

# ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА В КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ ВУЗА

Шахгельдян К.И.

## 1 Введение

Основной задачей информатизации вуза является построение корпоративной информационной среды (КИС). Информационная среда вуза из средства предоставления доступа к информации превратилась в настоящее время в обязательный компонент жизнедеятельности вуза на всех уровнях: управление, исполнение, обучение.

Определение. Определим понятие информационной среды как сложной информационной системы (или совокупности информационных систем), которая является активной проекцией реального мира на область информационных технологий (ИТ), т.е. информационная среда не только отражает, но и влияет на системы реального мира.

Вуз – это инновационная организация, в которой бизнес-процессы изменяются постоянно, в результате чего, программы, автоматизирующие бизнес-процессы, могут устареть еще до момента внедрения. КИС автоматизирует деятельность вуза, и чем больше сфер затрагивает автоматизация, тем сложнее процесс сопровождения и модификации информационных систем (ИС). Поэтому, часто, начиная с некоторого уровня автоматизации бизнес-процессов в вузе, разработчики занимаются в основном сопровождением уже существующих ИС и процесс новых систем в КИС приостанавливается.

Поэтому возникает задача создания методологии проектирования и разработки КИС, обеспечивающей простые способы сопровождения и эксплуатации сложной среды и быструю реакцию КИС на изменения систем реального мира.

Для того чтобы КИС быстро и адекватно реагировала на изменяющиеся бизнес-процессы вуза, чтобы была действительно необходимым инструментом работы сотрудников и обучения студентов, КИС должна быть управляема, настраиваема бизнес-аналитиками, т.е. специалистами предметниками, а не только разработчиками и администраторами. Для этого необходимо, чтобы КИС оперировала терминами предметных областей деятельности вуза (образовательной, научно-исследовательской, административного управления, инновационной и других).

Вторая проблема сопровождения и эксплуатации сложной КИС связана с большим количеством и разнообразием объектов, используемых в КИС: большое число пользователей, данных, ИС, серверов, баз данных, репликаций, коммуникационных устройств, бизнес-процессов и правил и т.п. Стратегия борьбы с проблемой количества и многообразия состоит в обеспечении автоматического выполнения всех процедур, которые могут быть выполнены автоматически.

## **2 Методология проектирования КИС**

Две основные методологии анализа предметной области и проектирования ИС – функционально-структурная и объектно-ориентированная – являются основными методологиями с конца прошлого столетия [1, 2]. В последние годы акцент в проектировании ИС сместился в область проектирования предметной области и бизнес-процессов. В связи с этим большое внимание уделяется подходам, основанным на онтологиях [3, 4]. Использование онтологического моделирования стало популярным в связи с идеей семантического Web, для которого разработан и специальный язык OWL (Ontology Web Language ) [5]. Для графического изображения онтологий используется спецификация IDEF5.

Проектирование ИС начинаются с моделирования предметной области. Согласно онтологическому подходу предметная область, описываемая ИС, рассматривается как совокупность взаимосвязанных понятий, имеющих некоторые атрибуты и свойства.

В представленной работе предлагается применять методологии функционального, онтологического и объектно-ориентированного подхода для проектирования сложной КИС, используя функциональный подход для проектирования бизнес-процессов, онтологический – для описания предметной области, в том числе и бизнес-процессов, объектно-ориентированный - для реализации систем на языках программирования. Результаты онтологического моделирования далее используются как для реализации и сопровождения бизнес-процессов, так и для автоматических процедур, обеспечивающих решения задач эксплуатации и сопровождения сложной КИС.

Первой задачей проектирования от процессов, является определение цели. Цель позволяет сформулировать задачи, которые требуется решить. Для решения задач выделяются бизнес-процессы верхнего уровня. Каждый бизнес-процесс верхнего уровня может быть разделен на более простые процессы.

Задачей проектирования является декомпозиция до бизнес-процессов, деление которых дальше на данном этапе невозможно. Определены критерии дальнейшей декомпозиции бизнес-процесса: наличие нескольких групп пользователей, которым доступны отдельные части процесса, наличие нескольких взаимодействий с пользователем, наличие в процессе частей, не чувствительных к ограничениям процесса. Следующим этапом проектирования является анализ выделенных неделимых бизнес-процессов и их обобщение для создания базовых элементарных бизнес-процессов. В дальнейшем бизнес-процессы могут объединяться, создавая составные

бизнес-процессы. Составные бизнес-процессы включают элементарные бизнес-процессы и другие составные бизнес-процессы.

Для решения своей задачи элементарные бизнес-процессы должны оперировать некоторыми данными предметной области. После выделения элементарных бизнес-процессов, но не ранее, должны быть определены понятия предметной области, которые в них задействованы. Выделение понятий предметной области, описание их, их атрибутов и свойств выполняется на основании определения входов, выходов элементарного бизнес-процесса, а так же использования понятий внутри элементарных бизнес-процессов и использования в условиях, которые определяют параллельные участки работы в составном бизнес-процессе.

