

На правах рукописи

САМОЙЛО ИРИНА ВЛАДИМИРОВНА

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ И
УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ**

Специальность 05.13.10 - “Управление в социальных
и экономических системах”

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2010

Работа выполнена в Центре новых информационных технологий Государственного образовательного учреждения Московский государственный университет приборостроения и информатики (МГУПИ)

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент,
Жуков Дмитрий Олегович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Дзегелёнок Игорь Игоревич

доктор технических наук, доцент
Лисицына Любовь Сергеевна

Ведущая организация: Государственное образовательное учреждение
Астраханский государственный университет

Защита состоится «18» июня 2010 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.132.10 Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (НИТУ «МИСиС») в Исследовательском центре проблем качества подготовки специалистов по адресу: 105318, Москва, Измайловское шоссе, д.4

С диссертацией можно ознакомиться в Исследовательском центре проблем качества подготовки специалистов НИТУ «МИСиС».

Автореферат разослан «15» мая 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



И.Б. Моргунов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Актуальность разработки моделей управления знаниями и обеспечением профессиональной ориентации (выбора профессии) обусловлена как научными целями теоретического исследования, *разработки и применения методов теории управления к задачам управления в области образования*, так и практическими задачами подготовки специалистов, необходимых для промышленности и народного хозяйства.

Основным содержанием представленной работы являются теоретические и прикладные исследования системных связей и закономерностей функционирования объектов и процессов в образовании с учетом отраслевых особенностей, в частности, человеческого фактора, выражающегося в активном влиянии управляемой системы на процесс управления.

В силу природных способностей и предыдущего развития каждый обучаемый обладает определенными возможностями роста творческих способностей в данной предметной области. Априори можно утверждать, что потенциал возможностей для каждого человека различен в разных областях деятельности. Выбор же сферы профессиональной деятельности в большинстве случаев осуществляется, как с учетом объективных факторов: сложившихся социальных условий, индивидуальных предпочтений, возможностей каждой личности, так и под влиянием случайных причин. На сегодняшний день по некоторым оценкам до 80 процентов выпускников высших учебных заведений после окончания вуза не работают по специальности, что, прежде всего, свидетельствует об ошибочности выбора специализации.

Можно предположить, что наблюдаемый результат определяется следующими причинами:

- проблемами эффективности управления обучением и асинхронным взаимодействием обучаемых и учебного процесса. Учебный процесс идет со скоростью, определяемой выходом на средний (базовый) уровень компетенции, которая в свою очередь определяется исходя из установленных нормативов, а обучаемые с разной (своей собственной) скоростью усваивают предлагаемые учебные программы;
- проблемами выбора специализации при переходе от одного уровня обучения к другому (при профессиональном выборе, да, следовательно, и специализации обучения, люди ориентируются на множество различных, зачастую случайных, факторов).

Насущная потребность решения этих проблем приводит к пониманию необходимости индивидуализации процесса массового обучения и профессиональной ориентации, а значит, поиску новых путей управления компетенциями обучаемых и их теоретического и экспериментального исследования.

В этой связи следует отметить работы Исследовательского центра проблем качества подготовки специалистов и ведущих российских ученых таких, как Дзегелёнок И.И., Зимняя И.А., Кудрявцев Ю.А., Майборода Л.А., Минаев В. А.,

Литвак Б. Г., Свиридов А. П., Н.А. Селезнева, А.И. Субетто, А.С. Рыков, А.О. Татур и многих других, уделяющих большое внимание вопросам качества образования и его развития.

Обучение и профессиональный подбор (предоставления человеку рекомендаций о возможных направлениях профессиональной деятельности) целесообразно строить, основываясь на информационных и математических моделях, учитывающих всю совокупность факторов личности обучаемого, а не только его текущие или итоговые оценки.

Для реализации управления профвыбором и последующим обучением необходима формализация этих процессов и разработка их математических и информационных моделей.

Целью диссертационной работы является разработка теоретических основ и методов теории управления и принятия решений в системе образования. В частности, разработка и исследование эффективных моделей управления целенаправленным профессиональным подбором и последующим обучением по различным дисциплинам с целью обеспечения компетенций, как на базовом уровне, так и на уровне профессиональной подготовки (см. рис.1)

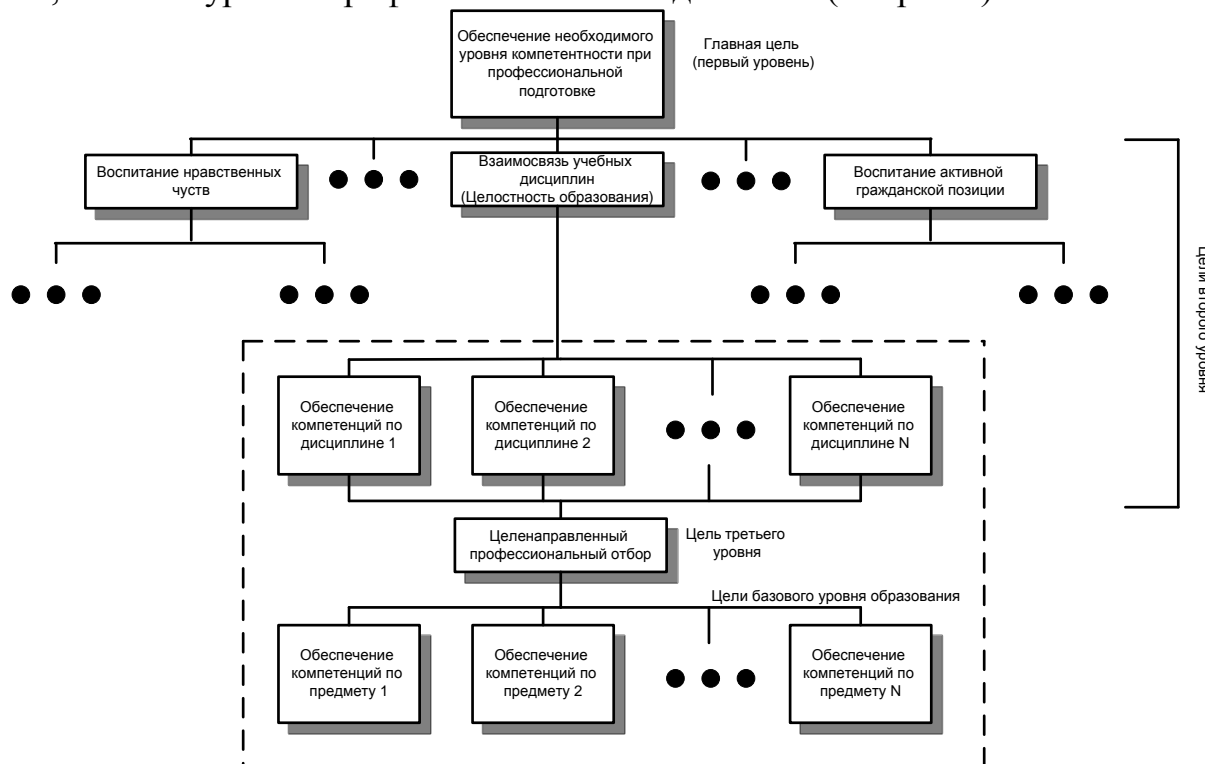


Рис.1. Дерево целей исследования

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие задачи:

- Экспериментальное исследование взаимосвязи психологических характеристик обучаемых и предыдущих учебных достижений с текущей успеваемостью как базы принятия решений при целенаправленном профессиональном выборе.
- Создание эффективных математических моделей профессиональной ориентации и профессионального подбора для обеспечения необходимых

компетенций будущих выпускников, учитывающих способности и психологические характеристики обучаемых.

- Разработка и создание на основе проведенных в работе исследований прототипов экспертных систем принятия решений для профессионального подбора.
- Создание математических моделей управления динамикой знаний, учитывающих поступление, исчезновение и самоорганизацию учебной информации.
- Разработка новых моделей и форм представления учебной информации для более эффективного управления компетенциями (качественное обучение за наименьшее время), учитывающих модели динамики знаний, позволяющих осуществлять обучение по индивидуальной образовательной траектории.

Объектом исследования являются процессы управления знаниями обучаемых, а предметом исследований - разработка эффективных математических и информационных моделей управления знаниями на дисциплинарном уровне и профессиональным выбором обучаемых.

Методы исследования:

Для реализации намеченной цели исследования и решения поставленных задач были использованы следующие научные методы и подходы: математическая статистика, операционное исчисление, теория принятия решений, методы системного анализа.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

- Для решения задачи разработки эффективных моделей профессиональной ориентации построены функции профессиональной ориентации студента (абитуриента), определены переменные этих функций.
- Применены методы логического вывода, принятые в дедуктивных рассуждениях, с оценкой полученных результатов в рамках нечетких методов, т.е. вне двоичной логики, для определения степени соответствия функции профессиональной ориентации требованиям кафедры (образовательного учреждения). В рамках данной модели любая переменная функции профессиональной ориентации должна иметь экспертную оценку истинности (достоверности), т.е. степени принадлежности некоторому значению лингвистической переменной, характеризующей эту переменную.
- На основании математического аппарата методов логического вывода с оценкой полученных результатов в рамках нечетких методов разработан алгоритм работы автоматизированной экспертной системы поддержки решений при профессиональной ориентации. Реализован работающий прототип такой системы.
- Разработаны математические модели, описывающие динамику управления знаниями, в которых рассматривается поступление, исчезновение (забывание) и самоорганизация учебной информации. Получено дифференциальное уравнение второго порядка (типа уравнения Колмогорова), описывающее указанные процессы. Сформулированы и решены краевые задачи, учитывающие как получение знаний и их случайное

изменение (забывание), так и самоорганизацию знаний, при которой получаемые знания сами становятся источником новых знаний.

