

**На правах рукописи**

**ЗВЕРЕВА Нина Николаевна**

**УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ  
НА БАЗЕ ФОРМАЛЬНОГО АППАРАТА СЕМИОТИКИ  
И ТЕОРИИ СИСТЕМ**

**05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах**

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

**Уфа – 2013**

Работа выполнена на кафедре экономической информатики ФГБОУ ВПО  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

**Научный руководитель** д-р техн. наук, проф.

**Мартынов Виталий Владимирович**

**Официальные оппоненты** д-р техн. наук, проф.

**Буренин Владимир Алексеевич,**  
проф. кафедры ВТИК ФГБОУ ВПО  
«Уфимский государственный нефтяной  
технический университет»

д-р техн. наук, доц.

**Тархов Сергей Владимирович,**  
проф. кафедры информатики ФГБОУ ВПО  
«Уфимский государственный авиационный  
технический университет»

**Ведущая организация:** ФБГОУ ВПО «Башкирский государственный  
университет»

Защита диссертации состоится «13» декабря 2013 г. в 10 часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке университета

Автореферат разослан «12» ноября 2013 г.

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

В. В. Миронов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы исследования

В принятом в 2013 г. законе «Об образовании в Российской Федерации» определяется понятие и статус электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Очевидно, что их эффективное использование в образовательном процессе невозможно без совершенствования систем компьютерной поддержки процессов управления обучением и контролем знаний.

В настоящее время разработано большое количество средств автоматизации обучения, функциональные возможности которых весьма широки: от систем автоматизированного тестирования знаний до многофункциональных систем управления обучением (LMS-системы). Но стоит отметить и тот факт, что большое число научно-педагогических работников считают неэффективным их применение в учебном процессе по ряду причин, в основном связанных с несовершенством механизмов управления обучением, относительно низкой достоверностью оценок результатов обучения при высокой трудоемкости разработки качественных электронных курсов. Таким образом, для достижения высокого уровня эффективности электронного обучения необходимо совершенствование механизмов управления обучением и контролем знаний в системах электронного обучения (СЭО).

Обучение является сложноформализуемым процессом с множеством влияющих факторов – объективных и субъективных, что позволяет рассматривать его как процесс управления с обратной связью, формирующей управляющие воздействия, в том числе и на основании результатов контроля состояния знаний обучаемого. Получение их достоверных оценок связано с высокой сложностью объекта измерения – приобретаемых знаний, умений, компетенций обучаемых.

Любое измерение основано на сравнении измеряемой величины с эталоном. В СЭО таким эталоном является модель предметных знаний по дисциплине. Для эффективного управления обучением необходим контроль на уровне владения отдельными понятиями и их элементами, понимания сложных семантических связей между ними. При этом важное значение имеет оценка точности полученных результатов. Таким образом, актуальной является проблема получения достоверных результатов тестирования, объективно и с приемлемой погрешностью отражающих учебные достижения обучаемых.

Так же не решены в полной мере вопросы, связанные с технологиями создания учебного контента для СЭО, которые позволяют учитывать семантическую взаимосвязь между отдельными его элементами и контролируемыми в ходе тестирования параметрами. Для этого необходима строгая формализация основных элементов и понятий электронных курсов, наличие объективных контрольно-оценочных систем, программно-инструментальные средства для статистического анализа качества тестов, современные методики шкалирования, оценивания, анализа и интерпретации результатов тестирования.

Необходимость решения этих задач определили актуальность темы диссертационной работы, предопределили её цель и задачи.

**Степень разработанности темы исследования.** В настоящее время проблема управления в системах электронного обучения исследована недостаточно полно и всесторонне. Существующие методы управления в СЭО не учитывают в полной мере сложного характера процессов передачи, восприятия, осмысления учебной информации, их влияния на формирование контента электронных курсов, достоверность результатов контроля знаний.

Теоретическим и практическим вопросам оценивания результатов контроля знаний посвящены работы А. Анастаси, А. Бине, Р. Дюбуа, Д. Доббина, Г. Ченси, Ф. Миллера, Д. Кеттела, Ф. Гальтона, А. Бирнбаума, Р. Линна, Ф. Лорда, Г. Раша и др. В России в этом наиболее известны работы В. С. Аванесова, В. И. Звонникова, Г. С. Ковалевой, А. Н. Майорова, В. И. Нардюжева, А. О. Татура, В. А. Хлебникова, М. Б. Чельшковой, Н. Ф. Ефремовой и др. В развитие вопросов теории и практики разработки систем компьютерной поддержки процессов электронного обучения большой вклад внесли Л. Солдатов, П. Брусилковский, И. П. Норенков, А. П. Карпенко, М. Б. Гузаиров, Н. И. Юсупова, Г. Н. Зверев, С. В. Тархов и др.

**Объектом исследования** являются процессы управления обучением и контролем знаний в системах электронного обучения (СЭО).

**Предметом исследования** являются концепции, модели, методы и алгоритмы процессов управления обучением и контролем знаний в СЭО.

**Целью диссертационного исследования** является повышение качества управления процессами электронного обучения за счет совершенствования концепции управления, моделей представления знаний и разработки методов и алгоритмов оценки точности и достоверности контроля результатов обучения на базе формального аппарата семиотики и теории систем.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать концептуальные модели процессов электронного обучения и контроля знаний, а также базовые семиотические и онтологические модели изучаемой дисциплины, понятийного знания, дозы фактических знаний и умений, приобретаемой обучаемым компетенции, тестов.
2. Разработать метод управления обучением в СЭО, основанный на оценке степени достоверности результатов контроля знаний.
3. Разработать структуру электронных курсов, в которых реализованы механизмы передачи и контроля знаний, основанные на предложенных теоретических моделях и методе.
4. Провести экспериментальные исследования, подтверждающие эффективность предложенных концептуальных моделей, метода и алгоритмов.

