

На правах рукописи

ГЛУЩЕНКО АНТОН ИГОРЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ОБУЧЕНИЕМ ПО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ
ТРАЕКТОРИИ**

Специальность 05.13.10 – «Управление в социальных
и экономических системах»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2009

Работа выполнена на кафедре автоматики и промышленной электроники Старооскольского технологического института (филиала) Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Государственный технологический университет «Московский институт стали и сплавов» (СТИ МИСиС)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Еременко Юрий Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Литвак Борис Григорьевич

доктор технических наук, профессор
Сербулов Юрий Стефанович

Ведущая организация: **Воронежский государственный университет**

Защита состоится «23» октября 2009 года в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д212.132.10 в ФГОУ ВПО «Государственный технологический университет «Московский институт стали и сплавов» по адресу: 105318, г. Москва, Измайловское шоссе, д. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Исследовательского центра проблем качества подготовки специалистов ФГОУ ВПО «Государственный технологический университет «Московский институт стали и сплавов».

Автореферат разослан «29» августа 2009 года.

Учёный секретарь
диссертационного совета



И.Б. Моргунов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В современных условиях рынка труда стала очевидной необходимость совершенствования подготовки кадров в системе многоуровневого непрерывного образования. Происходит реформирование системы образования, переход к многоуровневой структуре подготовки бакалавр/магистр на основе компетентностного подхода. Основной целью учебного заведения становится формирование ключевых компетенций.

В высшие учебные заведения приходят студенты с различным исходным уровнем подготовки – получившие общее среднее, начальное и среднее профессиональное образование, имеющие определенный опыт работы на производстве и совмещающие ее с учебой. В связи с этим представляется нецелесообразным вести их обучение по единому учебному плану. У кого-то из них могут быть недостаточно сформированы необходимые компетенции, а для кого-то знания могут оказаться избыточными, что влечет за собой потерю времени и средств.

Основной особенностью современной системы образования, решающей описанные проблемы, является возможность обучения по индивидуальной образовательной траектории, все более привлекательная в последнее время.

С переходом на двухуровневую систему бакалавр/магистр и внедрением в полной мере системы «кредитов» (зачетных единиц) появляется дополнительная возможность предоставить студенту индивидуальный план, устанавливающий состав и порядок изучаемых дисциплин. Однако при таком подходе возникает необходимость решения ряда проблем.

Как правило, составление учебных планов осуществляется на основе федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) в сочетании с экспертными оценками заведующих кафедр и опытом и интуицией преподавателей, опирающихся на свои представления о месте и роли каждой дисциплины в формировании ключевых компетенций, что само по себе представляет сложную и во многом субъективную задачу.

Особенно сложно эта проблема решается при составлении индивидуальных учебных планов, в рамках которых предусматривается: 1) частичный перезачет дисциплин для сокращенной формы обучения; 2) сокращение объема аудиторных часов для ускоренной формы обучения; 3) порядок изучения дисциплин, 4) определение необходимого объема элективных курсов, которые студент желает изучить в рамках индивидуальной формы обучения.

Резко возросшее в последнее время число студентов, желающих обучаться по индивидуальному плану, приводит к невозможности решения задачи вручную, что требует автоматизации этого процесса на основе его формализации.

Кроме того, в настоящее время составленный индивидуальный план, как и большинство применяемых учебных планов, является статическим. В то же время, период обучения довольно продолжителен (4-6 лет), и за это время показатели, на которых основывалось построение индивидуального плана, могут измениться в ту или иную сторону. Отсутствие учета этого фактора в настоящее время приводит к тому, что со временем в процессе обучения студент сталкивается с проблемами, которых удалось бы избежать путем составления

адаптивного индивидуального учебного плана: несоответствие темпа подачи материала темпу его усвоения, отсутствие необходимого уровня подготовки или избыточность материала и пр. Таким образом, существует необходимость обеспечить адаптивное управление индивидуальной траекторией обучения.

Эти проблемы затрагивались в рамках решения задач управления качеством подготовки выпускников высших учебных заведений в работах таких известных исследователей как Н.А. Селезнева, А.И. Субетто, Л.А. Растрин, С.А. Пиявский, А.М. Бершадский, В.А. Камаев. Однако в рамках данных исследований рассматривается управление изучением отдельных дисциплин, но не образовательной траекторией в целом, и не затрагивается структура учебного плана в целом. Существовало множество попыток автоматизировать процесс составления учебных планов (В.А. Роменец, И.Б. Моргунов, Т.В. Нерсесов, Л.В. Найханова, С.В. Дамбаева, О.К. Трофимова), оценки подготовки (Д.О. Жуков). Однако большинство методов построены без достаточного учета компетентностного подхода и не содержат способов формализации процесса построения учебных планов. В своем большинстве они направлены на составление рабочих планов в достаточно жесткой привязке к типовому плану и не решают задачи индивидуального планирования, включающую несколько взаимосвязанных задач, где ФГОС и примерный план выступают как необходимые, но не достаточные условия разработки.

Отмеченные обстоятельства позволяют заключить, что исследование и разработка методов формализации и автоматизации управления процессом обучения по индивидуальной образовательной траектории является в настоящее время *актуальной задачей*, для решения которой возникает необходимость в использовании современных достижений в области теории информации, методов принятия решений (А.И. Рыков, О.И. Ларичев), включая методы искусственного интеллекта (ИИ) (Ю.И. Еременко), которые позволят обеспечить более высокую гибкость и адаптивность формирования учебного плана.

Цели и постановка задач исследования. *Целью* диссертационного исследования является разработка метода адаптивного управления обучением по индивидуальной образовательной траектории путем формализации процесса планирования, позволяющего адаптировать сложность и темп подачи материала к возможностям обучающегося и повысить качество его подготовки.

Достижение цели работы потребовало решения *следующих задач*:

- анализ и оценка существующих квалиметрических моделей подготовки выпускника, моделей планирования с целью выявления наиболее подходящей для решения поставленной задачи или разработки новой;
- разработка математических моделей: адаптивного тестирования, задач оценки информативности, объема дисциплин, обеспечения их взаимопреимственности, процесса выбора элективных курсов, алгоритма распределения предметов по семестрам;
- разработка методов адаптивного управления к решению задачи управления обучением по индивидуальным планам;
- разработка структурной модели и алгоритмов работы автоматизированной системы адаптивного управления обучением по индивидуальному плану.

Объект исследования – процесс управления обучением.

Предмет исследования – адаптивное управление обучением по индивидуальной образовательной траектории на основе управления основной образовательной программой путем проектирования учебного плана и его корректировки.

