

На правах рукописи



РОДИОНОВА Людмила Евгеньевна

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОГРАММНЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
С ДЕКАРТОВО ЗАМКНУТОЙ КАТЕГОРИЕЙ**

Специальность

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

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа – 2019

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» на кафедре автоматизированных систем управления

Научный руководитель доктор технических наук
АНТОНОВ Вячеслав Викторович

Официальные оппоненты доктор физико-математических наук, профессор
Бельтюков Анатолий Петрович
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» заведующий кафедрой
теоретических основ информатики,

доктор технических наук, профессор
Болодурина Ирина Павловна
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» заведующий кафедрой
прикладной математики

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа

Защита диссертации состоится 28 июня 2019 г. в 10⁰⁰ часов
на заседании диссертационного совета Д 212.288.07
на базе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по адресу: 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» и на сайте
www.ugatu.su

Автореферат разослан « » 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, проф.



И. Л. Виноградова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В настоящее время, в соответствии с концепцией Индустрия 4.0 современные предприятия стремятся применять цифровое производство, внедряя умные технологии. Управление происходит на основе знаний, держателями которых являются как университеты, так и предприятия, соединение таких знаний в итоге приводит к созданию образовательно-производственной структуры.

Концепция «Индустрия 4.0» разделяется на три составляющих: цифровизацию и интеграцию виртуальных цепочек оценки стоимости, цифровизацию продуктов и услуг, цифровые бизнес-модели и доступ клиентов. Проводя дальнейшую детализацию приходим к совокупности следующих составляющих: большие данные; технологии искусственного интеллекта; а так же системы распределенного реестра; современные производственные технологии; квантовые вычисления; индустриальный интернет; элементы робототехники и сенсорики; технологии беспроводной связи; технологии дополненной и виртуальной реальности.

Промышленными предприятиями накоплен достаточно большой объем данных, разнородных и зачастую плохо формализованных. Появилась проблема их использования, т. н. проблема Big Data.

При этом совокупность отношений может быть рассмотрена в виде дополнительных объектов Big Data. Рассматривая эволюцию развития концепции от «Индустрия 1.0» до «Индустрия 4.0», выделим некоторые аспекты:

- «Индустрия 1.0» – развитие паровых двигателей, механических ткацких станков;
- «Индустрия 2.0» – электрическая энергия, поточное производство, разделение труда;
- «Индустрия 3.0» – автоматизация и робототехника;
- «Индустрия 4.0» – киберфизические системы, соединение реальных объектов с информационными процессами или виртуальными объектами через информационные сети и интернет. Более того, «Индустрия 4.0» предполагает цифровизацию и интеграцию процессов по вертикали, начиная с разработки (продуктов или закупок) и заканчивая организацией логистики и обслуживания, а интеграция по горизонтали включает и поставщиков, и потребителей.

Рассматривая отношения между информационными объектами, выделяя виртуальные и реальные объекты, приходим к возможности построения символьной модели хранилища данных. Получаем отношения между виртуальными объектами и реальными объектами, которые выражаются символьной моделью хранилища данных, определяющие структуру и отношения в терминах теории категорий.

Представление знаний об исследуемой предметной области позволяет применять формализованные формальные логические свойства, графо-аналитические метаязыки и правила для разработки и проектирования программных аналитических комплексов.

Метод построения иерархий Хомского на базе категорийного подхода с применением математических теоретико-множественных моделей, с использованием требований системной инженерии позволяет сформировать границы между семантическими и синтаксическими описаниями процессов исследуемой предметной области и функциональными модулями программного аналитического комплекса.

Возникает интерес к использованию аналитики больших данных, категории информационных объектов – программных модулей обеспечивающих реализацию соединения реальных и виртуальных объектов с информационными процессами с учетом их взаимных отношений в программном аналитическом комплексе (ПАК).

При грамотном аналитическом извлечении этих данных появляется возможность строить стратегические планы развития предприятия, оперативно принимать управленческие решения. Принцип обеспечения «электронной» прозрачности в организационно-экономическом, правовом и многих других аспектах для образовательно-производственных систем во многом реализован. Расширяется возможность обеспечения «электронной» прозрачности и в управленческих, и технологических, и других аспектах, т. е. такие организации приобретают свойства открытых или полуоткрытых.

Технически это обеспечивается, прежде всего, разработкой и применением программных аналитических комплексов (ПАК), создаваемых на основе унифицированных математических и программных средств. Таким образом, в структуру создаваемого ПАК включена информация, которая в дальнейшем обеспечивает возможность проведения реинжиниринга, например, посредством замены виртуальных объектов реальными с сохранением действующих отношений.

Исследована проблема – формализации и идентификации информационных объектов и поддержание их соответствия реальным объектам исследуемой предметной области, а также соответствие прослеживаемости информационных и реальных объектов параметрам для базы знаний ПАК. Для определения реальных объектов, соответствия их информационным объектам и прослеживаемости на абстрактном уровне исследуемых образовательных производственных систем применяются понятия и правила стандарта ISO/IEC/IEEE 15288.

Основная задача проектирования ПАК при декомпозиции абстрактного уровня заключается в обеспечении замкнутости на нижних уровнях. Это соответствует законам логики высказывания Аристотеля и формальной логики первого порядка. В этом случае исключаются логические противоречия при решении задач идентифицируемости и прослеживаемости информационных объектов.

Формальная система – это совокупность следующих компонентов:

$$ФС = \langle G, R, O \rangle,$$

где

ФС – формальная система;

G – множество базовых элементов;

R – совокупность правил (предикаты на множестве базовых элементов);

O – множество операций (синтаксические правила построения слов и формул – алгебра).