### **Научная новизна работы**

1. Предложены концептуальные модели процессов электронного обучения и контроля знаний, базовые семиотические и онтологические модели изучаемой дисциплины, понятийного знания, дозы фактических знаний и умений, компетенции, тестов, отличающиеся от известных тем, что в них использован формальный аппарат семиотики и теории систем, что позволило установить взаимосвязь между

отдельными элементами учебного материала и контролируемые в ходе тестирования параметрами.

2. Разработан метод управления обучением в СЭО, основанный на оценке степени достоверности результатов контроля знаний, новизна которого заключается в сведении шкал оценок к стандартной числовой шкале относительных мер точности/погрешности решения с учетом полноты и непротиворечивости знаний обучаемого, что позволяет формировать рациональное учебное воздействие.

3. Разработана структура электронных курсов, позволяющая осуществлять механизмы передачи и контроля знаний, новизна которой заключается в реализации формальных семиотических моделей элементов и процессов СЭО в онтологической базе знаний.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическую и практическую значимость представляют следующие полученные результаты:

1. Разработанные концептуальные модели процессов электронного обучения и контроля знаний, базовые семиотические и онтологические модели дисциплины, применение которых позволяет обеспечить разработчиков электронных курсов необходимой теоретической базой.

2. Метод управления обучением в СЭО, основанный на оценке степени достоверности результатов контроля знаний, позволяющий формировать рациональное учебное воздействие на обучаемого и реализовывать механизм адаптивного управления процессом обучения в СЭО.

3. Разработанная структура электронных курсов, которая представляет основу для формирования учебного контента в СЭО и позволяет реализовать предложенный метод управления обучением.

Внедрение результатов диссертационной работы в виде электронных курсов, в которых реализованы предложенные теоретические модели и методы, произведено в ряде образовательных учреждений высшего профессионального образования: на кафедре экономической информатики в УГАТУ; на кафедре информатики и информационных технологий в Башкирском ГАУ; на кафедре естественнонаучных дисциплин в Башкирском институте физической культуры.

Практическая значимость результатов подтверждена актами внедрения работы в Уфимском государственном авиационном техническом университете, в Башкирском государственном аграрном университете, в Башкирском институте физической культуры.

**Методы исследования.** При решении поставленных задач в работе использованы элементы теории систем, системного анализа, теории управления, функционального моделирования, семиотического моделирования, теории вероятности и математической статистики, комбинаторики, теории множеств, алгебры логики; методы и средства объектно-ориентированного проектирования, онтологического моделирования.

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

1. Концептуальные модели процессов электронного обучения и контроля знаний, базовые семиотические и онтологические модели изучаемой дисциплины, понятийного знания, дозы фактических знаний и умений, компетенции, тестов.

2. Метод управления обучением в СЭО, основанный на оценке степени достоверности результатов контроля знаний, с учетом их полноты и непротиворечивости, позволяющий формировать рациональное учебное воздействие.

3. Структура электронных курсов, которая позволяет реализовать механизмы передачи и контроля знаний, основанные на предложенных теоретических моделях и методах.

4. Разработанный электронный курс по дисциплине «Проектирование информационных систем», в котором реализованы предложенные теоретические модели, методы и алгоритмы.

5. Результаты проведения экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс.

### **Степень достоверности результатов**

Достоверность и обоснованность научных выводов и практических рекомендаций, полученных в работе, базируется на использовании апробированных теоретических и методологических положений, сформулированных в исследованиях российских и зарубежных ученых.

### **Апробация результатов**

Результаты работы прошли апробацию на следующих научных конференциях: VII международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 2007), всероссийской научно-практической конференции «Информатизация образовательного пространства: опыт, проблемы, перспективы» (Уфа, 2007), III Международной научно-практической конференции «Единое образовательное пространство славянских государств в XXI веке: проблемы и перспективы» (Брянск, 2009), Всероссийской научно-методической конференции «Инновационные технологии в профессиональном образовании» (Назрань, 2010), III Всероссийской межвузовской научной конференции «Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России» (Муром, 2011), III международной заочной научно-практической конференции «Человек: Информация, технология, знак» (Ульяновск, 2011), III Всероссийской научно-методической конференции «Инновационные технологии в профессиональном образовании» (Грозный, 2012), Всероссийской научно-практической конференции «Информатика и компьютерное моделирование» (Уфа, 2012), XIII Международной конференции "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 2013), Международной учебно-

методической конференции «Современное вузовское образование: теория, методология, практика» (Уфа, 2013).

**Публикации.** По результатам выполненных исследований опубликовано 19 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах из списка ВАК РФ.

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объём работы составляет 154 страницы, приложение на 9 страницах, 50 рисунков, 10 таблиц, 144 наименования использованной литературы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, изложена цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость, представлены основные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации работы и публикациях.

**В первой главе** проведен анализ подходов к организации систем электронного обучения и методам управления в них. Проанализированы теоретические методы построения СЭО. Показано, что теоретической базой средств электронного обучения стала теория программированного обучения, предложенная Б. Скиннером и получившая дальнейшее развитие в работах В. П. Беспалько. Процесс обучения рассматривается как процесс управления, в котором объектом управления является обучаемый, а СЭО является системой управления, анализирующей состояние управляемого объекта, влияние внешних факторов, и формирующей управляющие воздействия для достижения поставленных целей обучения. Отмечена взаимосвязь процессов передачи, усвоения учебной информации и контроля результатов обучения.

Отмечено, что одной из наиболее важных компонент СЭО является подсистема хранения учебного контента, которая представляет предметные знания по дисциплине и базируется на тезаурусе – своде основных понятий предметной области с учетом их семантических связей. Проведен анализ различных методов и моделей представления предметных знаний в СЭО: реляционных, продукционных, фреймовых, формально-логических, семиотических, а также семантических сетей и онтологий. Отличительной особенностью семиотических и онтологических методов представления знаний является возможность организации семантических связей между элементами знаний, а также реализации формализованного представления текстов на естественном языке в пригодном для автоматизированной обработки виде. Применение таких моделей при организации учебного контента позволяет управлять стратегией обучения в СЭО, контролировать степень владения обучаемых отдельными понятиями и их элементами, понимание сложных семантических связей между понятиями.

