

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ: МОДЕЛИ ИТОГОВОГО УРОВНЯ ЗНАНИЙ

Для повышения эффективности и качества процесса обучения предлагается организовать построение стратегии обучения на основе внедрения информационных технологий, оптимально перераспределяющих временной фактор и обеспечивающих максимальную степень близости к индивидуальным траекториям развития каждого студента. Представленные модели обучения могут стать базой построения таких технологий.

Для активизации профессиональной подготовки и повышения квалификации специалистов, необходим качественно новый подход к организации процесса обучения в вузе. Принцип гибкости требует построения обучения и адаптации его содержания и путей усвоения на основе индивидуализации учебного процесса.

Эффективным педагогический процесс будет при условии, если сам обучающийся максимально активен, а преподаватель вооружен необходимой информацией как диагностического, так и прогностического характера и строит процесс с учетом дифференциации, используя качественный вспомогательный инструментарий в виде различного рода программных продуктов.

Необходимость дифференциации обоснована тенденцией поступления на первый курс высших учебных заведений самого разнообразного контингента обучающихся – это и медалисты, и прошедшие по конкурсу, и, так называемый, «коммерческий набор». Среди них – закончившие среднюю школу в городе и селе; получившие аттестат несколькими годами раньше; выпускники техникумов, училищ и т. д. Уровень подготовки у них неравнозначный. Поступления в вузы на экономические специальности абитуриентов с гуманитарным стилем мышления (что последнее время не редкость) затрудняет освоение ими экономического анализа, планирования, прогнозирования и т. п., так как изучение последних предполагает необходимость использования математических методов. Успешная работа по повышению качества знаний студентов во многом определяется как уровнем подготовленности поступающих в вузы, так и степенью индивидуального освоения материала данной дисциплины по мере ее изучения за время всего курса обучения.

Основной целью проводимого исследования являлись анализ организации обучения в вузах (на примере экономических специальностей) и создание математического аппарата информационных технологий для повышения эффективности и качества подготовки специалистов.

Высшие учебные заведения рассматриваются нами [5] как организационные системы, предназначенные для удовлетворения общественной потребности – оказания образовательных услуг. Такая трактовка позволяет поставить и решить ряд актуальных задач повышения эффективности подготовки специалистов в вузах, к числу которых следует отнести: осуществление анализа деятельности высшего учебного заведения как научно-образовательной организационной системы; выявление возможностей повышения эффективности процесса обучения в вузе; разработку информационных технологий организации учебного процесса с учетом индивидуальных траекторий усвоения знаний.

Несомненно, что взаимосвязанность указанных задач требует их комплексного решения. В связи с этим, а также с учетом парадигмы внедрения новых информационных технологий обучения [6] с преломлением к высшей школе, приемлема следующая постановка: эффективность и качество процесса обучения в вузе должны неизменно расти, если, выявив на основе аппарата математического моделирования и методов математической статистики, комбинации взаимозависимости и воздействия компонентов, оказывающих непосредственное влияние на процесс обучения каждого отдельного студента, организовать построение стратегии обучения с внедрением новых информационных технологий и использованием дифференциации. Такие технологии позволяют обеспечить максимальную степень близости к индивидуальным траекториям развития каждого студента и оптимально перераспределить временной фактор.

Основой построения этих технологий является моделирование обучения (актуальное сегодня направление в дидактике). Как правило, результаты полученные на моделях имеют существенное значение для построения теоретических основ самого учебного процесса. Проведенный обзор тенденций развития моделей обучения позволил выявить необходимость в конкретных интерпретациях многофакторных моделей успеваемости в выс-

ших учебных заведениях с учетом специфики организации обучения в них.

На начальном этапе исследования представляется необходимым выделить ряд факторов, оказывающих объективное влияние на процесс обучения в высшей школе с учетом их «весового» влияния в совокупном наборе.

