



Виноградова Мария Валерьевна

**МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ МУЛЬТИАСПЕКТНОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С АЛГОРИТМО-
ОРИЕНТИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ ДАННЫХ**

**Специальность 05. 13. 11 – Математическое и программное
обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных
сетей**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2005

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Черненко В.М.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
старший научный сотрудник
Романов В.П.
кандидат технических наук,
доцент Сазонов Б.А.

Ведущая организация: ОАО Научно-исследовательский институт
систем автоматизации

Защита диссертации состоится "16" февраля 2006 г. на заседании диссертационного совета Д 212.141.10 при Московском государственном техническом университете им Н.Э. Баумана по адресу: 107005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Ваши отзывы в одном экземпляре, заверенном печатью, просим направлять по адресу совета университета.

Автореферат разослан " _ " _____ 200 _ г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
К.Т.Н., доцент



С.Р. Иванов

Сл. кон.

Актуальность диссертационной работы.

В настоящее время существует множество информационных систем организационного управления, используемых в небольших организациях и подразделениях. Несмотря на разнообразие средств реализации и областей применения, эти системы имеют одинаковую архитектуру и множество особенностей, что позволяет выделить их в отдельный класс мультиаспектных информационных систем (МАИС). По мере появления новых функциональных задач и изменений требований к существующим задачам появляется необходимость модернизации и наращивания информационных систем. В данное время модернизация МАИС требует привлечения группы разработчиков: проектировщиков, специалистов по базам данных и программистов. Это приводит к большим трудозатратам на модернизацию и согласование отдельных компонентов системы. Одной из особенностей эксплуатации МАИС является постоянное внесение изменений в ее компоненты. Для повышения эффективности функционирования МАИС необходимо сократить трудозатраты на модернизацию, а также сократить долю участия в ней специалистов-разработчиков.

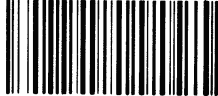
Создание для МАИС готовых решений с настройками под конкретную область применения и под конкретного пользователя, подобных ERP-системам, является неэффективным из-за отсутствия типового набора прикладных задач и больших различий в бизнес-процессах, существующих в организациях. Следовательно, необходима технология разработки, при которой будут снижены трудозатраты на модернизацию и развитие, и при которой модернизация полностью или частично может быть выполнена конечным пользователем без специальной квалификации. Известные методы и средства снижения затрат на разработку и модернизацию информационных систем являются неэффективными из-за особенностей МАИС. Отсутствие теоретического обоснования не позволяет применять конкретные варианты эффективных с точки зрения трудозатрат реализаций МАИС для всего класса систем. Таким образом, разработка методики создания информационных систем указанного класса, включающей в себя теоретические основы, набор формальных моделей и алгоритмов, является актуальной задачей.

Цель диссертационной работы. Целью работы является создание методики проектирования мультиаспектной информационной системы, реализующей возможность быстрой реорганизации/модернизации системы и наращивания ее функциональных возможностей при сокращении трудозатрат на ее разработку и снижении требований к квалификации разработчиков.

Объект исследования: мультиаспектная информационная система.

Предмет исследования: процесс разработки и модернизации информационной системы.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1738162

Виноградова М.В. Методика

МГТУ
ИМ. Н. Э. БАУМАНА
Библиотека

Методы исследований. Результаты диссертационной работы получены на основе использования научных положений системного анализа, теории множеств, теории графов, теории алгоритмов, реляционной алгебры, теории нормализации баз данных, исчисления предикатов, теории формальных языков и процессной теории описания систем.

Научная новизна. В диссертационной работе получены новые научные результаты:

1. Предложен новый подход к построению мультиаспектных информационных систем, основанный на использовании алгоритмо-ориентированных структур данных. Данный подход позволяет сократить затраты на разработку межмодульного интерфейса.
2. Разработаны модели описания задач с помощью графа технологии, схемы данных и спецификации. Исследовано взаимодействие указанных моделей.
3. Разработана формальная модель алгоритмо-ориентированной структуры данных, для которой выполняются свойства единственности пути, включения всех ограничений, а также свойства сохранения функциональных зависимостей, соединения без потерь и соответствия третьей нормальной форме. Доказаны соответствующие леммы.
4. Разработана грамматика для построения спецификации задачи.

Достоверность научных положений диссертационной работы подтверждена корректным применением математического аппарата при построении формальных моделей и методов, доказанными утверждениями и леммами, а также результатами практических экспериментов.

Практическая ценность состоит в разработке:

- 1) инженерной методики проектирования информационной системы;
- 2) алгоритмов создания схемы базы данных и построения спецификации;
- 3) алгоритмического языка составления графа технологии и спецификации задачи;
- 4) алгоритма интерпретатора спецификаций, реализующего выполнение задач информационной системы.

Разработанная методика и инструментальные средства позволяют сократить трудозатраты на создание и модернизацию информационной системы, снижают требования к квалификации разработчиков, дают возможность проводить наращивание и модернизацию системы силами пользователей.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Подход к проектированию, основанный на использовании алгоритмо-ориентированных структур данных.
2. Алгоритм построения структуры данных, обладающей свойствами единственности пути, включения всех ограничений, сохранения функциональных зависимостей, соединения без потерь и соответствия третьей нормальной форме.

