

На правах рукописи  
УДК 004.415.2, 004.4'272

**БАЯНДИНА Злата Викторовна**

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ И  
ПОДДЕРЖКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ СО  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ СХЕМАМИ ДАННЫХ**

**05.25.05** – информационные системы и процессы, правовые аспекты  
информатики

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Новосибирск, 2006

Работа выполнена в Новосибирском государственном университете и Институте вычислительных технологий СО РАН.

**Научный руководитель:**

кандидат физико-математических наук  
Кзаков Виталий Геннадьевич

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук  
Жижимов Олег Львович  
  
доктор физико-математических наук  
Вирбицкайте Ирина Бонавентуровна

**Ведущая организация:**

Кемеровский государственный университет

Защита диссертации состоится 28 декабря 2006 г. в 10:30 на заседании диссертационного совета Д003.046.01 в Институте вычислительных технологий СО РАН по адресу: 630090, Новосибирск 90, просп. Ак. Лаврентьева, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в Специализированном читальном зале вычислительной математики и информатики ГПНТБ СО РАН.

Автореферат разослан 24 ноября 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор физико-математических наук, профессор

Л.Б. Чубаров

## Общая характеристика работы

**Актуальность работы.** Использование современных информационных технологий в учебном процессе существенно расширяет возможности традиционных средств обучения: ускоряет подготовку учебных материалов, добавляет интерактивность, мультимедиа возможности, расширяет аудиторию, в том числе позволяет территориальное и временное разделение как авторов, так и обучающихся и т.п. С каждым годом появляется все больше программных средств, позволяющих разрабатывать электронные средства обучения (ЭСО). Эти программные средства унифицируют создание ЭСО таким образом, чтобы автору учебных материалов и обучающимся не требовались бы глубокие навыки в области информационных технологий. Как правило, такая унификация достигается путем выбора жесткой схемы данных ЭСО.

Из-за этого большинство современных сред для создания ЭСО не являются настолько гибкими, чтобы автор ЭСО смог разработать собственную индивидуальную схему данных, удовлетворяющую именно той предметной области, для которой разрабатывается ЭСО (например, схемы данных для учебников по археологии и атомной физике могут существенно отличаться). То есть авторам, как правило, приходится довольствоваться только некоторой ограниченной схемой данных ЭСО, которая не позволяет использовать типы сущностей, специфические для данной предметной области.

Другой проблемой существующих сред создания ЭСО является недостаточная поддержка гипертекстового пространства ЭСО: не каждая среда создания ЭСО позволяет определять гиперсвязи между произвольными типами сущностей и определять представление этой гиперсвязи в зависимости от контекста.

Еще одной необходимой функциональностью сред создания ЭСО является возможность реализовать несколько интерфейсов для существующих в ЭСО данных. Такая функциональность либо отсутствует в существующих средах создания ЭСО, либо является довольно ограниченной, в то время как она позволяет достичь максимального охвата аудитории и предоставить каждому пользователю наиболее предпочтительный вариант использования ЭСО.

Итак, существующие среды создания ЭСО в полной мере не позволяют расширение схемы данных, поддержку работы с гипертекстовым пространством и возможность реализации нескольких интерфейсов, а для реализации ЭСО по узкоспециализированным дисциплинам такие возможности являются необходимыми. Таким образом, актуальной является задача построения специализированных информационных моделей для создания оригинальных ЭСО

с расширяемой схемой данных, развитым гипертекстовым пространством и поддержкой множественных интерфейсов.

**Целью** работы является разработка информационной модели создания и поддержки электронных средств обучения с расширяемой схемой данных, развитым гипертекстовым пространством и поддержкой множественных интерфейсов.

#### **Задачи исследования**

1. Составить перечень типовых информационных объектов и связей между ними в системах для создания и поддержки электронных средств обучения и проанализировать их на предмет расширяемости схемы данных и возможности поддержки развитого гипертекстового пространства и множественных интерфейсов.
2. По результатам анализа информационных объектов и связей между ними построить информационную модель системы создания и поддержки электронных средств обучения.
3. На основании информационной модели с учетом анализа существующих средств разработки ЭСО реализовать программную систему для создания и поддержки электронных средств обучения и провести апробацию в учебном процессе вуза.

#### **Научная новизна**

1. Предложена оригинальная информационная модель, позволяющая проектировать системы для создания и поддержки электронных средств обучения с расширяемой схемой данных, развитым гипертекстовым пространством и множественными интерфейсами.
2. Предложен новый подход, который позволяет строить заранее непредусмотренные интерфейсы учебных материалов для различных категорий пользователей и различных носителей, учитывая различные представления гиперсвязей для каждого из интерфейсов.
3. Реализована система управления специальными базами данных, позволяющая программно управлять схемой данных электронного средства обучения и проводить модификацию данных ЭСО.

#### **Положения, выносимые на защиту**

1. Определен перечень типовых информационных объектов и процессов, а также связей между ними в системах для создания и поддержки электронных средств обучения.
2. Предложена информационная модель системы создания и поддержки электронных средств обучения, поддерживающая расширяемость схемы

данных и множественные интерфейсы и содержащая компоненты для обозначения взаимосвязей между элементами, в том числе гиперсвязей.

3. Выполнена практическая реализация предложенной информационной модели, позволившая разрабатывать электронные средства обучения, удовлетворяющие требованиям по расширяемости схемы данных, работе с гипертекстовым пространством и множественными интерфейсами.

**Практическая ценность.** На основе диссертации разработана система для создания и поддержки ЭСО ЛЕММА 3, использование которой показало эффективность предлагаемого подхода для создания ЭСО, удовлетворяющих выявленным требованиям по расширяемости схемы данных, поддержке гиперсвязей и множественных интерфейсов.

На основе системы ЛЕММА 3 реализован Инструментальный портал для создания и поддержки типовых электронных средств обучения, содержащих сложные структуры данных, например, математические формулы, тесты, библиографические ссылки и т.д. (<http://i-portal.nsu.ru>). В составе Инструментального портала было разработано 11 ЭСО, как гуманитарного, так и естественнонаучного характера.