Выходными показателями учебного процесса являются итоги усвоения учебной информации, превращение ее в знания и умение применять их на практике. Преобразование информации в знания требует проведения активной учебной и самостоятельной работы в соответствии с чем, выбираются средства, формы и методы обучения. Оптимизация в этом направлении возможна, как отмечает С.И. Архангельский, в том случае, когда «сообщаемая учебная информация вступает в устойчивые связи с системой знаний студентов и не препятствует формированию новых знаний на уровнях возрастающей сложности и когда она контролируется по результатам их определенных действий» [3, С.25]. А устойчивость таких связей определяется, прежде всего, ориентацией на «зону ближайшего развития» обучаемого, которая находится на разных уровнях, исходя из совокупности индивидуальных базовых знаний каждого отдельного студента. Таким образом, за отправную точку в развитии принимается начальное состояние системы.

Исходя из значений начального уровня знаний – X (или X_i , где i – конкретный студент) и способности к обучению – G (или G_i соответственно), обучаемому (i) нужно то или иное количество времени T (T_i) для усвоения заданного материала на определенном уровне.

Примем за компонент, характеризующий исходное состояние системы, отметку, полученную i -ым студентом по результатам контрольной работы для проверки уровня его начальной подготовки по предмету. Тогда X_i – это дискретная величина, которая изменяется в диапазоне, взятом в качестве оценочной шкалы.

Под «способностью к обучению» будем понимать функцию многих переменных, от значения которой зависит скорость достижения того или иного уровня обученности. Этот термин означает восприимчивость к усвоению знаний и способов учебной деятельности. Обучаемость (или способность к обучению), как отмечает И.М. Чередов [8], – индивидуальное, относительно устойчивое свойство личности. А это значит, что на него можно смело ориентироваться при построении модели. В [8, С.80] отмечается, что «обучаемость характеризуется скоростью процесса формирования знаний

и приемов, степенью легкости и быстроты приобретения знаний, организации их в системы, овладения приемами умственной деятельности. Обучаемость зависит от того, как ученик анализирует, синтезирует, выделяет существенное. На обучаемости сказывается темп, критичность, гибкость мышления, памяти и внимания».

Следовательно, интеллект (Q), его уровень и структура, индивидуальные особенности памяти (PM), мышления, объема и концентрации внимания (соответственно V_v и K_v) и пр. являются аргументами данной функции G с разными весовыми коэффициентами вхождения. Таким образом, имеем открытую систему, подчиняющуюся вероятностным законам, то есть:

$$G = F(Q, V_v, K_v, PM, \dots). \quad (1)$$

Для каждого конкретного студента соответственно (1) принимает вид:

$$G_i = f(Q_i, V_{v_i}, K_{v_i}, PM_i, \dots), \quad (2)$$

где $i = 1, \dots$

Значение выходного показателя модели – это оценка (Y_i), полученная студентом по истечении заданного промежутка времени обучения за оцениваемое контрольное мероприятие. Исходя из экзаменационной ведомости в качестве источника данной информации, получаем, что $Y_i \in \{\text{отл., хор., удовл., неуд.}\}$ или для удобства примем, что $Y_i \in \{5, 4, 3, 2.\}$

Кроме того, установлено, что разная обучаемость (G_i) обуславливает индивидуальный темп продвижения в усвоении знаний. Одни обучаемые, опираясь на фонд знаний (X_i) и ранее усвоенные способы умственных операций, быстрее конструируют систему знаний, формируя понятия, другие медленнее. Поэтому студентам, работающим в одной группе, нужно решить разное количество задач для достижения одинакового уровня усвоения материала. А это значит, что необходимо разное количество времени (T_i) для достижения равноценно высокого результата Y_i . Следовательно, T_i – это индивидуальное для каждого студента время обучения (в часах) необходимое для достижения одинаковых результатов по данному объему знаний одинаковой трудности.

Таким образом, время является связующим звеном между исходным потенциалом знаний, способностью к обучению и итоговым результатом.

Объединяя все выше изложенное воедино, приходим к выводу, что чем выше начальный уровень знаний, лучше способность к обучению, больше времени на изучение определенного материала, тем выше итоговый уровень знаний при одина-

ковой, фиксированной трудности данного материала (D).

В первом приближении примем линейную форму связи итогового уровня знаний и выделенных факторов:

$$Y = \sigma_{10} + \sigma_{11} X + \sigma_{12} G + \sigma_{13} T, \quad (3)$$

где $\sigma_{1j} = 0, j = 0, 3,$

σ_{10} – свободный член, $\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{13}$ – весовые коэффициенты.