3. Алгоритмы интерпретатора, построения графа технологии и спецификации.
4. Алгоритмический язык составления графа технологии и спецификации задачи.
5. Методика проектирования и модификации мультиаспектной информационной системы.

Апробация работы. Содержание отдельных разделов и диссертации в целом было доложено:

- на научных семинарах кафедры систем обработки информации и управления МГТУ им. Н.Э.Баумана;
- на одиннадцатой международной научной конференции по проблемам книговедения Книга и мировая цивилизация (Москва, 20-21 апр. 2004 г.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов и заключения, изложенных на 155 страницах, содержит список литературы из 122 наименований. Работа содержит 27 рисунков и одну таблицу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи научных исследований. Приведено краткое содержание по главам.

В первой главе (Анализ класса мультиаспектных информационных систем) выделен класс мультиаспектных информационных систем, определены его особенности и область применения. По результатам анализа сформулированы требования к архитектуре, процессу разработки, эксплуатации и модернизации мультиаспектной информационной системы.

Мультиаспектная информационная система (МАИС) определяется как объединение аспектов ее пользователей. Аспект определяется как набор функциональных задач, соответствующий служебным обязанностям пользователя. Область применения МАИС – это небольшие организации и подразделения (отдел кадров, деканат, кафедра, учебный отдел, научная лаборатория и прочие подразделения и отделы конструкторских бюро, НИИ, вузов, промышленных предприятий). МАИС является системой организационного управления, в которой используется единая база данных, и с которой работает постоянная группа пользователей. Типовыми задачами, решаемыми МАИС, являются параметрические запросы на извлечение информации из базы данных. Особенности функционирования МАИС являются периодическое появление новых функциональных задач, изменчивость состава и формы представления данных. Особенности МАИС подробно рассмотрены на примере информационной системы кафедры вуза.

Проведен обзор типовых МАИС, в результате которого выявлено отсутствие систем, удовлетворяющих требованиям к эксплуатации и модернизации МАИС. Большинство существующих МАИС состоит из реляционной базы данных и пользовательского интерфейса для работы с ней. При добавлении в МАИС новых прикладных задач необходимо привлечение специалистов в областях баз данных, разработки прикладного уровня и разработки интерфейса. Вариант создания МАИС на основе использования определенной и неизменной структуры бизнес-процессов неэффективен, поскольку МАИС создаются в условиях неполноты исходных данных о структуре данных и функциональных потребностях, и функционируют в условиях постоянной изменчивости последних.

Сравнительный анализ существующих технологий (моделей) разработки информационных систем показал неэффективность их использования для систем данного класса. Каскадная модель создания ИС имеет много недостатков из-за жесткой последовательности этапов и требований к полноте исходных данных для каждого этапа. Инкрементная модель сохраняет ограничения каскадной модели. Недостатками макетирования (прототипирования) являются трудность в разделении макета и готового продукта (ИС), неэффективность разрабатываемых алгоритмов. К недостаткам спиральной модели следует отнести трудность контроля и управления временем разработки, а также повышенные требования к квалификации заказчика (будущего пользователя). К недостаткам компонентно-ориентированной модели относятся дублирование функций в компонентах и существенная взаимосвязь компонентов и интерфейса их взаимодействия. Модель быстрой разработки приложений предназначена для создания ИС, декомпозируемых на модули. Экстремальное программирование эффективно только для создания непрерывно изменяющихся информационных систем. Унифицированный процесс разработки (RUP) требует использования средств автоматизации процесса проектирования, которые на данный момент являются весьма дорогостоящими.

Проведено исследование зависимости трудозатрат на создание и модернизацию информационной системы от параметров системы и процесса ее разработки. Анализ стоимостной модели СОСОМО II, предложенной Бозом, выявил нелинейную зависимость трудозатрат от размера программного продукта. Таким образом, для сокращения трудозатрат необходима декомпозиция системы на простые типовые компоненты. Сравнительный анализ методов декомпозиции на модули (структурный подход) и декомпозиции на объекты (объектно-ориентированный подход) показал неэффективность стандартных методов декомпозиции для данного класса систем, поскольку при сокращении трудозатрат на разработку компонентов значительно увеличиваются трудозатраты на разработку межмодульного интерфейса.

В качестве альтернативы стандартным методам декомпозиции предлагается аспектный подход для создания мультиаспектных информационных систем. При аспектном подходе информационная система разрабатывается по частям. После объединения разработанных частей системы гарантируется полная их согласованность. Под полной согласованностью понимается совпадение описаний структур данных и алгоритмов их обработки для одних и тех же объектов предметной области. Сформулированы требования аспектного подхода к разработке мультиаспектной информационной системы:

- 1) представление МАИС объединением аспектов ее пользователей;
- 2) возможность независимой разработки функциональных задач;
- 3) однозначность составления описаний задач;
- 4) независимость структуры данных и алгоритмов;
- 5) возможность реализации хранилища данных на реляционных СУБД.

На данный момент отсутствует теоретическая база для разработки мультиаспектных информационных систем.