- Разработан и предложен метод представления учебной информации, получивший название “метод создания мобильных карт учебного занятия”, в котором учтены психолого-педагогические особенности и закономерности процесса обучения, элементы логики и модели динамики знаний, метод, позволяющий осуществлять обучение по индивидуальной образовательной траектории.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в следующем:

- Разработаны математические модели профессиональной ориентации, позволяющие создать алгоритмы работы автоматизированных, в том числе и Интернет систем поддержки экспертных решений при профессиональном отборе. Это позволило разработать такие системы, разместить их в сети Интернет и начать опытную эксплуатацию в тестовом режиме. В частности, экспертные системы поддержки решений профессиональной ориентации используются в тестовом режиме в Московском государственном университете приборостроения и информатики (МГУПИ), в Московском киновидеоинституте (МКВИ) — филиале Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения, в Московской медицинской академии им. И. М. Сеченова (ММА), о чем имеются акты о внедрении.
- На основе разработанных в диссертационной работе математических моделей управления знаниями **созданы новые алгоритмы работы** автоматизированных систем обучения, использующие фреймовое представление учебной информации. Разработанные алгоритмы позволяют индивидуализировать процесс массового обучения.
- На программное обеспечение, автоматизирующее профессиональную ориентацию и подбор, созданное на основе разработанных моделей, получено авторское свидетельство РОСПАТЕНТ №2010611261 (зарегистрировано 12 февраля 2010г.) о государственной регистрации программы для ЭВМ.
- Работа удостоена диплома конкурса «Грант Москвы», проводимого Правительством г. Москвы и Департаментом образования г. Москвы, в области наук и технологий в сфере образования за 2006 год.
- Результаты, полученные в данной диссертации, используются в рамках Межвузовской комплексной работы «Инновационные технологии образования», проводимой Федеральным агентством по образованию Российской Федерации с 2007 года.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель профессиональной ориентации и подбора, созданная на основе методов логического вывода, принятых в дедуктивных рассуждениях, с оценкой полученных результатов в рамках нечетких методов.
2. Методы формализации процессов управления динамикой знаний.

3. Математические модели управления динамикой знаний, полученные на основе решения краевых задач для дифференциального уравнения второго порядка, типа уравнения Колмогорова.

4. Аналитические выражения для плотности вероятности $\rho(x, t)$ достижения заданного уровня обученности и результаты математического моделирования процессов обучения, при которых учитывается, как получение знаний и их случайное изменение (забывание), так и самоорганизация знаний.

5. Алгоритмы управления знаниями, основанные на исследованных в работе математических моделях и метод создания мобильных карт учебного занятия, учитывающий динамику знаний, позволяющий осуществлять обучение по индивидуальной образовательной траектории.

Апробация работы:

Основные результаты диссертационной работы изложены в 14 публикациях (в том числе 3-х, входящих в перечень ВАК), приведенных в списке литературы, результаты исследований докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях в 2007 – 2010 годах, а также научно-технических конференциях и семинарах в МИФИ, МГУПИ и ряда других ВУЗов.

Структура диссертационной работы:

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения с 8 таблицами и 41 иллюстрациями (рисунки, графики, схемы, экранные формы и т.д.), приложения и библиографического списка, состоящего из 120 названий. Общий объем работы составляет 167 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана постановка научной задачи и изложены характеристики решаемой проблемы. Представлена научная новизна и практическая значимость диссертации, сформулирована цель диссертационной работы и задачи, которые необходимо решить для её достижения.

В первой главе обсуждаются общие вопросы управления профессиональным подбором и динамикой знаний. Рассмотрены задачи обеспечения качества знаний.

На основании анализа предметной области диссертации были сделаны следующие выводы:

1. Подготовка специалистов, отвечающих современным требованиям российского общества, должна опираться на компетентностный подход, который включает, как профессиональные знания, навыки и умения, так и психологические особенности индивидуума.

2. Знания, обучение, управление и представление знаний являются одними из базовых элементов при обеспечении профессиональных компетенций. Причем можно выделить следующие основных задачи: управление знаниями, выбор форм и средств представления знаний, контроль знаний и управление профессиональным подбором для целенаправленной подготовки специалистов.

3. Проблема управления качеством знаний и управления процессом профессионального выбора должна иметь решение, позволяющее для каждого обучаемого выстроить индивидуальную траекторию обучения,

учитывающую индивидуальный стиль учебной деятельности, позволяющую гарантированно получить оптимальный уровень обученности.

4. Расплывчатость границ знания и множественность взаимосвязей между элементами предметной области говорит о том, что нельзя выделить элементарный объем знаний. Кроме того, в силу специфики мышления человека, ему свойственно при определенных условиях, имея некоторый набор связей между элементами знания находить новые или неизвестные связи, которые также являются знанием (процесс самоорганизации знаний и самообучения). Все это говорит о том, что процесс обучения можно рассматривать как случайный процесс и описывать его в терминах теории вероятности.

5. Для эффективного перехода между уровнями обучения необходимо применять целенаправленные профессиональный подбор и профессиональную ориентацию. В данном случае, под эффективностью необходимо понимать минимизацию отсева обучаемых на более высоком уровне, вследствие их неспособности освоить учебные программы. Необходима разработка соответствующих экспертных систем для поддержки решений лица, принимающего решение (ЛПР).

Во второй главе на основании большого экспериментального материала, представленного в приложениях диссертации, построены функции профессиональной ориентации, учитывающие данные о текущей и итоговой успеваемости, способности и психологические характеристики личности обучаемых, рассмотрены вопросы использования методов логического вывода, принятых в дедуктивных рассуждениях и нечетких методов (нечеткая гиперрезолюция) для оценки достоверности полученных результатов. На основании созданных моделей были разработаны алгоритмы работы автоматизированных экспертных систем принятия решений при профессиональной ориентации и подборе.

При построении функций моделирования профессиональной ориентации и подбора в экспертных информационных системах можно выделить следующие основные этапы:

- Выбор и смысловое определение переменных и групп переменных, входящих в данные функции.
- Шкалирование или задание возможных значений этих переменных на некотором целочисленном множестве. Отметим, что данный вопрос является неоднозначным, и его решение подразумевает различные трактовки. При этом переменные могут не находиться в отношении доминирования или даже иметь трудно сравнимый характер (т.е. быть принадлежащими множеству Эджворта – Парето).
- Построение функций профессионального подбора и выбора с помощью определения логических операций над переменными и группами переменных.

Экспериментально исследованы функциональные логические зависимости, с одной стороны между результатами психологических тестов, тестов интеллекта,

школьных учебных достижений и результатов ЕГЭ, а с другой стороны последующими учебными достижениями в ВУЗе (результатами сессий). После проведения экспериментов, полученные результаты были переведены в однотипную числовую шкалу и проанализированы с помощью коэффициента корреляции r , аналогичного коэффициенту Пирсона.

Полученные результаты позволяют построить функции профессиональной ориентации, учитывающие данные о текущей и итоговой успеваемости, способности и психологические характеристики личности обучаемых и с такими взаимосвязями между переменными, что значения этих функций будет достаточно удовлетворительно коррелировать с оценками учебных достижений в ВУЗе.

На рисунке 2 представлена функциональная схема управления мягкой профориентацией студентов (на стадии выбора кафедры), в основе которой – система с обратной связью, работающая путём изменения управляющего воздействия пропорционально величинам выходных ошибок (узлы являются сравнивающими устройствами).

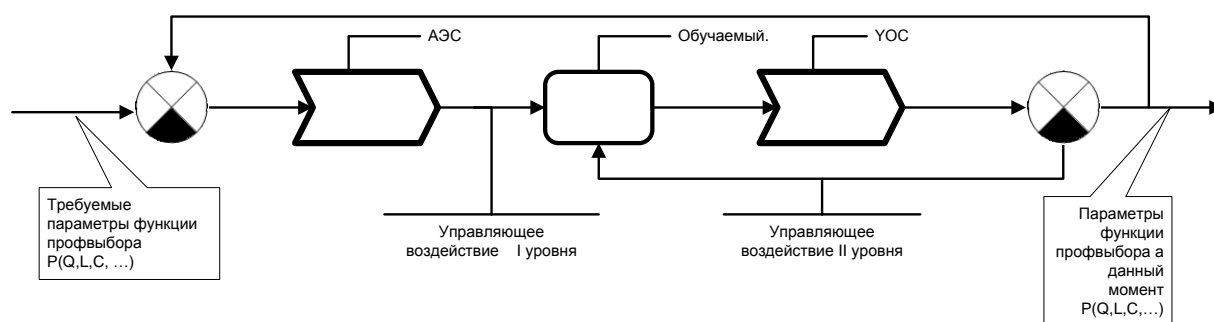


Рис. 2 Функциональная схема мягкой профориентации обучаемых

На вход управляющей системы подаются требуемые значения выходной величины – необходимые для поступления на данную кафедру параметры функции профессионального подбора. На выходе – действительное значение параметров функции профессионального выбора студента. Управление осуществляется по отклонению параметров функции профессионального подбора на данный момент времени от параметров, требуемых для поступления на интересующую студента кафедру.