Формальная система отличается свойством автономности, при правильной организации формальной системы, возможно самостоятельное формирование выводов, которые определяются на основании правил и множества операций, таким образом, если O – пустое множество, то формальная система вырождается в системную модель (СМ). Если $R(G)$ является пустым множеством, то получаем формальную алгебру. Если предикатное множество определено логикой высказываний или формальной логикой первого порядка и оно декартово замкнуто, то данная модель непротиворечива по структуре относительно логики первого порядка, т.к. помимо формальной логики имеет место логика второго порядка, или логика Гегеля. Здесь идентификаторы первого порядка в течение времени не изменяются. А при логике второго порядка информационные объекты могут меняться.

Данную теорию рассмотрим на примере проектирования и разработки ПАК управления кадровым резервом машиностроительного предприятия, управления производственными и технологическими процессами нефтегазовой отрасли и управления учебным процессом университета.

На сегодняшний день существует большое количество как российских, так и зарубежных программных систем, реализующих автоматизированную обработку информации следующих процессов: по управлению кадровым резервом, включающих модули «Кадровый резерв». Лидерами таких систем являются: SAPERP HCM, Oracle HRMS, «Галактика ERP: Контур управления персоналом», «1С: Зарплата и управление персоналом 8», «БОСС-Кадровик, Компас: Управление персоналом», «RB HR & Payroll – управление кадрами и зарплата» и другие.

Для автоматизации производственных и технологических процессов применяются программные средства, такие как ИС «ОКО», ПС «ЕСРФ», НПК «Альфа». Для управления учебным процессом ВУЗа: web-портал кафедры АСУ, «1С: Университет ПРОФ», ИС «Orgflow-ВУЗ», «Галактика. Управление Вузом», управление обучением система Moodle, LMS Blackboard Learn.

Таким образом, становится актуальным проектирование и разработка программных аналитических комплексов, которые могут быть использованы большими компаниями, решающими задачи управления, показатели которых, определяют в большей степени критерии эффективности.

Степень разработанности темы исследований

Исследованием проблем формализации знаний и описания отношений на основе теории категорий, множеств, проектированием и реализацией архитектуры программного обеспечения, занимается ряд отечественных ученых, таких как С. П. Ковалев, Л. В. Массель, А. П. Бельтюков, В. В. Антонов, В. И. Васильев, М. Б. Гузаиров, Г. Г. Куликов, В. В. Мартынов, В. В. Миронов, С. В. Павлов, А. Х. Султанов, Н. И. Юсупова. А также данными проблемами занимались и зарубежные ученые – G. L. Kovács, Р. Голдблатт, Дж. Захман, D. F. Salas, W. B. Powell. В результате проведенного анализа определяется

проблемное поле исследования – модели и методы проектирования ПАК для организации интеграции программ и программных систем, а также инструментарии их представления (последовательности применения ряда метаязыков: естественного языка, метаязыка теории множеств и категорий множеств). Структура самих моделей – вербальных, математических с различными логическими ограничениями в виде формальных графоаналитических языков высокоуровневого программирования (программирование, моделирование), языков BPMN, а также структура программирования и реализации, отвечающих требованиям кроссплатформенного программирования в средах web-порталов, интранет, интернет и др.

Таким образом, применение теории множеств и категорий рассматривается как один из способов формализации этих подходов.

Объект и предмет исследования

Объект исследования процессы проектирования программных аналитических комплексов для проблемно-ориентированных аналитических систем и хранилищ данных и знаний.

Предметом исследования являются формальные модели и методы проектирования программных аналитических комплексов для реализации функционального взаимодействия программных систем с декартово замкнутой категорией.

Цель и задачи диссертационного исследования

Цель диссертационной работы заключается в повышении эффективности обработки разнородных данных, метаданных и знаний, их передачи и интеграции на основе разработки программного аналитического комплекса, обеспечивающего интеграцию разнородных программных систем с декартово замкнутой категорией.

Для осуществления цели определены следующие задачи исследования.

Задачи исследования

1. Разработать математический теоретико-множественный метод для отображения функционального взаимодействия программных систем, при реализации динамических свойств предметной области и процессов обработки информации (соответствует пп. 1, 3 паспорта специальности 05.13.11).

2. Разработать формальную модель процессов взаимодействия компонентов программного аналитического комплекса с декартово замкнутой категорией (соответствует п.1 паспорта специальности 05.13.11).

3. Разработать универсальную структуру и прототип ПАК для повышения эффективности обработки, передачи, интеграции данных и знаний интеллектуального контента в компьютерных сетях (соответствует пп.1, 2 паспорта специальности 05.13.11).

4. Провести оценку результатов исследований по проблеме проектирования ПАК на основе предложенного математического теоретико-множественного метода отображения функционального взаимодействия программных систем (соответствует п. 3. паспорта специальности 05.13.11).

Положения, выносимые на защиту

1. Математический теоретико-множественный метод для отображения функционального взаимодействия программных систем, основанный на применении основных положений теории категорий, позволяющий объединить в единую комплексную структуру разные категории информационных объектов.

2. Формальная модель процессов взаимодействия компонентов программного аналитического комплекса с декартово замкнутой категорией основанная на представлении программного аналитического комплекса в виде многомерной структуры с учетом потенциальных свойств виртуальных объектов, позволяющая применять поэтапный реинжиниринг программной системы.

3. Универсальная структура и прототип программного аналитического комплекса основанные на применении языков высокоуровневого программирования и моделирования, позволяющие повысить эффективность обработки и передачи разнородных данных и знаний.