Сформулированы цели диссертационного исследования:

- 1) разработка основных теоретических положений аспектного подхода для создания наращиваемых информационных систем;
- 2) разработка методики создания и модернизации мультиаспектных информационных систем в рамках аспектного подхода;
- 3) исследование эффективности предложенной методики.

Во второй главе (Общие принципы проектирования мультиаспектной информационной системы) проведено исследование требований аспектного подхода и разработаны основные теоретические положения для их выполнения. Для выполнения требования представления МАИС объединением аспектов ее пользователей и требования возможности независимой разработки функциональных задач предложен метод декомпозиции на аспекты и задачи. Аспект - это набор задач, выполняемых конкретным пользователем. Задача - это действие по вводу, выводу или преобразованию данных. Независимым компонентом при проектировании в аспектном подходе является задача. Для выполнения требования возможности реализации хранилища данных на реляционных СУБД структура данных задачи должна быть приводима к реляционной модели представления данных. Поэтому в аспектном подходе исходными данными при построении структуры данных должны быть реквизиты и функциональные зависимости. Из требований однозначности составления описаний задач и независимости структуры данных и алгоритмов следуют требования однозначности построения структур данных и однозначности построения алгоритмов.

Процесс разработки информационной системы обладает свойством однозначности построения структур данных, если при независимой разработке задач информационной системы, реализующих одни и те же

объекты предметной области, будут получены одинаковые описания структур данных для этих задач. Доказана Лемма 1 о том, что для достижения свойства однозначности построения структур данных необходимо и достаточно провести декомпозицию на атомарные реквизиты, указать полное множество функциональных зависимостей, определенных на множестве атомарных реквизитов, и применить однозначное преобразование множеств реквизитов и функциональных зависимостей к множеству структур данных. Атомарный реквизит – это поименованная характеристика объекта предметной области, которая не может быть представлена как композиция каких-либо других характеристик. Перечисленным требованиям удовлетворяет модель представления структуры данных задачи в виде:

$$\langle A, F \rangle \quad (1)$$

где A – множество атрибутов;

F – множество функциональных зависимостей вида $X \rightarrow Y$, $X, Y \subseteq A$.

Разработано графическое представление структуры данных, в котором используются условные обозначения: прямоугольник обозначает атрибут, сплошная линия – функциональную зависимость (стрелка линии направлена от детерминанта). Пунктирная линия обозначает взаимно-однозначную функциональную зависимость между атрибутом, в который входит несколько пунктирных линий, и множеством атрибутов, соединенных с ним этими линиями. С помощью пунктирных линий обозначается возможный составной ключ. Пример графического изображения структуры данных, для которой заданы зависимости $A \rightarrow B$, $F \rightarrow A$, $F \rightarrow C$, $C \rightarrow F$, $DE \rightarrow C$, $C \rightarrow DE$, приведен на рис.1. Для структуры данных введены понятия смежности, достижимости и пути по аналогии с этими понятиями для графов.

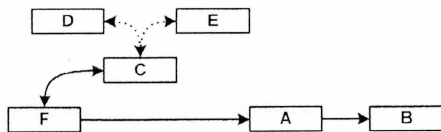


Рис. 1. Пример графического описания структуры данных

Процесс разработки информационной системы обладает свойством однозначности построения алгоритма, если при независимой разработке задач информационной системы будут получены одинаковые описания их алгоритмов при условии совпадения входных и выходных данных. Доказана Лемма 2 о том, что свойство однозначности построения алгоритма будет достигнуто, если:

- 1) выполняется свойство однозначности построения структур данных;
- 2) описание алгоритма составляется как последовательность выполнения операторов, управляемая готовностью данных;
- 3) операторы выделяются на основе алгоритмических зависимостей и обладают функциональной связностью;

- 4) между множеством входных данных и результатом существует единственная последовательность операторов;
- 5) при построении алгоритма учитываются все алгоритмические зависимости между входными, выходными и промежуточными данными.

Для выполнения требований Леммы 2 разработана модель представления алгоритма задачи с помощью графа технологии. Граф технологии – это двудольный ориентированный граф, который задается как:

$$G^T = \langle W, q \rangle \quad (2)$$

где W – множество вершин;

q – множество дуг графа.

Вершинами графа являются функции и данные: $W = V \cup F^T$, где $V = \{v_i\}$ – множество данных (переменных), $F^T = \{f_i^T\}$ – множество функций (операторов). Граф технологии позволяет описывать зависимости между данными вида: $v_i = f_i^T(\{v_j\})$. Дугами графа обозначается использование данных в функциях. Предполагается, что на вход функции поступает множество данных, а с выхода снимается один элемент данных. Предложено графическое представление, в котором используются условные обозначения: круг обозначает вершину данных, прямоугольник – вершину функции, дуга – использование данных в функции. Пример графа, который задает зависимости $v_4 = f_1(v_1, v_2)$ и $v_5 = f_2(v_4, v_3)$, приведен на рис. 2.