Гипотеза исследования – создание метода адаптивного управления процессом индивидуального обучения на основе методов ИИ, что позволит повысить качество подготовки выпускников и снизить затраты на их подготовку.

Методы исследования. В работе использованы методы системного анализа, теории нейронных сетей, теории информации, теория и методы проектирования информационных систем, баз данных, методы сетевого планирования, теория экспертных систем, метод репертуарных решеток.

Научная новизна и значимость результатов диссертационной работы:

- впервые предложен метод адаптивного управления обучением на основе процесса динамического проектирования и корректировки учебного плана с использованием нечеткой логики, нейронных сетей, репертуарных решеток;
- на основе анализа недостатков существующих систем тестирования разработана модель адаптивного тестирования на основе нейро-нечетких сетей;
- предложен метод оценки информативности и определения необходимого студенту объема учебных курсов на основе энтропийного подхода;
- усовершенствован метод решения задачи планирования для взаимопреимственности дисциплин на основе применения семантических сетей;
- впервые применен метод репертуарных решеток для решения задачи определения состава элективных курсов, позволяющий формировать компетенции, необходимые конкретному студенту;
- осуществлена модификация метода перебора с возвратами путем введения эвристического блока для решения проблемы распределения дисциплин по семестрам индивидуального плана.

Достоверность научных результатов. Научные положения, теоретические выводы и практические рекомендации, включенные в диссертационную работу, подтверждены расчетами, моделированием на ЭВМ, экспертными оценками специалистов, соответствующими актами и справками, дипломом конкурса научных работ, а также апробацией результатов в учебном процессе путем создания контрольных и экспериментальных групп и последующего статистического анализа результатов, достигнутых студентами данных групп.

Теоретическая, практическая значимость и результаты внедрения.

1. Теоретическая значимость результатов исследования состоит в том, что 1) разработан метод адаптивного управления обучением и предложен нейросетевой метод адаптивного тестирования, 2) предложен метод оценки информативности аудиторных занятий, 3) предложено развитие методов сетевого планирования и перебора с возвратами, повышающие их эффективность.

2. Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что они позволяют на основе разработанных методов, моделей и алгоритмов: 1) реализовать автоматизированную систему управления процессом обучения, которая позволяет адаптировать темп подачи и сложность материала к уровню подготовки студента, 2) уменьшить субъективизм и снизить затраты времени на

составление индивидуальных учебных планов, 3) повысить качество подготовки выпускников, 4) снизить материальные затраты на подготовку выпускника.

3. Результаты внедрения. Результаты диссертационной работы используются в СТИ МИСиС, Липецком государственном техническом университете и Воронежском государственном архитектурно-строительном университете. Разработанные модели, методы и алгоритмы применены в учебном процессе при управлении обучением, составлении планов и контроле освоения предметов.

На защиту выносятся:

Модель и алгоритм построения адаптивного тестирования на основе нейро-нечетких сетей для объективного определения уровня подготовки студента.

Метод оценки информативности предметов и их объема, необходимого конкретному студенту на основе энтропийного подхода.

Способ решения задачи взаимопреemptственности дисциплин путем построения семантической сети, основанной на компетентностном подходе.

Метод определения состава элективных курсов на основе репертуарных решеток с привлечением обучающегося.

Модифицированный алгоритм перебора с возвратами, включающий эвристический блок, для распределения дисциплин по семестрам учебного плана.

Функциональная схема и алгоритмы системы адаптивного управления обучением на основе контроля усвоения материала студентом и внесения корректировок в составленный индивидуальный учебный план.

Программный комплекс реализации предложенного метода.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на **международных конференциях**: VII международной научно-технической конференции «Кибернетика и высокие технологии XXI века» (Воронеж, 2006), международной научно-практической конференции «Сложные системы управления и менеджмент качества CCSQM'2007» (Старый Оскол, 2007); **на Всероссийских конференциях**: I Всероссийской школе-семинаре молодых ученых «Управление большими системами» (Самара, 2006), на II Всероссийской школе-семинаре молодых ученых (Воронеж, 2007), III Всероссийской Молодежной конференции по проблемам управления (Москва, 2008), IV Всероссийской школе-семинаре «Проблемы управления и информационные технологии» (Казань, 2008), V Всероссийской школе-семинаре молодых ученых «Управление большими системами» (Липецк, 2008); **на региональных**, научно-практических конференциях «Образование, наука, производство и управление в XXI веке» (Старый Оскол, 2005-2008).

По результатам работы в федеральной службе Роспатент зарегистрирована разработанная **база данных** «Справочная и оперативная информация Управления Обучением по Индивидуальной Образовательной Траектории» (номер свидетельства – 2009620180). Работа удостоена **диплома конкурса научных работ** по теории управления и ее приложениям за 2008 год, проводимого ИПУ РАН, а также конкурса научных работ «Молодость Белгородчины».

Диссертационное исследование поддержано **грантом** Российского гуманитарного научного фонда в 2005-2007 г.г. (проект 05-06-06538а, решение РГНФ от 17.03.2005 г.).

Публикации. По результатам исследования опубликовано 20 печатных работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертационных исследований.

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, состоит в следующем: в работах [4,9] предложен метод, позволяющий определять объем воспринятой информации без непосредственного вычисления объема тезауруса приемника; в работе [5] предложена функциональная схема системы адаптивного управления индивидуальным обучением; в работах [3,6,10,16,17] предложен алгоритм и произведен выбор оптимальной структуры гибридной нейронной сети для адаптивного тестирования; в работах [11,13] разработан алгоритм решения задачи обеспечения взаимопреемственности дисциплин; в работах [7,8] предложен метод определения способности к усвоению информации студентом; в работе [14] предложен алгоритм распределения предметов по семестрам, в работе [15] предложен алгоритм выбора элективных курсов.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из 4 глав, введения, заключения, библиографического списка из 123 наименований, 7 приложений; содержит 147 страниц основного текста, 43 рисунка, 29 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проведен анализ состояния проблемы управления обучением на основе индивидуальной образовательной траектории, рассмотрены существующие методы ее решения, осуществлена постановка задачи работы.

Несмотря на проведенные исследования, большинство задач, рассматриваемых в рамках автоматизации управления обучением, до сих пор не имеют очевидного, достаточно строго формализуемого решения. Кроме того, реформы в области образования требуют пересмотра существующих методов управления.

Главной проблемой является *адаптация* индивидуальной образовательной траектории к возможностям конкретного студента в процессе обучения. То есть, осуществление управления – организации такого воздействия на объект (обучающегося), в результате которого он переводится в требуемое состояние. При этом адекватную модель объекта построить достаточно сложно.

