материал по качественным и количественным показателям.

Таким образом, можно выделить два основных множества-универсума, в пределах которых будут находиться все используемые в производстве смесей материалы и характеристики этих материалов, а именно:

– конечное множество компонентных веществ и их соединений:

$$Cs = \{c_1, c_2, \dots, c_n\},$$

– конечное множество свойств веществ: $Pr = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$.

Для описания внутренней структуры характеристик веществ и их соединений используются структуры признаков. Признаковую структуру $c_j \in Cs$ для описания компонентных веществ можно представить с помощью кортежа неопределенной местности, имеющего поименованные элементы:

$$c_j = (N_1 : Pr_1, N_2 : Pr_2, \dots, N_i : Pr_i, \dots, N_n : Pr_n), \quad (1)$$

где N_i - имя из универсума имен элементов N , а Pr_i - значение из множества возможных значений Pr .

Признаковые структуры могут быть вложенными друг в друга.

На множестве всех признаковых структур вводится операция их композиции « \circ », имеющая сложную семантику, которая описывается специальным алгоритмом взаимодействия материалов и веществ.

Операция последовательной композиции позволяет формировать из элементов множества Cs технологические последовательности вида:

$$\varphi: \langle c_1 \rangle \rightarrow \langle c_2 \rangle \rightarrow \dots \rightarrow \langle c_{r-1} \rangle \rightarrow \langle c_r \rangle, \quad (2)$$

где « \rightarrow » – отношение строгого предшествования, а c_i ($i = 1, \dots, r$) – определённые ранее признаковые структуры компонентных веществ.

Цепочка \varnothing , фактически, представляет собой формализацию технологического процесса и выражает собой решение задачи, формулирующейся следующим образом: получить последовательность технологических шагов, приводящих от первоначальных условий c_1 к заключительному решению c_r .

Технология производства допускает также возможность одновременного выполнения нескольких технологических операций. Поэтому на множестве всех признаковых структур вводится операция их параллельной композиции « \oplus ».

Кроме того, либо вся технологическая цепочка полностью, либо отдельные ее фрагменты могут быть реализованы на производстве различными способами. Следовательно, такие цепочки можно представить графически как сложную сеть. Такая сеть может содержать кроме последовательных и параллельных еще и альтернативные ветви. Сеть представляет собой ориентированный и направленный граф (рисунок 1).

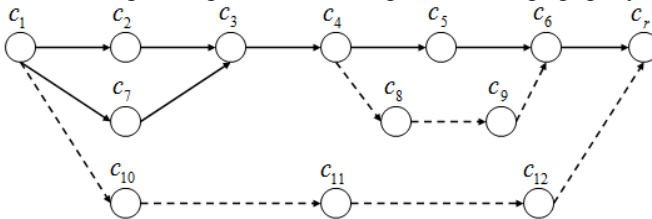


Рисунок 1 – Граф технологических цепочек производства

На рисунке 1 c_1, c_2, \dots, c_r обозначаются технологические ситуации; непрерывными стрелками обозначены операции последовательной композиции; прерывистыми стрелками обозначены альтернативные технологические цепочки.

Здесь процессы $c_1 \rightarrow c_2 \rightarrow c_3$ и $c_1 \rightarrow c_7 \rightarrow c_3$ выполняются параллельно. Цепочки $c_4 \rightarrow c_5 \rightarrow c_6$ и $c_4 \rightarrow c_8 \rightarrow c_9 \rightarrow c_6$ эквивалентны. Цепочка $c_1 \rightarrow c_{10} \rightarrow c_{11} \rightarrow c_{12} \rightarrow c_r$ описывает полностью альтернативный технологический процесс, позволяющий получить тот же результат.

Стоит отметить, что вряд ли в реальной практике найдутся такие эквивалентные цепочки, что даже при минимальном различии в технологическом процессе они дадут при одинаковых начальных значениях один и тот же результат. Следовательно, говорить можно лишь о приблизительном равенстве входных и выходных состояний альтернативных технологических цепочек. Однако, технолог, руководствуясь критериями эквивалентности, может отнести их к равным.

