

Министерство образования Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра интеллектуальных информационных технологий

**ГОЛЕНКОВ В.В., ГУЛЯКИНА Н.А., ЕЛИСЕЕВА О.Е.**

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ**

**Методическое пособие**

**по курсу «Интеллектуальные обучающие и тренажерные системы»  
для студентов специальности «Искусственный интеллект»**

Минск 1999

УДК 519.68:681.3

В.В.Голенков, Н.А.Гулякина, О.Е.Елисеева. Инструментальные средства проектирования интеллектуальных обучающих систем: Методическое пособие по курсу "Интеллектуальные обучающие и тренажерные системы" для студентов специальности "Искусственный интеллект". Мн.: БГУИР, 1999. - 102 с.

В работе рассматриваются различные подходы к проектированию компьютерных систем обучения (КСО), проведена классификация инструментальных средств проектирования КСО, определены современные тенденции развития КСО, описана архитектура интеллектуальной обучающей системы (ИОС) нового поколения, инструментальные средства проектирования ИОС, методика проектирования ИОС на базе соответствующих инструментальных средств, методика оценки качества ИОС.

Пособие предназначено для курса "Интеллектуальные тренажерные и обучающие системы".

Ил. 8, табл. 4, список лит. - 140 назв.

Рецензент: академик РАН, д.т.н., в.н.с. Института проблем передачи информации, зам. президента Российской ассоциации искусственного интеллекта В.Л.Стефанюк

© В.В. Голенков, Н.А.Гулякина,  
О.Е.Елисеева, 1999

# СОДЕРЖАНИЕ

## ВВЕДЕНИЕ

### 1. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ОБУЧЕНИЯ

- 1.1. Этапы развития компьютерных систем обучения
- 1.2. Современные тенденции развития компьютерных систем обучения
- 1.3. Требования к современным КСО

### 2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- 2.1. Классификация ИОС
- 2.2. Интеллектуальные обучающие системы нового поколения

### 3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КСО И ИОС

- 3.1. Виды инструментальных средств проектирования КСО
- 3.2. Моделирование процессов обучения и самообучения
  - 3.2.1. Учение и обучение
  - 3.2.2. Компьютеризация процессов учения и обучения
  - 3.2.3. Цели обучения с помощью компьютера

#### 3.3. Виды инструментальных средств проектирования ИОС

#### 3.4. Структура инструментальных средств проектирования ИОС

### 4. АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

#### 4.1. Подсистема решения задач и ознакомления с предметной областью

#### 4.2. Подсистема управления обучением

- 4.2.1. Описание модели обучаемого
- 4.2.2. Обработка модели обучаемого
- 4.2.3. Модель учителя
- 4.2.4. Модель обучения

#### 4.2.5. Управление взаимодействием компонентов ИОС

#### 4.2.6. Управление взаимодействием ИОС с обучаемым

#### 4.3. Подсистема тестирования обучаемого

#### 4.4. Особенности архитектуры ИОС нового поколения

- 4.4.1. Интеграция с внешними пакетами прикладных программ и базами данных

#### 4.4.2. Когнитивное взаимодействие

### 5. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ИОС НА БАЗЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ

#### 5.1. Наполнение баз знаний

##### 5.1.1. Формирование учебного материала

##### 5.1.2. Описание модели поведения ИОС

#### 5.2. Выделение набора операций переработки знаний

#### 5.3. Инструментальные средства для различных категорий разработчиков ИОС

### 6. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИОС

Литература

Библиотека БГУИР

## ВВЕДЕНИЕ

Во все времена существования человечества проблемы развития, образования, обучения являлись, пожалуй, одними из самых значимых. Достаточно вспомнить лишь тот факт, что в течение всей жизни человек обучается все новым и новым видам деятельности, осваивает новые виды знаний, накапливает огромное количество информации, которую необходимо передавать последующим поколениям. Поэтому проблема обучения не теряет своей актуальности. Кроме того, особенности современной эпохи, характеризующейся бурным развитием вычислительной техники и ее применением во всевозможных видах человеческой деятельности, привели к тому, что компьютеры начали использоваться и в обучении. Задачей настоящего момента является разработка компьютерных систем обучения (КСО), которые бы в максимальной степени соответствовали своему назначению и отвечали большинству, а в идеале и всем, предъявляемым к ним требованиям.

В настоящее время создано огромное количество программ, в той или иной мере относящихся к классу КСО. Современные КСО должны помогать различным контингентам обучаемых заниматься самостоятельной познавательной деятельностью, обеспечивая индивидуализацию обучения посредством организации адаптивного диалога с пользователем (как с учащимся, так и с учителем). Однако в настоящее время далеко не все компьютерные системы организованы таким образом, чтобы поддерживать гибкий диалог с пользователем. Одним из наиболее перспективных классов КСО, отвечающих указанным требованиям, являются интеллектуальные обучающие системы (ИОС).

Ввиду сложности и многогранности задачи проектирования современных КСО, актуальным является наличие соответствующих инструментальных средств.

# 1. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ОБУЧЕНИЯ

## 1.1. Этапы развития компьютерных систем обучения

Рассмотрим кратко основные этапы развития КСО с учетом расширения их возможностей (более подробно история развития КСО и проблемы, возникающие при их создании, рассматриваются в [65]).

Первые КСО строились согласно жесткому сценарию представления учебной информации и диалога с пользователем. К таким системам, например, относятся автоматизированные обучающие системы (АОС), а также электронные учебники, которые и в настоящее время не теряют своей актуальности и привлекательности. Однако на современном этапе, когда объемы информации стремительно возрастают, появляется необходимость в создании таких средств поддержки электронных учебников, которые бы позволяли пользователю не только просматривать интересующую его информацию путем навигации по гиперструктурам, но и задавать различные более сложные вопросы. Это приводит к расширению типологии вопросов пользователя, что дает возможность пользователю сэкономить время, затрачиваемое им на поиск той или иной информации. К сожалению, во многих современных системах пользователю приходится достаточно долго "пролистывать" электронный справочник в поисках ответа на единственный вопрос. Усложнение номенклатуры и содержания вопросов пользователя приводит к необходимости совершенствования средств описания учебного материала, т.е. помимо структуры и содержания необходимо также учитывать семантические связи между описываемыми понятиями. Использование такого подхода позволяет разрабатывать интеллектуальные справочные подсистемы (ИСПс), которые необходимы не только в составе КСО, но и в любой компьютерной системе.

Далее, в связи с повышением сложности и информационной насыщенности КСО возникает необходимость в осуществлении управления обучением и процессом взаимодействия с пользователем. Поскольку обучающая система становится более сложной и многофункциональной и предназначена для раз-

личных категорий пользователей, то требуется адаптация к индивидуальным особенностям каждого конкретного пользователя. Заметим, что способность КСО адаптироваться к пользователю является одним из показателей ее эффективности и, как следствие, интеллектуальности. Для обеспечения адаптации к пользователю разрабатываются модели пользователя (обучаемого), в которых хранится информация о каждом конкретном пользователе. Таким образом, на современном этапе КСО приобретают более сложную структуру и включают в свой состав не только описание учебного материала, а также информацию о пользователях и об управлении обучением.

Одним из направлений развития современных компьютерных систем в целом является разработка систем, “умеющих” обучаться, т.е. эволюционировать в процессе своего функционирования. Таким образом, когда речь идет о компьютерном обучении, необходимо четко различать две стороны данной проблемы, а именно обучение пользователя и обучение (самообучение) компьютера, т.е. изменение компьютерной системы [104]. В связи с вышесказанным при разработке соответствующих КСО системы, обучающие пользователя, называются обучающими, а системы, способные самообучаться, обучающимися.

К настоящему времени проведено большое количество работ, посвященных проблеме самообучения компьютерных систем [14; 49; 52; 112; 103; 136; 127; 128; 121]. Решение данной проблемы сводится к разработке программ, способных обрабатывать и преобразовывать не только некоторые данные, но и самих себя. Обучающиеся системы являются примером реализации возможностей гибкости и адаптируемости компьютерной системы к изменяющемуся внешнему окружению.

При реализации КСО проблема самообучения компьютерных систем не может оставаться без внимания, поскольку одним из требований к современным КСО является их способность адаптироваться к пользователю [95; 22; 76], а процесс адаптации приводит к необходимости реализации механизмов самообучения компьютерной системы. Необходимость адаптации к пользователю продиктована тем, что каждый обучаемый обладает совокупностью качеств, отличающих его от других (является отдельным индивидуумом). Предусмотреть и запрограммировать все возможные отличительные черты и, как следст-

вие, поведение каждого пользователя системы, невозможно. Поэтому при разработке КСО наблюдаются два способа решения данной проблемы:

1) система строится таким образом, чтобы в максимальной степени навязать пользователю свой сценарий общения, т.е. предварительно разрабатывается некоторая структура диалога с пользователем КСО, а затем система реализуется программным путем согласно разработанному алгоритму [35]. Этот подход характерен для АОС [106; 11; 51; 35], в случае реализации программированного обучения [66; 107]. В настоящее время АОС получили достаточно широкое распространение, однако их разработка представляет собой очень трудоемкий и кропотливый процесс выявления малейших нюансов диалога с пользователем. От того, насколько удачно разработан сценарий этого диалога, зависит эффективность разработанной АОС. Наиболее оправданным рассматриваемый подход является в случае разработки обучающих программ по предметным областям, отличающимся сравнительно небольшим объемом учебной информации и необходимостью соблюдения строгой последовательности ее изучения. Принципы построения АОС используются также при реализации режима тестирования, когда система задает пользователю конкретные вопросы, а пользователь на них обязан ответить. Сценарий такого диалога так или иначе разрабатывается при создании каждого теста. Адаптация к индивидуальным особенностям обучаемого в данном случае может оказаться необходимой на этапе выбора конкретного теста для конкретного обучаемого. Эту задачу может выполнить преподаватель, применяющий тестирующую программу. В случае же обучения, включающего двусторонний диалог пользователя и системы, данный подход не удовлетворяет всем требованиям адаптации, поскольку не дает желаемой свободы обучаемому, что приводит к снижению эффективности обучения с помощью компьютера;

2) в процессе проектирования системы производится обобщение и формализация процесса общения с пользователем с целью обеспечения гибкого диалога и, как следствие, свободы пользователю. С точки зрения реализации такой подход является более сложным и требует решения следующих проблем:

- хранение информации об индивидуальных характеристиках пользователя и о принципах взаимодействия с ним. Здесь встает также вопрос о том, ка-

кую именно информацию хранить и в каком объеме;

- разработка способов формализации и описания информации о пользователе и о процессе диалога пользователя с системой;

- разработка методов и реализация механизмов взаимодействия с пользователем;

- реализация механизмов поведения системы в соответствии с индивидуальными особенностями обучаемого.

На данном этапе развития КСО второй способ решения проблемы адаптации к пользователю является наиболее предпочтительным, так как позволяет решать вопросы индивидуализации обучения [105; 38].

Обучающие системы подразделяются на различные виды по различным критериям. Подробное рассмотрение классификации КСО приводится в [87; 39].

## **1.2. Современные тенденции развития компьютерных систем обучения**

Выделим некоторые основные тенденции развития современных КСО. К ним относятся следующие:

- интенсивное развитие методов и средств дистанционного обучения (на основе глобальных компьютерных сетей) [110; 18; 123; 73; 89; 9; 10; 5] - с целью вовлечения в процесс обучения большего количества пользователей и обеспечения их максимальным количеством информации ;

- широкое использование средств мультимедиа и виртуальной реальности (VR) [71; 60] - с целью обеспечения максимальной наглядности обучения;

- широкое применение методов и средств искусственного интеллекта [104; 19; 118; 12; 87; 55; 13] - для создания принципиально нового класса КСО - интеллектуальных обучающих систем;

- расширение возможностей КСО до уровня интеллектуальных тренажерных комплексов [43; 111] - для достижения эффективного обучения с минимизацией затрат на его осуществление.

### 1.3. Требования к современным КСО

Таким образом, целью развития современных КСО является существенное расширение их возможностей, что приводит к необходимости разработки новых подходов и технологий создания КСО [113]. Из общего набора требований, предъявляемых к КСО, выделим следующие:

1) повышение гибкости и оптимальности диалога системы с пользователем. Данное требование включает необходимость: а) расширения и усложнения типологии вопросов, которые пользователь задает системе, что невозможно без увеличения семантической мощности средств описания учебного материала; б) адаптации системы к индивидуальным особенностям конкретного обучаемого;

2) повышение уровня интерфейса с приближением его к естественноречевому уровню;

3) повышение логических возможностей, т.е. обеспечение способности системы самостоятельно решать задачи из предметной области, по которой она ведет обучение, с последующим объяснением хода полученного решения;

4) повышение наглядности представляемого учебного материала с применением средств мультимедиа;

5) поддержка совместимости и интегрируемости различных КСО, осуществляющих различные режимы обучения;

б) обеспечение функционирования системы в режиме реального времени;

7) поддержка эволюционности КСО, т.е. обеспечение возможности: а) легкой модификации и оперативного наращивания объема информации, используемой как для решения задач, так и для представления обучаемому в качестве учебного материала; б) перехода на новые стратегии обучения и на новые модели пользователя.

## 2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Одним из перспективных направлений развития КСО является разработка нового поколения систем данного класса - интеллектуальных обучающих систем (ИОС). Для проектирования ИОС используются методы и средства искусственного интеллекта. По определению В.А.Петрушина “в общем случае обучающие программы считаются интеллектуальными, если они обладают способностью: а) генерировать учебные задачи; б) решать задачи, предъявляемые обучаемому, используя методы представления знаний об изучаемой дисциплине; в) определять стратегию и тактику ведения диалога; г) моделировать состояние знаний обучаемого; д) самообучаться на основе анализа результатов взаимодействия с обучаемыми. Однако на практике многие обучающие программы, называемые интеллектуальными, обладают только некоторыми из приведенных выше способностей” [86, с.170]. В настоящее время класс ИОС становится все более популярным, поскольку в них реализуются многие принципиально новые возможности систем обучения, позволяющие удовлетворить самым жестким требованиям.

Краткий обзор проблем и перспектив развития ИОС дается в [105]. Классификация ИОС и их основные отличия от других классов обучающих систем рассмотрены в [39]. Подробный обзор ИОС, их архитектур и методов реализации приведен в [87].

### 2.1. Классификация ИОС

Рассмотрим классификацию ИОС [87] в соответствии с их целями функционирования (табл. 2.1). Последовательно опишем консультационные, диагностирующие, управляющие и сопровождающие ИОС, т. к. этот порядок отражает среднюю сложность разработки системы и ее возможный генезис.

Таблица 2.1. Типология интеллектуальных обучающих систем

Тип ИОС	Состав	Назначение
Консультационная	Учебная среда Объяснение	Консультации при решении задач и поиске учебной информации
Диагностирующая	Решатель задач Диагностика Модель учащегося	Диагностика ошибок при решении задач
Управляющая	Решатель задач Диагностика Управление учением Модель обучаемого	Обучение понятиям и умениям (навыкам) на основе моделирования знаний обучаемого
Сопровождающая	Инструментальная система Диагностика Управление учением Модель пользователя	Слежение за поведением пользователя и помощь при ошибочных или нерациональных действиях

**Консультационная система** предназначена для оказания помощи учащемуся в виде выдачи информации по его запросу или решения предложенной им задачи с последующим объяснением (если учащийся потребует), как была получена представленная информация или решение. Консультационная ИОС состоит из учебной среды информационно-справочного или решающего типа и подсистемы объяснения, а также, возможно, модели обучаемого. Модель обучаемого (если она имеется) применяется для выбора стиля общения с обучаемым и фиксации его деятельности (например, фиксирует, какие типы задач он решал с помощью системы или о каких понятиях предметной области запрашивал информацию). Если в основе системы лежит учебная среда

информационно-справочного типа, то она называется вопросно-ответной системой и ее интеллектуальность определяется широтой языка запросов и богатством ассоциативных связей в базе знаний.

*Диагностирующая система* предназначена для указания учащемуся на его неправильные представления о предметной области, вследствие которых он допускает ошибки при решении определенного типа задач. Диагностирующая ИОС состоит из интерфейса, экспертной системы (ЭС) по решению задач, ЭС по диагностике ошибок и модели обучаемого. В плане генезиса диагностирующую ИОС можно рассматривать как дополнение консультирующей ИОС, состоящее в следующем:

1) расширение интерфейса средствами, позволяющими учащемуся использовать компьютер для самостоятельного решения задач (слежение за использованием этих средств со стороны системы позволяет определить “путь” или план решения задачи учащимся и сравнить его с планом решения системы);

2) разработка модели обучаемого, фиксирующей его знания и умения при решении задач данного типа;

3) разработка и реализация в виде ЭС методов диагностики ошибок учащегося.

Часто системы данного типа называют *интеллектуальными тренирующими*, или *экспертно-тренирующими системами*, так как они применяются для тренировки решения задач, когда последовательность задач предлагается преподавателем или генерируется системой на основании параметров, задаваемых преподавателем или самим учащимся.

*Управляющая система* предназначена для управления познавательной деятельностью обучаемого. Она является расширением диагностирующей ИОС знаниями о целях функционирования системы и стратегиях обучения. Различают обучение понятиям и умениям (навыкам), а соответствующие программы называют обучающими и тренирующими. При всей относительности этого различия, основным отличием обучающих программ от тренирующих является наличие в первых цели ознакомления обучаемых с новым материа-

ЛОМ.

**Сопровождающая система** предназначена для слежения за деятельностью пользователя при работе в некоторой (инструментальной) системе и оказания ему помощи при обнаружении ошибочных или нерациональных действий. Сопровождающая ИОС как бы “заглядывает” через плечо пользователя на экран, пытается понять, что он делает, оценить, как он это делает и решить, стоит ли ему помочь, а если стоит, то как эту помощь предоставить. Сопровождающая ИОС содержит все компоненты ИОС, но в отличие от управляющей ИОС она:

- 1) не знает цели деятельности пользователя и должна ее прогнозировать, что расширяет функции ЭС по диагностике ошибок;
- 2) является менее коммуникабельной, чтобы не отвлекать пользователя от работы.

В плане генезиса сопровождающую ИОС можно рассматривать как расширение диагностической ИОС, состоящее в следующем:

- 1) расширение функций ЭС по диагностике ошибок на прогнозирование целей деятельности пользователя;
- 2) сопоставление ошибочным ситуациям учебной информации;
- 3) разработка ЭС по управлению обучением, содержащей стратегии оказания помощи пользователю при обнаружении ошибочных или нерациональных действий.

Как видно из изложенного выше, наиболее сложными являются ИОС последних двух типов. Часто именно с ними связывают название интеллектуальных обучающих или экспертно-обучающих систем.

Следует отметить, что в связи с бурным развитием информатики (и работ в области искусственного интеллекта) классификация систем различного типа может проводиться по-разному. Те системы, которые ранее считались интеллектуальными, в настоящее время могут восприниматься как обычные системы, к “преимуществам” которых все уже привыкли. Так, в работе [105] ИОС рассматриваются как системы, которые состоят из четырех основных блоков:

- эксперт по предметной области;
- анализатор действий обучающегося;
- педагог;
- интерфейс.

Работа таких ИОС протекает следующим образом. Исходя из модели обучаемого, педагог на стратегическом уровне определяет текущую подцель обучения, на тактическом уровне наблюдает за действиями обучаемого, предоставляя ему необходимую помощь, используя модуль интерфейса. Затем анализатор действий обучаемого уточняет модель обучаемого и делается следующий цикл работы.

Согласно такому определению значительное число разработок может быть отнесено к классу ИОС, но, как правило, в них присутствуют не все указанные модули. Примеры таких систем можно посмотреть в [12].

Такие ИОС не дали ожидаемого эффекта по причине слишком слабой разработки психологических теорий получения знаний, формирования понятий и построения логического вывода (умозаключения). Поэтому возник интерес к решению на первом этапе более скромной задачи, которая заключалась в создании на основе компьютера ситуации, позволяющей обучаемому максимально использовать свой собственный интеллект и имеющиеся у него знания. Для решения этой задачи была предпринята попытка разработки так называемых "*стимуляторов процесса познания*", к которым, в частности, относятся:

- интеллектуальные среды;
- гиперсреды (гипермедиа);
- микромиры;
- специальные очки.

В отличие от ИОС, в интеллектуальных средах, гиперсредах и микромирах не оказывается никакого учебного воздействия на решаемую человеком задачу, т.е. собственно задача обучения не решается. Однако, несмотря на это, эти системы успешно используются с целью обучения пользователя тем или иным знаниям и умениям.

Рассмотрим указанные системы более подробно.

*Интеллектуальные среды* имеют целью объединить достоинства человека и компьютера, рассматриваемых в качестве инструмента познания. В ли-

тературе часто отмечают некоторые моменты, резко отличающие свойства человека и машины, табл. 2.2.

Таблица 2.2. Отличие человека от компьютера

<b>ЧЕЛОВЕК</b>	<b>КОМПЬЮТЕР</b>
Хорошо решает творческие, нестандартные задачи Широкий кругозор Хорошо организованная долговременная память	Хорошо решает алгоритмические задачи Большая кратковременная память
НО: Малая кратковременная память Часто ошибается в алгоритмических задачах	НО: Плохо организована долговременная память Отсутствует кругозор Почти не справляется с творческими задачами

Можно спорить по поводу любого из приведенных здесь утверждений, но в целом они показывают, что определенный симбиоз человека и машины может превосходить то и другое в отдельности. Иными словами, речь идет о разделении труда. Именно такое разделение труда используется в текст-процессорах, в графических редакторах.