Проанализированы различные подходы к организации контроля результатов обучения в СЭО. Наиболее распространенным средством автоматизированного контроля в обучении является тестирование. Несмотря на большой объем критики в адрес тестов, тестирования, в т. ч. и автоматизированного, альтернатив этой

форме контроля в СЭО на настоящий момент не существует. Следовательно, одной из основных задач в области электронного обучения является разработка теоретических и практических методов, способствующих повысить качество тестов и объективность результатов тестирования.

Повышение объективности результатов тестирования связано с совершенствованием компонент теста: тестовых заданий, моделей тестирования и технологии анализа результатов. Для этого необходимо решение следующих задач: совершенствование форм тестовых заданий, обоснование их применения в соответствии с целями теста; разработка эффективных моделей и алгоритмов тестирования с возможностью их адаптации к любым элементам модели обучаемого; совершенствование методов вычисления и анализа результатов тестирования.

Обоснована необходимость разработки методов повышения точности и объективности тестового контроля в АОС, которые будут учитывать: неточность и неопределенность знаний обучаемого и ситуации тестирования, частично неправильные и неполные ответы, виды ошибок (отсутствие, пробелы в знаниях, либо их искажение). Их реализация невозможна без разработки методов контроля семантического соответствия содержания учебных материалов дисциплины измеряемым в ходе тестирования элементам знаний.

**Вторая глава** посвящена разработке концептуальных моделей процессов обучения и контроля знаний в СЭО.

Проблемным объектом исследования процесса обучения являются приобретенные обучаемым знания, умения и владения по определенной дисциплине. Измеряемое/вычисляемое свойство – это степень соответствия учебных достижений обучаемых эталонной модели учебного курса, требованиям стандартов обучения, или степень их расхождения – отсутствие знаний, либо их ошибочное усвоение. Для управления процессом обучения необходима строгая формализация элементов учебной деятельности и знаний предметной области дисциплины, разработка моделей и алгоритмов контроля результатов обучения.

Для формализованного описания информационных процессов в СЭО разработана концептуальная модель, схема которой представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Концептуальная модель процесса обучения

В генераторе  $G$  на основании учебных материалов по дисциплине, знаний преподавателя формируется очередная доза знаний и умений (ДЗУ)  $u$ , предназначенная для изучения обучаемым. Он воспринимает ДЗУ (сенсорный процесс –  $A$ ) с учетом своих исходных знаний и опыта, формируя его образ  $y$ , отличный от  $u$ .

В результате осмысливания полученной информации (реформный процесс –  $B$ ) происходит ее преобразование в новые знания  $x'$ , возможно неполные и/или искаженные. Целевой оператор  $C$  выделяет в ДЗУ истинные, эталонные знания  $x$ , сравниваемые при текущем контроле с  $x'$ . Адеквататор  $D$  формирует меру расхождения  $\Delta = x - x'$ , которая служит основанием для коррекции процесса обучения фактором  $E$  в канале обратной связи по конкретному ДЗУ, либо по всей дисциплине, используя среднее значение расхождения  $\Delta_s = S\{\Delta\}$ , вычисляемого оператором связывания  $S_u$ .

Концептуальная модель процесса контроля знаний (рисунок 2) в абстрактном представлении совпадает с концептуальной моделью процесса обучения, но имеет иную семантику операторов  $GABCDES_u$  и входных/выходных объектов  $u, x, x', \Delta, \Delta_s$ .

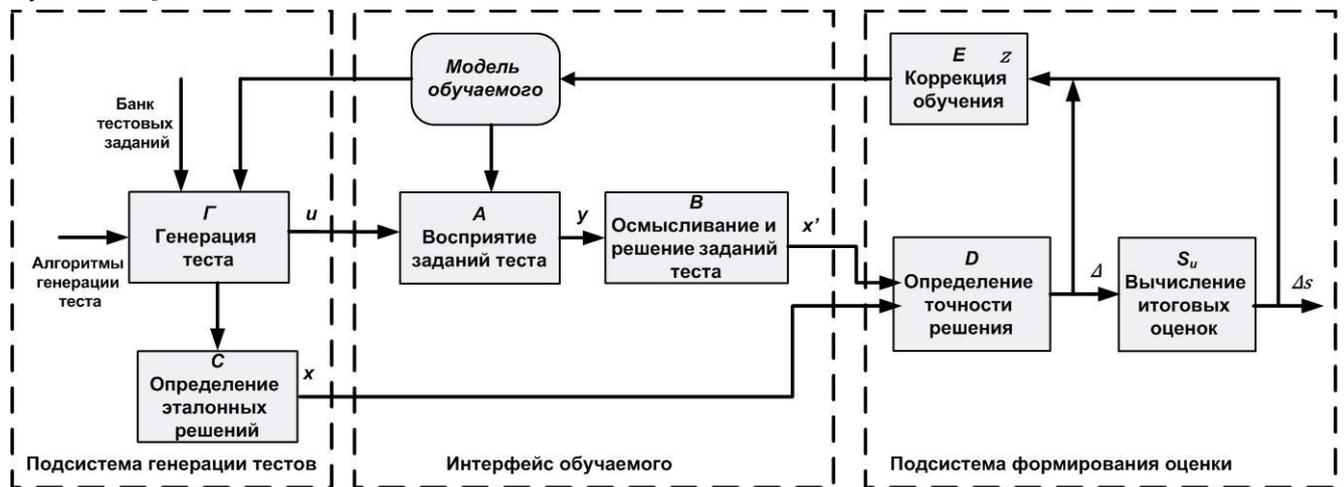


Рисунок 2 – Концептуальная модель процесса контроля знаний

Здесь подсистема генерации тестов включает алгоритмы генерации тестовых заданий, генератор теста  $G$  и банк заданий. Выходами этой подсистемы являются эталонный ответ  $x$  и текст задания  $u$ . Сенсорные и реформные процессы восприятия и осмысливания очередного тестового задания осуществляются в блоках  $A$  и  $B$ . Результатом этих процессов является формирование ответа обучаемого  $x'$ . Роль адеквататора выполняет подсистема формирования оценки, которая сравнивает решение  $x'$  с эталоном  $x$  и определяет степень точности ответа и и оценку. Эти данные необходимы для коррекции модели обучаемого и процесса генерации теста.