В рамках теории управления в таких случаях применяется *адаптивное управление*. Адаптация выступает в качестве средства управления объектом при отсутствии его точной модели.

Для решения неформализованных задач, подобных рассматриваемой, с наилучшей стороны зарекомендовали себя методы ИИ: нечеткая логика, экспертные системы, нейронные сети и т.д. Их использование позволяет, не усложняя модель предметной области (ПО), получать приемлемые результаты.

Анализ ПО показал, что в структуре поставленной задачи необходимо выделить два основных этапа: 1) проектирование для обучающегося индивидуального учебного плана; 2) последующее управление процессом обучения по такому плану с возможной его корректировкой в реальном масштабе времени.

Во второй главе произведена разработка концептуальных основ предлагаемого метода адаптивного управления обучением на основе индивидуальной образовательной траектории, предложены методы и алгоритмы решения задач: определения объема подготовки студента по дисциплинам, определения способности студента к усвоению материала, вычисления необходимого обучающемуся количества часов/зачетных единиц для успешного освоения предмета.

Решение задачи управления предлагается вести на основе построения системы с обратной связью «по отклонению» путем изменения управляющего воздействия пропорционально величине выходной ошибки (рис.1).

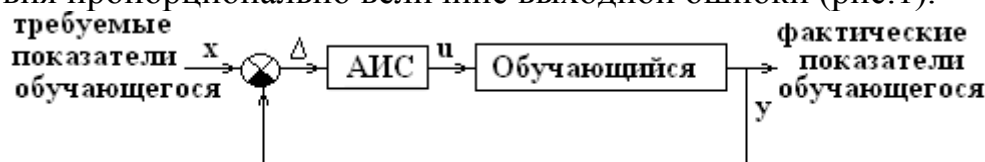


Рис. 1. Функциональная схема системы адаптивного управления обучением

Здесь x – требуемые от обучающегося показатели, y – текущий уровень его показателей, Δ – разница между текущим и требуемым уровнями (отклонение), u – управляющее воздействие (корректировка составленного плана), АИС – автоматизированная информационная система (регулятор).

Разработанная функциональная схема процесса решения поставленной задачи представлена на рис.2. Предлагаемые нами методы решения всех отраженных на ней проблем рассмотрены ниже.

Задачи определения объема подготовки и способности к усвоению материала предполагают разработку методов оценивания.

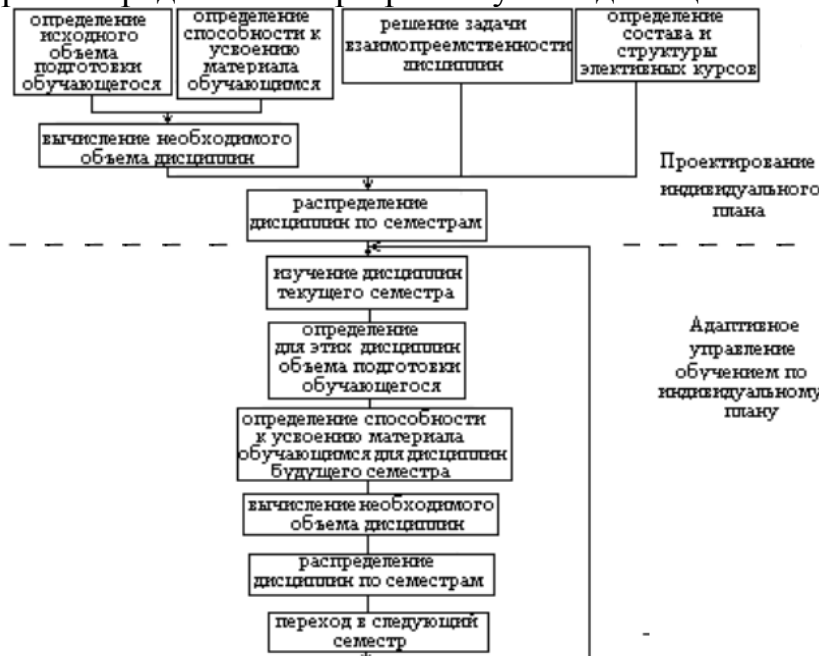


Рис.2. Функциональная схема процесса адаптивного управления обучением по индивидуальному плану

На основе проведенного анализа существующих решений нами принимается в качестве методики определения исходного уровня подготовки адаптивное тестирование, при котором полагается, что результат будет объективным лишь в том случае, если студенту будут заданы вопросы, соответствующие его уровню подготовки.

Каждому вопросу базы тестовых заданий присвоен весовой коэффициент сложности и

номер темы, которой оно соответствует. Для достижения этой цели произведена ранжировка вопросов по методу попарных сравнений. Весовой коэффициент вопроса:

$$\beta_i = (\sum_{j=1, i \neq j}^N p_j) / (N-1), \quad (1)$$

где β_i – весовой коэффициент i -го вопроса, N – количество заданий в базе вопросов, p_j – рейтинг i -го вопроса относительно j -го (1 – сложнее, 0 – легче, 0.5 – одинаковые). Весовые коэффициенты заключены в интервал $[0;1]$.

Для проведения описанной ранжировки из числа опытных преподавателей была создана группа экспертов. Итоговая оценка получена по методу среднего.

На основе проведенного нами анализа существующих решений принимается квалиметрическая логистическая модель Раша, в рамках которой чем ближе значения уровня подготовки студента Θ и сложности вопроса β , тем больше вероятность P того, что ответ испытуемого будет верным.

$$P = \frac{1}{1 + \exp(-\Theta + \beta)} \quad (2)$$

В рамках исследования нами предлагается следующая реализация общего алгоритма изменения сложности заданий адаптивного тестирования (рис.3).

Уровень сложности вопросов β (определяемый с помощью экспертных оценок) устанавливается средним. Обучающийся отвечает на 5-7 (цифры определены экспертами) вопросов. Следующий шаг – определение нового уровня сложности заданий β_1 . Если $|\beta - \beta_1| < \varepsilon$, то тестирование заканчивается с результатом β . Иначе начинается следующая итерация.



Рис.3. Алгоритм работы адаптивного тестирования

В качестве оценки правильности ответа на конкретный вопрос, как правило, используется бинарная шкала: 0 – неверно, 1 – верно. Однако, как показал опыт, она во многих случаях не позволяет в полной мере объективно оценить уровень подготовки студентов.