В интеллектуальных средах часто используются мультисреды (мультимедиа), когда общение компьютера с учеником идет с использованием сразу многих модельностей (изображение, музыка, речь и др.). Мультисреды обычно сочетаются также с гиперсредами.

**Гиперсреда** - это обобщение понятия гипертекста - нелинейного способа представления текстовой информации. Гиперсреда представляет собой сеть, в узлах которой могут находиться тексты, картинки, видео, анимации, звук или исполняемые программные модули. Таким образом, гиперсреда, как правило,

базируется на активном использовании мультисред.

В *микромирах* (иногда их также называют моделирующими средами) речь идет о создании с помощью компьютера искусственных реальностей. В таком искусственном мире могут жить обитатели, и ученик - один из них. Меняя параметры в допустимых пределах, ученик может "воздействовать" на "мир" и, видя результаты своих воздействий, прочувствовать свойства такого мира. Такая "мнимая реальность" создает реальный опыт, который невозможно воспроизвести другими средствами по соображениям безопасности, по экономическим причинам или по причинам физической невозможности.

Под *специальными очками* понимают устройство, напоминающее очки, на полупрозрачных стеклах которых, как на экране, с помощью компьютера создаются разнообразные изображения. Эти изображения накладываются на изображение реальных предметов, позволяя фантастическим образом смешивать реальные и искусственные изображения. Использование специальных очков дает возможность осуществления поддержки учителя на этапе практического применения полученных в процессе обучения навыков. Так, например, на одной из конференций по искусственному интеллекту сообщалось о применении такого рода очков для обучения инженеров методам ремонта контрольной аппаратуры. В этом случае очки позволяют как бы накладывать технический чертеж на аппаратуру, поддерживая их постоянное соответствие при любых перемещениях наблюдателя.

Обобщая сказанное, следует отметить, что усилители познания без направляющего воздействия учителя являются все же малоэффективными в смысле усвоения учебного материала. Достаточно ясно, что необходимо руководство преподавателя, тщательно подобранный дидактический материал, чтобы ученик не только усваивал сумму знаний, но чтобы у него вырабатывались надежные навыки и развивалось мышление.

Таким образом, отличительной особенностью *интеллектуальной обучающей среды* является та большая роль, которая отводится в процессе обучения собственному интеллектуальному потенциалу учащегося. Достигается

это путем объединения ИОС и стимуляторов познания, т.е. переходом к *интеллектуальным обучающим системам нового поколения*.

## 2.2. Интеллектуальные обучающие системы нового поколения

Итак, анализ существующих в настоящее время ИОС заставляет сделать вывод о том, что каждая из них обладает лишь некоторыми положительными качествами. Однако совокупности требований, предъявляемых к современным ИОС, не удовлетворяет ни одна из них. Это приводит к необходимости говорить об *ИОС нового поколения*, имеющих принципиальные отличия и преимущества по сравнению с другими классами КСО. ИОС нового поколения позволяет адресоваться сразу ко всем уровням обучения и может быть использована педагогом самой широкой квалификации, допуская также полное использование разнообразных сторон квалификации педагога.

Перечислим основные качества, которыми в совокупности обладают ИОС нового поколения (при этом для краткости будем называть их просто ИОС).

1. Создание ИОС позволяет осуществить переход от обучения, управляемого только системой, *к обучению, управляемому как системой, так и обучаемым*. Обучаемый становится активным партнером диалога с системой, способным не только отвечать на вопросы системы, но и задавать ей свои вопросы, на которые система либо отвечает сразу, либо “ведет” пользователя к правильному ответу. Таким образом, диалог обучаемого с ИОС все более приближается к живому диалогу учителя с учеником [96], где ученик имеет больше свободы, чем это допускалось на ранних этапах развития КСО. Благодаря этой особенности ИОС появляется возможность реализовывать уникальные, наиболее подходящие каждому конкретному пользователю обучающие курсы, тем самым все больше приближаясь к индивидуализации обучения. Кроме того, реализация процесса управления обучением в данном случае приобретает двусторонний характер, поскольку пользователь ИОС оказывает существенное влияние на процесс диалога [19]. Необходимость рассмотрения данной проблемы вызвана тем, что организация процесса обучения в современных обучающих системах осуществляется исходя из положительной мотивации обу-

чаемого, т.е. заранее подразумевается, что пользователь сам хочет получить те или иные знания и умения, а ИОС в данной ситуации обязана выступать в качестве его надежного партнера. Заметим также, что если ИОС способна самообучаться, то она в процессе общения с конкретным пользователем может с течением времени “поучиться” у него и выработать оптимальный способ общения, зная его предпочтения и особенности характера.

2. Система становится способной **самостоятельно решать** те задачи (отвечать на те вопросы), решению которых она должна научить обучаемого. Благодаря этому появляется возможность:

- а) более качественного консультирования;
- б) более глубокого анализа ответов обучаемого при тестировании и существенного упрощения подготовки тестовых задач.

Иначе говоря, ИОС выступает в качестве экспертной системы, что является в настоящее время одним из наиболее распространенных направлений развития обучающих систем, которые некоторыми авторами так и называются экспертно-обучающими системами (ЭОС) [86] или обучающими экспертными системами (ОЭС) [105]. Разработчики КСО уже давно пришли к выводу, что наличие компонента, способного решать задачи из предметной области, по которой ведется обучение, является обязательным, и включают в состав обучающих систем так называемые интеллектуальные решатели [77; 100; 101].

3. В ИОС появляется **возможность более полного анализа усвоения материала и психофизического состояния обучаемого** и, как следствие, более адекватной реакции системы. Выше уже говорилось о том, что одной из задач, встающих перед КСО, является адаптация к индивидуальным особенностям обучаемого. Чем больше система “знает” об обучаемом, об индивидуальных особенностях его характера, предпочтениях и о текущем состоянии как уровня знаний, так и психофизических характеристик, тем более адекватной будет ее реакция, т.е. выбор дальнейших действий, направленных на реализацию процесса обучения. Информация об обучаемом хранится в модели обучаемого ИОС, способов построения которой в настоящее время также существует немало [56; 86; 95; 118; 19; 13; 133; 137; 61]. Принципы построения лю-

бой ИС позволяют интегрировать в составе одной сложной системы совокупность различных подсистем, решающих задачи, имеющие отношение к некоторой конкретной предметной области [33; 86]. В ИОС данный подход используется для включения в ее состав подсистем, осуществляющих тестирование состояния обучаемого с целью выявления как уровня знаний и умений, так и психофизического состояния. В обучающих системах предыдущих поколений эта задача решалась не всегда успешно, поскольку, во-первых, в данном случае структура системы становится гораздо более сложной и процесс ее проектирования становится слишком трудоемким, а во-вторых, не всегда взаимодействие подсистем удавалось описать достаточно элегантно и удобно для разработчика.

4. В системах данного класса *более полно используется арсенал современной дидактики*, т.е. более эффективно *осуществляется процесс управления обучением*. Поскольку обучение является одним из наиболее важных видов деятельности человека и за многие годы накопился огромный опыт в организации процесса обучения и его анализе [84; 117; 88; 99; 72; 66], было бы несправедливо упускать это из вида и не использовать накопившуюся информацию при реализации КСО. Проблема состоит лишь в том, что методисты и дидакты посвящают свои работы рассмотрению взаимодействия учителя и ученика, а не компьютера и его пользователя. В настоящее время существует огромное количество работ, посвященных управлению обучением в КСО [33; 96; 105; 6; 74], поскольку практический опыт показал, что напрямую запрограммировать процесс обучения (общения учителя и ученика) практически невозможно, и попытки заменить этот гибкий, динамический процесс какими-либо алгоритмами не увенчались успехом. Конечно, существует огромное количество разработок, где вопрос управления обучением в той или иной степени проработан, однако при реализации конкретной обучающей системы обязательно появляются определенные ограничения, которые не позволяют удовлетворить всем выдвигаемым на этапе проектирования системы требованиям. Следует заметить также, что организация управления обучением является одним из самых важных вопросов реализации КСО, поскольку критерием оценки их качества является способность организовать оптимальный режим обучения.

При разработке любой ИС вопрос управления ее функционированием встает не менее остро, поэтому в настоящее время уже существует много различных путей решения данной проблемы, причем методы и средства искусственного интеллекта существенно облегчают ее решение.

5. В ИОС нового поколения *повышается уровень интерфейса*, происходит *приближение его к естественно-языковому уровню*, что значительно облегчает для пользователя процесс диалога с системой. Кроме того, необходимо учитывать, что пользователями ИОС являются, как правило, неподготовленные или плохо подготовленные пользователи, которые плохо ориентируются в изучаемой ими предметной области, и зачастую не владеют компьютером. В связи с этим интерфейс с пользователем должен быть предельно прост и понятен и включать в себя достаточное количество подсказок, упрощающих как взаимодействие пользователя с компьютером, так и процесс усвоения учебного материала. Организация взаимодействия с пользователем на естественном языке является самым удобным для него вариантом. В настоящее время ведется достаточно большое количество работ, посвященных данному вопросу [52; 50]. В ряде современных ИОС предпринимаются попытки, и порой вполне успешные, реализации интерфейса с пользователем на языке, близком к естественному. Наиболее популярным вариантом реализации является использование ограниченного естественного языка для формирования различных сообщений как пользователя, так и системы с ориентацией на предметную область, по которой ведется обучение. Этот подход наиболее интересен и действительно эффективен в случае наличия в изучаемой предметной области своего формального языка, например, языка, ограничиваемого некоторым набором формул, или геометрических объектов, или специальных обозначений, достаточно просто осваиваемых и легко используемых в процессе диалога. Примерами таких языков являются формальный математический язык или язык описания взаимного расположения геометрических объектов, где наряду со словами естественного языка используются, например, обозначения параллельных прямых -  $\parallel$ , перпендикулярных прямых -  $\perp$ , угла -  $\sphericalangle$  и т.д. Однако актуальной остается задача унификации способов реализации естественно-языкового интерфейса без привязки к конкретной предметной области.

Помимо реализации естественно-языкового интерфейса в ИОС немаловажным моментом является *гибкость интерфейса*, т.е. способность системы оперативно перестраивать внешнее рабочее окружение пользователя в соответствии с режимом ее работы. Достаточно интересной является задача моделирования внешнего окружения, приближенного к реальному, характерному для рассматриваемой предметной области, благодаря чему обучаемый как бы погружается во внутренний мир изучаемого предмета - микромир [105]. Здесь очень эффективным является использование систем виртуальной реальности [71; 41], которые в настоящее время становятся все более популярными и распространенными.

Проблемам человеко-машинного взаимодействия в настоящее время уделяется большое внимание, так как области применения компьютера постоянно расширяются [62; 131; 4; 70; 63; 93].

Следует также заметить, что применение методов и средств искусственного интеллекта дает возможность разрабатывать сложные и одновременно гибкие системы, что является характерным для *тренажерных систем*. Таким образом, появляется возможность перехода от ИОС к интеллектуальным тренажерным системам (ИТС). Необходимо заметить, что данный класс систем является наиболее перспективным, так как их применение позволяет осуществлять обучение некоторому комплексу *умений и навыков*, затрачивая на это гораздо меньше средств, чем при работе с реальными объектами, приборами и т.п. ИТС представляют собой несколько более сложный класс систем, поскольку в них сочетаются возможности ИОС с широким использованием средств мультимедиа и виртуальной реальности (ВР), а также всевозможных дополнительных измерительных, анализирующих состояние обучаемого, приборов.

Таким образом, ИОС нового поколения представляет собой сложную иерархическую систему, состоящую из совокупности взаимодействующих между собой подсистем, каждая из которых решает некоторый определенный класс задач с целью обеспечения оптимального режима обучения с помощью компьютера.

При реализации ИОС нового поколения встают следующие задачи:

- разработка и описание структуры и наполнения учебного материала в максимально понятном и удобном для усвоения виде;

- представление и описание знаний о предметной области, по которой ведется обучение;

- представление и описание знаний вспомогательных предметных областей, которые используются для организации процесса обучения. К ним относятся педагогика, психология и т.п.;

- описание методов и реализация механизмов решения задач из различных предметных областей;

- представление и описание информации об обучаемом;

- описание и реализация способов взаимодействия ИОС с пользователем и подсистем в ее составе.

Перечисленные задачи требуют предварительного решения двух основных проблем, а именно описания и обработки большого объема сложноструктурированных знаний различной природы. При этом система должна обеспечивать работу в масштабе реального времени, что без применения параллельной обработки информации на современной вычислительной технике невозможно. При отсутствии технологии и мощных базовых инструментальных средств реализовать ИОС, обладающую всеми перечисленными выше достоинствами, очень сложно. Кроме того, при создании каждой новой ИОС придется затрачивать практически одинаковое количество усилий, что в дальнейшем не всегда может быть компенсировано эффективностью разработанной системы. Это является одной из причин того, что существующие ИОС пока не получили достаточно широкого распространения.

Исходя из вышесказанного, ИОС нового поколения представляют собой более развитый и, как следствие, более сложный класс КСО, в которых решаются следующие проблемы:

1) обработка больших объемов сложноструктурированной информации различного типа;

2) обеспечение гибкости и легкой модифицируемости системы с целью адаптации к пользователю;

3) работа в режиме реального времени;

4) интеграция различных программных систем в составе одной системы.

В связи с этим инструментальные средства проектирования (ИСПр) ИОС нового поколения должны быть ориентированы на следующее:

- 1) поддержку сложноструктурированных баз знаний, включающих описание информации различного типа;
- 2) обеспечение легкой интегрируемости баз знаний с внешними по отношению к ним прикладными программами;
- 3) обеспечение легкой интегрируемости различных видов знаний и различных механизмов их переработки, т.е. интегрируемости баз знаний различных прикладных ИС в составе одной системы;
- 4) ориентацию на сочетание синтаксической простоты и семантической мощности языков представления знаний;
- 5) ориентацию на открытость (легкую расширяемость) языков представления и переработки знаний;
- 6) поддержку параллельной переработки знаний;
- 7) наличие технологии применения ИСПр для разработки конкретных ИОС.

### **3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КСО И ИОС**

В связи с вышесказанным в настоящее время актуальной является проблема разработки инструментальных средств проектирования (ИСПр) ИОС нового поколения и методик (технологий) их разработки на базе указанных ИСПр. Следует, однако, заметить, что такая проблема существовала также на этапе разработки КСО, не претендующих на интеллектуальность. Основные положительные моменты применения ИСПр КСО перечислены в [113, с.19]. Позволим себе в несколько видоизмененном виде процитировать их: “Применение инструментальных средств позволяет:

- значительно сократить сроки разработки КСО (существует возможность повторного использования технологических и методических наработок);

- непосредственно участвовать преподавателям-методистам в создании КСО, так как освоение инструментальных средств проходит достаточно легко, а процесс создания КСО не требует программирования;

- получить лицензионно чистый конечный продукт при минимальных затратах;

- поручить разработку отдельных частей КСО или отдельных КСО разным творческим коллективам (при задании четких требований к стилю реализации КСО), что позволит совместными усилиями нескольких творческих коллективов создать целостный блок КСО;

- проводить коррекцию курса конкретным преподавателем в соответствии с его представлениями о структуре и содержании КСО;

- получить возможность повторного использования отдельных объектов или целых фрагментов из готовых КСО.”

### 3.1. Виды инструментальных средств проектирования КСО

В настоящее время наиболее распространенными являются инструментальные средства (оболочки), позволяющие разрабатывать лишь фрагменты обучающих систем или системы, выполняющие ограниченное количество функций, большинство из которых даже не претендуют на звание интеллектуальных. Кроме того, во многих из них происходит ориентация на некоторую заранее определенную предметную область. Наиболее известными примерами таких оболочек являются:

1) различные средства построения АУК [3] и модульных учебников [75], к которым относятся такие системы, как *АСКУН*, *КОНТУР*, *АДОНИС*, *СЦЕНАРИЙ*, *АОСМИКРО*, *УРОК*, *ToolBook*, *LinkWay*, *Quest*, *TeachCAD*, *Folio Views* и многие другие;

2) всевозможные инструментальные средства для построения гипертекстов [2; 36; 67; 68]: *Expert Help*, *SOURCEDOC*, *SHelp*, *Smar Text*;

3) средства разработки мультисред и гиперсред [116; 120; 114; 41]. Для этой цели в настоящее время существует целый арсенал средств разработки мультимедиа-приложений. К ним относятся средства разработки: а) презентаций - *PowerPoint*, *LinkWay*, *HyperCard*; б) двумерной и трехмерной компью-

терной графики - *CorelDraw!*, *Autodesk Animator*, *3D Studio*, *Electric Image Animator System*, *Softimage 3D*, *trueSpace*, *Imagine*, *Prisms*, *Three-D*, *RenderMan*, *CrystalTopas*; в) видеороликов - *Video Editor*, *Adobe Premiere*, *Media Merge*, *CoSA Aftor Effects*; г) записи, синтеза и воспроизведения звука и музыки - *Sound Forge*, *WaveLab*, *CoolEdit*, *Cakewalk*, *CubaseScore*, *Midisoft Recording Session* и другие;

4) различные системы моделирования [1]. Здесь следует заметить, что разработчики большинства моделирующих учебных систем предпочитают использовать для разработки конкретной системы разрабатываемые ими самими инструментальные средства. Тем не менее существуют также специализированные инструментальные среды моделирования, например, *Sketch!*, *Ray Dream Designer*, *MacroModel*, *Form.2*, *Crystal 3D Desinger*;

5) вспомогательные средства, облегчающие труд преподавателей по ведению всевозможной учебной документации [15], расписаний [57; 58; 59; 7] и т.п.

Как сказано выше, одним из путей компьютеризации современной системы образования является также использование в качестве обучающих всевозможных экспертных систем по различным предметным областям, например, медицине, экологии и т.п., которые применяются для учебно-тренировочных целей [105]. Для разработки экспертных систем в настоящее время имеются всевозможные инструментальные средства [97; 20; 53; 54; 69; 81; 115], которые, как показывает практика, также довольно часто и вполне успешно используются в процессе обучения, “помогая” обучаемым осознать структуру изучаемого ими предмета, выявить основные зависимости между изучаемыми понятиями, а также промоделировать решение задач из изучаемой предметной области [37]. К таким инструментальным средствам относятся, например, следующие: ИНТЕР-ЭКСПЕРТ, *Leonardo*, ЭКСПЕРТ-ЭКО и многие другие.

## 3.2. Моделирование процессов обучения и самообучения

Главной проблемой при разработке как ИСПр ИОС, так и самих ИОС является специфика процесса обучения, который представляет собой динамический, постоянно изменяющийся процесс как при работе с различными учениками, так и при работе с каждым из них в отдельности. Кроме того, постоянно изменяющиеся требования к структуре и наполнению учебного материала заставляют задуматься над проблемой оперативной его модификации в процессе функционирования системы. К сожалению, в настоящее время такие возможности предусматриваются далеко не в каждом инструментарии. Как правило, большинство из них ориентировано на создание некоторого конкретного варианта обучающей системы, а любая ее модификация либо невозможна, либо требует немалых дополнительных усилий.

Для того чтобы разработать эффективные ИОС (либо инструментальные средства проектирования ИОС), требуется детальное переосмысление процесса обучения. Рассмотрим кратко некоторые аспекты этого сложного процесса.

### 3.2.1. Учение и обучение

Психологи различают два основных вида деятельности, связанные с познавательными процессами человека, - *учение* и *обучение* [86]. Под *учением* понимают деятельность человека (учащегося), объективно направленную на самостоятельное освоение системы знаний, умений и навыков. *Обучение* - деятельность человека (учителя), направленная на управление учебной деятельностью другого человека (обучаемого). Прежде чем рассмотреть подробно структуру каждого из этих видов деятельности, заметим, что любая деятельность человека происходит в определенных условиях и включает следующие элементы:

*потребность -> мотив -> цель -> задача -> действия -> операции.*

*Потребность* представляет собой нужду в чем-либо субъективно необходимым для существования и развития человека и вызывает *мотив* - побуждение к деятельности. Из множества конкурирующих мотивов характер дея-

тельности определяется и направляется доминирующим мотивом. Если мотив может не осознаваться субъектом, то **цель** деятельности, т.е. ее предполагаемый результат, как правило, осознается. Для достижения цели в конкретных условиях необходимо решить **задачу**. Обычно сложная цель допускает разбиение на подцели, соотнесение каждой из которых с условиями образует подзадачу. Решение задачи (подзадачи) требует от субъекта **действий**, каждое из которых состоит из последовательности **операций**, основанных на знаниях, умениях и навыках субъекта и применяемых им для преобразования объектов задачи и достижения цели (подцели). Решение задачи дает результаты как направленные на удовлетворение потребности, вызвавшей деятельность (так называемые прямые результаты деятельности), так и изменяющие сам субъект и его потребности - побочные результаты деятельности.

