

Учреждение образования  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 004.588 + 004.8

БЕЗЗУБЕНОК  
Наталия Вячеславовна

**МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ГИПЕРТЕКСТОВЫХ  
СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

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

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

Минск 2003

Работа выполнена в Учреждении образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники"

Научный руководитель –

кандидат физико-математических наук, доцент Гулякина Н. А.

(Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, кафедра интеллектуальных информационных технологий)

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Вишняков В.А.

(Минский институт управления, кафедра менеджмента)

кандидат физико-математических наук, доцент Краснопрошин В.В.

(Белорусский государственный университет, кафедра математического обеспечения АСУ)

Оппонирующая организация –

Учреждение образования "Белорусский национальный технический университет", г. Минск.

Защита состоится 11 сентября 2003г. в 14 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.04 при Учреждении образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" по адресу: 220013, г.Минск, ул.П.Бровки, 6, корп.1, ауд.232, тел.239-89-89.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники".

Автореферат разослан "29" июля 2003г.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы диссертации.** Совершенствование образовательного процесса связано в первую очередь с широким применением современных информационных и коммуникационных технологий, включая разработку теоретических моделей и программного обеспечения компьютерных средств обучения (КСО). К числу КСО относятся электронные учебники, компьютерные тренажеры, компьютерные системы тестирования знаний и др. Важнейшим классом КСО являются автоматизированные обучающие системы (АОС). Широкое распространение получили традиционные АОС, в основе которых лежит гипермедийная форма представления учебного материала, алгоритмический подход к реализации тестирования знаний обучаемых с широкой типологией тестовых заданий. Однако процесс навигации и поиска учебного материала в таких системах нельзя признать эффективным, управление обучением в них либо отсутствует вообще, либо осуществляется преподавателем посредством коммуникационных технологий. Для решения указанных проблем перспективным является создание АОС, обладающих знаниями о содержании имеющегося учебного и учебно-методического материала и способных на основании этих знаний организовать эффективный процесс обучения, что требует для их разработки привлечения методов и средств искусственного интеллекта. В основе таких интеллектуальных обучающих систем (ИОС) должна лежать база учебных и учебно-методических знаний. Проблемы создания ИОС исследовались в работах Стефанюка В.Л., Гавриловой Т.А., Довгялло А.М., Петрушина В.А., Брусиловский П.Л., Mizoguchi R., Self J.A. и других авторов.

При переходе к формальному представлению учебного материала в виде базы знаний важно обеспечить сохранение всех традиционных форм представления учебного материала, удобных для обучаемых. Для этого, в первую очередь, необходима разработка принципиально новой модели представления учебного и учебно-методического материала, в рамках которой бы интегрировались традиционные формы его представления с формальным семантическим представлением в виде базы знаний.

Поскольку при автоматизации некоторых задач процесса обучения применение технологий искусственного интеллекта не является необходимым, целесообразно для их решения использовать традиционные АОС. Следовательно, необходима разработка гибридных ИОС, в которых согласованно используются технологии построения традиционных АОС и технологии построения ИОС в рамках одной системы. Такой подход обеспечит сохранение потенциала традиционных АОС, по разработке и использованию которых накоплен достаточно большой позитивный опыт.

Важность проблем совершенствования моделей, алгоритмов представления и обработки знаний, а также программного обеспечения обучающих систем определили цель работы, решаемые задачи и методы исследования.

**Связь работы с крупными научными программами, темами.**  
Диссертационная работа выполнена в соответствии с научно-техническими

заданиями и планами работ кафедры интеллектуальных информационных технологий, НИЛ 3.4 "Интеллектуальные системы", НИЛ 3.7 "Новые информационные технологии" УО "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" в рамках программ фундаментальных исследований Министерства образования Республики Беларусь: ГБЦ 01-3125 "Разработка моделей и методов организации взаимодействия параллельных интеллектуальных систем в графодинамической памяти", ГБ 01-2009 "Исследовать модели и средства взаимодействия участников учебного процесса в рамках комплексной системы автоматизации учебной деятельности кафедры", а также при финансовой поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь Ф99Р-087 "Разработка принципов и методов создания интегрированных динамических экспертных систем", Ф02М-077 "Создание инструментальных средств проектирования интеллектуальных виртуальных кафедр", Т02Р-107 "Фундаментальные проблемы и методы создания виртуальных кафедр", хозяйственного договора ХД 99-1152 "Разработка и внедрение автоматизированной системы документооборота, делопроизводства и учета кадров вуза".

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертации является разработка моделей, алгоритмов и программного обеспечения электронных учебников и обучающих систем, сочетающих традиционные формы представления учебного и учебно-методического материала с его семантическим структурированным представлением в виде базы знаний.

Поставленная цель определяет следующие задачи исследования:

1. Анализ подходов к представлению и обработке учебного и учебно-методического материала в КСО.

2. Разработка модели и языка представления учебного и учебно-методического материала в КСО, сочетающих традиционные гипермедийные формы представления материала с его семантическим структурированным представлением в виде базы знаний, а также алгоритмов навигации по учебному материалу, представленному в данной модели.

3. Разработка структуры и программного обеспечения электронных учебников, использующих в качестве формальной основы модель представления знаний, сочетающую традиционные и формальные формы представления учебного материала и обеспечивающие наглядную визуализацию семантических структур учебного материала, навигацию и ассоциативный доступ к учебному материалу.

4. Разработка структуры и программного обеспечения гибридных ИОС, в которых согласованно используются как технологии построения традиционных АОС, так и технологии построения ИОС на основе модели представления учебного и учебно-методического материала, сочетающей традиционные и формальные формы его представления.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования в диссертации являются электронные учебники и обучающие системы. Предметом

исследования являются модели и алгоритмы представления, обработки и интеграции знаний в электронных учебниках и обучающих системах.

**Методология и методы проведенного исследования.** Решение рассматриваемых в диссертации задач базируется на основах дискретной математики, теории графов, теории отношений, методах инженерии знаний, методах ситуационного управления.

**Научная новизна и значимость полученных результатов.**

1. Предложена новая модель представления знаний в интеллектуальных системах – гипертекстовая семантическая сеть, которая является специальным классом семантических сетей и, в отличие от известных, интегрирует в себе традиционное гипермедийное представление с формальным представлением знаний в виде однородных семантических сетей, и обеспечивает структуризацию и систематизацию материала, предназначенного для обучения в произвольной предметной области. Разработан соответствующий данной модели язык представления знаний, который, в отличие от известных, позволяет явно представлять обучаемому семантическую структуру учебного материала.

2. Разработаны навигационно-поисковые алгоритмы по учебному материалу, представленному в виде гипертекстовых семантических сетей, которые базируются на общих принципах навигации в однородных семантических сетях и, в отличие от известных, обеспечивают навигацию по семантическим структурам учебного материала и ассоциативный доступ к требуемым фрагментам учебного материала.

3. Разработана структура, программное обеспечение, а также определены этапы построения нового класса КСО – семантических электронных учебников, использующих в качестве формальной основы гипертекстовые семантические сети и которые, в отличие от известных, обеспечивают:

- явное представление обучаемому семантической структуры учебного материала в виде гипертекстовых семантических сетей;
- навигацию по семантической структуре учебного материала;
- ассоциативный доступ к требуемым фрагментам учебного материала;
- интеграцию учебного материала с учебно-методической информацией;
- взаимную интеграцию семантических электронных учебников с явным описанием междисциплинарных связей.