4. Оценка результатов исследований по проблеме проектирования программного аналитического комплекса на основе предложенного математического теоретико-множественного метода отображения функционального взаимодействия программных систем, позволяющая оценить показатели на примерах применения программного аналитического комплекса в исследуемых предметных областях.

Научная новизна результатов

1. Математический теоретико-множественный метод для отображения функционального взаимодействия программных систем, отличающийся, функциональным взаимодействием программных систем и предложенной классификацией реальных и проектируемых виртуальных информационных объектов, объединенных в комплексную формальную структуру.

2. Формальная модель процессов взаимодействия компонентов программного аналитического комплекса с декартово замкнутой категорией, отличающаяся построением многомерной структуры программного комплекса с учетом потенциальных свойств виртуальных объектов.

3. Универсальная структура и прототип программного аналитического комплекса, отличающихся возможностью интеграционного представления независимых объектов учета, для аналитического использования на основе предложенного метода и формальной модели предметной области, свойство которой определяются согласно методологии системной инженерии.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в том, что разработанная формальная модель процессов взаимодействия компонентов программного аналитического комплекса с декартово замкнутой категорией, позволяет применять многомерную матрицу, параметры которой определяются на основе категориальных отношений с применением виртуальных объектов, а также формализовать основные понятия и ограничения программного аналитического комплекса. Это расширяет возможности управления жизненным циклом

создаваемой программной системы в соответствии с требованиями стандарта ISO/IEC/IEEE 15288.

Практическая значимость проведенного исследования заключается в том, что на основе методов и моделей разработан прототип программного аналитического комплекса для различных предметных областей.

Методология и методы исследования

В данной диссертационной работе применялись теоретико-множественные методы, основы реляционной алгебры для организации хранилищ данных, теория категорий и теория алгоритмов, методологии моделирования и проектирования программных систем (SADT, BPMN и др.), методы модульного программирования. Для оценки результатов и достоверности предложенных моделей и разработанных алгоритмов были использованы данные результатов внедрения разработанного прототипа программного аналитического комплекса в исследуемых предметных областях.

Апробация результатов исследования

Основные теоретические положения диссертационной работы и полученные практические результаты были опубликованы и доложены: на Всероссийских научных конференциях: «Интеграция образования, науки и производства в условиях многоуровневого профессионального образования» (IV НПК с международным участием, 24 марта 2016 г., г. Кумертау), «Современные инновации в науке и технике» (VII НТК, 14 апреля 2017 г., г. Курск), «Информационные технологии поддержки принятия решений» ITDS-2018 (VI научная конференция с международным участием, 28-31 мая 2018 г., г. Уфа); на Международных НПК и симпозиумах: «Достижения и инновации в науке, технологиях и медицине» (г. Пенза, 25 июля 2016 г.); на Международных симпозиумах XIX CSIT-2017 (г. Карлсруэ, Баден-Баден, Германия, 8-10 октября 2017 г.) и XX CSIT-2018 (г. Варна, Болгария 24-26 сентября 2018 г.). Внедрение результатов.

Результаты, полученные в работе внедрены в деятельность кадровой службы АО «Кумертауское авиационное производственное предприятие» в деятельность цеха добычи нефти и газа №1 Нефтегазодобывающего управления «Сургутнефть», а также в учебный процесс кафедры автоматизированных систем управления (АСУ) ФГБОУ ВО «УГАТУ» г. Уфа.

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 10 работ, в том числе 3 в журналах из списка ВАК. Имеется 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ: № 2019611359 «Программный аналитический комплекс с архитектурой декартово замкнутой логики», № 2018615366 «Подсистема учета данных для кадрового резерва», № 2018616289 «Программная система развития профессиональных компетенций», № 2019611218 «Интегрированный модуль программного аналитического комплекса по декартово замкнутой логике».

Личный вклад автора заключается в выполнении основного объема теоретических и экспериментальных исследований, а также в разработке

структуры ПАК с применением многомерной матрицы, параметры которой определяются категориальными отношениями. Автор выполнил анализ и оформление полученных результатов диссертационной работы в виде публикаций, научных докладов, четырех свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

В работе [2, 10] представлен анализ общих проблем реинжиниринга программных аналитических комплексов для организации взаимосвязанных модулей обеспечивающих интеграцию объектов учета.

В работах [1, 10] показан математический теоретико-множественный метод для отображения функционального взаимодействия программных систем, при реализации динамических свойств предметной области и процессов обработки информации.

В работах [2, 11] представлена обобщенная схема хранилища данных и знаний ПАК на примере формирования кадрового резерва.

В работе [2, 12] предложено проектирование ПАК, в условиях декартово замкнутой логики с классификатором подобъектов. Построена схема взаимосвязей между категориями объектов.

В работах [3, 10, 12] представлена разработка формальной модели процессов взаимодействия компонентов ПАК с декартово замкнутой категорией.

В работах [3, 10, 12] показана универсальная структура ПАК для повышения эффективности обработки, передачи, интеграции данных и знаний интеллектуального контента промышленного предприятия в компьютерных сетях.

Структура и объём работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Основная часть работы состоит из 140 страниц печатного текста, 59 рисунков и 5 таблиц. Библиографический список содержит 105 наименований источников.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность и благодарность д.т.н., профессору Г. Г. Куликову и к.т.н. А. Р. Фахруллиной за ценные рекомендации и поддержку при подготовке диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цель диссертационной работы и решаемые задачи, научная новизна и практическая ценность выносимых на защиту результатов.