Данные работы выполнялись в рамках следующих проектов: Министерство образования и науки РФ, межвузовская научно-техническая программа «Создание системы открытого образования», проект 1.2.2.1.(139).143 (2000-2002 г.); Российский фонд фундаментальных исследований, грант №02-07-90301-в (2001-2004 г.); Российский фонд фундаментальных исследований, грант №03-07-06067-мас (2003 г.); программа TACIS-Tempus EC, проект JointLab JEP-24025-2003 “Joint Europe-Siberia Distributed Lab of Scientific Multimedia Resources” (2004-2007 г.).

**Обоснованность и достоверность полученных результатов** подтверждается разработанным программным обеспечением и его апробацией в учебном процессе вуза.

**Апробация работы.** Основные результаты работы и положения диссертации представлялись на следующих конференциях: Международных научно-методических конференциях «Новые информационные технологии в университетском образовании» (Новосибирск, 2000, 2001, 2003; Кемерово, 2002, 2006), Международных студенческих школах-семинарах «Новые информационные технологии» (Украина, Крым, Судак, 2000, 2003), Всероссийских научно-методических конференциях «Телематика» (Санкт-Петербург, 2002, 2003), Всероссийской конференции «Современная образовательная среда» (Москва, 2002), Международных конференциях по электронным публикациям «EL-Pub» (Новосибирск, 2002, 2003), Рабочем совещании с участием иностранных ученых по электронным публикациям «EL-

Pub» (Новосибирск, 2004), конференции “Leipziger Informatik-Tage” (Германия, Лейпциг, 2004), Российской конференции с участием иностранных ученых «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы» (Новосибирск, 2005), Конференции-конкурсе «Технологии Microsoft в теории и практике программирования» (Новосибирск, 2006), на семинарах Центра Новых Информационных Технологий и кафедры общей физики Новосибирского госуниверситета. Работа отмечена грамотами и дипломами: грамотой Благотворительного фонда поддержки науки и образования «Фонда Арменского», дипломом за лучшую научную работу, представленную на XI Международной студенческой школе-семинаре «Новые информационные технологии», дипломом I степени конференции-конкурса «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». Система ЛЕММА 3 экспонировалась на выставке-ярмарке «Современная образовательная среда» (Москва, 2002).

**Публикации.** Основные научные результаты диссертации с необходимой полнотой изложены в 19 печатных работах (объемом 2.9/3.7 печатных листов), куда входят две статьи в журналах, рекомендуемых ВАК для представления основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора или кандидата наук.

**Личный вклад автора.** Основные научные и практические результаты диссертации получены автором диссертации лично. В.Г. Казакову принадлежит приоритет в постановке задачи построения информационной модели для проектирования схемы данных систем предназначенных для создания и поддержки электронных средств обучения. Из печатных работ, опубликованных диссертантом в соавторстве, в диссертацию вошли только те результаты, в получении которых ей было принято непосредственное творческое участие на всех этапах: от постановки задач и проектирования до разработки программного обеспечения.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 159 страниц машинописного текста, включая 19 иллюстраций, 2 таблицы и библиографический список из 82 литературных источников.

## **Содержание работы**

Во **введении** рассматриваются современные подходы и тенденции в области систем для создания и поддержки ЭСО. Обосновывается актуальность исследований построения специализированных информационных моделей для создания оригинальных ЭСО, учитывающих особенности обучения конкретным дисциплинам. Определяется направление исследований настоящей работы и цели,

поставленные перед автором диссертации, и дается краткая аннотация выполненной работы.

**Первая глава** посвящена анализу современных электронных средств обучения: приведены определения, пользовательские требования и классификации существующих ЭСО. В начале главы говорится, что электронные средства обучения являются подмножеством технических средств обучения. Технические средства обучения определяются как системы, комплексы, устройства и аппаратура, применяемые для предъявления и обработки информации в процессе обучения с целью повышения его эффективности (БСЭ). По функциональному назначению технические средства обучения обычно делят на три основных класса: информационные, контролирующие и обучающие. Далее даются ссылки в литературе на другие классификации. В диссертации в основном рассматриваются информационные электронные средства обучения.

Так как современные ЭСО обладают сложной функциональностью и содержат большой объем информации, то имеет смысл разрабатывать их на базе системы управления контентом (Content Management System, CMS), в этих системах уже есть готовые решения для хранения сложных структур данных, ограничения доступа и другие функциональные возможности, необходимые для реализации ЭСО. При этом мы выделяем следующие специфические особенности систем для создания и поддержки ЭСО по сравнению с общим классом CMS-систем:

- Системы для создания и поддержки ЭСО должны учитывать смешанный характер данных: в ЭСО присутствуют как регулярные данные с жесткой структурой (учебные единицы), так и слабоструктурированные данные (например, форматированный текст лекций). Например, поддержка слабоструктурированных данных не нужна для систем, работающих с торговыми заказами, расписаниями авиарейсов, научными данными или биржевыми индексами; а системы, работающие с книгами, резюме, рекламными сообщениями и другими документами с создаваемой вручную структурой, трудно реализовать исключительно на основе системы с жесткой структурой.
- Системы для создания и поддержки ЭСО должны позволять разрабатывать гиперсвязи между элементами ЭСО. Например, такая поддержка может быть не нужна в системах, работающих с научными данными в табличной форме.
- Системы для создания и поддержки ЭСО должны быть просты в использовании и легки для освоения пользователями, не являющимися специалистами в области информационных технологий.

Рассмотрим некоторые информационные объекты и процессы, которые встречаются в большинстве ЭСО, и их взаимосвязи. В ЭСО могут содержаться

главы, лекции, термины. Каждая из этих сущностей обладает своим набором свойств: наименование, текст, изображение и т.п. Между этими сущностями существуют следующие взаимосвязи: главы содержат лекции, лекции ссылаются на термины, термины ссылаются на другие термины. При этом два последних вида связей не являются традиционными типами связей (например, для модели «сущность-связь»), так как это связи не просто между сущностями, а связь от фрагмента текстового атрибута одной сущности к другой сущности. Кроме того, для каждого типа сущностей необходимо реализовать собственные методы: для редактирования данных, разных типов отображения и т.п. Было бы удобно группировать эти методы по назначению, чтобы таким образом назначать права доступа и запрашивать разные виды отчетов.