Таким образом, виртуальная область n-мерного пространства с семантической метрикой называется кластером (c_j) состояния технологического процесса, если она ограничена лишь предельными

значениями заранее заданных свойств, описанных элементами признаковой структуры (рисунок 2).

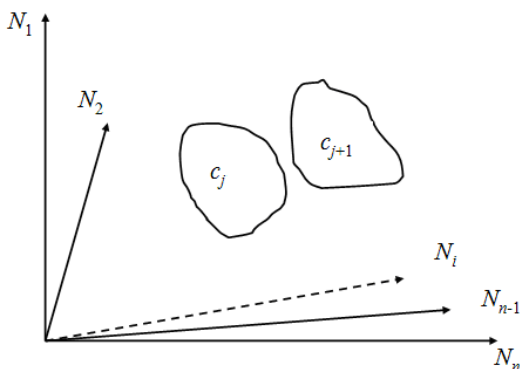


Рисунок 2 – Кластеры виртуальных состояний технологических процессов в n -мерном пространстве с семантической метрикой

На рисунке 2 N_1, N_2, \dots, N_n – шкалы количественных и качественных признаков состояний технологических процессов. Делениями шкал являются значения этих признаков; c_j, c_{j+1} – виртуальные области n -мерного пространства с семантической метрикой или кластеры состояния технологического процесса.

Для исследования свойств компонентных веществ необходимо иметь возможность сравнивать их, а также проверять на наличие характеристик, которые могут быть обнаружены при взаимодействии с другими веществами. Математическая формализация сказанного может быть выражена с помощью записи соответствующих отношений.

Определение 1. Два подмножества веществ из универсума S считаются эквивалентными ($c_i \equiv c_j$), если эти подмножества принадлежат одному и тому же кластеру виртуальных состояний технологических процессов в n -мерном пространстве с семантической метрикой.

Определение 2. Два подмножества веществ c_i и c_j из универсума S считаются неравными, если отношение ($c_i \equiv c_j$) не выполняется, т.е. эти подмножества не принадлежат отношению эквивалентности. Этот факт записывается как ($c_i \neq c_j$).

Определение 3. Два подмножества веществ c_i и c_j из универсума S считаются находящимися в отношении общности ($c_i \approx c_j$), если они имеют общие составляющие, т.е. $c_i \cap c_j \neq \emptyset$, где « \cap » - операция пересечения множеств, а « \emptyset » - пустое множество.

Определение 4. Два подмножества веществ c_i и c_j из универсума S считаются независимыми, если отношение ($c_i \approx c_j$) не выполняется, т.е. эти подмножества не принадлежат отношению общности. Этот факт записывается как ($c_i \perp c_j$).

Определение 5. Два подмножества веществ c_i и c_j из универсума S считаются находящимися в отношении следования ($c_i \rightarrow c_j$), если из состоя-

ния технологического процесса c_i существует цепочка, ведущая в c_j и являющаяся транзитивным замыканием отношения « \rightarrow ».

Определение 6. Два подмножества веществ c_i и c_j из универсума Cs считаются находящимися в отношении антиследования, если отношение ($c_i \rightarrow c_j$) не выполняется, т.е. эти подмножества не принадлежат отношению следования. Этот факт записывается как ($c_i \# c_j$).

Также необходимо выделить особый подвид отношений, позволяющий производить сравнение в рамках одного определенного кластера, соответствующего некоторому критерию оценки качества смеси. Отношение критериальной последовательности обозначается как « \geq_i », индекс i пробегает значения от 1 до N (число критериев оценки).

В итоге была получена алгебраическая система ACs (3).

$$ACs = \langle Cs, \Omega, R \rangle, \quad (3)$$

где Cs – множество компонентных веществ и их соединений, $R = \{\equiv, \neq, \approx, \perp, \rightarrow, \#, \geq_i\}$ – множество определённых ранее бинарных отношений на области определения Cs , $\Omega = \{\emptyset(0), \circ(2), \oplus(2)\}$ – сигнатура алгебры, дополненная нулевой константой « \emptyset », обозначающей полное отсутствие каких-либо материалов и компонентных веществ (в круглых скобках указывается местность отношений).