В первой главе проанализированы методы построения формальной модели предметной области деятельности предприятия, для которого требуется разработка и внедрение ПАК в информационное пространство предприятия.

Рассмотрены основные направления построения моделей хранилищ данных и проведен их анализ, приведен обзор имеющихся классификаций и типов для систем управления базами данных (СУБД), рассмотрены многомерные базы данных (БД). Также представлены возможности обработки многообъектных и многомерных данных, инструментами OLAP анализа. Применены положения

системной инженерии, в качестве стандарта выбран ISO/IEC/IEEE 15288. Процессы ЖЦ, принятые в стандарте ISO/IEC/IEEE 15288 (процессы предприятия, проекта и технические процессы), во многом определяют эффективность формирования и применения систем, предопределяя достижение целей предприятия. А процессы соглашения представлены рабочими взаимоотношениями, которые происходят посредством заключения соглашений, представляющих для нас наибольший интерес (между двумя объектами есть отношение соответствия – отношение есть процесс соглашения, которое характеризуется в стандарте ISO/IEC/IEEE 15288 отношением двух объектов процесса соглашения).

Проблема формирования ПАК для определенной предметной области и процесс создания перемещения семантики в синтаксис и в базу данных, являются актуальными. Информацию целесообразно представить в виде многомерных кубов, размерностями которых являются значения атрибутов предметных областей. Принцип многомерных моделей основан на концепции Olap. Olap-технологии ориентированы на решение сложных аналитических задач (рисунок 1).

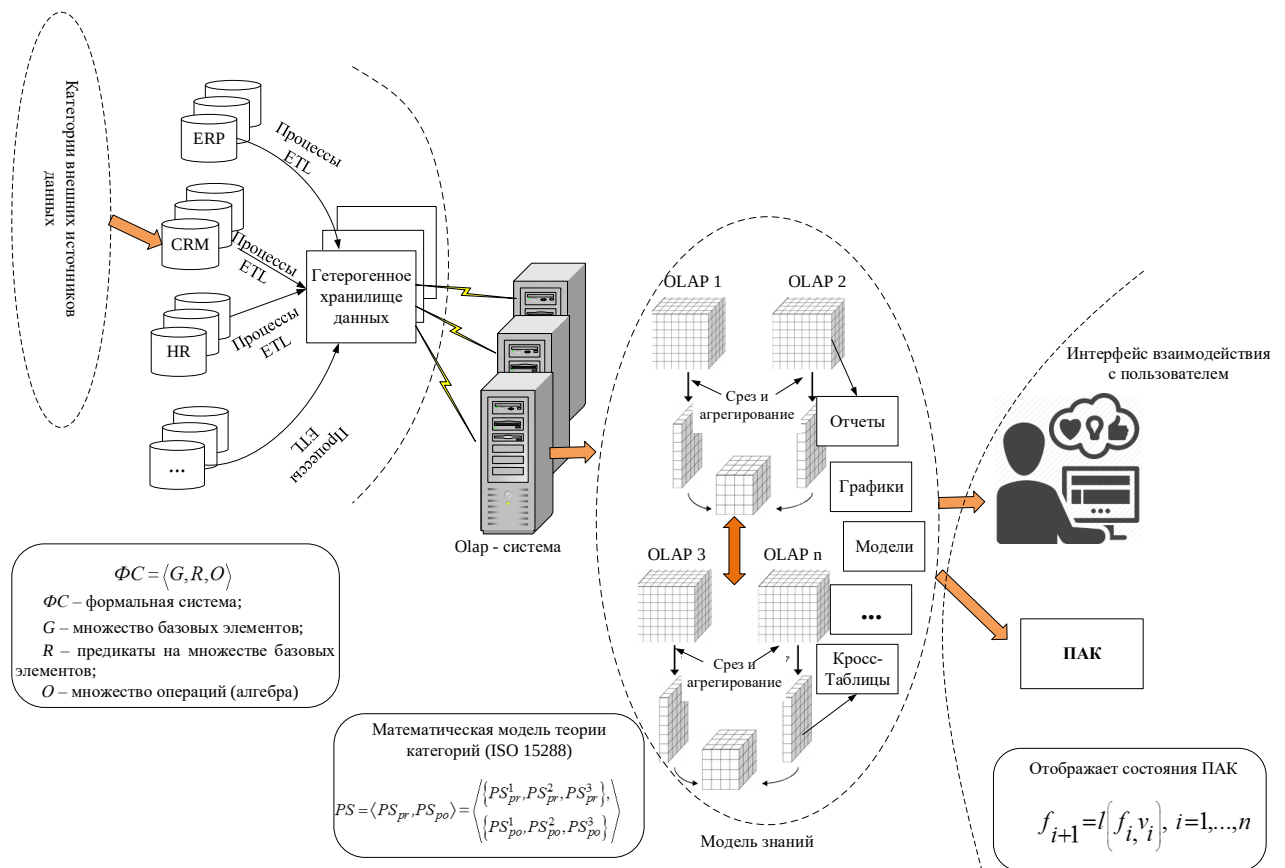


Рисунок 1 – Графо-аналитическое представление преобразования информации в ПАК

Предметная область представляется множеством информационных объектов. Количество объектов увеличивается до определенного момента (например, отчеты с кросс-таблицами, графики и т.д.) (рисунок 1).

На каждом этапе происходит взаимодействие двух объектов, (в рамках стандарта системной инженерии ISO/IEC/IEEE 15288 процесса соглашения). Математическая модель процесса соглашения представлена в терминах теории категорий. Символьным базисом выступает – декартово произведение, оно равнозначно OLAP-кубу.