В каждом действии функционально выделяют три части: **ориентировочную, исполнительную и контрольную**. Функция **ориентировочной** части заключается в определении характера (цели) действия и выборе (планировании) последовательности операций для выполнения действия. **Исполнительная** часть заключается в реализации намеченного плана действий. **Контрольная** часть осуществляет пооперационное слежение за исполнением действия, сравнение результатов исполнения операций с требуемыми целями (диагностика) и в случае расхождения проводит коррекцию плана исполнения действия. Такая же функциональная структура соответствует задаче и всей деятельности. Заметим, что понятия "задача", "действие" и "операция" относительны, т.е. то, что является действием на одном уровне развития интеллекта, может стать операцией на более высоком уровне. Например, сложение двузначных чисел для первоклассника является сложным действием, включающим несколько операций, а для старшеклассника - одной операцией. Учебная деятельность состоит из следующих этапов [85]:

1) **вводно-мотивационного**, включающего такие основные учебные действия:

- а) осознание учащимся основной учебно-проблемной ситуации, вводящей его в предмет предстоящей работы по изучению учебного материала;
- б) формулирование основной учебной задачи;
- в) самоконтроль и самооценка возможностей предстоящей деятельности

по изучению учебного материала;

2) *операционально-познавательного*, на котором учащийся изучает учебный материал, овладевает предусмотренными знаниями, умениями и навыками в процессе решения основной учебно-познавательной задачи;

3) *контрольно-оценочного*, когда учащийся обобщает изученный материал, анализирует проделанную работу и оценивает свою деятельность в целом, а также проводит корректировку ошибочных действий. Важной характеристикой учебной деятельности является то, что ее главный результат заключается в изменении самого субъекта, т.е. прямой и побочный результаты совпадают.

Ниже будет дано описание частного случая обучающей деятельности учителя, направленной на управление индивидуальной учебной деятельностью, т.е. приводится модель обучающей деятельности *репетитора*. Такое сужение оправдано тем, что в настоящее время основные усилия направлены на моделирование и формализацию процесса управления именно индивидуальной учебной деятельностью с помощью компьютера. *Индивидуализация обучения* позволяет обучаемому изучать предмет в собственном темпе, а учителю использовать те методические приемы, которые наиболее приемлемы для данного обучаемого.

Обучающая деятельность учителя соотносится с каждым из трех этапов учебной деятельности обучаемого [85]:

1. *Вводно-мотивационный*. На этом этапе учитель:

а) создает проблемную ситуацию с целью выяснения места, роли и значения данной учебной темы в системе учебного предмета;

б) формулирует цели учебно-познавательной деятельности обучаемого и требования к минимуму знаний, умений и навыков (предметных и учебных), которыми он должен овладеть;

в) разъясняет план изучения темы.

2. *Операционально-познавательный*. Здесь учитель:

а) предоставляет обучаемому нужную информацию об изучаемом предмете в форме лекции, беседы и т.п.;

б) демонстрирует опыты, эксперименты, проводит экскурсии;

в) организует и руководит учебно-познавательной деятельностью обучаемого.

мого на уроке;

- г) организует контроль, оценку и учет учебной работы обучаемого;
- д) организует и руководит коррекцией учебной работы обучаемого.

**3. Контрольно-оценочный.** На этом этапе учитель:

- а) руководит учебной работой обучаемого по обобщению учебного материала;
- б) проводит итоговый контроль и оценивает работу обучаемого;
- в) диагностирует знания обучаемого и организует их коррекцию.

Кроме того, в процессе изучения всего предмета, отдельной темы и каждого урока учитель проводит подготовительную работу, заключающуюся в анализе результатов предыдущей и планировании предстоящей работы (формулирование целей, выбор методики обучения и т.п.), отборе и разработке учебного материала (лекций, задач и т.п.).

В процессе работы учитель изучает личность обучаемого, его психологические (темперамент, характер, внимание и т.п.), социальные и познавательные характеристики, на основании которых учитель планирует свою деятельность. Учитель сознательно или бессознательно (следуя принятым традициям и течениям) опирается на некоторую психологическую теорию учения.

### **3.2.2. Компьютеризация процессов учения и обучения**

Процесс обучения обычно рассматривается как коммуникативный процесс передачи обучающей информации от преподавателя (обучающего устройства) к ученику [96]. Под обучением будем понимать такое взаимодействие между объектом обучения (учеником) и обучающим устройством (учителем), которое моделирует их традиционное взаимоотношение, отличающееся наличием двух чередующихся и четко определенных фаз (рис. 3.1):

- 1) фазы передачи информации (собственно обучение, рис. 3.1, а);
- 2) фазы контроля (рис. 3.1, б).

Обе фазы имеют свои отличные цели и дифференцированы во времени.

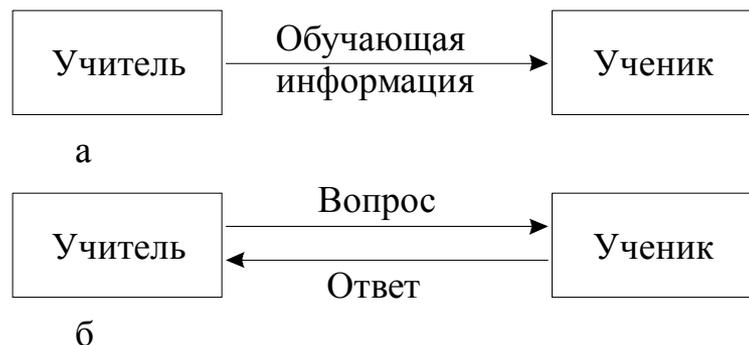


Рис. 3.1. Схема взаимодействия в процессе традиционного обучения: а) 1-я фаза: передача информации; б) 2-я фаза: контроль

Целью *первой фазы* является передача информации на основе имеющихся представлений учителя об ученике.

*Вторая фаза* позволяет учителю уточнить эти представления. Такая дифференциация возникла исторически в связи с необходимостью массового обучения (один учитель и много учеников). Достоинства и недостатки ее хорошо известны. И именно они отличают ее многочисленные компьютерные версии в виде АОС - автоматизированных систем обучения. Весьма ограниченный успех АОС связан именно с тем, что здесь компьютеризации подверглась традиционная схема обучения, в то время как эффективное применение компьютера требует создания специальной компьютеризованной технологии в той области, где он внедряется. С АОС этого не произошло, что и определило их прозябание на ниве образования.

Однако опыт схемы традиционного обучения настолько велик, что целесообразно его подвергнуть компьютеризации, но не “в лоб”, как это сделано в АОС, а разработав компьютерную технологию обучения.

Теперь об *учении* (или самообучении). Оно отличается от обучения отсутствием учителя и, следовательно, этапа передачи информации, как показано схематически на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Схема взаимодействия в процессе учения

Задача в виде вопроса генерируется средой. Ее решение (ответ ученика) сообщается среде, которая реагирует на него в виде реакции. Эта реакция может иметь самый разнообразный характер: от поощрения или наказания (в зависимости от ответа) до подсказки, как надо было решать поставленную задачу. Отличительной чертой самообучения является отсутствие декларируемых знаний общего характера - вся поступающая обучающая информация связана только с конкретной решаемой задачей. Обучение в режиме самообучения, как видно, должно моделировать реальные взаимоотношения ученика со средой в процессе

его профессиональной деятельности. Компьютеризация самообучения не требует знания столь изоощренных дидактических методов, как обучение, но зато заставляет генерировать задачи, близкие к реальным.

Оба подхода нашли свое место в системе образования: режим обучения - для хорошо структурированных предметов, реализованные в виде стандартных курсов общего образования (например, средней и высшей школы), а самообучение - для плохо структурированных предметов, которые обычно составляют основу профессионального образования.

### 3.2.3. Цели обучения с помощью компьютера

Обобщая сказанное выше, можно сделать вывод, что обучающие программы служат для обеспечения следующих основных *педагогических целей*:

1) **демонстрация учебного материала**: обучаемому предъявляется текстовый, графический, аудио- и видеоматериал. Программы, реализующие эту цель, называются демонстрационными, а также компьютеризированными лекциями и электронными книгами;

2) **тестирование и диагностика**: обучаемый подвергается испытанию с

целью выяснения некоторых его характеристик, в частности, глубины усвоения знаний или степени приобретения навыков и умений, полученных им ранее;

3) **тренировка**: обучаемый получает знания, необходимые для выполнения определенной работы, а учебные программы организуют адекватную среду для приобретения и закрепления требуемых навыков и умений. Учебные программы данного класса принято называть тренирующими программами, или тренажерами. Характерными их чертами являются:

а) наличие как формальной, так и аудиовизуальной модели изучаемого предмета;

б) явное знание целей функционирования системы;

в) наличие контроля действий обучаемого;

г) как правило, наличие жестких ограничений на время, выделяемое обучаемому для достижения поставленной цели;

4) **обучение**: обучаемый получает знания и приобретает умения и навыки в некоторой предметной области под управлением учебной программы. При этом программа принимает на себя все функции преподавателя по организации предъявления учебного материала, контроля его усвоения и диагностики ошибок обучаемого. Данный класс программ характеризуется:

а) наличием цели обучения;

б) реализацией некоторого метода обучения, приводящего к достижению требуемой цели и определяющего стиль общения с обучаемым;

в) комплексным решением задач учения, контроля и диагностики.

### **3.3. Виды инструментальных средств проектирования ИОС**

Наиболее перспективными в настоящее время являются ИСПр ИОС, которые относятся к категории так называемых “пустых” интеллектуальных систем, где имеются средства представления знаний и механизмы их переработки, но нет самих этих знаний. Такого рода средства позволяют создать практически любую ИОС, удовлетворяющую тем требованиям, которые предусмотрит разработчик этой системы, использующий предложенный инструментарий.

Однако, как отмечается в [105], в настоящее время среди зарубежных разработок таких средств нет, а среди отечественных (здесь имеются в виду и страны ближнего зарубежья) их очень мало. В этой же работе говорится о проекте КОАЛА-АН, в котором предусматривается решение практически всех проблем с целью разработки мощного инструментального комплекса, который в дальнейшем планируется использовать “в качестве полигона для различных подходов к созданию ИОС и для быстрого прототипирования конкретных обучающих систем”. К сожалению, ввиду отсутствия финансирования этот проект так и не доведен до конца.

В [119] дается краткое описание двух видов ИСПр ИОС: инструментальной оболочки СОСА (см. также [33]) и системы G2, которая наряду с использованием для проектирования различных прикладных ИС может быть использована и при создании ИОС. Обе эти системы представляются как достаточно мощные и перспективные инструментальные комплексы.

В [86] описывается система для создания интеллектуальных тренирующих и обучающих программ NEWTON\_T, однако в ней имеются некоторые ограничения на количество задач. Кроме того, предлагаемые средства не являются достаточно удобными и понятными для неподготовленного пользователя, например, учителя.

В [64] предлагается способ описания процесса управления обучением на основе “учебных структур знаний”. Этот способ ориентирован на проектирование семейства ИОС, но это скорее методология разработки ИОС, а не законченный инструментарий.

В [8] дается краткое описание программного инструментария для автоматизации разработки ОЭС, который находится на стадии апробации. В [23] описывается ППП МОАП-МИКРО, представляющий собой инструментальные средства проектирования ЭОС, однако и эти средства ориентированы на подготовленного пользователя, т.е. на инженера, разрабатывающего ЭОС, и не могут быть использованы менее подготовленными пользователями, которыми являются преподаватели.

### 3.4. Структура инструментальных средств проектирования ИОС

Обобщенная структура ИСПр прикладной ИС с ориентацией на проектирование ИОС нового поколения приведена на рис. 3.3. Комплекс таких средств, в свою очередь, также является интеллектуальной системой, а при наличии достаточно хорошей поддержки режимов помощи и обучения и при наполнении ее знаниями об управлении обучением, тестировании и т.п. он “превращается” в ИОС, обучающую проектированию ИОС.

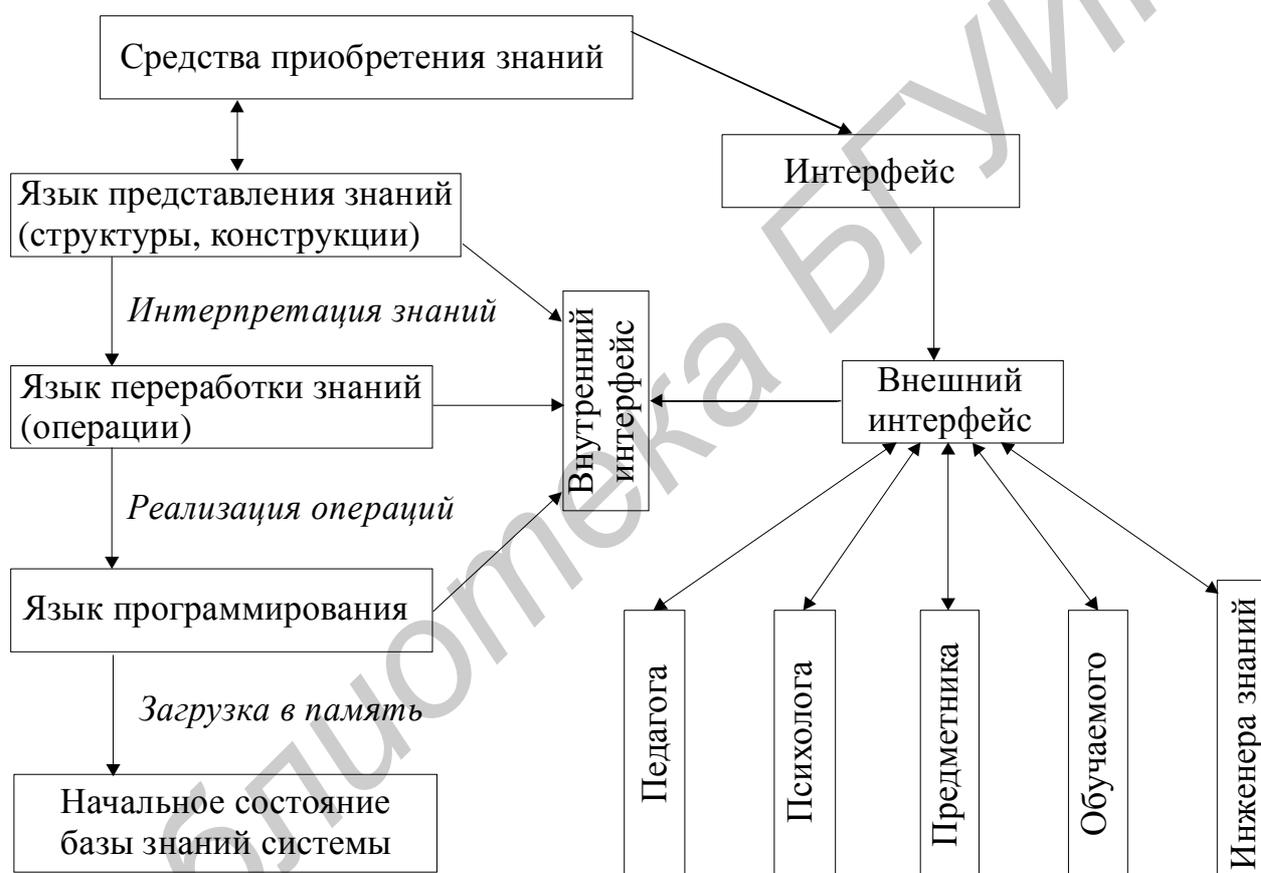


Рис.3.3. Обобщенная структура инструментальных средств проектирования ИС

Согласно принципам построения ИС, в состав инструментальных средств их проектирования включаются языки представления и переработки знаний, от выразительной и операционной мощности которых зависит качество и эффективность разрабатываемых на их основе систем [53; 25]. ИС называют

также системами, основанными на знаниях [98] и поэтому в состав инструментальных средств должны быть также включены средства приобретения знаний для ИС [21; 82; 83]. Средства приобретения знаний могут быть разработаны в виде удобной диалоговой подсистемы, работая с которой эксперт вносит свои знания в базу знаний. Однако наличие средств приобретения знаний не является критичным, так как синтаксис языка представления знаний должен быть достаточно понятным для эксперта, так что он может описывать знания о своей предметной области непосредственно на предоставляемом ему в составе инструментария языке. Это объясняется тем, что при разработке языков представления знаний одним из критериев оценки его выразительной мощности является его простота и понятность даже для неспециалиста в области искусственного интеллекта. Таким образом, разработчик конкретной ИОС освобождается от решения проблем представления и переработки знаний, и центр тяжести перемещается на детальную проработку структуры и содержания учебного материала, методик обучения, разработку тестов и т.д. При этом предоставляемые средства имеют целью облегчить решение и этих задач.

Язык переработки знаний представляет собой совокупность операций, которые обеспечивают интерпретацию описанной на языке представления знаний информации о предметной области с целью решения различных задач и нахождения ответов на вопросы пользователя. Операционная мощность языка переработки знаний характеризуется оптимальностью набора его операций и их функциональной полнотой. Для реализации операций переработки знаний используется некоторый язык программирования, от уровня которого зависит эффективность и быстродействие системы в целом.

Немаловажным элементом в составе инструментальных средств проектирования ИОС является также интерфейс. Внешний интерфейс подразделяется на типы, соответствующие различным категориям пользователей предлагаемых средств. Это разделение не является строгим, так как многие элементы являются общими для различных типов интерфейса.

Таким образом, разработка ИСПр ИОС нового поколения имеет свою специфику, поскольку интеллектуальные системы имеют существенное отличие от систем, не являющихся таковыми. Среди задач, возникающих при разработке ИСПр ИОС, выделим следующие:

- с целью повышения эффективного использования знаний в ИОС целесообразной становится разработка соответствующих языковых средств, а именно, языка описания знаний и языка параллельной переработки этих знаний;

- для повышения наглядности учебного материала необходимо обеспечить удобство использования различных способов его связного описания: в виде текста, графики, анимации, звука;

- в связи с тем, что ИОС состоит из ряда подсистем, необходимо разработать эффективные способы их взаимодействия и, как следствие, языковые средства описания и реализации этого взаимодействия;

- должна быть предусмотрена возможность оперативной модификации базы знаний как ИОС в целом, так и отдельных ее компонентов не только на этапе разработки и поддержки функционирования системы, но и в процессе ее непосредственной работы с конкретным пользователем.

В связи с этим в составе ИСПр ИОС нового поколения разработчику предлагаются языки представления и обработки знаний следующих типов:

- 1) знания о предметной области - для решения задач;
- 2) учебный материал - для предоставления пользователю в процессе обучения и в качестве помощи;
- 3) информация о пользователях ИОС - для адаптации к их индивидуальным особенностям;
- 4) механизмы взаимодействия подсистем между собой и с пользователем.

Для указанных инструментальных средств необходима единая основа, позволяющая единообразно реализовать все уровни ИОС, гарантируя тем самым более эффективное функционирование системы в целом. Кроме того, для разработки конкретной ИОС на базе таких ИСПр должна применяться единая для всех уровней методика разработки системы.

## 4. АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Начальным этапом проектирования любой сложной системы является построение ее архитектуры, которая зависит от средств и методов реализации этой системы. Разработчики ИОС предлагают различные варианты архитектур систем данного класса [87; 33; 118; 105]. Общим во всех этих архитектурах является то, что ИОС состоит из нескольких подсистем, в результате взаимодействия которых пользователю должен обеспечиваться оптимальный режим обучения по выбранной предметной области. Все подсистемы в составе ИОС тесно взаимодействуют между собой, т.е. ИОС с полным основанием можно считать коллективом интеллектуальных систем, поддерживающих различные аспекты процесса обучения.

Один из вариантов архитектур ИОС представлен на рис. 4.1. Каждая из подсистем в составе ИОС строится по тем же принципам, что и любая отдельная интеллектуальная система, т.е. имеет свою базу знаний (БЗ) и механизмы ее переработки. При этом БЗ каждой из подсистем входит в состав общей БЗ ИОС и хранится в одной и той же памяти, что значительно облегчает процесс взаимодействия подсистем. В этом случае БЗ ИОС приобретает сложную структуру и большой объем, а механизмы ее обработки имеют различную типологию, т.е. являются смешанными. Для разработки системы с такой сложной структурой необходимы мощные базовые инструментальные средства, разработка которых является одной из задач данной работы.

Перейдем к более подробному рассмотрению задач и особенностей построения каждой из подсистем в составе архитектуры, приведенной на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Архитектура интеллектуальной обучающей системы

#### 4.1. Подсистема решения задач и ознакомления с предметной областью

Одним из требований, предъявляемых к современным ИОС, является их способность самостоятельно решать задачи из предметной области, по которой ведется обучение. При этом класс этих задач не должен ограничиваться некоторым конкретным, заранее заготовленным набором условий задач и их решений, как это было принято в АОС. Класс решаемых ИОС задач может ограничиваться лишь информационной насыщенностью базы знаний (БЗ) предметной области, а решения этих задач система должна находить самостоятельно в результате обработки БЗ. Обработка БЗ производится набором механизмов переработки знаний, которые включаются в состав инструментальных средств проектирования ИОС. К таким механизмам, в частности, относятся SCL-операции [30]. Знания о предметной области, необходимые системе для решения задач, а также условия задач, описываются на языке представления знаний SCL. Условия решаемых задач могут быть либо заготовлены в составе учебного материала по изучаемому предмету, либо сгенерированы системой, либо введены пользователем. Заметим, что далеко не каждая компьютерная система обучения может сама решать задачи, решению которых она обучает пользователя. В настоящее время уже существуют ИОС, имеющие в своем составе подсистему решения задач [77; 130].

Спецификой ИОС является ее способность не только решать задачи, но и обучать пользователя решению этих задач и отвечать на его вопросы. При этом следует учитывать, что круг вопросов пользователя является нечетко очерченным, а сами вопросы могут носить неконкретный характер, т.е. пользователь может попросить рассказать ему что-нибудь о том или ином понятии либо показать, как решать задачи, о которых он сам почти ничего не знает, и сформулировать условие не в состоянии. В связи с этим возникает необходимость более подробного рассмотрения типологии вопросов пользователя для обеспечения наиболее адекватной их обработки.

