

МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ОБУЧЕНИЯ

А.Ю. Беляков, С.Г. Пуйсанс, И.Д. Столбова, В.А. Харитонов

Пермский государственный технический университет

Рассмотрены две модели, первая позволяет оценить устойчивость образовательного процесса относительно достижения локальных целей обучения, а вторая — глобальную направленность процесса к формированию заданных компетенций специалиста.

ВВЕДЕНИЕ

Знания и образование в современном мире приобрели несомненную экономическую ценность. По оценкам Всемирного банка, сделанным в 1994 г., 76 % национального богатства США составляет человеческий капитал, т. е. накопленные населением знания и умения, используемые ими в производственной деятельности и повседневной жизни. Физический или воспроизводимый капитал дает 19 % богатства США, а природный фактор — 5 %. В Западной Европе эти цифры выглядят, соответственно, как 74, 23 и 2. А вот какие у нас: благосостояние России лишь на 50 % держится на человеческом капитале, 10 % дает воспроизводимый капитал и 40 % обеспечивают природные ресурсы [1]. Поэтому проблема качества интеллектуальных ресурсов и, прежде всего, качества подготовки специалистов с высшим образованием, способных решать самые сложные проблемы прогресса во всех сферах науки, техники, технологии и общественной практики, выдвинулась в число первоочередных национальных проблем России.

До сих пор качество подготовки выпускников у нас в стране оценивалось как результат предоставляемых образовательных услуг уже фактически после того, как воздействие на студента закончено, по результатам итоговой аттестации. И поэтому принимались во внимание такие показатели, как число дипломов с отличием и число внедренных работ в практику. Но сегодня важнее другое — сформировать систему, которая позволяла бы управлять качеством в процессе обучения студентов

и обеспечивать качество подготовки в самом образовательном процессе. Этому способствует внедрение компетентностного подхода при формировании рабочих учебных планов по отдельной образовательной программе и применение инновационных технологий, к которым можно отнести кредитно-модульную и дистанционную технологии обучения [2].

1. МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Предлагаемые в настоящей работе модели предназначены для совершенствования научно-методического обеспечения системы управления качеством подготовки по отдельной образовательной программе. Их разработка вызвана необходимостью эффективной поддержки решения задач управления образовательным процессом — анализа текущего состояния, прогноза, целеполагания, планирования, обеспечения ресурсами, контроля, оперативного управления и анализа изменений.

Для выработки эффективных управляющих воздействий, начиная с этапа целеполагания и заканчивая этапом оперативного управления, управляющему образованием Центру (в качестве такого Центра может выступать выпускающая кафедра или деканат факультета) необходимо обладать достаточной информацией о поведении управляемых субъектов, в частности — относительно результатов их деятельности. В сложных системах, описываемых многими критериями, в силу ограниченности возможностей управляющего органа



по переработке информации или в силу отсутствия детальной информации целесообразно применение механизмов комплексного оценивания, которые позволяют осуществлять свертку показателей, т. е. агрегировать информацию о результатах деятельности отдельных элементов.

Задачи Центра состоят в:

- разработке моделей и методов исследования эффективности образовательных систем;
- компьютерно-игровом моделировании индивидуальных образовательных траекторий с устойчивыми показателями качества подготовки специалистов;
- разработке прикладных оценочных средств на основе механизмов комплексного оценивания;
- создании методических и дидактических компонентов комплексной оценки качества образования на каждом этапе процесса обучения.

Главной целью исследования образовательных систем можно считать нахождение педагогических условий, обеспечивающих максимальную эффективность процессов обучения.

Образовательные системы, состоящие из обучаемых (учеников), обучающих (учителей) и инфраструктуры (подсистемы обслуживания учебного процесса), относятся к классу сложных систем. Они отличаются структурной сложностью, определяемой числом их состояний, разнообразием связей между ними и числом иерархических уровней восхождения по ступеням познания, сложностью функционирования (поведения), т. е. правилами перехода из состояния в состояние, и сложностью выбора поведения в многоальтернативных учебных ситуациях, характеризующихся целенаправленностью и гибкостью системы при недостаточной определенности педагогических условий. Сложные системы исследуются с позиций системного подхода, одним из основных принципов которого является принцип многомодельности, устанавливающий для каждого класса моделей свою гносеологическую нагрузку. Для образовательного процесса, как правило, модели обслуживаются экспертной (нечеткой) информацией.