### **3 Обобщенный репозиторий метаданных КИС**

Для хранения всех спроектированных процессов и понятий в КИС используется Обобщенный репозиторий метаданных (ОРМД). ОРМД хранит описание всех понятий предметных областей, с которыми имеет дело КИС, включая области деятельности вуза, область управления бизнес-процессами и ИТ-область.

К понятиям предметной области относятся такие понятия, например, как *Сотрудник, Организация, Подразделение, Адрес, Студент, Дисциплина, Телефон, Аудитория, Здание, Пластиковая карта, Договор, Тест, Расписание* и т.п. Эти понятия используются специалистами-предметниками – учебным управлением, деканатами и кафедрами, управлением планирования и бухучета, управлением персоналом и т.д. Понятия области ИТ – это *Сервер, База данных, Пользователь, Проект, Роль, Таблица, Метод, Параметр, Компонент* и т.п. Эти понятия используются ИТ-специалистами. Понятия области управления - *Бизнес-процесс, Событие, Маршрут, Условие* и т.п. используются как специалистами-предметниками, так и ИТ-специалистами.

### 3.1 Классы

Каждому понятию соответствует класс, который имеет свойства. В простейшем случае свойства представлены атрибутами, т.е. свойствами, имеющими некоторый встроенный тип. Между классами поддерживаются произвольные отношения.

Классы имеют проекцию на область базы данных. Проекция – это отношение, которое связывает любые классы и класс *Источник данных*. Отношения *Проекция* в ОРМД описаны между классом – *базовый ко всем классам КИС* и классом *Источник данных*.

При наличии единой базы данных один класс предметной области имеет отношения проекции с одним экземпляром класса источника данных. В КИС вуза база данных часто не единая, могут иметь место многочисленные реплики и использоваться различные базы данных. В этом случае определяются отношения *Проекция* с несколькими источниками данных. Отношения проекции имеют атрибуты, среди которых есть, например, первичность и полнота источника данных. Эти атрибуты участвуют в формировании процедур интеграции данных и приложений.

Атрибуты класса обычно проецируются на переменные примитивных типов данных и хранятся в источнике данных класса, являясь одним из полей соответствующей таблицы (здесь речь идет о реляционных СУБД). Свойства класса могут храниться в источнике данных класса, если отношения между классами, которые описывают эти свойства, представляют собой отношения один к одному. Отношения между классами типа многие ко многим или один ко многим всегда описываются свойством класса и хранятся как класс в ином источнике данных.

В онтологическом подходе отношения всегда бинарные и определены над двумя классами. В КИС имеют место ситуация, когда отношения, являясь бинарными, связывают два класса, но второй класс является одним

из ограниченного множества классов. Для этого в ОРМД введено понятие *условие*.

Пусть экземпляр класса  $A$  имеет некоторые отношения с экземпляром класса из множества  $B = \{B_i, i = \overline{1, N}\}$ , в зависимости от значений одного из атрибутов отношений  $R_{AB} \rightarrow c$ . Эта зависимость выражается условием  $A \Rightarrow \{B_i, R_{AB} \rightarrow c \in d_i, i = \overline{1, N}\}$ , где  $N$  - число классов в  $B$ ,  $d_i$  - домен значений атрибута  $R_{AB} \rightarrow c$ , при котором выбирается  $B_i$  класс. В общем случае условие определяется не одним атрибутом, но ввиду недостаточности места в работе этот вопрос не рассматривается.

КИС, будучи сложной системой, строится на основании концепции интеграции [6], и имеет свойство, согласно которому любая область автоматизации такой КИС имеет непустое множество пересечений по крайней мере с одной из оставшихся областей автоматизации. Если это так, то значит и классы имеют связи не только внутри области, но и между областями. Между любыми двумя классами в интегрированной КИС существуют отношения либо как свойства одного из этих классов, либо через свойства других классов. Если существуют два класса, между которыми нет связи, то либо речь идет не об интегрированной среде, либо такая связь не описана в настоящее время в КИС.

Наличие связей между классами позволяет выполнять поиск, основанный на косвенных связях, но здесь мы сталкиваемся с проблемой неоднозначности выводов.

Пусть определены отношения между классами  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ :  $R_{AB}, R_{AC}, R_{CD}, R_{BD}$ . Если мы захотим найти все объекты экземпляров класса  $A$ , связанного с классом  $D$ , то результат будет не однозначный.

Одно из решений этой неоднозначности состоит во введении новых отношений, которые не только описывают связи между двумя классам, но

и реализуют эти отношения через цепочку связей, т.е. определяются отношения  $R'_{AD}$ , как цепочка, например,  $R'_{AD} = R_{AB} \Rightarrow R_{BD}$ .