Кроме того, были определены конструктивные свойства операций полученной алгебраической системы, позволяющие установить различия эквивалентных технологических цепочек и конструктивно оценивать их предпочтительность для конкретного производства.

Разработанная математическая формализация достаточна для описания цепочек технологических процессов и анализа свойств их оптимизации. Формализация дает возможность математически строго описать решение задачи синтеза технологических цепочек изготовления композитных смесей.

В **третьей главе** приводится краткий обзор и анализ основных архитектурных и технических решений, применяемых в существующих программных системах автоматизации технологии изготовления смесей.

На основе проведённого анализа определяются функциональные задачи и проектируется базовая архитектура интеллектуальной автоматической системы, основанной на прикладной алгебре технологических цепочек приготовления смесей.

Спроектирована оригинальная структура ТБЗ, позволяющая автоматизировать процесс поиска рецептуры композитных смесей. Знания представляются онтологией «TechProcess» (приводится в приложении 1 диссертационной работы). Основными понятиями в ней являются: компонент смеси и его характеристические особенности; кластеризованная область качества; технологическая ситуация; технологический процесс; отношения следования, антиследования, независимости, общности и др.

Разработан алгоритм структурной композиции ИС для поиска оптимизированной рецептуры композитной смеси (рисунок 3). Алгоритм опирается на знания, заложенные в ТБЗ, а также позволяет распределить вычислительную нагрузку на множество ИС ГС и решать задачи повышенной размерности.

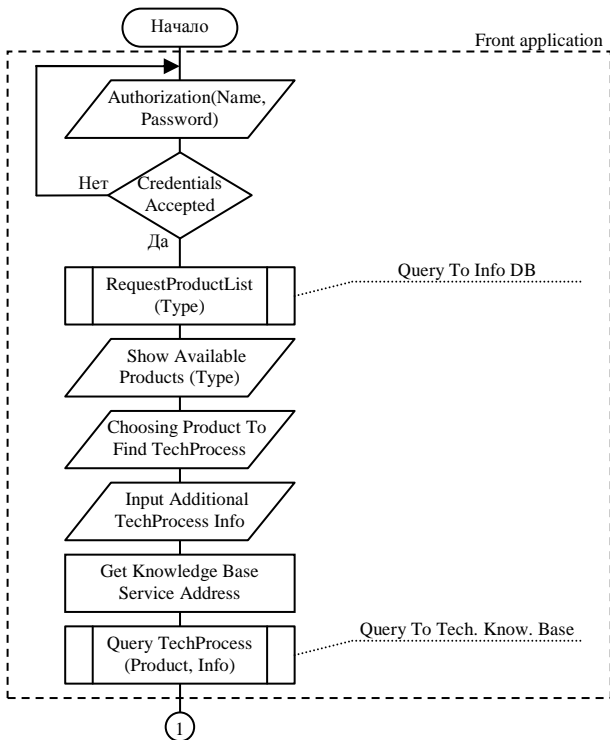


Рисунок 3 – Алгоритм поиска оптимизированной рецептуры смеси (начало)

Разработан алгоритм пополнения и обучения ТБЗ. Он основывается на обширном, масштабируемом взаимодействии с внешними ИС ГС. Он позволяет автоматизировать процесс поиска специальных знаний и форматирования исходных данных для задачи поиска элементов оптимизированных смесей, а также процесс поиска знаний об элементах новых технологий производства. Алгоритм пополнения и обучения ТБЗ более подробно рассматривается в диссертационной работе.