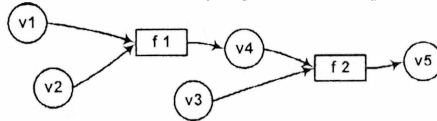


Рис. 2. Пример графа технологии

В работе доказано, что граф технологии позволяет задавать любые алгоритмические зависимости. Для вершин данных графа технологии определены понятия смежности, достижимости и пути. Алгоритм задачи на графе технологии G^T определяется как:

$$A^T = \langle G^T, V^{\text{in}}, v^{\text{out}}, q^A \rangle \quad (3)$$

где $V^{\text{in}} = \{v_i^{\text{in}}\}$ – множество вершин входных данных;

v^{out} – вершина, соответствующая результату задачи;

q^A – множество дуг графа технологии, лежащих на пути от V^{in} до v^{out} .

Рассмотрена взаимосвязь представлений структуры данных и графа технологии. Доказано, что структура данных аспектного подхода (1) может быть однозначно представлена графом технологии (2). Доказано, что граф технологии (2), содержащий только операторы функциональных зависимостей, может быть однозначно представлен структурой данных аспектного подхода (1). В диссертации приведен алгоритм преобразования структуры данных в граф технологии и обратно.

Из леммы 2 следуют требования выполнения свойств включения всех ограничений и единственности пути для графа технологии. Свойство включения всех ограничений означает, что путь на графе технологии должен проходить через множество операторов, реализующих все существующие алгоритмические зависимости между множеством входных вершин и вершиной-результатом. Свойство единственности пути означает, что на графе технологии существует единственный путь от любого множества вершин до любой вершины. Из требования независимости построения структуры данных и алгоритма следует, что все функциональные зависимости между атрибутами должны быть вынесены из описания алгоритма в структуру данных. Алгоритмо-ориентированная структура данных – это структура данных, которая содержит все ограничения на связи атрибутов. Поскольку структура данных является фрагментом графа технологии, то на нее распространяются требования единственности пути и включения всех ограничений.

Для программной реализации задачи необходимо формировать на основе графа технологии спецификацию, которая содержит описание алгоритмических зависимостей между данными. Для разбора спецификации и выполнения ее операторов, управляемых готовностью данных, используется программа – интерпретатор. Для составления спецификации задачи разработана аспектная грамматика G^A , которая задается как:

$$G^A = \langle V^A, N^A, S^A, p^A \rangle \quad (4)$$

где $V^A = H \cup D^C$ - множество терминальных символов, соответствующих множеству операторов H и множеству константных данных D^C ;

N^A - множество нетерминальных символов, соответствующих множеству переменных, которые вычисляются в ходе выполнения алгоритма;

S^A - аксиома грамматики, соответствует результату выполнения задачи;

p^A - набор правил вывода грамматики вида: $S^A \rightarrow \xi, h_i, N_i^A \rightarrow \xi_j h_j$;

$h_i, h_j \in H$ - символы операторов;

$\xi_i, \xi_j \in \{N^A \cup D^C\}^*$ - цепочки символов.

В работе доказано, что между алгоритмом, заданным на графе технологии (3), и спецификацией, построенной на основе аспектной грамматики (4), существует взаимно-однозначное преобразование. Приведены правила выполнения преобразования.

В третьей главе (Теоретические основы построения алгоритмо-ориентированной структуры данных) разработаны принципы построения алгоритмо-ориентированной структуры данных, удовлетворяющей требованиям аспектного подхода, и проведено исследование ее свойств.

При построении алгоритмо-ориентированной структуры данных на основании сведений о понятиях предметной области, их реквизитах и связях выделяют множество атрибутов и множество функциональных зависимостей

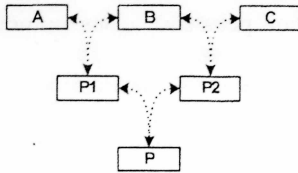
(1). Атрибуты разделяют на реквизитные и ключи понятий. Реквизитный атрибут соответствует атомарному (неделимому) реквизиту понятия, ключ понятия – идентификатору понятия. Определяется вложенность понятий. Вложенное понятие определяется как составной реквизит композиционного понятия. Устанавливается и доказывается взаимно-однозначное соответствие между понятием и детерминантом функциональной зависимости. Для описания связи типа многие-ко-многим используется композиционное понятие, ключом которого является объединение ключей понятий, связь которых оно реализует. Доказывается утверждение о том, что если между вложенными понятиями существует связь типа многие-ко-многим, то понятие, реализующее эту связь, добавляется к множеству вложенных понятий для композиционного понятия, поскольку удовлетворяет условию вложенности.

Свойство единственности пути для алгоритмо-ориентированной структуры данных означает, что между ключом понятия и любым атрибутом этого понятия должен быть единственный путь. Свойство включения всех ограничений означает, что путь от ключа понятия до любого атрибута понятия должен проходить через ключи всех вложенных понятий. Оба свойства будут выполнены, если структура данных представлена в виде дерева, корнем которого является ключ композиционного понятия, промежуточными узлами – возможные ключи вложенных понятий, листьями – реквизитные атрибуты. Для достижения свойства включения всех ограничений достаточно привести структуру данных к третьей нормальной форме. Но в третьей и в четвертой нормальных формах нарушается свойство единственности пути, если вложенные понятия пересекаются по реквизитным атрибутам, входящим в состав возможных ключей вложенных понятий. Поэтому были разработаны теоретические принципы построения структуры данных, отличные от стандартной нормализации.

