

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий  
институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В. Е. Косенко  
подпись                      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

МЕТОДИКА СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ КУРСА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ  
тема

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
код и наименование направления

09.04.01.03 «Информационные системы космических аппаратов и центров  
управления полетами»  
код и наименование программы

<u>Научный руководитель</u>	_____	доцент МБК ПФиКТ, канд. техн. наук	<u>В.А. Углев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
<u>Выпускник</u>	_____		<u>М.В. Дудкина</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
<u>Рецензент</u>	_____	Начальник сектора АО «ИСС», канд. техн. наук	<u>Е.В. Ислентьев</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
<u>Нормоконтролер</u>	_____		<u>Е.С. Сидорова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2018 г.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий  
институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В. Е. Косенко  
подпись                      инициалы, фамилия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме магистерской диссертации**

Студенту: Дудкиной Марии Владимировне

Группа: КИ 16-01-3М

Направление (специальность): 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Тема выпускной квалификационной работы: «Методика синтеза структуры курса в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах»

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР: Углев Виктор Александрович, доцент, канд. техн. наук.  
МБК ПФКТ СФУ

Исходные данные для ВКР: использование когнитивных карт диагностики знаний для представления ЭУК.

Перечень разделов ВКР: 1 Проблематика автоматизированного формирования индивидуального маршрута изучения дисциплины. 2 Методика синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины. 3 Экспериментальная отработка методики.

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_   
подпись

В.А. Углев

\_\_\_\_\_   
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_   
подпись, инициалы и фамилия студента

М.В. Дудкина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Методика синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах» содержит 74 страниц текстового документа, список литературы из 38 использованных источников.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ МАРШРУТ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ, КОГНИТИВНАЯ КАРТА ДИАГНОСТИКИ ЗНАНИЙ, ЭЛЕКТРОННОЕ ОБУЧЕНИЕ.

Целью диссертационного исследования является разработка методики синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах. Основные задачи:

- 1) осуществить обзор предметной области и выявить проблемы автоматизации формирования индивидуальных маршрутов изучения дисциплины в рамках автоматизированных обучающих систем;
- 2) определить модельное обеспечение задачи индивидуализации маршрута изучения дисциплины;
- 3) разработать методику синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины на основе продукционных экспертных систем;
- 4) провести эксперимент со студентами СФУ в г. Железногорске на данных электронного учебного курса для подтверждения адекватности методики.

В результате исследования была получена методика синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины для интеллектуальной автоматизированной обучающей системы.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Проблематика автоматизированного формирования индивидуального маршрута изучения дисциплины.....	10
1.1 Автоматизированные обучающие системы.....	10
1.2 Способы построения маршрута изучения дисциплины.....	14
1.2.1 Специфика маршрута при автоматизированном обучении.....	16
1.2.2 Специфика индивидуализации начального маршрута.....	19
1.2.3 Существующие подходы к автоматизированному формированию индивидуализированного маршрута.....	21
1.3 Интеллектуальные АОС при обеспечении индивидуализации обучения..	22
1.4 Постановка задачи.....	25
1.5 Выводы по главе 1.....	27
2 Методика синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины.....	29
2.1 Модельное обеспечение.....	29
2.1.1 Модель электронного учебного курса.....	29
2.1.2 Модель учителя.....	34
2.1.3 Модель ученика.....	35
2.2 Формирование дерева принятия решений по индивидуализации маршрута обучения.....	38
2.3 Методика принятия решений по синтезу индивидуального маршрута изучения дисциплины.....	49
2.4 Выводы по главе 2.....	53
3 Экспериментальная отработка методики.....	55
3.1 Описание моделей.....	55
3.2 Проведение эксперимента.....	59
3.3 Анализ результатов.....	62
3.4 Выводы по главе 3.....	65
Заключение.....	67

Список сокращений .....	69
Список использованных источников .....	70
Приложение А Экземпляр модели электронного учебного курса.....	75
Приложение Б ER-модель БД экспериментальной программы .....	79

## ВВЕДЕНИЕ

Внедрение новых технологий и систем происходит во всех сферах деятельности, в том числе и в сфере образования. Все ВУЗы в той или иной степени применяют электронное обучение: начиная с электронных учебников и заканчивая дистанционным образованием с возможностью получения диплома государственного образца. Формат электронного образования уже хорошо зарекомендовал себя, предоставляя ученику выбирать комфортное для себя время, место и темп обучения, и имеет ряд преимуществ перед традиционным обучением [1].

Обучение студента и связь с преподавателем при электронном обучении обеспечивается за счет программных и технических средств, в том числе с помощью автоматизированных обучающих систем, которые берут на себя часть обязанностей преподавателя. Под автоматизированной обучающей системой (АОС) понимают организованный на базе ЭВМ комплекс программного и учебно-методического обеспечения, предназначенный для поддержки процесса обучения. На АОС возлагают множество задач, которые сопутствуют процессу обучения, в том числе: предоставление учебного материала, проведение контрольных тестов, анализ результатов тестов, сбор статистики процесса обучения. Помимо поддержки процесса обучения, особенно важна задача повышения качества образования посредством технических и информационных средств, которую учитель при работе с множеством студентов обеспечить не может. Исследование альтернативных вариантов обучения с целью разработки более эффективного освоения новой информации ведется с середины прошлого века. Одним из таких вариантов является формирование индивидуального маршрута изучения дисциплины. Эта задача предполагает построение такого плана обучения, который соответствует не только стандартам образования, но и личным качествам ученика. Положительный эффект от такого подхода описан многими исследованиями [2].

Применение индивидуального маршрута изучения дисциплины способствует большему раскрытию потенциала ученика по сравнению с традиционными, общими для всех, обучающими курсами. В тоже время, индивидуальный маршрут отвечает необходимой полноте, наглядности, достоверности курса. Используя индивидуальные маршруты при подготовке молодых кадров различных предприятий космической отрасли, в частности предприятия в г. Железногорска АО «ИСС», можно повысить качество обучения и поднять интерес молодых специалистов к тем или иным дисциплинам.

Целью диссертационного исследования является разработка методики синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах при сохранении полноты учебного материала электронных курсов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) изучить проблемы автоматизации индивидуального маршрута;
- 2) сформировать модельное обеспечение задачи индивидуализации маршрута;
- 3) разработать методику синтеза индивидуального маршрута для интеллектуальных автоматизированных обучающих систем;
- 4) провести эксперимент со студентами СФУ направлений «Информационные системы космических технологий и центров управления полетами» и «Навигация и управление движением» в г. Железногорске в рамках учебной программы МБК «Прикладная физика и космические технологии».

Научная новизна: методика позволит сформировать маршрут изучения дисциплины, ориентированный на индивидуальные особенности ученика и соответствующий стандартам образования.



Практическая значимость: повышение мотивации освоения учебного материала студентов СФУ в г. Железногорске за счет вовлечения их в процесс формирования собственных индивидуальных маршрутов изучения дисциплин.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

В первой главе будет рассмотрена область индивидуализации процесса обучения. Приведены основополагающие принципы индивидуального подхода, показаны существующие способы построения маршрутов и специфика применения автоматизированных систем к данной задаче. Будут подробно рассмотрены возможности интеллектуальной АОС при обеспечении индивидуализации обучения.

Во второй главе диссертации будет приведено модельное обеспечение методики индивидуализации маршрута и сама методика. В подробностях расписаны структуры моделей ЭУК, учителя и ученика, представлено дерево принятия решения формирования индивидуального маршрута изучения дисциплины. Определены действия на каждом этапе методики.

В третьей главе будет представлено программное средство проведение эксперимента, описаны используемые экземпляры моделей и процесс проведения эксперимента. Будет представлены результаты эксперимента и показана адекватность разработанной методики.

# **1 Проблематика автоматизированного формирования индивидуального маршрута изучения дисциплины**

## **1.1 Автоматизированные обучающие системы**

Потребность общества в квалифицированных кадрах создает конкурентную среду для различных образовательных систем, в том числе и с помощью информационных технологий. Их применение распространяется на ВУЗы, дистанционное обучение, самообучение, курсы повышения квалификации, различные тренажеры и др. В связи с этим применяются множество терминов, обозначающих автоматизированные обучающие системы, которые, по сути, являются аналогичными:

- автоматизированная система обучения (АСО);
- система дистанционного обучения (СДО);
- автоматизированная система дистанционного обучения (АСДО);
- обучающая программа;
- обучающая система и др.

Обобщая данные термины, можем определить автоматизированные обучающие системы (АОС), как комплекс технического, учебно-методического, лингвистического, программного и организационного обеспечений на базе ЭВМ, предназначенный для индивидуализации обучения [3].

Разработка АОС предполагает решение широкого круга вопросов, начиная от разработки автоматизированных учебных курсов, средств тестирования и до контроля степени усвоения материала. АОС представляет собой совокупность диалоговых программ и может быть использована для комплексного обучения по любой учебной дисциплине, выработки у ученика конкретных знаний и компетенций, которые входят в состав электронного учебного курса (ЭУК) [4].

В общем случае, АОС предназначена для решения следующих задач:

- подготовка и предъявление учебного материала, адаптацией материала по уровням сложности, подготовкой контрольных заданий и самостоятельных работ учащихся;
- проверка уровня знаний, умений и навыков, учащихся до и после обучения, их индивидуальных способностей и мотиваций;
- администрирование системы, обеспечение обратной связи с обучаемым;
- регистрация и статистический анализ показателей усвоения учебного материала: определение времени решения задач, определение общего числа ошибок и т.д.

Исследование задачи автоматизации процесса обучения начинается с конца 60-х годов двадцатого века. Тогда же были предприняты первые попытки комплексного анализа автоматизации различных педагогических процессов. (в частности, исследования П.Я. Гальперина [5], Н.Ф. Талызиной [6], В.П. Беспалько [7] и др.), и первые попытки создания автоматизированных обучающих систем (АОС). Они базировались на специальном программном обеспечении с авторским языком и позволяли переложить некоторые рутинные функции с человека на компьютер. Дальнейшее развитие АОС позволило не только проходить учебный материал и проверять ответы тестов, но и определило первые принципы адаптации автоматизированного обучения по уровню подготовленности учащегося [8].

Со временем появляются первые АОС создающие модель учащегося и предметной области; их называют экспертными или интеллектуальными системами [9]. Такие системы адаптируют содержание курса к целям учащегося, а также уровню его подготовки, создавая модель учащегося [10]. На данный момент, АОС получили широкое распространение и их востребованность увеличивается с каждым годом, вовлекая все большее количество учеников. Помимо ВУЗов, предоставляющих дистанционное обучение посредством АОС, большой популярностью пользуются массовые

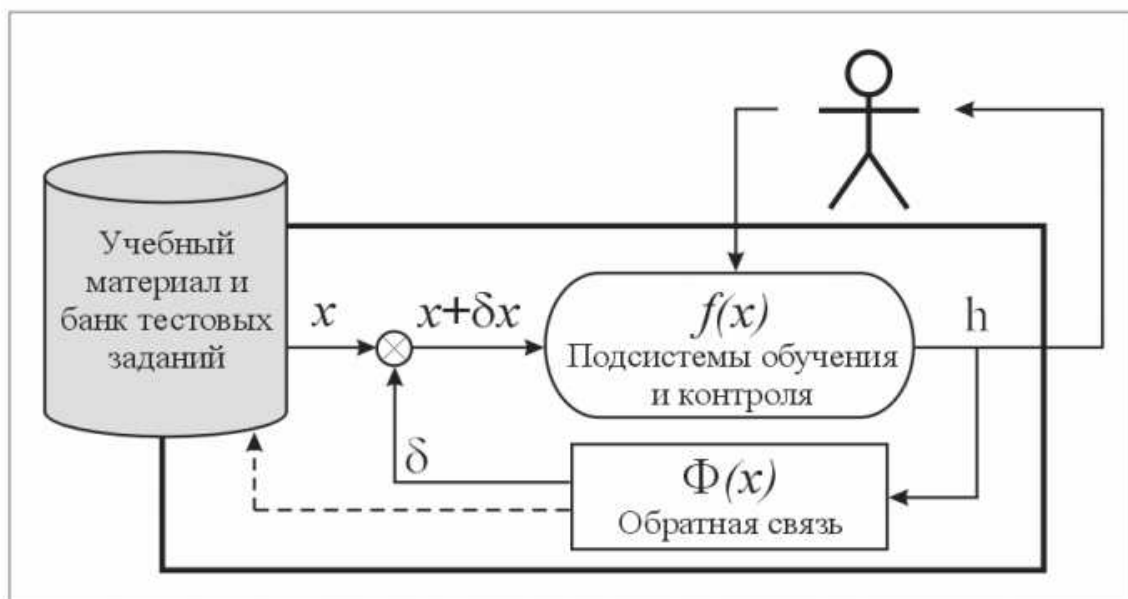
открытые системы управления обучением доступные по сети Интернет для самообучения и повышения квалификации [11].

По структурному признаку взаимодействия обучающей системы с пользователем АОС подразделяются на АОС без обратной связью и АОС с обратной связью.

В АОС без обратной связи не учитываются отклики учащегося и не корректируется последовательность предъявления учебного материала. Последовательно изучения материала и прохождения тестов зафиксирована на уровне программы. Ученик рассматривается как пассивный наблюдатель, от которого не требуется никаких откликов по взаимодействию с АОС на этапе изучения. При тестировании ученика определяется уровень знаний на определенном периоде учебного процесса. Такие системы предъявляют ученику открытые или закрытые вопросы, на основе которых определяется результирующая оценка степени усвоения учебного материала.

Более широкими функциональными возможностями обладает АОС с организованной обратной связью между учеником и системой. В этом случае система направлена на повышение уровня знаний учащегося и тем самым уменьшение количества совершаемых им ошибок. Обобщенная схема взаимодействия ученика с АОС с обратной связью представлена на рисунке 1 [12].

Объектом регулирования является учащийся, а генерация воздействий со стороны АОС строится в соответствии со знаниями учащегося на основе накопленного им ранее опыта и входным заданием, а также в зависимости от принятых в программном обеспечении критериев достоверности оценки знаний обучаемого. Задание, здесь совокупность задач, которые должен решить ученик.



$x$  – обучающе-контролирующее воздействие;  
 $h$  – оценка знаний;  $\delta$  – управляющее воздействие

Рисунок 1 – Схема процесса взаимодействия ученика с АОС

Самым сложным процессом в рассматриваемой модели является выявление критерия степени достоверности усвоения учащимся полученной информации и исключения фактора случайности, когда АОС делает ошибочный вывод о правильном усвоении учащимся предложенного материала. Поступившая от АОС информация, рассматривается учащимся в совокупности с имеющимися в его памяти данными путем их обновления, сопоставления, взаимного дополнения и коррекции. На основании этого процесса ученик приходит к принятию соответствующего решения, анализируя которое АОС должна подтвердить или опровергнуть факт усвоения учеником текущей и предыдущих порций учебного материала [13].

подавляющее большинство современных АОС обладают ориентированностью на конкретные предметные области, обусловленной отсутствием единой стандартной формализации данных. Разработчики АОС вынуждены придерживаться одного выбранного алгоритма обучения, подходящего под предмет обучения. Обучающий материал при этом не обладает

возможностью адаптации под особенности ученика. Создание интеллектуальной АОС, которая позволяет использовать различные методики для создания адаптивного обучающего процесса, остается одной из наиболее актуальных задач в данной области.

## **1.2 Способы построения маршрута изучения дисциплины**

Индивидуализация обучения как одно из стратегических направлений развития отечественного образования обозначена в нормативно-правовых документах Российской Федерации. В частности, Закон об образовании вводит такое понятие, как индивидуальный учебный план, который представляет собой «учебный план, обеспечивающий освоение образовательной программы на основе индивидуализации ее содержания с учетом особенностей и образовательных потребностей конкретного обучающегося» [14]. Индивидуализация содержания образовательной программы обеспечивается возможностью освоения ряда дисциплин по выбору. Таким образом, студент формирует свой индивидуальный учебный план путем дополнения обязательных дисциплин дисциплинами по выбору [15].