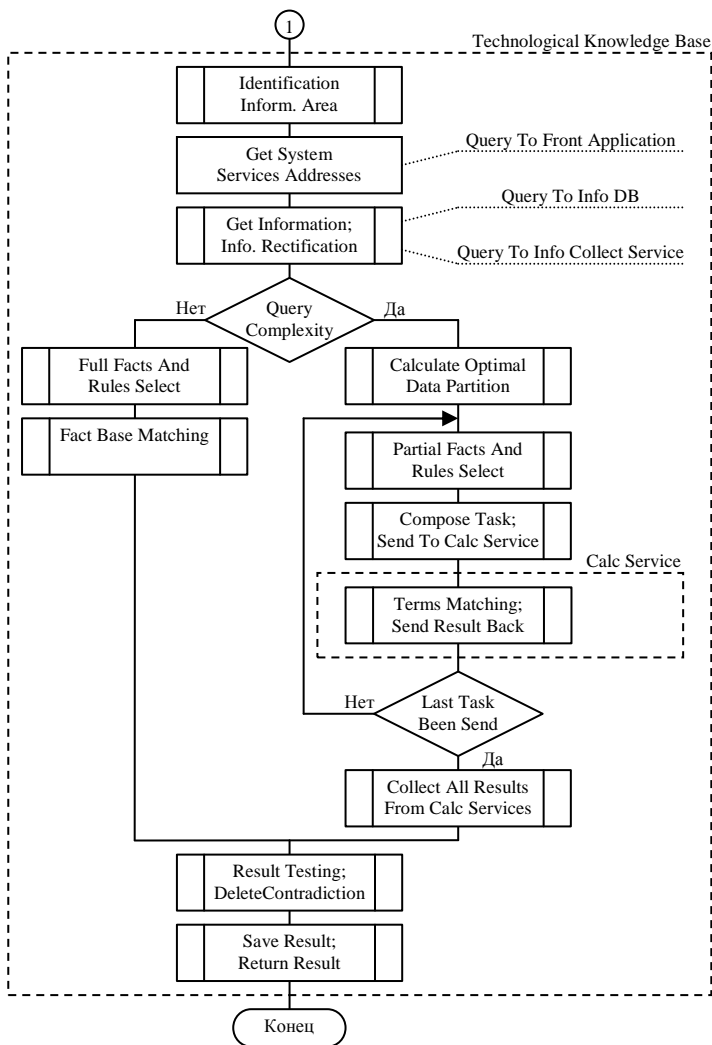


Рисунок 3 – Алгоритм поиска оптимизированной рецептуры смеси (продолжение)

Разработан алгоритм адаптации ТБЗ (рисунок 4). Адаптация в данном случае понимается как попытка системы опереться на практические знания, полученные в ходе реальных технологических процессов на производстве. Алгоритм предложен впервые и может быть классифицирован как DataMining-алгоритм, реализующий концепцию Memory Based Reasoning или

«вывод путем сопоставления». Алгоритм позволяет уточнять прогнозные характеристики композитной смеси.