Представляется возможность определять качественную составляющую по наличию некоторых количественных атрибутов и на основе полученных данных принимать управленческие решения, т.е. перейти от формальной к семантической модели.

Появляется возможность проектирования ПАК в виде совокупности объектов (которые являются категориями), для организации взаимодействия функциональных программ, обеспечивая интеграцию системы анализа объектов предметной области с учетом изменений предметной области.

Во второй главе представлен математический теоретико-множественный метод процесса соглашения на примере в соответствии с требованиями стандарта ISO/IEC/IEEE 15288.

Применяются для моделирования данного процесса базовые положения теории категорий. Используются следующие обозначения: процессы соглашения PS процессы приобретения PS_{pr} , процессы поставки PS_{po} (рисунок 2).

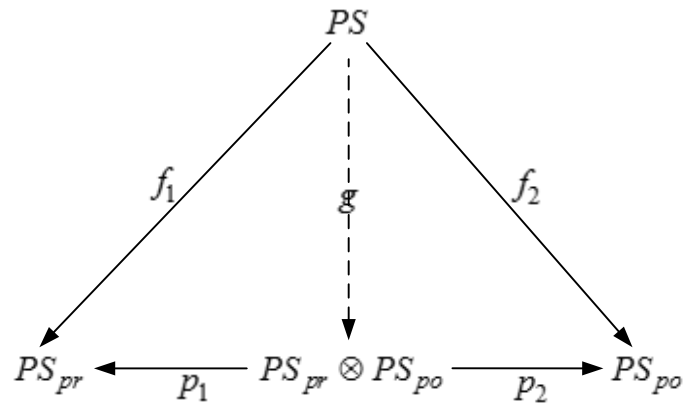


Рисунок 2 –Фрагмент категориальной модели ПАК

Выделяются процессы соглашения PS , приобретения PS_{pr} и поставки PS_{po} в отдельные категорию и подкатегории, которые состоят из целей процесса $PS_{pr}^1 = \{pr_1^1\}$, деятельности процесса $PS_{pr}^2 = \{pr_1^2, \dots, pr_8^2\}$ и результата $PS_{pr}^3 = \{pr_1^3, \dots, pr_7^3\}$, аналогично для процесса поставки: целей процесса $PS_{po}^1 = \{po_1^1\}$, деятельности процесса $PS_{po}^2 = \{po_1^2, \dots, po_9^2\}$ и результата $PS_{po}^3 = \{po_1^3, \dots, po_7^3\}$.

В результате отношения представимы в виде упорядоченного множества:

$$PS = \langle PS_{pr}, PS_{po} \rangle = \langle \{PS_{pr}^1, PS_{pr}^2, PS_{pr}^3\}, \{PS_{po}^1, PS_{po}^2, PS_{po}^3\} \rangle. \quad (3)$$

Применен информационный подход А. А. Денисова, при формализации предметной области, категории объектов и отношения между ними являются

первичными. Показана, что разработанная модель процесса соглашения представлена категориями объектов данной предметной области и множеством отношений между ними.

Применение теории категорий, позволяет описывать отношения внутри объектов, в условиях неопределенности, а также изучить предметную область с различных сторон и разработать компактную и универсальную программную систему.

Приведенные объекты описаны взаимодействием функторов. В данном случае использован квадрат Декарта, где композиция двух процессов (процесса приобретения и процесса поставки) является прямым отображением приведенного процесса соглашения на результат. Результат процесса рассматривается и как композиция произведения целей и действий посредством получения еще одного «треугольника», где независимо от порядка выполнения последовательности операций и отображений результат становится одинаковым.

На основании математического теоретико-множественного метода появляется возможность перейти к формальной модели процессов взаимодействия компонентов программного аналитического комплекса с декартово замкнутой категорией.

В третьей главе разработана модель процессов взаимодействия компонентов ПАК по декартово замкнутой категории, которая позволяет не полностью менять структуру программы, а только отдельную ее часть, добавляя новый модуль, преобразовывая матрицу отношений.

Описана возможность масштабированности системы, где правилами масштабирования являются отношения, которые находятся в объекте учета и отождествляются с коэффициентом самоподобия. В соответствии с этим правилом появляется возможность прогнозирования или выстраивания поведения системы в зависимости от условий и от логических правил (рисунок 3).

Взаимодействие данных объектов открывает возможность их дальнейшей композиции в виде достраивания. Новые отношения позволяют достраивать объекты до квадрата Декарта. В результате получается множество объектов идентифицируемых и прослеживаемых по пространству и времени.

Определены минимальные требования к структуре ПАК с декартово замкнутой категорией:

1. Отношения соответствуют логике функторов.
2. Вершина имеет минимум два объекта.
3. Цепочка отношений образует маршрут, который становится новым объектом.

Вывод: согласно данным требованиям в каждом объекте, в котором имеется хотя бы два отношения, происходит достраивание до квадрата Декарта, позволяющее дальнейшее построение ПАК (тем самым обеспечивается открытость системы).

Таким образом, ПАК определен как комплекс программ связанных между собой какими-то отношениями (многомерными векторами связи), которые и есть предмет настоящего рассмотрения.

Предлагается следующий метод: выстраивание отношений для дальнейшей разработки и проектирования ПАК, т.е. отношения между модулями.