Пусть исходная модель знаний обучаемого  $y' = \{D', P', R_d', R_p'\}$ , где  $D'$  – множество ДЗУ, освоенных обучаемым;  $P'$  – множество изученных им понятий;  $R_d'$  – множество семантических связей между различными ДЗУ, сформированных у обучаемого;  $R_p'$  – множество сформированных у обучаемого семантических отношений между понятиями. Цель обучения состоит в переводе обучаемого из состояния  $y'$  в состояние  $y$ , которое характеризуется эталонным набором парамет-

ров:  $y = \{D, P, R_d, R_p\}$ , где  $D$  – множество ДЗУ,  $P$  – множество необходимых для изучения понятий,  $R_d$  – множество семантических связей между различными ДЗУ,  $R_p$  – множество семантических отношений между понятиями.

В СЭО необходимо сгенерировать управляющее воздействие для перевода обучаемого из состояния  $y'$  в состояние  $y$ . В результате этих воздействий переход  $y' \rightarrow y$  не всегда возможен вследствие ряда причин, среди которых важную роль имеют: неточности эталонной модели  $y$ ; погрешности измерения величин  $D', P', R_d', R_p'$ . Предлагаемый в работе метод управления обучением в СЭО основан на снижении влияния этих причин за счет совершенствования модели представления знаний и получения достоверных оценок результатов контроля знаний с учетом их полноты и непротиворечивости. Для реализации метода предложено использовать семиотическое моделирование.

Основным средством организации и структуризации знаний предметной области служат ее понятия, а также базовые классификации понятий – онтологии, тезаурус, глоссарий, семантическая сеть и т.д. В семиотическом базисе понятие представлено метазнаком-понятием  $\Pi$ , который имеет имя (или синонимический ряд имен)  $I$ , дент  $D$ , семиотический адрес  $A$  и конт  $K$ .

С точки зрения семиотического моделирования понятие можно представить логической формулой, в которой его элементы являются предикатами и соединены логическими операциями:  $P(X) \leftarrow \bigwedge_{i=1}^n A_i(z_j^i, x)$ , где  $z_j^i \in A_i$  –  $j$ -е значение признака  $A_i$ , а предикат  $A_i(z_j^i, x)$  является истинным, если признак сущности  $x$  принимает значение  $z_j^i$ . Часто понятия имеют в текстах многозначную семантику и одному имени присваиваются в языковой среде два и более смысловых значений:  $I \rightarrow \{K_1 A_1 D_1, K_2 A_2 D_2, \dots\}$ . Если одно понятие означает разные денты, то его логическая формула принимает вид:  $D(P) = \bigwedge_{i=1}^n e_i$ , где  $e_i$  – сущности, являющиеся дентами понятия  $P$ . В представление контя понятия включается множество всех признаков  $D_1, D_2, \dots, D_n$ , характеризующих его:  $K(P) \leftarrow \bigwedge_{i=1}^n D_i$ .

Семиотическая модель ДЗУ основана на структурно-параметрической модели (рисунок 3). В информационной семантике ДЗУ – это fsr-объект в ролевом базисе, его структура определена в структурном базисе в виде иерархического полюсника, связанного с другими объектами, с внутренними fsr-объектами-полюсниками и внешними узлами и полюсами, описывающими связи с другими ДЗУ. Знания в ДЗУ представлены rs-объектами, умения и владения – в форме fs-объектов.

Для разработки формализованного описания дисциплины в СЭО в качестве входных данных используются требования образовательных стандартов, предметные знания по дисциплине, знания преподавателя. В результате формиру-

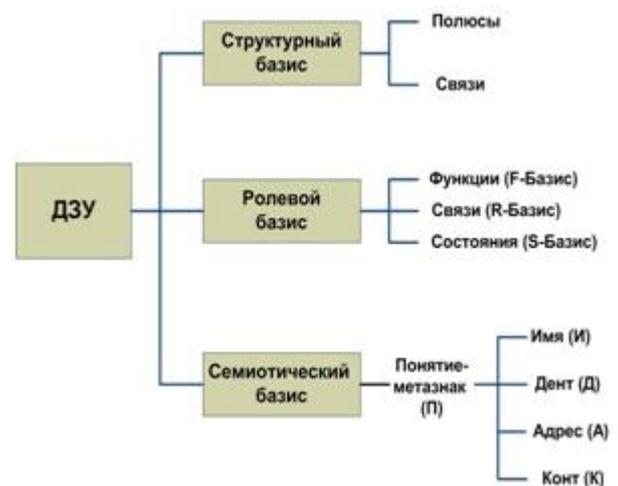


Рисунок 3 – Структурно-параметрическая модель ДЗУ

Результате формиру-

ется структура образовательного контента и технология обучения. В работе предложены типовые формализованные описатели дисциплины и ее элементов (понятий, ДЗУ, тестов, формируемых компетенций).

Базовым элементом учебного контента является тезаурус, структура которого является эталоном предметных знаний и используется для управления процессом обучения. Предложено при составлении семантической модели тезауруса выделить следующие категории понятий: *объект, процесс, событие, свойство, субъект*. Введен общий типовой описатель понятия (элемента тезауруса), на основании которого осуществляется реализация его представления в СЭО.