Поэтому в работе нами предлагается следующая модель идентификации правильности ответа на тестовое задание:

$$y = F(x_1, x_2, x_3, x_4), \quad (3)$$

где y – отображает оценку за ответ на текущий вопрос ($y \in [0;1]$, определяется экспертами); x_1 – количество правильных вариантов ответа на задание; x_2 – количество верных ответов, указанных тестируемым; x_3 – общее количество ответов, выбранных тестируемым; x_4 – число вариантов ответа на задание.

Реализована она с помощью матрицы продукционных правил (фрейма).

Одной из основных задач при разработке адаптивных тестов является определение метода изменения сложности вопросов. Для ее решения в рамках исследования нами была разработана следующая модель: $\beta_1 = f(X, T)$. Здесь β_1 – сложность последующих вопросов, X (%) – процент правильных ответов на задания текущей трудности β , T (мин) – среднее время ответа на задания. Область допустимых значений этих параметров: $X \in [0;100]$, $T \in (0;5]$.

Анализ существующих тестовых систем выявил ряд недостатков, так: применение детерминированного алгоритма изменения сложности вопросов – является для экспертов весьма трудоемкой задачей, применение нечеткой логики – не позволяет гибко корректировать модель, а при использовании нейронных сетей – результат представляет собой «черный ящик», в котором скрыт алгоритм принятия решений. Например, в модели Д.О. Жукова, основанной на дифференциальных уравнениях, нет возможности ее гибкой корректировки на основе накопленной статистики, а зависимость от текущей сложности задания увеличивает объем и, соответственно, время вычислений. Поэтому в работе нами предлагается использовать нечеткие нейронные сети (ННС), позволяющие избежать подобных недостатков.

В результате исследования было установлено, что сеть Ванга-Менделя с 6 нейронами во входном слое для каждой переменной (рис.4) дала нам лучшие результаты по ошибке обобщения на минимальной обучающей выборке (84 пары «входы-выход»). Здесь FP – функции принадлежности входных переменных, PV – правила, $S1, S2$ – нейроны-сумматоры, Y – нейрон-нормализатор.

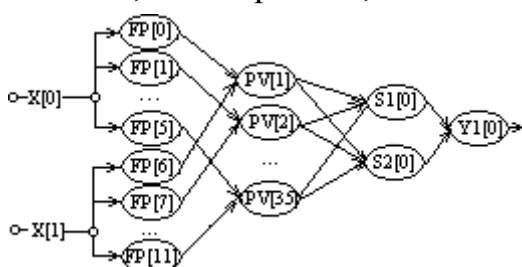


Рис.4. Структура ННС Ванга-Менделя

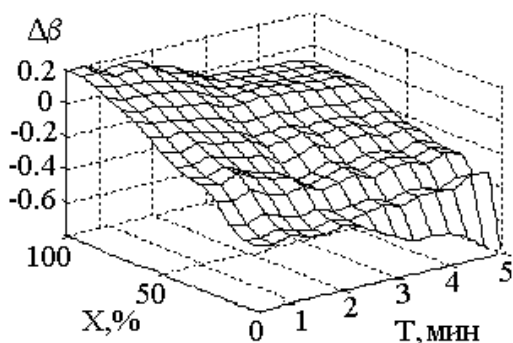


Рис.5. Зависимость входы-выход обученной ННС

Для обучения ННС был применен гибридный алгоритм С. Осовского, в результате чего применительно к объекту оценки была получена зависимость входы-выход, представленная на рис.5. Ошибка обобщения составила 0.005.

Выходом ННС является степень изменения сложности вопросов $\Delta\beta$. А новый уровень сложности есть:

$$\beta_1 = \beta + \Delta\beta \quad (4)$$

При составлении рабочего плана специальности количество часов T_{GOS} /зачетных единиц на освоение дисциплин определяется ФГОС. В соответствии с рекомендациями ФГОС часы в учебном плане, как правило, распределяются следующим образом: половина – самостоятельная работа, четверть –

лекции, четверть – прочие аудиторные занятия. Так как это решение основано на эмпирическом опыте высшей школы, исходим из предположения, что лекции и прочие аудиторные работы адекватны по значимости и информативности.

Причем оговоримся, в рамках данной работы важным являлось не точное вычисление количества бит информации в лекции, преподаваемой в условиях соответствия тезаурусу слушателей, а получение некоторого конкретного обобщенного числа, относительно которого можно вести дальнейшие расчеты.

Чтение лекций студенту в аудитории предлагается представить как процесс передачи информации по каналу связи «преподаватель – обучающийся».

Известно, что максимальная энтропия речевых сигналов при их формантном описании определяется следующим образом:

$$H_{\max} = \lg_2 \prod_{k=1}^3 m_k * n_k, \quad (5)$$

где m_k – число критических полос слуха в частотной области K -й форманты; n_k – число различных уровней K -й форманты.

Приняв (по данным Фланагана) $m_1=6$, $m_2=9$ и $m_3=2$, $n_1=8$, $n_2=8$ и $n_3=4$, в соответствии с соотношением (6) $H_{\max} = 15$ дв.ед./фон.элемент.

При средней скорости речи человека 10 фон.элемент./сек скорость потока речевой информации составляет $I_R=150$ дв.ед./сек. Тогда информативность одного часа лекции, как расчетной единицы нагрузки, составляет:

$$I_L = \frac{I_R \cdot T_L \cdot K_E}{100\%}, \quad (6)$$

где K_E – коэффициент эффективности лектора, т.е. процент использования лекционного часа для передачи информации (60-80%); T_L – нормативное время аудиторного часа, устанавливаемое, как правило, в пределах 2700 секунд.

Таким образом, исходя из соотношения (7), информативность одного часа лекций в среднем составляет порядка 300 Кбит информации. Наличие такой оценки позволяет достаточно конкретно оценить информативность дисциплин.

В терминах теории информации полный объем дисциплины представляет собой априорную энтропию (энтропию для студента, не изучавшего предмет):

$$H_{apr} = (k_{lec/all} + k_{pr/all} + k_{lab/all}) * T_{GOS} * I_L \quad (7)$$

Здесь $k_{lec/all}$ – соотношение лекционных и общего числа часов, $k_{pr/all}$ – соотношение практических (семинарских) и общего числа часов, $k_{lab/all}$ – соотношение часов на лабораторные работы и общего числа часов.

Как уже отмечалось, результаты тестирования студента по дисциплине представляют собой его *уровень подготовки* $\Theta_S = \beta_S$ или *по ее теме* $\Theta_{DE} = \beta_{DE}$. Тогда *объем подготовки* студента есть (в дв. ед., N – число тем предмета):

$$I_P = H_{apr} * \Theta_S \quad (8)$$

$$I_P = H_{apr} * \sum_{i=1}^N \frac{\Theta_{DEi}}{N} \quad (9)$$

Определение способности к усвоению материала. Аналог данного параметра в технике – пропускная способность канала передачи информации.