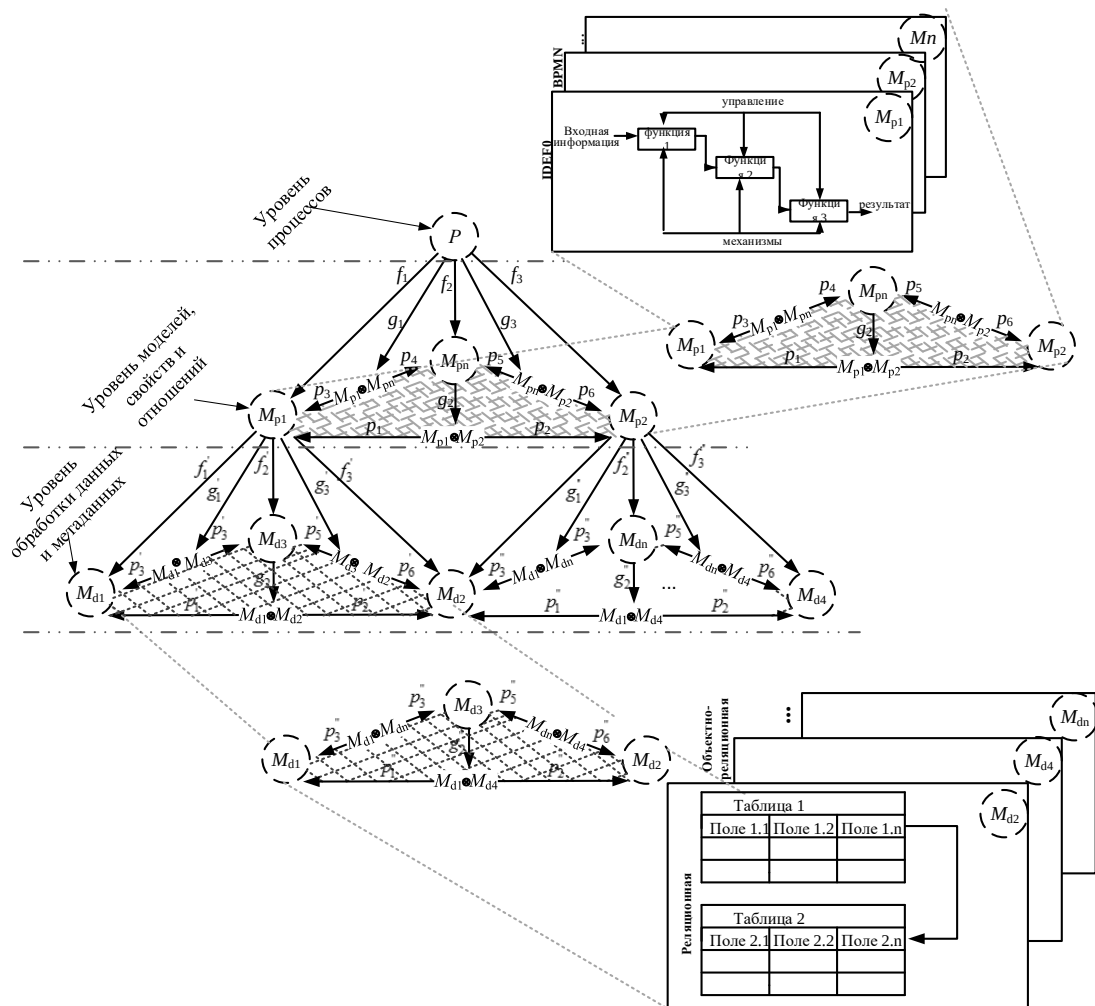


Рисунок 3 – Правила определения информационных маршрутов в виде функциональной последовательности

Проектирование программного аналитического комплекса представлено в виде разделения его на категории объектов, с учетом установления между ними категориальных отношений, показано, что полученное множество функторов выделено в отдельную категорию.

В данном случае каждый объект – это программный модуль, чем длиннее цепочка, тем больше количество отношений. Независимо от цепочки свойство модуля не меняется.

Предложен метод выстраивания отношений для дальнейшей разработки и проектирования ПАК, т. е. отношения между модулями определяемые на основе аналитической обработки. Построена схема взаимосвязей между различными категориями объектов. ПАК работает на уровне синтаксических данных.

Разработана формальная модель процессов взаимодействия компонентов ПАК, с декартово замкнутой логикой.

В четвертой главе на базе разработанных моделей и математического теоретико-множественного метода, созданы структура и прототип программного аналитического комплекса. ПАК предусматривает различные варианты физической организации хранилищ данных: реляционная БД, многомерная структура. В ходе проведенных исследований установлено, что данный метод может быть использован для многих бизнес-процессов организаций, причем определенные с помощью данного метода параметры образуют категорию и сведены в многомерную матрицу (аналог матрицы Дж. Захмана) и в конечном итоге использованы при описании технического задания на разработку или реинжиниринг ПАК. Имеется возможность не полностью менять структуру программного комплекса, а только отдельную ее часть, добавляя новый модуль, преобразовывая матрицу отношений (представлена в главе 1). В результате получили матрицу состояний ПАК, управляемую по времени.

В соответствии с требованием необходимого разнообразия У. Эшби число отношений не менее одного для каждого объекта. Взаимодействие этих объектов открывает возможность дальнейшей композиции объектов в виде второго отношения. Новые отношения позволяют достраивать структуру ПАК до квадрата Декарта.

При построении структуры ПАК получили поликубическую модель данных, состоящую из множества кубов.

Данная универсальная структура обеспечивает, с одной стороны, обзор данных, а с другой – стороны является системой поддержки принятия решений.

Одним из параметров ПАК являются категории пользователей права, которых на использование ПАК определяются на основании такого же метода, что и построение системы (многомерная матрица).