В последнее десятилетие наряду с понятием «индивидуальный учебный план» широко используются такие понятия, как «индивидуальный образовательный маршрут» и «индивидуальная образовательная траектория», которые разными исследователями определяются по-разному, и, следовательно, в разных работах выступают в разных отношениях друг к другу.

Например, А.В. Хуторской не использует термин «индивидуальный образовательный маршрут», а под индивидуальной образовательной траекторией понимает «осознанный и согласованный с педагогом выбор основных компонентов своего образования: смысла, целей, задач, темпа, форм и методов обучения, личностного содержания образования, системы контроля и оценки результатов» [16].

В.М. Гребенникова и С.С. Игнатович полагают, что индивидуальный образовательный маршрут учащегося – это «его собственный проект продвижения в образовательном пространстве, разрабатываемый совместно с педагогом и фиксируемый в виде индивидуальной образовательной программы. Результатом становится индивидуальная образовательная траектория» [17].

С.Е. Марсова понимает индивидуальный образовательный маршрут как «проектируемую совместно с преподавателем, вариативную структуру учебной деятельности, обеспечивающую студенту позицию субъекта выбора и разработки содержания образования, реализации всей образовательной программы в целом, и её отдельного отрезка в частности, что позволяет рассматривать индивидуальный образовательный маршрут на двух уровнях одновременно» [18]. Под разными уровнями понимаются разделение на стратегический и тактический уровни индивидуального образовательного маршрутов так, что под индивидуализированной образовательной программой в целом обозначается термин «индивидуальная образовательная траектория», а под индивидуализированной программой изучения отдельных дисциплин – термин «индивидуальный образовательный маршрут». Таким образом, ученики могут влиять не только на состав дисциплин в своей образовательной программе, но и на маршрут изучения конкретной дисциплины, способствующий их личностному развитию.

Ответственность за формирование образовательных маршрутов лежит на тьюторе, который стоит между учеником и преподавателем. Он анализирует интересы и проблемы ученика, отслеживает, что в программе ученику дается с трудом и к чему есть способности. В задачи тьютора входит разработка индивидуальных маршрутов и сопровождение процесса индивидуального обучения. Образовательные маршруты следует рассматривать как основные содержательные линии и направления в организации образовательного процесса, в рамках которого обеспечивается реализация личностно ориентированной педагогической деятельности. В результате чего должны быть реализованы следующие задачи:

- создано условия для обучения и воспитания учащихся с широкими и гибкими возможностями построения учебного плана и индивидуальных образовательных программ;
- обеспечен доступ к полноценному образованию обучающегося в соответствии с его способностями, индивидуальными склонностями и потребностями;
- использован оптимальный тип (форму) обучения, который объединял бы в себе форму организации учебной деятельности и эффективный метод индивидуального обучения;
- активизирована познавательная деятельность учащегося в урочное и внеурочное время, повышена роль самостоятельной творческой исследовательской работы ученика;
- обеспечено развитие целостной структуры личностных свойств ученика, позволяющих наиболее успешными способами осваивать учебный материал и раскрывать свой творческий потенциал [19, 20].

Основанием для выбора образовательного маршрута является:

- желание ученика;
- мотивация учащегося к обучению;
- состояние здоровья учащегося;
- уровень готовности обучаемого к освоению образовательной программы.

При таком наборе характеризующих ученика параметров возможна адекватная адаптация, позволяющая как заинтересовать ученика, так и способствовать его лучшей обучаемости.

### **1.2.1 Специфика маршрута при автоматизированном обучении**

Автоматизация построения индивидуального маршрута требует решения целого ряда дополнительных задач, связанных с тем, что исходные данные необходимо формализовать, а сам процесс должен быть выстроен в конкретный



алгоритм с учетом всевозможных ситуаций. Построение маршрута при автоматизированном обучении требует учесть данные об ученике, учителе и дисциплине. Для корректного отображения этих данных необходимо ввести модели, которые будут содержать все необходимые и достаточные для формирования индивидуального маршрута параметры. Такими моделями будут модель ученика, модель учителя, модель дисциплины. Так как ученик, как личность, имеет очень большое количество характеристик, которые так или иначе могут оказывать влияние на его процесс обучения, выделение параметров модели ученика должно быть ограничено и аргументированно. Модель ученика должна отображать такие аспекты, как интересы и способности ученика, его текущие цели обучения и уже имеющиеся знания и умения относительно изучаемой дисциплины. Так же, модель должна учитывать возможность изменения некоторых характеристик ученика и иметь возможность динамической адаптации к конкретному ученику.

Структура модели дисциплины во многом определяет возможность адаптации маршрута к особенностям ученика и, как следствие, качество индивидуализации маршрута изучения дисциплины. В АОС используются электронные учебные курсы (ЭУК) для представления дисциплины. Электронный учебный курс (ЭУК) – это дидактическая компьютерная среда, содержащая систематизированный материал по соответствующей научно-практической области знаний (дисциплине), объединенная единой программной оболочкой [21]. Такой курс может рассматриваться как универсальная структура, объединяющая в себе возможности как информационных технологий, так и педагогических. ЭУК должен отвечать всем особенностям современного образовательного процесса, включая различные формы обучения, структуру и способ представления учебного материала.

В общем случае, ЭУК как система включает следующие функциональные подсистемы [22]:

- справочно-информационная;

- навигационная;
- диагностирующая;
- управляющая.

Справочно-информационная подсистема – это ядро ЭУК, взаимосвязанное со всеми другими подсистемами. Она состоит из теоретического учебного материала, обеспечивающего информационную поддержку процесса обучения, и элементов, которые организуют индивидуальную практическую работу. Исходный учебный материал должен быть оформлен согласно четкой структуре для возможности его обработки и анализа. Структура предполагает разбиение учебного материала на части и позволяет характеризовать каждую часть рядом параметров.

Содержание, объем и структура материала учебной дисциплины задают требования к уровню обучения и должны включать в себя как минимум:

- теоретический раздел дисциплины;
- цели и задачи учебной дисциплины;
- тематику семинарских занятий, рефератов, курсовых проектов;
- практические занятия, лабораторные;
- методические рекомендации;
- основная и дополнительная литература, справочные материалы.

Навигационная подсистема определяется содержанием курса и содержит метаинформацию о структуре курса, о семантических связях и навигационных данных.

Диагностирующая подсистема включает в себя системы тестирования для промежуточного и итогового контроля. Систематический контроль за уровнем знаний стимулирует, во-первых, повышение качества познавательного процесса; во-вторых, ответственность за результаты самостоятельной работы обучаемых. В-третьих, система контроля, обеспечивая объективность и информативность, показывает преподавателю реальную картину качества усвоения знаний каждым из многочисленных обучаемых.

Управляющая подсистема объединяет в себе результаты педагогического мониторинга и необходимой коррекции процесса обучения, а также могут быть сформированы базы данных для хранения информации о результатах обучения студентов.

Составление ЭУК требует определенной квалификации от ответственного лица. Полнота проработки каждой из подсистем определяется конкретным назначением ЭУК, в некоторых случаях часть подсистем может отсутствовать. Так как нет стандартного общего способа формирования ЭУК, каждый разработчик использует наиболее подходящую для него структуру. Зачастую, структура ЭУК не поддерживает возможность построения маршрута, предлагая ученику строгую последовательность изложения обучающего материала и контрольных тестов.

### **1.2.2 Специфика индивидуализации начального маршрута**

В современном виде идея построения индивидуального маршрута (ИМ) ученика была представлена в исследованиях научной школы А.П. Тряпицыной, где построение маршрута связано с индивидуальной образовательной программой ученика. В качестве оснований выбора ИМ рассматриваются индивидуальные характеристики личности ученика – его жизненные планы, достигнутый уровень учебной и социальной успешности, состояние здоровья [23]. В основе такого способа понимания по-прежнему присутствует идея выбора из «заранее готового», с той лишь разницей, что число предлагаемых альтернатив больше одного. Собственная позиция ученика при этом ограничена рамками формального выбора.

В данной ситуации следует обратить внимание на два обстоятельства, ставящих под сомнение индивидуальность такого образовательного маршрута. Во-первых, ИМ существует как нечто внешнее по отношению к самому ученику, творческое участие самого ученика в его проектировании не предполагается, во всяком случае, не является обязательным. Во-вторых,

конечный пункт маршрута изначально известен и задан образовательным стандартом. Индивидуальность выступает здесь «шагом вправо-влево» от единой для всех траектории движения, приводящей к единому результату [24].

Различные варианты маршрутов изучения дисциплины основаны на вариациях уровня сложности. Это обусловлено тем, что каждая дидактическая единица обучающего материала позволяет представлять ее с различной степенью сложности и полноты объяснения. Но такие модификации сильно ограничены стандартами образования и семантическими связями самой дисциплины, так что ИМ похож на начальный маршрут в своей структуре, но отличается в предлагаемой сложности.

К факторам, которые влияют на индивидуализацию маршрута можно отнести три заинтересованные стороны в процессе обучения: цель ученика, цель учителя и стандарты образования. Каждый из них в той или иной степени вносит свои изменения в маршрут. Главенствующим фактором является стандарт образования, как целевой показатель процесса обучения. Именно он определяет какие знания и навыки должны стать результатом обучения. Но в случае неопределенности цели ученика и совпадением цели со стандартным обучением, большую роль в формировании ИМ играют стандарты образования, обозначая минимальные необходимые требования к процессу обучения, а цели учителя, отражая субъективное представление о дисциплине, дополняют маршрут.

В определенных условиях возникает ситуация, при которой интересы сторон относительно построения маршрута противоречат друг другу. Например, если ученик настаивает на сокращении изучения некоторой группы дидактических единиц, в то время как они входят в обязательное ядро дисциплины. Разрешение таких конфликтов является важной задачей в процессе формирования индивидуального маршрута.

К основным характеристикам учащегося, которые являются значимыми для процесса индивидуализации маршрута изучения дисциплины, относятся такие данные, как:

- цель обучения;
- интересы;
- имеющиеся навыки и знания.

Цель ученика в обучении показывает требования к знаниям, умениям и навыкам ученика, которые он должен приобрести в процессе обучения. Цель, заданная обычно в виде какого-либо логического выражения, может быть любой: от чисто формального обучения до личной мотивации и увлеченности знаниями. Помимо этого, ученик может выказать заинтересованность в каких-либо темах дисциплины или приобретении определенных компетенций за счет дисциплины.

### **1.2.3 Существующие подходы к автоматизированному формированию индивидуализированного маршрута**

При помощи автоматизации процесса обучения ученики имеют множество альтернатив, которые были недоступны ранее. Возможность выбора комфортного режима обучения в АОС для учеников значительно увеличило область их применения. К вопросу индивидуализации можно подойти с разных точек зрения. Рассмотрим варианты формирования индивидуализации процесса обучения:

- индивидуализация по формату представления информации. Учитывает когнитивные способности учащегося в контексте лучшего формата восприятия: визуальное, текстовое, на слух и др;
- индивидуализация по сложности обучающего материала. Учитывает имеющиеся знания ученика и его когнитивные способности. Предполагается условная классификация учеников на три или более группы для обучения с разным уровнем сложности и скоростью обучения;
- индивидуализация по местоположению и времени. Предполагает возможность ученика приступать к обучению в удобном для него месте и в удобное время. Часто используется для людей с ограниченными

возможностями или для удаленного обучения. Совместная работа ученика и учителя проходит посредством сети Интернет;

– индивидуализация проверяющих тестов. Промежуточные и контрольные тесты для каждого ученика формируются на основании показателей процесса обучения [25];

– индивидуализация маршрута изучения дисциплины. Предполагает формирование индивидуальной образовательной программы для каждого ученика.

Каждая из видов индивидуализации направлена на повышения качества и доступности получения образования и требует большой исследовательской работы. В данном исследовании будем рассматривать только индивидуализацию маршрута изучения дисциплины для обзора существующих решений.

### **1.3 Интеллектуальные АОС при обеспечении индивидуализации обучения**

Современной тенденцией в создании АОС (в особенности, интеллектуальных АОС) является реализация в них парадигмы обработки знаний. В информационной компоненте такой АОС знания представляют в виде базы знаний. Основные модели знаний в базах знаний можно классифицировать следующим образом [26]:

- 1) продукционные модели;
- 2) фреймы;
- 3) формально-логические модели;
- 4) модели на основе онтологии, включая семантические сети;
- 5) другие модели.

Последовательно рассмотрим указанные модели знаний.

1 Продукционные модели.

В продукционной модели знания представляют в виде правил - предложений типа

если <условие>, то <действие>.

Здесь под условием понимают предложение-образец, по которому осуществляют поиск в базе знаний, а под действием - действия, выполняемые при успешном исходе поиска.

База знаний, построенная на основе продукционной модели, состоит из набора правил указанного вида. Для поиска в базе знаний осуществляют перебор правил, который выполняет специальная программа, называемая машиной вывода. Обычно машина вывода использует прямой вывод (от данных - к цели) или обратный вывод (от цели - к данным). Здесь данные - это исходные факты, формализующие постановку задачи, которую решают с помощью базы знаний.

Продукционную модель знаний чаще всего применяют в экспертных системах. Модель привлекает разработчиков своей наглядностью, высокой модульностью, относительной простотой внесения дополнений и изменений, простотой механизма логического вывода. Обзор программных средств, реализующих продукционный подход, дан, например, в работе [27].

## 2 Фреймовые модели.

Предложены М. Минским в 70-е годы 20-го века. Структуру фрейма можно представить в следующем виде:

<имя фрейма>:

<имя i-го слота> : <значение i-го слота>.

Важно, что в качестве значения слота может выступать имя другого фрейма. Данное свойство фреймов позволяет создавать сети фреймов. В структуре фрейма могут присутствовать также поля, определяющие тип слота и специальные обрабатывающие процедуры. Различают фреймы-образцы (прототипы), хранящиеся в базе знаний, и фреймы-экземпляры, которые вводят для отображения решаемой с помощью базы знаний задачи. Основным преимуществом фреймов, как модели представления знаний, является

способность отражать концептуальную основу организации памяти человека. Достоинствами фреймов также являются их гибкость и наглядность.

### 3 Формальные логические модели.

Формальные логические модели основаны на классической логике предикатов первого порядка. Предметная область и решаемая с помощью базы знаний задача описывается в данном случае в виде набора аксиом. Формальные логические модели используют в основном в исследовательских экспертных системах, так как эти модели накладывают сильные ограничения на предметную область.

### 4 Модели на основе онтологий.

Согласно классическому определению Т. Грубера (Thomas R. Gruber), онтология является точной спецификацией концептуализации [28]. Смысл этого определения, очевидно, зависит, прежде всего, от того, какой смысл придается термину «концептуализация». В контексте проблематики АОС под концептуализацией понимают некоторую абстракцию, т.е. упрощенное представление предметной области.

Более конструктивным является определение онтологии, как формального декларативного представления предметной области, включающего в себя концепты предметной области и логические утверждения, которые описывают то, что собой представляют эти концепты и как они связаны и соотносятся друг с другом.

Компоненты, из которых состоит онтология, зависят от используемой модели онтологии. Обычно онтологию описывают с помощью концептов (понятий, классов, сущностей, категорий), атрибутов концептов (слотов, свойств, ролей), отношений между концептами (связей, зависимостей, функций), а также дополнительных ограничений (аксиом, фасет).

### 5 Модели в виде семантических сетей.

В базах знаний АОС онтологию предметной области обычно представляют в виде семантической сети [29].



Семантическую сеть обычно определяют в виде ориентированного графа, вершины которого соответствуют концептам, а дуги - отношениям между ними. На языке теории систем семантическую сеть представляют множеством вершин  $S$  и множеством отношений между ними  $R$ . В терминах математической логики вершина семантической сети соответствует элементу предметного множества, а дуга — предикату.

Чаще всего, в семантических сетях используют такие типы отношений, как иерархические, функциональные, количественные, пространственные, временные, атрибутивные, логические отношения. Примеры баз знаний, построенных на основе семантических сетей, приведены в работе [9].

Проведенный анализ моделей представления знаний в базах знаний показал, что наиболее подходящим вариантом для обеспечения индивидуализации ЭУК является продукционная модель с правилами вывода типа «Если (условие), то (действие)». Применение продукционной модели представления знаний в составе экспертной системы позволит организовать простые для понимания и модификации знания, а также создать эффективные процедуры логического вывода данных.