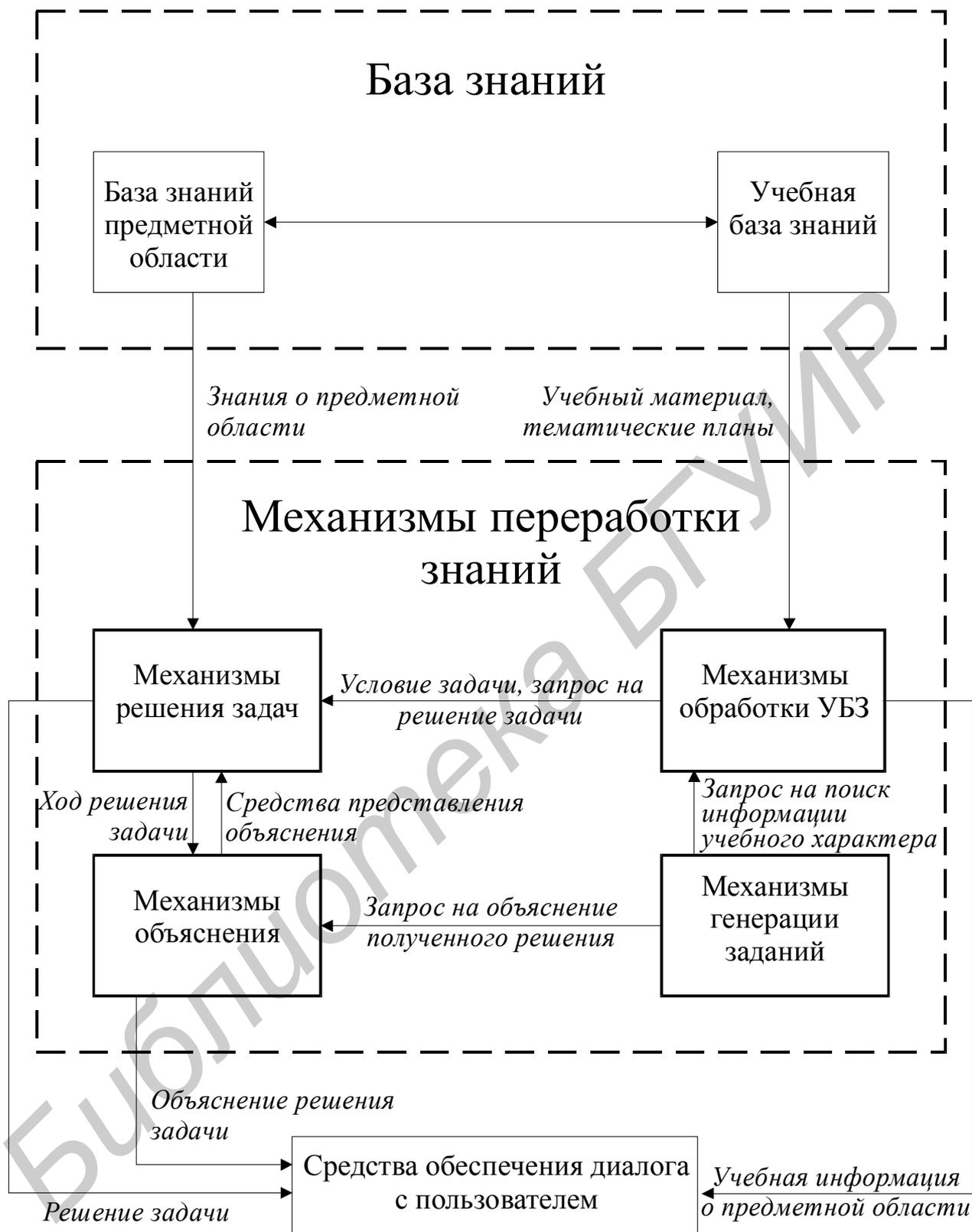


Рис. 4.2. Архитектура подсистемы решения задач и ознакомления с предметной областью

Решение задач и непосредственное обучение пользователя осуществляется подсистемой решения задач и ознакомления с предметной областью (ПсРЗиПОб), основные компоненты которой приведены на рис. 4.2. Основой рассматриваемой подсистемы является модель предметной области.

**Определение 1.** Моделью предметной области  $MA$  называется пара

$\langle N, I \rangle$ , где

$N = \{T \dot{\cup} R, C\}$  - модель описания знаний о предметной области, объединяющая множества знаков понятий ( $T$ ) и отношений ( $R$ ) предметной области, а также связей ( $C$ ) между ними;

$I$  - модель описания учебной информации,

при этом  $N \subseteq I^{-1} \in$ .

**Определение 2.** Модель описания учебной информации  $I$  имеет вид

$I = \{Ts, S, M\}$ ,

где  $Ts \subseteq T \dot{\cup} R$  - множество знаков изучаемых понятий и отношений ПОб;

$S$  - множество конструкций, описывающих содержательную структуру учебного материала;

$M = X \dot{\cup} P \dot{\cup} A \dot{\cup} D$  - множество элементов, описывающих содержание учебного материала, включающее учебные тексты ( $X$ ), наборы рисунков ( $P$ ), демонстраций ( $A$ ), звуковое сопровождение ( $D$ ).

Исходя из сказанного, БЗ ПсРЗиПОб содержит описание модели  $MA$  на языке представления и переработки знаний. Эта БЗ формально делится на два типа: БЗ, содержащая описание модели  $N$ , и БЗ, содержащая описание модели  $I$ .

**Определение 3.** БЗ, содержащая описание модели  $N$ , называется БЗ предметной области (ПОб), а БЗ, содержащая описание модели  $I$ , называется учебной БЗ (УБЗ).

Таким образом, БЗ ПОб содержит знания, необходимые системе для решения задач, т.е. набор сведений о понятиях и отношениях предметной области, используемых ПсРЗиПОб в процессе нахождения решения той или иной задачи. Эти знания представляются и обрабатываются на языке представления и переработки знаний, который также включается в состав комплекса инструментальных средств проектирования ИОС (пример языка представления и переработки знаний см. в [92; 31; 32]).

В предположении, что обучаемый положительно мотивирован (т.е. сам желает получить определенную сумму знаний и умений с помощью компьютера), процесс обучения строится таким образом, чтобы предоставить максимальную свободу пользователю, помогая ему быстро сориентироваться в незнакомой (или мало знакомой) ПОб. В связи с этим учебный материал должен быть структурирован таким образом, чтобы его изучение было максимально удобным и, следовательно, эффективным. Здесь требуется совместная кропотливая работа эксперта-предметника и эксперта-педагога. С целью облегчения этой задачи в состав инструментальных средств проектирования ИОС включаются средства представления знаний об учебном материале по ПОб, которые хранятся в УБЗ.

Как сказано выше, в УБЗ содержится информация учебного характера, необходимая для ознакомления с понятиями и закономерностями изучаемой ПОб. В отличие от БЗ предметной области, УБЗ главным образом содержит информацию, используемую для непосредственного вывода пользователю, а не для решения задач. Однако обе эти БЗ тесно связаны, так как основными элементами в них являются знаки [25] объектов и отношений рассматриваемой ПОб, которые являются общими для обеих БЗ. Таким образом, объекты и отношения ПОб рассматриваются в БЗ ПсРЗиПОб с двух позиций:

1) как элементы, используемые для непосредственного описания закономерностей ПОб, учитываемых при решении задач (это элементы множеств  $T$  и  $R$  - см. определение 1);

2) как элементы, о которых необходимо “рассказать” обучаемому и тем самым обучить его (это элементы множества  $T_i$  - см. определение 2).

В рамках множеств  $S$  и  $M$  в УБЗ помещается информация следующего характера:

1) комментарии к понятиям предметной области, расшифровка их семантики, формулировки определений, правил, теорем и т.п. Эта информация большей частью является текстовой (графической, звуковой и т.п.) и используется для непосредственного отображения (воспроизведения) пользователю;

2) информация о структуре и содержании учебного материала по изучаемой ПОБ. Заметим, что фрагменты этого учебного материала могут быть оформлены, например, в виде энциклопедии [120], в том числе с использованием гипертекстовой технологии, разработкой гиперсред с использованием средств мультимедиа;

3) тематические планы обучения, т.е. структуры, описывающие последовательность представления обучаемому учебного материала о том или ином понятии ПОБ;

4) степени сложности элементов учебного материала, учитываемые при выборе наиболее адекватной конкретному обучаемому тактики обучения с целью адаптации к его уровню знаний [130].

Заметим также, что наличие УБЗ позволяет формировать наиболее понятные для пользователя объяснения [132] и поэтому является существенным дополнением БЗ предметной области.

**Определение 4.** Модель предметной области *МА* является реализуемой, когда она включает средства переработки информации, описываемой данной моделью, т.е. представима в виде четверки  $\langle N, I, f_N, f_I \rangle$ , где  $f_N, f_I$  - механизмы переработки информации моделей *N* и *I* соответственно.

Таким образом, помимо знаний о предметной области ПсРЗиПОБ содержит механизмы их переработки, которые подразделяются на группы (рис. 4.2) в соответствии со спецификой реализуемых с их помощью режимов функционирования системы. Такими режимами являются следующие:

- решение задач по их постановкам;
- объяснение полученного решения;
- ознакомление пользователя с изучаемой предметной областью.

Каждый из перечисленных режимов активизируется в соответствии со сформированным в ПсРЗиПОБ и активным, т.е. подлежащим выполнению, в

данный момент заданием (запросом). Это задание может быть получено из подсистемы управления обучением при активизации выбранной стратегии обучения или сгенерировано подсистемой решения задач и ознакомления с предметной областью в соответствии с вопросом, заданным пользователем. В последнем случае преобразование вопроса пользователя в соответствующее задание производится с помощью механизмов генерации заданий. На рис. 4.2 показано, какие типы заданий обрабатываются каждой группой механизмов переработки знаний.

#### **4.2. Подсистема управления обучением**

Главной целью любой обучающей системы является обучение пользователя знаниям и умениям в некоторой ПОБ. Однако эту цель нельзя считать единственной, так как второй немаловажной задачей является оптимизация временных затрат на обучение и повышение его эффективности, т.е. компьютерная система должна уметь организовать свою работу таким образом, чтобы качественно обучить пользователя за минимальное время. Достижение этой цели в ИОС возлагается на подсистему управления обучением (ПсУО), основой которой является модель обучения. Существуют различные подходы к трактовке и реализации процессов управления обучением [96; 46; 16]. На рис. 4.3 указаны основные компоненты ПсУО в составе предлагаемой архитектуры ИОС, а также отмечены направления и цели ее взаимодействия с другими подсистемами. Из рисунка видно, что ПсУО в ИОС занимает центральное место, поскольку она фактически выступает в качестве посредника во взаимодействии всех подсистем в составе ИОС.



Рис. 4.3. Архитектура подсистемы управления обучением

#### 4.2.1. Описание модели обучаемого

Одним из критериев интеллектуальности прикладной системы является ее способность адаптироваться к пользователю. В связи с этим в составе ИОС должен присутствовать компонент, обеспечивающий возможность хранения и обработки информации о пользователе. Таким компонентом является модель пользователя (обучаемого). Кроме того, как уже говорилось, одной из причин возникновения необходимости разработки ИОС является тот факт, что нельзя построить сколько-нибудь эффективные обучающие системы, не встроив в них модель обучаемого с учетом его психологических особенностей и хорошо продуманную систему анализа ошибок обучающегося [55]. Модель обучаемого содержит знания о том, кто обучается [105; 137, 133], и описывает индивидуальные характеристики каждого конкретного пользователя [19]. Остановимся на одном из определений модели обучаемого.

**Определение 5.** Модель обучаемого  $St$  имеет вид пятерки

$\langle B, Bs, Va, Vc, H \rangle$ ,

где  $B$  - базовая информация об обучаемом, характеризующая его как индивидуальность (имя, пол, характер, возраст, способности);

$Bs$  - стартовая информация о пользователе, необходимая для начала отдельного сеанса обучения (начальный уровень знаний и умений, возможные пожелания пользователя по ведению диалога с системой, прогнозируемые пользовательские ошибки и др.);

$Va$  - цели обучения;

$Vc$  - текущее состояние пользователя (текущее состояние процесса взаимодействия пользователя с системой, текущий уровень знаний и умений пользователя и знаний системы о состоянии пользователя, обработка статистической информации);

$H$  - история взаимодействия с системой (описание последовательности действий системы и пользователя, вопросы пользователя системе и ее ответы, ответы пользователя на вопросы системы и результаты их обработки, допущенные пользователем ошибки и действия системы по их устранению, статистическая информация по результатам взаимодействия с системой и т.д.).

Таким образом, в БЗ модели пользователя хранится информация о пользователях данной ИОС, а также механизмы ее обработки.

#### **4.2.2. Обработка модели обучаемого**

В результате обработки модели пользователя с помощью механизмов обработки модели обучаемого происходит адаптация ИОС к индивидуальным особенностям конкретного взаимодействующего с ней в данный момент пользователя. Механизмы обработки модели обучаемого представляют собой совокупность операций поддержки модели обучаемого, аналогичных, например, SCL-операциям [30]. Рассмотрим один из возможных наборов операций обработки модели обучаемого.

Совокупность операций обработки модели пользователя можно разбить на следующие основные группы:

- операции модификации модели обучаемого;
- операции анализа состояния обучаемого и выбора стратегий обучения;
- операции ведения истории взаимодействия пользователя с ИОС.

**Операции модификации модели обучаемого** осуществляют необходимые преобразования по генерации и удалению конструкций, описывающих модель обучаемого, т.е. задачами функционирования этих операций является поддержка текущего состояния описания модели обучаемого в БЗ ИОС. К ним относятся такие операции, как:

1) ***операция инициализации модели обучаемого***. Эта операция инициируется в начале процесса взаимодействия пользователя с ИОС и предназначена для выбора или генерации в БЗ ИОС модели того обучаемого, с которым система начинает непосредственно взаимодействовать (далее такого пользователя будем называть активным). Целью данной операции является поиск (или генерация) в БЗ знака пользователя, приступившего к обучению, и включение его во множество активных пользователей. В случае отсутствия в БЗ информации об указанном пользователе для него генерируется новая конструкция, описывающая соответствующую ему модель обучаемого. Признаком, по которому производится поиск знака активного пользователя, является, например, его полное имя;

2) **операция завершения сеанса обучения.** Конечной целью данной операции является удаление знака активного обучаемого из множества активных обучаемых. Данная операция инициируется при наличии в памяти ИОС запроса, который формируется либо системой (в случае, если цель обучения достигнута, о чем сообщается пользователю с целью получения подтверждения завершения работы), либо пользователем. В последнем случае также производится анализ текущего состояния знаний обучаемого для выяснения, достигнута ли цель обучения, после чего пользователю выводится соответствующее сообщение. Кроме того, производится формирование соответствующих конструкций в компоненте модели обучаемого, отвечающем за накопление информации об истории взаимодействия с пользователем;

3) **операция удаления модели обучаемого** предназначена для удаления из БЗ ИОС конструкции, описывающей обучаемого, имя которого задано в соответствующем запросе. Этот запрос формируется либо системой после получения подтверждения от пользователя, завершающего обучение (см. предыдущую операцию), либо пользователем (как правило, учителем). При этом указанный в запросе обучаемый не обязан быть активным;

4) **операция формирования базовой информации об обучаемом.** Данная операция осуществляет формирование конструкций, описывающих полное имя, пол, возраст, характер обучаемого и т.п. в диалоге с активным пользователем. Заметим также, что выполнение данной операции не является обязательным для каждого обучаемого, так как базовая информация может быть введена учителем заранее в явном виде при формировании БЗ;

5) **операция постановки цели обучения** формирует в модели обучаемого конструкции, описывающие цели обучения;

б) **операция обновления модели обучаемого** осуществляет удаление всей информации из модели обучаемого, за исключением базовой.

**Операции анализа состояния обучаемого и выбора стратегий обучения** предназначены для осуществления адаптации к индивидуальным особенностям конкретного обучаемого и включают следующие операции:

1) **операция выбора стратегий и тактик обучения** для данного обучаемого. Данный выбор осуществляется по правилам, описанным на языке

представления знаний и хранящимся в БЗ подсистемы управления обучением ИОС. Таким образом, выбор стратегий и тактик обучения осуществляется операциями реализации модели поведения системы;

2) **операция вывода на экран пользователю** (учителю или самому обучаемому) **информации об обучаемом**. Перед непосредственным выводом информации данной операцией производится анализ состояния обучаемого;

3) **операция сопоставления цели обучения с текущим состоянием знаний и умений обучаемого**. Эта операция является одной из наиболее часто используемых и вызывается операциями модификации модели обучаемого;

4) **операция активизации режима тестирования** необходима для выявления уровня знаний и умений обучаемого и, как следствие, корректировки знаний ИОС о состоянии обучаемого.

**Операции ведения истории взаимодействия пользователя с ИОС** осуществляют перенос информации из текущего состояния обучаемого (currentState-компонента модели обучаемого) в историю взаимодействия (history-компонент) и включают следующие операции:

1) **операция генерации конструкций, описывающих последовательность действий обучаемого в процессе взаимодействия с системой**. Данная операция инициируется соответствующим запросом на этапе завершения реализации некоторой стратегии или тактики обучения и производит перенос информации из currentState-компонента модели обучаемого в history-компонент;

2) **операции определения и сохранения даты и времени текущего сеанса обучения** осуществляют запрос информации о текущей дате и времени у пользователя или операционной системы и заносят эту информация в history-компонент модели обучаемого;

3) **операции подсчета затраченного на обучение времени** являются вспомогательными на этапе анализа модели обучаемого.

Различные модели и методы представления знаний об обучаемом см. в [33; 124; 45].

### 4.2.3. Модель учителя

Немаловажным элементом ИОС является также и модель учителя, вводимая для того, чтобы обеспечить преподавателю возможность оказывать свое (внешнее) влияние на процесс обучения. В рамках этой модели учитель может вводить в систему:

- предлагаемый план (планы) обучения (формируя учебную БЗ);
- стратегии обучения (дополняя и изменяя БЗ модели управления обучением - см. ниже);
- данные о конкретном обучаемом (формируя начальное состояние модели обучаемого);
- фактографическую информацию из предметной области (выступая в качестве эксперта-предметника при формировании БЗ предметной области).

Модель учителя строится по аналогии с моделью обучаемого. Модель учителя можно рассматривать также как некоторую модель, отражающую отдельную методику обучения. В этом случае при наличии в БЗ описания нескольких моделей учителя появляется возможность применять различные методики обучения к одному и тому же обучаемому, а также производить их сравнение.

### 4.2.4. Модель обучения

**Определение 6.** Модель обучения *МО* имеет вид пары

$\langle Ct, St \rangle$ , где

*Ct* - модель управления обучением;

*St* - модель обучаемого.

Информация в БЗ ПсУО (аналогично БЗ подсистемы решения задач и накопления с предметной областью) представляется на языке представления знаний, который включается в состав инструментальных средств проектирования ИОС.

В рамках модели управления обучением *Ct* описывается процесс функционирования (поведение) ИОС, включающий описание возможных состояний системы, правил перехода из одного состояния в другое, механизмов реализации указанных переходов, средств и способов взаимодействия подсистем

в составе ИОС. В данной работе нет привязки к некоторой конкретной модели управления обучением, а разработаны способы описания различных моделей поведения ИОС. Саму же модель поведения выбирает разработчик конкретной системы и реализует ее предоставляемыми ему средствами. Необходимо отметить, что модели управления обучением могут быть самыми разнообразными. Выделим основные из них.

**Утверждение 1.** В зависимости от способа организации взаимодействия с пользователем модель управления обучением  $Ct$  представима в одном из следующих видов:

$$Ct ::= Ctu1 \mid Ctu2 ,$$

где  $Ctu1$  - статическая (фиксированная, неизменяющаяся) модель поведения;

$Ctu2$  - динамическая (нефиксированная, изменяемая, ситуационная) модель.

**Определение 7.** Статическая модель  $Ctu1$  имеет вид пары

$\langle n, a \rangle$ , где

$n = l \dot{\cup} c$  - структура описания сценария, включающая линейные цепочки действий  $l$  и условные переходы  $c$ , в результате обработки которых учитываются ответы пользователя  $a_i \in a$ .

Таким образом, статическая модель  $Ctu1$  представляет собой жесткое описание последовательности действий КСО для достижения цели обучения. Такого рода модели реализуются в виде сценариев и являются наиболее распространенными в электронных учебниках, АУК, АОС. Наиболее удобным способом представления сценария является сеть. Системы, поведение которых реализовано в соответствии с моделью  $Ctu1$ , являются системами с одним управляющим объектом (в роли которого выступает сама система) и одним объектом управления (которым является пользователь данной системы). Функционирование такой системы практически не зависит от воздействий извне. Однако такие модели могут быть достаточно гибкими в случае наличия достаточного количества условных переходов в описании поведения системы.

**Определение 8.** Динамическая модель *Ctu2* имеет вид тройки

$\langle s, t, i \rangle$ , где

*s* - множество состояний (ситуаций) модели поведения;

*t* - множество правил перехода между состояниями;

*i* - множество внешних воздействий.