Доказано утверждение о том, что прямой путь существует только для ключевых атрибутов, а обратный путь существует для всех реквизитных атрибутов понятия. Прямой путь – это путь от реквизитных атрибутов до ключа понятия. Обратный путь – путь от ключа понятия до реквизитных атрибутов. Построение структуры данных состоит из трех этапов. На первом этапе строятся прямой и обратный пути для ключевых атрибутов. Вложенные понятия упорядочиваются в порядке их вложенности, и формируется множество зависимостей M^0 между понятиями смежных уровней. Для разделения прямого и обратного пути добавляется множество зависимостей вида: $P_i^n \rightarrow N_i^m$, где P_i^n - вложенное понятие, N_i^m - вспомогательный атрибут. В результате формируется множество зависимостей: $M = \{M_{ij}\}_{i=2, j=1}^{P_0, N}$, $M_{ij} = \langle Y_j^m, P_j^n \rangle \supset (Y_j^m \rightarrow P_j^n) \wedge (P_j^n \rightarrow Y_j^m)$, где $Y_j^m = \{N_{ijk}\}$: $\exists P_{ijk}^n \rightarrow N_{ijk}^m$, $P_{ijk}^n \in X_q^n$: $[(X_j^n \rightarrow P_j^n) \wedge (P_j^n \rightarrow X_j^n)] \in M^0$. На рис. 3

представлен пример прямого пути для понятия Р (ключ АВС), имеющего вложенные понятия: Р1 (ключ АВ) и Р2 (ключ ВС).

а)



б)

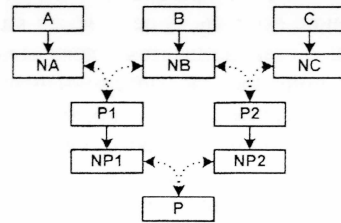
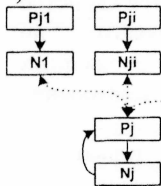


Рис. 3. Пример структуры данных: а) исходная структура, б) прямой путь
Обратный путь до ключевых атрибутов строится по правилам:

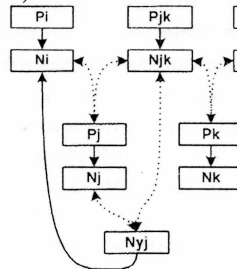
- добавить к М зависимости $(N_j^m \rightarrow P_j^m)$, если $\exists P_j^m \rightarrow N_j^m \wedge \exists M_j = \langle Y_j^m, P_j^m \rangle \wedge \forall N_j^m \in Y_j^m \exists M_k = \langle Y_k^m, P_k^m \rangle : (N_j^m \in Y_k^m) \wedge (P_k^m \neq P_j^m)$;
- добавить к М зависимости $\langle X_j^N, N_{j\gamma} \rangle$ и $N_{j\gamma} \rightarrow N_i$, где $X_j^N = N_j^m \cup \{N_{jk}^m\}$, $N_i^m, N_{jk}^m \in Y_j^m$, если $\exists M_j = \langle Y_j^m, P_j^m \rangle \wedge \exists P_j^m \rightarrow N_j^m \wedge (\forall N_{jk}^m \in Y_k^m \exists M_k = \langle Y_k^m, P_k^m \rangle : P_k^m \neq P_j^m) \wedge (\exists M_l = \langle Y_l^m, P_l^m \rangle : N_i^m \in Y_l^m)$;
- добавить к М зависимости $\langle X_i^N, N_{xi} \rangle$ и $N_{xi} \rightarrow N_i$, где $X_i^N = \{N_{ji}^m\}$, если $|X_i^N| > 1 \wedge \forall N_{ji}^m (\exists P_j^m \rightarrow N_j^m) \wedge (\exists M_j = \langle Y_j^m, P_j^m \rangle : N_i \in Y_j^m)$.

На рис. 4 приведен пример построения обратного пути.

а)



б)



в)

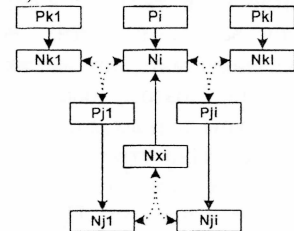


Рис. 4. Пример построения обратного пути

На втором этапе выполняется построение обратного пути до неключевых атрибутов понятия. Для этого вложенные понятия разделяются на уровни вложенности, между которыми определяют зависимости. Добавляются зависимости $P_i^{F(X-1)} \rightarrow N_i^{FX}$, где P_i^{FX} - вложенное понятие уровня X, N_i^{FX} - вспомогательный атрибут. Если ключи вложенного и композиционного понятий не имеют общих атрибутов, то добавляется зависимость $N_i^{FX} \rightarrow P_i^{FX}$, в противном случае добавляется зависимость $(N_i^{FX} \rightarrow N_{ij}^m)$, где $N_{ij}^m : \exists \langle \{N_{ij}^m\}, P_i^{FX} \rangle \wedge (N_{ij}^m \notin Y_{ij} : \langle Y_{ij}, P_i^{F(X-1)} \rangle)$. Атрибуты, не входящие в ключи,