#### **1.4 Постановка задачи**

На основе проведенного исследования предметной области задачи индивидуализации маршрута изучения дисциплины можем сформировать цель и задачи диссертационной работы.

Объектом исследования являлся электронный учебный курс.

Предметом исследования являлся процесс индивидуализации маршрута изучения электронного учебного курса.

Целью данной работы является разработка методики синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах при сохранении достаточной полноты учебного материала электронных курсов.

Методика должна учитывать цели и возможности ученика, и при этом обеспечить содержательность курса, отвечающую федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС) и требованиям составителя ЭУК.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) сформировать модельное обеспечение задачи индивидуализации маршрута;
- 2) разработать методику синтеза индивидуального маршрута для интеллектуальных автоматизированных обучающих систем;
- 3) провести эксперимент со студентами СФУ направлений «Информационные системы космических технологий и центров управления полетами» и «Навигация и управление движением» в г. Железногорске в рамках учебной программы МБК «Прикладная физика и космические технологии».

Для решения задач, в работе будут использованы существующие методы:

1 Экспертная система (ЭС) – сложный программный комплекс, аккумулирующий знания специалистов в конкретной предметной области и тиражирующий этот опыт для пользователей [30]. ЭС являются одним из направлений искусственного интеллекта. Основу ЭС составляет база знаний (БЗ) о предметной области, которая накапливается в процессе построения и эксплуатации ЭС. База знаний – это специальным образом организованные знания, пригодные для дальнейшего анализа в экспертной системе.

2 Теория принятия решений (ТПР) – это область исследования, вовлекающая понятия и методы математики, статистики и психологии с целью изучения закономерностей выбора людьми путей решения разного рода задач, а также способов поиска наиболее выгодных из возможных решений [31].

3 Когнитивная карта диагностики знаний (ККДЗ) – это совокупность параметров процесса обучения и методов их обработки, позволяющих в автоматизированном режиме выявлять пробелы знаний, отображать динамику

обучения и способствовать выработке рекомендации по повышению эффективности работы пользователя с АОС в рамках одного программного сервиса [35].

В диссертационной работе приняты некоторые допущения. Будем считать, что любой обучающий курс можно представить в виде ЭУК со структурой, используемой в разрабатываемой методике синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины. Так же, в работе не рассматривается задача отслеживания ложных ответов студента на вопросы анкеты, так что будем считать данные в модели ученика тождественными знаниям и целям ученика.

### **1.5 Выводы по главе 1**

В ходе исследования предметной области задачи индивидуализации были сделаны следующие выводы:

– Наиболее широкими возможностями для формирования индивидуального подхода в обучении обладают интеллектуальные АОС с обратной связью. Но в существующих системах имеются значительные ограничения, связанные с отсутствием единой стандартной формой организации данных и решения интеллектуальных задач. Многие АОС имеют узконаправленное применение и слабую индивидуализацию.

– Автоматизация индивидуализации маршрута изучения дисциплины требует формальных данных как о курсе, так и об ученике. Структура ЭУК должна включать такие компоненты, как справочно-информационная часть, навигационная, диагностирующая и управляющая. Ученик характеризуется целью обучения, мотивированностью и имеющимися знаниями и умениями. Необходимо имитировать интеллектуальное принятие решения в условиях ограничений, накладываемыми стандартами образования, требованиями преподавателя курса и индивидуальные особенности ученика.

– Для обеспечения интеллектуального принятия решения по формированию маршрута и разрешения конфликтов интересов заинтересованных сторон наилучшим образом подходит продукционная экспертная система.

В связи с отсутствием полноценного практического решения автоматизированного формирования индивидуального маршрута изучения дисциплины была поставлена задача – разработать методику синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины для интеллектуальной автоматизированной обучающей системы.

## 2 Методика синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины

### 2.1 Модельное обеспечение

#### 2.1.1 Модель электронного учебного курса

Общую структуру курса можно иерархически представить в виде дерева, листьями которого являются элементы содержания учебного материала курса, называемые дидактическими единицами (ДЕ). Иерархическая структура курса представлена на рисунке 2 [37]. Дидактическая единица является логически самостоятельной частью, подлежащая освоению в процессе обучения, в состав которой могут входить понятия, объекты, объяснения, свойства, практические задания и др. ДЕ может являться как теоретической частью, так и практической, в случае которой поддерживаются альтернативные варианты заданий или средств их выполнения.

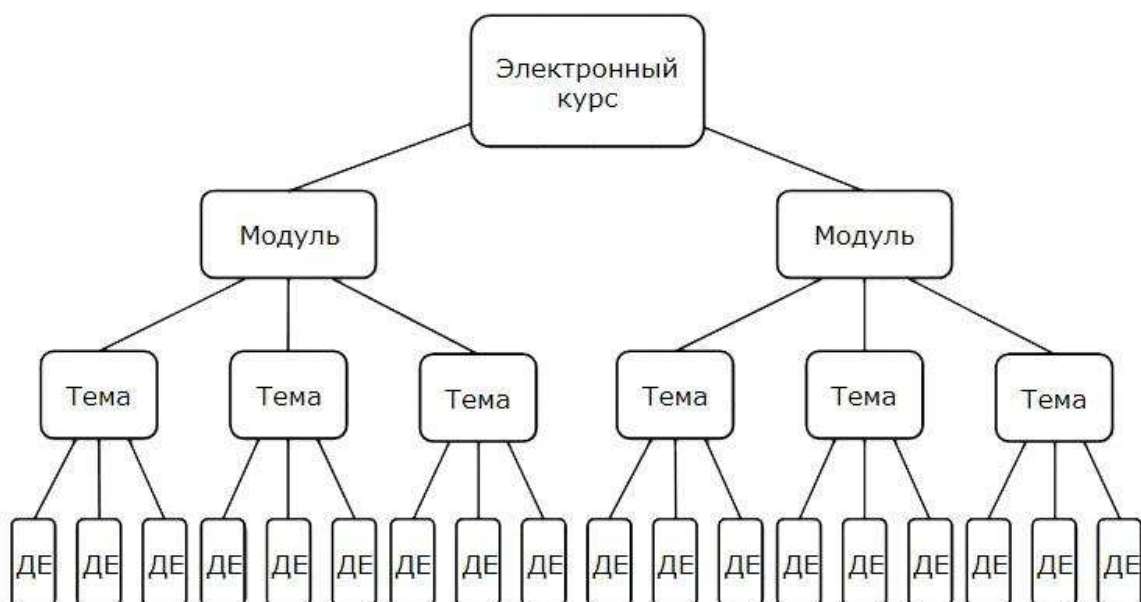


Рисунок 2 – Иерархическая структура курса

Множество ДЕ, тесно связанных друг с другом, группируются в тему учебного курса. Несколько тем, в свою очередь, образуют модуль. Каждый модуль может выступать как самостоятельный компонент курса, включающая значительную часть содержания курса. В некоторых случаях, целые модули могут исключаться из курса или добавляться в другие.

Кроме того, каждый учебный курс преследует цель развития у студента определенного набора навыков и компетенций, которые в ЭУК выделяются в сопутствующие словари. К таким словарям относятся словари компетенций, задач и средств выполнения практических работ. Связь со словарями поддерживают ДЕ.

Среди большого разнообразия вариантов моделирования ЭУК выделяется моделирование с помощью когнитивных карт диагностики знаний (ККДЗ), как компактное отображение информации о курсе в рамках одной схемы. Вообще говоря, когнитивная карта – это разновидность математических моделей для формализации проблемы, сложной системы в виде множества концептов, отображающих ее системные факторы и выявления причинно-следственных отношений (отношений влияния) между ними с учетом воздействия на эти факторы или изменения характера отношений [32]. ККДЗ является разновидностью графовой модели, которая нашла широкое применение для представления знаний в различных областях. ККДЗ – это взвешенный ориентированный граф, узлы которого соответствуют объектам, понятиям, свойствам предметной области, называемым обобщенным термином концепт. Различного рода отношения между концептами образуют дуги сети. Эти отношения определяют возможные варианты последовательности изучения концептов, образующих содержание учебного ресурса. В ККДЗ дуги наделены весами, определяющими меру «важности». Веса могут назначаться конструктором курса или вычисляться обучающей системой [33].

Структура модели ЭУК может быть представлена ККДЗ, демонстрирующей последовательность изучения материала и внутренние взаимосвязи, пример которой представлен на рисунке 3 [36].

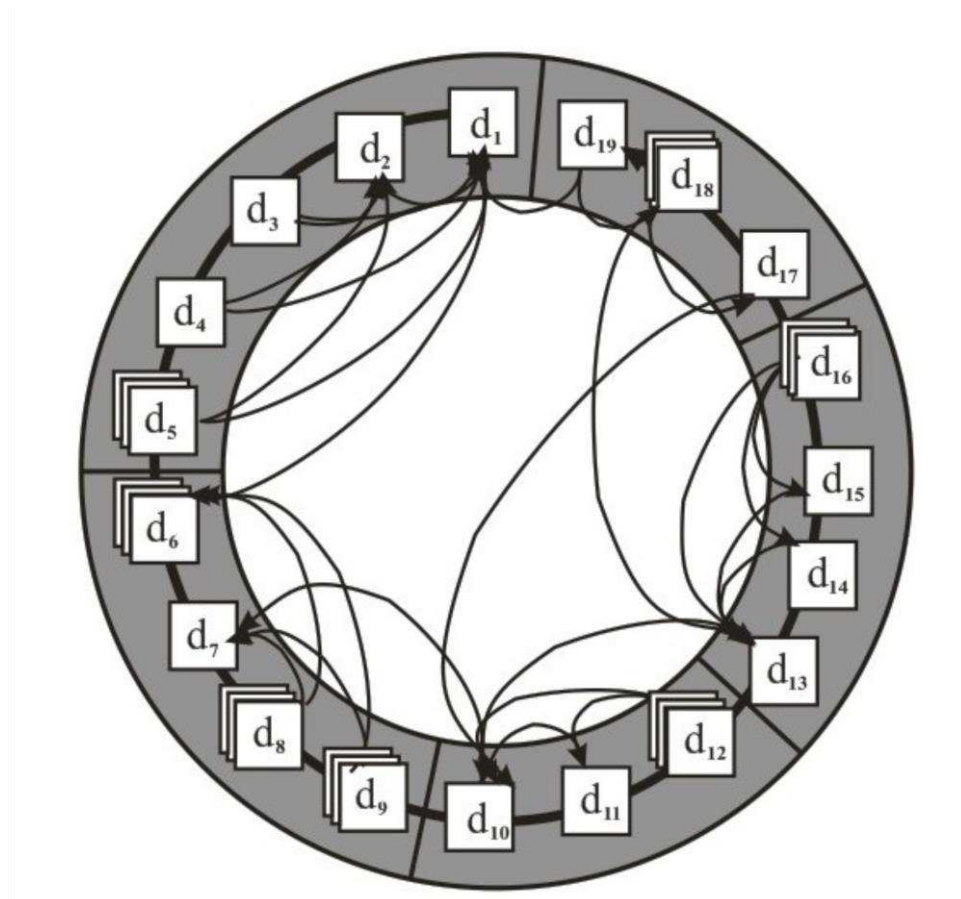


Рисунок 3 – Общий вид ККДЗ

Каждый концепт  $d_i$ , в случае моделирования ЭУК, является дидактической единицей курса, расположение которых по кругу схемы соответствует последовательности их изучения. Все ДЕ наделяются набором параметров, таких как вид, сложность, важность, которые необходимы при автоматизированном процессе обучения. Присущий ДЕ с практическим заданием набор альтернатив на ККДЗ представлен в виде многослойной ДЕ. К каждой альтернативе свойственен свой вариант средства выполнения практической работы. Связь со словарями курса осуществляется через указатели на подходящие элементы словарей в параметрах каждой ДЕ. Так, одна ДЕ может указывать на несколько элементов из любого словаря.

Каждое понятие, входящее в состав ДЕ  $d_i$ , опирается на одно или несколько понятий, определение которых даны в других ДЕ данного или иного курса. Тогда между двумя ДЕ со связными понятиями можно выявить

семантическое отношение, или семантическую связь, которая отражается в ККДЗ от ДЕ *di* к ДЕ с исходным понятием. На рисунке семантические связи обозначены стрелками. Стоит заметить, что в рамках одного курса направление связи может быть только в обратную сторону от направления последовательности изучения всех ДЕ курса. Семантические связи между парами ДЕ внутри модуля имеют большую силу, чем связи, пересекающие границы модуля. Модули на рисунке ККДЗ разграничены пересекающими линиями между парами ДЕ.

Для представления модели ЭУК в памяти АОС, ЭУК и его компоненты наделяются набором параметров, описывающие положение в курсе. Приведем эти параметры. Модель ЭУК характеризуется следующими параметрами:

- название дисциплины;
- аннотация;
- список тем;
- список словарей;
- список входных вопросов.

Каждая тема, входящая в состав курса, состоит из:

- название темы;
- порядковый номер;
- номер модуля;
- список входящих дидактических единиц.

Каждая дидактическая единица характеризуется следующими параметрами:

- название;
- ссылка на контент;
- порядковый номер в дисциплине;
- принадлежность к ядру;
- вид;
- сложность;
- важность;



- объем;
- семантические связи;
- развиваемые компетенции;
- используемые ПО;
- решаемы задачи.

Поясним каждый из параметров ДЕ. *Название* и *порядковый номер* в дисциплине идентифицируют ДЕ, при этом номер может быть целым числом или десятичной дробью. В случае дроби, значение после запятой обозначает номер одной из альтернатив. *Ссылка на контент* указывает место положения обучающего материала, так что форма представления может быть любой: текст, видео, изображения и другие.

*Принадлежность к ядру* принимает одно из значений: глобальное ядро, локальное ядро, не ядро. Этот параметр показывает априорную значимость ДЕ для дисциплины в целом и для каждой из тем.

*Вид ДЕ* принимает одно из значений: теория, практика, вводная часть или словарь. Теоретические ДЕ предназначены для изучения и их освоение проверяется итоговыми тестами. Практические ДЕ содержат задание на выполнение различных работ, могут поддерживать различные средства выполнения. Вводная часть предназначена для вступительной информации к последующей теме, не подлежит контрольной проверке знаний учащегося. ДЕ вида словарь добавляются в курс для справочной или напоминающей информации, не подлежат контрольной проверке.

*Объем ДЕ* может быть кратким, стандартным или расширенным. Этот параметр определяет степень полноты и подробности изложения обучающего материала для данной ДЕ.

Параметры «*Сложность*» и «*Важность*» принимают значение от 0 до 100, соответствуя оценке уровня сложности и важности. Эти параметры определяются учителем и отражают его субъективное представление.

*Семантические связи* определяют список ДЕ, на выводах которых опирается материал текущей ДЕ. Будем их называть родительскими ДЕ по

отношению к текущей ДЕ. Освоение родительских ДЕ необходимо для понимания логики рассуждений обучающего материала.

Такие параметры, как «*Развиваемые компетенции*», «*Используемые ПО*» и «*Решаемы задачи*» содержат список указателей на элементы соответствующих словарей. Входящие в модель ЭУК словари содержат списки с характеризующей дисциплину информацией:

- Компетенции, которые дисциплина развивает в учащихся.
- Задачи, которые решает.
- Программное обеспечение или средства, используемые учениками в

процессе прохождения курса.

Помимо словарей, в модель ЭУК входят входные вопросы, на которые должен ответить ученик об его отношении к данной дисциплине. Вопросы касаются заинтересованности ученика в компетенциях, задачах, средствах обучения, а также конкретных дидактических единицах.

Такая модель ЭУК имеет взаимно однозначное отображение в виде ККДЗ. Имея план электронного курса и сформировав по нему модель ЭУК, можем представить его ККДЗ, которая улучшает восприятие большого количества данных курса. В последствии ККДЗ курса позволит анализировать индивидуальный маршрут и на которую можно опираться в процессе автоматизированного обучения.