В отличие от обычных отношений между классами, для таких отношений не требуется наличие экземпляров класса отношений. Для них достаточно определение цепочки связи и наличие экземпляров соответствующих классов в цепочке.

### **3.2 Атрибуты и свойства**

Свойство может иметь ограничения по допустимости значений. Если свойство имеет ограничения некоторым доменом, то в большинстве случаев мы имеем дело не с атрибутом, а с отношениями. Свойства могут иметь ограничения и по значению, не связанному с доменом, например, по диапазону, или какому-то регулярному выражению.

Атрибутом класса в ОРМД мы предлагаем считать такую характеристику класса, которая либо не имеет допустимых значений (но может иметь ограничения по типу), либо имеет в качестве ограничений домен, который не используется для идентификации экземпляра класса с заданным атрибутом. Такое дополнение требуется в связи с тем, что мы используем онтологический подход для описания метаданных КИС, в которой данные хранятся в базах данных.

Атрибуты классов имеют ограничения на тип. Кроме этого ограничения атрибуты в ОРМД имеют дополнительные ограничения на значения, не связанные с другим классом. Ограничения атрибутов могут быть выражены

1. точным или максимальным размером множества;
2. допустимым множеством или диапазоном значений;
3. регулярным выражением, которое может быть составлено из других атрибутов класса.

Атрибуты могут иметь также значение по умолчанию. Такое значение присваивается атрибуту, если его значение не задано. Значение атрибута по умолчанию может быть константой или регулярным выражением, составленным из атрибутов классов КИС. Значение атрибута по умолчанию используется при организации процедур репликации данных и поддержки качества данных.

В отношении *Проекция* определены соответствия для ограничений

1. ограничение на точную мощность множества = 1 соответствует обязательному присутствию атрибута со значением not null;
2. ограничение на максимальную мощность множества =1 соответствует атрибуту, возможно со значением null;
3. ограничение на точную или максимальную мощность множества > 1 соответствует созданию новой или использованию дополнительной таблицы с полями идентификатор экземпляров класса и значения атрибута;
4. допустимое множество значений для атрибутов, диапазон значений, регулярные выражения транслируются в ограничения на поля таблицы (CHECK).

#### **4 Управление бизнес-процессами**

Целью подхода управления бизнес-процессов на основе онтологий является создание инструмента, который бы позволил бизнес-аналитикам самостоятельно формировать бизнес-процессы, определять порядок и условия следования действий в бизнес-процессе. Рассмотрим классы, обеспечивающие управление бизнес-процессами в КИС.

Элементарные бизнес-процессы реализуют некоторую функциональность с помощью сервисов, веб-приложений, хранимых процедур, методов серверных компонентов, а так же по средством

регулярных выражений или условий, использующих атрибуты классов КИС (рис.1).



Рис.1. Схема связей основных понятий КИС

Пользователи КИС могут формировать составные бизнес-процессы из элементарных и других составных бизнес-процессов. Отношение «включает» означает, что внутри составного бизнес-процесса элементарные и другие составные бизнес-процессы могут выполняться последовательно или параллельно.

Последовательность действий управляется либо последовательной связью между бизнес-процессами, либо блоком условий. Условия могут комбинироваться по «И», «ИЛИ» или «Не». В условиях используются классы КИС и их атрибуты. Собственно условия так же являются классом КИС и именно тем классом, который мы рассматривали выше в

формировании связей между несколькими классами. В условиях атрибуты классов могут быть равными, меньше или больше некоторой величины.

Класс элементарный бизнес-процесс имеет отношения «реализуется» с классом *метод серверной компоненты*. Серверная компонента – это компонента КИС, которая реализует некоторую логику работы, имеет интерфейс (методы), входные и выходные параметры. В серверные компоненты выносятся взаимодействие с базами данных и вычислительные операции. Например, процедура аутентификации и авторизации пользователей КИС выполняется во всех системах КИС. Для реализации этой процедуры используется серверная компонента, имеющая несколько методов, позволяющих выполнять аутентификацию или авторизацию пользователя, получать информацию о пользователях с некоторой ролью и т.п. [6]. Доступ к элементарным бизнес-процессам внутри составного бизнес-процесса определен для ролей пользователей проекта [7].

Класс составной бизнес-процесс имеет отношения «следовать за» с самим собой, что позволяет организовать маршрут процессов, «входить в» с самим собой, что позволяет определять составной бизнес-процесс и отношения «включает» с классом элементарный бизнес-процесс, что позволяет детализировать составной бизнес-процесс до элементарного бизнес-процесса.