соединяются зависимостями с понятиями максимальной вложенности. На третьем этапе выполняется согласование структур данных. Структуры данных композиционного и вложенного понятий будут различаться, если имеют общие ключевые атрибуты. Для разрешения несоответствия сначала строится структура вложенного понятия, затем композиционного. Прямые пути обоих понятий совпадают. Обратные пути для каждого понятия строятся отдельно. При построении обратного пути композиционного понятия используется правило: добавить к M зависимость $N_j^m \rightarrow N_j^n$, если $\exists P_j^m \rightarrow N_j^m \wedge \exists M_j = \langle Y_j^m, P_j^m \rangle \wedge \forall N_j^n \in Y_j^m \exists M_k = \langle Y_k^n, P_k^n \rangle : (N_j^n \in Y_k^n) \wedge (P_k^n \neq P_j^m)$. Доказана Лемма 3 о том, что в результате построения алгоритмо-ориентированной структуры данных произвольного понятия будет получена структура данных, для которой выполняются требования единственности пути и включения всех ограничений.

Для реализации структуры данных аспектного подхода с помощью реляционной модели представления данных разработан набор типовых схем отношений базы данных. Используются три типа схем отношений. Реквизитные отношения вида: $R_i = \langle r_i^k, r_i^a \rangle$, где r_i^a - реквизитный атрибут (атомарный реквизит), r_i^k - ключ реквизита, $r_i^k \rightarrow r_i^a$. Понятийные отношения вида: $R_j = \langle r_j^{k1}, r_j^{k2} \rangle$, где r_j^{k1} - ключ понятия, r_j^{k2} - атрибут понятия (внешний ключ), $r_j^{k1} \rightarrow r_j^{k2}$. Ключевые отношения вида: $R_k = \langle r_k^k, \{r_k^{ki}\} \rangle$, $k=1..K, ki=1..ki$, где r_k^k - идентификатор ключа, $\{r_k^{ki}\}$ - множество атрибутов ключа (возможный ключ отношения), $r_k^k \rightarrow \{r_k^{ki}\}$ и $\{r_k^{ki}\} \rightarrow r_k^k$. Ключевое отношение, мощность множества атрибутов ключа которого равна единице, определяется как вырожденное. Перечисленные схемы отношений строятся на основе множеств атрибутов и функциональных зависимостей, полученных в результате формирования алгоритмо-ориентированной структуры данных. На основе множеств построенных схем отношений создается схема базы данных, которая может функционировать в реляционной СУБД.

Свойство схемы базы данных соединения без потерь нарушается для описанной структуры данных, если существуют две или более схем отношений, в состав возможного ключа которых входит один и тот же атрибут. Для выполнения свойства соединения без потерь необходимо для общего атрибута A^k добавить множества атрибутов $\{A_i^k\}$ и ключевых (вырожденных) отношений: $\{R_i^k = \langle A^k, A_i^k \rangle\}$. И заменить отношения $R_i = \langle r_i^k, Y_i \rangle$, $A^k \in Y_i$ на отношения $R_j = \langle r_j^k, Y_j \rangle$, где $Y_j = A_i^k \cup Y_i \setminus A^k$.

Доказана Лемма 4 о том, что построенная при аспектном подходе схема базы данных удовлетворяет следующим условиям: каждое ее отношение находится в третьей нормальной форме, для всей схемы выполняются свойства сохранения функциональных зависимостей и соединения без потерь.

В четвертой главе (Методика и алгоритмы построения мультиаспектной информационной системы) разработана методика проектирования на основе теоретических положений, полученных во второй и третьей главах. Методика определяет этапы разработки и алгоритмы выполнения каждого этапа. Согласно методике, в процессе создания информационной системы участвуют три группы специалистов: конечный пользователь, предметник (специалист, обладающий сведениями о понятиях предметной области) и программист. Предметник определяет множества понятий, их реквизитов, ключей и связей, а также множество вычисляемых реквизитов и правила для их вычисления. Конечный пользователь определяет тип задачи, множество входных и выходных данных. Программист реализует библиотеку типовых функций и программу-интерпретатор.

Разработан алгоритм построения структуры базы данных на основе правил, сформулированных в третьей главе. Разработан язык для описания предметником вычисляемых реквизитов понятий. Язык для определения правил вычисления разработан на основе синтаксиса реляционного исчисления, приведенного к форме правил аспектной грамматики (4). Язык предоставляет возможность включать в формулу вычисления операторы условия, логические и арифметические функции, групповые операции (найти среднее, минимальное и т.д.), операции форматирования текста, а также квантор существования.

Разработана методика описания графа технологии для задания алгоритма задачи. Сформирован базовый набор типовых функций графа технологии. Разработаны методики построения графа технологии для решения задач просмотра, удаления, добавления и редактирования реквизитов понятий базы данных. Разработаны правила задания шаблона вывода для отображения результата задачи. Шаблон формируется на основе аспектной грамматики.

Разработана методика построения структуры информационной системы, обладающей свойствами, описанными во второй главе. Для выполнения требования единственности пути граф технологии задачи разбивается на несколько уровней. Каждый уровень задается множеством операторов или множеством данных. Уровни данных и уровни операторов чередуются. Связи существуют только между вершинами смежных уровней. Для мультиаспектной информационной системы выделяются следующие уровни: уровень базы данных, уровень операторов вычислений, уровень вычисляемых данных и уровень интерфейса.