### **2.1.2 Модель учителя**

При построении маршрута изучения дисциплины немаловажную роль играет модель учителя. Она отражает субъективное видения учителя по отношению к электронному курсу. Учитель может определять наиболее важные и сложные части курса исходя из своего опыта и направленности обучения студентов, в том случае если обучение проходит как часть программы обучения в образовательном учреждении. Мнение учителя влияет на базовый состав маршрута, обязательный для всех учеников, изучаемых курс.

Модель учителя представляется как пара векторов, значения которых соответствуют характеристикам ДЕ в ЭУК: вектор важности ДЕ  $M$  и вектор сложности ДЕ  $C$ .

$$\begin{aligned} M &= \{m_i\}, i = 1, 2, \dots, n; \\ C &= \{c_i\}, i = 1, 2, \dots, n, \end{aligned} \tag{1}$$

где  $n$  – количество ДЕ в курсе.

Таким образом, модель учителя содержит рекомендации учителя касательно сложности и важности для каждой ДЕ.

### **2.1.3 Модель ученика**

Среди модельного обеспечения АОС наибольшее разнообразие выделяется у модели ученика. В самом широком смысле модель ученика можно определить как знания об обучаемом, используемые для организации процесса обучения. Это множество точно представленных фактов об обучаемом, которые описывают различные стороны его состояния: знания, личностные характеристики, профессиональные качества и др. [34]. Таким образом, для модели ученика можно выделить следующие характеристики:

- цели обучения (изучение полного курса, подготовка к экзамену/зачету, получение навыков практической работы, изучение теории, тестирование);
- начальный уровень знаний ученика;
- текущие знания ученика об изучаемом курсе;
- индивидуальные характеристики ученика;
- выбранные метод/стратегия обучения;
- скорость/стиль обучения;
- уровень понимания структуры курса.

Для формирования модели ученика необходимо провести сбор информации. Основным источником являются анкета ученика и результаты теста входного контроля знаний. Современная образовательная концепция требует, чтобы АОС поддерживала модель ученика непрерывно, то есть накапливала и уточняла информацию течением времени обучения. Так же важно иметь представление об ученике не в рамках одного курса, а многих курсов учебной программы и, может быть, из разных предметных областей [26].

Так в модели ученика можно выделить следующие компоненты, необходимые для индивидуализации маршрута:

1) общие характеристики ученика, не зависящих от изучаемого предмета:

- фамилия И.О.;
- базовый профиль, предрасположенность;
- средний балл полученного образования;

2) отношение ученика к данному учебному курсу:

- причина изучения курса;
- важность курса в дальнейшей трудовой деятельности;
- предпочитаемая глубина изучения;
- предпочитаемые задачи для освоения;
- предпочитаемые средства практических работ;
- набор компетенций, которые требуются ученику для освоения;
- список отмеченных тем;
- список отмеченных дидактических единиц;

3) история взаимодействия ученика с АОС:

- список дисциплин для изучения.

В процессе формирования индивидуального маршрута модель ученика используется в качестве исходных данных, на основе которых строятся предположения о составе маршрута. Поэтому в качестве модели представления знаний об ученике возьмем декларативную модель ученика. Часть

характеристик модели является частным случаем из вектора возможных вариантов, другая часть является свободным ответом. Приведем все варианты значений на характеристики модели ученика:

*Фамилия И. О.* – строковое значение, свободный вариант.

*Базовый профиль (предрасположенность):*

- гуманитарный;
- биохим;
- физмат;
- технический;
- информационные технологии.

*Средний бал полученного образования* – вещественное значение, ограниченное от 2 до 5, отражает оценку успеваемости прошедшего образования.

*Причина изучения дисциплины:*

- просто так (интересно);
- хочу работать в этом направлении (профилирование или переквалификация);
- требование работодателя для работы в соответствующем направлении;
- необходим, т.к. входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности;
- интересно и входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности;
- необходим, т.к. входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности;
- интересно и входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности;

*Важность дисциплины в дальнейшей трудовой деятельности:*

- обязательно;
- возможно, да;

- скорее всего, нет;
- нет.

*Предпочитаемая глубина изучения:*

- теоретический курс;
- практический курс;
- базовый курс (теория и практика);
- ознакомительный (обзор);
- углубленное изучение (специализация или преподавание).

Варианты значений на остальные характеристики формируются исходя из конкретного курса обучения и показывают заинтересованность ученика по отношению к содержательной и практической составляющей курса. Так, варианты для параметра *«Предпочитаемые задачи для освоения»* и *«Набор компетенций, которые требуются ученику для освоения»* соответствуют списку решаемых задач и развиваемых компетенций для конкретного курса, которые отражаются в его плане. Варианты значений параметра *«Предпочитаемые средства практических работ»* соответствует списку используемых ПО или других средств для конкретного курса. *«Список отмеченных тем»* и *«Список отмеченных дидактических единиц»* отражают все темы и ДЕ курса соответственно.

## **2.2 Формирование дерева принятия решений по индивидуализации маршрута обучения**

В рамках интеллектуальной АОС, которая содержит план изучаемого электронного курса и модель ученика, построение индивидуального маршрута проходит в три этапа. Для реализации интеллектуальной составляющей используется экспертная система продукционной модели. На каждом из этапов строится свой маршрут изучения дисциплины, отвечающий определенным требованиям. Общая схема последовательности этапов методики формирования ИМИД представлена на рисунке 4.

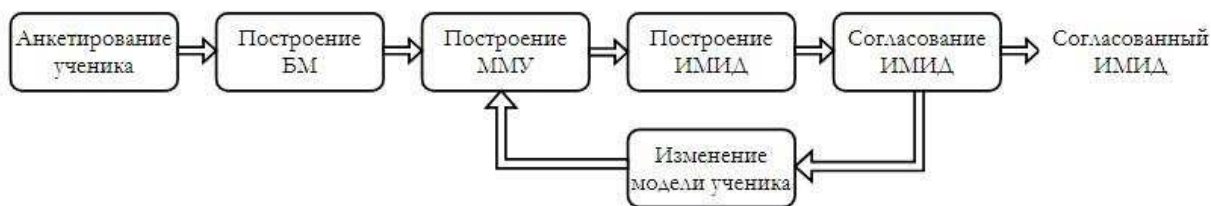


Рисунок 4 – этапы методики формирования ИМИД

Основными этапами работы экспертной системы по построению ИМИД являются:

- 1) Построение базового маршрута (БМ);
- 2) Построение маршрута по модели ученика (ММУ);
- 3) Синтез ИМИД.

Синтезированный маршрут, который является итоговым, может быть изменен по желанию ученика. В таком случае изменения вносятся в модель ученика и далее процесс построения ИМИД частично повторяется, как показано на рисунке, до тех пор, пока ученик не согласится с предоставленным маршрутом.

Для построения всех трех маршрутов используется метод интеллектуального анализа данных – построение дерева принятия решений, который и реализует интеллектуальную составляющую индивидуализации маршрута обучения. Целью использования данного метода является построение модели, по которой можно решить, какое значение примет целевая функция, имея на входе несколько переменных. Структура дерева принятия решений формирования ИМИД представлена на рисунке 5.

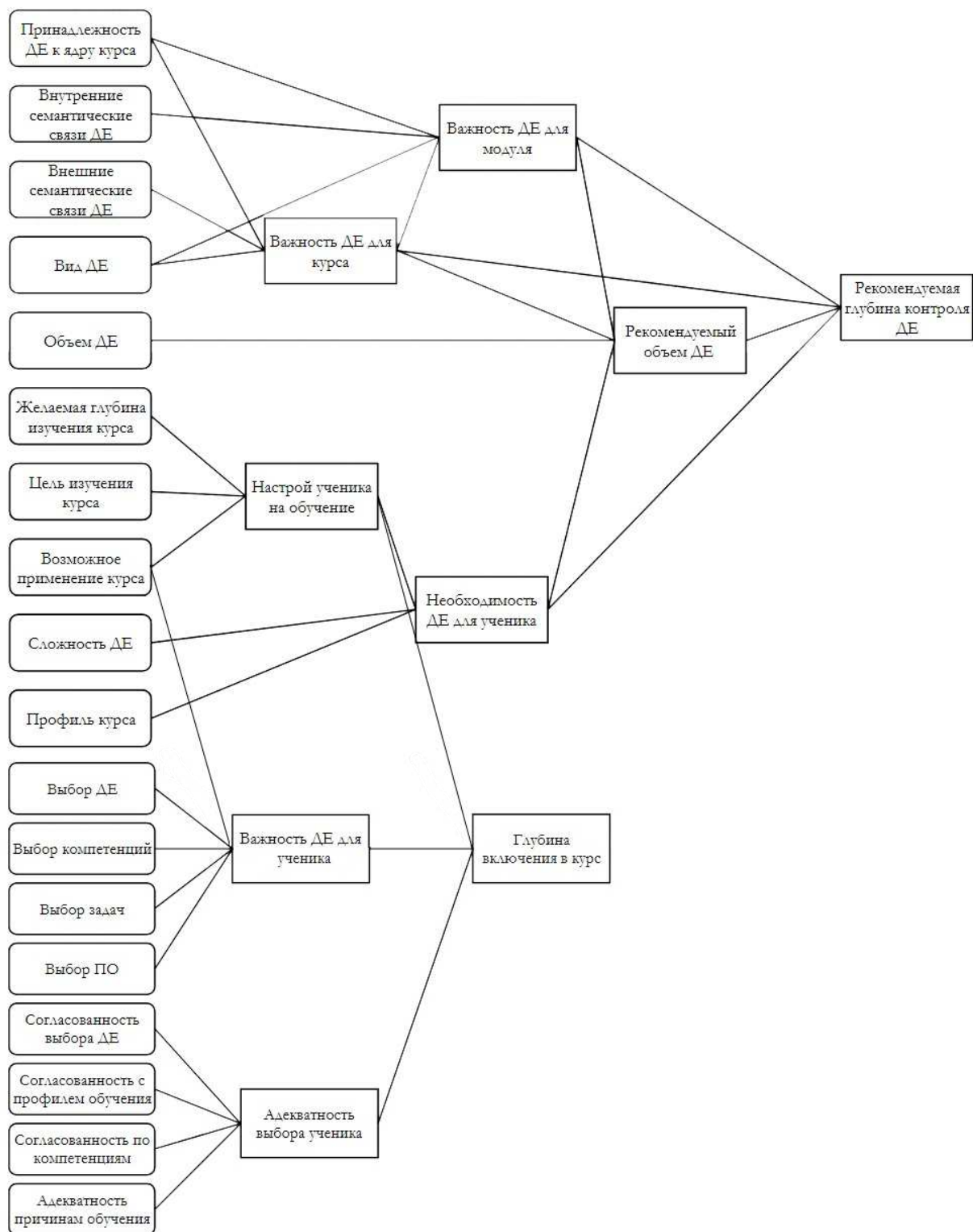


Рисунок 5 - Дерево принятия решений формирования ИМИД

Так как маршрут изучения курса не подразумевает изменение состава курса, а определяет только глубину изучения тех или иных ДЕ, то целевой функцией дерева принятия решения будет глубина включения ДЕ в курс.



Структура дерева определяет последовательность обработки исходных данных для формирования индивидуального маршрута с помощью правила вывода продукционной экспертной системы. Продукционные правила охватывают полный спектр возможных вариантов исходных данных. Основанием для данного дерева является модель ученика, модель ЭУК и модель учителя. Принятие решения происходит для каждой ДЕ по очереди с учетом семантических связей внутри курса. Рассмотрим построения каждого маршрута по отдельности:

Этап 1. Построение базового маршрута изучения дисциплины. Основанием для данного маршрута служит ЭУК и модель учителя. Базовый маршрут предназначен для определения приоритетных компонент курса, которые важны или необходимы для освоения дисциплины и определения глубины контроля учебного материала. Базовый маршрут является аналогом преподавания учителя в традиционном формате обучения, когда учитель на основе стандартов образования составляет свой образовательный курс. Базовый маршрут является маршрутом по умолчанию для всех учеником при изучении курса. Поддереву принятия решения о составе базового маршрута представлено на рисунке 6.

Учитывая, что принятие решения в фиксированный момент времени происходит для одной ДЕ, следует брать во внимание и модуль, в который входит данная ДЕ. Входными данными для данного дерева являются следующие параметры:

– *Принадлежность ДЕ к ядру курса* – параметр ДЕ, для которой определяется решение. Входит в модель ЭУК. Может принимать значения: «Глобальное ядро», «Локальное ядро» или «Не входит в ядро».

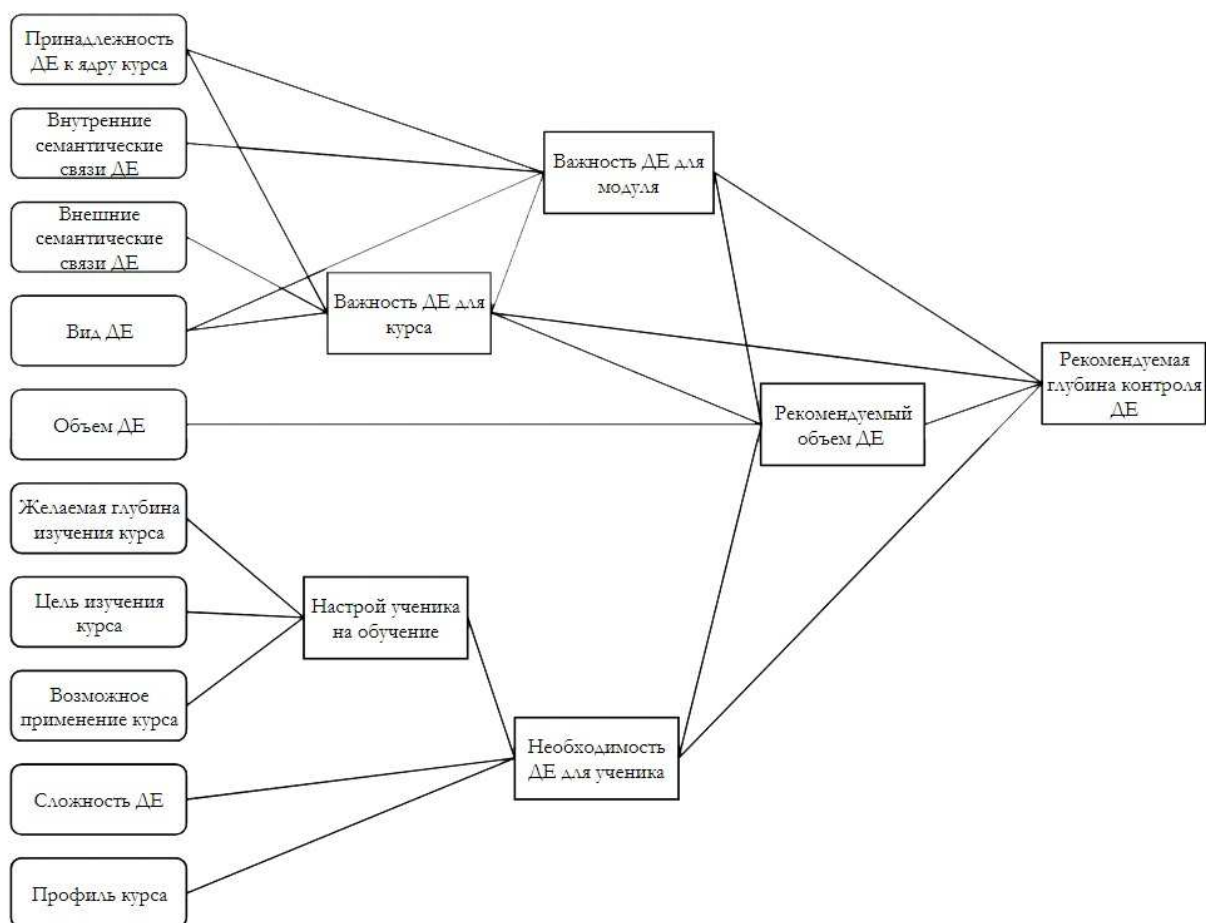


Рисунок 6 – Поддерево принятия решения формирования БМ

– *Внутренние семантические связи* – показатель силы семантической связности, текущей ДЕ с другими ДЕ внутри модуля. Рассчитывается по формуле (1):

$$\frac{\sum il + \sum ol}{n - 1}, \quad (2)$$

где  $il$  определяет ДЕ входящую в текущий модуль и ссылающуюся на текущую ДЕ;

$ol$  – ДЕ на которую указывает текущая ДЕ и входящую в текущий модуль;

$n$  – количество ДЕ в текущем модуле. Определяется в диапазоне от 0 до 1.