Управляющие воздействия на обучаемого осуществляются на двух уровнях:

I – уровень мягкой профориентации, управление осуществляется с помощью автоматизированной экспертной системы профориентации и профвыбора - АЭС, II – уровень управляющей образовательной среды (УОС), которая создаётся студентом, и, одновременно управляет ходом образовательного процесса студента. Алгоритмы работы УОС представлены в главе 3.

Выделим следующие этапы управления профвыбором (кафедральным выбором) студентов:

1. Студент-первокурсник (абитуриент) заходит на стартовую страницу системы, заносит школьные оценки и (или) вносит результаты единого государственного экзамена. АЭС проводит оценку достоверности результата с помощью нечеткой логики.

2. Проводится входное психологическое тестирование особенностей личности с оценкой достоверности результата с помощью нечеткой логики.

3. АЭС определяет, соответствует ли данный студент требованиям кафедры. Если «да», то с помощью управляющей образовательной среды (УОС) направляется дальнейшее развитие студента. Если «нет», то с помощью УОС корректируются знания студента, создаются оптимальные условия преодоления кафедрального «барьера». Кроме этого, у студента есть возможность отказаться от борьбы за интересующую его кафедру, и продолжить образование на той кафедре, на которой позволяют его достижения.

4. Последующие тестирования проводятся для второкурсников в конце учебного года в момент выбора кафедры и для третьекурсников по результатам осенней сессии с целью подтверждения выбора либо отказа от него (хотя желательно проводить тестирование каждые полгода). Так как данные психологических тестов неплохо коррелируют и с оценками абитуриентов, и с оценками студентов в ВУЗе, то эту составляющую тестирования можно не менять, а множество оценок студента составят данные о текущей и итоговой успеваемости.

Таким образом, в данном исследовании предложен алгоритм профориентации обучаемых, в котором описаны все этапы профориентационного выбора – от ввода требований к студенту до поступления студента на кафедру.

Степень истинности результата профориентации оценивается в рамках нечеткой логики. Достоверность вывода определяется значениями истинности, которые принадлежат замкнутому интервалу $[0, 1]$. Логический вывод в правдоподобных рассуждениях предполагает использование (так же, как и в аксиоматических системах) метода доказательства от противного.

Сложность применения хорошо разработанного в аксиоматических системах методов вывода в правдоподобных рассуждениях, в том числе и в нечетких системах, определяется их природой:

- в нечетких системах степень истинности может принимать бесконечное число значений из интервала $[0, 1]$;
- в нечетких системах мы имеем дело со спектром лингвистических значений высказываний, которые принадлежат нечеткому множеству.

Результаты, полученные при тестировании и оценке учебных достижений, можно в значительной степени рассматривать как некоторые высказывания, характеризующиеся функцией принадлежности.

Высказывание $P(x)_{/x=\alpha_i}$ можно интерпретировать как предикатную форму, определенную на множестве X , $X=[\alpha_{min}, \alpha_{max}]$ – интервал действительных чисел. Если принять значение степени истинности высказывания $\mu_{P(x)_{/x=\alpha_i}}=0.95$, где P – “лингвистическая переменная, или числовой результат теста”, x – численное значение переменной, соответствующее экспертному представлению о данной величине, то степень истинности отрицания высказывания $P(x)$ есть:

$$\mu_{\neg P(x)}=1-\mu_{P(x)}=0.05$$

Для успешного резолютивного вывода на множестве дизъюнктов необходимо наличие в двух дизъюнктах контрарных литералов P и $\neg P$. Тогда степень истинности противоречивого высказывания

$$\mu(P \wedge \neg P) = \min(\mu_P, \mu_{\neg P}) = \min(0.95, 0.05) = 0.05.$$

Значение неопределенности 0.5 является границей между истинной (true) и ложной (false) областями. Различные практические приложения могут быть обеспечены функциями вида

$$cd = \mu(P)^{|q|}, \quad q - \text{действительное число.}$$

Отношение степени доверия $cd(P)$ некоторого высказывания на множестве степеней истинности $\mu(P(x=\alpha_i))$ в простейшем случае имеет линейную форму ($q=1$).

В зависимости от требований конкретной задачи точка неопределенности может трансформироваться в область неопределенности. Например, если степень истинности не может оказаться ниже некоторого определенного экспертом значения $\tau_{inf}(P) > 0.5$, то область неопределенности соответствует интервалу $[1 - \tau_{inf}, \tau_{inf}]$.

Можно сузить область решения, ограничив нечеткое множество значений лингвистической переменной только антонимными.

Пусть в данной интерпретации I степень противоречивости $P_{ai} \wedge \neg P_{ai}$ есть и $\zeta(P_{ai}) \in [0, 1]$:

$$\zeta(P_{ai}) = |\mu(P_{ai}) - \mu(\neg P_{ai})|$$

Определение 1. Степенью достоверности нечеткой резольвенты $R(C_1, C_2)$, где $C_1 = P_{ai} \vee W$, $C_2 = \neg P_{ai} \vee U$ – дизъюнкты из S , есть степень противоречивости $\zeta(P_{ai})$ высказывания P_{ai} .

Пусть степень истинности $\mu(P_{ai})$ высказывания P_{ai} равна 0.95, а степень истинности $\mu(Q_{ai})$ высказывания Q_{ai} равна 0.8.

В соответствии с “Определением 1” степень достоверности резольвент равна $\zeta(P_{ai}) = 0.9$ и $\zeta(Q_{ai}) = 0.6$.

Таким образом, степень достоверности окончательного вывода есть

$$cd = \min(\zeta(P_{ai}), \zeta(Q_{ai})) = 0.6$$

Заметим, что значение достоверности резольвент зависит от исходных значений степеней истинности высказываний. Так, при степени истинности высказывания Q_{ai} , равной $\mu(Q_{ai}) = 0.75$ степень достоверности резольвенты принимает значение 0.5, т.е. достигает степени индифферентности. Поэтому при решении задач, связанных с нечетким выводом, по крайней мере, следует задать некоторую нижнюю границу $\tau_{inf}(P)$ степени истинности, достаточно высокую для получения надежного результата. Высокий уровень граничного значения должен соответствовать высокому уровню выполнения принимаемого решения. Следует считать для $\forall \mu(P): \mu(P) > \tau_{inf}(P)$ соответствующими истинным значениям, а для $\forall \mu(P): \mu(P) < \tau_{inf}(P)$ соответствующими ложным. Напомним, областью неопределенности является интервал $[1 - \tau_{inf}, \tau_{inf}]$.

Степень соответствия функции профессиональной ориентации данного студента требованиям кафедры оценивается при определении степени достоверности резольвент на множестве дизъюнктов:

Пусть имеется три кандидата: K_1, K_2, K_3 на поступление на кафедру «АБВ» (или в университет), переменные функции профессионального выбора для каждого из них известны. Преподавателями кафедры (сотрудниками университета) – X было решено, что для поступления студенту (абитуриенту) необходимо иметь «хорошие» оценки по физике, математике, информатике, а также «хорошую» оценку по тестированию умственных способностей.

Оптимальным методом вычисления степени истинности является экспертный опрос. Допустим, что хорошие оценки, это значение больше или равно 4,1 (для разных ВУЗов может варьироваться, применяется метод экспертных оценок, в качестве экспертов выступают X). Тогда для нахождения степени истинности можно взять статистику за последние два года – 10 и 11 класс. Причем, статистику можно брать и за более длительный срок. Для примера подойдут оценки трех четвертей – 4, 4, 5. Тогда степень истинности будет равна

$$\mu = (4 + 4 + 5 + 5) / (4,1 * 4) \quad (1.1).$$

Если степень истинности больше единицы, то принимаем её равной 1. Для того чтобы найти степень истинности по психологическому тестированию или тестированию умственных способностей, необходимо задать некоторую границу, при которой будем считать в качестве делителя - Граница, тогда

$$\mu = \text{Значение} / \text{Граница}.$$

Составим нечеткую гиперрезолюцию:

1. $\neg \text{хорошие_оценки_математика}(x) \vee \neg \text{хорошие_оценки_физика}(x) \vee \neg \text{хорошие_оценки_информатика}(x) \vee \neg \text{хорошие_оценки_тестирование_умственных_способностей}(x) \vee \neg \text{поступление_на_кафедру_АБВ}(x).$

2. хорошие_оценки_математика (K_1) $\mu_2=0.75$ степень истинности факта 2.