Далее рассмотрен метод управления обучением в СЭО, основанный на оценке степени достоверности результатов контроля знаний с учетом их полноты и непротиворечивости. Пусть эталонные знания  $x$  и знания обучаемого  $x'$  характеризуются количественными либо качественными признаками. Введем функцию расстояния, которая количественно оценивает меру различия между эталоном и приобретенными знаниями:  $d(x', x) \geq 0$ . Относительная мера неполноты, искаженности знаний  $\delta = d/d_{\max}$  принимает значения из интервала  $0 \leq \delta \leq 1$ . Мера точности, полноты и достоверности приобретенных знаний:  $t = 1 - \delta$  лежит в том же интервале. Единичная шкала  $[0, 1]$  оценок является унифицирующей для всех видов тестов и заданий.

Признаки знания обучаемого  $x'$  оцениваются косвенно процедурами тестирования и их оценка может быть искажена различными влияющими факторами. Пусть  $T = 100 - \Delta$  есть истинные баллы знаний испытуемого, а  $\hat{T} = 100 - \hat{\Delta}$  – их оценка в результате реального тестирования. Уровень ошибок тестирования  $\Delta_T$  в баллах:  $\Delta_T = \hat{\Delta} - \Delta$ . Следовательно, ошибки тестирования могут занижать при  $\Delta_T > 0$ , либо завышать при  $\Delta_T < 0$  итоговую оценку знаний испытуемого:  $\hat{T} = T - \Delta_T$ .

Предложен метод оценки вероятности случайного угадывания правильного ответа для различных типов тестовых заданий и вычисления итоговых оценок теста. Ошибки решений и вероятность случайного выбора правильного ответа в общем случае зависят от четырех параметров:

$N$  – общее число возможных ответов, предложенных в тесте,  $N \geq 2$ ;

$M$  – число правильных ответов в этом множестве,  $0 \leq M \leq N$ ;

$n$  – число ответов, выбранных испытуемым, которые он считает правильными,  $0 \leq n \leq N$ ;

$m$  – число правильных ответов в выборке (подмножестве) испытуемого,  $0 \leq m \leq n$ .

Значения параметров задания  $N$  и  $M$  выбирает разработчик теста, параметры  $n$  и  $m$  определяются при тестировании. Важно различать две ситуации в форме задания и в информированности испытуемого:

– ему известно число  $M$  (для случая заданий типа «один из многих»  $M=1$ );

– значение  $M$  испытуемому заранее неизвестно; известно только, что  $0 \leq M \leq N$ .

Для заданий с выбором единственного правильного варианта ( $M=1$ ) из множества  $N$  вероятность случайного угадывания равна  $P_R = 2^{-N}$ .

Комбинаторная вероятность случайного выбора из множества ответов численностью  $N$  подмножества численностью  $n$ , в котором содержится  $m$  правильных ответов ( $m \leq M$  и неизвестно обучаемому) вычисляется по формуле:

$$P_r = P(N, M, n, m) = \frac{C_M^m * C_{N-M}^{n-m}}{C_N^n}. \quad (1)$$

Если плохо подготовленный обучаемый знает число  $M$ , тогда  $n=m=M$  для правильного ответа и вероятность его угадывания равна:

$$P_r = \frac{C_M^M * C_{N-M}^0}{C_N^M} = \frac{1}{C_N^M} = \frac{M! * (N-M)!}{N!}. \quad (2)$$

Не менее важной для анализа свойств задания и теста в целом является установление обоснованных мер точности и погрешности решений. Предложено использовать следующие типы ошибок: ошибки первого рода  $\Delta_1$  – пропуск цели, обучаемый выбрал не все правильные ответы задания; ошибки второго рода  $\Delta_2$  – ложная цель, обучаемый в качестве правильных выбирает неправильные ответы задания. Ошибка решения:  $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$ . Эта величина есть функция четырёх аргументов:  $\Delta(N, M, n, m)$ . Эти параметры зависимы:  $0 \leq M \leq N$ ,  $0 \leq n \leq N$ ,  $0 \leq m \leq n$ ,  $m \leq M$ , т.е.  $0 \leq m \leq \min(M, n)$ . Ошибка первого рода:  $\Delta_1 = M - m$ ; ошибка второго рода:  $\Delta_2 = n - m$ ; суммарная ошибка:  $\Delta = M + n - 2m$ .

Разложение полной ошибки на две составляющие связано с различными причинами их порождения и разными последствиями этих ошибок, что важно учитывать при диагностике знаний и управлении обучением. Ошибка первого рода в основном отражает неполноту знаний, второго рода – их противоречивость, искаженность.

В числовой шкале оценок точности решений выделяют три особых значения (рисунок 4):



Рисунок 4 – Шкала оценок точности решений

- предельно точное, идеальное решение:  $t=1$ ,  $\Delta=0$ ;
- предельно ошибочное решение,  $t=0$ ,  $\Delta=N$  – возможно случайное, вероятность которого равна вероятности правильного угадывания;
- среднее значение точности  $t_R$ , погрешности  $\Delta_R$  решений при отсутствии знаний и случайном выборе альтернатив; для рассмотренных выше типов заданий значение  $t_R=P_R$ .

Зная величину  $t_R$ , можно скорректировать полученные обучаемыми оценки решения, сохранив наивысшие баллы:

$$t_{CR} = (t - t_R) / (1 - t_R), \text{ при } t > t_R;$$

$$t_{CR} = 0, \text{ при } t \leq t_R.$$

В таблице 1 приведены примеры вычисления оценок для различных типов тестовых заданий.