На первом шаге студенту для изучения на ограниченном интервале времени T_{educ} предоставлялся теоретический материал по одной из тем предмета. Затем он переходил к тесту, описанному выше. Ему предлагались вопросы, принадлежащие к данной теме и по сложности превышающие Θ_S (Θ_{DE}), показанные на предшествующем этапе. По итогам тестирования определялся новый объем подготовки I_{P_new} .

Способность к усвоению материала студентом по дисциплине:

$$g_{ysv} = \frac{I_{P_new} - I_P}{T_{educ}} \quad (10)$$

В терминах теории информации объем недостающей студенту подготовки представляет собой апостериорную энтропию (Кбит):

$$H_{apos} = H_{apr} - I_P \quad (11)$$

Соответственно, аудиторное время, необходимое обучающемуся для успешного усвоения дисциплины, T_{need} (учебных часов):

$$T_{need} = \frac{H_{apos}}{g_{ysv}} \quad (12)$$

В главе 3 проведена разработка методов решения задач взаимопреимственности дисциплин на основе компетентностного подхода и их оптимального распределения по семестрам, определения оптимальной структуры и состава элективных курсов, управления обучением студента.

Предложенный метод является развитием методики, описанной Роменцом В.А., Моргуновым И.Б. и Нерсесовым Т.В. в монографии «Автоматизированная система проектирования содержания обучения по специальностям вузов» (2004), применительно к объекту исследования.

Смысл задачи соблюдения взаимопреимственности дисциплин заключается в том, что студент не может перейти к изучению очередного предмета до тех пор, пока не изучит все дисциплины, на которых он основан.

Вместо обычного графа нами предлагается использовать взвешенную семантическую сеть, которая позволяет вводить несколько типов узлов и связей.

В рамках данной работы выделено два типа узлов такой сети: дисциплины, которые связаны между собой связями «предок-потомок» (это представление наследования согласуется с принятым в социогенетике, такие связи применялись, но для определения содержания образовательных программ, позволяющих формировать необходимый набор компетенций), и узлы, где каждая из дисциплин связана дугами «свойство» с узлами, ее характеризующими (объем, семестр изучения и т.д.). Фрагмент такой сети приведен на рис.6.



Рис.6. Фрагмент семантической сети взаимопреимственности дисциплин

Первым этапом построения семантической сети взаимопреимственности является составление взвешенной матрицы смежности сети $C_{вз} = (c_{ij \text{ вэ}})$ (табл.1).

Таблица 1. Фрагмент матрицы смежности сети дисциплин

	Предмет_6	Предмет_7	Предмет_8	Предмет_9	Предмет_10
Предмет_1	0	0	1	0	0
Предмет_2	0	0	0	1	0
Предмет_3	0	0.8	0	0	0
Предмет_4	0.6	0	0	0.3	0
Предмет_5	0.3	0.3	0	0	0.7

Матрица отражает связи дисциплин в плане. Связью является взаимосвязь формируемых предметом компетенций с компетенциями других дисциплин.

Матрицу заполняли эксперты-преподаватели, проставляя оценку $c_{ij\text{вз}}=(0;1]$, если для изучения курса в столбце j необходимо наличие компетенций, сформированных предметом, записанным в строке i , иначе – $c_{ij\text{вз}}=0$.

Построенная взвешенная матрица связей является матрицей смежности взвешенной подсети взаимопреимственности $N_{\text{вз}}$ (составной части семантической сети – в ней нет связей типа «свойство»).

Для исключения избыточных связей, образующих контуры типа «для изучения первой дисциплины необходимо знание второй, и наоборот», нарушающих логичность изучения материала, проводится оптимизация сети.

Строится матрица инцидентий сети $S=S(s_{ij})$.

$$S_{ij} = \begin{cases} +1, \text{ если } u_j \text{ исходит из } x_i, \\ -1, \text{ если } u_j \text{ входит в } x_i, \\ 0, \text{ если } u_j \text{ не инцидентна } x_i. \end{cases} \quad (13)$$

Для того чтобы вектор $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ (n – количество предметов) с целочисленными координатами представлял контур, необходимо, чтобы

$$S * X^T = 0. \quad (14)$$

Система решений (15) представляет собой векторы с координатами 0,+1, -1, соответствующие контурам дуг подсети.

Для выбора удаляемой дуги в контурах нами усовершенствован метод потенциальных чисел K_i вершин сети:

$$K_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} - \sum_{p=1}^n c_{pi} \quad (15)$$

Величина q_{ij} для дуги показывает, направлена ли она вдоль основного потока связей или против него (i – начальная вершина, j – конечная):

$$q_{ij} = K_i - K_j. \quad (16)$$

Из контура удаляется дуга, имеющая наименьшее значение произведения q_{ij} на ее вес. При равенстве данной характеристики у нескольких дуг удаляется та из них, вес которой во взвешенной матрице смежности меньше.

Полученная после данных преобразований подсеть тестируется по описанному выше алгоритму до удаления всех контуров.

Определение структуры и состава элективных курсов. Основной проблемой в данном случае является определение предпочтений студента, поэтому целесообразным является использование метода репертуарных решеток. Он может быть «настроен» на реконструкцию различных областей субъективного опыта студента. В данном случае в качестве объектов репертуарной решетки рассматриваются дисциплины-элективные курсы, а в качестве ролей – одна из компетенции, которые формирует дисциплина.

Таблица 2. Фрагмент репертуарной решетки

Компетенции-конструкты	дисциплины									
выбор методов и средств измерения эксплуатационных характеристик средств и систем автоматизации и управления	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
способность оценивать результаты деятельности организации	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
готовность решать инженерно-технические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

использование информационных технологий при проектировании и конструировании электротехнического оборудования и систем	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
анализ, теоретическое и экспериментальное исследование методов, алгоритмов, аппаратно-программных комплексов	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
общение с представителями зарубежных фирм-партнеров	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

1 – цифровые и микропроцессорные устройства, 2 – телемеханические устройства, 3 – теория информационных процессов и систем, 4 – основы телемеханики, 5 – современные информационные технологии, 6 – сегнетоэлектрики, 7 – иностранный язык, 8 – бизнес курс по иностранному языку, 9 – основы бизнеса ИТ, 10 – основы маркетинга.

Студент оценивает выявленные экспертами конструкты по шкале [0;10].