– *Внешние семантические связи* – показатель силы семантической связности, текущей ДЕ с другими ДЕ вне модуля. Рассчитывается по формуле (2):

$$\frac{\sum ilex + \sum olex}{m - n}, \quad (3)$$

где *ilex* обозначает ДЕ, которые указывают на текущую ДЕ и не входят в текущий модуль;

*olex* – количество ДЕ, на которых указывает текущая ДЕ и которые не входят в текущий модуль;

*m* – количество ДЕ в ЭУК;

*n* – количество ДЕ в текущем модуле, определяется в диапазоне от 0 до 1.

– *Вид ДЕ* – параметр ДЕ, для которой определяется решение. Входит в модель ЭУК. Может принимать значения: «Теория», «Практика», «Вводная часть» или «Справочная часть».

– *Объем ДЕ* – параметр ДЕ, для которой определяется решение. Входит в модель ЭУК. Может принимать значения: «Кратно», «Стандартно», «Расширенно», «Справочное».

– *Сложность ДЕ* – параметр ДЕ, для которой определяется решение. Входит в модель ЭУК. Может принимать значения в диапазоне от 0 до 100, где 0 определяет самую легкую для изучения ДЕ, а 100 – самую сложную.

– *Желаемая глубина изучения курса* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значения: «Теоретический курс», «Практический курс», «Базовый курс», «Ознакомительный», «Углубленное изучение».

– *Цель изучения курса* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значения: «Просто так», «Хочу работать в этом направлении (профилирование или переквалификация)», «Требование работодателя для работы в соответствующем направлении»,

«Необходим, т.к. входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности», «Интересно и входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности», «Необходим, т.к. входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности», «Интересно и входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности».

– *Возможное практическое применения дисциплины* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значение: «Обязательно», «Возможно, да», «Скорее всего, нет или совсем нет».

– *Профиль дисциплины* – параметр модели ЭУК. Может принимать значения: «Общеобразовательная», «Профильная обязательная», «Профильная вариативная».

Целевыми решениями являются решения об объеме включения ДЕ в базовый маршрут и о глубине контроля ДЕ. Для определения этого проверяются шесть гипотез:

– Настрой ученика на обучение может принимать следующие значения: «Усиленная работа», «Без особого энтузиазма», «Исключительно формально», «Затруднился ответить».

– Важность ДЕ для курса может принимать следующие значения: «Исключительно важна», «Достаточно важно», «Не существенно».

– Важность ДЕ для модуля может принимать следующие значения: «Исключительно важна», «Достаточно важно», «Не существенно».

– «Необходимость знания ДЕ для ученика» может принимать следующие значения: «Исключительно важна», «Достаточно важно», «Не существенно».

– Рекомендуемый объем ДЕ в курсе может принимать следующие значения: «Кратко», «Стандартно», «Углубленно», «Справочное».

– Рекомендуемая глубина контроля ДЕ может принимать следующие значения: «Без контроля», «Зачет», «Экзамен».

Этап 2. Построение маршрута по модели ученика. ММУ отражает выказанные пожелания и интересы ученика в отношении дисциплины.

Индивидуализация курса осуществляется на основе данного маршрута. Анализируются такие параметры, как выбранные ДЕ, компетенции, предпочитаемое программное обеспечение, а также предрасположенность и прошлое образование ученика. Для избегания возможных хаотичных ответов ученика в анкете, помимо пожеланий ученика, во внимание принимается так же и адекватность выбора. Несоответствие или противоречие выбранных компонент курса, влечет за собой понижение доверия к ученику. При построении маршрута не учитывается семантическое ядро дисциплины и необходимый минимум ДЕ для прохождения курса. Поддереву принятия решения ММУ представлено на рисунке 7.

В данном поддереве можно ясно выделить три уровня: уровень входных данных, уровень промежуточных решений и уровень целевого решения. Детализируем входные данные.

– *Желаемая глубина изучения курса* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значения: «Теоретический курс», «Практический курс», «Базовый курс», «Ознакомительный», «Углубленное изучение».

– *Цель изучения курса* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значения: «Просто так», «Хочу работать в этом направлении (профилирование или переквалификация)», «Требование работодателя для работы в соответствующем направлении», «Необходим, т.к. входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности», «Интересно и входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности», «Необходим, т.к. входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности», «Интересно и входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности».

– *Возможное практическое применения дисциплины* – параметр модели ученика относительно текущей дисциплины. Может принимать значение: «Обязательно», «Возможно, да», «Скорее всего, нет или совсем нет».

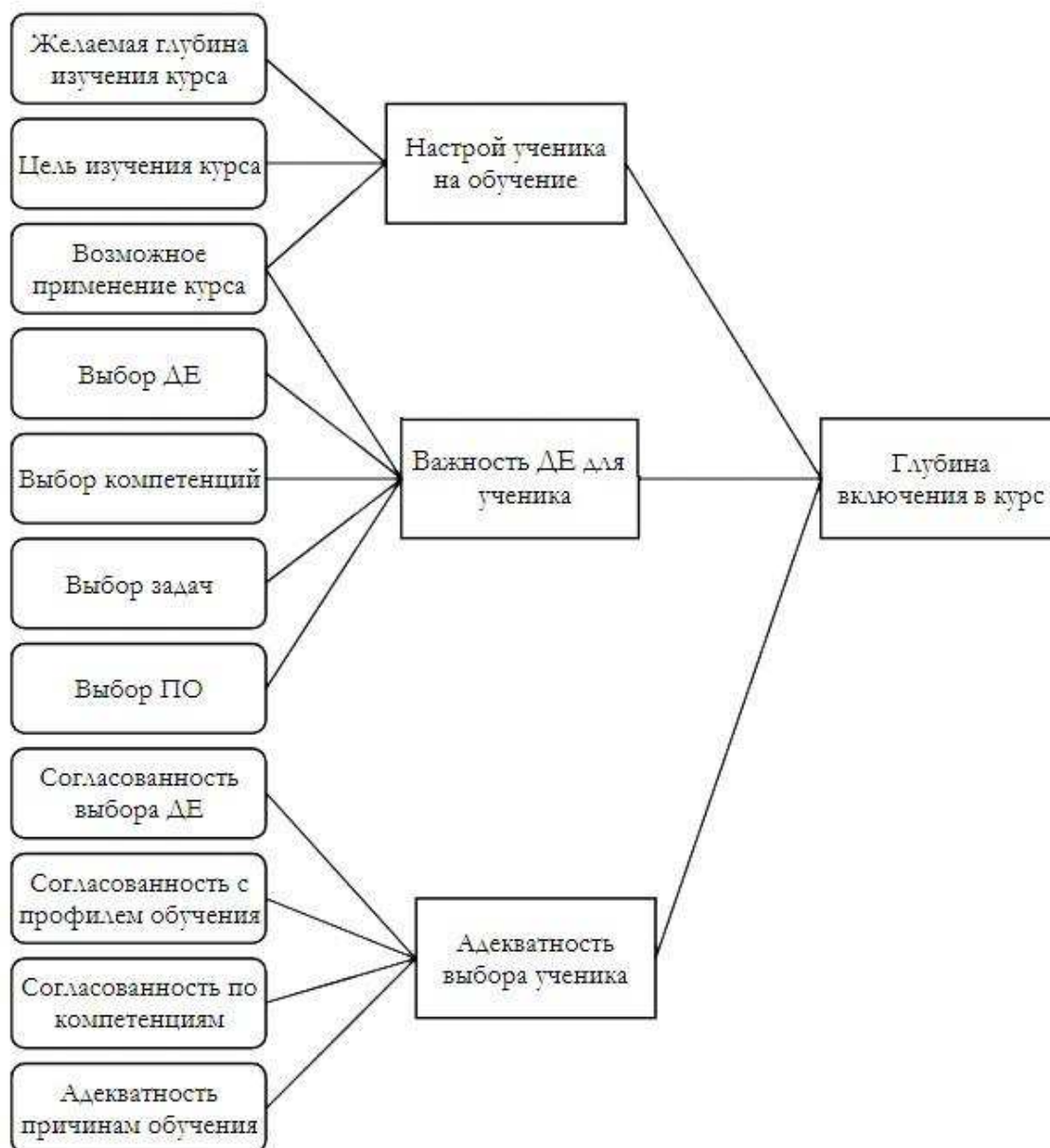


Рисунок 7 – Поддереву принятия решений формирования маршрута по модели ученика

– *Выбор ДЕ* – параметр модели ученика. Определяет является ли текущая ДЕ отмеченная учеником как интересная. Может принимать значения: «Желая», «Не желаю» или «Не готов определиться с выбором».

– *Важность ДЕ относительно компетенций* – параметр, вычисляемый по модели ученика. Определяет степень важности текущей ДЕ по выбранным учеником компетенциям используя соотношения между

компетенциями и ДЕ, которые им способствуют. Может принимать значения: «Высокая», «Средняя», «Низкая» или «Нет».

– *Важность ДЕ относительно задач* – параметр, вычисляемый по модели ученика. Определяет степень важности текущей ДЕ по выбранным учеником задачам используя соотношения между задачами и ДЕ, которые их решают. Может принимать значения: «Высокая», «Средняя», «Низкая» или «Нет».

– *Важность ДЕ относительно ПО* – параметр, вычисляемый по модели ученика. Определяет степень важности текущей ДЕ по отмеченному учеником программному обеспечению. Может принимать значения: «Высокая», «Средняя», «Низкая» или «Нет».

– *Согласованность ДЕ с желаемой глубиной изучения* – параметр, вычисляемый по модели ученика. Определяет на сколько вид текущей ДЕ отвечает желаемой учеником глубиной изучения курса. Может принимать значения: «Полностью совпадает», «Глубина не совпадает», «Полное рассогласование».

– *Согласованность с профилем обучения*. Определяет на сколько направленность курса совпадает с направленностью обучения ученика. Может принимать значения: «Совпадает» или «Не совпадает».

– *Согласованность по компетенциям*. Определяет степень согласованности выбранных учеником ДЕ с выбранными им же компетенциями. Может принимать значения: «Высокая», «Средняя», «Низкая»

Уровень промежуточных решений проверяет следующие гипотезы: «Настрой ученика на обучение», «Необходимость ДЕ для ученика» и «Адекватность выбора ученика». Детализируем каждую из них.

– *Настой ученика на обучение* – гипотеза, определяющая степень активности и заинтересованности ученика в изучении курса. Решение принимается аналогично решению при формировании БМ. Может принимать значения: «Усиленная работа», «Без особого энтузиазма», «Исключительно формально», «Затруднился ответить».

– *Необходимость ДЕ для ученика* – гипотеза, определяющая степень заинтересованности ученика в изучении конкретной ДЕ. Учитывает важность ДЕ для ученика как в прямых указаниях, так и в соответствии с отмеченными компетенциями, задачами и ПО. Может принимать значения: «Высокая», «Средняя», «Низкая».

– *Адекватность выбора ученика* – гипотеза, определяющая адекватность заполнения модели ученика. Фиксируя противоречия в выбранных пунктах анкеты, показывает насколько честно и обдуманно ученика отвечал на вопросы. Может принимать значения: «Обдуманный выбор», «Неоднозначный выбор», «Имеются противоречия».

Целевым решением является определение *Глубины включения ДЕ в ММУ*. Может принимать значения: «Расширенно», «Стандартно», «Кратко» или «Справочное».

Этап 3. Синтез индивидуального маршрута.

На данном этапе происходит синтезирование базового маршрута и маршрута по модели ученика с целью формирования индивидуального маршрута изучения дисциплины. Определяется наиболее подходящая глубина включения дидактических единиц в курс, так чтобы маршрут отвечал интересам ученика, но при этом не уменьшая глубину освоения материала относительно базового маршрута. Таким образом гарантируется включение в маршрут важных частей курса. Поддеревцо формирования ИМИД представлено на рисунке 8.





Рисунок 8 – Поддерево формирования ИМИД

Принятие решения происходит только один раз – определение глубины включения ДЕ в маршрут. Входными данными для этого решения являются глубины включения ДЕ в БМ, глубина включения в ММУ и адекватность выбора ответов ученика. Первые два параметра, как и итоговое решение, могут принимать значения: «*Расширенно*», «*Стандартно*», «*Кратко*» или «*Справочное*». Параметр «*Адекватность выбора ученика*» может принимать значения: «*Обдуманый выбор*», «*Выбор не однозначен*» или «*Имеются противоречия*». Глубина контроля ДЕ для индивидуального маршрута задается из базового маршрута.

Для визуализации маршрутов изучаемой дисциплины предлагается использовать ККДЗ.

### **2.3 Методика принятия решений по синтезу индивидуального маршрута изучения дисциплины**

Данная методика представляет правила для построения индивидуального маршрута изучения дисциплины в рамках электронного обучения. Ее применение распространяется на обучающие системы, одной из задач которых является индивидуализация процесса обучения с целью повышения эффективности освоения учебного материала. В составе таких систем должен быть адаптивный ЭУК. Приведем этапы методики:

#### Этап 1. Анкетирование ученика.

При электронном обучении в построении ИМИД участвуют как система, так и ученик. Ученик вносит изменения в маршрут, отвечающие его индивидуальным особенностям. Перед началом изучения выбранного курса, ученику необходимо заполнить анкету о себе и пройти тест входного контроля для составления модели. Анкета включает как общие вопросы, не зависящие от конкретного ЭУК, так и личные заинтересованности ученика в курсе. Вопросы анкеты и варианты ответов на общие для всех дисциплин вопросы представлены ниже:

- 1) ФИО
- 2) имеющееся образование (степень, направление);
- 3) средний балл;
- 4) предрасположенность, профиль:
  - гуманитарный;
  - биохим;
  - физмат;
  - технический;
  - информационные технологии;
- 5) цель обучения:
  - просто так (интересно);
  - хочу работать в этом направлении (профилирование или переквалификация);
  - требование работодателя для работы в соответствующем направлении;

– необходим, т.к. входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности;

– интересно и входит в цикл общеобразовательных дисциплин моей специальности;

– необходим, т.к. входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности;

– интересно и входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности;

б) планируете ли Вы использовать знания данной дисциплины в дальнейшей трудовой деятельности:

- обязательно;
- возможно, да;
- скорее всего, нет;
- нет;

7) глубина освоения:

- теоретический курс;
- практический курс;
- базовый курс (теория и практика);
- ознакомительный (обзор);
- углубленное изучение (специализация или преподавание);

8) желаемые компетенции;

9) желаемые задачи;

10) желаемое ПО;

11) желаемые темы;

12) желаемые дидактические единицы.

По полученным данным из анкеты составляется декларативная модель ученика. Параметры модели ученика, которые опираются на модель ЭУК, содержат ссылки на соответствующие элементы словарей или содержание курса.

Этап 2. Построения базового маршрута.

БМ по конкретному курсу определяется один для всех учеников. Он не зависит от учащегося, но на него оказывает влияние модель учителя. БМ по одному курсу, но с рекомендациями от разных учителей могут отличаться друг от друга в некоторых направлениях следования по маршруту. БМ отвечает за включение в маршрут семантического ядра, без которого освоение данного курса не имеет смысла. Семантическое ядро подкрепляется сопутствующим обучающим материалам, изучение которого также необходимо, таким как:

- Материал, без которого невозможно освоения семантического ядра;
- Обучающий материал, который соответствует необходимым компетенциям и задачам курса;
- Обязательные практические работы.

Обеспечение включения в маршрут обязательного минимума учебного материала является первостепенной задачей данного этапа. Принятие решения о составе БМ основано на интеллектуальном анализе данных и позволяет определить для каждой ДЕ курса ее уровень включения в маршрут и глубина контроля каждой ДЕ курса.

Результат этапа формирования БМ можно представить в виде ККДЗ, различие которой от ККДЗ ЭУК будет состоять в глубине включения всех ДЕ.

Этап 3. Построение маршрута по модели ученика.