ПАК предназначен для информационной поддержки процессов подготовки и принятия управленческих решений в части сбора данных, мониторинга и анализа данных и метаданных.

ПАК автоматизирует следующие процессы:

- внесения и хранения первичной информации по деятельности всех подразделений организации, оперативного доступа к информации;
- отображения и визуализации объектов с использованием кросс-платформенных технологий;
- анализ данных и отображение аналитической информации (OLAP-кубы, аналитические панели, табличное отображение аналитических данных и др.);
- отображение медиаконтента (контент: видео, фото, презентации и т.д.).

В качестве инструмента построения аналитической панели, используется Prognoz Platform 8. Данный программный продукт позволяет разрабатывать собственные приложения для формирования аналитических документов.

В ходе реализации был спроектирован программный комплекс, состоящий из комплекса программных систем, на примере 1С: Зарплата и управление персоналом, портал кафедры АСУ, Moodle, ИС «ОКО», ПС «ЕСРФ», НПК

«Альфа», комплекса Prognoz Platform и программного интеграционного модуля для взаимодействия данных программных систем (рисунок 4).

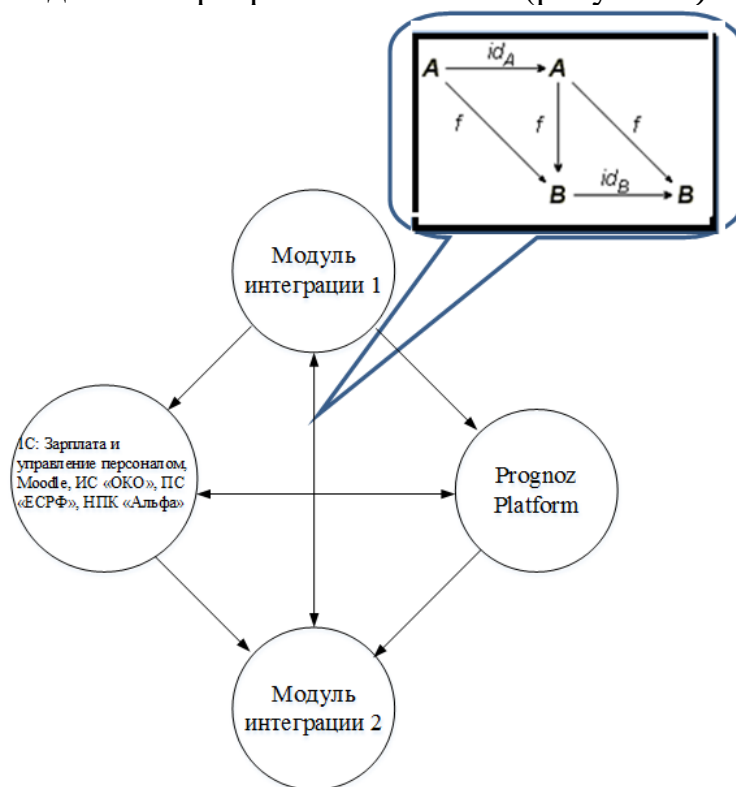


Рисунок 4 – Схема программного аналитического комплекса

Структура информационного ядра программного аналитического комплекса представляет собой совокупность программных систем с соответствующими приложениями, базами данных, базами знаний и др., она является открытой, поскольку может постоянно дополняться новыми структурно-связанными системами управления контентом.

Разработана структура ПАК для повышения эффективности обработки, передачи, интеграции данных и знаний интеллектуального контента в компьютерных сетях, отличающаяся представлением в виде структурированной поликубической системы.

Представлена оценка результатов исследования по проблеме проектирования ПАК. В итоге эффективность выражена в сокращении: «ручных» процессов; времени на поиск, в обеспечении синхронизации, интеграции и анализа информации, за счет использования методов и средств многомерного ПАК. Внедрение ПАК позволило сократить временные затраты на реинжиниринг в 2 раза.

В заключении изложены основные результаты работы.

В приложениях приведены: фрагменты описания правил в работе систем, код разработанных программ для ЭВМ и свидетельства о государственной регистрации ЭВМ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В ходе диссертационного исследования проведен анализ подходов проектирования программных аналитических комплексов, в результате чего определен в качестве базового стандарт системной инженерии ISO/IEC/IEEE 15288. На основе математического теоретико-множественного метода, формальной модели и прототипа программного аналитического комплекса были получены следующие результаты:

1. Разработан математический теоретико-множественный метод для отображения функционального взаимодействия программных систем при реализации динамических характеристик предметной области и процессов обработки информации, в котором представлены реальные информационные объекты и проектируемые виртуальные информационные объекты в виде комплексной многомерной структуры. Метод позволяет учитывать динамические свойства формальной модели предметной области и процессов обработки информации.

2. Разработана формальная модель процессов взаимодействия компонентов программного аналитического комплекса с декартово замкнутой категорией, отличающаяся представлением программного аналитического комплекса многомерной структурой с учетом потенциальных свойств виртуальных объектов, позволяющая применять поэтапный реинжиниринг программной системы с помощью языков высокоуровневого программирования и моделирования (IDEF, BPMN, UML, Python и др.).

3. Построены универсальная структура и прототип программного аналитического комплекса отличающиеся представлением в виде структурированной поликубической системы (многомерной матрицы) взаимодействующих программных модулей, что позволяет повысить эффективность обработки, передачи, интеграции данных и знаний интеллектуального контента в компьютерных сетях.