4. Разработана структура и программное обеспечение построения гибридных ИОС, которые, в отличие от известных, интегрируют традиционные АОС с ИОС и в основе которых лежит семантический электронный учебник, построенный на базе гипертекстовых семантических сетей.

**Практическая значимость полученных результатов.**

Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для построения семантических электронных учебников и гибридных ИОС по различным учебным дисциплинам, которые обеспечивают повышение эффективности обучения за счет использования различных форм

представления учебного материала в виде гипертекстовых семантических сетей, организацию самостоятельной работы обучаемых с индивидуализацией процесса обучения, повышение гибкости тестирования и оценки уровня знаний обучаемых.

В представленных семантических электронных учебниках и гибридных ИОС решается задача сочетания обучения по конкретным учебным дисциплинам с обучением по комплексу всех учебных дисциплин заданной специальности, что позволит формировать у обучаемых комплексное, системное восприятие специальности.

Разработанные механизмы интеграции учебного материала позволяют значительно сократить время разработки указанного класса систем за счет его параллельного проектирования коллективом разработчиков, в основе которого лежит разбиение учебного материала на достаточно самостоятельные разделы с последующей их интеграцией в единую систему.

Перспективным направлением применения предложенных в данной работе моделей, алгоритмов и программного обеспечения семантических электронных учебников и гибридных ИОС являются интеллектуальные сайты, а также образовательные сайты в системе дистанционного образования.

Базовые результаты диссертационной работы внедрены в УП "Геоинформационные системы" НАН Беларуси, где использовались в качестве прототипа для построения модели пользователя в системах с интерфейсной адаптацией, в УО "Гродненский государственный университет имени Янки Купалы", "Полоцкий государственный университет" для создания информационных систем управления учебным процессом в данных учебных заведениях.

#### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Модель и язык представления учебного и учебно-методического материала в КСО, которые обеспечивают переход от системы гипермедиа к базе знаний, включающей в себя всю информацию, содержащуюся в исходном гипермедиа, и обеспечивающую возможность формального, семантического представления этой информации.

2. Структура и программное обеспечение семантических электронных учебников, использующих в качестве формальной основы гипертекстовые семантические сети и обеспечивающих наглядное отображение семантической структуры учебного материала, навигацию и ассоциативный доступ к фрагментам учебного материала, интеграцию семантических электронных учебников.

3. Структура и программное обеспечение гибридных ИОС, в которых согласованно используются как технологии построения традиционных АОС, так и технологии построения ИОС.

4. Механизмы формирования базы знаний об обучаемых и управления обучением, использующие в качестве формальной основы гипертекстовые семантические сети и обеспечивающие индивидуализацию процесса обучения в гибридных ИОС.

**Личный вклад соискателя.** Все результаты, приведенные в диссертации получены лично автором. В публикациях с соавторами вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертации результатов.

**Апробация результатов диссертации.** Результаты, полученные в ходе выполнения исследований, докладывались и обсуждались на: Ежегодном научно-методическом республиканском семинаре "Lotus-технологии в образовании", Минск, БГУИР, 1999г., 2000г.; 3-й и 4-й международной летней школе-семинаре по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов, Браславские озера, Беларусь, 1999г., 2000г.; VIII, IX Белорусском конгрессе по телекоммуникациям, информационным и банковским технологиям, Минск, Беларусь, 2001 г., 2002г.; Международной научно-практической конференции "Информатизация образовательных процессов: автоматизация управления, технологии, дистанционное обучение", Минск, Беларусь, 2001г.; Республиканской научно-методической конференции "Проблемы и пути развития высшего технического образования", Минск, Беларусь, 2001г.; Международном конгрессе "Искусственный интеллект в XXI-м веке" (ICAI'2001), Дивноморск, Россия, 2001 г.; Российско-украинском научном семинаре "Интеллектуальный анализ информации"(ИАИ-2001), Киев, Украина, 2001г.; 5-ой Российской научно-практической конференции "Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий", Москва, Россия, 2001г.; Международной научно-методической конференции "Дистанционное обучение. – образовательная среда XXI века", Минск, Беларусь, 2001г., 2002г.; I Международной конференции "Информационные системы и технологии" (IST'2002), Минск, Беларусь, 2002г.; V международной конференции "Новые информационные технологии", Минск, Беларусь, 2002г.; V, VI летней международной школе-семинаре аспирантов и студентов "Современные информационные технологии", Браславские озера, Беларусь, 2002г., 2003г.; регулярных научно-технических конференциях аспирантов и студентов БГУИР "Информационные технологии и управление", Минск, Беларусь, 2000-2002 г.

Результаты работы демонстрировались на следующих выставках: выставках в рамках Ежегодного научно-методического республиканского семинара "Lotus-технологии в образовании", Минск, Беларусь, 1999г., 2000г.; VIII, IX международной специализированной выставке ТИВО'2001, ТИВО'2002, Минск, Беларусь, 2001г., 2002г.; выставке в рамках Международной научно-методической конференции "Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века", Минск, Беларусь, 2001г.

**Опубликованность результатов.** По тематике представленной диссертационной работы опубликовано 22 научные работы, включая 3 монографии (в соавторстве), 17 статей в журналах и материалах международных научных конференций, 2 тезиса на научных конференциях. Суммарный объем публикаций составляет около 135 страниц.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из четырех глав, заключения, списка использованных источников и четырех

приложений. Она содержит 97 страниц основного текста, 22 рисунка на 10 страницах, 2 таблицы на 2 страницах, 4 приложения на 85 страницах, в списке использованных источников на 12 страницах представлено 173 наименования. Общий объем работы 206 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В первой главе** проведен обзор современных КСО, определены их преимущества и недостатки, дан анализ проблем представления и обработки знаний в КСО. Обоснована необходимость создания КСО, обладающих знаниями о содержании имеющегося учебного и учебно-методического материала и способных на основании этих знаний организовать эффективный процесс обучения, для чего в первую очередь необходимо применение методов и средств искусственного интеллекта при их построении.

Сформулирована общая задача представления и обработки знаний в КСО. Показано, что ключевыми проблемами при ее решении являются:

- отсутствие адекватной модели представления знаний в КСО, сочетающей традиционные и формальные формы представления учебного материала;
- неприспособленность существующих языков к решению задач данного класса;
- несовершенство средств интеграции знаний, представленных в различных форматах (HTML, XML и др.).

Показано, что для решения поставленных задач в качестве формальной основы наиболее перспективно использование графодинамических моделей обработки знаний, представленных однородными семантическими сетями с базовой теоретико-множественной интерпретацией, поскольку они специально ориентированы на представление и обработку сложноструктурированных знаний с возможностью наглядной визуализации такого представления. Разработка языка представления знаний на основе графодинамических моделей заключается в уточнении семантики системы базовых понятий разрабатываемого языка. Операции обработки знаний, представляющие собой набор программ, реализуются на графовом процедурном языке программирования SCP (Semantic Code Programming), специально ориентированном на обработку знаний, представленных в графодинамических моделях. Абстрактные машины обработки знаний, использующие в качестве внутреннего представления знаний графодинамические модели, называются графодинамическими ассоциативными машинами (ГАМ), и представляют собой комплекс инструментальных средств визуального проектирования прикладных интеллектуальных систем.