Отношения «входить в» имеют атрибутами дату и время начала и окончания процесса, периодичность, способ извещения о невыполнении процесса. Отношения «включает» имеют атрибутом связь с ролью. При связи с ролью существуют ограничения на область видимости, что позволяет пользователям выполнять элементарные бизнес-процессы над некоторым подмножеством данных, доступных в этом процессе.

Когда некоторый бизнес-процесс вуза изменяется должны быть изменены и составные бизнес-процессы. В некоторых случаях требуется

разработка новых элементарных бизнес-процессов. Новые элементарные бизнес-процессы описываются в ОРМД администраторами КИС, в том числе определяются отношения «реализуется» с соответствующими серверными компонентами.

В определенных случаях изменения бизнес-процессов приводит к необходимости вводить новые классы, тогда от администратора КИС требуется их описание в ОРМД с определением всех отношений, в том числе отношений проекция между классами и экземплярами класса источник данных. В отдельных случаях введение новых классов в КИС может быть выполнено и бизнес-аналитиками самостоятельно, отношения проекции при этом определяются автоматически.

Реализация элементарных бизнес-процессов выполняется как разработчиками, так и в отдельных случаях бизнес-аналитиками. Использование бизнес-процессов, создание составных бизнес-процессов, определение условий выполняется бизнес-аналитиками.

## **5 Реализация функционально-онтологического подхода**

В последние несколько лет развитие проектов в КИС Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС) идет по направлению автоматизации бизнес-процессов. Системы управления учебным процессом (планирования учебного процесса, расчет нагрузки, автоматизация организации сессии), система расчета стипендии вуза построены на базе функционально-онтологического подхода с описанием бизнес-процессов, маршрутов, классов предметной области, условий, взаимоотношений между классами. На основании этого же подхода разработано хранилище полнотекстовых учебных, научных и нормативных материалов.

В настоящее время на базе функционально-онтологического подхода ведется разработка систем документооборота, рассылки уведомления

родителям студентов, обеспечения качества данных, обеспечения безопасности КИС посредством автоматического управления серверами КИС и телекоммуникационным оборудованием.

Например, классы компьютеры, серверы, коммуникационное оборудование, виртуальные подсети используются для описания сетевой инфраструктуры и автоматизации обеспечения безопасности. Каждый компьютер имеет отношение «соединен с» с коммуникационным устройством и «входит в» с виртуальными сетями. Отношение «соединен с» является транзитивным и симметричным. Поэтому для составления общей картины взаимодействия компьютеров нет необходимости в полном описании всех связей.

Класс виртуальных подсетей имеет отношение «доступ разрешен» с самим собой. Это позволяет для каждой подсети определить те подсети, доступ к которым разрешен из подсети. Отношения «доступ разрешен» для виртуальных сетей являются симметричными, но не транзитивными. На основании этих данных (описания коммуникационного оборудования и политик доступа виртуальных подсетей) программы управления корпоративной сетью могут настраивать коммуникационное оборудование в соответствии с установленными правилами.

Для предотвращения несанкционированного вторжения в корпоративную сеть снаружи используется межсетевой экран, который может управляться так же средствами автоматической установки прав на основании описания в ОРМД.

Отношения наследования между классами и ограничения на атрибуты используются, например, в процедуре автоматической репликации данных. Так в случае, когда в реплике отсутствует экземпляр класса, с которым это свойство определяет связь, для замены используется значение по умолчанию.

Описание мощности множества позволяет, например, контролировать качество данных, определяя критерии полноты, достоверности, корректности данных используют ограничения на мощность множества.

Опыт разработки и внедрения сложной КИС показал эффективность применения функционально-онтологического подхода, обеспечив эксплуатацию и сопровождение сложной КИС.

## **6 Литература**

- [1] Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. UML. Руководство пользователя. – М: ДМК.- 2000. – 432с.
- [2] Вендеров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: Учебник.- М.: Финансы и статистика.-2000.- 254 с.
- [3] Stojanovic L., Schneider J., Maedche A., Libischer S., Studer R., Lumpp Th., Abecker A., Breiter G., Dinger J.. The role of ontologies in autonomic computing systems//IBM Research Journal. - 2004.-vol.43.- №4.
- [4] Клещев А.С., Шалфеева Е.А. Классификация свойств онтологий. Онтологии и их классификации. Препринт, Владивосток, ИАПУ ДВО РАН, 2005, 19с.
- [5] OWL Web Ontology Language. Overview// <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- [6] Крюков В.В., Шахгельдян К.И. Корпоративная информационная среда вуза: методология, модели, решения. Монография//Дальнаука.- 2007. - 308 с.
- [7] Шахгельдян К.И., Крюков В.В., Гмарь Д.В. Система автоматического управления правами доступа к информационным ресурсам вуза//Информационные технологии. - 2006.- №2.- с.19-29.