Тогда, для некоторого i -го студента ($i = 1, n$) формула (3) примет вид:

$$Y = \sigma_{10i} + \sigma_{11i} X_i + \sigma_{12i} G_i + \sigma_{13i} T_i, \quad (4)$$

где Y – фиксированная норма выхода.

Если же задаться целью достижения для каждого студента своего значения выходного показателя (например, ориентируясь на зону ближайшего развития обучаемого) с учетом ограниченности временных рамок, отведенных на процесс обучения, формула (4) примет вид:

$$Y_i = \sigma'_{10i} + \sigma'_{11i} X_i + \sigma'_{12i} G_i + \sigma'_{13i} T_i, \quad (5)$$

Из формулы (3) видно, что, определив изначально значения X и G и задав уровень итогового достижения через Y , можно определить необходимое для обучения время. Причем, чем выше X и G , тем меньше требуется времени, а чем ниже, тем соответственно больше для достижения того же уровня.

То есть:

$$T = \nu_{10} - \nu_{11} X - \nu_{12} G + \nu_{13} Y, \quad (6)$$

где $\nu_{1j} = 0, j = 0, 3,$

ν_{10} – свободный член, $\nu_{11}, \nu_{12}, \nu_{13}$ – весовые коэффициенты.

Соответственно индивидуальное время обучения (исходя из частных «запросов» на итог (Y_i)) будет определяться формулой:

$$T_i = \nu_{10i} - \nu_{11i} X_i - \nu_{12i} G_i + \nu_{13i} Y_i, \quad (7)$$

То есть, при фиксированных X_i и G_i (по отношению к каждому студенту), нужно так подобрать индивидуальное время обучения T_i (с учетом ограничений рамками учебного процесса), чтобы максимизировать выходной показатель Y_i в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к уровню усвоения материала и процессу обучения в целом.

Г.Ю. Айзенк [2, С.17] высказывает предположение о логарифмической зависимости между трудностью задачи и временем, необходимым для ее решения, а это предъявляет очень высокие требования к настойчивости и упорству «тугодумов». Иначе говоря, упорство и настойчивость могут ком-

пенсировать недостаточную скорость мышления, «... а при нехватке настойчивости можно растерять те преимущества, которые дала вам природа, наделив вас высоким темпом мышления».

Исходя из того, что в общем случае более высокий балл на экзамене заработать труднее, чем низкий и в соответствии с предположением Г.Ю. Айзенка получаем формулу (3) в несколько измененном варианте (не умоляя общности, примем к использованию натуральный логарифм):

$$Y = \sigma_{20} + \sigma_{21} X + \sigma_{22} G + \sigma_{23} \ln(T). \quad (8)$$

Вид кривой, получаемый на основе данной формулы, согласуется с формой кривой научения, представленной в [7], и графиками: зависимости скорости усвоения от времени; количеством информации (измеренной в стабах), усвоенной обучающимися в процессе непрерывного обучения, и временем [1].

Следует также отметить, что чем труднее предлагаемый для изучения материал (т. е. чем выше коэффициент научного уровня предмета [4]), тем больше затруднений в его изучении (т. е. с ростом D падает Y), а значит и больше затрачиваемое время (т. е. с ростом D растет T).

Таким образом, снимая ограничения по D , формулы (3) и (6) примут соответственно вид:

$$Y = \sigma_{30} + \sigma_{31} X + \sigma_{32} G + \sigma_{33} T - \sigma_{34} D, \quad (9)$$

где $\sigma_{3j} = 0, j = 0, 4,$

σ_{30} – свободный член, $\sigma_{31}, \sigma_{32}, \sigma_{33}, \sigma_{34}$ – весовые коэффициенты;

$$T = \nu_{20} - \nu_{21} X - \nu_{22} G + \nu_{23} Y + \nu_{24} D, \quad (10)$$

где $\nu_{2j} = 0, j = 0, 4,$

ν_{20} – свободный член, $\nu_{21}, \nu_{22}, \nu_{23}, \nu_{24}$ – весовые коэффициенты.