Во **второй главе** решается задача разработки модели и языка представления знаний, которые ориентированы на интеграцию традиционных форм представления информации и формальных методов представления знаний с наглядной визуализацией семантической структуры знаний.



В диссертационной работе предложена новая модель представления знаний, представляющая собой специальный класс семантических сетей – гипертекстовая семантическая сеть (ГСС), – в которой интегрируется представление знаний в виде однородных семантических сетей с традиционным представлением в форме гипермедиа. Формально ГСС задается кортежем, каждый компонент которого обозначает класс соответствующих элементов ГСС:  $\langle I, T, \Omega, B, S, R, A, P \rangle$ , где  $I$  – множество знаков традиционных информационных конструкций различного вида;  $T$  – множество знаков объектов предметной области, описываемых указанными информационными конструкциями;  $\Omega$  – множество знаков логических формул семантического формального языка;  $B$  – отношение принадлежности, заданное на множестве  $I \cup T$ ;  $S$  – семейство сигнатурных множеств не являющихся отношениями;  $R$  – семейство сигнатурных отношений, не являющихся подмножествами отношения  $B$ , областью определения которых является универсальное семейство множеств над множеством  $I \cup T$ ;  $A$  – семейство сигнатурных отношений, являющихся подмножествами отношения  $B$ , называемые атрибутами ГСС;  $P$  – множество знаков связок. Суть представления знаний в виде ГСС показана на рис.1.

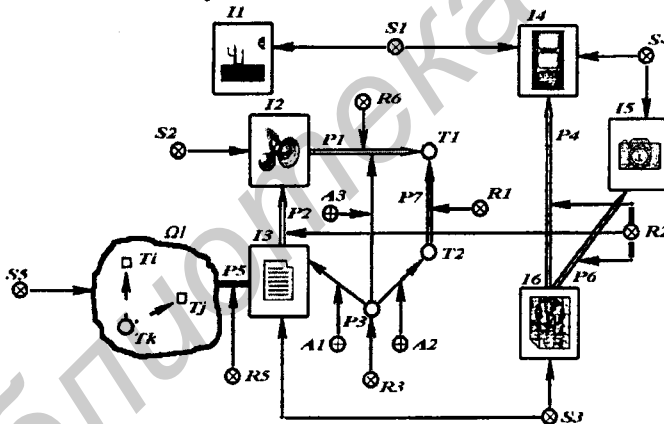


Рис.1. Представление знаний в виде ГСС

Эффективность перехода от гипермедиа к ГСС объясняется:

- 1) возможностью сочетать традиционные и формальные формы представления знаний; при этом знания становятся семантически интерпретируемыми системой при полном сохранении всех положительных возможностей их традиционного представления с наглядным отображением семантической структуры знаний; 2) возможностью интегрировать в состав базы знаний разнородные информационные конструкции на основе их единого семантического описания; 3) возможностью навигации по семантическим связям и ассоциативного доступа по запросам пользователей.

В работе показан переход от гипертекста к ГСС, в основе которого лежит описание соответствия структур гипертекста разработанным структурам ГСС.

Показано, что наиболее актуальным применением ГСС являются КСО, благодаря возможности использования не только гипертекстовых и мультимедийных технологий, но и глубокой семантической структуризации учебного материала.

Разработан язык *представления знаний в виде ГСС – SChT* (Semantic Code hypertext), который является расширением существующего базового открытого языка представления знаний в виде однородных семантических сетей и имеет линейную и графовую модификации. Формально язык SChT задается как:  $\langle F, \Theta \rangle$ , где  $F = S \cup R \cup A$  – множество базовых элементов (ключевых узлов) языка;  $\Theta$  – множество требований, в соответствии с которыми формируются синтаксически корректные конструкции, записанные с использованием элементов множества  $F$ . Алфавит языка SChT совпадает с алфавитом базового языка представления знаний. Язык SChT разработан в соответствии с описанной в работе содержательной структурой учебного и учебно-методического материала как информационного обеспечения семантических электронных учебников и гибридных ИОС. В качестве примера приведем конструкции языка SChT, задающие:

1) описание структуры учебного материала и различных последовательностей его предъявления обучаемым, иначе разбиение информационных конструкций (разбиение на информационные конструкции, являющиеся фрагментами) с указанием последовательности информационных конструкций, т.е. порядка просмотра информационных конструкций в рамках более крупной информационной конструкции (рис. 2, а).

На рисунке ключевой узел *разбиение* – знак тернарного отношения, каждая связка которого связывает знак множества, элементами которого является произвольное число информационных конструкций, с результатом их объединения, с указанием последовательности указанных информационных конструкций. Ключевые узлы *целое*, *мн-во частей* являются атрибутами отношения *разбиение*.  $R$  – знак отношения, задающего последовательность указанных информационных конструкций в рамках объединенной информационной конструкции. Ключевые узлы предметной области:  $T, t1, t2, \dots, tn, \mathcal{S}$ .

2) описание классификационной схемы объектов исследования предметной области (рис. 2, б).

На рисунке ключевой узел *объединение* – знак бинарного ориентированного отношения, первый элемент пары которого обозначает множество, результат объединения которых обозначен  $sc_m$ -элементом, включенным в качестве второго элемента в этой же паре. Ключевой узел *свойство* – знак множества классов, соответствующих какому-то одному значению (диапазону) признака, по которому производится классификация. Ключевые узлы предметной области:  $S_1, S_2, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{21}, X_{22}, X_{23}$ .

$S_1$  и  $S_2$  – признаки, по которым производится разбиения множества  $X$  на подмножества  $X_{11}, X_{12}, X_{13}$  и  $X_{21}, X_{22}, X_{23}$  соответственно.

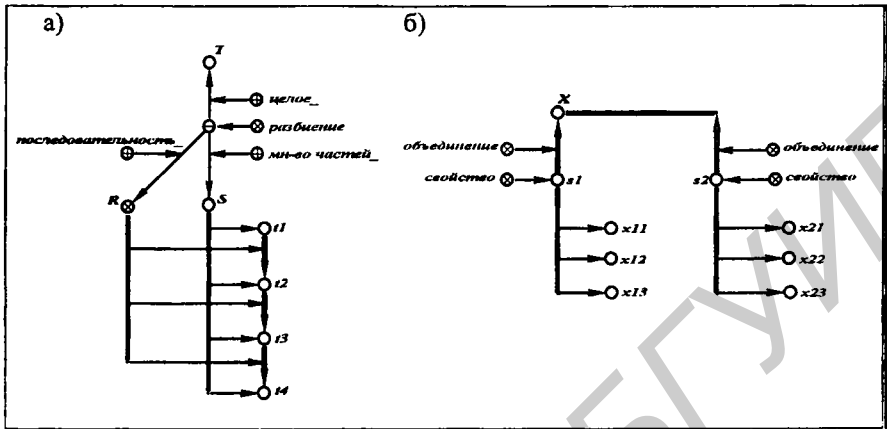


Рис.2. Конструкции языка SChT: а) отношение "разбиение информационных конструкций" и б) отношение "объединение"

Для синтаксического анализа ГСС, представленных на языке SChT синтаксис линейной модификации языка описан с использованием расширенного метаязыка Бэкуса-Наура. Для анализа используются нисходящие распознаватели на базе метода рекурсивного спуска. Процесс синтаксического анализа рассматривается как определение принадлежности некоторой цепочки данному описанию языка. Для семантического анализа ГСС, представленных на языке SChT разработан набор правил в виде продукций, определяющих полноту записи  $sc_{in}$ -конструкций, и разработана библиотека ошибочных конструкций, представленных на языке SChT, с формальной точки зрения представляющих собой шаблоны поиска. В основе программы-анализатора по обнаружению семантических ошибок лежат существующие операции интерпретации продукций и поиска по образцу, которые реализованы для данного класса однородных семантических сетей.