Мы выяснили, что далеко не каждое ЭСО можно эффективно построить с помощью существующих на рынке систем для создания и поддержки ЭСО, учитывая выявленные информационные процессы и связи между информационными объектами, и считаем, что основными являются следующие три причины:

- **Отсутствие возможности расширения ЭСО новыми типами сущностей.** Например, автору учебника по археологии может потребоваться возможность хранить коллекции археологических экспонатов, карточку музейного объекта для каждого из них, иметь возможность поиска по этой коллекции, чтобы обучающийся получил представление о работе с научными коллекциями и т.п. А автору учебника по физике может потребоваться возможность включения в учебник интерактивных моделей природных явлений.
- **Отсутствие или ограниченная поддержка гиперсвязей между элементами ЭСО.** На наш взгляд, системы для создания и поддержки ЭСО должны поддерживать ассоциативные связи (гиперссылки из лекции в справочную статью, на формулу в предыдущей лекции и т.п.).
- **Невозможность построить несколько интерфейсов ЭСО.** При создании ЭСО бывает необходимо реализовать несколько интерфейсов, чтобы обеспечить большую доступность представленного материала: Интернет-версию, версию на CD-ROM, смешанную версию (основная часть ЭСО предоставляется на CD-ROM, а изменяемая часть доступна по Интернет), оригинал-макет, версию для работы на КПК и т.п.

Был проведен обзор существующих программных продуктов, насколько они удовлетворяют приведенным выше требованиям (расширяемая схема данных, поддержка гиперсвязей и множественных интерфейсов). В обзоре рассматривались следующие программные продукты для создания и поддержки ЭСО: IBM Lotus Learning Management System (версия 1.0.5), Moodle (версия



1.5.3+), ILIAS (версия 3.5.5), HyperMethod (версия 3.5), Blackboard Academic Suite (версия 7) и Macromedia Authorware (версия 7.0.2). В результате обзора было выявлено, что эти программные продукты ориентированы на построение ЭСО с жесткой неизменяемой схемой данных. Некоторые из приводимых требований обычно удовлетворяются в существующих на рынке программных продуктах, предназначенных для создания и поддержки ЭСО. Показано, что среди рассмотренных систем, полностью удовлетворяющих приведенным требованиям, не существует.

Таким образом, выявлен класс учебных материалов, характеризующихся сложной схемой данных, для реализации которых в виде ЭСО не подходят существующие программные продукты для создания и поддержки ЭСО.

Основываясь на проведенном анализе, нами предложены следующие основные требования к информационной модели, позволяющей проектировать ЭСО:

1. модель должна обеспечивать возможность эффективного хранения, редактирования и обработки множества единиц однотипной информации с поддержкой организации отношений между типами сущностей и создания сложных структурированных запросов;
2. модель должна обеспечивать максимальную независимость данных от контекста использования, в том числе данные должны быть полностью отделены от представления;
3. модель должна обеспечивать работу с документарными данными и данными слабоструктурированного характера, например, форматированными текстами;
4. для документарных материалов модель должна обеспечивать организацию связей ассоциативного характера (гиперсвязей), например, от фрагмента текста одного элемента к другому (или даже к фрагменту текста другого элемента);
5. схема данных должна строиться с учетом требований к данному ЭСО и быть доступной для модификации в течение всего жизненного цикла;
6. информация о представлении данных ЭСО должна храниться в схеме данных;
7. модель должна поддерживать множественные интерфейсы.

**Во второй главе** описывается предлагаемая информационная модель (здесь и далее *модель ЛЕММА - ЛЕкционная МультиМедиа Аудитория*), детально описывается ее содержание, выбор основы для реализации и перспективы предлагаемого подхода.

Так как модель сущностей и модель объектов не предоставляют всех необходимых возможностей для моделирования ЭСО по выявленным требованиям, то необходимо предложить информационную модель для построения электронных ресурсов, удовлетворяющих выявленным требованиям. Информационная модель должна обладать следующими свойствами:

- Поддерживать элементы объектного подхода.
- Содержать компоненты для обозначения взаимосвязей между элементами, в том числе гиперсвязей.
- Поддерживать методы для работы с данными, разделенные по группам (интерфейсы).

Предлагается использовать в модели ЛЕММА следующие понятия объектного подхода:

- *Элементы* (=объекты) группируются в *Классы* по обладанию сходными свойствами. Элементы имеют сквозную уникальную идентификацию в системе и содержат информацию, указывающую, реализацией какого Класса они являются. Уникальный идентификатор Элемента и является основным способом указания на него.
- *Атрибуты* – значения, описывающие свойства Элемента. Атрибуты могут содержать бинарные данные или форматированный текст с обозначением гиперсвязей. Типы Атрибутов, определенные в модели ЛЕММА, имеют соответствующее представление базовыми типами, используемых в реляционных БД (см. Табл. 1). Так, в модели ЛЕММА определен тип Атрибута ХМЕМО, который по хранению соответствует базовому типу NTEXT, однако предполагает хранение XML-документа, в котором одно из предопределенных пространств имен (namespace) предназначено для гипертекстовой разметки. В таком Атрибуте может, например, храниться форматированный текст с авторскими гипертекстовыми проводками (то есть в таком тексте автор может делать ссылки на другие объекты ЭСО, вставлять изображения из других объектов ЭСО и т.п., а также проводить разбиение этого текста на логические единицы – страницы). Кроме того, в ХМЕМО-Атрибутах можно хранить данные в стандартных XML-нотациях: MathML, TEI, CML, SVG, и пользоваться преимуществами этих форматов. Другой тип Атрибута (называемый MMEDIA) отвечает за хранение бинарных данных с указанием их Медиатипа (см. далее).