Таблица 1 Примеры вычисления оценок для различных типов заданий

Тип задания	Параметры задания	Точность решения (t)	Вероятность случайного угадывания (P <sub>r</sub> )	Скорректированная оценка, (t <sub>cr</sub> )
Определение соответствия	N=4, M=4	0.9	0.004	(0.9-0.004)/(1-0.004)=0.899
		0.3	0.004	(0.3-0.004)/(1-0.004)=0.297
Один из многих	N=4, M=1	1	0.25	1
		0	0.25	0

Более объективным описанием информационного процесса тестирования и его результатов служат модели, которые учитывают различия заданий по сложности. В простейших моделях такого типа ошибки или точности решений взвешивают:  $t_w = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * t_i}{\sum_{i=1}^k w_i}$ , где вес  $w_i$  есть функция сложности  $i$ -го задания,  $k$  – число заданий в тесте. Если меру сложности достигнутого результата  $t_i$  обозначить через  $c_i$ , то в простейшем случае вес  $w_i = c_i$ , а вес погрешности  $\delta_i$  можно вычислить по формуле:  $w_i = c_{max} - c_i$ , где  $c_{max}$  – максимальная сложность заданий. Единица измерения сложности произвольная,  $0 \leq c_i \leq c_{max}$ . Средневзвешенная погрешность  $\delta_w = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * \delta_i}{\sum_{i=1}^k w_i}$ , приближенно равна  $\delta_w \approx 1 - t_w$ .

Приведенный метод вычисления оценок решения тестовых заданий позволяет более точно оценить результаты контроля знаний и, следовательно, сформировать эффективное учебное воздействие на обучаемого.

**Третья глава** посвящена вопросам проектирования и реализации типовых модулей СЭО: подсистемы хранения учебного контента и подсистемы контроля знаний, а также анализу результатов их испытания в учебном процессе.

Для моделирования процессов обучения и контроля знаний в СЭО использован язык объектно-ориентированного моделирования UML. По результатам анализа вариантов использования и моделирования процессов организации электронного обучения разработана концептуальная диаграмма классов СЭО, отражающая ее логическую структуру, а также информационная модель СЭО. Предложена структура типовых учебных элементов дисциплины, которые разбиты на четыре категории: теоретическая часть, практикум, контроль и организационно-методические материалы.

Разработаны онтологические модели дисциплины, включающие онтологии трех уровней: уровень общей структуры дисциплины и технологий ее изучения; уровень типовых описателей различных элементов учебного контента; уровень описания знаний предметной области дисциплины. Два первых уровня являются типовыми для всех дисциплин, поэтому при разработке новых электронных курсов требуется наполнение элементов контента только на третьем уровне. В качестве предметной области для реализации онтологических моделей выбрана дисциплина «Проектирование информационных систем». Для разработки онтологических моделей дисциплины использован редактор онтологий Protégé 4.3.

Онтология описания дисциплины составлена в соответствии с предложенным в главе 2 типовым формализованным описателем дисциплины и содержит

следующие базовые классы (концепты), которые отражают общую структуру дисциплины и технологии ее изучения: *Дисциплина, Учебный план, Компетенции, Аудиторные занятия, Внеаудиторная работа, Контроль знаний*.

Каждый базовый класс связан родовидовым отношением *SubClassOf* с подчиненными классами, которые в совокупности образуют таксономическую классификацию элементов описателя дисциплины. Более сложные семантические связи между элементами задаются с помощью определения специфических отношений между классами. Перечень определенных в онтологии семантических отношений приведен в таблице 2. Графическое представление онтологии в виде онтографа представлено на рисунке 5. При создании онтологии типовых элементов контента использованы семиотические модели понятий, изложенные в главе 2.

Таблица 2 Перечень семантических отношений в онтологии описания дисциплины

Обозначение отношения	Описание	Примеры использования
<i>IsPartOf</i>	Отношение «часть-целое» описывает тот факт, что подкласс является частью суперкласса	<i>Тезаурус</i> → <i>Элемент тезауруса</i>
<i>Related</i>	Отношение отражает факт взаимозависимости элементов двух классов	<i>ДЗУ</i> → <i>Компетенция</i>
<i>IsKindOf</i>	Отношение отражает факт наличия родовидовой связи между классами, когда подкласс является разновидностью суперкласса	<i>Итоговый</i> → <i>Контроль</i>
<i>HasProperties</i>	Отношение описывает факт, что один класс является характеристикой (свойством) другого класса	<i>Дисциплина</i> → <i>Название,</i>
<i>ReferenceTo</i>	Отношение отражает тот факт, что элементы одного класса могут ссылаться на элементы другого класса	<i>ДЗУ</i> → <i>Элемент тезауруса</i>

Рассмотрим пример формирования онтологии понятия, относящегося к категории терминов *Объект*, который представлен следующим формальным описанием:

$$O_j = \{D_j, K_j, S_j, Z_j, P_j, U_j\},$$

где  $O_i$  – объект предметной области;

$D_j$  – дескриптор объекта (термин тезауруса, имя объекта);

$K_j$  – множество условных обозначений, связанных с объектом;

$S_j$  – множество понятий, являющихся синонимами для дескриптора объекта (аскрипторы);

$Z_j$  – содержательное описание (определение);

$P_j$  – множество свойств объекта;

$U_j$  – множество отношений, описывающих прагматику объекта (действия и события, проблемные ситуации, связанные с объектом).