На основе сформированных математических моделей усвоения происходит переход к базовой модели индивидуализации обучения.

Проанализируем формулу (9) по входящим в нее элементам.

Для каждого отдельного студента – X – начальный уровень знаний (некая фиксированная отправная точка в обучении) принимается относительно постоянной величиной. Если исходить из того, что обучаемость – индивидуальное, относительно устойчивое свойство личности [8], то G также является константой на довольно продолжительном участке времени для каждого обучаемого. Потенциал трудности предмета обучения напрямую связан с коэффициентом научного уровня предмета, который в свою очередь базируется на отношении фактической ступени абстракции, на которой ве-

дется преподавание (\mathbb{B}_ϕ), к степени абстракции, на которой находится соответствующая учебному предмету отрасль науки (\mathbb{B}_Π). Ясно, что на относительно небольшом отрезке времени \mathbb{B}_Π является величиной постоянной, а \mathbb{B}_ϕ определяется изначально по отношению к каждому предмету для соответствующих специальностей. Если еще учесть, что время, отведенное на изучение той или иной дисциплины в вузе, также фиксированная величина, задаваемая учебным планом, то, следовательно, по формуле (9) с самого начала можно предсказать для каждого студента в отдельности наиболее вероятный исход обучения. То есть формула (9) обладает прогностическими функциями.

Если подойти к данному вопросу с точки зрения предсказания средней тенденции в обучении студентов данной группы ($j = 1, m$) по определенному предмету, то формула (9) примет вид:

$$Y_{cp} = \alpha_{40} + \alpha_{41} \frac{\sum_{j=1}^m X_j}{m} + \alpha_{42} \frac{\sum_{j=1}^m G_j}{m} + \alpha_{43} T - \alpha_{44} D, \quad (11)$$

где m – число студентов данной группы.

Аналогично возможен и более укрупненный прогноз.

На основе проведенного анализа приходим к выводу, что в процессе обучения огромная роль возлагается на методику преподавания предмета, умение преподавателя заинтересовать студента, создать высокую мотивацию обучения. Следует отметить, что величина X в процессе обучения также несколько видоизменяется под воздействием механизмов памяти (что-то забывается, а что-то вспоминается), G подвергается изменениям, которые тем более значительны, чем больший временной отрезок подвергается рассмотрению. Исходя из этого, в дальнейшем ограничимся временными рамками одного семестра. Это обосновано тем, что общая успеваемость складывается из результатов на отдельных участках траектории обучения.

Таким образом, в одном семестре, без умоления общности, можно принять, что в расчете на каждого студента $X = \text{const}$, $G = \text{const}$. Это внутренние, входные свойства системы, а, значит, на величину Y можно влиять только при помощи внешних компонент T и D .

Если исходить из того, что уровень научности каждой отдельной дисциплины у соответствующих специальностей задается государственным стандартом и требованиями общества к уровню подготовки специалиста с учетом научно-технического прогресса, то D является постоянной величиной по отношению к процессу обучения целых совокупностей обучаемых.

В результате, приходим к выводу, что только варьирование времени обучения может привести к повышению эффективности процесса обучения (конечно, в сочетании с педагогическим мастерством преподавателя).

Исследование, призванное решить вопрос об адекватности выведенных теоретических зависимостей, проводилось на материале выбора студентов разных специальностей, поступивших в Оренбургский государственный университет в 1999 году. Оно велось с использованием ЭВМ и применением программного комплекса «Statistica 5». Сбор данных осуществлялся на основе материалов предмета «Высшая математика». Коэффициент множественной корреляции, используемый для определения тесноты связи между результативным признаком (экзаменационной отметкой) и двумя факторными (отметкой входного контроля и временем, отведенным на изучение дисциплины до экзамена в соответствии с учебным планом), равен 0,66.

Модификация корреляционно-регрессионных моделей обучения за счет ослабления случайных флуктуаций при организации выборки (в соответствии с методами оптимального планирования эксперимента) дает явный акцент смещения в сторону увеличения тесноты связи между экзаменационной отметкой и временем обучения.

На основе применения кластерного анализа проведено детальное исследование зависимости итогов обучения от входа внутри каждой статистической совокупности по всему выделенному временному диапазону.