Табл. 1. Представление Атрибутов модели ЛЕММА базовыми типами данных, используемых в классических реляционных БД

Тип данных ЛЕММА	В реляционной модели	Примечания
MMEDIA	BLOB+INTEGER	Отображается в реляционную БД двумя полями BLOB и INTEGER. Поле типа INTEGER хранит ссылку на Медиатип информации, записанной в поле BLOB.
STRING[(n)]	NVARCHAR(n)	n<256, по умолчанию n=255; при n<128 Атрибут может индексироваться
MEMO	NTEXT	
XMEMO	NTEXT	
DATE	DATETIME	
TIME	DATETIME	
INTEGER	INTEGER	Может индексироваться
SMALLINT	SMALLINT	Может индексироваться
FLOAT	REAL	
DOUBLE	FLOAT	

Для обозначения взаимосвязей между Элементами в модели ЛЕММА предлагается использовать следующие понятия:

- *Отношение* – соединение между двумя Классами. Мощность Отношений в модели ЛЕММА не определяется и не контролируется (всегда предполагается «многие-ко-многим», так как остальные мощности («один-к-одному» и «один-ко-многим») являются частными случаями).
- *Связь* – экземпляр Отношения. Примером Связи в ЭСО может быть вхождение некоторой лекции в некоторую главу.
- *Ассоциация* – соединение между Атрибутом некоторого Класса и другим Классом.
- *Гиперсвязь* – экземпляр Ассоциации (соединение между фрагментом текстового Атрибута некоторого Элемента и другим Элементом). Примером Гиперсвязи может быть указание на связь некоторого термина – слова или словосочетания в тексте лекции с Элементом – статьей справочника, поясняющей данный термин.
- Связи и Гиперсвязи могут иметь атрибуты. Примеры таких атрибутов: указание коэффициента сложности для вопроса, входящего в тестовое задание; указание порядкового атрибута связи, определяющего порядок вхождения некоторого Элемента в агрегации к главному Элементу (например, порядковый номер раздела в главе).

Для методов работы с данными в модели ЛЕММА предлагается ввести следующие понятия:

- *Шаблоны* – методы, которые применяются к Элементам Классов или к Классам, порождают документы в одном из текстовых форматов (HTML, XML, TeX и др.), используются для построения интерфейса ЭСО. Основу генерируемого методами документа, как правило, составляют данные того Элемента или Класса, для которого метод вызван. Однако, что очень важно, в такой документ обычно включаются данные и других Элементов, которые связаны с данным Элементом различными связями: структурными, ассоциативными или вычислимыми. Такие включения данных других Элементов часто оформлены в генерируемом документе как гиперссылки, содержащие запросы на генерацию других документов данного ЭСО. Код Шаблонов записан на некотором языке – Языке представлений. Должен быть реализован интерпретатор этого языка (см. далее).
- *Интерфейсы* – группы Шаблонов по их назначению. Предполагается, что каждый конкретный пользовательский интерфейс ЭСО реализуется через некоторое множество Шаблонов для всех Классов модели ЛЕММА, определенных в некотором Интерфейсе.

Кроме того, в модель ЛЕММА предложено ввести некоторые дополнительные понятия, например, *Медиа-типы* – описание бинарных данных, какого рода информация хранится и как ее следует интерпретировать: для Атрибутов типа MMEDIA необходимо указывать, какие именно бинарные данные хранятся, чтобы впоследствии веб-сервер мог переслать правильный content-type (например, image/jpeg и т.п.) вместе с ними, а браузер корректно отобразить их. Для Шаблонов тоже нужна информация, в каком формате окажутся данные после обработки Шаблона (например, text/html или text/xml), эта информация тоже нужна браузеру для корректного отображения данных.

Построенная модель ЛЕММА соответствует выявленным требованиям:

1. **Модель должна обеспечивать возможность эффективного хранения, редактирования и обработки множества единиц однотипной информации с поддержкой организации отношений между типами сущностей и создания сложных структурированных запросов.** Данное требование обеспечивается созданием в модели ЛЕММА следующих понятий: Классов, Элементов, Атрибутов, Отношений, Связей.
2. **Модель должна обеспечивать максимальную независимость данных от контекста использования, в том числе данные должны быть полностью отделены от представления.** Данное требование обеспечивается выделением отдельного понятия модели ЛЕММА – Шаблон. При этом сущности понятия ЛЕММА, предназначенные для хранения данных ЭСО (Элемент, Атрибут),

содержат собственно данные, а не информацию о том, как эти данные должны быть представлены пользователю.

3. **Модель должна обеспечивать работу с документарными данными и данными слабоструктурированного характера, например, форматированными текстами.** Хранение документарных данных и данных слабоструктурированного характера выполняется в Атрибутах типа ХМЕМО.
4. **Для документарных материалов модель должна обеспечивать организацию связей ассоциативного характера (гиперсвязей), например, от фрагмента текста одного элемента к другому (или даже к фрагменту текста другого элемента).** Модель ЛЕММА предоставляет возможность проведения Гиперсвязей из Атрибутов типа ХМЕМО к другим Элементом ЭСО.
5. **Схема данных должна строиться с учетом требований к данному ЭСО и быть доступной для модификации в течение всего жизненного цикла.** Модель ЛЕММА позволяет строить схемы данных ЭСО с достаточно сложной структурой, удовлетворяющей требованиям авторов, при этом не накладывается никаких ограничений на возможность редактирования схемы данных в любое время.
6. **Информация о представлении данных ЭСО должна храниться в схеме данных.** Данное требование обеспечивается с помощью введения следующих понятий модели ЛЕММА: Интерфейсы и Шаблоны. Эти сущности позволяют полностью описывать и хранить в модели ЛЕММА интерфейсы ЭСО и придают необходимую гибкость информационной модели, позволяя динамически изменять способы представления данных ЭСО.
7. **Модель должна поддерживать множественные интерфейсы.** Данное требование обеспечивается с помощью понятия Интерфейс в модели ЛЕММА и возможности реализации нескольких Интерфейсов для одного ЭСО.