3. хорошие_оценки_математика (K_2) $\mu_3=0.9.$

4. хорошие_оценки_математика (K_3) $\mu_4=0.95.$

5. хорошие_оценки_физика (K_1) $\mu_5=0.85.$

6. хорошие_оценки_физика (K_2) $\mu_6=0.8.$

7. хорошие_оценки_физика (K_3) $\mu_7=0.75.$

8. хорошие_оценки_информатика (K_1) $\mu_8=0.9.$

9. хорошие_оценки_информатика (K_2) $\mu_9=0.65.$

10. хорошие_оценки_информатика (K_3) $\mu_{10}=0.75.$

11. хорошие_оценки_тестирование_умственных_способностей (K_1) $\mu_{11}=0.95.$

12. хорошие_оценки_тестирование_умственных_способностей (K_2) $\mu_{12}=1.0.$

13. хорошие_оценки_тестирование_умственных_способностей (K_3) $\mu_{13}=0.6.$

Решение:

14. поступление_на_кафедру_АБВ (выбранную студентом или абитуриентом K_1 специальность): из дизъюнктов 1, 2, 5, 8, 11 степень достоверности резольвенты 0,5 получена следующим образом:

$$\text{из 1 и 2 } \zeta_1 = |0.75 - 0.25| = 0.5$$

$$\text{из 1 и 5 } \zeta_2 = |0.85 - 0.15| = 0.7$$

$$\text{из 1 и 8 } \zeta_3 = |0.9 - 0.1| = 0.8$$

$$\text{из 1 и 11 } \zeta_4 = |0.95 - 0.05| = 0.9$$

$$cd = \mu_{14} = \min(0.5, 0.7, 0.8, 0.9) = 0.5$$

15. поступление_на_кафедру_АБВ (выбранную студентом или абитуриентом K_2 специальность):

$$cd = \mu_{15} = 0.8 \text{ (взято примерно, не вычислялось как в пункте 11)}$$

16. поступление_на_кафедру_АБВ для K_3 :

$$cd = \mu_{16} = 0.9 \text{ (взято примерно, не вычислялось как в пункте 11)}$$

Таким образом, в соответствии с принятой экспертной оценкой качества студентов или абитуриентов (оценка была равна не менее 0,7) по двум признакам, выдержавшими конкурс, признаются два кандидата: K_2 (0.8), K_3 (0.9).

Если принять граничное значение степени истинности $\tau_{inf} = 0.85$, то конкурс выдерживает лишь один кандидат K_3 , для которого степень достоверности $\mu_{16} = 0.9 > \tau_{inf} = 0.8$. Введение нижней границы степени достоверности сужает область решений, повышает требования к выполнению принимаемого решения.

Остается нерешенным один вопрос, как поступать, если везде получаются одинаковые значения. В этом случае на помощь приходит таблица корреляции предметов. Если $\mu_{14} = \min(0.5, 0.5, 0.5, 0.5)$, то идет сверка корреляции предмета с остальными, т.е. как дисциплина математика коррелирует с дисциплиной физикой, информатикой и тестированием умственных способностей (коэффициент IQ). В этом случае выбирается максимальная корреляция каждого предмета с другим – кормакс, на который умножается коэффициент, тем самым уменьшается количество значений. Остается два, а далее проверяется степень принадлежности к кафедре по предметно.

Кроме того, во 2 главе приведено описание архитектуры автоматизированной экспертной системы принятия решений при профессиональной ориентации и отборе, структуры, функциональности и её функционирования.

На основании представленной модели был разработан алгоритм и создана автоматизированная система поддержки принятия решений для профессиональной ориентации студентов (абитуриентов) при поступлении на кафедру (в высшие учебные заведения).

В третьей главе разработаны математические модели самоорганизации и управления знаниями, и алгоритмы обучения при обеспечении компетенций.

Показана возможность применения, для описания данных процессов, дифференциальных уравнений второго порядка типа уравнения Колмогорова и представлен их точный вывод. Данные уравнения не только учитывают процесс “механического” накопления учебной информации объектом обучения в зависимости от числа шагов (времени) обучения и забывание знаний, но и

возможность учебной информации к самоорганизации, когда получаемые знания сами становятся источником новых знаний. Эти уравнения позволяют сформулировать и решить краевую задачу обучения. На основе аналитических решений полученных уравнений проводится моделирование состояния обученности отдельных обучаемых. Это позволяет определить необходимое количество учебной информации, передаваемой на одном шаге обучения объекту обучения, для того чтобы процесс был наиболее эффективным (заданный уровень обученности был бы достигнут за наименьшее число шагов).

Состояние объекта обучения можно описать конечным множеством параметров, а сам объект управления может подвергаться следующим воздействиям:

- случайные внешние возмущения, приводящие к потере учебной информации;
- целенаправленные управляющие воздействия, формируемые модулем управления процессом обучения и состоящего из обучающего и контролирующего воздействия;
- самоорганизация информации (учебная информация обладает, при правильных действиях обучаемого, способностью к структуризации и самоорганизации, т.е. получаемые знания сами становятся источником новых знаний).

При определении показателей эффективности управления знаниями в условиях воздействия случайных факторов можно пользоваться вероятностями некоторых случайных событий. Такими величинами могут быть, например, вероятности повышения баллов пользователей после проведения этапа обучения.

Обучение и управление знаниями, в силу присутствия человеческого фактора, следует отнести к классу стохастических процессов, которые (при определенных условиях), можно рассматривать как полумарковские процессы. Вероятность перехода при которых из одного состояния в другое зависит как от этого состояния, так и от состояния, в которое будет осуществлен следующий переход. Процесс обучения может быть представлен в виде графа переходов из одного состояния знаний в другое в некотором интервале времени.

В данной работе предлагается подход, согласно которому вся предметная область учебной дисциплины разделяется на смысловые зачетные единицы (например: определения, формулировки законов, теоремы с доказательствами, основные понятия, формулы и т.п.). Каждая такая единица знаний оценивается условной величиной в 1 балл. Условность оценки определяется тем, что границы знания и их величина, в силу различных причин, имеют нечеткий, условный и расплывчатый характер. Поэтому введение шкалы оценки знаний является очень трудной задачей, а их измерение неоднозначным, но, тем не менее, в каждой учебной дисциплине может быть введен свой набор правил или экспертных заключений, по которым может быть выбрана зачетная единица величиной в 1 условный балл. Величина тестового балла за одно задание при измерении знаний, определяемая на основании экспертной оценки, является случайной, поскольку на самом деле принадлежит некоторому нечеткому интервалу. В силу перекрытия интервалов можно говорить о квазинепрерывном распределении баллов на всем

отрезке допустимых значений. Наборы зачетных единиц могут образовывать взаимосвязанные комплексные оценки.

Любой процесс обучения необходимо рассматривать как пошаговый процесс, на каждом шаге которого обучаемый получает какое-то определенное количество учебной информации (измеряемое числом смысловых зачетных единиц или условных баллов). В силу различия индивидуальных способностей каждый человек должен на одном шаге обучения получать различное количество учебной информации, но, в силу специфики памяти, каждому человеку свойственно забывать определенное количество полученной информации. Величина забытой информации также является индивидуальным параметром обучаемого. Кроме того, сама предоставляемая учебная информация может стать источником новых знаний. Шаг обучения можно интерпретировать как период времени между занятиями.

Рассмотрим некоторого условного обучаемого с номером i . Пусть этот i – обучаемый должен достигнуть состояния обученности L_i (L_i – сумма всех смысловых зачетных единиц, или условных баллов, которые должен иметь/знать i – обучаемый к концу обучения). Отметим, что если в классе или учебной группе всего N обучаемых, то каждый из них должен достигнуть какого-либо состояния обученности $L_1, L_2, L_3, \dots, L_i, \dots, L_N$ и эти состояния могут быть либо различными, либо одинаковыми (например L), что определяется целями обучения.

Пусть длительность одного шага обучения равного τ_0 . Мы считаем, что все обучаемые с одинаковой периодичностью посещают занятия. Однако на занятиях они могут получать разное количество учебной информации и по-разному её забывают за время τ_0 . Таким образом пусть i – обучаемый за время τ_0 получает ε – учебных единиц и забывает ξ – учебных единиц (полученных на любом из предыдущих шагов обучения).

После каждого шага обучаемый переходит в одно из k – возможных состояний, которое задается тем количеством учебной информации, которая есть у обучаемого в данный момент времени (k может принимать значение от 0 до L). Введем понятие вероятности нахождения состояния обучаемого в том или ином значении.