На следующем этапе применяется процедура линейной свертки ($Kons(i)$ – оценка конструкта, R_{ij} – его значение в репертуарной решетке):

$$U_j = \sum_i Kons(i) * R_{ij} \quad (17)$$

Критерий оптимальности, на основе которого отбираются предметы:

$$U \rightarrow \max \quad (18)$$

Оптимальное распределение предметов по семестрам. Решение данной задачи наиболее сложно в формализации, требует максимального привлечения опыта и практических знаний экспертов. Поэтому в качестве основы данной подсистемы предлагается выбрать экспертную систему, основа которой – набор продукционных правил, отражающих требования к учебному плану.

Для решения задачи распределения дисциплин по семестрам предложена модификация рекурсивного алгоритма перебора с возвратами, заключающаяся во вводе эвристического блока: включение дисциплины в план на данном шаге тем более целесообразно, чем большему числу предметов она служит основой.

Прежде всего, учебный план представляется как множество дисциплин $D = \langle D_i \rangle$ ($i = 1..n$, где n – количество дисциплин), а дисциплины – в виде:

$$D_i = \langle T_{LEK}, T_{LAB}, T_{PRAKT}, M, voz_m, kol_vo, obr \rangle, \quad (19)$$

где T_{LEK} – объем лекционных часов/зач.ед., T_{LAB} – объем лабораторных часов/зач.ед., T_{PRAKT} – объем часов/зач.ед. на практические занятия, M – множество предметов, которые необходимо изучить перед данным, voz_m – возможно ли изучение предмета на текущем шаге, kol_vo – количество предметов, для которых данный служит основой, obr – указывает, обработана ли дисциплина.

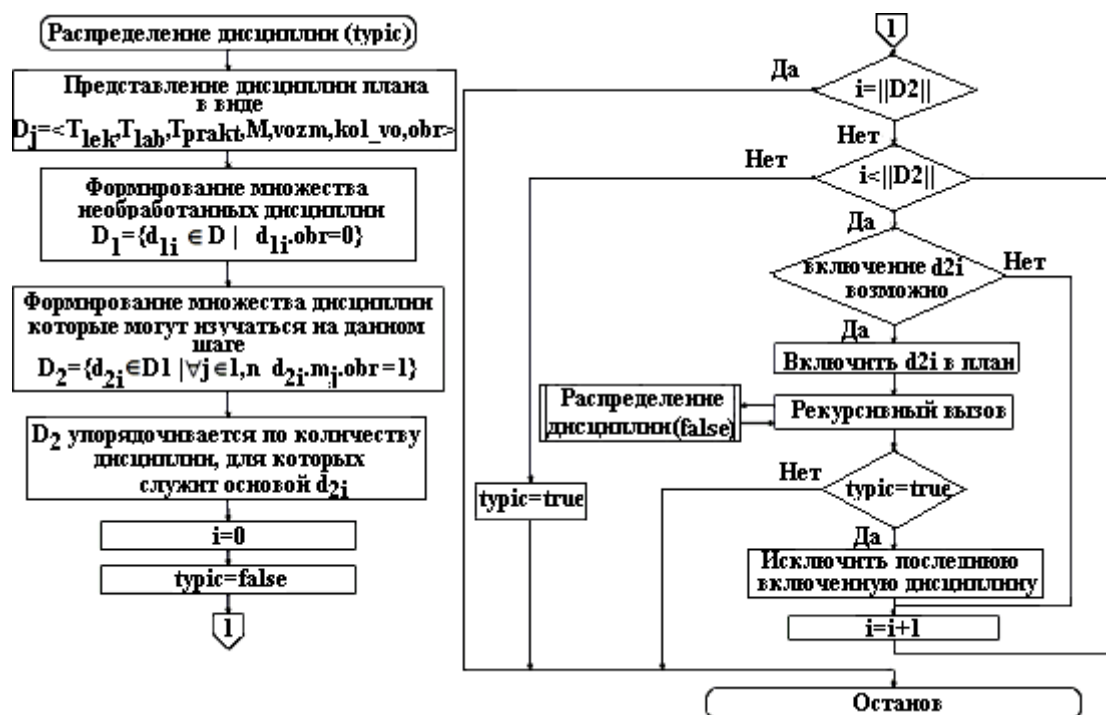


Рис.7. Предложенный алгоритм распределения дисциплин по семестрам

Управление обучением по индивидуальному плану. Для внесения корректировок в индивидуальный учебный план сначала определяется, справляется ли студент с нагрузкой, предполагаемой составленным планом.

Для этого в конце каждого семестра он проходит тестирование по определению уровня подготовки по каждой изученной дисциплине. Если по ним достигнут приемлемый уровень (по оценкам экспертов – 75%-80% от объема курса), то план считается соответствующим способностям студента. Иначе производится процедура оценки способности к усвоению материала студентом для дисциплин будущего семестра, а затем – корректировка плана.

В главе 4 произведен выбор программно-технических средств реализации системы адаптивного управления обучением по индивидуальной траектории:

1) выбраны среда и инструментарий реализации системы – Visual Studio 2005, которая удовлетворяет требованиям, предъявляемым к системе.

2) разработанная структура системы управления обучением по индивидуальному плану построена по клиент-серверной технологии и включает в себя сервер БД и автоматизированные рабочие места.

3) в качестве СУБД выбрана PostgreSQL, так как она отвечает всем требованиям системы. Кроме того, именно эта СУБД используется в качестве основы АСУ кафедры, на которой выполнялась работа.

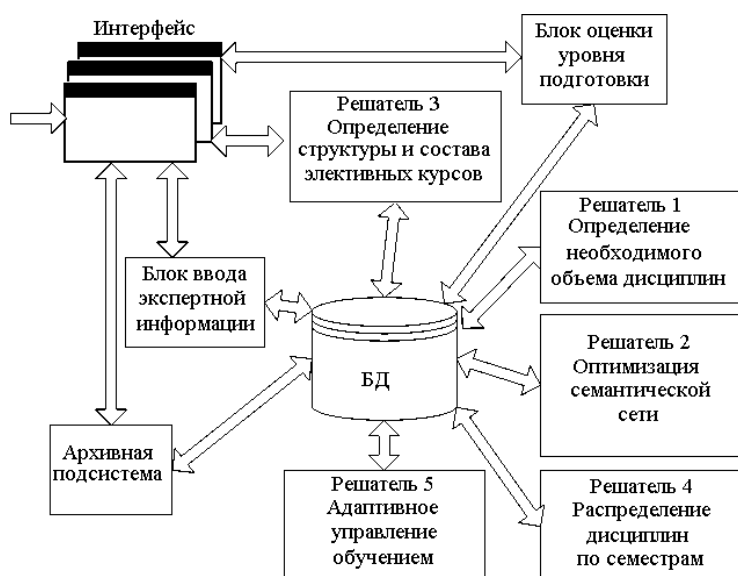


Рис.8. Структурная схема системы адаптивного управления обучением по индивидуальному плану

Взаимодействие с пользователем организовано с помощью диалоговых окон, представляющих собой удобный интерфейс (рис.9,10).