В третьей главе предложен новый класс КСО – семантические электронные учебники (СЭУ), разработана структура и программное обеспечение СЭУ.

*Семантический электронный учебник (СЭУ)* – инструментальное средство для создания электронных учебников по различным учебным дисциплинам, в основе которых лежит представление учебного материала в форме ГСС и обеспечивается возможность семантической навигации и ассоциативного доступа к любому фрагменту этого учебного материала.

Структура СЭУ представлена на рис. 3. Пользователями СЭУ являются разработчики (эксперты, инженеры знаний) и обучаемые. СЭУ функционирует в двух режимах: в режиме формирования учебного материала и в режиме обучения.

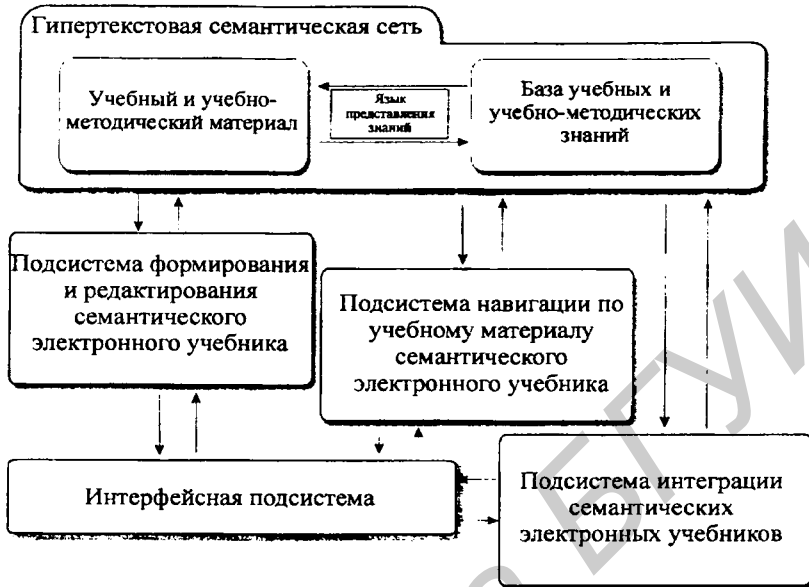


Рис.3. Структура СЭУ

Для решения задачи формирования ГСС СЭУ на языке SChT определена формальная модель содержательной структуры информационного обеспечения СЭУ, которая задается пятеркой:  $\Xi = \langle I, \Omega', R_i, L, \Sigma \rangle$ , где  $I$  – множество семантически элементарных информационных конструкций учебного материала;  $\Omega'$  – множество конструкций базы знаний, являющихся формализованной записью информационных конструкций ( $I$ ) на языке представления знаний;  $R_i$  – множество отношений между  $I$  и  $\Omega'$ ;  $L$  – спецификации фрагментов учебного материала  $I$ ;  $\Sigma$  – метаописание учебного материала:  $\Sigma = \langle T, I', R_i, Z, R_i', A', R_i' \rangle$ , где  $T$  – множество объектов исследования и понятий предметной области;  $I'$  – множество высказываний (такие как аксиомы, теоремы, леммы и др.), описывающих основные свойства объектов исследования  $T$ ;  $R_i(T_i, \dots, T_j)$  – множество отношений, описывающих соотношения между основными классами объектов исследования  $T$ ;  $Z$  – измеряемые характеристики объектов исследования  $T$ ;  $R_i'$  – системы отношений, заданных над основными объектами исследования  $T$ ;  $A'$  – атрибутивные свойства объектов исследования  $T$ ;  $R_i'(I_i', \dots, I_j')$  – описание системы утверждений  $I'$  об основных объектах исследования и отношениях между ними.

Каждому понятию предметной области  $t \in T$  ставится в соответствие модель знаний  $M^t$ , называемая семантической окрестностью понятия, которая задается как:  $M^t = \langle O^t, C^t, P^t, S^t, J^t, V^t \rangle$ , где  $O^t$  – спецификация определения понятия  $t$ ,  $O^t \subset I' \cup \Omega' \cup R_i'$ ;  $C^t$  – синонимы, омонимы для данного понятия  $t$ ;  $P^t$  – примеры (экземпляры) – элементы множества, обозначаемого этим понятием;  $S^t$  – определение места данного понятия в иерархии понятий

теории;  $J^t$  – множество отношений, которые заданы на множестве понятий, которое включает понятие  $t$ ;  $V^t$  – множество высказываний, которые описывают свойства данного понятия.

Для навигации и поиска знаний в ГСС, представленных на языке SChT в соответствии с определенной выше содержательной структурой знаний в работе предложен набор навигационно-поисковых команд и реализованы на языке SCP соответствующие этим командам *навигационно-поисковые операции*, в основе которых используется алгоритм поиска по образцу. Взаимодействие пользователей с системой осуществляется через команды меню либо посредством языка запросов.

Поскольку СЭУ реализован на базе ГАМ, пользовательский интерфейс системы описан с использованием специальных языковых средств для описания модели интерфейса прикладных интеллектуальных систем. На основе данного описания специальными программами ГАМ сгенерирован интерфейс СЭУ, который в общем случае включает: команды формирования и редактирования учебного материала в виде ГСС; команды навигации, поиска и распечатки учебного материала, представленного в виде ГСС; команды интеграции СЭУ; графическую и линейную модификации языка представления знаний, а также способы визуализации различных других (традиционных) форм представления учебного материала.

В работе определены этапы построения прикладных СЭУ по различным учебным дисциплинам с использованием разработанного инструментального средства. Формирование ГСС СЭУ может осуществляться разработчиками непосредственно на языке представления знаний, а также с использованием шаблонов, которые разработаны в рамках подсистемы формирования СЭУ в соответствии с выделенными этапами. При этом обеспечивается преемственность с традиционными технологиями представления учебного материала, поскольку СЭУ можно построить, полностью сохраняя традиционный учебник и надстраивая над ним соответствующую семантическую сеть. В приложении поэтапно рассмотрен процесс формирования СЭУ на примере учебника по геометрии.