ММУ строится на основе данных об ученике. Маршрут не учитывает семантическое ядро курса и важность тех или иных ДЕ, но определяет важные и интересные ДЕ для ученика. Формирование маршрута происходит с помощью продукционной экспертной системы согласно дереву принятия решений, представленному в предыдущем пункте. Входными данными являются модель ученика и модель ЭУК. Экспертная система проверяет гипотезы в отношении ученика: настрой ученика на обучение, важность ДЕ, адекватность ответов ученика. На основе чего принимает решение об глубине включения ДЕ. В результате получаем маршрут, который можно представить в виде ККДЗ.

Этап 4. Синтез индивидуального маршрута, разрешение противоречий.

На данном этапе происходит синтезирование двух маршрутов: БМ и ММУ. Определяется включение ДЕ в итоговый маршрут с помощью экспертной системы на основе состава маршрутов и адекватности ответов ученика. В случае возникновения противоречия по отношению к глубине включения ДЕ в маршрут, экспертная система разрешает конфликт в пользу той или иной стороны. Формируется индивидуальный маршрут изучения дисциплины.

#### Этап 5. Согласование и дополнение маршрута.

Последним этапом является демонстрация ИМИД ученику с целью согласования маршрут. Ученик может запросить повысить или понизить глубину включения тех или иных ДЕ, которые, на его взгляд, не соответствуют его интересам. В этом случае модель ученика дополняется новыми данными и процесс построения ИМИД повторяется, начиная с этапа формирования ММУ до тех пор, пока ученик не одобрит полученный маршрут. Таким образом, ученик принимает непосредственное участие в планировании своего процесса обучения на уровне изучения курса.

## 2.4 Выводы по главе 2

В процессе разработки методики синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины были получены следующие результаты:

- сформулировано модельное обеспечение задачи индивидуализации маршрута, состоящее из модели ЭУК, модели учителя и модели ученика.
- получено дерево принятия решения по формированию ИМИД, включающее построение промежуточных маршрутов, таких как базовый маршрут и маршрут по модели ученика, и синтез ИМИД.
- составлена методика формирования ИМИД, состоящая из 5 этапов: анкетирование ученика, формирование базового маршрута, формирование маршрута по модели ученика, синтез ИМИД и согласование ИМИД с учеником.

Для подтверждения адекватности синтезированного маршрута изучения дисциплины согласно разработанной методики следует провести эксперимент с помощью программы, реализующей интеллектуальное принятие решения.

### 3 Экспериментальная отработка методики

Для испытания разработанной методики и фиксации влияния индивидуальных маршрутов изучения дисциплины на учеников была реализована программная система для формирования ИМИД. В задачи данной системы входит проведение анкетирования ученика, формирование нескольких маршрутов согласно представленной методике, выявление дополнительных пожеланий учеников по готовому ИМИД и визуализация маршрутов в виде ККДЗ.

В качестве экспериментального ЭУК выбран курс «Имитационное моделирование», который читается студентам первого курса магистратуры в Сибирском Федеральном Университете в г. Железногорске направлений «Информационные системы космических технологий и центров управления полетами» и «Навигация и управление движением» межинститутской базовой кафедры «Прикладная физика и космические технологии». В эксперименте участвовала группа из 10 студентов.

При реализации программы использовался объектно-ориентированный язык программирования C# совместно с технологией WPF и декларативный язык SQL.

#### 3.1 Описание моделей

Модель ЭУК «Имитационное моделирование» представляется в виде множества ДЕ с наборами параметров. ЭУК состоит из 50 ДЕ, представим часть из них (входящие в первые две темы) в таблице 1. Полный состав ДЕ приведен в таблице 6 в приложении А. Поясним заглавие столбцов:

*ИН* – идентификационный номер ДЕ в курсе.

*№ в КК* – номер в ККДЗ ЭУК. Показывает порядок изучения ДЕ и учитывает множественность вариантов одной и той же ДЕ.

*Вид, объем* – априорные параметры ДЕ. Для параметра «Вид» используются сокращения: кр – кратко, ст – стандартно, расш - расширенно.

*Сложность, важность* – параметры, определяемые моделью учителя.

*Ядро* – определяет априорную важность ДЕ. В таблице используется сокращение: н – не входит в ядро, л – локальное ядро, г – глобальное ядро.

Параметры «компетенции» и «ПО» содержат указатели на элементы соответствующих словарей.

*Связи* показывают семантическую зависимость ДЕ от других ДЕ.

Таблица 1 – ЭУК «Имитационное моделирование»

<b>Модуль 1. Общие сведения о моделировании</b>										
<b>Тема 1. Моделирование и имитация</b>										
ДЕ	ИН	№ в КК	Вид	Объём	Сложность	Важность	Ядро	Компетенции	ПО	Связи
Введение	1	1	вводная	кр	10	20	н	8	-	-
История и приложение моделирования	2	2	вводная	кр	5	10	н	-	-	-
Классификация моделей и методов моделирования	3	3	теория	ст	20	40	л	4, 6	-	-
Основные понятия в компьютерном моделировании	4	4	теория	ст	20	40	г	5	-	3
Модельное время и виды процессов	5	5	теория	кр	15	50	г	5	-	4
<b>Тема 2. Аналитическое моделирование</b>										
Сущность и принципы пошаговых моделей	6	6	вводная	кр	40	70	л	3, 4, 6	-	3, 5
Реализация пошаговых моделей в Rad Studio	7	7,1	практика	ст	60	50	н	2, 3, 4, 5	1	6
Реализация пошаговых моделей в Excel	8	7,2	практика	ст	50	40	н	2, 3, 4, 5	4	6
Обыкновенные дифференциальные уравнения	9	8	справка	кр	50	20	н	6, 7	-	-
Применение дифференциальных уравнений при моделировании систем	10	9	теория	ст	70	90	л	4, 6	-	9, 3, 5



Окончание таблицы 1 – ЭУК «Имитационное моделирование»

ДЕ	ИН	№ в КК	Вид	Объём	Сложность	Важность	Ядро	Компетенции	ПО	Связи
Из истории развития функционального моделирования	11	10	теория	кр	10	10	н	-	-	3
Диаграммы процессов	12	11	теория	кр	25	60	н	6	-	9, 10, 11
Описание нелинейных механизмов сложных систем	13	12	теория	кр	20	30	н	6	-	10, 12
Переход от диаграммы потоков к системе ОДУ	14	13	практика	кр	40	40	н	2, 6	-	10, 12
Блочное моделирование, как метод составления ИМ. Введение	15	14	теория	кр	40	50	л	3, 5	-	10, 12

В модель ЭУК так же входят словари. В таблице 2 и таблице 3 приведены словари компетенций и ПО соответственно.

Таблица 2 – Словарь компетенций

Идентификатор	Описание
1	Способен проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности
2	Способен самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
3	Применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий
4	Выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации
5	Применять базовые знания для специалиста в данной области
6	Способен анализировать и обобщать информацию
7	Владеть остаточными знаниями по предыдущим курсам подготовки
8	Быть честным перед другими

Таблица 3 – Словарь ПО

Идентификатор	ПО
2	Mathcad
3	MathLab
4	Excel
5	GPSS World
6	МВТУ
7	Pilgrim

В модельное обеспечение входит модель ученика. Приведем пример одной модели для наглядности в таблице 4.

Таблица 4 – Модель ученика

Параметр	Значение
Фамилия И.О.	Дудкина М.В.
Базовый профиль	Технический
Средний балл	4
Дисциплина	Имитационное моделирование
Цель	Необходим, т.к. входит в цикл специальных (профилирующих) дисциплин моей специальности
Глубина изучения	Базовый курс (теория и практика)
Применение на практике	Возможно, да
Компетенции	1, 5
ПО	2, 4
Желаемые ДЕ	7.2, 4, 5, 11, 46.2, 44, 41

Модель ЭУК отражает используемый в процессе обучения студентов курс «Имитационное моделирование» с дополнительными параметрами для каждой ДЕ, которые позволяют провести адаптацию курса. Модель ученика построена по ответам конкретного ученика и отражает его отношение к изучаемому курсу.

Вышеописанные модели представляются в виде набора таблиц в базе данных (БД), связь с которой обеспечивает программа. БД включает такие основные сущности, как: студент, дисциплина, тема, ДЕ, словарь, вопросы анкеты. ER-модель БД представлена на рисунке 12 в приложении Б. Все модели учеников и дисциплины содержатся в данной БД и передаются по необходимости в память программы.

Все построенные в ходе отработки методики маршруты также записываются в БД и могут быть представлены в виде ККДЗ с помощью модуля визуализации в составе разработанной программы.

### **3.2 Проведение эксперимента**

Для формирования ИМИД в рамках эксперимента каждый ученик должны взаимодействовать с разработанной программой и понимать значение каждого шага. Приведем последовательность действий пользователя-ученика при работе с программой с целью формирования ИМИД:

Шаг 1. Регистрация нового ученика. Ученик отправляет запрос через интерфейс программы на создание нового профиля. Программа поочередно показывает ученику вопросы анкеты для заполнения данных. После окончания заполнения анкеты, данные об ученике сохраняются в БД, а в памяти программы формируется модель ученика.

Шаг 2. Ученик отправляет запрос на формирование ИМИД для выбранной дисциплины в анкете. Программа формирует модель ЭУК, запускает методику формирования ИМИД и предоставляет ученику интерфейс с визуализацией всех полученных маршрутов в ходе работы методики в виде ККДЗ. Пример визуализации БМ в виде ККДЗ через интерфейс программы представлен на рисунке 9.

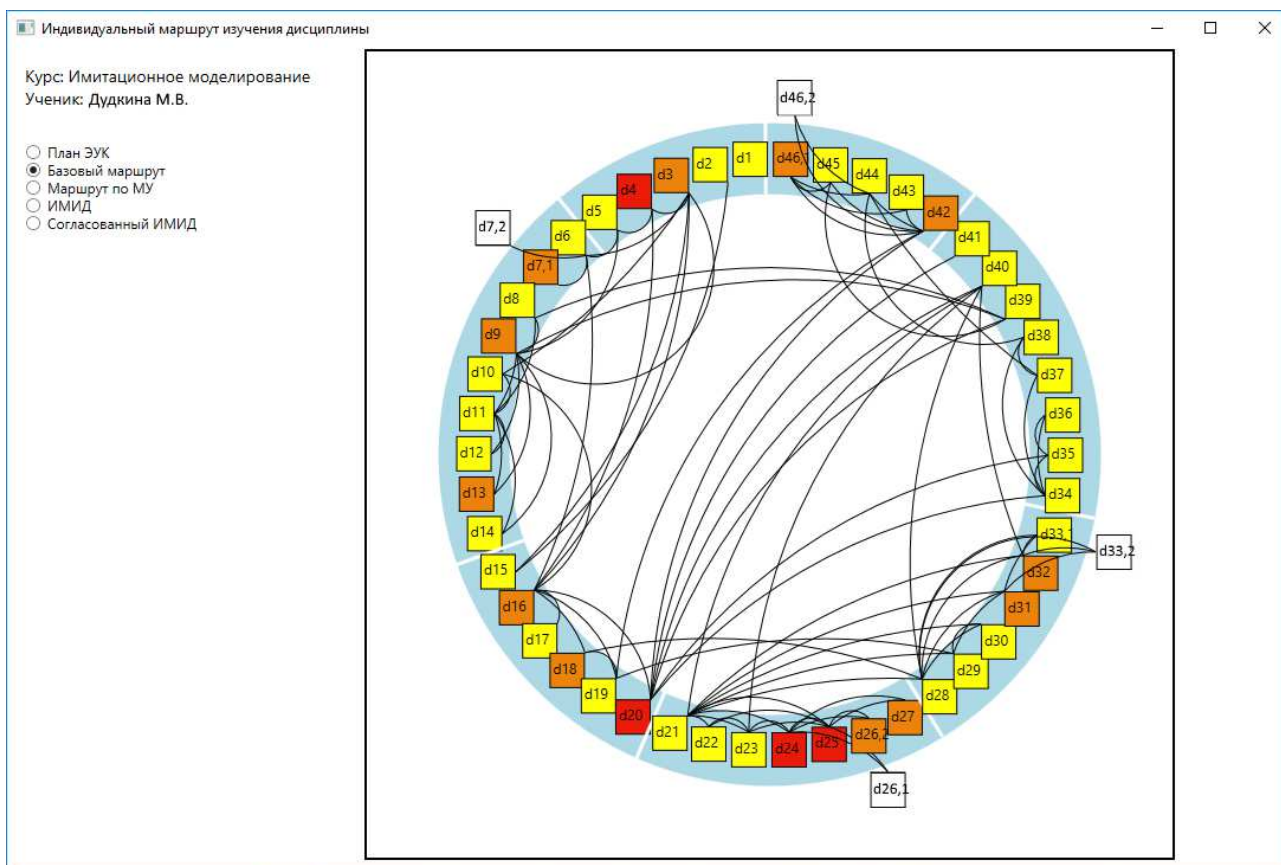


Рисунок 9 – Интерфейс программы с визуализацией БМ в виде ККДЗ

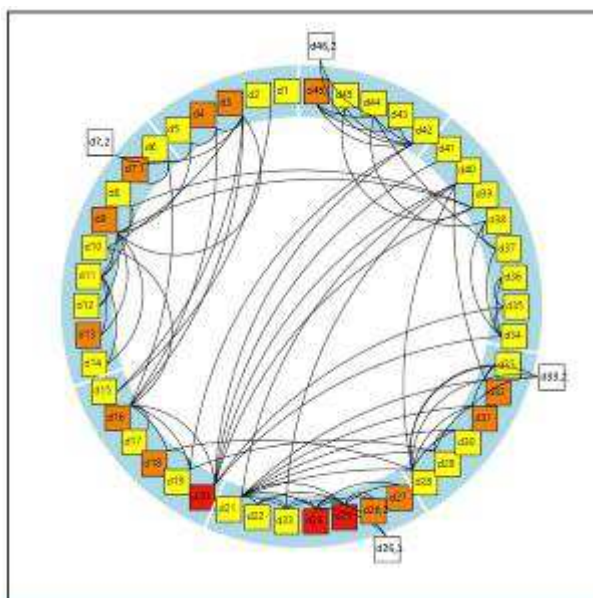
Шаг 3. Согласование ИМИД с учеником. Ученик просматривает свой ИМИД и для каждой ДЕ есть три возможных действия: повысить значимость ДЕ, понизить значимость и запросить объяснения глубины включения ДЕ в маршрут. Если ученик не согласен с глубиной включения какой-либо ДЕ, он выбирает соответствующее действие. Если были выбраны действия на повышение или понижение глубины включения ДЕ, то программа вносит изменения в модель ученика и повторяет процесс формирования ИМИД с шага 2. Если никаких действий от ученика не было, ИМИД считается согласованным и его модель сохраняется в БД.

Для проведения эксперимента были собраны две группы студентов МБК «Прикладная физика и космические технологии» в г. Железногорске перед началом изучения дисциплины «Имитационное моделирование», ЭУК которой был взят для эксперимента. Студенты были проинструктированы касательно

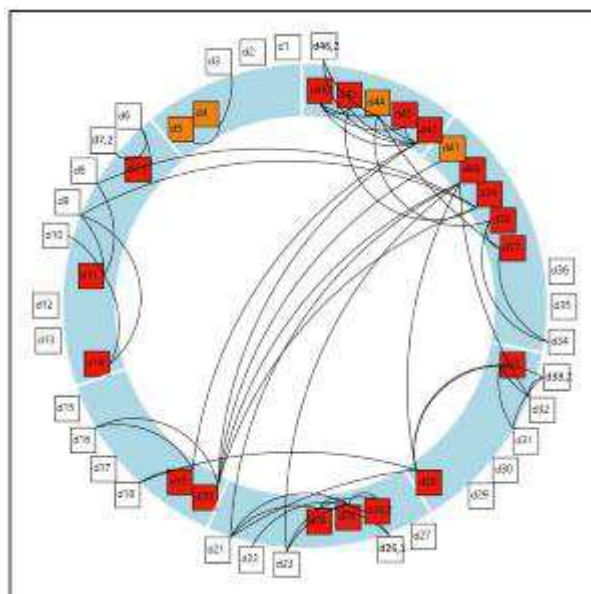
цели эксперимента и возможных действий. Время проведения эксперимента составило примерно 30 минут.