Следует отметить некоторые особенности предлагаемой информационной модели:

- Сквозная идентификация Элементов данных позволяет внедрять в Атрибуты ассоциативные связи гипертекстового характера.
- Интеграция в Классе данных с методами их представления позволяет строить гиперпространство системы, как набор документов, порождаемых самими Элементами данных.
- Связи и Гиперсвязи имеют атрибуты, т.е. возможность хранения данных, не принадлежащих собственно ни Элементу-цели, ни Элементу-источнику Связи или Гиперсвязи, а характеризующих именно Связь или Гиперсвязь.

- Возможность разбиения всего пространства методов всех Классов на группы (Интерфейсы) создает основу эффективной работы по построению множественных интерфейсов.

Далее во второй главе выполнено отображение предложенных понятий модели ЛЕММА на реляционную основу. Сначала для всех понятий модели ЛЕММА строится диаграмма сущность-связь (см. Рис. 1).

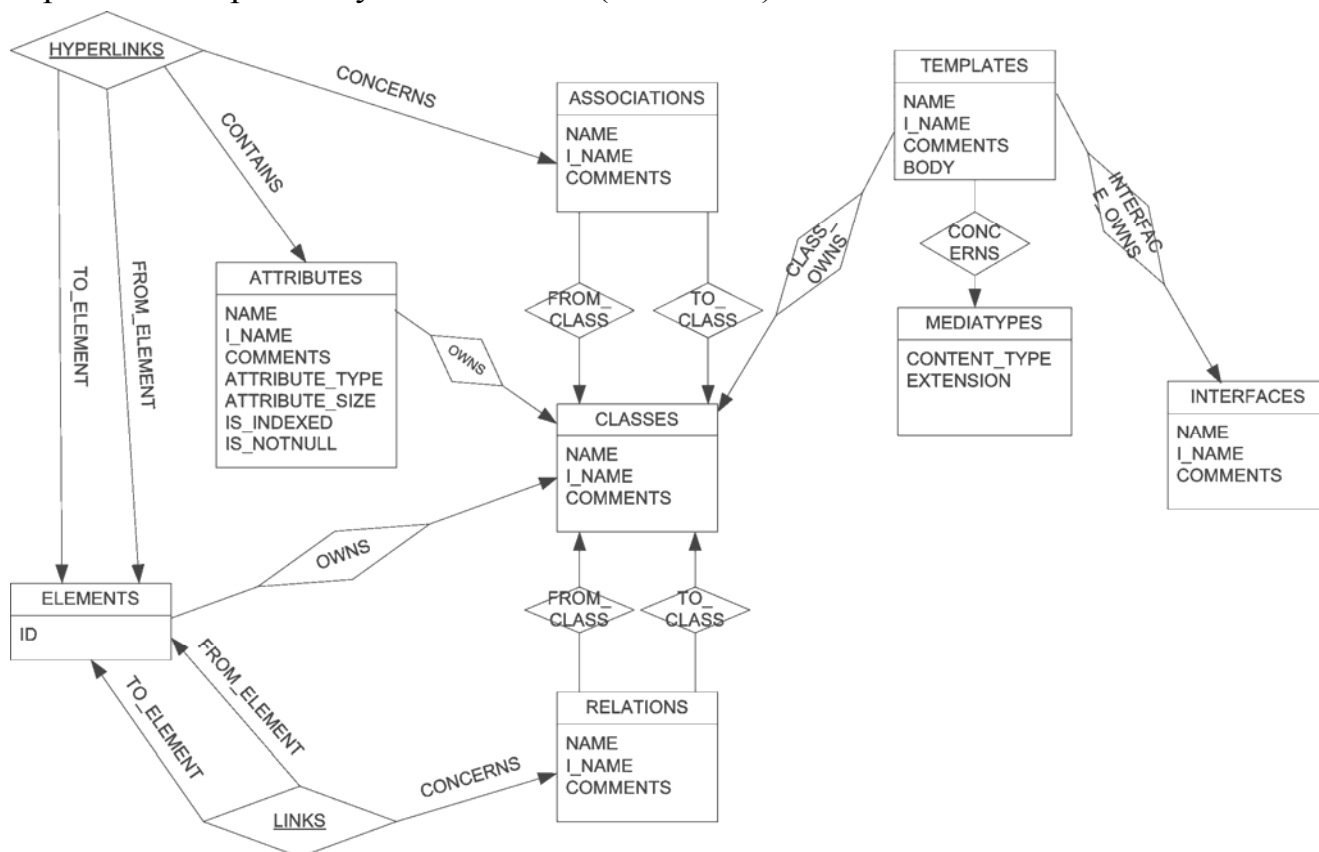


Рис. 1. E/R-диаграмма модели ЛЕММА

По E/R-диаграмме строится реляционная модель, выделяются ключевые атрибуты и выполняется приведение к третьей нормальной форме Бойса-Кодда. Таким образом, предложен способ практической реализации модели ЛЕММА на основе существующих технологий.

Содержанием **третьей главы** является описание реализации предлагаемой информационной модели в системе для создания и поддержки ЭСО. В результате анализа требований и изучения существующих подходов к реализации архитектуры информационных систем предложен подход построения архитектуры систем для создания и поддержки ЭСО, используя трехуровневую архитектуру с доступом к данным через Интернет и административными утилитами в виде обычных Windows-приложений, то есть, используя комбинацию известных подходов. При реализации уровня бизнес-логики системы предложено использовать одну из технологий, обеспечивающих стандартный механизм, с помощью которого одна часть программного обеспечения предоставляет свои сервисы другой. В настоящее время одной из таких технологий является COM-

технология. Следует заметить, что при выбранном подходе обеспечивается масштабируемость на уровне СУБД: в зависимости от сложности решаемых задач и наличия нужных лицензий на СУБД можно выбрать соответствующую реализацию компонентов уровня бизнес-логики системы (интерфейсы этого уровня для клиентских приложений при этом останутся неизменными).