Разработана архитектура МАИС. Информационная система, построенная при помощи аспектного подхода, состоит из единого хранилища данных, множества спецификаций, библиотеки элементарных операторов и программы-интерпретатора. Сформирован базовый набор операторов спецификации, включающий в себя операторы для работы с базой данных, операторы вычисления реквизитов, операторы формирования пользовательского интерфейса и операторы получения данных от

пользователя. Разработаны алгоритмы построения спецификаций задачи и спецификаций базы данных на основе описаний графа технологии и структуры данных.

Разработан алгоритм работы интерпретатора. Интерпретатор получает на вход спецификации задачи и спецификации базы данных, проводит их анализ и разбор, а также выполняет операторы спецификаций. Формат правила спецификации: <переменная> = <список переменных и/или констант> <оператор>. Сначала выполняются правила определения констант. Затем выполняются правила вычислений, в которых содержатся константные переменные, а также определенные ранее переменные. Процесс выполнения правил вычислений и правил баз данных выполняется итерационно до тех пор, пока существуют правила, которые могут быть выполнены. Затем происходит ожидание данных от пользователя. После получения данных выполняется правило, оператор которого связан с полученными данными, и определяется/переопределяется значение переменной – результата. Затем происходит сброс значений переменных, зависящих от переопределенной переменной, и переменных, определяемых правилами базы данных. Выполнение правил спецификации продолжается до тех пор, пока не будет определено значение переменной - аксиомы спецификации.

В пятой главе (Оценка эффективности методики построения мультиаспектной информационной системы) проведен сравнительный анализ мультиаспектной информационной системы, построенной с применением предложенной методики, и традиционной системы АСУ Кафедра, построенной на основе реляционной базы данных. Результаты сравнения этапов разработки показали, что аспектный подход имеет преимущества, поскольку позволяет выполнять автоматически: нормализацию схемы базы данных, построение датологической модели, составление запросов к базе данных, создание пользовательского интерфейса, реализацию алгоритмов задач и компонентов базы данных. При аспектном подходе не потребовалось привлечение проектировщика для разработки алгоритмов и пользовательского интерфейса, а также не понадобился этап отладки запросов к базе данных. Трудозатраты на создание инструментария для аспектного подхода окупаются при создании информационной системы, реализующей более 40 задач конечного пользователя.

Определены типовые задачи модернизации: 1) изменение типа и размера полей реквизитов, 2) изменение набора реквизитов в задаче без появления новых реквизитов в базе данных, 3) изменение набора реквизитов в задаче и появление новых реквизитов в базе данных, 4) изменение шаблонов выходных документов, 5) изменение структуры данных, 6) изменение алгоритмов вычисления, 7) добавление новых функциональных задач. Проведен сравнительный анализ трудозатрат на выполнение типовых задач модернизации для МАИС и традиционной системы. Результаты сравнительного анализа представлены на рис. 5.

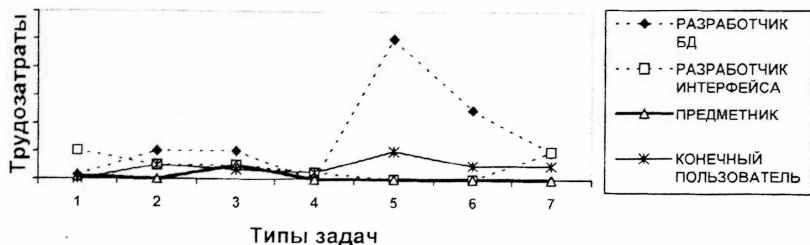


Рис. 5. Трудозатраты на выполнение типовых задач модернизации

При аспектном подходе добавление новых задач выполняет конечный пользователь без привлечения проектировщика базы данных, разработчика интерфейса и программиста. При изменении структуры данных в МАИС нет необходимости изменять существующие запросы к базе данных, изменение спецификаций базы данных выполняется автоматически. На основании количества задач модернизации, выполненных за учебный год, получены следующие данные: трудозатраты на модернизацию сократились на 75%, 87,5% задач модернизации было выполнено конечным пользователем без привлечения разработчиков. Оценка времени выполнения запросов к базе данных при выполнении задач в АСУ Кафедра и МАИС показала, что это величины одного порядка. Полученные результаты позволяют сделать выводы об эффективности использования новой методики для построения мультиаспектных информационных систем.

В заключении сформулированы основные выводы по работе.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Предложен новый подход к построению мультиаспектных информационных систем, основанный на использовании алгоритмо-ориентированной структуры данных. Полученные результаты позволяют сделать заключение, что поставленные задачи решены и цель диссертационного исследования достигнута.

2. На основе анализа особенностей класса МАИС и требований к их разработке и модернизации выявлена неэффективность применения существующих методов для проектирования МАИС. Сформулированы требования к аспектному подходу, позволяющему сократить трудозатраты на разработку и модификацию МАИС.