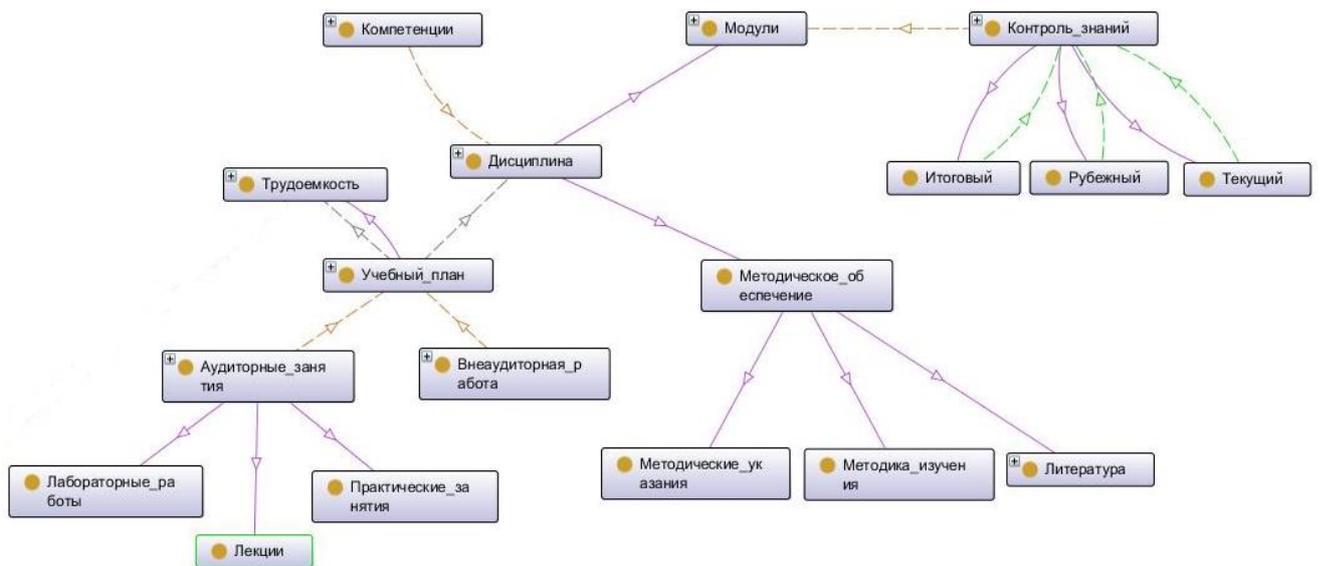


Рисунок 5 – Онтограф описания дисциплины

Для описания семантических особенностей этой категории в онтологии введен ряд новых отношений: *HasSynonimous*, *isResultOf*, *HasState*, *IsSubjectOf*, *IsObjectOf*, *HasDenotation*.

Следующий этап связан с реализацией предложенных моделей и метода в электронном курсе по дисциплине «Проектирование информационных систем». Учебный контент электронного курса реализован с применением онтологических моделей дисциплины; подсистема контроля знаний расширена следующими основными функциями:

- оценка вероятности угадывания правильного ответа для различных типов тестовых заданий;
- вычисление мер точности и классификация ошибок при решении тестовых заданий;
- вычисление итоговой оценки тестирования с учетом этих параметров.

Для реализации этих функций разработаны соответствующие алгоритмы, основанные на методе оценки достоверности результатов тестирования.

Экспериментальные исследования эффективности разработанного электронного курса были проведены в Башкирском ГАУ на факультете информационных технологий и управления. В эксперименте участвовали студенты 3-4 курсов специальности «Прикладная информатика в экономике». В ходе эксперимента им было предложено изучение дисциплины «Проектирование информационных систем» в двух вариантах: с использованием традиционной формы обучения и тестовым контролем в СДО «Прометей»; с использованием разработанного электронного курса. Также был изменен подход к формированию тестовых заданий:

- исключены задания с выбором единственной верной альтернативы из множества;
- количество альтернатив в задании  $N$  увеличено по сравнению с традиционным тестом ( $N \geq 5$ );
- в тексте вопроса не указано явно количество правильных альтернатив;

– включены задания, в которых все указанные альтернативы были правильными (или неправильными).

Оценка эффективности разработки проводилась по двум направлениям:

– эффективность работы преподавателя (время, затраченное на разработку учебного контента; процент студентов, освоивших дисциплину на заданном уровне);

– эффективность работы студента (среднее время изучения модулей дисциплины; оценки по результатам входного, промежуточного и итогового контроля).

Эффективность обучения находится в прямой зависимости от достигнутых обучааемыми результатов: уровня знаний, количества освоенных элементов дисциплины. Сравнительный анализ результатов обучения показал, что использование предложенных в работе моделей, метода и алгоритмов при обучении в СЭО позволило: снизить нагрузку на преподавателя в среднем на 17%; увеличить процент студентов, освоивших дисциплину на необходимом уровне, в среднем на 12%. Анализ результатов итоговых тестов по дисциплине доказал, что предложенные подходы к формированию тестовых заданий и оценке результатов их решения позволяют получить более достоверные оценки знаний обучаемого, что способствует повышению эффективности управления процессом обучения в СЭО.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ**

1. Предложены концептуальные модели процессов обучения и контроля знаний, отличающиеся от известных тем, что в них использован формальный аппарат системологии и семиотики. Применение этих моделей позволяет формализовать сложные процессы обучения для их реализации в СЭО. Разработаны формализованные описания основных элементов и процессов электронного обучения, отличительной особенностью которых является применение методов онтологического моделирования. Это позволяет унифицировать формы представления знаний при создании электронных курсов, осуществлять контроль семантического соответствия элементов учебных материалов измеряемым при тестировании элементам знаний, умений и навыков.

2. Разработан метод управления обучением в СЭО, основанный на контроле семантического соответствия модели знаний обучаемого эталонной модели дисциплины, и оценке достоверности результатов контроля для различных типов тестовых заданий и теста в целом, новизна которых заключается в учете различных типов погрешностей измерения, сведении шкал оценок к стандартной числовой шкале в интервале  $[0,1]$ . Применение данного метода в управлении электронным обучением позволяет повысить его эффективность за счет формирования более гибких управляющих воздействий.

3. Разработана структура электронных курсов, в которой реализованы механизмы передачи и контроля знаний, основанные на предложенных теоретических моделях и методе. Разработаны алгоритмы вычисления точности и достоверности решения для тестовых заданий различных типов. Разработан электронный курс по дисциплине «Проектирование информационных систем» на базе LMS Moodle, но-

визна которого заключается в использовании предложенных моделей, метода и алгоритмов.