Таким образом, в рамках динамической модели *Ctu2* описываются более сложные ситуации с учетом внешних воздействий со стороны пользователя. Системы, реализуемые в соответствии с моделью *Ctu2*, являются системами с попеременно меняющимися управляющими объектами, а именно, в качестве управляющего объекта в данном случае может выступать как система, так и ее пользователь. Такого рода организация поведения системы является более гибкой и требует помимо учета состояний системы еще и учета состояний пользователя. Об особенностях статических и динамических экспертных систем говорится в [102].

В процессе функционирования ИОС может находиться в одном из следующих состояний:

- решение некоторой задачи из предметной области, по которой ведется обучение;
- объяснение полученного решения;
- поиск ответа на вопрос пользователя (при этом типология вопросов пользователя может быть самой разнообразной, например, “покажи”, “расскажи все”, “расскажи что-нибудь”, “объясни”, “помоги”, “научи” - см. подраздел 2.4.2);
- постановка вопроса пользователю;
- ожидание ответа пользователя;
- анализ ответа пользователя;
- анализ состояния модели пользователя с целью перехода в следующее состояние;
- ознакомление с предметной областью в соответствии с планом обучения;
- тестирование обучаемого;
- обобщение и анализ результатов тестирования;

- пополнение и модификация БЗ в диалоге с учителем;
- и др.

**Утверждение 2.** По способу реализации модель управления обучением  $Ct$  представима в одном из следующих видов:

$Ct ::= Ctp \mid Ctn$ ,

где  $Ctp$  - процедурная модель поведения;

$Ctn$  - непроцедурная модель поведения.

**Определение 9.** Процедурная модель поведения  $Ctp$  имеет вид пары  $\langle p, d \rangle$ , где

$p$  - набор программ, реализующих модель  $Ctp$ ;

$d$  - набор данных для программ из набора  $p$ .

Таким образом, процедурная модель  $Ctp$  представляет собой программу (набор программ), реализующую определенный сценарий поведения системы. Внесение изменений в поведение системы, реализованной на базе процедурной модели, требует перекомпиляции соответствующих программ. Обеспечение некоторого внешнего разнообразия в поведении такой системы возможно на этапе подготовки для нее входных данных. При этом  $Ctp$  соответствует реализуемой модели  $Ctu1$ .

**Определение 10.** Непроцедурная модель поведения  $Ctn$  имеет вид тройки  $\langle s', t', o \rangle$ , где

$s'$  - набор описаний состояний модели  $Ctn$ ;

$t'$  - набор описаний правил перехода из состояния в состояние;

$o$  - набор операций реализации состояний модели  $Ctn$ .

Непроцедурная модель по сравнению с процедурной является более гибкой и, кроме того, легко модифицируемой. Процесс функционирования системы, построенной на основе модели  $Ctn$ , организуется путем выполнения операций реализации состояний системы в зависимости от текущего момента. При этом  $Ctn$  соответствует реализуемой модели  $Ctu2$ .

**Утверждение 3.** По количеству целей управления модель управления обучением  $Ct$  представима в одном из следующих видов:

$$Ct ::= Cta \mid Ctq ,$$

где  $Cta$  - одноцелевая модель поведения;

$Ctq$  - многоцелевая модель поведения.

На основе одноцелевой модели  $Cta$  реализуются обучающие программы, которые функционируют в единственном режиме и имеют единственную цель - обучить знаниям по определенному разделу учебного курса. Многоцелевая модель  $Ctq$  является основой для реализации обучающей системы, которая в процессе функционирования в разные моменты времени и для различных пользователей имеет различные цели обучения, формируя на каждом этапе работы на основе главной цели всевозможные подцели.

#### **4.2.5. Управление взаимодействием компонентов ИОС**

Итак, ИОС представляет собой сложную систему, состоящую из множества подсистем, которые активно взаимодействуют друг с другом. Рассмотрим основные принципы взаимодействия компонентов ИОС.

В основу взаимодействия компонентов ИОС положим принцип использования общей памяти всеми входящими в состав ИОС подсистемами. Кроме того, принципы организации каждой из подсистем являются общими. Поэтому в рамках рассматриваемой архитектуры ИОС процесс взаимодействия подсистем в ее составе значительно упрощается и сводится к рассмотрению типологии запросов (заданий), с помощью которых та или иная подсистема активизируется. В запросе указывается, к какой из подсистем он относится и что должна выполнить подсистема, которой он адресован.

Запрос формируется какой-либо подсистемой (как правило, подсистемой управления обучением) в общей памяти ИОС. Так как операции переработки знаний в ИОС также находятся и функционируют в той же памяти, то любая из подсистем имеет доступ к сформированному в памяти запросу. В соответствии с типом запроса его обработка производится операциями соответствующей подсистемы.

Рассмотрим общую типологию и номенклатуру запросов, с помощью которых происходит взаимодействие компонентов ИОС.

1. Запросы подсистемы решения задач и ознакомления с предметной областью:

- запрос на решение конкретной задачи;
- запрос на объяснение решения задачи;
- запросы на ознакомление с элементом учебного материала. Номенклатура запросов данного типа является достаточно разнообразной и зависит от того, в какой степени подробности необходимо отвечать на поставленный вопрос.

2. Запросы подсистемы управления обучением:

- запрос на выбор стратегий и тактик обучения;
- запрос на оптимизацию модели обучаемого.

3. Запросы подсистемы тестирования обучаемого:

- запрос на реализацию конкретного теста;
- запрос на анализ и обобщение результатов теста;
- запрос на активизацию режима работы над ошибками.

4. Запросы подсистемы диагностики психофизического состояния:

- запрос на реализацию конкретного теста;
- запрос на обобщение результатов теста.

Из приведенного перечня видно, что типология запросов вытекает из разнообразия режимов функционирования каждой из подсистем в составе ИОС.

В случае расширения возможностей ИОС и/или подключения к существующей архитектуре ИОС нового компонента (подсистемы) указанный выше набор запросов может быть расширен.

#### **4.2.6. Управление взаимодействием ИОС с обучаемым**

Для обеспечения продуктивного диалога с пользователем необходимо, чтобы все сообщения системы были понятны пользователю, а ответы самого пользователя - понятны системе. Кроме того, вид диалога должен быть в максимальной степени естественным и привычным для пользователя. Эта цель достигается подсистемой интеллектуального интерфейса, которая, заметим, является неотъемлемой частью любой интеллектуальной системы.

Задачами этой подсистемы являются:

- перевод вопросов пользователя на язык представления знаний;
- преобразование ответов системы в естественный, понятный для пользователя вид.

Переведенные вопросы пользователя имеют вид запросов к соответствующим подсистемам в составе ИОС, и их обработка будет производиться так же, как и обработка запросов взаимодействующих подсистем.

Типология вопросов пользователя является наиболее разнообразной и трудно формализуемой. Например, обучаемый может задавать вопросы следующих типов:

- “покажи” - вопрос данного типа заключается в просьбе продемонстрировать как решать некоторую задачу или совокупность задач, либо показать демонстрационный ролик по некоторому разделу учебного материала, либо привести какие-либо примеры и т.п. Ответом ИОС на этот тип вопроса является, как правило, запуск демонстрационного ролика;

- “расскажи все” - этот тип вопроса отражает просьбу рассказать все, что “знает” ИОС о том или ином понятии предметной области. Ответом системы на такой вопрос является переход в режим ознакомления с соответствующим разделом учебного материала;

- “расскажи что-нибудь” - данный вопрос является самым “трудным” для ИОС, поскольку в нем недостаточно четко указывается, что именно хочет узнать пользователь. Можно предположить, что обучаемый ничего не знает о расспрашиваемом понятии предметной области или о предметной области вообще. Поэтому ответом ИОС является на начальном этапе ознакомление пользователя с простейшей базовой информацией, а затем в получении подтверждения на продолжение обучения (ознакомления с запрошенной информацией более подробно);

- “объясни” - этот вопрос заключается в просьбе объяснить, как решается та или иная задача, и адресуется подсистеме решения задач;

- “помоги” - вопрос данного типа является наиболее распространенным и предусматривается в большинстве компьютерных систем. Однако далеко не каждая система может помочь, например, решить некоторую задачу. ИОС обязана “уметь” оказывать квалифицированную помощь в любом виде дея-

тельности обучаемого. Однако в соответствии с некоторыми педагогическими требованиями эта помощь может быть в определенные моменты частично ограничена. Получение такого вопроса может вызвать необходимость формирования ряда подзапросов к различным компонентам ИОС;

- “научи” - этот вопрос является наиболее общим и соответствует целям разработки ИОС. В ответ на данный вопрос система переходит в режим обучения тем или иным знаниям и умениям.

Заметим также, что аналогично тому, как создается модель управления обучением, на базе предлагаемых инструментальных средств возможна разработка модели интерфейса [20] с целью обеспечения настраиваемости интерфейса в соответствии с индивидуальными особенностями конкретного обучаемого. Это направление в настоящее время является достаточно актуальным. В частности, средства обеспечения персонализации интерфейса являются актуальными для нового класса ИС - многоагентных систем [34].

#### 4.3. Подсистема тестирования обучаемого

Помимо начальных сведений об обучаемом, для того чтобы скоординировать свои действия по отношению к нему, ИОС необходимо получать оперативную информацию о том, что и насколько хорошо он знает и умеет. С этой целью производится тестирование обучаемого (заметим, что тестирование может производиться и на этапе “знакомства” ИОС с обучаемым, т.е. для формирования исходной информации о нем). Для этого в составе ИОС, как и в любой другой обучающей системе, присутствует соответствующий компонент, называемый подсистемой тестирования обучаемого. Существуют различные подходы к организации тестов [47; 70].

Рассмотрим типологию предлагаемых пользователю тестов и цели их использования. В данной работе классификация тестов производится по двум признакам:

1) по **целям тестирования** - тесты делятся на экзаменационные и диагностические [40];

2) по **способу реализации** - тесты делятся на внешние и внутренние.

**Экзаменационные тесты** предназначены для выявления уровня знаний и умений обучаемого с результирующим оцениванием и в процессе реализации представляют собой комплексное тестирование по некоторому разделу учебного материала. Экзаменационный тест, как правило, состоит из набора вопросов и заданий, каждый из которых имеет свою степень сложности. В совокупности степени сложности каждого вопроса и задания составляют некоторую общую оценку (рейтинг) результатов тестирования. Таким образом, по результатам экзаменационного тестирования выявляется текущий уровень знаний и умений обучаемого, оцениваемый по определенной (абсолютной или относительной) шкале. Тип шкалы должен быть задан при описании теста и/или учебного материала.

**Диагностические тесты имеют** своей целью тестирование с целью выявления слабых сторон обучаемого в усвоении учебного материала и оперативной помощи ему в ликвидации своих ошибок. В отличие от экзаменационного теста диагностический может состоять из одного вопроса или задания, причем этот вопрос (задание) может не оцениваться по шкале сложности. Таким образом, анализ ответов диагностического теста является более сложным, нежели экзаменационного, так как в случае ошибки, допущенной обучаемым в процессе ответа, ставится задача анализа этой ошибки, в результате чего выявляется так называемая цена (вес) ошибки. В соответствии с произведенным анализом ошибки пользователю предоставляется возможность либо повторить некоторый фрагмент учебного материала, либо уточнить ответ, либо ответить на ряд дополнительных вопросов и подкорректировать ответ и т.п.

Для анализа ошибки и выбора дальнейшей тактики взаимодействия с пользователем необходимы соответствующие методы и средства выявления, описания и анализа ошибок. С этой целью в состав подсистемы тестирования введена модель ошибок.

**Модель ошибок** представляет собой описание возможных ошибок обучаемого, а также механизмы их обработки с целью выбора того или иного обучающего воздействия. Кроме того, в эту модель включаются механизмы

сравнения допущенных пользователем ошибок с предполагаемыми с целью преобразования самой модели ошибок в соответствии с состоянием обучаемого.

При разработке ИОС на базе предлагаемых инструментальных средств следует также различать тесты по способу реализации, которые, как сказано выше, делятся на внешние и внутренние.

Под *внешними тестами* понимаются прикладные программы, реализующие режим тестирования обучаемого и разработанные с помощью каких-либо внешних по отношению к указанному инструментарию средств. Такие внешние тесты могут быть беспрепятственно подключены к ИОС и таким образом быть полноправным компонентом этой ИОС. Для подключения внешних тестов необходимо лишь корректно описать сами тесты и правила взаимодействия с ними в составе БЗ подсистемы тестирования.

*Внутренние тесты* - это тесты, разрабатываемые и соответственно реализуемые с помощью комплекса инструментальных средств проектирования ИОС.

На рис. 4.3 представлена схема взаимодействия компонентов подсистемы тестирования с другими подсистемами в составе ИОС.

Аналогичным образом строятся средства тестирования психофизического состояния пользователя. Для реализации тестов указанного типа необходимы также знания экспертов в данной области [42].

#### **4.4. Особенности архитектуры ИОС нового поколения**

Помимо рассмотренных выше элементов архитектуры ИОС немаловажным является также взаимодействие ИОС с другими программными и техническими средствами, а также взаимодействие ИОС с пользователем. Ниже кратко рассмотрены указанные проблемы.

#### **4.4.1. Интеграция с внешними пакетами прикладных программ и базами данных**

С целью достижения наибольшего эффекта процесса обучения в нем должны быть задействованы различные органы восприятия информации обучаемым, и, как следствие, различные способы воздействия на обучаемого и различные способы отображения информации. Кроме того, во многих случаях оказывается целесообразным использовать специфические, специально ориентированные на обработку конкретного типа информации средства. На базе одних и тех же инструментальных средств обеспечить функционирование каждого из элементов системы трудно, более того, необязательно. В связи с этим целесообразным является подключение к ИОС различных внешних по отношению к ней программных и технических средств, имеющих другие принципы функционирования и разработанных с помощью другого инструментария. Например, подсистема диагностики психофизического состояния обучаемого может использовать различные приборы для получения наиболее полной информации об обучаемом и различные программные средства для ее обработки. В подсистеме тестирования обучаемого могут быть использованы различные готовые внешние тесты. С целью обеспечения наглядности и многообразия самого процесса обучения эффективным является использование средств мультимедиа [37].

Для включения в архитектуру ИОС внешних программных продуктов (ПП) необходимы соответствующие языки описания свойств и способов использования этих ПП. Описанные на указанном языке знания также включаются в общую базу знаний ИОС.

#### **4.4.2. Когнитивное взаимодействие**

Процесс обучения (и учения) непосредственным образом связан с наукой о познании (cognitive science), одной из ветвей которой является область, называемая *когнитивной психологией*, а второй - искусственный интеллект. Причем исследование относят к искусственному интеллекту, если в его основе лежит стремление создать программу для ЭВМ, выполняющую интеллектуальные действия, независимо от того, как эти действия выполняет человек

[140]. В ИОС обе эти ветви сливаются в одну с целью создания пользователю ЭВМ максимально благоприятных условий для познания, исследования, осознания предметной области. В связи с этим при разработке ИОС нового поколения возникает необходимость в рассмотрении различных аспектов когнитивной психологии. Ниже дается краткое описание основных аспектов исследований в этой не достаточно известной области.

**Когнитивная психология** изучает процессы познания индивидуума, такие, как восприятие, мышление, решение задач, обучение, используя методы моделирования информационных процессов, лежащих в их основе.

Когнитивная теория учения рассматривает мозг человека как высокоорганизованный компьютер и сосредоточивает внимание на моделировании процессов обработки информации, ключевыми из которых являются:

- влияние стимула на рецепторы организма;
- хранение информации в кратковременной (рабочей) памяти;
- хранение информации в долговременной памяти;
- процессы кодирования и декодирования информации;
- поиск информации и ее влияние на поведение организма.

В основе теории лежит следующий процесс. Внешняя среда посредством стимулов воздействует на рецепторы организма; рецепторы, в свою очередь, передают образ стимулов на сенсорные регистры. Затем данные преобразуются и записываются в кратковременную память, которая является важным понятием когнитивной психологии. Считается, что в кратковременную память поступают только основные характеристики исходных стимулов и она способна хранить от 4 до 7 понятий (компонентов) в течение 20-30 с. Затем информация либо обновляется в кратковременной памяти посредством регенерации, либо передается в долговременную память, либо теряется. При передаче информации в долговременную память она подвергается процессу семантического кодирования, который преобразует стимулы в утверждения с определенным смыслом и размечает их кодами, необходимыми для поиска информации. В результате поиска найденная информация декодируется и помещается в кратковременную память, где она либо преобразуется в действия, осуществляемые посредством эффекторов организма, либо комбинируется с новой информацией, формируя новые знания и навыки. Все основные действия проис-

ходят под контролем так называемых *процессов исполнительного управления*, которые выбирают и активизируют познавательные стратегии организма, такие, как управление вниманием, кодирование поступающей информации, хранение и поиск данных [135].

Введение понятия процесса исполнительного управления позволяет, с одной стороны, в рамках общей концепции рассматривать различные механизмы учения, а с другой - моделировать индивидуальные особенности процессов учения индивидуума. Краткая сводка основных процессов когнитивной теории учения приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Основные понятия когнитивистской теории учения

Понятие	Объяснение
Внимание	Отбор поступающих стимулов
Избирательное восприятие	Кодирование выбранных черт для хранения в кратковременной памяти
Регенерация	Обновление данных в кратковременной памяти
Семантическое кодирование	Подготовка информации к хранению в долговременной памяти
Поиск	Поиск и помещение информации в рабочую память
Организация ответа	Выбор и организация ответного действия
Обратная связь	Внешнее событие, приводящее в движение процесс подкрепления
Исполнительный управляющий процесс	Выбор и активизация познавательных стратегий

Рассмотрим некоторые рекомендации психологов-когнитивистов по проектированию обучающих программ [134]. Различают учения, направленные на приобретение:

- 1) интеллектуальных навыков;
- 2) познавательных стратегий (способности , управляющие процессами учения, запоминания и мышления);
- 3) вербальной (словесной) информации;
- 4) моторных навыков;
- 5) отношений.

Для любых видов учения выделяют девять типов обучающих воздействий, каждое из которых связано с соответствующим внутренним процессом учения. Соответствие внутренних учебных процессов обучающим воздействиям приведено в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Внутренние процессы учения и внешние обучающие воздействия

Внутренний учебный процесс	Внешнее обучающее воздействие
Беспокойство	Привлечение внимания
Ожидание	Сообщение обучаемому цели урока
Поиск и запись информации в рабочую память	Стимулирование вспоминания предыдущего обучения
Избирательное восприятие	Представление существенных характеристик стимулов
Семантическое кодирование	Направление усвоения
Поиск и организация ответа	Выявление степени владения
Подкрепление	Обеспечение информативной обратной связи
Сигнальный поиск	Оценка степени владения
Обобщение	Многократная выдача видоизмененного стимула

В целом теории учения когнитивной психологии являются адекватным базисом для создания интеллектуальных обучающих систем.

Рассмотрим один из аспектов использования описанной выше теории при разработке интерфейса с пользователем.

Очевидно, что немаловажным для ИОС, как и для любой другой компьютерной системы, является способ “общения” с пользователем. Наиболее удобным для неподготовленного пользователя является общение на естественном языке. В связи с этим в состав подсистемы интеллектуального интерфейса должны входить естественно-языковые интерфейсные средства.

В качестве альтернативы естественно-языковому интерфейсу можно предложить средства когнитивного взаимодействия с пользователем [48]. Суть предлагаемого подхода заключается в том, что для лучшего усвоения обучаемым учебного материала ему предлагается описать получаемые им в виде определений, теорем и т.п. знания на соответствующем языке представления знаний. Эта учебная цель отличается от традиционных тем, что здесь не стоит задачи заучивания новой информации наизусть. Напротив, акцент перенесен на понимание и усвоение получаемых знаний путем их переосмысления (осознания).

В процессе проектирования любой прикладной ИС с помощью эксперта этап переосмысления накопленной им информации также происходит и, как правило, является довольно болезненным. Это связано с тем, что для того чтобы корректно описать определенную совокупность знаний из некоторой ПОб, необходимо учесть многие так называемые неявные умолчания, очевидные для человека, но далеко не очевидные для компьютерной системы. Строгая формулировка таких умолчаний часто вызывает большие затруднения, так как накопление экспертом практического опыта в данной ПОб происходило в рамках этой же ПОб, в терминах этой ПОб и по ее законам. Назовем этот способ проектирования ИС *классическим*. На рис. 4.4 приведена общая схема процесса переноса информации о ПОб в базу знаний ИС. Из этой схемы видно, что проектируемая ИС является “потребителем знаний”, т.е. получает информацию без полезной (в плане профессионального совершенствования разработчика) обратной связи.