Определяющими показателями эффективности (качества) образовательного процесса будем считать степень его устойчивости на этапах достижения частных целей обучения и степень соответствия сформулированным квалификационным характеристикам (профессиональным и общим компетенциям) специалиста. Первый показатель описывает локальную эффективность — эффективность использования текущего учебного времени, второй — глобальную направленность образовательного процесса к овладению обучаемыми конкретной специальностью (профессией). Совокупность этих показателей эффективности отра-

жает качество образовательного процесса. Отсюда вытекает центральная роль педагога в образовательном процессе: последовательное предложение обучаемому на выбор тех и только тех частных целей обучения, которые рационально ведут его к погружению в сформулированную предметную область и достаточно строго соответствуют подготовленности респондента к усвоению нового учебного материала. Это, в свою очередь, ставит задачу систематического контроля уровня определенных компетенций, стимулирующего ученика возможностью продолжить участие в образовательном процессе, постепенно формируя индивидуальную образовательную траекторию. Весь учебный процесс разбивается на отдельные взаимосвязанные этапы (модули), имеющие различные ценностные характеристики, выраженные в кредитах, в зависимости от важности этих модулей для формирования заявленных компетенций выпускника. Важно отметить, что кредиты в данном случае играют роль зачетных единиц, а соответствующая трудоемкость каждого модуля зависит от способностей обучаемого и влияет на устойчивость образовательного процесса [3].

Для исследования локальной устойчивости образовательного процесса построим его упрощенную модель на принципах итеративного научения [4]:

$$z_i = 1 - \exp(-kf_i(z_{i-1})t), \quad (1)$$

где $z_i \in [0, 1)$ — полуинтервал (вследствие неисчерпаемости предметной области) уровня обучения ученика на i -м этапе; k — педагогические условия, включающие в себя индивидуальные способности ученика к обучению; $f_i(z) \in [0, 1)$ — характеристика влияния уровня предшествующих знаний обучаемого на локальную эффективность i -го этапа обучения.

Локально устойчивый образовательный процесс обеспечивает на каждом этапе заданный уровень обучения: $z_i \geq z_c$.

Для тривиального случая при условии $z_i = z_{i-1} = f_i(z) = z_c$ из формулы (1) следует выражение, устанавливающее минимальную трудоемкость этапа: $t_c = \ln(1 - f(z_c))/kz_c$.

Можно показать, что для фиксированной пары (z_c, t_c) , зависящей от педагогических условий k и вида функции $f(z_c)$, наблюдается сходимость уровня обучения $z_{i \rightarrow \infty} \rightarrow z_c$ при начальных отклонениях (возмущениях): $|z_0 - z_c| > 0$.

При обычной технологии обучения трудоемкость каждого этапа устанавливается одинаковой для обучаемых с различными значениями параметра k из расчета на некоторый средний уровень



Рис. 1. Структура моделей и методы обеспечения инновационной технологии обучения

t_c , в результате чего возникают неоправданные потери учебного времени либо снижается качество обучения.

При адаптированной к способностям ученика дистанционной или кредитно-модульной технологии обучения появляется возможность оптимального выбора трудоемкости этапа обучения, исходя из контекстных педагогических условий.

Адаптированность технологии [5] в данном случае может означать следующее:

- установление по методике программированного обучения [6] состава и последовательности локальных мезо- и макропроцессов обучения согласно свойствам фрактальности предметной области;
- экспертное обоснование и оценка логических связей между этапами, например, с помощью механизмов комплексного оценивания;
- управление переходом от этапа к этапу по критерию готовности согласно установленному ранее уровню педагогических условий и с учетом активности обучаемых как элементов образовательной системы.

Совокупность востребованных моделей и методов для придания адаптированности инновационной технологии обучения представлена на рис. 1.

Целенаправленное развитие инновационных технологий обучения в рамках перечисленных средств научного исследования способно раскрыть огромный потенциал качества образования, заложенный в новых возможностях индивидуального подхода, поддерживаемых современными информационными технологиями.

Востребованное обсуждаемой моделью управления качеством образования комплексное оценивание всегда проходит две обязательные фазы: раз-

работку (конструирование) деревьев критериев с матрицами свертки в узлах на стадии разработки учебных планов и собственно оценивание, сопровождаемое по возможности глубоким анализом полученных результатов в интересах дальнейшего развития объектов оценивания. Рассмотрим новый класс инструментальных средств комплексного оценивания, полученный в ходе построения упомянутой модели системы управления и использующий топологические свойства матриц свертки с целью расширения функциональных возможностей прикладных программных продуктов в каждой фазе их применения [7, 8].