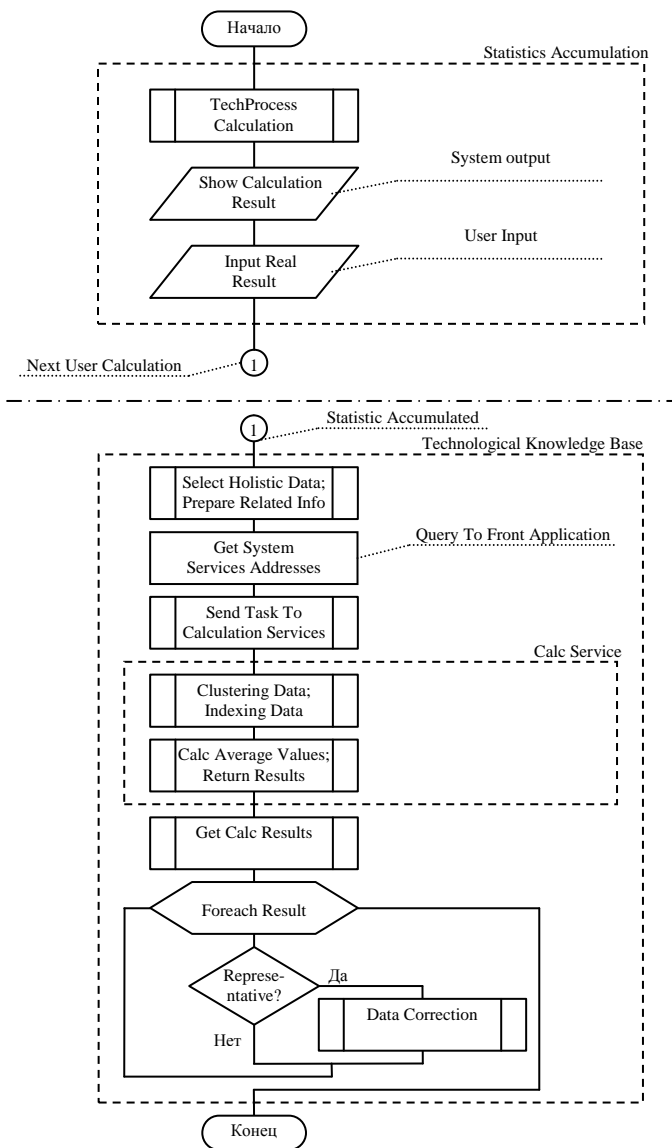


Рисунок 4 – Алгоритм адаптации ТБЗ

Выдвигаются следующие оригинальные проектные решения, применяемые в программном инструментарии:

- специализированные ИС выполняют автоматизированный поиск специальных знаний и данных;
- кластеризация компонентных веществ позволяет автоматически оценивать соответствие продукции общепринятым и государственным стандартам;
- ограничения задачи оптимизации могут быть сформированы автоматически, исходя из имеющихся знаний о типе и марке продукта;
- размерность задачи оптимизации может быть уменьшена с помощью интеллектуального вывода знаний о технологических процессах из ТБЗ.
- распределение нагрузки на удалённые ИС дает возможность повысить производительность системы и, в частности, уменьшить время решения задач повышенной размерности;
- многопользовательский доступ к системе расширяет возможности по накоплению и использованию специальных знаний;
- доступ к системе осуществляется посредством «тонкого клиента».
- система и её вычислительные мощности масштабируемы.

Четвёртая глава посвящена разработке автоматизированной системы поиска оптимизированных композитных смесей «Composite-S v.1.0».

Система предназначена для автоматизированного поиска знаний об оптимизированном компонентном составе картонов и может быть применена на производстве, специалистами, проектирующими технологии выпуска гофрированного картона.

Производится оценка эффективности внедрения системы. Предложенная оригинальная программная реализация основывается на архитектуре, разработанной в третьей главе. Программный код системы написан на языке программирования PHP с использованием фреймворка Yii. Для хранения данных используется СУБД MySQL. Для описания интерфейсов ИС использованы стандарты SOAP и WSDL. ПС «Composite-S v.1.0» реализует архитектурный шаблон проектирования MVC (англ. Model View Controller). Доступ к функционалу системы предоставляется посредством динамически формируемого web-интерфейса. Пользователь может получить доступ к ПС «Composite-S v.1.0» практически с любого устройства, система не предъявляет высоких требований к клиентскому оборудованию. Многопользовательский доступ к системе организован с помощью механизма разделения доступа на основе ролей или RBAC (англ. Role Based Access Control), защищающего конфиденциальную информацию пользователей.

Для того, чтобы дать объективную оценку эффективности внедрения автоматизированной системы «Composite-S v.1.0» проведено её сравнение с четырьмя конкурентными ПС. Было проведено шесть серий экспериментов S_n ($n = 20, 32, 40, 52, 60, 72$) для разной размерности входных данных n . В

каждой серии S_n проведены эксперименты для каждого ПС. Было найдено среднее время работы алгоритмов ПС для каждой серии экспериментов (таблица 1).