В результате проведенного сравнительного анализа функциональных возможностей СЭУ с известными и широко используемыми системами данного класса выделен ряд его принципиально новых возможностей, к которым, в частности, относятся: формальный язык общения пользователей с системой, т.е. возможность задавать системе вопросы; наглядное отображение семантической структуры учебного материала; навигация по семантической структуре учебного материала (по семантическим связям). Одной из принципиальных функциональных возможностей СЭУ является возможность взаимной интеграции учебного материала, представленного в форме ГСС, с автоматизированной поддержкой процесса интеграции, тогда как интеграция двух гипертекстов может быть осуществлена их разработчиками только вручную. Такая возможность может быть использована при построении интегрированных СЭУ по смежным учебным дисциплинам и интегрированных СЭУ по специальностям, что реализует

идею комплексного, системного обучения по специальностям и перехода от монодисциплинарного к междисциплинарному обучению. В результате такого обучения у обучаемых должна сформироваться не мозаика учебных дисциплин, связи между которыми обучаемые вынуждены "достраивать" сами, так как они явно не проводятся, а целостная система учебных дисциплин, междисциплинарные связи между которыми четко и явно указываются. Процесс интеграции СЭУ происходит в полуавтоматическом режиме с непосредственным участием разработчиков и на первом этапе состоит из следующих шагов, реализованных в рамках подсистемы интеграции СЭУ:

Шаг 1. Выявление в интегрируемых ГСС синонимичных понятий с учетом "явной" синонимии, для чего используется существующая операция поиска узлов семантической сети с одинаковыми идентификаторами, а также "неявной" синонимии на основе анализа интегрируемых  $sc_{in}$ -конструкций.

Шаг 2. Поиск формальных определений для предположительно синонимичных понятий. Проверка эквивалентности формальных определений понятий путем использования операции проверки на эквивалентность двух конструкций семантической сети.

Шаг 3. При эквивалентности определений предположительно синонимичные понятия, т.е. соответствующие им  $sc_{in}$ -узлы автоматически склеиваются, иначе предлагается разработчику разрешить конфликтную ситуацию.

На втором этапе разработчиками осуществляется согласование и описание на языке SChT междисциплинарных связей, т.е. объектов и предметов изучения интегрируемых учебных дисциплин; "фундамента" интегрируемых учебных дисциплин (первичных (неопределяемых) понятий и систем аксиом); понятийных систем; систем утверждений об основных объектах исследования и отношениях между ними и др.

В четвертой главе решается задача разработки *гибридных ИОС*, в которых интегрируются технологии построения традиционных АОС с технологиями построения ИОС. В основе такой интеграции лежат ГСС. Структура гибридной ИОС представлена на рис.4. Базовой подсистемой гибридной ИОС является СЭУ. Традиционные АОС полностью включаются в состав гибридных ИОС, координирующие функции в системе выполняет ИОС. В базе знаний ИОС на языке SChT описывается спецификация всех ее подсистем, построенных по традиционным принципам, включающая следующую информацию: общую информацию о системе, функции системы, классы решаемых системой задач, структурные компоненты системы, результирующую информацию системы, к которой в частности относятся профиль обучаемого. Пользователи гибридной ИОС: разработчики (эксперты, инженеры знаний), преподаватель, сопровождающий процесс обучения, и обучаемые.

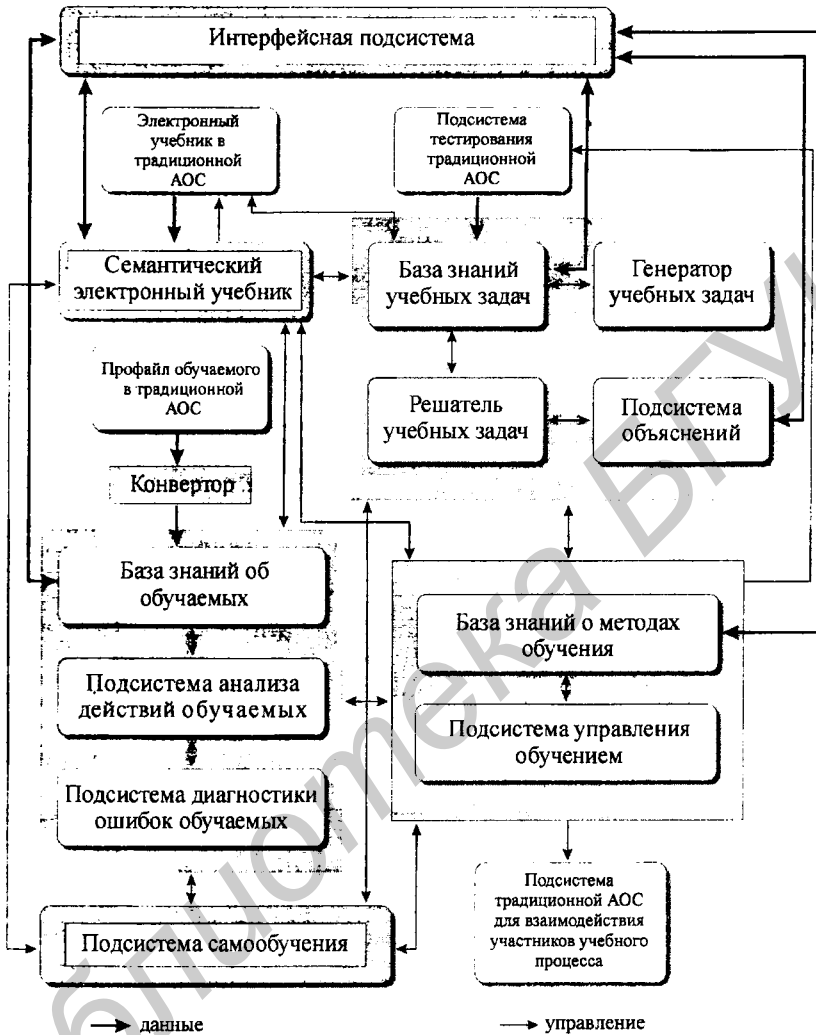


Рис.4. Структура гибридной ИОС

В соответствии с тем, что в гибридной ИОС происходит интеграция СЭУ, который ориентирован на самостоятельную активную работу обучаемых и обучающей системы, в которой осуществляется контроль и управление процессом обучения каждого обучаемого выделены режимы функционирования гибридной ИОС, которые в то же время соответствуют традиционным формам обучения. При реализации указанных режимов в системе выполняются следующие функции: мониторинг деятельности обучаемых и постоянное уточнение базы знаний об обучаемых; выбор рекомендуемой последовательности изучения учебного материала; выбор рекомендуемой последовательности задаваемых обучаемому вопросов и

учебных задач; отслеживание прерываний в процессе обучения каждого обучаемого и обеспечение возможности возврата в прерванное состояние; управление переходами между режимами.