В результате проведения эксперимента должны быть собраны модели участвующих студентов и маршруты, сформированные в ходе работы методики: БМ, ММУ, ИМИД, согласованный ИМИД. Рассмотрим все четыре маршрута на примере одного из студентов на рисунке 10.

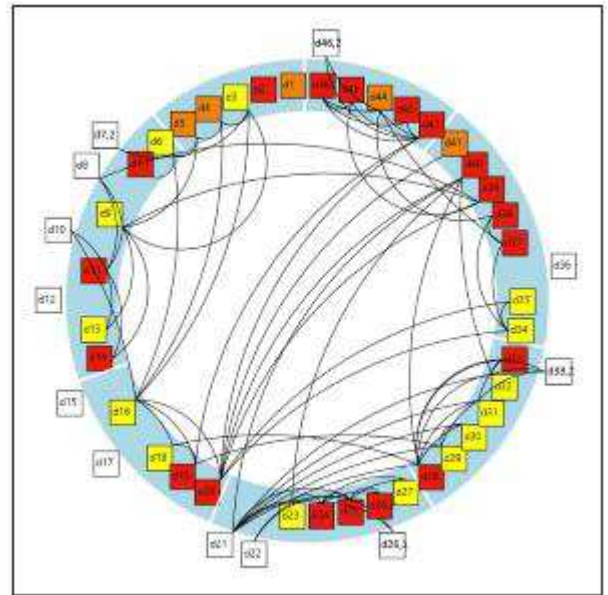
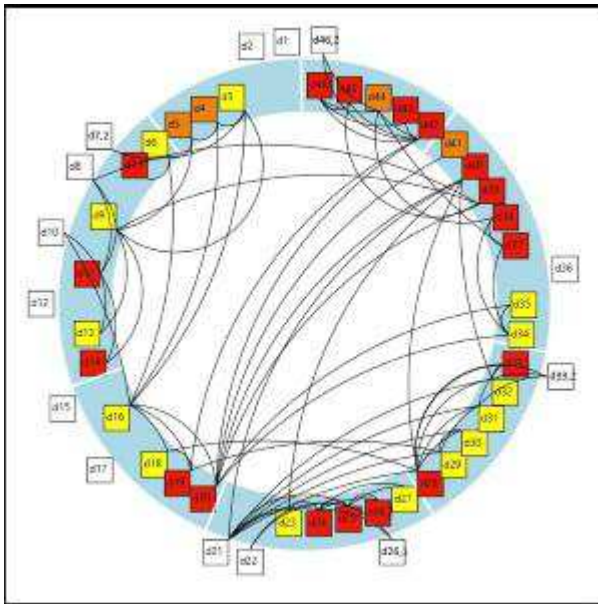
На ККДЗ цветами обозначена глубина включения ДЕ в маршрут. Красный соответствует расширенному включению ДЕ, оранжевый – стандартному, желтый – краткому включению. Белые ДЕ включаются в маршрут как справка и не предполагают проведения контроля знаний.



а)



б)



в) а) БМ; б) ММУ; в) ИМИД; г) согласованный ИМИД

Рисунок 10 – ККДЗ маршрутов одного ученика, построенных на разных этапах методики

На данном примере видно, что ИМИД (рисунок 10 в) является комбинацией БМ (рисунок 10 а) и ММУ (рисунок 10 б): в ИМИД повышена значимость тех ДЕ, которые были важны для ученика, и понижена значимость ДЕ, которые не входят в ядро курса. Согласованные ИМИД (рисунок 10 г) дополнительно включает еще две ДЕ по желанию студента.

### 3.3 Анализ результатов

По завершению эксперимента были собраны модели студентов и по четыре маршрута на каждого студента. Исходя из данных моделей учеников, всех учеников можно разделить на 3 класса:

- незаинтересованный в обучении ученик – ученик, который выражает низкую степень важности дисциплины и не отмечает почти никакие компоненты курса.

– слабо мотивированный ученик – ученик, который проявляет интерес к дисциплине, но недостаточно активно. Отмечено менее 20% компонент курса и имеется невысокая степень важности в изучении дисциплины.

– мотивированный ученик – активный ученик, отмечает значительную часть компонент курса и выражает высокую степень важности дисциплины.

В случае полной пассивности студента на этапе анкетирования и низком показателе необходимости изучения дисциплины, ММУ не включал ни одной ДЕ, а ИМИД сокращался относительно БМ в 3 раза (рисунок 11). При этом в ИМИД включаются только семантически важные ДЕ, изучение которых необходимо для общего понимания дисциплины и соответствия требованиям ФГОС.

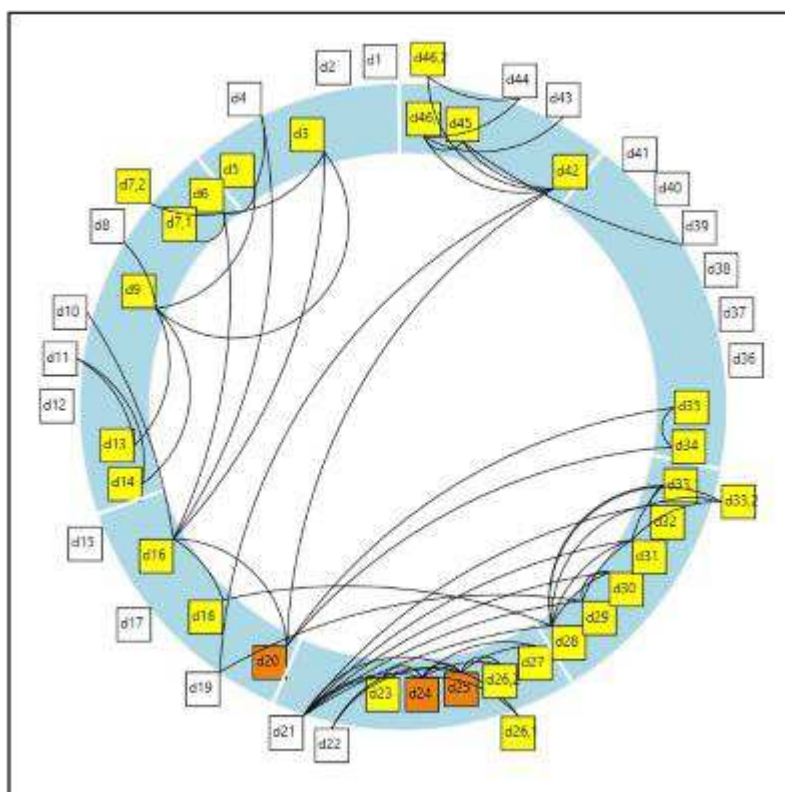


Рисунок 11 – ККДЗ маршрута по модели незаинтересованного ученика

Покажем результаты серии экспериментов в таблице 5. При анализе анкеты было выявлено, что наибольшее влияние на результирующее состояние ИМИД оказывают:

– Настрой (мотивация) ученика на активную работу с курсом - будем считать, что настрой на обучение у ученика положительный (вариант «да»), если в его модели отражен личный интерес к дисциплине и желание углубленного изучения. Иначе, настрой считаем отрицательным (вариант «нет»).

– Ориентация на применение результатов обучения в дальнейшей практической деятельности: определяется из ответа ученика на соответствующий вопрос анкеты и может принимать значения «да» или «нет».

– Активность ученика при выборе важных для него компонент курса: будем считать, что учение достаточно активен («да»), если он отметил, как интересное и важное, более 20% предлагаемых к выбору пунктов курса.

Таблица 5 – Данные эксперимента

№ студента	Акцент на практику	Настрой на активную работу	Высокая активность при заполнении анкеты	№ эксперимента		
				1	2	3
1	нет	нет	нет	0,33	0,45	0,56
2	нет	нет	да	0,81	0,95	1,03
3	нет	да	нет	0,39	0,47	0,45
4	нет	да	да	0,66	0,73	0,79
5	да	нет	нет	1,34	1,25	1,1
6	да	нет	да	1,43	1,46	1,54
7	да	да	нет	1,27	2,04	1,64
8	да	да	да	1,54	1,5	1,48

Из таблицы видно, что полнота ИМИД в случае, когда студент совсем не заинтересован в обучении составляет одну треть от БМ, а в случае с наибольшей мотивацией – расширяет БМ в более чем два раза. При этом, если ученик планирует в дальнейшем использовать данный курс на практике, то ИМИД значительно расширяется относительно БМ и курс для ученика рекомендуется более полным и подробным.



В целом, можно сказать, что предложенная методика позволяет сформировать индивидуальный маршрут так, что при слабой мотивации ученика полнота рекомендуемого ему обучающего материала составляет от 0,3 до 0,7 от БМ, при средней мотивации – от 0,7 до 1,2 от БМ, при сильной мотивации – от 1,2 до 2 БМ [38].

Кроме того, замечено, что в 86% случаях согласованный ИМИД повторяет ИМИД, даже если были запросы пользователя-студента на изменение маршрута. Это связано с многофакторностью принятия решения о составе маршрута.

100% опрошенных после эксперимента студентов положительно оценили участие в формировании собственных маршрутов изучения дисциплины. Демонстрация структуры предстоящего курса и индивидуальных особенностей в итоговом маршруте изучения дисциплины, учитывающих выказанные желания студентов, повысили мотивацию и интерес учащихся. Преподаватель, составлявший данный ЭУК, в целом, согласен с итоговыми маршрутами, так как в любой маршрут включены основные, семантически связанные, ДЕ курса, а полнота обучающего материала соответствует настрою и способностям учеников. При этом во всех ИМИД выполнено требование минимального состава маршрута изучения дисциплины, и как следствие, можно говорить об успешно разработанной методике синтеза ИМИД, удовлетворяющей индивидуальным особенностям ученика и требованиям стандартов образования.

### **3.4 Выводы по главе 3**

Был проведен эксперимент с участием двух групп студентов СФУ в г. Железногорске МБК «Прикладная физика и космические технологии» для апробации методики формирования ИМИД. В качестве экспериментального ЭУК использовался курс «Имитационное моделирование», включающий 50 ДЕ.

Для проведения эксперимента была разработана программная система, которая проводила анкетирование студентов и формировала ИМИД согласно методике.

Анализ результатов эксперимента показал соответствие настроев ученика на обучение и сформированного ИМИД. В зависимости от ученика, глубина учебного материала в итоговом ИМИД может как сократиться, так и расшириться в несколько раз относительно базового маршрута, рекомендованного по умолчанию для всех студентов. При этом, любой вариант ИМИД соответствует требованиям ФГОС.

Все студенты, принявшие участие в эксперименте, положительно оценили участие в формировании собственного индивидуального маршрута изучения дисциплины.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационное исследование было посвящено проблеме индивидуализации маршрута изучения дисциплины в интеллектуальных автоматизированных обучающих системах. Цель диссертации была достигнута, а адекватность разработанной методики экспериментально подтверждена. В ходе работы были выполнены следующие задачи:

1) сделан обзор методов адаптации маршрута в рамках АОС, показавший отсутствие полноценного практического решения автоматизированного формирования индивидуального маршрута изучения дисциплины.

2) сформировано модельное обеспечение задачи индивидуализации маршрута, включающее модель ЭУК, модель учителя и модель ученика. Приведено визуальное представление структуры ЭУК в виде ККДЗ для компактного отображения маршрута изучения дисциплины.

3) разработана методика синтеза индивидуального маршрута изучения дисциплины на основе интеллектуального принятия решения о формировании БМ, ММУ и ИМИД. Методика использует продукционную ЭС, в БЗ которой 723 правила.

4) проведен эксперимент со студентами магистратуры СФУ в г. Железногорске направлений «Информационные системы космических технологий и центров управления полетами» и «Навигация и управление движением» МБК «Прикладная физика и космические технологии», который показал соответствие настроя студентов и их ИМИД при удовлетворении требований ФГОС.

Научная новизна заключается в том, что методика позволяет сформировать маршрут изучения дисциплины, ориентированный на индивидуальные особенности ученика и соответствующий стандартам образования.

Практическая значимость заключается в повышении мотивации освоения учебного материала студентов СФУ в г. Железногорске за счет вовлечения их в процесс формирования собственных индивидуальных маршрутов изучения дисциплин.

Дальнейшее развитие методики может быть направлено на:

- дополнение факторов, влияющих на индивидуализацию маршрута изучения дисциплины;
- совершенствование принципов формирования ИМИД;
- проектирование эффективного программного модуля, позволяющего автоматизировать формирование ИМИД по разработанной методике для применения в интеллектуальной АОС.

Применение методики в процессе обучения студентов СФУ в г. Железногорске позволит повысить качество образования выпускников и молодых специалистов АО «ИСС».

По результатам диссертационного исследования опубликована научная статья [38].

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АОС – автоматизированная обучающая система;

ЭС – экспертная система;

ТПР – теория принятия решений;

ИМИД – индивидуальный маршрут изучения дисциплины;

ККДЗ – когнитивная карта диагностики знаний;

ЭУК – электронный учебный курс;

ДЕ – дидактическая единица;

БМ – базовый маршрут;

ММУ – маршрут по модели ученика;

ФГОС – федеральный государственный образовательный стандарт.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Сатунина, А.Е. Электронное обучение: плюсы и минусы / А.Е. Сатунина // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 1. – С. 89–90.
- 2 Климинская, С.Л. Индивидуальная образовательная траектория как способ повышения эффективности обучения / С.Л. Климинская // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 4. – С. 1–9.
- 3 Голенков, В.В. Виртуальные кафедры и интеллектуальные обучающие системы / В.В. Голенков, В.В. Емельянов, В.Б. Тарасов, // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 4. – С. 3–13.
- 4 Степанцов, В.А. Комплексный подход к разработке автоматизированных обучающих систем / В.А. Степанцов // Информационные технологии в образовании: мат. междунар. конгресса конференций ИТО-2003. – М., 2003. – 184 с.
- 5 Гальперин, П.Я. Программированное обучение и задачи коренного усовершенствования методов обучения / П.Я. Гальперин // К теории программированного обучения. – М.: Академия, 2003. – 312 с.
- 6 Талызина, Н.Ф. Теоретические проблемы программированного обучения : науч. издание / Н.Ф. Талызина – Москва.: Изд-во МГУ 1969. – 132 с.
- 7 Беспалько, В.П. Программированное обучение. Дидактические основы. / В.П. Беспалько — М.: Высшая школа. – 1970. – 300 с.
- 8 Кривицкий, Б.Х. Обучающие компьютерные программы: психология разработки преподавателями обучающих курсов в АСО / Б.Х. Кривицкий // Educational Technology & Society. – 2007. – №10.– С. 395-406.
- 9 Лобанов, Ю.И. Экспертно-обучающие системы / Ю.И. Лобанов, П.Л. Брусиловский, В.В. Съедин // Новые информационные технологии в образовании: Обзор. инф. / НИИВО; вып. 2. – М. – 1991. - 56 с.
- 10 Соловов, А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология : научный сборник / А.В. Соловов – Самара: Новая техника, 2006. –

462 с.

11 Данилов, В.В. История создания автоматизированных обучающих систем / В.В. Данилов // Молодой ученый. – 2011. – №7. Т.2. – С. 94-98.

12 Углев, В.А. Модель структурной адаптации электронных учебных курсов с помощью обучающего компьютерного тестирования. / В.А. Углев, В.А. Устинов, Б.С. Добронец, // Вестник НГУ. – 2009. – №7. Т.2. – С. 74-87.

13 Мельников, А.В. Основные принципы автоматизации проектирования обучающей системы / А.В. Мельников, П.Л. Цытович, Б.Ф. // Педагогические и информационные технологии. – 2001. – № 4. – С. 23–29.

14 Об образовании в Российской Федерации: федер. закон от 21 декабря 2012 г. N 273-ФЗ.

15 Байдикова, Н.Л. Индивидуализация обучения студентов магистратуры в условиях накопительно-бальной системы / Н.Л. Байдикова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11 (53) Часть 3. – С. 9–12.