Таблица 1 – Среднее время работы ПС

Программа	Среднее время работы в зависимости от размерности входных данных n , секунд					
	20	32	40	52	60	72
«Рецептура асфальто-бетонной смеси 1.0»	0,59	25,02	326,42	14403,24	-	-
«АСР «ОРПС»	0,20	4,37	40,64	981,01	11293,47	-
«КОРАЛЛ – Кормлен- ные птицы»	0,19	3,03	35,64	673,35	7396,59	-
«SMART! Fertilizer Management Software»	3,12	6,87	36,17	791,74	8952,46	197580,34
«Composite-S v.1.0»	4,02	8,25	31,98	602,32	6023,21	110890,00

В результате проведения экспериментов зафиксировано уменьшение темпов роста среднего времени расчёта для системы «Composite-S v.1.0» на 11 – 23 % по сравнению с конкурентными ПС.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Сделан обзор математических методов решения задач изготовления смесей, используемых в существующих программных системах. Проведён сравнительный анализ методов, выявлены недостатки существующих подходов к проблеме. Основной проблемой является отсутствие многокритериального анализа реальных задач с недостаточным учётом знаний об особенностях технологических процессов в условиях неточных или заранее неизвестных входных параметров.

2. Проведено исследование текущих тенденций в сфере ИТ, современных направлений в проектировании ПО и ИС ГС. Приведён обзор основных технологий, используемых системами на основе SOA. Обоснованы преимущества SOA для решения задач поиска оптимальной рецептуры многокомпонентных смесей.

3. Разработана математическая формализация знаний о технологии изготовления комбинированных смесей, позволяющая математически строго анализировать компонентные вещества, их свойства, технологические ситуации и процессы. Предложена универсальная алгебра технологических цепочек производства, определены свойства её операций. Формализация обладает конструктивными оптимизирующими свойствами и позволяет делать выводы на основе знаний о конкретной предметной области.

4. Проведено исследование архитектурных, технических и функциональных решений, применяемых в существующих программных системах поиска оптимальных смесей. Основными недостатками существующего ПО являются: высокие требования к оборудованию пользователя и его квалификации; отсутствие механизмов автокоррекции, обучаемости; необходимость самостоятельной подготовки входных данных пользователем и др.

5. Спроектирована структура ТБЗ для хранения и возможности интеллектуального вывода знаний о компонентах смеси, технологических ситуациях и процессах её изготовления. Использование ТБЗ позволяет автоматизировать процесс поиска рецептуры композитных смесей в удаленных ИС. Структура ТБЗ универсальна и может быть использована для широкого круга ПС, работающих с понятиями смежных предметных областей.

6. Разработаны алгоритмы структурной композиции ИС в контексте SOA для решения задач оптимизации смесей, пополнения, обучения и адаптации ТБЗ, дающие возможность повысить эффективность технологии поиска рецептуры композитных смесей. В предложенных алгоритмах реализованы концепции облачных технологий, такие как распределённые вычисления и масштабируемость. Эти свойства позволяют сократить время поиска оптимизированной рецептуры смеси и находить баланс между производительностью и стоимостью системы. Алгоритм адаптации ТБЗ реализует концепцию Data Mining, известную как Memory Based Reasoning или «вывод путем сопоставления». Согласно этой концепции, алгоритм находит зависимости характеристик конечного продукта от характеристик составляющих его компонентов и технологии производства, выполняет соответствующую коррекцию данных в ТБЗ.

7. Разработана архитектура ИАС ПОС, описывающая общие подходы к проектированию системных программных средств поиска знаний о рецептуре оптимизированных композитных смесей. Выдвинуты и обоснованы оригинальные проектные решения, выделены основные конкурентные преимущества системы, обеспечиваемые этими проектными решениями.

8. Разработана программная реализация SOA-системы поиска рецептуры смесей «Composite-S v.1.0», использующая описанные выше алгоритмы структурной композиции ИС. При разработке применён архитектурный шаблон объектно-ориентированного программирования MVC, позволяющий чётко структурировать программный код для облегчения поддержки программного продукта. Разработана оригинальная структура информационной БД ПС «Composite-S v.1.0».