Далее в третьей главе выявлены требования к языку представления данных в системе для создания и поддержки ЭСО (необходимо заметить, что многие из приводимых требований являются достаточно общими и применимы для большинства систем, поддерживающих сложные схемы данных):

- Должны быть реализованы механизмы чтения и заполнения списков переменных и списков cookies, передаваемых с http-запросами и ответами.
- Должны быть реализованы механизмы для передачи нестандартных типов данных (например, Атрибуты типа MMEDIA, XMEMO).
- Должна быть возможность повторного использования кода.
- Должны быть средства управления программным потоком (условные операторы и циклы).
- В Шаблонах должно быть реализовано отделение запросов данных от представления этих данных. Очень распространенным является подход, когда в существующих языках запросы данных являются «вкраплениями» в результирующий документ (например, ASP). Этот подход не дает необходимой гибкости при отображении данных: при запросе данных приходится учитывать, в каком контексте будут использоваться запрошенные данные; если данные требуется использовать дважды, то приходится либо дважды запрашивать данные, либо сохранять полученные данные в специальной переменной.
- Должна быть возможность реализовать WYSIWYG-редактор Шаблонов языка. Такая возможность существует, если Шаблоны имеют регулярную структуру, которую можно описать с помощью какого-либо формального языка (например, DTD или XML-схемы).
- Должна быть возможность реализовать несколько представлений одного запроса данных. Например, более простое в формате HTML 3.2, которое поддерживается большинством старых браузеров; и представление, использующее возможности, доступные только в самых новых версиях браузеров. При этом реализация двух независимых Шаблонов не является решением проблемы, так как запросы данных здесь одинаковые.
- Должно существовать несколько результирующих форматов, которые могут создаваться Шаблонами. Результирующими форматами Шаблонов было бы удобно иметь (кроме HTML): текстовый, XML (для конвертации в другие форматы), и, возможно, TeX или PDF.

В качестве основы языка представлений предлагается использовать расширяемый язык разметки XML (eXtensible Markup Language). Преимуществом XML является наличие готовых интерпретаторов языка и схем данных. Использование интерпретаторов языка от сторонних производителей позволяет существенно уменьшить время разработки языка представлений и сосредоточиться именно на реализации бизнес-логики системы, а не на задачах интерпретации синтаксических конструкций. С помощью схем данных можно обеспечить контроль корректности и целостности Шаблонов.

В предлагаемой информационной модели Шаблоны являются документами на языке XML. Предлагается разделить все Шаблоны на два типа: Шаблоны запросов данных и Шаблоны представления данных.

Шаблоны запросов данных должны быть максимально простыми и могут содержать только конструкции языка, отвечающие за запрос данных, и не должны содержать никаких конструкций для представления данных. Соответственно, эти Шаблоны будут иметь регулярную структуру и могут быть описаны с помощью XML-схемы или DTD. Интерпретатор языка, обрабатывая Шаблон этого типа, будет создавать XML-документ, в котором содержатся все запрашиваемые данные.

К полученному XML-документу должны применяться Шаблоны второго типа, которые будут XSLT-преобразованиями. XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformations) является языком на основе XML, который позволяет трансформировать один класс XML-документов в другой. XSLT-преобразования могут обеспечить всю логику представления данных и управление потоком преобразования (циклы, условные операторы и т.п.) в Шаблонах представления данных. Одному Шаблону запроса данных может соответствовать несколько XSLT-преобразований (каждое может предоставлять результат в своем формате).

Далее показано, что сформулированные выше требования успешно реализуются в предлагаемом проекте языка представлений. Таким образом, предлагаемый проект языка представлений удовлетворяет поставленным требованиям, обладает достаточной гибкостью и позволяет использовать возможности программирования, доступные в XSLT-преобразованиях. Кроме того, он не требует длительного времени для реализации, так как не требуется реализовывать управление потоком вывода (будет использоваться готовое из XSLT).

При создании ЭСО одной из наиболее трудоемких задач является ввод данных учебных материалов. Последующее редактирование и отладка ЭСО делают введенные данные еще более ценным интеллектуальным продуктом. Поэтому необходимо было предложить подход для реализации нескольких интерфейсов



для существующих в ЭСО данных. Тем самым можно минимизировать затраты на подготовку ЭСО: автор учебных материалов введет данные один раз, но при этом сможет получить сразу несколько интерфейсов.

Возможны следующие виды интерфейсов:

- Интернет-версии ЭСО: для высокоскоростных сетей и для сетей с низкой пропускной способностью.
- Статическая версия ЭСО для записи на DVD или CD-носители и последующего тиражирования.
- Оригинал-макет ЭСО для последующей печати бумажной версии ЭСО.
- Версия для использования на КПК.
- Версии, удовлетворяющие различным образовательным стандартам (например, IMS), которые могут использоваться для экспорта данных в другие информационные системы создания и поддержки ЭСО, что может обеспечить совместимость таких систем.

Возможность создания нескольких интерфейсов для одних и тех же данных должна быть предусмотрена при проектировании архитектуры системы создания и поддержки ЭСО. Предлагаемая архитектура системы позволяет создавать различные клиентские приложения, в том числе заранее не предусмотренные в системе. А реализованное требование «информационная модель должна поддерживать множественные интерфейсы» позволяет создавать Интерфейсы разных типов, удовлетворяющие предъявляемым требованиям к каждому отображению данных.

Таким образом, предлагаемая архитектура системы для создания и поддержки ЭСО и возможность разработки множественных интерфейсов позволяют разрабатывать новые заранее не предусмотренные виды интерфейсов (в т.ч. и для уже готовых ЭСО). При этом автор ЭСО может получить несколько интерфейсов ЭСО, введя данные ровно один раз, что сокращает трудозатраты в несколько раз и позволяет всегда иметь данные нескольких Интерфейсов актуальными.