Проверка гипотезы исследования проводилась в условиях естественного эксперимента. В эксперименте, проводившемся с 2002 по 2008 год в СТИ МИСиС участвовали студенты-выпускники специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления» Оскольского политехнического колледжа. Из выпускников были сформированы две группы: контрольная группа (32 человека) проходила обучение по 6-летнему рабочему плану заочного обучения; вторая группа (30 человек) проходила обучение по составленным по предложенному методу системой индивидуальным планам.

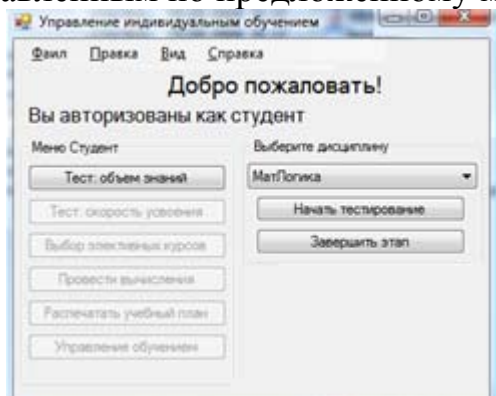


Рис.9. Главное окно программы

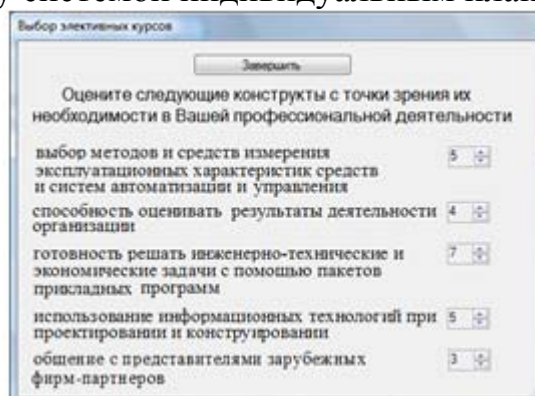


Рис.10. Окно оценки конструктов

Мониторинг качественных сравнительных результатов учебной деятельности проводился систематически в течение всего срока обучения по всем предметам учебного плана в рамках осуществления управления обучением.

Сравнительный анализ осуществлялся по следующим критериям: время обучения, средняя успеваемость по группе в динамике в течение обучения, количество отчислений по причине академической неуспеваемости, остаточные знания по результатам тестирования на материалах министерских тестов, оценка качества дипломного проектирования, оценка трудоустройства.

Рассчитанные с применением предложенной системы компьютерные пла-

ны составили разброс от 3.5 до 5.5 лет обучения против нормативных шести. На рис.11 представлены сравнительные оценки результатов процесса обучения в течение всего образовательного периода, включая дипломирование.

Начальный период (1-3 семестр) характеризуется сравнительно низкими результатами в обеих группах. Это связано с периодом адаптации и наличием в планах большого количества общеобразовательных предметов, уровень по которым в обеих группах оказался одинаково низким. В течение остальных семестров наблюдается заметное нарастание качества компетенций в экспериментальной группе. Очевиден и заметный рост оценок при дипломировании.

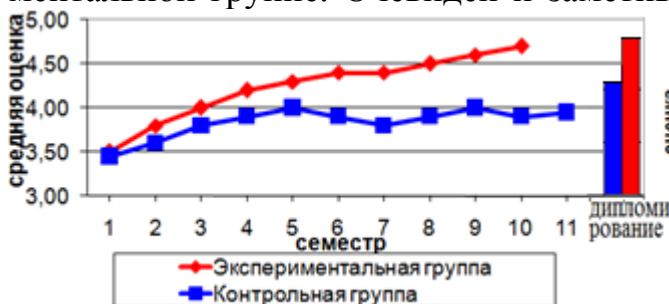


Рис.11. Сравнительная характеристика качества обучения и дипломирования

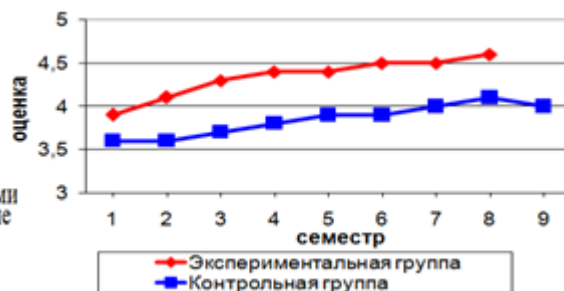


Рис.12. Характеристика остаточных знаний

На рис.12 представлены графики контроля остаточных знаний, который проводился со 2 по 9 семестр. Примечательно, даже на начальном этапе, где уровень общей подготовки в группах мало отличался (рис.11), у экспериментальной группы наблюдаются более высокие показатели остаточных знаний.

Интересными оказались результаты трудоустройства, как показателя уровня профессиональной компетентности студентов. Более качественный уровень подготовки в группе индивидуального планирования позволил выпускникам более быстро и эффективно адаптироваться на рынке труда.



Рис.13. Трудоустройство выпускников (показатель уровня профессиональной компетентности)

Характерным является то, что число устроившихся на работу по специальности у этой категории выпускников значительно выше. Такие результаты были достигнуты гибкостью индивидуального планирования, что способствовало развитию универсальных компетенций.

В заключении делаются выводы, излагаются основные результаты диссертационного исследования. Предлагаемый метод может использоваться как в рамках специалитета, так и при переходе на систему обучения «бакалавр-магистр», что позволяет говорить о диссертационной работе как имеющей существенное значение – повышение качества и эффективности образования, экономии средств на подготовку одного выпускника.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе автором на основе анализа вопросов управления обучением разработан научно-обоснованный метод адаптивного управления обучением по индивидуальной образовательной траектории. Решение данной

проблемы потребовало разработки методов решения ряда задач, основанных на различных подходах ИИ. Научные и практические результаты диссертации актуальны как для сферы высшего профессионального образования, так и для других уровней образования, решающих задачи индивидуализации обучения.