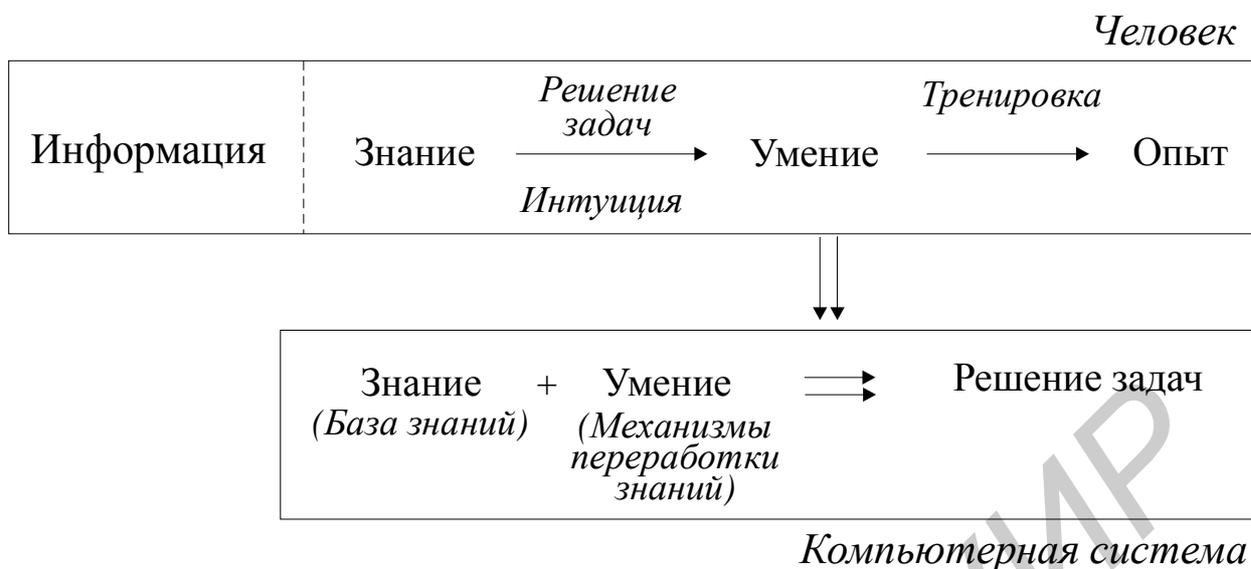


Рис. 4.4. Использование знаний, умений и опыта эксперта для разработки прикладной ИС (классический подход)

В отличие от классического подхода к проектированию ИС рассмотрим совершенно другую схему взаимодействия между ИС и ее разработчиком. Назовем ее *неклассической*, или *схемой с обратной связью* (рис. 4.5). Суть предлагаемого подхода заключается в использовании процесса формирования БЗ ИС для приобретения новых знаний, умений и опыта. Если по такой схеме будет работать эксперт, то это приведет к его профессиональному совершенствованию. Однако наиболее эффективно (с дидактической позиции) применение данной схемы выглядит в случае обучения пользователя.

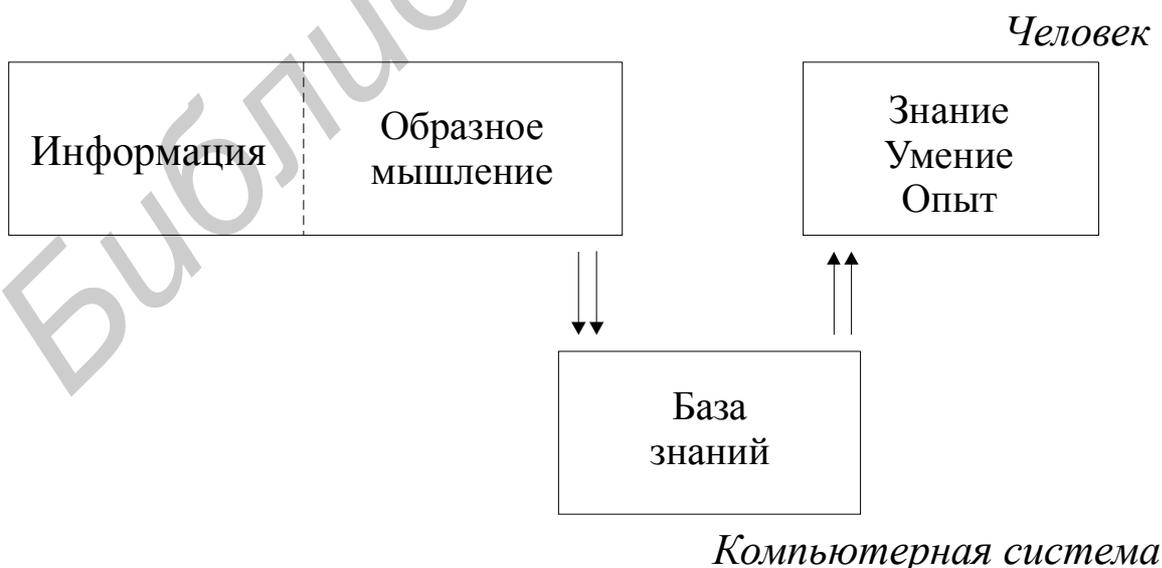


Рис. 4.5. Приобретение новых знаний, умений и опыта в процессе разработки ИС

Переход от интуитивного понимания к образному мышлению является актуальным как в процессе передачи информации, так и в процессе приобретения новой (обучения). В связи с этим возникает необходимость в наличии средств наглядного и семантически структурированного отображения (представления) этой информации. Наиболее подходящей для этой цели формальной основой с точки зрения авторов данной работы является графовый язык SC (Semantic Code) [26]. Аргументами, выступающими "за" данное утверждение, являются следующие свойства указанного языка:

1) это семантический язык, т.е. он изначально ориентирован на представление семантической информации, причем с возможностью интеграции с другими типами информации, например, фактографической, иерархической;

2) высокая наглядность и простой синтаксис данного языка позволяют достаточно легко его освоить даже плохо подготовленному пользователю;

3) открытость языка SC дает основания надеяться на потенциальную неограниченную изобразительную мощь предлагаемых средств, т.е. пользователю предоставляется возможность описывать всевозможные модели знаний;

4) инструментальная поддержка графического и символического эквивалентов данного языка позволяют пользователю выбрать наиболее подходящий и удобный для него способ описания информации.

Формально процесс описания информации на языке SC можно задать следующим образом:  $\{N, A\} \Leftrightarrow \{P, C\}$ , причем  $N \Leftrightarrow P, A \Leftrightarrow C$ ,

где  $N$  - множество SC-узлов,

$A$  - множество SC-дуг,

$P$  - множество понятий, свойств, объектов ПОб,

$C$  - множество семантических связей между понятиями ПОб.

Иначе говоря, строится взаимно однозначное соответствие между множеством элементов языка SC и множеством элементов ПОб. Таким образом, использование языка SC для описания некоторых знаний заставляет ставить в соответствие каждому элементу знаний (явных или неявных) некоторый конкретный SC-элемент, который будет являться его образом (знаком), описанным явно. Опираясь некоторыми конкретными образами, а не абстракциями

(которые интуитивно используются в любой ПОБ), пользователю становятся более очевидными закономерности рассматриваемой ПОБ. Таким образом происходит осмысление.

## **5. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ИОС НА БАЗЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

Инструментальные средства проектирования ИОС должны представлять собой функционально полную совокупность языковых средств представления знаний и механизмов их обработки [44]. Как сказано выше, наиболее перспективным видом ИСПр ИОС является так называемая пустая ИС, которую необходимо наполнить знаниями и таким образом создать конкретную ИОС.

Следует заметить, что процесс разработки любой сложной системы, и в особенности интеллектуальной, требует интеграции усилий специалистов различной квалификации и различного профиля. Взаимодействие разработчиков системы представляет собой достаточно сложный динамический процесс, поэтому актуальной является проблема разделения функций каждого из участников этого взаимодействия на каждой из стадий разработки. Таким образом, ИСПр ИОС должны быть рассчитаны на различные категории пользователей и обеспечивать четкое разделение функций разработчиков системы (рис. 4.1), предоставляя каждому из них свой арсенал средств. Следует, однако, заметить, что в зависимости от уровня подготовки разработчик системы может выступать одновременно в роли эксперта и инженера знаний. В случае же отсутствия у эксперта достаточных навыков в области инженерии знаний без помощи специалиста соответствующей квалификации не обойтись.

Процесс проектирования ИОС, а также интеллектуальных справочных подсистем (ИСПс) в составе некоторой другой сложной компьютерной системы, на базе инструментальных средств, как правило, включает следующие основные этапы:

- 1) формирование баз знаний каждой из подсистем в составе ИОС;
- 2) выделение набора операций переработки знаний;
- 3) тестовая отладка системы в целом.

Следует заметить, что это лишь обобщенная схема процесса проектирования ИОС. Помимо этого, разработанные средства представления знаний сами по себе обязаны поддерживать технологичность формирования БЗ, предлагая разработчику-эксперту модели, которые “заставляют” его систематизировать и структурировать свои знания.

Ниже подробно рассматриваются первые два из перечисленных выше этапов проектирования ИОС.

### **5.1. Наполнение баз знаний**

Первым этапом проектирования ИОС является формирование баз знаний каждой из подсистем в ее составе. Этот этап заключается в формализации предметных областей (ПОб), соответствующих каждой из подсистем, и описании их на соответствующих языках представления знаний.

Формализуемыми ПОб, соответствующими элементам архитектуры ИОС, приведенной на рис. 4.1, являются следующие:

1) ПОб, по которой ведется обучение, например, школьный курс геометрии - знания из данной ПОб используются для формирования БЗ подсистемы решения задач и ознакомления с предметной областью, а также для описания тестов в составе подсистемы тестирования обучаемого;

2) педагогика и дидактика, знания которых используются для описания процесса управления обучением (модели поведения ИОС), т.е. для формирования БЗ подсистемы управления обучением. Заметим, что БЗ указанной подсистемы не является полностью сформированной и будет значительно изменяться в процессе функционирования ИОС. Так, в процессе диалога с пользователем будет формироваться и модифицироваться модель пользователя;

3) психология, физиология человека, которые необходимы для описания тестов по диагностике психофизического состояния и методов их обработки, т.е. для формирования БЗ подсистемы диагностики психофизического состояния.

Ниже дается подробное описание процесса формирования БЗ подсистемы решения задач и ознакомления с предметной областью и подсистемы управления обучением (база знаний подсистемы диагностики психофизического со-

стояния формируется аналогично БЗ подсистемы решения задач).

### **5.1.1. Формирование учебного материала**

Формирование БЗ ПсРЗиПОб заключается в том, чтобы, используя предлагаемые в составе ИСПр ИОС языки представления знаний [27], описать предметную область (или области), по которой будет вести обучение разрабатываемая ИОС. Процесс формирования БЗ предлагается осуществлять в следующей последовательности:

- а) выделить набор основных понятий ПОб;
- б) четко определить взаимосвязи между выделенными понятиями и выявить отношения между ними;
- в) на основе выделенных понятий и отношений ПОб описать правила взаимодействия между ними;
- г) формализовать выделенные знания, т.е. описать их на языке представления знаний;
- д) для выделенного набора понятий и отношений предметной области отобрать или сформулировать их основные определения, комментарии к ним, расшифровать их семантику и выделить группы семантически связанных элементов предметной области;
- е) подготовить иллюстрационный материал, демонстрационные примеры и другие информационные блоки для повышения наглядности и эффективности обучения;
- ж) систематизировать учебный материал, т.е. выделить основные его элементы и разработать структуру, в соответствии с которой будет вестись ознакомление с ПОб. В случае необходимости выделенные элементы учебного материала ранжировать по степени сложности;
- з) при необходимости разработать тематические планы обучения;
- и) внести выделенную структурированную информацию, представленную на языке представления знаний, в БЗ.

Заметим, что пункты "а - в" выполняются экспертом по рассматриваемой ПОб, тогда как пункт "г" требует дополнительной подготовки и поэтому его выполнение возлагается на инженера знаний. Кроме того, в соответствии с пунктами "а - г" формируется БЗ предметной области, используемая для ре-

шения задач. Пункты "д - и" описывают последовательность формирования УБЗ.

### **ПРИМЕР 1**

Рассмотрим методику использования предлагаемых средств для формирования УБЗ на примере ИС, обучающей процессу разработки ИОС. Пусть на этапе выделения набора основных понятий ПОб (см. пункт "а") были выделены следующие: *КСО, ИОС, ЯПЗ, БЗ, ИС, ЭОС, СС*. Информация, подготовленная в соответствии с пунктом "д"), будет иметь приблизительно следующий вид:

-----  
**ПОНЯТИЕ ПОб:**

*КСО*

**РАСШИФРОВКА ПОНЯТИЯ:**

*" Компьютерная система обучения "*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ:**

*"Компьютерной системой обучения называют некоторую прикладную программу или совокупность программ, пригодных для использования в обучении."*

**КОММЕНТАРИЙ:**

*"К классу КСО относятся: обучающие программы, автоматизированные обучающие системы (АОС), автоматизированные учебные курсы (АУК), подсистемы-справочники, тестирующие программы, демонстрационные программы, системы моделирования и др."*

**СЕМАНТИЧЕСКИ БЛИЗКИЕ ПОНЯТИЯ:**

*ИОС*

-----  
**ПОНЯТИЕ ПОб:**

*ИОС*

**РАСШИФРОВКА ПОНЯТИЯ:**

*" Интеллектуальная обучающая система "*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ:**

*"Компьютерная система обучения называется интеллектуальной в том случае, если она способна адаптироваться к индивидуальным особенностям каждого конкретного обучаемого, самостоятельно решать задачи из предметной области, по которой ведется обучение, а также быть гибкой и легко модифицируемой, поддерживая различные модели обучения."*

**КОММЕНТАРИЙ:**

*"ИОС представляют собой наиболее перспективный класс систем компьютерного обучения"*

**СЕМАНТИЧЕСКИ БЛИЗКИЕ ПОНЯТИЯ:**

ЭОС

---

**ПОНЯТИЕ ПОБ:**

ЯПЗ

**РАСШИФРОВКА ПОНЯТИЯ:**

*" Язык представления знаний "*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ:**

*"На языке представления знаний описываются знания о предметной области, которые используются в интеллектуальной системе для решения задач."*

**КОММЕНТАРИЙ:**

*"База знаний интеллектуальной системы формируется на языке представления знаний."*

**СЕМАНТИЧЕСКИ БЛИЗКИЕ ПОНЯТИЯ:**

SC

---

**ПОНЯТИЕ ПОб:**

*БЗ*

**РАСШИФРОВКА ПОНЯТИЯ:**

*"База знаний"*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ:**

*"Базой знаний называют элемент интеллектуальной системы, в котором хранится информация о соответствующей предметной области."*

**СЕМАНТИЧЕСКИ БЛИЗКИЕ ПОНЯТИЯ:**

*ИС*

---

**ПОНЯТИЕ ПОб:**

*ИС*

**РАСШИФРОВКА ПОНЯТИЯ:**

*"Интеллектуальная система"*

**КОММЕНТАРИЙ:**

*"Интеллектуальные системы – это наиболее перспективный класс компьютерных систем, отличающихся гибкостью, легкой модифицируемостью, способностью решать четко неочерченный класс задач, возможностью работы в режиме реального времени."*

**СЕМАНТИЧЕСКИ БЛИЗКИЕ ПОНЯТИЯ:**

*ИОС*

---

**ПОНЯТИЕ ПОб:**

*ЭОС*

**РАСШИФРОВКА ПОНЯТИЯ:**

*"Экспертно-обучающая система"*

**СИНОНИМЫ:**

*"ОЭС"*

*"Обучающая экспертная система"*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ:**

*"ЭОС – это класс компьютерных систем обучения, использующих для обучения знания экспертов."*

**СЕМАНТИЧЕСКИ БЛИЗКИЕ ПОНЯТИЯ:**

*ИОС*

---

**ПОНЯТИЕ ПОБ:**

*SC*

**РАСШИФРОВКА ПОНЯТИЯ:**

*" Semantic Code "*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ:**

*"Язык SC является ядром графовых языков представления знаний."*

После разработки иллюстрационного материала, т.е. рисунков, роликов, звука (в результате выполнения пункта "е") к описанному выше фрагменту УБЗ добавится новая информация. Таким образом, например, для элемента **ИОС** в УБЗ появится следующая информация:

*"Архитектура ИОС приведена на рисунке **pic4\_1**"  
(в содержимом файла **pic4\_1.bmp** хранится рисунок 4.1 )*

Аналогичным образом описывается иллюстративный материал для всех введенных в формальную теорию знаков понятий и отношений рассматриваемой ПОБ. Следует также заметить, что в случае разработки интеллектуальной справочной подсистемы на данном этапе разработки УБЗ можно остановиться, так как вся справочная информация уже подготовлена. В случае же необходимости, по желанию разработчика конкретной системы, в УБЗ вносится информация о структуре учебного материала (см. пункт "ж"). Далее производится наполнение УБЗ текстами приведенных в разработанной структуре разделов.

После выполнения описанных выше операций собранная учебная информация включается в состав БЗ ИОС в формализованном виде, т.е. на языке представления знаний.

Таким образом, выполнение всех указанных выше предписаний заставляет разработчика ИОС четко систематизировать учебный материал, что является крайне важным для процесса обучения.

Еще раз необходимо отметить, что предлагаемые в составе ИСПр ИОС языковые средства для представления информации в УБЗ должны быть достаточно удобными и понятными даже для плохо подготовленного пользователя (в данном случае имеется в виду педагог или эксперт-предметник). В этом случае описание учебной информации на языке представления знаний может быть произведено непосредственно специалистом по рассматриваемой ПОБ.

### **5.1.2. Описание модели поведения ИОС**

Очевидно, что для обеспечения функционирования ИОС сформированной УБЗ не достаточно. Разработчик ИОС должен выбрать некоторую модель обучения и описать ее на языке представления знаний в рамках ПсУО, тем самым задав соответствующую модель поведения ИОС.

В случае если разработчик выбирает более простую как с точки зрения описания, так и реализации, статическую модель, то фактически это будет описание поведения обучающей программы, функционирование которой сводится к выполнению достаточно четкой последовательности заранее описанных действий.

Для формирования статической модели обучения необходимо следующее:

- а) выделить основные этапы (шаги) процесса обучения по выбранной предметной области;
- б) определить последовательность выделенных этапов процесса обучения;
- в) для каждого этапа обучения разработать последовательность подачи учебной информации (к ней относится учебный и иллюстрационный материал, примеры решения задач, диагностирующие вопросы, тесты и т.п.);
- г) формализовать разработанную по пунктам "а - в" последовательность шагов процесса обучения.

При этом пункты "в - г" указанной схемы формирования статической модели обучения могут выполняться автономно для каждого этапа обучения.

Следует, однако, заметить, что использование статических моделей является недостаточно эффективным, так как в этом случае нельзя говорить об адаптации к пользователю. Для обеспечения адаптации к пользователю, как правило, используются средства описания и реализации динамических моделей поведения ИОС, в рамках которых разработчиком конкретной ИОС описываются правила адаптации ИОС к пользователю (правила анализа состояния обучаемого и выбора учебных воздействий), режимы функционирования ИОС, правила взаимодействия подсистем в составе ИОС и ИОС с пользователем.

Динамическая модель поведения является достаточно специфической, что требует более подробного ее рассмотрения. Согласно определению 8, описание поведения ИОС соответствует модели *Stu2*, которое производится согласно принципам ситуационного управления [91], что позволит описывать различные модели поведения [17]. Как сказано выше, модель управления обучением представляет собой динамическую (нестационарную, семиотическую, изменяющуюся во времени) модель. В связи с этим для представления состояний модели управления обучением в предлагаемом разработчику языке представления знаний должны быть средства для описания семиотических моделей (в качестве примера можно порекомендовать семантический графовый язык SCL (Semantic Code Logic) [26].

Поскольку моделирование и реализация динамических процессов сводится к анализу в каждый конкретный момент времени некоторой создавшейся к этому времени ситуации, которая определяет текущее состояние системы, необходимо подробное рассмотрение типологии состояний динамической модели. В качестве примера рассмотрим следующую типологию состояний:

1) **фиксированное состояние** - представляет собой некоторое промежуточное состояние динамической модели, фиксируемое в некоторый момент времени;

2) **состояние перехода** (переходное состояние). Описание переходного состояния представляет собой правило перехода из одного фиксированного состояния в другое;

3) **состояние ожидания**. Примером состояния ожидания в ИОС является ожидание завершения реализации некоторой стратегии обучения;

4) *состояние преобразования текущего состояния памяти*, заключающееся в генерации или удалении некоторых элементов, преобразующих в соответствии с текущей ситуацией состояние памяти ИОС.

Выше были перечислены некоторые возможные состояния ИОС и указано, что подсистема управления обучением является центральным блоком в составе ИОС и выполняет роль посредника во взаимодействии подсистем. В связи с этим все состояния разбиваются на несколько групп (основных состояний), соответствующих основным типам задач, решаемых каждой подсистемой (режимам их функционирования). Заметим, что типология этих задач, как правило, коррелирует с применяемыми по отношению к обучаемому стратегиями обучения. Итак, основными состояниями ИОС являются следующие:

- решение задач и объяснение их решения. Соответствует режиму решения задач подсистемы решения задач и ознакомления с предметной областью.;
- ознакомление с понятиями предметной области, по которой ведется обучение. Соответствует режиму ознакомления с предметной областью подсистемы решения задач и ознакомления с предметной областью;
- тестирование обучаемого с целью выявления уровня знаний и умений. Включает все возможные состояния подсистемы тестирования;
- обработка модели обучаемого, выбор стратегий обучения, собственно управление обучением;
- анализ психологического и физического состояния пользователя. Описывает совокупности состояний подсистемы анализа психофизического состояния в соответствующих режимах функционирования.

Заметим, что приведенная типология основных состояний ИОС может быть беспрепятственно расширена разработчиком конкретной ИОС. При этом ИСПр ИОС должны быть организованы так, чтобы ему не пришлось разрабатывать какие-либо новые процедуры обработки вводимых им новых элементов знаний.

Далее описание поведения ИОС производится путем добавления в указанные множества состояний описаний переходных состояний.