4. Представлена оценка результатов исследования по проблеме проектирования ПАК на основе предложенного математического теоретико-множественного метода отображения функционального взаимодействия программных систем. Эффективность предложенного математического теоретико-множественного метода и формальной модели процессов взаимодействия компонентов программного аналитического комплекса с декартово замкнутой категорией подтверждается тем, что на их основе создан программный аналитический комплекс, с использованием теории категорий множеств, представляющий собой объект организационного управления. При этом в качестве исполнителей ролей функторов и морфизмов применены функции программных средств, а программные средства применяются как инструменты отвечающие требованиям формальных преобразований теории категорий. Внедрение ПАК позволило сократить временные затраты на реинжиниринг в 2 раза.

В результате проведенных исследований определены идентифицируемость и прослеживаемость на всех уровнях ПАК по любой из выбранных цепочек

(информационных маршрутов) формирования структуры системы. Можем сделать вывод, что независимо от выбранных информационных маршрутов формирования ПАК по предложенному методу, свойства системы будут совпадать. Это открывает широкие возможности реинжиниринга системы посредством выбора новых цепочек (информационных маршрутов). Исходя из того, что система отношений достраивается до квадрата Декарта в каждой цепочке предлагаемой схемы, появилась аналитическая возможность оценки полноты.

Перспективы дальнейшего исследования. В качестве перспективы дальнейших исследований планируется разработка методов и алгоритмов с учетом фрактального подхода для различных предметных областей и построение ПАК с декартово замкнутой категорией на основе ее фрактальной устойчивости.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых журналах из перечня ВАК

1. Формальное представление модели реализации функций системной инженерии на основе принципа необходимого разнообразия структурных связей / Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, А. Р. Фахруллина, Л. Е. Родионова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2017. Т. 17, № 4. С. 146–153

2. Подход к формированию структуры самоорганизующейся интеллектуальной системы в форме декартово замкнутой категории (на примере проектирования информационной аналитической программной системы) / Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, А. Р. Фахруллина, Л. Е. Родионова // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2018. № 27. С. 48–69

3. Формальная модель процессов взаимодействия компонентов программной системы на основе фрактального подхода / Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, А. Р. Фахруллина, Л. Е. Родионова // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2018. № 4 С. 104–111

Объекты интеллектуальной собственности

4. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018615366 Подсистема учета данных для кадрового резерва / Л. Е. Родионова, Д. Р. Гумеров. 08.05.2018 г. М.: Роспатент, 2018.

5. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018616289 Программная система развития профессиональных компетенций / А. Р. Фахруллина, Л. Е. Родионова, И. И. Ишбердин. 28.05.2018 г. М.: Роспатент, 2018.

6. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2019611218 Интегрированный модуль программного аналитического комплекса по декартово замкнутой логике / Л. Е. Родионова, В. В. Антонов, Г. Г. Куликов. 23.01.2019 г. М.: Роспатент, 2019.

7. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2019611359 Программный аналитический комплекс с архитектурой декартово замкнутой

логики / Л. Е. Родионова, В. В. Антонов, Г. Г. Куликов, Е. А. Ворощенко. 24.01.2019 г. М.: Роспатент, 2019.

В трудах международных и всероссийских конференций

8. Проектирование программной системы интеллектуального контента с применением объектно-ориентированной методологии / Л. Е. Родионова // Достижения и инновациях в науке и технологиях: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. (даты начала–окончания 2016) / Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2016. С. 24–27.

9. Описание предметной области программной системы для повышения эффективности процессов обработки в компьютерных сетях / Л. Е. Родионова, Г. И. Рахмангулова, Ю. А. Скачкова // сб. статей Междунар. научн.-практ. конф. (даты начала–окончания 2016) / Издательство: ООО «ОМЕГА САЙНС». Новосибирск, 2016. С. 49–51.

10. Л. Е. Родионова Информационные технологии сбора данных в информационных сетях /Л. Е. Родионова, А. М. Мехликова, М. В. Новоселов // сб. статей IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (даты начала–окончания 2016) / Издательство: ФГБОУ ВО «УГАТУ». Уфа, 2016 С. 119-123.

11. Описание предметной области для проектирования программной системы / Л. Е. Родионова // Современные инновации в науке и технике: сб. статей 7-й Всероссийской научн.-техн. конф. с международным участием (даты начала–окончания 2017) / Под общей редакцией А. А. Горохова. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2017. С. 171–174.

12. Г. Г. Куликов Формальное представление модели реализации функций системной инженерии на основе принципа необходимого разнообразия структурных связей с поликубической организацией данных / Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, А. Р. Фахруллина, Л. Е. Родионова // сб. трудов XIX Междунар. конф. комп. наук и информ. техн. (CSIT' 2017). Карлсруэ, Германия, 2017. Уфа: Диалог, 2017. Т. 1. С. 92–96. (Статья на англ. языке).

13. Метод динамического программирования на основе декартово замкнутой категории с классификатором подобъектов // Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, А. Р. Фахруллина, М. А. Шилина, Л. Е. Родионова, Е. Е. Попкова / сб. науч. трудов VI Всероссийской конференции (с приглашением зарубежных ученых) (ITIDS'2018), Уфа: Диалог, 2018. Т. 1. С. 111–115. (Статья на англ. языке).

14. Метод динамического программирования на основе декартово замкнутой логики // Г. Г. Куликов, В. В. Антонов, А. Р. Фахруллина, Л. Е. Родионова / Международный научный журнал Научно-технического союза машиностроения "Industry 4.0" №3, 2018. С. 165-167 (Статья на англ. языке).

Диссертант



Л. Е. Родионова