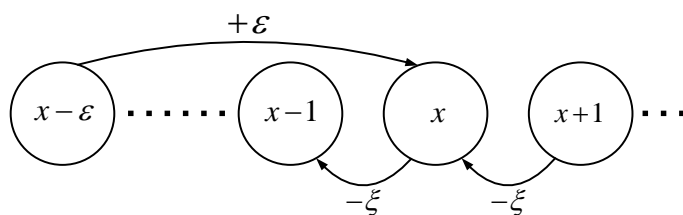


Рис. 3. Схема возможных переходов между состояниями обученности для i – обучаемого на $h+1$ шаге обучения

Пусть, после некоторого числа шагов обучения h : $P_{x-\varepsilon, h}$ – это вероятность того, что i – обучаемый обладает уровнем знаний, равным $(x-\varepsilon)$ единицам; $P_{x, h}$ – уровнем знаний равным x – учебным единицам и $P_{x+\xi, h}$ – уровнем знаний равным $(x+\xi)$ учебным единицам. На одном шаге обучения τ_0 может быть получено ε – единиц учебной информации и забыто ξ – учебных единиц.

Таким образом, можно ввести вероятность $P_{x,h+1}$ того, что на следующем $(h+1)$ шаге обучения обучаемый будет знать x -единиц учебной информации, которая будет равна (см. рис. 3):

$$P_{x,h+1} = P_{x-\varepsilon,h} + P_{x+\xi,h} - P_{x,h} \quad (1)$$

Введем $t = h \cdot \tau_0$, где t – время процесса обучения, h – номер шага, τ_0 – длительность одного шага. Переходя от h к t , разложим уравнение (1) в ряд Тейлора и учитывая в правой и левой части полученного уравнения не более, чем вторые производные, получим:

$$\tau_0 \frac{\partial P(x,t)}{\partial t} + \frac{\tau_0^2}{2} \frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial t^2} + \dots = (\xi - \varepsilon) \frac{\partial P(x,t)}{\partial x} + \frac{\varepsilon^2 + \xi^2}{2} \frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial x^2} \quad (2)$$

Член уравнения вида $\frac{\partial P(x,t)}{\partial t}$ – определяет общее изменение состояния обученности с течением времени; член уравнения вида $\frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial t^2}$ – описывает процесс, при котором полученные знания структурируются и сами становятся источниками дополнительных знаний. Член уравнения вида $\frac{\partial P(x,t)}{\partial x}$ – описывает упорядоченный переход либо в состояние, когда знания увеличиваются ($\varepsilon > \xi$), либо, когда они уменьшаются ($\varepsilon < \xi$); член уравнения вида $\frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial x^2}$ – описывает случайное изменение состояния обученности.

Считая функцию $P(x,t)$ непрерывной, можно перейти от вероятности $P(x,t)$ к плотности вероятности $\rho(x,t)$ и сформулировать граничную задачу, решение которой и будет описывать процесс обучения.

При состоянии обученности $x=L$ процесс обучения можно закончить. Сама вероятность обнаружить такое состояние будет отлична от 0. Однако плотность вероятности, определяющая поток учебной информации в состоянии $x=L$ необходимо положить равной 0 (мы прекращаем обучение, прекратив поток), т.е.:

$$\rho(x,t)_{x=L} = 0 \quad (2a)$$

Второе граничное условие выберем исходя из следующих соображений: состояние $x=0$ определяет полное отсутствие знаний у обучаемого. Сама вероятность обнаружить такое состояние может быть отлична от 0, однако плотность вероятности, определяющую поток заявок в состоянии $x=0$ необходимо положить равной 0 (так как мы стремимся избежать этого состояния), т.е.:

$$\rho(x,t)_{x=0} = 0 \quad (2b)$$

Считая, что ε и ξ от x не зависят и, введя обозначение $a = \frac{\varepsilon^2 + \xi^2}{2\tau_0}$, $b = \frac{\varepsilon - \xi}{\tau_0}$ и $c = \frac{\tau_0}{2}$ получим:

$$\frac{\partial \rho(x,t)}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \rho(x,t)}{\partial x^2} - b \frac{\partial \rho(x,t)}{\partial x} - c \frac{\partial^2 \rho(x,t)}{\partial t^2} \quad (3)$$

Поскольку в момент времени $t=0$ состояние i -обучаемого уже может быть равно некоторому значению x_0 , то начальное условие зададим в виде:

$$\rho(x, t = 0) = \delta(x - x_0) = \begin{cases} 1, x = x_0 \\ 0, x \neq x_0 \end{cases}$$

Так как начальное условие содержит дельта функцию, то решение для $\rho(x, t)$ разбивается на две области при $x > x_0$ и при $x \leq x_0$

Случай, когда нет самоорганизации знаний. В данном случае необходимо убрать из уравнения (3) член $\frac{\partial^2 \rho(x, t)}{\partial t^2}$. Используя методы операционного исчисления для плотности вероятности $\rho_1(x, t)$ и $\rho_2(x, t)$ обнаружения состояния обученности i -обучаемого в одном из значений на отрезке от 0 до L можно получить следующие уравнения:

$$\rho_1(x, t) = \frac{2}{L} e^{-\frac{(x_0-x)+\frac{bt}{2}}{\frac{2a}{b}}} \sum_{n=1}^M (-1)^{n+1} \sin\left(\pi n \frac{x_0}{L}\right) \sin\left(\pi n \frac{L-x}{L}\right) e^{-\frac{\pi^2 n^2 a t}{L^2}}, \quad (4)$$

при $x > x_0$

$$\rho_2(x, t) = \frac{2}{L} e^{-\frac{(x_0-x)+\frac{bt}{2}}{\frac{2a}{b}}} \sum_{n=1}^M (-1)^{n+1} \sin\left(\pi n \frac{x}{L}\right) \sin\left(\pi n \frac{L-x_0}{L}\right) e^{-\frac{\pi^2 n^2 a t}{L^2}}, \quad (5)$$

при $x \leq x_0$

Случай, когда самоорганизация знаний возможна. В этом случае для плотности вероятности $\rho_1(x, t)$ и $\rho_2(x, t)$ можно получить уравнения (6-7):

$$\rho_1(x, t) = \frac{2}{L} e^{-\frac{(x_0-x)}{\frac{2a}{b}}} e^{-\frac{t}{\tau_0}} \sum_{n=1}^M (-1)^{n+1} \sin\left(\pi n \frac{x_0}{L}\right) \sin\left(\pi n \frac{L-x}{L}\right) ch \left\{ t \sqrt{\frac{1}{\tau_0^2} - \frac{b^2}{2a\tau_0} - 2\frac{\pi^2 n^2 a}{\tau_0 L^2}} \right\} \quad (6)$$

при $x > x_0$

$$\rho_2(x, t) = \frac{2}{L} e^{-\frac{(x_0-x)}{\frac{2a}{b}}} e^{-\frac{t}{\tau_0}} \sum_{n=1}^M (-1)^{n+1} \sin\left(\pi n \frac{x}{L}\right) \sin\left(\pi n \frac{L-x_0}{L}\right) ch \left\{ t \sqrt{\frac{1}{\tau_0^2} - \frac{b^2}{2a\tau_0} - 2\frac{\pi^2 n^2 a}{\tau_0 L^2}} \right\} \quad (7)$$

при $x \leq x_0$

Анализ полученных моделей. Уравнения (4–7) описывают поведение плотности вероятности обнаружения состояния обученности i -обучаемого в одном из значений на отрезке от 0 до L .

Отметим, что состояния обученности могут принимать только целочисленные значения, однако уравнения (4–7) задают непрерывные распределения, что, тем не менее, не отвергает возможности их использования, поскольку эти уравнения могут быть дополнены условием, что значимыми являются только значения, полученные для целых величин x .

С точки зрения практики $\varepsilon > \xi$ представляет наибольший интерес (знания накапливаются). Если вычислить интеграл $P(L, t)$:

$$P(L, t) = \int_0^{x_0} \rho_2(x, t) dx + \int_{x_0}^L \rho_1(x, t) dx \quad (8)$$

то функция $P(L, t)$ будет задавать вероятность того, что состояние обученности к моменту времени t будет находиться на отрезке от 0 до L , т.е. порог необходимой обученности L не будет достигнут.

Соответственно, вероятность $Q_i(t)$ того, что необходимый порог L окажется к моменту времени t достигнутым, можно определить следующим образом:

$$Q_i(L, t) = 1 - P(L, t) \quad (9)$$

Случай, когда нет самоорганизации знаний. Проанализируем поведение вероятности $Q_i(t)$ при $\varepsilon > \xi$. Возьмем произвольные значения x_0 , ε и ξ (но при $\varepsilon > \xi$).

Пусть осуществляется учебный процесс, при котором за один шаг с длительностью $\tau_0 = 1$ неделя, каждому обучаемому сообщается $\varepsilon = 10$ единиц учебной информации. Всего на обучение отводится 15 недель, за которые они должны достигнуть уровня обученности $L = 100$ единиц учебной информации. Данный пример представлен на рис. 4. Начальный уровень обученности составляет для каждого из обучаемых $x_0 = 20$ единиц, кривая 1 соответствует обучаемому, забывающему на одном шаге обучения $\xi_1 = 2$ единицы учебной информации, кривая 2 для $\xi_2 = 3$ единицы, кривая 3 для $\xi_3 = 4$ единицы, кривая 4 для $\xi_4 = 5$ единицы и кривая 5 для $\xi_5 = 7$ единиц учебной информации.