Например, правило реализации стратегии решения задач может звучать следующим образом: “Если активизирована стратегия решения задач, то загрузить в память условие и запрос на решение соответствующей задачи и пе-

рейти в состояние ожидания завершения реализации указанной стратегии”. Аналогично можно описать правило реализации стратегии объяснения.

Далее сформулированные подобным образом правила перехода из одного состояния ИОС в другое описываются на языке представления знаний и загружаются в память ИОС. В процессе функционирования ИОС эти правила будут обрабатываться соответствующими операциями, что будет приводить к реальным переходам ИОС из одного состояния в другое.

Исходя из сказанного, основным для разработки динамической модели управления обучением является следующее:

а) выделить набор основных возможных фиксированных состояний ИОС (данный набор, как правило, будет ориентирован на реализацию той или иной стратегии обучения);

б) из сформированного набора возможных фиксированных состояний выделить те, которые могут являться состояниями ожидания (к таким, в частности, относятся те, которые приводят к обращению из одной подсистемы ИОС к другой подсистеме);

в) определить состояния перехода между выделенными фиксированными состояниями (фактически набор таких состояний представляет собой описание тактик, применяемых в процессе обучения);

г) для некоторых переходных состояний определить необходимые состояния преобразования памяти;

д) из общего набора состояний перехода выделить те, которые будут реализованы однократно, при реализации некоторой конкретной стратегии обучения, т.е. частные переходные состояния;

е) для некоторых состояний определить их временную зависимость, т.е. предполагаемую последовательность их возникновения во времени;

ж) описать на языке представления знаний выделенный набор состояний ИОС.

## **ПРИМЕР 2**

Для лучшего понимания приведенной схемы рассмотрим процесс формирования динамической модели управления обучением на примере. В качестве одного из возможных фиксированных состояний ИОС рассмотрим состояние

обучения решению задач. Данное состояние представляет собой результат выбора стратегии решения задач. Тактически избирается конкретная задача, которую должна будет решить ИОС и в последствии объяснить ход полученного решения. Для реализации указанной стратегии необходимо загрузить в память ИОС условие данной задачи и перейти в состояние ожидания ее решения, о чем будет свидетельствовать метка о завершении реализации данной стратегии. Таким образом, получаем следующие состояния:

1) фиксированное состояние, свидетельствующее об активизации стратегии решения задач;

2) состояние преобразования памяти, описывающее необходимость загрузки в память условия подлежащей решению задачи;

3) состояние ожидания окончания реализации стратегии решения задач. Тип данного состояния выбран в связи с тем, что в результате реализации предыдущего состояния происходит обращение к подсистеме решения задач, в которой происходит непосредственное решение загруженной в ее БЗ задачи. Таким образом, данное состояние ожидания обусловлено необходимостью ожидания завершения решения задачи в соответствующей подсистеме.

Далее производится описание состояния перехода между указанными состояниями. Кроме того, между состояниями 2 и 3 задается временная зависимость непосредственного следования друг за другом.

Заметим также, что наиболее эффективно работа ИОС будет организована в том случае, если в рамках одной системы имеется возможность сочетания различных моделей поведения: статических и динамических. Так, например, процесс реализации динамической модели может быть осуществлен по следующей схеме:

1) производится анализ текущей ситуации в процессе обучения. На основе анализа ситуации делается вывод о текущем состоянии ИОС;

2) в процессе реализации состояния ИОС осуществляется выбор очередной стратегии или тактики обучения;

3) выбранная стратегия (тактика) реализуется как статическая модель.

Такое сочетание двух типов моделей поведения дает возможность описывать процесс управления обучением более гибко, используя при этом

все положительные моменты как статических моделей (в частности, сценариев), так и динамических.

Недостаток описания статической модели заключается в том, что такая модель будет предметно зависимой, т.е. не переносимой на случай других ПОБ. Однако любая статическая модель может быть описана средствами описания динамических моделей.

Заметим также, что в процессе подготовки разработанной ИОС к работе пользователем могут быть заранее описаны фрагменты БЗ, соответствующие описанию информации о потенциальных обучаемых. Однако это не является обязательным, так как такое описание формируется автоматически в результате взаимодействия с каждым конкретным пользователем.

## **5.2. Выделение набора операций переработки знаний**

Второй этап процесса проектирования ИОС заключается в выборе набора операций переработки знаний и при необходимости реализации недостающих. Напомним, что основными типами операций переработки знаний в ИОС являются:

- 1) операции переработки знаний о предметной области (см., например, [30]);
- 2) операции обработки УБЗ;
- 3) операции поддержки модели обучаемого;
- 4) операции реализации поведения системы.

В соответствии с типологией задач, решаемых подсистемами в составе ИОС, выбираются необходимые операции и загружаются в память ИОС вместе с базами знаний по предметным областям. Реализация операций осуществляется в случае наличия в памяти условий их выполнения, т.е. конструкций, описывающих соответствующую ситуацию. Типичным примером такой ситуации является наличие активного, не обработанного запроса (задания), в соответствии с типом которого активизируется определенная совокупность операций.

Предлагаемая логика отбора операций переработки знаний при создании конкретной ИОС имеет следующий вид.

1. Выделение набора операций переработки знаний для каждой из подсистем ИОС следует производить отдельно.

2. Для подсистемы решения задач и ознакомления с предметной областью:

а) если в ИОС закладывается способность решать задачи из изучаемой ПОБ, рассмотреть типологию высказываний, используемых при описании этой ПОБ. В соответствии с этой типологией выделяется набор необходимых операций;

б) если при описании УБЗ используются только средства для формирования справочной информации, то из набора операций переработки УБЗ выбираются операции поиска ответов на вопросы справочного характера;

в) если помимо справочной информации в УБЗ описывается структура учебного курса и сформированы содержимые соответствующих разделов, то в формируемый набор операций переработки знаний внести операции навигации по разделам учебного материала в соответствии с его структурой и операции вывода пользователю содержимого заданного раздела;

г) если фрагменты УБЗ оформлены в виде гиперсреды, то добавить к формируемому набору операций операции поддержки гиперсреды;

д) если в процессе эксплуатации ИОС достаточно часто будет наращиваться и модифицироваться УБЗ, включить в формируемый набор операций операции верификации УБЗ. Следует заметить, что данный класс операций не является постоянно необходимым. В связи с этим их можно хранить как резерв и загружать в память ИОС лишь на этапе формирования или модификации УБЗ, после чего их оттуда удалять.

3. Для подсистемы управления обучением:

а) если модель поведения ИОС описана в виде сценария без явного описания динамической модели поведения, то нет необходимости к формируемому набору операций добавлять операции реализации модели поведения системы;

б) в случае, если управление обучением будет осуществляться в рамках динамической модели поведения ИОС или в условиях сочетания статических и динамических моделей, то к формируемому набору операций добавляются операции реализации модели поведения ИОС;

в) в соответствии со степенью подробности описания информации об обучаемом выбираются операции поддержки модели обучаемого.

По завершении формирования набора операций переработки знаний для разрабатываемой ИОС тексты (или исполняемые коды) реализующих их программ загружаются в БЗ ИОС и таким образом вместе со знаниями о предметной области, учебном материале и о процессе управления обучением формируют ее начальное состояние.

### **ПРИМЕР 3**

В качестве примера формирования набора операций переработки знаний при разработке конкретной ИОС обратимся к рассмотренным в примере 1 фрагментам БЗ, сформированным в соответствии с предлагаемой методикой. В данном случае будем считать, что БЗ ИОС сформирована, и не достает лишь набора операций переработки знаний. В соответствии с пунктом 5.1.1, БЗ подсистемы решения задач и ознакомления с предметной областью содержит описание учебного материала, т.е. сформирована УБЗ. Поэтому в формируемый набор операций переработки знаний включаем операции обработки УБЗ. Далее, к описанию статической модели добавлено описание динамической модели поведения ИОС. В связи с этим к формируемому набору операций добавим операции реализации модели поведения системы. Так как в рамках "разрабатываемой" ИОС предполагается хранить и анализировать информацию об обучаемых, то к формируемому набору операций добавим операции поддержки модели обучаемого. Таким образом, сформированный набор операций включает:

- 1) операции обработки УБЗ;
- 2) операции реализации модели поведения системы;
- 3) операции поддержки модели обучаемого.

После того как БЗ ИОС сформирована и описана на соответствующих языках представления и переработки знаний, можно приступить к ее тестовой отладке. Для этого необходимо загрузить в память соответствующие тексты (исполняемые коды) и начать тестирование системы.

Следует также заметить, что в случае необходимости, по желанию разра-

ботчика конкретной ИОС, к существующему набору операций переработки знаний могут быть добавлены новые, и в дальнейшем обработка сформированной БЗ предметной области будет производиться расширенным набором операций. Для того чтобы добавить к существующему набору операций новую, необходимо написать и отладить соответствующую программу, реализующую эту операцию. Заметим, что при этом желательно избегать необходимости полностью перекомпилировать систему в целом. Компиляции и отладке должны подлежать лишь программа, реализующая добавляемую операцию, и в редких случаях те, уже существующие операции, которые пришлось подкорректировать.

### **5.3. Инструментальные средства для различных категорий разработчиков ИОС**

Четкое разделение функций различных категорий разработчиков любой сложной системы является одним из самых важных моментов. Таким образом производится разделение компетенций в рамках одной системы. Основными категориями разработчиков ИОС являются следующие:

1) эксперт-предметник, т.е. лицо, обладающее достаточным багажом знаний по той ПОБ, по которой предполагается вести обучение с помощью разрабатываемой ИОС;

2) эксперт-педагог, эксперт-дидакт, т.е. лица, в компетенцию которых входит рассмотрение принципов организации процесса обучения с точки зрения наиболее оптимального его усвоения обучаемым;

3) эксперт-психолог, эксперт-физиолог, знания которых необходимы для обеспечения наиболее адекватной адаптации ИОС к индивидуальным особенностям обучаемого;

4) инженер знаний, т.е. человек, способный не просто сформировать БЗ с помощью предоставленных ему средств, но и умеющий эти средства расширять и совершенствовать. Инженер знаний, как правило, является посредником между экспертом и компьютером на этапе формализации соответствующей ПОБ.

Приведенная классификация разработчиков ИОС является несколько

идеализированной, так как на практике очень часто один человек выполняет функции различных категорий разработчиков. Однако это не является проблемой, если весь арсенал средств разработан на единой основе к проектированию ИС. В этом случае сочетание компетенций не приведет к необходимости осваивания каких-либо дополнительных инструментов.

В рамках предлагаемых в данной работе подхода к ИСПр разделение функций различных категорий разработчиков (в частности, экспертов по различным ПОб) основано на том, что каждому из них предоставляется соответствующий набор средств в рамках предоставляемых языков представления знаний и набор соответствующих операций переработки знаний. Следует заметить, что предлагаемые разработчику ИОС в составе ИСПр ИОС средства должны соответствовать метаязыку описания соответствующих ПОб. На этапе формирования БЗ соответствующих ПОб эксперт, учитывая специфику конкретной ПОб должен разработать свой набор дополнительных средств аналогичным образом.

Ориентировочный перечень элементов предоставляемого разработчику ИОС комплекса инструментальных средств с указанием категорий разработчиков, на которые тот или иной элемент инструментария ориентирован, следующий:

1) базовый язык представления знаний (например, язык SC, автором которого является Голенков В.В. [26] - предоставляется эксперту-предметнику для описания учебного материала в ИОС, т.е. формирования УБЗ. В рамках указанного языка разработчику предлагается также набор операций переработки УБЗ;

2) логический (продукционный и т.п.) язык переработки знаний (например, SCL [26]) - предоставляется эксперту-педагогу, методисту, дидакту для описания процесса управления обучением. В рамках указанного языка разработчику предлагается также набор операций реализации описанной модели управления обучением;

3) язык представления и переработки информации о пользователях ИОС [45] - предоставляется эксперту-педагогу, использующему ИОС в учебном процессе для описания и/или отслеживания информации о непосредственных пользователях ИОС, т.е. об учащихся. В рамках указанного языка разработчи-

ку предлагается также набор операций поддержки модели обучаемого;

4) язык вопросов и заданий - предоставляется эксперту-педагогу, а также и непосредственным пользователям ИОС для формирования пользовательских и системных запросов. В рамках указанного языка разработчику предлагается также набор операций обработки указанных запросов;

5) язык программирования (например, SCP и соответствующая ему среда программирования [28; 29; 78; 79; 80], который предоставляется инженеру знаний в случае, если необходимо расширить набор операций переработки знаний;

6) среда разработки редактирования элементов баз знаний на соответствующих языках (например, терминальный модуль, предложенный в [109] и являющийся элементом базового комплекса средств проектирования прикладных интеллектуальных систем различного назначения). В рамках указанной среды желательно иметь возможность формирования и загрузки в память ИОС элементов баз знаний, а также отладки программ, используя современные методы проектирования систем (например, визуального программирования [24]). Эти средства предоставляются всем категориям разработчиков, которые заняты описанием информации на языках представления знаний и разработкой программ.

## **6. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИОС**

Оценка качества программ учебного назначения, с одной стороны, необходима администрации и преподавательскому персоналу учебного заведения для выбора подходящих учебных программ, а с другой стороны, полезна разработчикам программ для их совершенствования. Кроме того, рецензии ведущих специалистов на конкретную программу учебного назначения могут служить дополнительным сопровождающим материалом, фиксирующим ее "рейтинг". Для оценки качества учебных программ используют бланки опросников [126; 94; 125]. Ниже приведено описание опросника, разработанного для оценки качества ИОС, в основу которого положена структура бланка из рабо-

ты [125], расширенная вопросами о степени интеллектуальности системы [139].

Методика оценки качества ИОС состоит из двух этапов: предварительное рецензирование и экспериментальное апробирование.

Исходными материалами для этапа *предварительного рецензирования* являются цели ИОС, заданные в требованиях к ИОС и уточненные в процессе концептуального проектирования, а также рекламные и сопровождающие материалы, включая демонстрационные ролики. Результатом данного этапа является оценка целесообразности и возможности проведения экспериментального опробования ИОС.

Исходными материалами для этапа *экспериментального апробирования* ИОС являются условия поставки программного продукта, документация и исполняемые модули ИОС. Результат этапа - рецензия, включающая административную, техническую и педагогическую оценку качества программного продукта. Оценка качества учебного материала дается со стороны как преподавателя, использующего ИОС в учебном процессе, так и обучаемого. Перед заполнением опросника и написанием рецензии рецензент знакомится с исходными материалами, работает с ИОС в различных режимах и, возможно, проводит эксперимент на группе обучаемых.

Административная сторона оценки ИОС касается таких вопросов, как условия поставки программного обеспечения; гарантии качества и условия сопровождения ИОС; соответствие ИОС реальной учебной среде ее эксплуатации; качество документации на ИОС.

*Условия поставки* включают стоимость одного экземпляра системы, количество возможных копий и их стоимость, наличие средств защиты от неправомерного копирования, а также возможность поставки сопровождающих и дополнительных программных средств и технического оборудования.

*Гарантии качества и условия сопровождения* ИОС включают сроки поставки, запуска и сопровождения ИОС, в течение которого поставщик гарантирует работу программных средств и их замену в случае порчи. Поставщик может также предоставлять в течении гарантийного срока бесплатную или за плату со скидкой поставку новых версий ИОС.

Рецензент оценивает соответствие предполагаемой учебной среды ИОС

реальной учебной среде ее эксплуатации (в классе, лаборатории или комнате самоподготовки), наблюдая за работой с ИОС во время экспериментального апробирования.

**Печатная документация** должна как минимум включать инструкции по работе с ИОС для преподавателя и обучаемого. Кроме того, она может содержать рекомендации по установке ИОС на конкретном компьютере и настройке ее на заданную конфигурацию технических средств. Как правило, документация содержит описание целей обучения, требования к предварительным знаниям и навыкам обучаемых, описания изучаемой предметной области и решаемых в ней задач, детальное описание режимов работы ИОС и ее параметров, информацию о разработчиках ИОС, результаты ее применения и т.п. Качество документации (ее точность, полнота, лексическая, грамматическая и стилистическая безупречность, а также ее внешний вид) могут служить индикатором качества всего программного обеспечения.

Оценка качества учебного материала включает следующие критерии.

1. **Параметры, задаваемые преподавателем.** Имеет ли преподаватель возможность управлять ИОС с помощью параметров (например, задавать сложность и тип задач, менять режимы работы обучаемого, включать/выключать звук и т.п.)?

2. **Точность.** Является ли учебный материал точным, непротиворечивым и полным?

3. **Учебная среда.** Соответствует ли предполагаемая форма использования ИОС наиболее эффективному ее применению?

4. **Педагогика.** Удовлетворяет ли учебный материал и стиль его изложения психолого-педагогическим требованиям к ведению учебного диалога?

5. **Обработка ответов.** Предполагается ли ввод ответов обучаемого? Сопровождается ли ввод ответа ясными подсказками и сообщениями? Имеется ли возможность игнорировать в ответе обучаемого отдельные символы и опечатки?

6. **Адаптивность.** Зависит ли последовательность представления учебного материала от ответов обучаемого?

7. **Теория обучения.** Использует ли ИОС определенную теорию обучения? Достигаются ли учебные цели при применении ИОС?

8. **Время.** Может ли обучаемый овладеть учебным материалом за предполагаемое время работы программы?

9. **Сообщения об успехах.** Предусмотрены ли в ИОС сообщения о состоянии знаний обучаемого (промежуточных или итоговых)? Служат ли сами сообщения об успехах обучаемого дополнительной мотивацией?

10. **Профессионализм.** Содержит ли учебный материал грамматические и типографские ошибки, опечатки, искаженные рисунки и таблицы?

Для оценки качества ИОС со стороны обучаемого рецензент использует следующие критерии.

1. **Результаты.** Может ли обучаемый достигнуть требуемых целей?

2. **Управление со стороны обучаемого.** Может ли обучаемый управлять темпом усвоения учебного материала? Имеются ли параметры ИОС, которыми может управлять обучаемый? Может ли обучаемый легко получить помощь, выйти из программы, а затем продолжить работу с прерванного места?

3. **Независимость от техники.** В какой степени ИОС независима от знаний о компьютере? Как сильно используются в программе технические термины?

4. **Моторные навыки.** Как сильно ИОС зависит от координации движений обучаемого, его времени реакции и других физических возможностей?

5. **Мотивация.** Содержит ли ИОС средства активного вовлечения обучаемого в процесс учения или требуются дополнительные внешние источники повышения его заинтересованности в достижении поставленных целей?

Технические аспекты при оценке качества ИОС задаются такими критериями.

1. **Дружественность.** Представляет ли учебный материал и способы взаимодействия с ИОС сложность для обучаемого? Адекватно ли воспринимаются ответы и вопросы обучаемого?

2. **Устойчивость к ошибкам.** Не приводят ли неожиданные ответы или действия обучаемого к остановке, заикливанию или выдаче непонятных сообщений?

3. **Зависимость от цвета.** Используется ли цвет в программе и может ли

она работать на черно-белом дисплее?

4. **Скорость исполнения.** Являются ли допустимыми задержки при загрузке ИОС и обработке ответа обучаемого? Выводятся ли обучаемому соответствующие сообщения о задержках?

5. **Внешний вид.** Эффективно ли используются цвет, графика и звук? Является ли шрифт разборчивым? Хорошо ли расположены окна и оправдано ли их наложение?

Кроме оценки предлагаемых критериев по заданным шкалам рецензент в свободной форме пишет свои комментарии об ИОС, в которых указывает на ее положительные и отрицательные стороны, дает ей общую оценку, а также рекомендации по ее совершенствованию и применению.

## Литература

1. Агапова О.И., Джонс Л.Л., Ушакова А.С. Проект новой модели обучения для информационного общества // Информатика и образование. 1996. № 1. С. 105-109.
2. Андриенко Г.Л., Андриенко Н.В. Интеллектуальная гипертекстовая система для исследования проблем и обучения // IV национальная конференция с международным участием “Искусственный интеллект - 94”. Сб. науч. тр. в 2-х т. Т. 1. Рыбинск, 1994. С.58-62.
3. Андрусенко Т.Б. Лингвистические структуры в компьютерных учебных средах. Киев: Наукова думка, 1994. - 160 с.
4. Араксян В.В., Герасимов Н.А., Лукацкий А.М. Модели адаптивного диалога в человеко-машинных системах // Известия Академии наук. Техническая кибернетика. 1989. № 2. С.161-168.
5. Байбурин В.Б., Булдакова Т.И., Суятинов С.И. Методические задачи дистанционного обучения // Информационные технологии. 1997. № 3. С. 41-45.
6. Балашов К.В. Модели обучения и сложность предоставляемой информации. // V национальная конференция с международным участием “Искусственный интеллект - 96”. Сб. науч. тр. в 3-х т. Т. 1. Казань, 1996. С.163-166.
7. Бардадым В.А. Составление расписаний учебных занятий с помощью ЭВМ // Управляющие системы и машины. 1991. № 8. С. 119-126.
8. Берестова В.И., Ноздрин Д.М., Рыбина Г.В. Программный инструментальный для автоматизации разработки обучающих экспертных систем // IV национальная конференция с международным участием “Искусственный интеллект - 94”. Сб. науч. тр. в 2-х т. Т. 2. Рыбинск, 1994. С. 372-376.
9. Богданова Д.А. Телекоммуникации - в школе // Информатика и образование. 1996. № 3. С. 92-93.
10. Богданова Д.А., Федосеев А.А. Проблемы дистанционного обучения в России // Информатика и образование. 1996. № 3. С. 94-97.