4. Выполнено исследование эффективности разработанного электронного курса, построенного на основе предложенных моделей, методов и алгоритмов, при изучении дисциплины «Проектирование информационных систем» студентами 3 и 4 курсов факультета информационных технологий и управления БГАУ. Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

### *В рецензируемых журналах из списка ВАК*

1. К проблеме объективации педагогической диагностики и тестирования / Г. Н. Зверев, Н. Н. Зверева // Открытое образование: науч.-практ. журнал. 2012. № 5 (94). С. 83–93.

2. К проблеме автоматизированного проектирования и генерации тестов нового поколения / Г. Н. Зверев, Н. Н. Зверева, А. С. Беляева // История и педагогика естествознания: науч.-практ. журнал. 2012. № 3. С. 29–33.

3. Семиотические модели и автоматизация конструирования педагогических тестов / Г. Н. Зверев, Н. Н. Зверева // Открытое образование: науч.-практ. журнал. 2013. № 2 (96). С. 62–72.

### *В других изданиях*

4. СУБД Access: электронный учебник [Электронный ресурс] / Н. Н. Зверева. Подгот. по сидетельству об отраслевой регистрации разработки № 2365 от 27.03.2003. (аннотация в журнале «Компьютерные учебные программы и инновации»). 2003. №6. С.25.

5. Иерархическая модель автоматизированной обучающей системы / Н. Н. Зверева // Актуальные проблемы информатики и информационных технологий: матер. II международной науч.-практ. конф. Тамбов, 8–9 сентября 2005 г. Тамбов: ТГУ им. Г. Р. Державина, 2005. С. 158–159.

6. Особенности представления нечетких и неопределенных знаний в базах знаний экспертных систем / Н. Н. Зверева // Повышение эффективности и устойчивости развития агропромышленного комплекса: матер. всеросс. науч.-практ. конф. Уфа, 3–4 марта 2006 г. Уфа: БГАУ. 2005, С. 259–261.

7. Особенности автоматизированного контроля знаний студентов аграрного вуза / Н. Н. Зверева, Е. И. Филосова // Перспективы агропромышленного производства регионов России в условиях реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК»: матер. всеросс. науч.-практ. конф. Уфа, 3–4 марта 2006. Уфа: БГАУ, 2006. С.183–185.

8. Моделирование предметной области для автоматизированной обучающей системы / Н. Н. Зверева // Информатизация образовательного пространства: опыт, проблемы, перспективы: матер. всеросс. науч.-практ. конф. Уфа, 3 октября 2007 г. Уфа: БГПУ, 2007. Т. 1, С.22–25.

9. Структура автоматизированной обучающей системы с адаптивным контролем знаний / Н. Н. Зверева // Информатика: проблемы, методология, техноло-

гии: материалы международной науч.-метод. конф. Воронеж, 8–9 февраля 2007 г. Воронеж, 2007. С. 257–260.

10. Иерархическая модель учебного курса для автоматизированной обучающей системы / Н. Н. Зверева // Единое образовательное пространство славянских государств в XXI веке: проблемы и перспективы: матер. III междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 8–9 апреля 2010. Брянск, 2010. Т. 2. С.109–112.

11. Применение частотной логики в моделях тестирования знаний / Н. Н. Зверева // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. Одесса, 20–27 декабря 2010 г. Одесса: Черноморье, 2010. Т. 3. С.60–64.

12. Применение активных методов обучения для формирования профессиональных компетенций / Н. Н. Зверева // Инновационные технологии в профессиональном образовании: матер. II всеросс. науч.-метод. конф. 20-21 мая 2010 г. Назрань, 2010. С. 219–222.

13. Семиотическое моделирование педагогических процессов / Г. Н. Зверев, Н. Н. Зверева // Человек: информация, технология, знак: матер. III междунар. науч.-практ. конф. Ульяновск, 15 декабря 2010. г. Ульяновск: УлГТУ, 2011. Т. 1. С. 130–134.

14. Оценивание результатов тестирования с учетом неполноты и неточности знаний / Н. Н. Зверева // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России: сб. тез. докл. III всерос. межвузовской науч. конф. Муром, 4 февраля 2011 г. Муром: МИВлГУ, 2011. С. 330–332.

15. Модели знаний в автоматизированной обучающей системе и их взаимодействие / Н. Н. Зверева // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России: сб. докл. III всеросс. межвузовской науч. конф. Муром, 4 февраля 2011 г. Муром: МИВлГУ, 2011. С. 332–334.

16. Моделирование контента электронного образовательного ресурса на основе онтологии / Н. Н. Зверева // Прикладная информатика и компьютерное моделирование: сб. тез. докл. всеросс. науч.-практич. конф. Уфа, 25–28 мая 2012 г. Уфа: БГПУ, 2012. Т. 3. С. 60–64.

17. Проектирование структуры учебного материала электронных образовательных ресурсов / Н. Н. Зверева // Инновационные технологии в профессиональном образовании: сб. науч. тр. по матер. III всеросс. науч.-метод. конф. Грозный, 17 мая 2012 г. Грозный: ГГНТУ, 2012. С. 157–161.

18. Совершенствование форм тестовых заданий / Н. Н. Зверева // Инновационные технологии в профессиональном образовании: сб. науч. тр. по матер. III всеросс. науч.-метод. конф. Грозный, 17 мая 2012 г. Грозный: ГГНТУ, 2012. С. 162–165.

19. Проблемы тестового контроля знаний / Н. Н. Зверева, А. С. Беляева // Современное вузовское образование: теория, методология, практика: матер. междунар. науч.-метод. конф. Уфа, 21–22 марта 2013 г. Уфа: БГАУ, 2013. С. 75–77.

ЗВЕРЕВА Нина Николаевна

УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА БАЗЕ  
ФОРМАЛЬНОГО АППАРАТА СЕМИОТИКИ И ТЕОРИИ СИСТЕМ

Специальность

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Подписано в печать 11.11.2013. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 1,0. Уч.- изд. л. 0,9.  
Тираж 100 экз. Заказ №  
ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Центр оперативной полиграфии  
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса,12.