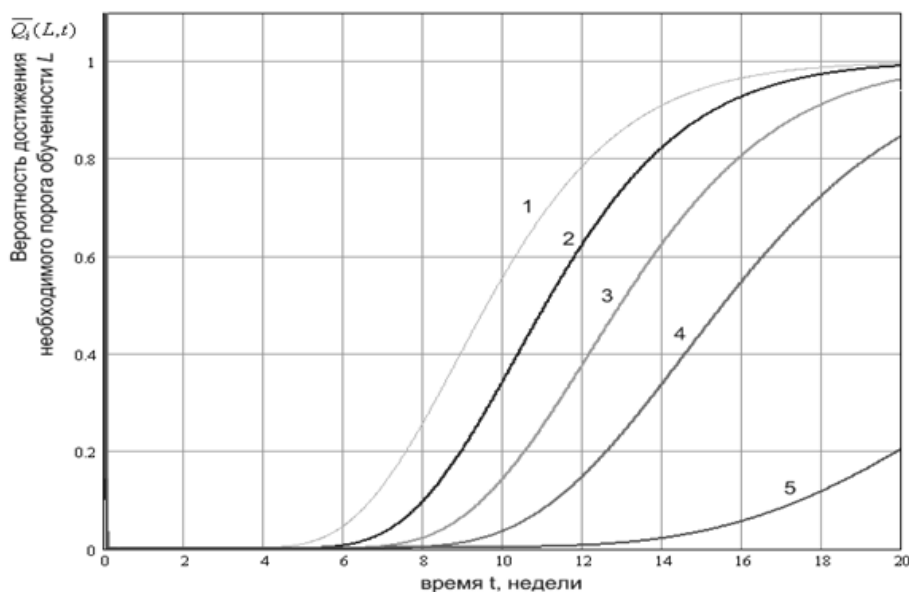


Рис. 4. Зависимость вероятности ($Q_i(t)$) достижения необходимого уровня обученности L , от времени (в модели без учета самоорганизации знаний)

Обратим внимание, что соответствующие вероятности становятся отличными от 0 только, начиная с некоторого момента времени (рис. 4), а сами кривые сдвигаются в сторону больших времен с увеличением значения ξ — количества теряемой учебной информации, что является весьма логичным результатом. Можно выделить три области изменения обученности, взяв, например, кривые 1-3 (рис. 5). Область 1 — обученность практически не изменяется — скрытый (латентный) период обучения. Обучаемый получает знания, но они еще не складываются в цельную, структурированную картину. Область 2 — плавный рост обученности. Ранее и вновь полученные знания структурируются и составляют единое целое. Область 3 —

замедление обучения. Новые знания мало влияют на общее представление обучаемого о данном предмете.

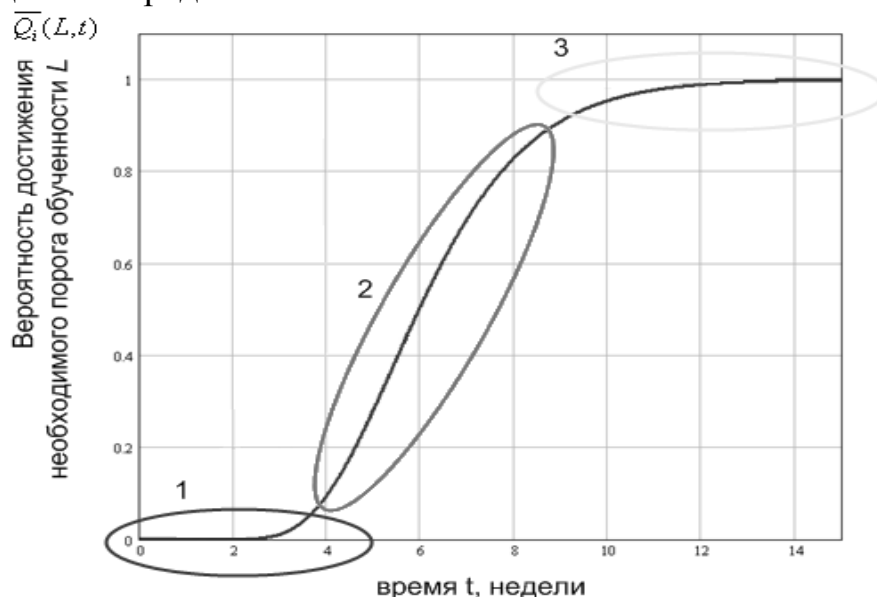


Рис. 5. Зависимость вероятности ($Q_i(t)$) достижения необходимого условного уровня обученности L от времени

Следует отметить, что подобная картина достаточно часто наблюдается на практике, что свидетельствует в пользу полученных результатов.

Рисунок 4 показывает, что после 15 недель обучения вероятность достижения необходимого уровня обученности для первого обучаемого составит 0,96, для второго – 0,89, для третьего – 0,70, для четвертого – 0,44 и для пятого обучаемого – 0,04.

Вероятность достижения обучаемым необходимого уровня обученности напрямую отражает долю изученного им материала, а также оценку, которую он может получить при проверке. Если критерием отличной оценки является доля изученного материала от 0,85 и выше, то первый и второй обучаемый имеют все шансы быть оцененными при проверке на “отлично”. Таким образом, если критерием оценки “хорошо” является доля изучения материала от 0,65 до 0,85, то оценку “хорошо” получит третий обучаемый и т.д.

Подобная картина очень часто наблюдается в реальности, когда при проверке знаний отличные и хорошие оценки получают учащиеся, которые хорошо и быстро усваивают учебный материал и обладают хорошей памятью. Менее успешными являются те, кто с трудом запоминает и быстро забывает представленную информацию. Все это также подтверждает предлагаемую модель.

При других значениях x_0 , и ξ ($\varepsilon > \xi$) происходит количественное изменение расположения кривых, однако качественно результат остается неизменным.

Случай, когда самоорганизация знаний возможна.

Для анализа модели, учитывающей самоорганизацию знаний в процессе обучения, возьмем, в качестве примера, следующие параметры: $x_0=50$, $\varepsilon=15$ и $\xi=7$ ($\tau_0 = 1$ неделя). На рис. 6 представлена зависимость от времени вероятности $Q_i(t)$ того, что обученность к моменту времени t достигает заданного порога. Кривая 1

для $L_1 = 75$, кривая 2 для $L_2 = 80$, кривая 3 для $L_3 = 85$, кривая 4 для $L_4 = 90$ и кривая 5 для $L_5 = 100$.

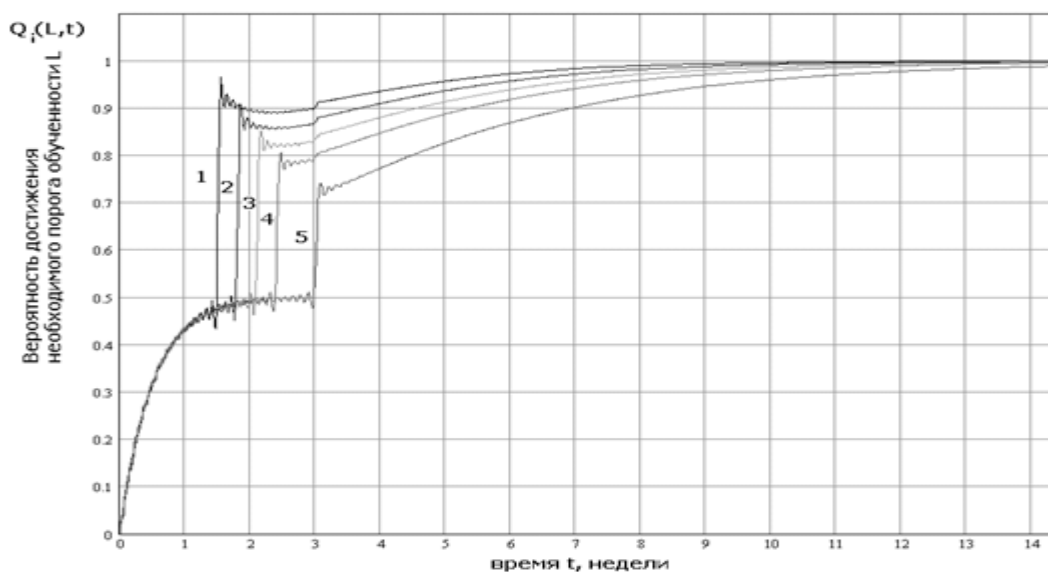


Рис. 6. Зависимость вероятности ($Q_i(t)$) достижения необходимого уровня обученности L , от времени

В случае самоорганизации знаний вероятность достижения заданного уровня обученности становится отличной от 0 сразу с началом обучения и получения учебной информации. Важным отличием данной модели является быстрый рост вероятности достижения заданного уровня обученности, причем, чем меньше заданный уровень необходимой обученности L должен быть достигнут, тем быстрее по времени обучения и больше по величине наблюдается скачек вероятности (например, можно сравнить кривые 1 ($L=75$) и 5 ($L=100$)). В случае самоорганизации знаний, полученные знания структурируются и сами становятся источником новых необходимых знаний, что в свою очередь повышает вероятность достижения заданного уровня обученности за более короткое время.