9. Проведено экспериментальное сравнение разработанной системы с конкурентным ПО. Проведен сравнительный анализ функциональных и технических возможностей программных систем. Определено, что ПС «Composite-S v.1.0» в среднем на 11-23 % эффективнее конкурентных систем исходя из оценок зависимости временной сложности алгоритма от размерности входных данных.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ

1. Селиванов Е.В., Каширин И.Ю. Облачные технологии как новая ступень эволюции информационных сервисов глобальных сетей // Вестник

Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2014. – № 1. – С. 97-103.

2. Селиванов Е.В. Общая постановка задачи оптимальной композиции материалов как разновидности задачи о смесях // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: www.science-education.ru/120-15599 (дата обращения: 28.11.2014).

3. Селиванов Е.В. Универсальная прикладная алгебра технологических цепочек приготовления смесей // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: www.science-education.ru/121-17714 (дата обращения: 10.03.2015).

Публикации в других изданиях

4. Селиванов Е.В. Эффективное проектирование программного обеспечения вычислительных систем // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: РГРТУ, 2011. – 120 с. – С. 85-87.

5. Селиванов Е.В. Реестры информационных сервисов глобальной сети Интернет // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: РГРТУ, 2012. – 276 с.

6. Селиванов Е.В. Технологии обмена данными информационных сервисов глобальных сетей // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: РГРТУ, 2012. – 240 с. – С. 44-46.

7. Селиванов Е.В. Особенности проектирования приложений основанных на информационных сервисах глобальных сетей // Межвуз. сб. статей. – Липецк: ФГБОУ ВПО «ЛГПУ», 2012. – 189 с. – С. 126-128.

8. Селиванов Е.В., Каширин И.Ю. Тенденции развития сервис-ориентированных информационных систем // Современные тенденции в образовании и науке: сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции 28 декабря 2012 г. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. – 163 с. – С. 128-129.

9. Селиванов Е.В. Поддержка работы с информационными сервисами в языках программирования // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: РГРТУ, 2013. – 152 с. – С. 15-18.

10. Селиванов Е.В. Сервис-ориентированная архитектура в облачных технологиях // Современные тенденции в образовании и науке: сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции 31 октября 2013 г. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. – 163 с. – С. 140-141.

11. Селиванов Е.В., Селиванова Н.И. Возможности применения современных информационных технологий в задачах оптимизации производственной программы // Математическое и программное обеспечение вычисли-

тельных систем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: РГРТУ, 2013. – 152 с. – С. 94-100.

12. Селиванов Е.В. Перспективы повышения экономической эффективности предприятий при использовании сети информационных сервисов // Современные проблемы экономики и управления в организации: Сборник тезисов докладов Всероссийской заочной научно-практической конференции / Под ред. М.В. Пронина, Ю.В. Рокотьянской, Ю.М. Солдака, Е.Н. Евдокимовой, Н.В. Казаковой, А.В. Янковского – Рязань: РГРТУ, 2014. – 316 с. – С. 155-158.

13. Селиванов Е.В. Решение основных проблем задачи поиска оптимальных смесей с помощью сервис-ориентированной архитектуры // Математическое и программное обеспечение вычислительных систем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Пылькина. – Рязань: РГРТУ, 2014. – 100 с. – С. 44-47.

14. Селиванов Е.В. Основные функции программного обеспечения для эффективного решения задачи поиска оптимальных смесей // Тенденции развития современных информационных технологий, моделей экономических, правовых и управленческих систем: сб. статей IX международной науч.-практич. конф. / Под ред. С.В. Авилкиной – Рязань: Рязанский филиал МЭСИ, 2014. – 280 с. – С. 121-124.

15. Селиванов Е.В. Обобщённое представление технологических процессов в программном обеспечении // Новые информационные технологии в научных исследованиях и в образовании: материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: РГРТУ, 2014. – 268 с. – С. 154-155.

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

16. Селиванов Е.В. Composite-S // Программа для ЭВМ № 2015617615. – 2015.

Селиванов Евгений Викторович

Математическое и программное обеспечение распределённых информационных сервисов для синтеза композитных смесей с использованием прикладных баз знаний

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 10.09.2015. Формат бумаги 60×84 1/16.
Бумага писчая. Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №3217

Отпечатано в ООО «Альфа-S»,
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 78