Для решения задачи тестирования знаний обучаемого и решения учебных задач определена содержательная структура базы знаний учебных задач, которая задается как:  $Z_k = \langle I_k, Q_k, P_k, S_k, R_k \rangle$ , где  $I_k$  – множество информационных конструкций учебного материала, являющихся учебными задачами;  $Q_k$  – множество отношений, описывающих соотношения между основными классами учебных задач;  $P_k$  – методы решения определенных классов учебных задач;  $S_k$  – множество отношений, описывающих связь учебных задач с методами их решения;  $R_k$  – множество отношений, связывающих учебный материал с учебными задачами. Рассмотрено представление этих знаний на языке SChT. Для навигации и поиска в рамках базы знаний учебных задач в соответствии с выделенной содержательной структурой базы знаний реализованы на графовом языке программирования SCP соответствующие этим командам навигационно-поисковые операции. Каждый класс учебных задач связан с методами (программами) решения задач этого класса, которые реализуются на графовом языке программирования. При решении задачи обучаемым параллельно активизируется работа решателя учебных задач по реализации соответствующего метода решения данной задачи. Далее определяется соответствие между решением задачи обучаемым и решением, полученным системой, путем использования операции проверки двух конструкций семантической сети на эквивалентность.

Мониторинг деятельности обучаемых осуществляется в рамках всей гибридной ИОС. Реализован комплексный подход к построению базы знаний об обучаемых (моделей обучаемых), что подразумевает, в отличие от существующих подходов, использование различных источников информации в процессе ее формирования, таких как подсистема анализа действий обучаемых (опрос, тестирование, мониторинг деятельности обучаемых), преподаватель и непосредственно сами обучаемые. Формальная модель содержательной структуры базы знаний об обучаемых представляется как:  $MO = \bigcup_{i=1}^n S_i$ ,  $S_i = \langle V_i, C_i, \Psi_i, K_i, D_i, \Theta_i, Q_i \rangle$ , где  $V_i$  – общая информация об обучаемом;  $C_i$  – цели обучения;  $\Psi_i$  – психологические характеристики обучаемого;  $K_i$  – когнитивные характеристики обучаемого;  $D_i$  – характеристики взаимодействия с системой;  $\Theta_i$  – уровень знаний обучаемого;  $Q_i$  – уровень умений и навыков обучаемого. В соответствии с содержательной структурой знаний реализованы на графовом языке программирования навигационно-поисковые операции по базе знаний об обучаемых, которые представлены в виде навигационно-поисковых команд в интерфейсе преподавателя. Реализованы на языке SCP операции обработки модели обучаемого (формирования, инициализации, модификации и удаления модели обучаемого) с учетом того, что в качестве единой формальной основы для представления всех знаний гибридных ИОС



используются ГСС. Уровень знаний, умений и навыков обучаемого представляется в виде оверлейной модели в традиционной классификации путем генерации  $sc_{ch}$ -дуг, связывающих знак обучаемого со знаками информационных конструкций учебного материала с указанием последовательности изучения, а также дополнительных атрибутов, характеризующих процесс обучения. Учитывая семантическую детализацию учебного материала, такая модель будет более полно и адекватно отражать уровень знаний, умений и навыков обучаемого по сравнению с существующими подходами.

Показана реализация в гибридных ИОС известных подходов к управлению обучением, таких как управление обучением на основе знаний системы идеальной модели обучаемого, управление обучением на основе явного или неявного задания планов обучения и др. Реализованы механизмы управления обучением на основе выявления и формирования у обучаемых структурных схем логической организации учебного материала, систем понятий и утверждений предметной области и др., а также на основе применения аналогий при изложении учебного материала, которые основываются на семантической структуре учебного материала, представленного в виде ГСС. Соответствия между учебным материалом, методами обучения и состояниями в базе знаний об обучаемых задаются системой продукций на базовом языке представления знаний.

Управление обучением осуществляется в рамках всей гибридной ИОС. В модели обучения учитывается факт существования систем, построенных по традиционным принципам, и ситуаций, когда их целесообразно использовать. В момент возникновения таких ситуаций ИОС обращается к этим подсистемам, вызывая и активизируя их работу. Результаты обучаемого, полученные при его работе с данными подсистемами должны быть помещены в базу знаний об обучаемых ИОС, для чего разработаны и реализованы на языке Microsoft Visual C++ специальные механизмы конвертации, которые апробированы на примере интеграции с традиционной АОС Lotus LearningSpace.

В работе показана возможность взаимной интеграции гибридных ИОС по смежным учебным дисциплинам. Интеграция рассматривается в контексте интеграции всех подсистем интегрируемых ИОС. Поскольку знания всех подсистем ИОС представлены в виде текстов одного и того же формального языка, их интеграция осуществляется по одинаковым принципам и рассмотрена на примере интеграции СЭУ. Таким образом, использование результатов работы позволяет решить проблему интеграции обучающих систем по конкретным учебным дисциплинам в единую, комплексную обучающую систему по специальностям.

В **приложениях 1-4** описываются соответственно: технология построения СЭУ (на примере электронного учебника по геометрии); фрагмент СЭУ по геометрии; фрагмент ИОС по теории графов, в основе которой лежит СЭУ; акты об использовании результатов работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и практические результаты диссертационной работы следующие:

1. Предложена новая модель представления знаний – гипертекстовая семантическая сеть, – которая в отличие от известных, ориентирована на формальное описание предметных знаний, имеющих сложную иерархическую многоуровневую структуру, сохраняя при этом все положительные возможности их представления в форме гипермедиа. Разработан язык, с помощью которого формируются и описываются основные элементы гипертекстовых семантических сетей. Разработаны навигационно-поисковые алгоритмы по учебному и учебно-методическому материалу, представленному в виде гипертекстовых семантических сетей [1,2,3,12, 16].

2. Разработана структура и программное обеспечение нового класса КСО – семантических электронных учебников, которые, в отличие от существующих, обеспечивают: явное (в визуальной форме) семантическое представление учебного материала; интеграцию традиционных и формальных форм представления учебного материала; ассоциативный доступ к требуемым фрагментам учебного материала; интеграцию учебного и учебно-методического материала, и которые используют в качестве формальной основы гипертекстовые семантические сети [1,2,3,5,10,11,12, 15].

3. Предложены этапы построения семантических электронных учебников по различным учебным дисциплинам с использованием разработанного программного обеспечения, которые основаны на сохранении преемственности с существующими традиционными технологиями представления учебного материала [1,10,11].

4. Разработаны механизмы взаимной интеграции семантических электронных учебников, что в отличие от существующих систем позволяет разрабатывать семантические электронные учебники по комплексу смежных учебных дисциплин и, в том числе, по комплексу учебных дисциплин специальностей, в основе которых лежит явное описание междисциплинарных связей [6, 7, 14, 17, 18, 19, 21, 22].

5. Разработана структура и программное обеспечение гибридных ИОС, которые в отличие от существующих систем, являются результатом интеграции традиционных АОС с ИОС, что обеспечивает преемственность и интеграцию традиционных и интеллектуальных технологий построения обучающих систем в рамках одной системы, в основе такой интеграции лежат гипертекстовые семантические сети [1, 4, 8, 9, 13, 20].

6. Разработаны механизмы формирования базы знаний об обучаемых и управления обучением, с учетом использования в качестве формальной основы для представления знаний гипертекстовых семантических сетей и обеспечивающие индивидуализацию процесса обучения в гибридных ИОС [4, 9, 13, 16].