16 Хуторской, А.В. Дидактическая эвристика: Теория и технология креативного обучения : учеб. пособие для вузов / А.В. Хуторской – Москва.: Изд-во МГУ, 2003. - 416 с.

17 Гребенникова, В.М. Проектирование индивидуального образовательного маршрута как совместная деятельность учащегося и педагога / В.М. Гребенникова, С.С. Игнатович // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – С. 529–534.

18 Марсова, С.Е. Индивидуальный образовательный маршрут студента в системе непрерывного образования / С.Е. Марсова // Научный журнал КубГАУ - 2013. - № 85. - С. 124-129.

19 Каменский, А.М. Индивидуальное развитие личности ребенка в условиях общеобразовательной школы / А.М. Каменский, Э.Ю. Смирнова // Школьные технологии. – 2000. – N 3. - С. 93-100.

20 Цой, О.Н. Индивидуальные образовательные траектории учащихся как условие их творческой самореализации / О.Н. Цой, О.Ю. Проценко, А.В.

Хуторской // Школа 2000. Концепции, методики, эксперимент: сборник научных трудов. – М.: ПОСО РАО. - 1999. - С. 285-291.

21 Бездольный, А.В. Модель электронного учебного курса как средства организации самостоятельной подготовки. / А.В. Бездольный // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, (109), – 2009. – С. 75-78.

22 Горохова, Ю.А. Структура электронного учебного курса в системе дистанционного образования // II Всероссийская научно-практическая конференция «Информационная среда ВУЗа XXI века». – Петрозаводск: ПетрГУ – 2008 – С. 156-159.

23 Образовательная программа – маршрут ученика : науч. издание ; под общ. ред. А.П. Тряпицыной. Ч. 1. – Санкт-Петербург. - 1998.

24 Гребенникова, В.М. проектирование индивидуального образовательного маршрута как совместная деятельность учащегося и педагога / В.М. Гребенникова, С.С. Игнатович // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11-3. – С. 529-534.

25 Балыхина, Т.М. Помогут ли тесты решить проблему оптимизации и качества обучения русскому языку? / Т.М. Балыхина // Гуманитарный вектор. Серия: Филология, востоковедение. - 2012. - №4. – С. 45-50.

26 Карпенко, А.П. Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор / А.П. Карпенко, А.А. Добряков // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. - 2011. - № 7.

27 Пушин, М.Н. Разработка ConceptTree-представления и контроля знаний, обеспечивающий заданный уровень функционирования человеко-машинных систем управления: Дис. канд. техн. наук: 05.13.01 / М.Н. Пушин.- Москва, 2003.- 184 с.

28 Gruber T.R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing / Thomas R. Gruber // International Journal of Human-Computer Studies, V. 43, N. 5-6, 1995, P. 907-928.

29 Хорошевский, В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем:



Учебник для вузов / В.Ф. Хорошевский, Т.А. Гаврилова. - СПб.: Питер, 2000.- 384 с.

30 Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем: учеб. пособие / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. –384 с.

31 Углев, В.А. Имитационное моделирование: учеб. пособие / В.А.Углев, В.А.Устинов; Сиб. федер. ун-т,ХТИ – филиал СФУ. – Абакан: РИО ХТИ – филиала СФУ, 2011. – 117 с.

32 Галямова, Е. В. Методика контроля понятийных знаний субъекта обучения в обучающей системе / Е.В. Галямова, А.П. Карпенко, Н.К. Соколов // «Наука и образование: электронное научно-техническое издание», 2008.

33 Сиговцев, Г.С. Моделирование учебных ресурсов для e-learning / Г.С. Сиговцев, И.О. Семенов // Современные информационные технологии и ИТ-образование, - 2010. – С. 239-244.

34 Коляда, М.Г. Виды моделей, обучаемых в автоматизированных обучающих системах / М.Г. Коляда // Искусственный интеллект, 2008. - №2. - С. 28-33.

35 Углев, В.А. Применение когнитивных карт диагностики знаний для оптимизации процесса обучения в автоматизированных средах / В.А.Углев // Информатизация образования – 2010: педагогические аспекты создания информационно-образовательной среды: матер. Междунар. науч.-практ. конф. С. 506 – 510.

36 Углев, В.А. Когнитивные карты диагностики знаний / В.А.Углев // Открытое и дистанционное образование. 2012. - № 4 (48). - С. 17 – 23.

37 Углев В.А. Методика формирования индивидуальной учебной программы при программированном обучении / В.А. Углев // Электронное обучение в непрерывном образовании, 2016. – № 1. – С. 414-421.

38 Дудкина М. В. Результаты эксперимента по индивидуализации маршрута изучения дисциплины / М. В. Дудкина, В. А. Углев // Евразийская педагогическая конференция: сб. ст. II Междунар. научн.-практ. конф. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2018 г. – С. 26 – 29.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Экземпляр модели электронного учебного курса

Таблица 6 – ЭУК «Имитационное моделирование»

<b>Модуль 1. Общие сведения о моделировании</b>										
<b>Тема 1. Моделирование и имитация</b>										
<b>ДЕ</b>	<b>ИН</b>	<b>№ в КК</b>	<b>Вид</b>	<b>Объём</b>	<b>Слож ность</b>	<b>Важ ность</b>	<b>Ядро</b>	<b>Компе тенции</b>	<b>ПО</b>	<b>Связи</b>
Введение	1	1	вводная	кр	10	20	н	8	-	-
История и приложение моделирования	2	2	вводная	кр	5	10	н	-	-	-
Классификация моделей и методов моделирования	3	3	теория	ст	20	40	л	4, 6	-	-
Основные понятия в компьютерном моделировании	4	4	теория	ст	20	40	г	5	-	3
Модельное время и виды процессов	5	5	теория	кр	15	50	г	5	-	4
<b>Тема 2. Аналитическое моделирование</b>										
Сущность и принципы пошаговых моделей	6	6	вводная	кр	40	70	л	3, 4, 6	-	3, 5
Реализация пошаговых моделей в Rad Studio	7	7,1	практика	ст	60	50	н	2, 3, 4, 5	1	6
Реализация пошаговых моделей в Excel	8	7,2	практика	ст	50	40	н	2, 3, 4, 5	4	6
Обыкновенные дифференциальные уравнения	9	8	справка	кр	50	20	н	6, 7	-	-
Применение дифференциальных уравнений при моделировании систем	10	9	теория	ст	70	90	л	4, 6	-	9, 3, 5
Из истории развития функционального моделирования	11	10	теория	кр	10	10	н	-	-	3
Диаграммы процессов	12	11	теория	кр	25	60	н	6	-	9, 10, 11
Описание нелинейных механизмов сложных систем	13	12	теория	кр	20	30	н	6	-	10, 12
Переход от диаграммы потоков к системе ОДУ	14	13	практика	кр	40	40	н	2, 6	-	10, 12

Продолжение таблицы 6 – ЭУК «Имитационное моделирование»

ДЕ	ИН	№ в КК	Вид	Объём	Сложность	Важность	Ядро	Компетенции	ПО	Связи
Блочное моделирование, как метод составления ИМ. Введение	15	14	теория	кр	40	50	л	3, 5	-	10, 12
<b>Модуль 2. Имитационное моделирование</b>										
<b>Тема 3. Имитационное моделирование</b>										
Предпосылки и история возникновения ИМ	16	15	теория	кр	10	10	н	-	-	2, 3
Моделирование имитационное моделирование	17	16	вводная	ст	15	80	г	4, 6	-	3, 4, 6, 11
Применение имитационного моделирования в различных направлениях народного хозяйства	18	17	теория	кр	5	20	н	3	-	17
Классификация методов ИМ	19	18	теория	ст	20	40	л	4, 6	-	17
Компьютеризация и программное обеспечение имитационного моделирования	20	19	теория	кр	10	20	н	5	-	17, 19
Основные этапы имитационного моделирования	21	20	теория	ст	40	90	г	3, 5, 6	-	17
<b>Тема 4. Имитация псевдослучайных процессов</b>										
Характеристики распределений случайных величин	22	21	справка	кр	20	60	н	5, 7	-	
Построение распределения дискретной случайной величины	23	22	справка	кр	40	80	н	5, 6, 7	-	22
Основные теоретические распределения	24	23	теория	кр	35	60	л	5, 6, 7	-	22, 23
Метод Монте-Карло	25	24	теория	ст	30	80	г	3, 5, 6	-	22, 24
Имитация случайных распределений с помощью метода Монте-Карло	26	25	теория	ст	50	100	г	3, 4, 5, 6	-	22, 23, 24, 25
Имитация случайных процессов в MS Excel	27	26.1	практика	ст	40	50	н	2, 3, 4, 5, 6	1	25, 26
Имитация случайных процессов в Rad Studio	28	26.2	практика	ст	55	50	н	2, 3, 4, 5, 6	4	25, 26
Интеграция имитатора псевдослучайных процессов в различные типы моделей	29	27	практика	ст	35	60	л	3, 4	1/4	25, 26

Продолжение таблицы 6 – ЭУК «Имитационное моделирование»

<b>Тема 5. Теория систем массового обслуживания</b>										
<b>ДЕ</b>	<b>ИН</b>	<b>№ в КК</b>	<b>Вид</b>	<b>Объём</b>	<b>Сложность</b>	<b>Важность</b>	<b>Ядро</b>	<b>Компетенции</b>	<b>ПО</b>	<b>Связи</b>
Особенности стохастического моделирования	30	28	вводная	кр	15	50	г	3, 4, 5	-	19, 22
Характеристики транзактов	31	29	теория	кр	15	30	л	4, 6	-	22, 20
Характеристики очередей	32	30	теория	кр	15	30	л	4, 6	-	22, 30, 31
Характеристики процесса обслуживания заявок	33	31	теория	ст	15	30	л	4, 6	-	22, 30, 31
Параметры, исследуемые с помощью СМО	34	32	теория	ст	20	30	л	4, 6	-	22, 30
Моделирование СМО в GPSS World	35	33.1	практика	кр	50	60	н	2, 3, 5	5	30, 33, 34
Моделирование СМО в MS Excel	36	33.2	практика	кр	55	40	н	2, 3, 5	4	30, 33, 34
<b>Модуль 3. Обеспечение процесса моделирования</b>										
<b>Тема 6. Планирование эксперимента и анализ его результатов</b>										
Теория эксперимента. Основные понятия	37	34	вводная	кр	15	60	л	4, 6, 7	-	21
Теория эксперимента. Планирование эксперимента	38	35	теория	кр	30	70	л	1, 4, 6, 7	-	21, 37
Теория эксперимента. Составление целевой функции	39	36	теория	кр	40	50	н	6	-	37, 38
Оценка точности эксперимента. Ошибки экспериментирования	40	37	теория	кр	35	50	н	1, 4, 6	-	37
Оценка точности эксперимента. Доверительный интервал и погрешности	41	38	справка	кр	15	40	н	1, 4, 6	-	37, 40
Анализ результатов моделирования. Фазовые портреты	42	39	справка	кр	60	30	н	1, 4, 6	-	9, 10, 21
Анализ результатов моделирования для СМО	43	40	теория	кр	40	50	н	1, 6	-	21, 22, 24, 30, 34
Моделирование и прогнозирование	44	41	справка	кр	35	50	н	3, 6	-	21
<b>Тема 7. Разработка сред моделирования</b>										
Разработка среды моделирования на объектных языках	45	42	вводная	ст	60	50	л	1, 4, 5	-	20, 21
Методы работы в памяти с динамическими структурами	46	43	теория	кр	70	30	н	4, 5, 6	-	45
Контроль точности расчётов	47	44	теория	кр	65	30	н	4, 5, 6	-	45, 40, 41

Окончание таблицы 6 – ЭУК «Имитационное моделирование»

ДЕ	ИН	№ в КК	Вид	Объём	Сложность	Важность	Ядро	Компетенции	ПО	Связи
Организация подсистемы визуализации	48	45	теория	кр	60	30	н	4, 5	-	45, 42
Разработка среды моделирования в Rad Studio	49	46.1	практика	ст	90	30	н	1, 4, 5	1	45, 46, 47, 48
Разработка среды моделирования в VBA для Excel	50	46.2	практика	ст	80	30	н	1, 4, 5	4	45, 47

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ER-модель БД экспериментальной программы

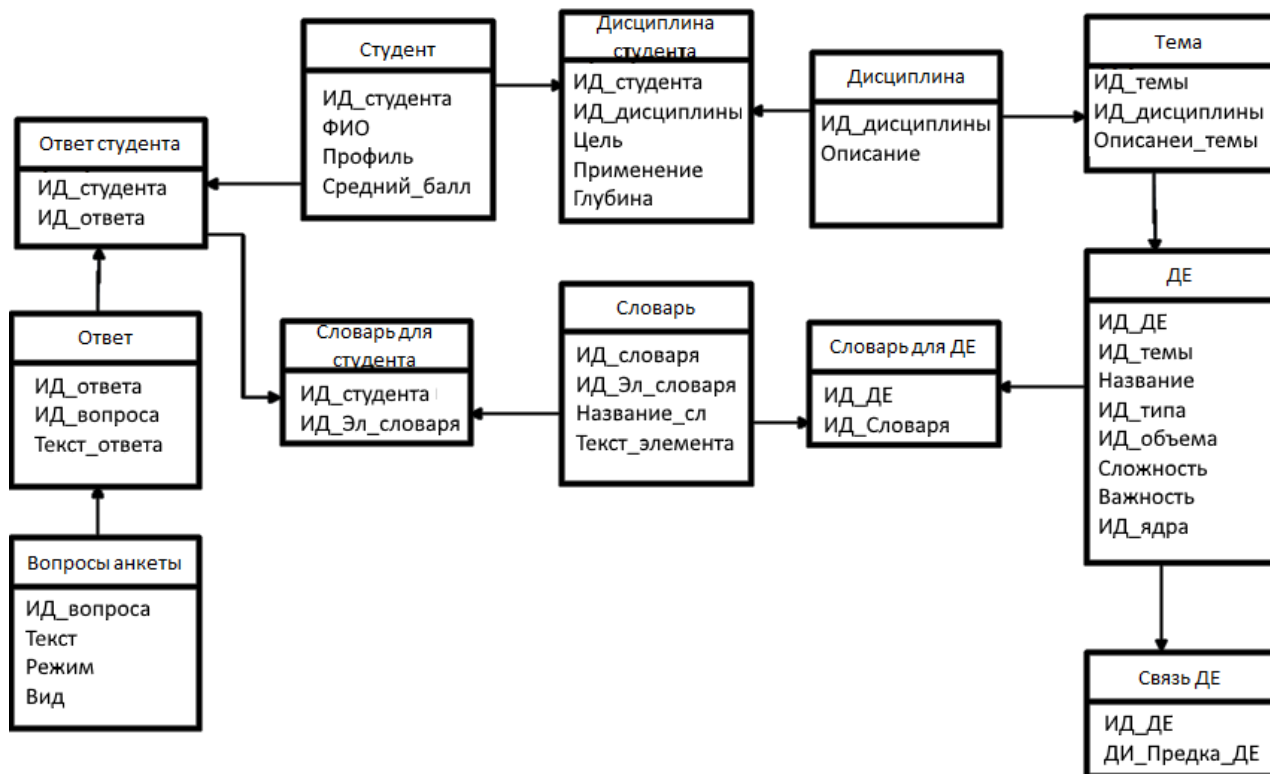


Рисунок 12 – ER-модель БД

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий  
институт

Межинститутская базовая кафедра  
«Прикладная физика и космические технологии»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В. Е. Косенко  
подпись                      инициалы, фамилия  
«    »                      2018 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

МЕТОДИКА СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ КУРСА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

тема

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
код и наименование направления

09.04.01.03 «Информационные системы космических аппаратов и центров  
управления полетами»  
код и наименование программы

Научный руководитель

  
подпись, дата

доцент МБК ПФИКТ,  
канд. техн. наук  
должность, ученая степень

В.А. Углев  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

М.В. Дудкина  
инициалы, фамилия


Рецензент

  
подпись, дата

Начальник сектора  
АО «ИСС»,  
канд. техн. наук  
должность, ученая степень

Е.В. Ислентьев  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата

Е.С. Сидорова  
инициалы, фамилия

Красноярск 2018 г.