Полученные в результате машинного эксперимента модели обучения подтвердили реальность существующих зависимостей, а исследования показали наличие существенной, статистически значимой, связи между итоговой экзаменационной отметкой, временем, отведенным на обучение до экзамена, и уровнем начальных знаний, умений и навыков по соответствующей дисциплине. Причем, в среднем, чем выше «вход», тем меньше нужно времени для достижения высоких экзаменационных результатов, и чем ниже уровень начальных знаний, тем больше нужно затратить часов для аналогичного исхода событий.

Таким образом, на основе анализа компонент, влияющих на успех обучения, выделены: начальный уровень знаний, способность к обучению (носящая многофакторный характер), трудность изучаемого материала и время, отведенное на его изучение. С использованием данных характеристик построены теоретические модели обучения в общем виде, получившие дальнейшую конкретизацию.

цию при машинном эксперименте на статистическом материале, отвечающем всем необходимым требованиям. Проведенное исследование служит отправной точкой в определении путей индивидуализации обучения.

Установлена форма связи между показателем начального уровня знаний, временем, отведенным учебным планом на изучение дисциплины и итоговой оценкой знаний, умений и навыков. Построенные модели дают возможность получения опережающей информации о наиболее вероятном исходе обучения.

Выведенные зависимости не претендуют на всеобъемлемость охвата процесса обучения, они лишь показывают, в соответствии с целью проводимого исследования, среднюю зависимость между начальным уровнем знаний, временем обучения и оценкой итоговой аттестации полученных знаний по истечении отведенных временных сроков, абстрагируясь от целого комплекса факторов, также влияющих на обучение в целом, однако, они обладают (в необходимой мере) функциями прогностического характера, способными предсказать исход обучения.

Предложенные модели апробированы в учебном процессе. Оценка полученных знаний осуществлялась по критерию достижения уровня обязательной подготовки. Учитывался начальный уро-

вень знаний, на основе варьирования временного параметра. Недостаточный учет последнего, при предъявлении учебного материала, может привести к нарушению обратной связи с основной массой учащихся, пассивности их и, в итоге, потере интереса к учебному предмету, что незамедлительно сказывается на итогах обучения.

Выделены существенные преимущества организации учебного процесса по отношению к традиционным формам обучения, а эксперимент показал увеличение эффективности обучения на 22%. Эксперименты, проведенные в 1995 – 1998г.г., привели к сходным результатам с разницей $\pm 6\%$, которая обусловлена невозможностью создания двух абсолютно одинаковых выборок и условий проведения эксперимента.

В контексте применения полученных моделей немаловажная роль отводится учету успеваемости с непосредственным использованием рейтинговой системы модульного контроля, что способствовало улучшению психологической адаптации и настрою обучаемых на более высокий уровень усвоения знаний.

Выполненная работа не исчерпывает все возможности в направлении разработки путей повышения дифференциации обучения, а является одной из возможных альтернатив. Дальнейшее исследование по проблеме продолжается.

Список использованной литературы:

1. Авчухова Р.Э. Некоторые модельные представления при исследовании системы управления процессом обучения. Канд. дисс., Рига 1974.
2. Айзенк Г.Ю. Проверьте свои интеллектуальные способности – Рига: Виеда, 1992. – 176с.
3. Архангельский С.И. Лекции по научной организации учебного процесса в высшей школе. – М.: Высш. школа, 1976. – 200с.
4. Беспалько В.П. Стандартизация образования: основные идеи и понятия. // Педагогика, 1993, №5. – С.16 – 25.
5. Дегтярева Т. Д., Спешилова Н.В. Автоматизированные информационные технологии в высших учебных заведениях. – Оренбург: ОГАУ, 2001. – 213с.
6. Монахов В.М. Проектирование и внедрение новых технологий обучения. // Советская педагогика, 1990, №7. – С.17 – 22.
7. Нурминский И.И. Статистические закономерности знаний и умений учащихся. – М.: Педагогика, 1991. – 221с.
8. Чередов И.М. Система норм организации обучения в советской образовательной школе. – М.: Педагогика, 1987. – 152с.