А стремительный рост вероятности достижения необходимого уровня обученности свидетельствует о самоорганизации знаний, о появлении эмерджентного свойства – способности эффективно действовать в рамках данной дисциплины, о переходе процесса обучения на качественно более высокий уровень, когда для обучаемого предметная область из набора «кусочков» отдельных знаний выстраивается в систему, являющуюся основой для синтеза новых знаний. Наличие быстрого роста вероятности достижения оптимального уровня обученности позволяет говорить о том, что у данного студента созданы основы для формирования дисциплинарной компетенции, основы будущего профессионализма.

Следует обратить внимание, что после этапа быстрого роста вероятности достижения заданного уровня обученности, наблюдается её стабилизация или даже некоторое снижение, а затем плавный рост к предельному значению, равному 1. Наиболее наглядно это видно на рисунке 6, кривые 1–3. Это может быть связано с тем, что после структуризации знаний и резкого повышения уровня обученности, знания, сообщаемые обучаемому, являются для него уже известными (или

очевидными, само собой разумеющимися) и не приводят к росту обученности. Отметим, что такая картина встречается в учебной практике, при которой студенты, «схватывающие учебный материал на лету», показывают при обучении знания, которые не были ими получены в явном виде, ни из каких источников.

Таким образом, использование методов математического моделирования позволяет проанализировать динамику процессов формирования дисциплинарных компетенций и определить вероятность достижения требуемого уровня обученности, в зависимости от индивидуальных возможностей каждого обучаемого. Решение сформулированных в работе краевых задач позволяет определить методами имитационного моделирования необходимое количество учебной информации ε , передаваемой на одном шаге обучения объекту обучения (в зависимости от его характеристик), и выбрать наиболее эффективную модель обучения – модель, учитывающую возможность самоорганизации знаний, для того чтобы процесс был наиболее эффективным (заданный уровень обученности был бы достигнут за наименьшее число шагов).

В четвертой главе представлена практическая реализация моделей, разработанных в главах 2 и 3. В ней рассмотрены вопросы разработки новых подходов и форм представления учебной информации как одного из важных факторов ее лучшего усвоения обучаемым, а значит и более эффективного управления компетенциями (более высокий результат за меньшее время) и, опосредованно, профессиональным выбором обучаемых. В этой главе предложен ***метод создания управляющей образовательной среды (УОС) на основе мобильных карт занятий***, с помощью которых формируются навыки организации знаний, реализуется механизм управления процессом формирования компетенций в данной предметной области, осуществляется обратная связь решения профориентационного выбора и последующего обучения.

Управляющая образовательная среда включает вводный блок, блок карт самоподготовки (два вспомогательных блока) и блок мобильных карт занятий. Управляющая образовательная среда формируется в электронном виде в процессе учёбы в результате совместной деятельности преподавателя и студента.

Блок мобильных карт занятий включает карты (фреймы) занятий, получаемые студентом непосредственно на занятии, являющиеся вариантом конспективно-графического представления учебного материала, подготовливаемых преподавателем в электронном виде для ***конкретного занятия и для конкретного студента, в соответствии с параметрами моделей, разработанных в главе 3.*** При разработке карты учитываются такие характеристики обучаемого, как количество учебной информации, которую он может получить за один шаг обучения, количество учебной информации, которую он теряет и способность к самоорганизации знаний. Структура карты зависит от типа занятия и его главной дидактической цели, т.е. определяет вид фрейма, с которым предстоит работать на занятии.

В мобильной карте занятий указывается перечень единиц информации, вводимых на данном занятии. Схема обучения на основе мобильных карт занятий,

иллюстрирующая механизм управления образовательным процессом для каждого студента, показана на рис. 7

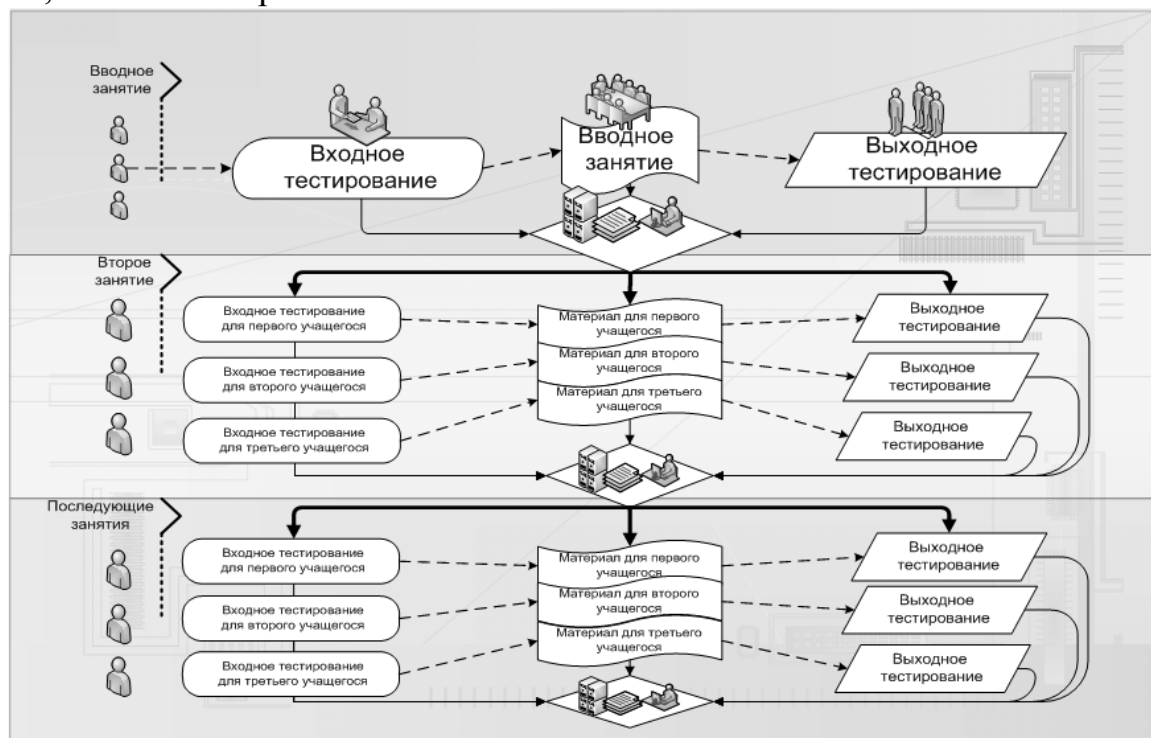


Рис. 7. Схема процесса обучения на основе мобильных карт занятий, с использованием математических моделей и алгоритмов, полученных в 3 главе

На первом занятии количество единиц информации одинаково для всех обучаемых, на последующих – в зависимости от личных особенностей обучаемого (например, $\varepsilon^{(1)} = 10$ учебных единиц – условных баллов), определяется по калибровочным таблицам, составленным по модели из главы 3.

Алгоритм обучения в данном случае состоит из следующих шагов:

- проведение вводного теста, основанного на требованиях того, что обучаемые должны знать перед началом обучения по данной дисциплине, по результатам которого определяется балл пользователя $x_0^{(1)}$;
- использование одного или нескольких фреймов-сценариев обучения;
- использование тестового задания для контроля, учитывающего как предварительные (начальные) знания, так и сообщенные на данном шаге обучения. На данном шаге алгоритма рассчитывается величина потери учебной информации $\xi^{(1)} = \varepsilon^{(1)} - \frac{x_0^{(2)} + x_0^{(1)}}{2}$, где $x_0^{(2)}$ – балл полученный на втором тестировании, $x_0^{(1)}$ – балл полученный на первом тестировании, $\varepsilon^{(1)}$ – величина предоставленной на первом шаге учебной информации. В данном случае число вопросов при каждом последующем тестировании возрастает пропорционально сообщенной учебной информации, а каждый вопрос охватывает одну из множества L единиц. Зная величину $\xi^{(1)}$ и учитывая, что обучаемый должен достигнуть величины обученности $L = 100$ за фиксированный срок обучения в 15 недель можно задать вероятность этого достижения равную, например 0,95.
- На следующем шаге обучения обучаемый получает $\varepsilon^{(2)}$ единиц учебной информации. После чего проводится новое тестирование. Затем рассчитывается

величина потери учебной информации $\xi^{(2)} = \varepsilon^{(2)} - \frac{x_0^{(3)} + x_0^{(2)}}{2}$, где $x_0^{(3)}$ – балл, полученный на текущем тестировании, $x_0^{(2)}$ – балл, полученный на предыдущем тестировании, $\varepsilon^{(2)}$ – величина учебной информации предоставленной на предыдущем шаге, и.т.д.

- Процедуры, описанные выше, повторяются, пока не будет закончено обучение. Число вопросов при каждом последующем тестировании возрастает пропорционально сообщенной учебной информации, а каждый вопрос охватывает одну из множества L единиц знания.