3. Разработаны основные теоретические положения аспектного подхода. Сформулирован принцип декомпозиции на аспекты и задачи. На основании исследования процесса проектирования информационной системы разработаны принципы однозначного построения описаний задач. Доказаны леммы о свойствах однозначности построения структуры данных и однозначности построения алгоритмов. Выполнение свойств однозначности

позволяет формализовать и автоматизировать процесс проектирования МАИС, а также избежать разработки межмодульного интерфейса при независимой разработке компонентов.

4. Разработаны формальные модели описания структуры данных и графа технологии алгоритма задачи, предложено их схематическое представление. Сформулированы свойства включения всех ограничений и единственности пути для структуры данных и алгоритма задачи, необходимые для выполнения свойств однозначности проектирования. На основании исследования взаимодействия моделей структуры данных и графа технологии разработана алгоритмо-ориентированная структура данных, позволяющая разделить алгоритм выполнения задачи и описание структуры данных для их независимой разработки и модификации.

5. Разработаны теоретические положения для построения алгоритмо-ориентированной структуры данных. Доказана лемма о выполнении свойств включения всех ограничений и единственности пути для построенной структуры данных. Разработан набор типовых схем отношений для преобразования алгоритмо-ориентированной структуры данных в реляционную базу данных. Доказана лемма о выполнении для построенной базы данных свойств сохранения функциональных зависимостей, соединения без потерь и соответствия третьей нормальной форме, что гарантирует целостность данных при функционировании МАИС.

6. Разработана аспектная грамматика и доказано, что с ее помощью можно описать алгоритм, заданный графом технологии задачи. На основе аспектной грамматики разработан язык описания графа технологии, спецификации задачи и правил для определения вычисляемых реквизитов понятий.

7. Разработана методика проектирования мультиаспектной информационной системы. Определены ее этапы, их исполнители и алгоритмы выполнения. Разработан алгоритм построения базы данных МАИС на основе множества понятий, множества реквизитов и множества зависимостей между понятиями. Разработаны алгоритмы построения графа технологии для типовых задач МАИС. Разработан алгоритм построения спецификаций задачи на основе графа технологии и описания структуры данных. Разработан алгоритм интерпретатора для выполнения спецификаций задач при работе информационной системы.

8. Для оценки эффективности предложенной методики выполнен сравнительный анализ трудозатрат на разработку и модификацию МАИС, построенной с применением указанной методики, и информационной системы, построенной с использованием традиционных технологий. Использование новой методики позволило сократить трудозатраты на модернизацию на 75% и снизить требования к квалификации разработчиков (87,5% задач модернизации было выполнено конечным пользователем без привлечения разработчиков).

9. Результаты диссертационной работы использованы на кафедре автоматизированных систем и вычислительной техники Московского Государственного Университета Пищевых Производств при разработке автоматизированной системы комбината хлебопродуктов (АИС КХП) и в ОАО Научно-исследовательском институте систем автоматизации при разработке автоматизированных систем управления специального назначения (АСУ СН). Успешное внедрение подтвердило достоверность полученных теоретических положений.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Виноградов В.И., Виноградова М.В. Система управления учебным процессом // Проблемы построения и эксплуатации систем обработки информации и управления / Под ред. В.М. Черненко (М.). – 2000. – Вып. 2. – С. 57-65.
2. Виноградова М.В. Использование интернет-технологий для автоматизации учебного процесса в очных вузах // Интеллектуальные технологии и системы: Сборник статей аспирантов и студентов. Сост. и ред. Ю.Н. Филиппович (М.). – 2001. – Вып. 3. – С. 159-181.
3. Виноградова М.В. Вопросы проектирования кафедральных информационных систем // Проблемы построения и эксплуатации систем обработки информации и управления / Под ред. В.М. Черненко (М.). – 2002. – Вып. 4. – С. 34-40.
4. Виноградова М.В. Аспектный подход к построению информационных систем для подразделений вуза // Научный вестник МГТУ ГА. Серия Информатика. Прикладная математика (М.). – 2004. – № 77(4). – С. 64-68.
5. Виноградова М.В. Модели описания задач в аспектном подходе построения информационных систем на примере ИС кафедры вуза // Интеллектуальные технологии и системы: Сборник статей аспирантов и студентов. Сост. и ред. Ю.Н. Филиппович (М.). – 2004. – Вып. 6. – С. 76-91.
6. Виноградова М.В. Аспектный подход для построения систем управления электронными публикациями // Книга и мировая цивилизация: Материалы одиннадцатой международной научной конференции по проблемам книговедения; в 4 т. – М., 2004. – Том 1. – С. 352-355.
7. Виноградова М.В. Методика проектирования информационных систем с возможностью наращивания и быстрой модернизации на примере ИС кафедры вуза // Вестник информационных технологий в образовании. Сборник учебно-методических и научных работ (М.). – 2005. – Вып. 1. – С. 100-118.
8. Виноградова М.В. Структура данных аспектного подхода // Научный вестник МГТУ ГА. Серия Информатика. Прикладная математика (М.). – 2005. – № 92(10). – С. 87-94.

У1738162
Виноградова М.В.
Методика создания
мультиаспектной
информационной системы с
алгоритмоориентированной...
2005 0-00

1738162

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока