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

## Монографии

1. Голенков В.В., Тарасов В.Б., Елисеева О.Е., Гулякина Н.А., Беззубенок Н.В., Ивашенко В.П., Гаврилова Т.А., Васильева Е.И., Емельянов В.В., Сердюков Р.Е., Акулич С.А., Лубневский О.А., Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации/ Под ред. В.В.Голенкова, В.Б.Тарасова. – Мн.: БГУИР, 2001. – 448с.
2. Голенков В.В., Елисеева О.Е., Ивашенко В.П., Казан В.М., Гулякина Н.А., Беззубенок Н.В., Лемешева Т.Л., Сердюков Р.Е., Фоминых И.Ф. Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах/ Под ред. В.В.Голенкова – Мн.: БГУИР, 2001. – 412с.
3. Голенков В.В., Осипов Г.С., Гулякина Н.А., Сердюков Р.Е., Елисеева О.Е., Беззубенок Н.В., Ивашенко В.П., Лемешева Т.Л., Никуленко В.Ю., Щербакова Т.В. Программирование в ассоциативных машинах. – Мн.: БГУИР, 2001. – 276с.

## Статьи в журналах и научных сборниках

4. Беззубенок Н.В. Гибридные интеллектуальные обучающие системы на базе гипертекстовых семантических сетей// Известия Белорусской инженерной академии. – 2003. – №1(15)/1. – С.74-76.
5. Рожанский Д. В., Беззубенок Н.В. Разработка электронного учебника по теории неориентированных графов// Известия Белорусской инженерной академии, 2003. – №1(15)/1. – С.98-101.
6. Лемешева Т.Л., Беззубенок Н.В., Сердюков Р.Е., Ивашенко В.П. Реинжиниринг бизнес-процессов для высших учебных заведений// Известия Белорусской инженерной академии. – 2002. – №1(13)/2. – С.196-201.
7. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Елисеева О.Е., Беззубенок Н.В., Ивашенко В.П., Лемешева Т.Л., Сердюков Р.Е. Виртуальная кафедра// Высшая школа. – 2002. – №2. – С11-14.

## Материалы конференций и семинаров

8. Беззубенок Н.В. Инструментальные средства проектирования интегрированных интеллектуальных обучающих систем//Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы II Междунар. научн-метод. конф., 26-28 ноября 2002г., Минск/ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Мн.:Бестпринт, 2002. – С.290-293.
9. Беззубенок Н.В. Инструментальные средства проектирования гибридных интеллектуальных обучающих систем// "Информационные системы и технологии"(IST'2002): Материалы I Междунар.конф. (Минск. 5-8 ноября 2002г.): В 2ч. Ч.1./Редкол.: А.Н.Курбацкий, А.Н.Дудин, И.В.Совпель и др. – Мн.: БГУ, 2002. – С.107-112.

10. Беззубенок Н.В. Инструментальные средства и технология проектирования ассоциативных электронных учебников// Новые информационные технологии = New Information Technologies: Материалы V Междунар. научн. конф. Минск, 29-31 окт. 2002г.: В 2т. – Мн.: БГЭУ, 2002. – Т.1. – С.323-327.
11. Беззубенок Н.В., Гулякина Н.А. Ассоциативный электронный учебник по теории неориентированных графов// Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы II Междунар. научн-метод. конф., 26-28 ноября 2002г., Минск/ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Мн.: Бестпринт, 2002. – С.293-295.
12. Рукин А.А., Беззубенок Н.В., Ивашенко В.П., Хованский С.В. Навигация и поиск в ассоциативном электронном учебнике// Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы II Междунар. научн-метод. конф., 26-28 ноября 2002г., Минск/ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Мн.: Бестпринт, 2002. – С.345-347.
13. Беззубенок Н.В. Инструментальные средства и технологии проектирования адаптивных систем обучения// Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы Междунар. научн-метод. конф., 18-20 дек. 2001г., Минск/ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Мн.: Бестпринт, 2001. – С.161-164.
14. Беззубенок Н.В. Виртуальное автоматизированное обучающее пространство выпускающей кафедры высшего учебного заведения// Информатизация образовательных процессов: автоматизация управления, технологии, дистанционное обучение: Сб. научных статей. В2-х ч. – Минск, 2001. – Ч.1. – С.200-202.
15. Слиборский А.П., Бахур А.В., Беззубенок Н.В. Инструментальные средства создания ассоциативных электронных учебников// Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы Междунар. научн-метод. конф., 18-20 дек. 2001 г., Минск/ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Мн.: Бестпринт, 2001. – С.159-161.
16. Никуленко В.Ю., Ивашенко В.П., Беззубенок Н.В., Рукин А.А., Роговская Н.А. Навигационно-поисковая графодинамическая ассоциативная машина как инструмент активизации когнитивной функции обучаемого// Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы Междунар. научн.-метод. конф., 18-20 дек. 2001 г., Минск/ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Мн.: Бестпринт, 2001. – С.155-157.
17. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Елисеева О.Е., Лемешева Т.Л., Беззубенок Н.В., Сердюков Р.Е., Ивашенко В.П. Виртуальная кафедра// Труды Международного конгресса "Искусственный интеллект в XXI-м

веке" (ИСАГ2001), Дивноморск, Россия, 3-8 сентября 2001 г. – М.: Наука. Физматлит, 2001. – С.559-570.

18. Гулякина Н.А., Елисеева О.Е., Голенков В.В., Лемешева Т.Л., Беззубенок Н.В., Сердюков Р.Е., Ивашенко В.П. Реинжиниринг деятельности кафедры на основе виртуальных информационных технологий// 5-я Российская научно-практическая конференция "Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий": Сборник научных трудов/ Моск.госуд. ун-т экономики, статистики и информатики. – М., 2001. – С.223-226.
19. Гулякина Н.А., Елисеева О.Е., Лубневский О.А., Акулич С.И., Лемешева Т.Л., Беззубенок Н.В. Виртуальная кафедра// Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы Междунар. науч.-метод. конф., 18-20 дек. 2001 г., Минск/ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Мн.:Беспринт, 2001. – С.167-169.
20. Беззубенок Н.В. Новые информационные технологии в сфере образования и обучения// Четвертая международная летняя школа-семинар по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов: Сб. науч. тр. – Мн.: БГУ, 2000. – С.263-266.

Тезисы докладов научно-технических, научно-методических конференций

21. Елисеева О.Е., Голенков В.В., Гулякина Н.А., Лемешева Т.Л., Беззубенок Н.В., Сердюков Р.Е., Ивашенко В.П. Комплексная система автоматизации всех видов деятельности выпускающей кафедры// Проблемы и пути развития высшего технического образования: Материалы Республиканской науч.-метод. конференции. Минск, 15-16 мая 2001 г.: В 2 ч. – Мн.: БГУИР, 2001. – Ч.1. – С.35-37.
22. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Елисеева О.Е., Лемешева Т.Л., Беззубенок Н.В., Сердюков Р.Е., Ивашенко В.П. Реализация обучающе-исследовательской идеологии образования в рамках проекта "Виртуальная кафедра"// Проблемы и пути развития высшего технического образования: Материалы Республиканской науч.-метод. конф. Минск, 15-16 мая 2001 г.: В 2 ч. – Мн.: БГУИР, 2001. – Ч.2. – С.204-205.

## РЭЗІЮМЭ

дысертацыі Бяззубенак Наталіі Вячаславаўны

**"Мадэлі, алгарытмы і праграмнае забеспячэнне навучальных сістэм на базе гіпертэкставых семантычных сетак"**

Ключавыя словы: кампутарныя сродкі навучання (КСН), аўтаматызаваная навучальная сістэма (АНС), гіпертэкставая семантычная сетка, семантычныя электроны падручнік, гібрыдная інтэлектуальная навучальная сістэма (ІНС).

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца электроныя падручнікі і навучальныя сістэмы. Прадмет даследавання – мадэлі, алгарытмы прадстаўлення, апрацоўкі і інтэграцыі ведаў у электронных падручніках і навучальных сістэмах.

Мэтай працы з'яўляецца распрацоўка мадэлей, алгарытмаў і праграмнага забеспячэння электронных падручнікаў і навучальных сістэм, якія спалучаюць традыцыйныя формы прадстаўлення вучэбнага і вучэбна-метадычнага матэрыялаў з яго семантычным структураваным прадстаўленнем у выглядзе базы ведаў.

У дысертацыі распрацавана новая мадэль прадстаўлення ведаў у КСН – гіпертэкставая семантычная сетка, якая ў адрозненні ад існуючых інтэгрыруе ў сабе традыцыйную гіпермедыя-мадэль з мадэлю прадстаўлення ведаў у выглядзе аднародных семантычных сетак, а таксама распрацаваны язык прадстаўлення ведаў SChT (Semantic Code hypertext), які адпавядае дадзенай мадэлі. Прапанавана сістэма навігацыйна-пошукавых каманд па вучэбнаму матэрыялу, які прадстаўлены ў выглядзе гіпертэкставых семантычных сетак, і рэалізаваны алгарытмы навігацыі, якія адпавядаюць гэтым камандам. Распрацавана структура, праграмнае забеспячэнне і вызначаны этапы пабудовы новага класу КСН – семантычных электронных падручнікаў, якія ў якасці фармальнай асновы выкарыстоўваюць гіпертэкставыя семантычныя сеткі, і ў адрозненні ад існуючых сістэм, забяспечваюць наглядную візуалізацыю семантычных структур навучальнага матэрыялу, навігацыю і асацыятыўны доступ да вучэбнага матэрыялу, узаемную інтэграцыю семантычных электронных падручнікаў з яўным апісаннем міждысцыплінарных сувязей.

Прапанавана структура і распрацавана праграмнае забеспячэнне гібрыдных ІНС, у якіх узгоднена выкарыстоўваюцца як тэхналогіі пабудовы традыцыйных АНС, так і тэхналогіі пабудовы ІНС шляхам фармальнага прадстаўлення ўсіх ведаў гібрыдных ІНС у выглядзе гіпертэкставых семантычных сетак.

Вынікі дысертацыі фарміруюць тэарэтычную і практычную аснову для пабудовы семантычных электронных падручнікаў і гібрыдных ІНС па розным вучэбным дысцыплінам.

**РЕЗЮМЕ**

диссертации Беззубенок Наталии Вячеславовны

**"Модели, алгоритмы и программное обеспечение обучающих систем на базе гипертекстовых семантических сетей"**

Ключевые слова: компьютерные средства обучения (КСО), автоматизированная обучающая система (АОС), гипертекстовая семантическая сеть, семантический электронный учебник, гибридная интеллектуальная обучающая система (ИОС).

Объектом исследования в диссертации являются электронные учебники и обучающие системы. Предметом исследования являются модели и алгоритмы представления, обработки и интеграции знаний в электронных учебниках и обучающих системах.

Целью работы является разработка моделей, алгоритмов и программного обеспечения электронных учебников и обучающих систем, сочетающих традиционные формы представления учебного и учебно-методического материалов с его семантическим структурированным представлением в виде базы знаний.

В диссертационной работе разработана новая модель представления знаний в КСО – гипертекстовая семантическая сеть, которая в отличие от существующих интегрирует в себе традиционную гипермедиа-модель с моделью представления знаний в виде однородных семантических сетей, а также разработан соответствующий данной модели язык представления знаний SCht (Semantic Code hypertext). Предложена система навигационно-поисковых команд по учебному материалу, представленному в виде гипертекстовых семантических сетей, и реализованы соответствующие этим командам алгоритмы навигации. Разработана структура, программное обеспечение и предложена технология построения нового класса КСО – семантических электронных учебников, которые в качестве формальной основы используют гипертекстовые семантические сети, и в отличие от существующих систем, обеспечивают наглядную визуализацию семантических структур учебного материала, навигацию и ассоциативный доступ к учебному материалу, взаимную интеграцию семантических электронных учебников с явным описанием междисциплинарных связей.

Предложена структура и разработано программное обеспечение гибридных ИОС, в которых согласованно используются как технологии построения традиционных АОС, так и технологии построения ИОС путем формального представления всех знаний гибридной ИОС в виде гипертекстовых семантических сетей.

Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для построения семантических электронных учебников и гибридных ИОС по различным учебным дисциплинам.

## SUMMARY

of the dissertation thesis "**Models, algorithms and software creating tutoring systems on the basis of hypertext semantic network**" by Nataliya Bezzubenok

**Keywords:** computer tutoring systems (CTS), automated tutoring system (ATS), hypertext semantic network, semantic electronic textbook (SEB), hybrid intelligence tutoring system (ITS).

The object for investigation is electronic textbooks and tutoring systems. The subject for investigation is models and algorithms of representation, processing and integration of knowledge in electronic textbooks and tutoring systems.

The objective of this work is the development of models, algorithms and software for electronic textbooks and tutoring systems combining the traditional forms of representation of educational and educationally-methodical material with its semantic structured representation as the knowledge base.

New model of knowledge representation in CTS is offered, called as hypertext semantic networks. As distinct from existing models, the model of hypertext semantic networks integrates the traditional hypermedia-model and such knowledge representation model as homogeneous semantic networks. The knowledge representation language called SChT (Semantic Code hypertext) corresponding to this model has been developed. The system of search navigation commands for look-up on the teaching material represented by hypertext semantic networks is offered and navigation algorithms responding to these commands have been realized. New CTS class is offered and called as semantic electronic book. The structure, software and technology for construction of such systems have been developed. As distinct from existing systems, usage of hypertext semantic networks provides the evident visualization of semantic structures of the teaching material, the navigation and associative access to the teaching material, the mutual integration of semantic electronic textbook with explicit description of inter-subject relations.

Hybrid ITS is offered, combining technologies of constructing the traditional ATS and ITS by formal representation of all its knowledge in the form of hypertext semantic networks. Hybrid ITS structure and software are described in the dissertation.

The results of the dissertation give the theoretical and practical basis for creating SEB and hybrid ITS on various tutoring courses.



БЕЗЗУБЕНОК Наталия Вячеславовна

**МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ГИПЕРТЕКСТОВЫХ  
СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

---

Подписано в печать 24.07.2003 .

Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная.

Печать ризографическая.

Усл. печ. л. 1,63.

Уч.-изд. л. 1,4.

Тираж 80 экз.

Заказ 412.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Лицензия ЛП № 156 от 30.12.2002.

Лицензия ЛП № 509 от 03.08.2001.

220043, Минск, ул. П. Бровки, 6.