11. Брусенцов Н.П., Маслов С.П., Рамиль Альварес Х. Микрокомпьютерная система обучения "Наставник". М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. - 224с.
12. Брусиловский П.Л. Интеллектуальные обучающие системы // Информатика, сер. Информационные технологии. Средства и системы. 1990. Вып.2. С.3-23.
13. Брусиловский П.Л. Построение и использование моделей обучаемого в интеллектуальных обучающих системах // Изв. РАН. Техн. Кибернетика. 1992. № 5.
14. Вайнцвайг М.Н. Обучающаяся система искусственного интеллекта с ассоциативной памятью-процессором. М., 1980. 26 с. (Препринт / АН СССР, Научн. сов. по комплекс. пробл. "Кибернетика").
15. Валькман Ю.Р., Хатхоху М.Н. Принципы построения экспертной системы определения содержания образования в школьных заведениях // V национальная конференция с международным участием "Искусственный интеллект - 96". Сб. науч. тр. В 3-х т. Т. 1. Казань, 1996. С.176-178.
16. Варданын И.А. АСУ обучением // Управляющие системы и машины. 1991. № 8. С. 10-16.
17. Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. От амебы до робота, модели поведения. М.: Наука, 1987. - 138 с.
18. Гаврилин А.В., Товбис М.Б. От дистанционной поддержки к дистанционному образованию // Информатика и образование. 1997. № 2. С. 57-59.
19. Гаврилова Т.А. Человеческий фактор и модель пользователя в интеллектуальных обучающих системах // IV национальная конференция с международным участием "Искусственный интеллект - 94". Сб. науч. тр. В 2-х т. Т. 1. Рыбинск, 1994. С.83 - 88.
20. Гаврилова Т.А. Состояние и перспективы разработки баз знаний интеллектуальных систем // Новости искусственного интеллекта. 1996. № 1. С.5-43.
21. Гаврилова Т.А., Червинская К.Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М.: Радио и связь, 1992. - 200 с.

22. Галеев И.Х. Организация адаптивного обучения навыкам алгоритмической природы // Программные продукты и системы. 1989. № 3.
23. Галеев И.Х., Сафин К.А., Сафина Г.М. Автоматизация проектирования ЭОС на ПЭВМ // Управляющие системы и машины. 1991. № 8. С. 112-118.
24. Гапонов П.А. Методы организации параллельной переработки информации в графодинамической ассоциативной памяти // Интеллектуальные системы: Сб. науч. тр. / Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси. Мн.: 1998. С.167-178.
25. Голенков В.В. Графодинамические методы и средства параллельной асинхронной переработки информации в интеллектуальных системах. Мн.: БГУИР, 1996. - 295 с.
26. Голенков В.В. Графодинамические модели и методы параллельной асинхронной переработки информации в интеллектуальных системах: Дис...д-ра техн. наук: 05.13.17; 05.13.11. Мн., 1996. - 341 с.
27. Голенков В.В., Гулякина Н.А. Модели представления и переработки знаний. Методические указания. Мн.: БГУИР, 1998. - 34 с.
28. Голенков В.В., Гулякина Н.А. Язык параллельного программирования, ориентированный на переработку сложноструктурированных знаний в структурно перестраиваемой ассоциативной памяти. Мн.: БГУИР, 1998. - 83 с.
29. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Елисеева О.Е. Описание языка SCP. Мн., 1995. - 152 с. (Материалы по математическому обеспечению ЭВМ / Ин-т техн. Кибернетики АН Беларуси).
30. Голенков В.В., Королев В.Г., Елисеева О.Е. Операции языка SCL для обработки простых запросов. Мн., 1995. - 140 с. (Материалы по математическому обеспечению ЭВМ / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси).
31. Голенков В.В., Королев В.Г., Малевич И.Е. Представление знаний различного вида на языке SCL - Semantic Code Logic. Мн., 1995. - 58 с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси; № 4).

32. Голенков В.В., Королев В.Г., Малевич И.Е. Представление логических высказываний на языке SCL - Semantic Code Logic. Мн., 1994. - 46 с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси; № 19).
33. Головина Е.Ю., Чибизова Н.В. О построении интеллектуальной обучающей системы // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 1996. № 5. С. 85-92.
34. Городецкий В.И. Многоагентные системы: современное состояние исследований и перспективы применения // Новости искусственного интеллекта. 1996. № 1. С. 44 - 59.
35. Грибкова В.А., Новицкий Л.П. Диалоговая адаптивная система программирования учебного назначения // Программирование. 1989. № 2. С. 95-102.
36. Гришечкин Д., Оленев В., Тихонов А. Гипертекстовые системы // Монитор. 1992. № 5. С.4-8.
37. Джонассен Д.Х. Компьютеры как инструменты познания: изучение с помощью технологии, а не из технологии // Информатика и образование. 1996. № 4. С. 117 - 131.
38. Довгялло А.М., Ющенко Е.Л. Обучающие системы нового поколения // Управляющие системы и машины. 1988. № 6. С.54-60.
39. Домрачев В.Г., Ретинская И.В. О классификации компьютерных образовательных информационных технологий // Информационные технологии. 1996. № 2. С.10-14.
40. Дорошкевич А.М. Программирование контроля умения решать задачи // Материалы лекции, прочитанной в Политехническом музее на факультете программированного обучения. М.: Знание, 1970. - 36 с.
41. Дьяконов В.П. Популярная энциклопедия мультимедиа. М.: АВФ, 1996. - 416 с.
42. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика. СПб.: Изд-во "Братство", 1994. - 364с.
43. Дякин М.В., Подорожный Д.А., Сапир М.В. Подход к созданию гибких обучающих систем // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 1996. № 5. С. 77-84.

44. Елисеева О.Е. Инструментальные средства проектирования интеллектуальных обучающих систем // Высшая школа. 1998. № 1. С.63-69.
45. Елисеева О.Е. Структура знаний о пользователе в интеллектуальной системе // Международная летняя школа-семинар по искусственному интеллекту для студентов, аспирантов и молодых ученых (Браслав-97): Сб. тр. Мн: БГУИР, 1997. С.215-221.
46. Еремеев А.П. Адаптируемая производственная модель принятия решений для динамических проблемных областей // IV национальная конференция с международным участием "Искусственный интеллект - 94". Сб. науч. тр. В 2-х т. Т. 1. Рыбинск, 1994. С.162-166.
47. Ермаков М.Г., Андреева Л.Е. Вопросы разработки тестирующих программ // Информатика и образование. 1997. № 3. С.87-89.
48. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика / Под ред. Д.А.Поспелова. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. - 192 с.
49. Ивахненко А.Г. Самообучающиеся системы с положительными обратными связями: Справ. пособие. Киев, 1963. - 328 с.
50. Информатика. Энциклопедический словарь для начинающих. М.: Педагогика-Пресс, 1994. - 352 с.
51. Информатика и компьютерная грамотность. Науч. изд. М.: Наука, 1988. - 240 с.
52. Искусственный интеллект: В 3-х кн. / Кн. 2. Модели и методы: Справочник / Под ред. Д.А. Поспелова. М.: Радио и связь, 1990. - 304 с.
53. Искусственный интеллект: В 3-х кн. / Кн. 3. Программные и аппаратные средства: Справочник / Под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. М.: Радио и связь, 1990. - 368 с.
54. Искусственный интеллект - основа новой информационной технологии: Сб. науч. тр. / Под ред. Д.А.Поспелова, Н.А.Семенова Калинин, 1990. - 116 с.
55. Искусственный интеллект в XXI веке // Новости искусственного интеллекта. 1995. № 4. С. 126 - 172.
56. Ихсанов Н.Х. Построение модели обучаемого на принципах прикладной семиотики. // V национальная конференция с международным участием "Искусственный интеллект - 96". Сб. науч. тр. В 3-х т. Т. 1. Казань, 1996. С.166-171.

57. Капустин Е.В. Технология работы с системой “Расписание 2.0” // Информатика и образование. 1997. № 2. С.120-127.
58. Капустин Е.В. Создание программ на основе библиотеки объектов системы “Расписание 2.0” // Информатика и образование. 1997. № 3. С.112-115.
59. Капустин Е.В. Ввод исходных данных для системы “Расписание 2.0” // Информатика и образование. 1997. № 4. С.112-115.
60. Катые Г.П., Катые П.Г. Новая информационная технология - компьютерный синтез виртуального пространства // Информационные технологии, № 3, 1999 (Ч. 1), № 4, 1999 (Ч. 2).
61. Ковтун В.А. Формирование профессионально-ориентированной модели обучения с учетом личностных особенностей обучаемых // Информатика и образование. 1997. № 2. С.104-106.
62. Койт М. Моделирование воздействия на партнера в человеко-машинном диалоге // Новости искусственного интеллекта. 1996. № 2. С. 79 - 86.
63. Кокорева Л.В., Перевозчикова О.Л., Ющенко Е.Л. Диалоговые системы и представление знаний: Справ. пособие / АН Украины. Ин-т кибернетики. Киев: Наукова думка, 1992. - 448 с.
64. Колос В.В., Кудрявцева С.П., Сахно А.А. Разработка и реализация семейства интеллектуальных обучающих систем на основе учебных структур знаний // Известия Академии наук. Техническая кибернетика. 1993. № 2. С.190 - 201.
65. Кривошеев А.О. Разработка и использование компьютерных обучающих программ // Информационные технологии. 1996. № 2. С.14 - 18.
66. Куписевич Ч. Основы общей дидактики / Пер. с пол. М., 1986.
67. Курковский С. Гипертексты с практической точки зрения. Ч. 1. // Монитор. 1993. № 4. С.6-14.
68. Курковский С. Гипертексты с практической точки зрения. Ч. 2. // Монитор. 1993. № 5. С.6-11.
69. Левин Р., Дранг Д., Эделсон Б. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем с иллюстрациями на Бейсике / Пер. с англ / Предисловие М.Л. Сальникова, Ю.В. Сальниковой. М.: Финансы и статистика, 1991. - 239 с.

70. Леонидов В.А., Герасимов Н.А. Оптимизация структуры диалога в человеко-машинной системе принятия решений // Диалоговые системы. Рига: Зинатне, 1981. - Вып.4. - С.3-14.
71. Литвинцева Л.В. Виртуальные миры в системах обучения // V национальная конференция с международным участием "Искусственный интеллект - 96". Сб. науч. тр. В 3-х т. Т. 1. Казань, 1996. С.183-186.
72. Метельский Н.В. Дидактика математики: общая методика и ее проблемы: Учеб.пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. Мн.: Изд-во БГУ, 1982. - 256 с.
73. Моисеева М.В. Факультатив по телекоммуникациям // Информатика и образование. 1996. № 5. С. 133-141.
74. Никичкин В.В., Цуканова Н.И. Обучение как многошаговый дискретный процесс управления с нечеткими параметрами // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 1996. № 5. С.93-96.
75. Норенков И.П. Концепция модульного учебника // Информационные технологии. 1996. № 2. С.22 - 24.
76. Норенков Ю.И., Михайловский О.В. Адаптивная автоматизированная обучающая система // IV национальная конференция с международным участием "Искусственный интеллект - 94". Сб. науч. тр. В 2-х т. Т. 1. Рыбинск, 1994. С.72-76.
77. Овсейчик А.В., Сокулина И.Н. Механизмы интеллектуального решателя в обучающей системе Евклид // V национальная конференция с международным участием "Искусственный интеллект - 96". Сб. науч. тр. В 3-х т. Т. 1. Казань, 1996. С.171 - 176.
78. Описание языка SCPas. Операторы преобразования состояния SC-графа / Голенков В.В., Гулякина Н.А., Королев В.Г. и др. Мн., 1994. - 44 с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси; № 7).
79. Описание языка SCPas. Операторы поиска и проверки условий / Голенков В.В., Гулякина Н.А., Кузьмицкий В.М. и др. Мн., 1994. - 32 с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси; № 9).

80. Описание языка SCPas. Операторы управления вычислительным процессом. Примеры программ / Голенков В.В., Гулякина Н.А., Королев В.Г. и др. Мн., 1994. - 36 с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси; № 11).
81. Осипов Г.С. Информационные технологии, основанные на знаниях // Новости искусственного интеллекта. 1993. № 1. С. 7-41.
82. Осипов Г.С. Построение баз знаний на основе взаимодействия интерактивных методов приобретения знаний. I. Концептуальные элементы модели мира // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 1995. № 3. С.160-174.
83. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами: Основы теории и технологии. М.: Наука. Физматлит, 1997. - 112 с. (Проблемы искусственного интеллекта).
84. Педагогика и логика / Щедровицкий Г.П., Розин В.М., Алексеев Н.Г., Непомнящая Н.И. М.: Касталь, 1993. - 416 с.
85. Педагогический опыт глазами психолога: Книга для учителя. М.: Просвещение, 1987. - 224 с.
86. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы / Отв. ред. А.М.Довгялло; Ин-т кибернетики АН УССР. Киев: Наук. думка, 1982. - 196 с.
87. Петрушин В.А. Интеллектуальные обучающие системы: архитектура и методы реализации (обзор) // Известия Академии наук. Техническая кибернетика. 1993. № 2. С.164-189.
88. Пойа Д. Математическое открытие. Решение задач: основные понятия: изучение и преподавание. М.: Наука, 1976. - 448 с.
89. Полат Е.С. Дистанционное обучение: организационный и педагогический аспекты // Информатика и образование. 1996. № 3. С. 87-91.
90. Поснова М.Ф., Титовицкая А.Э. ЭВМ в учебном процессе. Мн.: Вайталада, 1996. - 104 с.
91. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 288 с.

92. Представление теоретико-множественных и арифметических отношений на языке SCL - Semantic Code Logic / Голенков В.В., Королев В.Г., Елисеева О.Е., Малевич И.Е. Мн., 1995. - 20с. (Препринт / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси; № 3).
93. Преображенский А.Б., Рыбина Г.В. Архитектура и принципы построения интеллектуальных диалоговых систем: Учеб. пособие. М.: МИФИ, 1989. - 80 с.
94. Программное обеспечение процесса обучения // Перспективы: вопросы образования. 1988. № 3. С. 70-79.
95. Растригин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивная система обучения с адаптируемой моделью обучаемого // Кибернетика. 1984. № 1. С. 28-32.
96. Растригин Л.А. Обучение как управление // Известия Академии наук. Техническая кибернетика. 1993. № 2. С.153 - 163.
97. Рыбина Г.В. Технология проектирования прикладных экспертных систем: Учеб. пособие. М.: МИФИ, 1991. - 104 с.
98. Рыбина Г.В. Проектирование систем, основанных на знаниях: Учеб. пособие. М.: МИФИ, 1997. - 104 с.
99. Серкутьев Г.В. Формы и методы организации теоретического обучения: Метод. пособие. Мн.: ИПК образования, 1993. - 110 с.
100. Сокулина И.Н., Овсейчик А.В., Технология представления пользователю декларативной части знаний в составе интеллектуальной обучающей системы Евклид // Искусственный интеллект. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1995. Вып. 2.
101. Сокулина И.Н., Миронов С.В. Об одном приеме формирования базы знаний с точки зрения решателя в ИОС // Искусственный интеллект. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1995. Вып. 2.
102. Статические и динамические экспертные системы: Учеб. пособие / Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.Б., Шапот М.Д. М.: Финансы и статистика, 1996. - 320 с.
103. Стефанюк В.Л. Анализ целесообразности локально-организованных систем через потоки вероятности // Модели в системах обработки данных. М.: Наука, 1989. С.33-45.

104. Стефанюк В.Л. К детальной структуре педагогического процесса - IV национальная конференция с международным участием “Искусственный интеллект - 94”. Сб. науч. тр. В 2-х т. Т. 1. Рыбинск, 1994. С.76-79.
105. Стефанюк В.Л. Теоретические аспекты разработки компьютерных систем обучения: Учеб. пособие для студентов и аспирантов по специальности “Прикладная математика”. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1995. - 36 с.
106. Стрикелева Л.В., Пискунов М.У., Тихонов И.И. Организация учебного процесса с помощью АОС. Мн., 1986.
107. Талызина Н.Ф. Теоретические основы программированного обучения. М., 1986.
108. Талызина Н.Ф. Внедрению компьютеров в учебный процесс - научную основу // Сов. педагогика. 1985. № 12. С. 34-38.
109. Терминальный модуль параллельного графового компьютера (PGC): Интерфейс с пользователем и процессорными модулями, структура, логическая организация / В.В.Голенков, Р.М.Павловский, И.А.Хижняк и др. Мн., 1994. - 44 с. (Материалы по математическому обеспечению ЭВМ / Ин-т техн. кибернетики АН Беларуси).
110. Тихонов А.Н. Единое информационное пространство высшей школы России: основные проблемы и направления развития // Информационные технологии. 1996. № 2. С. 2-6.
111. Толмачев С.А. Представление и синтез оптимальной логической структуры учебного материала в автоматизированных тренажерных системах // Кибернетика и системный анализ. 1993. № 1. С.183-186.
112. Уинстон П. Искусственный интеллект. М.: Мир, 1980. - 519 с.
113. Фомин С.С. Развитие технологии создания компьютерных обучающих программ // Информационные технологии. 1996. № 2. С.18 - 21.
114. Хатхоху М.Н. Принципы построения и использования гипертекстовых и мультимедиа систем в современных технологиях коллективного обучения // IV национальная конференция с международным участием “Искусственный интеллект - 94”. Сб. науч. тр. В 2-х т. Т. 2. Рыбинск, 1994. С. 399-405.

115. Хорошевский В.Ф. Автоматизация программирования экспертных систем: Учеб. пособие. М.: МИФИ, 1988. - 64 с.
116. Храмов Ю.Е., Чернин А.Э. От гипертекста к гипермедиа. Единообразная обработка разнородной информации на компьютерах семейства IBM PC // Журнал д-ра Добба. 1992. № 2. С.13-17.
117. Чернилевский Д.В., Филатов О.К. Технология обучения в высшей школе: Учеб. издание / Под ред. Д.В.Чернилевского. М.: Экспедитор, 1996. - 228 с.
118. Чибизова Н.В. Построение и использование модели обучаемого в ИОС. - V национальная конференция с международным участием “Искусственный интеллект - 96”. Сб. науч. тр. В 3-х т. Т. 1. Казань, 1996. С.159-162.
119. Чибизова Н.В. Инструментальные средства создания ИОС // Динамические интеллектуальные системы в управлении и моделировании. Материалы семинара. Москва, 1996. С.107-110.
120. Штерн И.Б. Канонические знания в модели исследователя: энциклопедия как информационная креативная среда // Известия Академии наук. Теория и системы управления. 1996. № 3. С. 153-159.
121. Экспертные системы. Принципы работы и примеры / Под ред. Р.Форсайта. - М.: Радио и связь, 1987. - 224 с.
122. II Международный конгресс Юнеско “Образование и информатика”. Москва, 1-5 июля 1996 года // Информатика и образование. 1996. № 5. С. 1-38.
123. VI Всемирная конференция IFIP “Компьютеры в образовании” (WCSE-95) // Информатика и образование. 1996. № 1. С.33-36.
124. Baffes P., Mooney R. Refinement - Based Student Modeling and Automated Bug Library // Journal of Artificial Intelligence in Aducation. 1996. P.76.
125. Computer-assisted instruction. Its use in the classroom. - Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1983. - 232 p.
126. Computer-Based Instruction. Methods and Development. - Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985. - 418 p.
127. Dietterich T., Michalski R. Inductive learning of structural descriptions // Artificial Intelligence. 1981. № 16. P.257-294.

128. Forsyth R. BEAGLE: a Darwinian approach to pattern recognition // Kybernetes. 1987. № 10.
129. Hirashima T., Kashihara A., Toyoda J. Providing Problem Explanation for ITS // Lecture Notes in Computer Science. 1992. V. 608.
130. Khuwaja R.A., Evens M.W., Rovick A.A., Michael J.A. Knowledge Representation for an Intelligent Tutoring System on a Multilevel Causal Model // Lecture Notes in Computer Science. 1992. V. 608.
131. Koit M., Oim H. Modelling communicative strategies // Proc of the Third Symposium on Programming Languages and Software Tools. Kiiiriku, 1993. P.73-82.
132. Major N.P., Reichgelt H. Using COCA to Build an Intelligent Tutoring Systems for simple algebra // In Nwana, H.S. (Ed.). Mathematical Learning Environments, Intellect, 1992.
133. Nehemie P.A. Systemic Approach for Student Modelling in a Multi-Agent Aided Learning Environment // Lecture Notes in Computer Science. 1992. V. 608. P. 475-482.
134. Planning and authoring computer-assisted instruction lessons // Educational echnology. 1981. 21. P. 17-26.
135. Principles of instructional desing. - New York: Holt, Rinehart and Winston, 1979.
136. Quinlan J. Induction over Large Databases: Report HPP-7914 / Stanford University. Palo Olto, 1979.
137. Self J.A. Student Models in Computer-aided Instruction // Int. J. Man-Machine Studies. 1974. № 6, P.261-276.
138. Sutcliffe A., Faraday P. Designing Multimedia Interfaces // Proc. of East-West International Conference on Human-Computer Interaction EWHCI'93. Vol. 3. P. 123-133.
139. The appraisal of an ICAI system // Self J. (ed.) Artificial intelligence and human learning. Intelligent computer-aided instruction. London: Chapman and Hall, 1988. P. 49-68.
140. Theories of learning. - Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1981.