В рамках решения этой задачи получены следующие результаты и выводы:

1. Решение задачи адаптивного управления обучением по индивидуальной образовательной траектории является актуальной с точки зрения получения оптимальных характеристик по объемам изучаемого материала, сроков обучения, качества и стоимости подготовки одного выпускника.

2. Применение для решения задачи индивидуального планирования системы принятия решений позволяет существенно сократить время и трудоемкость составления индивидуальных планов и свести к минимуму субъективизм в оценках исходного уровня подготовки студента и объемов дисциплин.

3. Применение нечетких нейронных сетей к задаче адаптивного тестирования позволило получить достаточно эффективный и универсальный аппарат оценки исходного уровня подготовки обучающегося.

4. Способ оценки объема дисциплин на основе теории информации позволяет достаточно эффективно оценить информативность предмета.

5. Предложенный на основе теории информации метод определения способности к обучению студента как приемника информации, передаваемой по каналу связи с помехами, позволяет формализовать задачу оценки его способности усваивать новый материал.

6. Показана целесообразность применения метода репертуарных решеток при определении состава и объемов элективных курсов для формирования необходимого конкретному студенту набора компетенций.

7. Ввод эвристического блока в алгоритм перебора с возвратами при распределении дисциплин по семестрам позволил достичь приемлемой скорости и точности решения данной задачи.

8. Адаптивное управление «по отклонению» обучением по индивидуальному плану позволяет своевременно реагировать на изменения компетентностных характеристик студента путем внесения оперативных изменений в план.

9. Результаты эксперимента, проведенного на базе Старооскольского технологического института, демонстрируют высокую эффективность использования предложенного подхода при управлении обучением студентов.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии

1. **Глущенко, А.И.** Автоматизированное адаптивное управление процессом обучения в ВУЗе: монография [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко, И.В. Уварова. – Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2009. – 152 с.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

2. **Глущенко, А.И.** Информационная система принятия решений по формированию индивидуальных учебных планов [Текст] / А.И. Глущенко // Управление большими системами. – Вып.15. – М: ИПУ РАН, 2006. – С.79-91.

3. **Глущенко, А.И.** Использование гибридных нейронных сетей в задаче адаптивного тестирования [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Системы управления и информационные технологии, 2008. – №1(31). – С.51-56.

4. **Глущенко, А.И.** Об оценке информативности семантической информации [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Качество. Инновации. Образование. – №1. – 2008. – С.40-43.

Статьи, материалы конференций

5. **Глущенко, А.И.** О разработке информационной системы автоматического составления индивидуальных учебных планов [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Труды региональной научной конференции «Образование, наука, производство и управление». – Старый Оскол, 2005. – т.1. – С.9-11.

6. **Глущенко, А.И.** Адаптивное тестирование при планировании индивидуального обучения студентов [Текст] / А.И. Глущенко, И.В. Уварова, Ю.И. Еременко // Труды XII международной конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество». – СПб., 2006. – С.53-56.

7. **Глущенко, А.И.** Об автоматизированном проектировании адаптивных индивидуальных учебных планов в системе непрерывного образования [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко, И.В. Уварова // Труды VII международной научно-технической конференции «Кибернетика и высокие технологии XXI века». – Воронеж, 2006. – т.2. – С.881-887.

8. **Глущенко, А.И.** Об автоматизированном проектировании индивидуальных учебных планов [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Труды третьей международной конференции «Системы управления эволюцией организаций CSOE'2006». – Хургада, Египет, 2006. – С.18-23.

9. **Глущенко, А.И.** Разработка методов формализации когнитивных задач [Текст] / А.И. Глущенко // Труды международной научно-практической конференции «Наука, производство и управление». – Старый Оскол, 2006. – С.359-363.

10. **Глущенко, А.И.** Нейронечеткая модель адаптивного тестирования [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко, И.В. Уварова // Труды VI Всероссийской научно-практической конференции «Модернизация системы профессионального образования на основе регулируемого эволюционирования». – Челябинск, 2007. – ч.2. – С.144-151.

11. **Глущенко, А.И.** О разработке системы адаптивного тестирования на основе нейронечетких алгоритмов [Текст] // Труды II школы-семинара молодых ученых «Управление большими системами». – Воронеж, 2007. – т.1. – С.176-182.

12. **Глущенко, А.И.** О формализации процесса обеспечения взаимопреимственности дисциплин при разработке индивидуального учебного плана [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Труды международной научной конференции «Сложные системы управления и менеджмент качества CCSQM'2007». – Старый Оскол, 2007. – С.276-281.

13. **Глущенко, А.И.** Автоматизация процесса составления учебного плана в части разбиения дисциплин по семестрам [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И.

Еременко // Материалы IV Всероссийской школы-семинара молодых ученых ПУИТ. – Казань, 2008. – С.87-90.

14. **Глущенко, А.И.** Автоматизация решения задачи учета взаимопреemptственности дисциплин при составлении учебных планов [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Инновационный Вестник Регион. – №4. – 2008. – С.64-67.

15. **Глущенко, А.И.** Использование методики репертуарных решеток для определения состава элективных курсов в процессе учебного планирования / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Труды V школы-семинара молодых ученых «Управление большими системами». – Липецк, 2008. – т.1. – С.154-157.

16. **Глущенко, А.И.** Модель формирования оценочных средств для диагностики знаний и умений студентов [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Труды второй всероссийской научно-методической конференции «Проблемы разработки учебно-методического обеспечения перехода на двухуровневую систему в инженерном образовании». – М., 2008. – С.92-101.

17. **Глущенко, А.И.** О применении гибридных нейронных сетей в задаче адаптивного тестирования [Текст] / А.И. Глущенко, Ю.И. Еременко // Труды III Всероссийской молодежной конференции по проблемам управления (ВМКПУ'2008). – М.: ИПУ РАН, 2008. – С.105-106.

База данных

18. **Свидетельство №2009620180** об официальной регистрации базы данных «Справочная и оперативная информация Управления Обучением по Индивидуальной Образовательной Траектории (УОИОТ)» / Ю.И. Еременко, А.И.Глущенко. Зарегистрировано в реестре баз данных РОСАПО 16.04.2009г.



На правах рукописи

Глущенко Антон Игоревич

**Разработка метода адаптивного управления обучением по
индивидуальной образовательной траектории**

Автореферат

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

Подписано в печать 27.08.09.

Бумага офисная. Формат 60 84/16. Гарнитура Таймс.

Усл. печ.л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ № 45

Издательство

Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов,
105318, Москва, Измайловское шоссе, 4
тел. (499) 369-42-83, факс (499) 369-58-13