Одновременно на основании построения и анализа графика вероятности достижения заданного уровня обученности контролируется темп и характер роста обученности для выявления уровня самоорганизации знаний как индикатора формирования в данной предметной области дисциплинарных компетенций.

В заключении диссертации делаются выводы и представлены результаты, полученные в работе. Предлагаемые математические методы и алгоритмы профориентации могут использоваться как для сферы высшего профессионального образования, так и для других уровней образования, например, при выборе узкой специализации в процессе обучения в высшем учебном заведении; при профессиональном выборе выпускников средних общеобразовательных учреждений (будущих абитуриентов). Созданные алгоритмы обучения (с входным тестированием и без входного тестирования), использующие разработанные математические модели управления знаниями, позволяющие организовать прямое управление процессом обучения и являющиеся главной управляющей составляющей УОС, могут найти самое широкое применение на всех уровнях образования и стать фундаментом единого междисциплинарного образовательного пространства.

В работе получены следующие основные научные и практические результаты:

1. Для решения задачи разработки эффективных моделей профессиональной ориентации построены функции профессиональной ориентации студента (абитуриента), определены переменные этих функций.
2. На основании математического аппарата методов логического вывода, принятых в дедуктивных рассуждениях, с оценкой полученных результатов в рамках методов нечеткой логики разработан алгоритм работы автоматизированной экспертной системы поддержки решений при профессиональной ориентации. Кроме того, реализован работающий прототип такой системы и показана эффективность её использования при профессиональной ориентации и профотборе. Данная система имеет Web– интерфейс и в настоящее время в тестовом режиме эксплуатируется на сайте www.mguri.ru.
3. При формализации задач управления знаниями для обеспечения компетенции, процесс обучения можно рассматривать как совокупность случайных переходов между соседними состояниями, описывающими знания объекта (субъекта) обучения, а величина знаний x выражается в баллах и принимает некоторые значения от 0 до N . При величине знаний ε , предоставляемой объекту обучения на одном шаге обучения за время τ_0 , его балл из состояния $(x-\varepsilon)$ может

переходить в состояние x , кроме того, изменение состояния x может осуществляться и за счет перехода $x+\xi \rightarrow x$.

4. На основе разработанной формализации задач управления знаниями для процессов обучения получены неоднородные дифференциальные уравнения второго порядка (типа уравнения Колмогорова), описывающие динамику обучения. Данные уравнения учитывают не только процесс “механического” накопления учебной информации объектом обучения в зависимости от числа шагов (времени) обучения и забывание знаний, но и самоорганизацию учебной информации. Это позволяет сформулировать и решить краевую задачу обучения со следующими граничными условиями:
5. Решение сформулированной в работе краевой задачи позволило получить аналитические выражения для зависимости плотности вероятности $\rho(x, t)$ обнаружения обученности в одном из состояний x , находящемся на отрезке от 0 до L с течением времени (при условии, что в момент времени $t = 0$, состояние обученности имело некоторое значение x_0).
6. Использование методов математического моделирования позволило, как качественно, так и количественно проанализировать динамику процессов обучения. В частности, было определено необходимое количество учебной информации ε , передаваемой на одном шаге обучения объекту обучения (в зависимости от его характеристик), для того чтобы процесс был наиболее эффективным (заданный уровень обученности был бы достигнут за наименьшее число шагов).
7. Существенным отличием модели самоорганизации знаний от модели, не учитывающей самоорганизацию, является быстрый рост вероятности достижения заданного уровня обученности, причем, чем меньше заданный уровень необходимой обученности L необходимо достигнуть, тем быстрее по времени обучения и больше по величине наблюдается скачок вероятности. При самоорганизации знаний процесс обучения идет более интенсивно, и если ограничиться меньшей, чем 1 вероятностью достижения желаемого результата, то при самоорганизации знаний поставленная цель может быть достигнута примерно в два раза быстрее, чем без самоорганизации.
8. Созданы алгоритмы обучения (с входным тестированием и без входного тестирования), использующие разработанные математические модели управления знаниями, и позволяющие организовать прямое управление процессом обучения и знаниями, и которые могут быть реализованы в автоматизированной системе обучения с фреймовыми представлениями знаний. Частично эти алгоритмы апробированы с использованием бумажных носителей.
9. Разработан и экспериментально апробирован новый метод предоставления учебной информации, ядром которого является управляющая образовательная предметная среда (УОС), основанная на применении мобильных карт занятий. Управление образовательным процессом в УОС осуществляется на основании разработанных в данной работе математических моделей и алгоритмов. Применение мобильных карт позволяет принципиально перестроить взаимоотношения преподавателя и обучаемых:

- ✓ учитывать индивидуальный стиль учебной деятельности обучаемого (сделать изучаемый учебный материал максимально приближенным к возможностям и интересам конкретного обучаемого),
- ✓ развивать навыки организации знаний, создавая предпосылки для самоорганизации знаний,
- ✓ управлять профессиональным выбором.

В приложении представлены экспериментальные результаты исследования зависимости психологических характеристик обучаемых и их предыдущих учебных достижений с результатами текущей успеваемости, копии актов о внедрении практических результатов диссертационной работы, копия авторского свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, выданные РОСПАТЕНТОМ, копия лауреатского диплома конкурса «Грант Москвы».

Основные положения диссертационной работы представлены в следующих публикациях (в т.ч. 3-х журналах, входящих в перечень ВАК, рекомендованный для публикации результатов работ, представляемых на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук):

1. Жуков Д.О., Самойло И.В. Модель самоорганизации знаний в процессе управления знаниями. // «Качество. Инновации. Образование», №12(43) — М., 2008 — С. 46–53.
2. Самойло И.В. Новые подходы к представлению знаний при формировании познавательных компетенций. // «Качество. Инновации. Образование», №11(42) — М., 2008 — С. 12–18.
3. Жуков Д.О., Самойло И.В. Моделирование управления компетенцией учащихся на основе уравнения Колмогорова и решения краевой задачи // «Качество. Инновации. Образование», № 4(35) — М., 2008 — С. 2–8.
4. Самойло И. В. Формирование ноосферных компетенций обучения на основе управления предметно-дисциплинарными компетенциями обучаемых// Труды Второй международной научной конференции «Ноосферное образование в евразийском пространстве», СПб, 2010, Т.2. С.89-100.
5. Самойло И.В., Сумкин К.С., Морозова Т.Ю., Жуков Д.О. Метод нечеткой гиперрезолюции для разработки математической модели профессиональной ориентации//Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования», Москва, 2010, С. 89-94.
6. Пугачев С.В., Лесько С.А., Самойло И.В. Анализ модели структуризации и самоорганизации информации в процессе управления знаниями //Тезисы докладов XII Международной телекоммуникационной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь и наука» — МИФИ, М., 2009 — С. 178–179.
7. Самойло И.В. Кибернетика процессов обучения и передачи знаний // Тезисы докладов XII Международной телекоммуникационной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь и наука» — МИФИ, М., 2009 — С. 166–167.
8. Алёшкин А.С., Самойло И.В. Математическая модель структуризации и самоорганизации информации в процессе управления знаниями//Тезисы

- докладов XII Международной телекоммуникационной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь и наука» — МИФИ, М., 2009 — С. 176–177.
9. Косарева А.В., Самойло И.В. Использование представлений k -значной логики для построения модели экспертной системы профессионального отбора // Тезисы докладов XII Международной телекоммуникационной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь и наука» — МИФИ, М., 2009 — С. 180-181.
 10. Косарева А.В., Самойло И.В. Сравнение различных моделей управления знаниями, полученных на основе уравнения Колмогорова // Тезисы докладов XII Международной телекоммуникационной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь и наука» — МИФИ, М., 2009 — С. 174-175.
 11. Самойло И.В. Описание процессов обучения и передачи знаний на основе уравнения Колмогорова // Тезисы докладов XII Международной телекоммуникационной конференции студентов и молодых ученых «Молодежь и наука» — МИФИ, М., 2009 — С. 168-169.
 12. Жуков Д.О., Самойло И.В. Использование уравнения Колмогорова для моделирования компетенций учащихся // Сборник материалов III Международной научно – технической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» — Орел, Орел ГТУ, 2008 — С. 20–27.
 13. Жуков Д.О., Самойло И.В. Математические модели управления знаниями при обучении по гуманитарным и техническим специальностям // Материалы I Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в гуманитарном образовании» — Пятигорск, ПГЛУ, 2008 — Часть I, С. 245– 248.
 14. Жуков Д.О., Самойло И.В. Построение информационных систем профессионального отбора на основе представлений k - значной логики // Сборник материалов VIII Международной научно – технической конференции «Информационно-вычислительные технологии и их приложения» — Пенза, РИО ПГСХА, 2008 — С. 173–175.



ЛР № 020218 от 08 октября 1997 г.

Подписано к печати 06.05.2010 г. Формат 60х84. 1/16.

Объем 1,50 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 74

*Московский государственный университет приборостроения и
информатики*

107996, г. Москва, ул. Стромынка, д. 20.