Далее в третьей главе описывается LCMS-система (Learning CMS) ЛЕММА 3 и ее приложения как пример реализации и апробации предлагаемого подхода: описывается архитектура системы и использованные при реализации технологии, описываются конструкции языка представлений в системе, гипертекстовая разметка Атрибутов типа ХМЕМО, подсистема авторизации и системные требования для установки.

Система ЛЕММА 3 предоставляет инструментарий для прикладного программиста, то есть существует возможность реализовать собственное клиентское приложение для существующей информационной модели. При этом от прикладного программиста не требуется глубоких знаний в области баз данных и

т.п., достаточно понимания понятий существующей информационной модели и умения разрабатывать клиентские приложения, используя технологию СОМ. Имеется возможность выбрать язык реализации, отличный от того, который использовался при разработке системы ЛЕММА 3 – можно использовать любой язык программирования и любую среду разработки, поддерживающие технологию СОМ. Таким образом, система ЛЕММА 3 является достаточно гибкой и легко расширяемой.

Примеры возможных применений инструментария прикладного программиста в системе ЛЕММА 3 следующие:

- импорт данных в ЭСО из различных форматов,
- автоматизированная модификация данных при изменениях стандартов, обнаружениях ошибок и т.п.,
- экспорт данных из ЭСО в различные заранее непредусмотренные форматы,
- модификация схемы данных.

**В четвертой главе** описывается Инструментальный портал для создания и поддержки ЭСО – открытая многофункциональная сетевая среда создания ЭСО, доступная широкому кругу разработчиков ЭСО и авторских коллективов. Основным технологическим решением является построение Инструментального портала на основе системы ЛЕММА 3. Единственным ПО клиентской стороны является стандартный веб-браузер.

Разработанная инструментальная среда обеспечивает полный технологический цикл создания ЭСО и его подготовку для различных форм ведения дистанционного учебного процесса, в том числе:

- Выбор и настройку структуры ЭСО на основе типовых блоков.
- Выбор и настройку ряда типовых интерфейсов, обеспечивающих автоматическое получение эргономичного, емкого и индивидуального интерфейса. При этом достигается единство стилевого оформления при включении в систему дополнительных классов объектов.
- Ввод и редактирование данных, включая работу с форматированными текстами, записями математической нотации и другими иррегулярными структурами.

Работа по построению ЭСО может вестись автором и авторским коллективом с любых компьютеров, подключенных к Интернет. При этом остается возможным установка ПО и использование инструментальной среды как в локальной сети, так и на отдельном компьютере разработчика ЭСО. По окончании работ по созданию ЭСО разработчик может использовать его непосредственно в среде Инструментального портала или генерировать необходимые Интерфейсы ЭСО

(Интернет-ресурс, CD-ROM, печатное издание и т.д.) для различных форм организации учебного процесса.

Для регистрации нового ЭСО автору необходимо зайти на главную страницу Инструментального портала и заполнить анкету. В анкете должны быть указаны название и описание будущего ЭСО, информация об авторах ЭСО и контактный e-mail адрес. После рассмотрения заявки автор ЭСО получает электронное письмо с адресом начальной страницы ЭСО, паролем для доступа к редактированию ЭСО, правилами использования Инструментального портала и e-mail адресом специалистов технической поддержки Инструментального портала.

Автор ЭСО вместе с авторским коллективом имеет возможность редактировать данные ЭСО и использовать ЭСО для обучения своих студентов. Администраторы Инструментального портала обеспечивают работоспособность портала и регулярное резервное копирование данных, при сбоях программного или аппаратного обеспечения на серверной стороне в разумные сроки устраняют последствия этих сбоев. Во время создания ЭСО авторскому коллективу будет доступна техническая поддержка со стороны разработчиков Инструментального портала. Далее в главе описана типовая схема данных ЭСО, используемая в Инструментальном портале.

В конце главы перечисляются 11 ЭСО, реализованных в составе Инструментального портала, и приводятся краткие описания двух из них.

В **заключении** приводятся основные результаты, полученные в диссертации, формулируются основные выводы, вытекающие из проведенных исследований, приводится ряд возможных краткосрочных и долгосрочных направлений и целей дальнейших исследований.

## **Основные результаты, полученные в диссертации**

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Составлен перечень типовых информационных объектов, связей между ними и информационных процессов, необходимых для построения систем для создания и поддержки электронных средств обучения с расширяемой схемой данных, развитым гипертекстовым пространством и поддержкой множественных интерфейсов. Сформулированы требования к информационной модели, позволяющей проектировать ЭСО с такими свойствами. Проанализированы известные программные продукты для создания и поддержки ЭСО и показано, что они не подходят для реализации ЭСО с расширяемой схемой данных, развитым гипертекстовым пространством и поддержкой множественных интерфейсов.

2. Предложена и описана новая информационная модель (модель ЛЕММА), удовлетворяющая выявленным требованиям. Выполнено отображение предложенных понятий модели ЛЕММА на реляционную основу, что дает удобный способ реализации на основе существующих технологий.
3. Предложен подход построения архитектуры информационных систем образовательно-научного назначения, особенностью которого является реализация пользовательского доступа к данным через Интернет и административных утилит в виде обычных Windows-приложений. При реализации уровня бизнес-логики системы использована СОМ-технология, которая обеспечивает стандартный механизм, с помощью которого одна часть программного обеспечения предоставляет свои сервисы другой.
4. Построена LCMS система ЛЕММА 3, предназначенная для создания и поддержки ЭСО с использованием предлагаемой информационной модели. Опыт реализации системы позволяет сделать вывод, что предложенный подход – эффективный путь построения указанного класса систем. Создан прототип Инструментального портала с возможностью построения типовых ЭСО. В составе Инструментального портала реализован ряд ЭСО как естественнонаучной, так и гуманитарной направленности.

### **Работы по теме диссертации:**

1. Баяндина З.В., Зыбарев Е.Ю., Казаков В.Г., Урванцев А.Л., Чернев С.П. Построение информационно-образовательной среды ОДО на основе баз данных учебных материалов: подход Новосибирского государственного университета // «Новые информационные технологии в университетском образовании»: Сборник трудов. – Новосибирск: Институт дискретной математики и информатики, 2000. – С. 152-154.
2. Баяндина З.В., Лебедев И.А., Каменский Н.В. Создание CD-ROM в условиях вуза: подход на основе репликации баз данных // «Новые информационные технологии»: Тезисы докладов VIII Международной студенческой школы-семинара. – М.: МГИЭМ, 2000. – С. 79-80.
3. Баяндина З.В., Казаков В.Г., Задорожный А.М. Применение реляционной модели, XML-технологий и «гипертекстовых» полей баз данных в системе разработки и поддержки учебных курсов ЛЕММА 3 // «Новые информационные технологии в университетском образовании»: Тезисы международной научно-методической конференции. – Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщений, Институт дискретной математики и информатики, 2001. – С. 257-258.

4. Баяндина З.В. Разработка HTML– и XML–интерфейсов к базам данных учебных материалов в системе ЛЕММА // «Проблемы перехода классических университетов в систему открытого образования»: Тезисы докладов Интернет-конференции. – М.: Издательский центр МЭСИ, 2001. – С. 36-39.
5. Баяндина З.В., Казаков В.Г., Задорожный А.М. Расширяемая модель данных в системе разработки и поддержки учебных ресурсов ЛЕММА // «Новые информационные технологии в университетском образовании»: Тезисы международной научно-методической конференции. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2002. – С. 181-182.
6. Баяндина З.В., Казаков В.Г. Сценарии использования информационной системы разработки и поддержки учебных ресурсов ЛЕММА // «Телематика-2002»: Труды Всероссийской научно-методической конференции. – СПб., 2002. – С. 222-223.
7. Баяндина З.В., Казаков В.Г., Задорожный А.М. Возможности реализации различных представлений учебных ресурсов в информационной системе ЛЕММА // «Современная образовательная среда»: Тезисы всероссийской конференции. – М.: Всероссийский выставочный центр, 2002. – С. 50-51.
8. Баяндина З.В. Архитектура информационной системы разработки и поддержки образовательных ресурсов ЛЕММА: подход на основе СОМ-технологии // “EL-Pub2002”: Труды VII Междунар. конф. по электронным публикациям. – Новосибирск, 2002. – 2 с. [Электронное издание, № гос. регистр. 0320300063]. Режим доступа: [http://www.ict.nsc.ru/ws/show\\_abstract.dhtml?ru+45+4336](http://www.ict.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+45+4336).
9. Казаков В.Г., Баяндина З.В. Инструментальный портал разработки электронных средств обучения // «Телематика’2003»: Труды X Всероссийской научно-методической конференции. – СПб., 2003. – Т. 1. – С. 197-198.
10. Баяндина З.В., Мозлов Е.В. Архитектура информационной системы разработки образовательных ресурсов ЛЕММА: подход на основе СОМ-технологии // «Новые информационные технологии»: Тезисы докладов XI Международной студенческой школы-семинара. – М.: МГИЭМ, 2003. – Т.2. – С. 500-502.
11. Баяндина З.В. Язык на основе XML для представления данных в информационной системе разработки и поддержки учебных ресурсов ЛЕММА // “EL-Pub2003”: Труды VIII Междунар. конф. по электронным публикациям. – Новосибирск, 2003. – 3 с. [Электронное издание, № гос. регистр. 0320301032]. Режим доступа: [http://www.ict.nsc.ru/ws/list\\_doc.dhtml?ru+76+4338](http://www.ict.nsc.ru/ws/list_doc.dhtml?ru+76+4338).
12. Казаков В.Г., Баяндина З.В. Разработка инструментального портала электронных средств обучения // «Новые информационные технологии в университетском образовании»: Тезисы докладов международной научно-

- методической конференции. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2003. – Т. 1. – С. 51-53.
13. Баяндина З.В. Технология построения и использования электронных ресурсов на основе инструментального портала // “EL-Pub2004”: Тезисы IX Междунар. конф. по электронным публикациям. – Новосибирск, 2004. – 2 с. [Электронное издание]. Режим доступа: [http://www-sbras.nsc.ru/ws/show\\_abstract.dhtml?ru+115+8470](http://www-sbras.nsc.ru/ws/show_abstract.dhtml?ru+115+8470).
14. Баяндина З.В., Задорожный А.М., Казаков В.Г., Каменский Н.В., Лебедев И.А. Организация информации в учебных ресурсах, построенных на базах данных: решение на основе метамодели данных // Вестник НГУ. Серия: информационные технологии. – 2004. – Т.1. – Вып.2. – С. 73-90.
15. Баяндина З.В., Мозлов Е.В. Построение информационных систем образовательно-научного назначения на основе баз данных, опубликованных в Интернет: подход к реализации архитектуры // Вестник НГУ. Серия: информационные технологии. – 2004. Т.1. – Вып.2. – С. 97-106.
16. Баяндина З.В., Казаков В.Г. Построение и использование электронных ресурсов на основе инструментального портала: подход типовых моделей данных // Вычислительные технологии. Специальный выпуск: Труды IX рабочего совещания по электронным публикациям (El-Pub2004). – 2005. – Т.10. – С. 23-28.
17. Баяндина З.В. Технология подготовки и трансляции мультимедиа лекций для eLearning платформ на основе LCMS-систем // «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы»: Тезисы X Российской конференции. – Новосибирск, 2005. – С. 19.
18. Пожидаева Н.П., Баяндина З.В., Казаков В.Г. Инструментальный портал: высокотехнологичное решение для создания современных электронных средств обучения // «Новые информационные технологии в университетском образовании»: Тезисы XI Международной научно-методической конференции. – Кемерово, 2006. – С. 296-298.
19. Баяндина З.В. LCMS-система ЛЕММА для создания и поддержки электронных средств обучения с оригинальной моделью данных // «Технологии Microsoft в теории и практике программирования»: Тезисы III конференции. – Новосибирск, 2006. – С. 74-76.