Для комплексного оценивания качества образования с помощью реализованной модели необходимо все переменные (частные критерии качества) привести к стандартной шкале [1, 5], а назначенные экспертами их текущие значения ввести в понятной для них дефазифицированной форме \widehat{X} . Окончательный и промежуточные результаты счета представляются над каждой матрицей дерева целей образовательного процесса.

Подавая на вход механизма оценивания последовательность наборов исходных данных, можно получить информацию об изменениях (развитии, деградации) комплексной оценки качества сопоставляемых объектов в виде траекторий, составленных из последовательностей дискретных значений. При управлении развитием (изменениями) комплексной оценки качества объекта образовательной системы возникает необходимость в установлении критериев, по отношению к которым она наиболее чувствительна в рассматриваемой рабочей точке $(\widehat{X}_{P_1}, \dots, \widehat{X}_{P_N})$.

Для отдельной матрицы можно построить линейаризованные частные функции чувствительности графоаналитическим способом, используя топологические свойства заданной матрицы свертки вдоль прямых, параллельных одной либо другой координате и проходящих через рабочую точку. Однако данным способом сложнее построить транзитивные функции чувствительности, описывающие чувствительность комплексной (общей) оценки от частного критерия.

Достижимость значений комплексной оценки компетенций студента, требуемых для успешного освоения образовательной программы, путем изменения частных критериев может быть установлена пошагово. На каждом шаге в окрестности рабочей точки для этого строится приращение комплексной оценки

$$\Delta \widehat{X}_P = \frac{\partial \widehat{X}_P}{\partial \widehat{X}_{P_1}} \Delta \widehat{X}_1 + \dots + \frac{\partial \widehat{X}_P}{\partial \widehat{X}_{P_N}} \Delta \widehat{X}_N.$$



Как и все графоаналитические методы, данный подход приближенный. Уменьшить его вычислительную погрешность можно, переходя к прямым вычислениям функции чувствительности, которые могут быть ускорены табличными процедурами [7, 8].

2. ПРИМЕР

В качестве иллюстративного примера рассмотрим свертку уровней профессиональной $X_{\text{проф}}$ и социальной $X_{\text{соц}}$ компетенций специалиста по информационным технологиям, оценивающую качество его подготовки $X_{\text{спец}}$ (рис. 2). Предположим, что совместно с работодателем составлен «портрет» специалиста, который содержит оптимальный набор ключевых компетенций, как профессиональных, так и общих (социальных и личностных). Разработаны типовой учебный план подготовки специалиста и возможные образовательные траектории в рамках выбранной инновационной технологии. Построено дерево целей и разработаны диагностические средства оценивания уровня каждой компетенции по четырехбалльной системе на входе и выходе каждого образовательного модуля.

Рассмотрим процесс комплексного оценивания уровня компетенций студента и выработки управляющих решений в рамках отдельного образовательного модуля. Считается, что при изучении данного модуля формируется не только определенная ключевая профессиональная компетенция (например, способность проектирования баз данных), но и одна из необходимых социальных компетенций (например, социальная коммуникативность). Поэтому при реализации учебной программы по дисциплине важно знать, как по текущей оценке уровня различных компетенций студента организовать учебный процесс, чтобы получить наибольший эффект в качестве подготовки специалиста. Для этой цели и служит предлагаемый математический инструментарий.

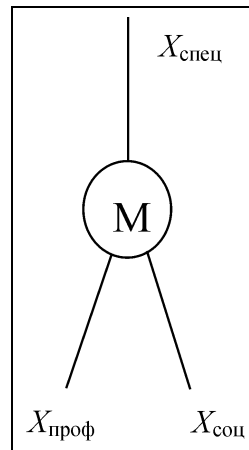


Рис. 2. Дерево свертки профессиональной и социальной компетентностей

В рассматриваемом примере по специальной методике с учетом предпочтений работодателя и на основе экспертных оценок синтезирован механизм свертки — матрицы M (см. рис. 2), наполнение и топология которой приведена на рис. 3. Содержательно данный вариант свертки стимулирует приоритетное развитие уровня профессиональной компетентности в соответствии с заказом на выпускника. Положим, текущее состояние подготовленности будущего специалиста оценивается парой значений уровня компетенций ($X_{\text{проф}} = 2,8$; $X_{\text{соц}} = 1,5$), образуя рабочую точку на топологичес-

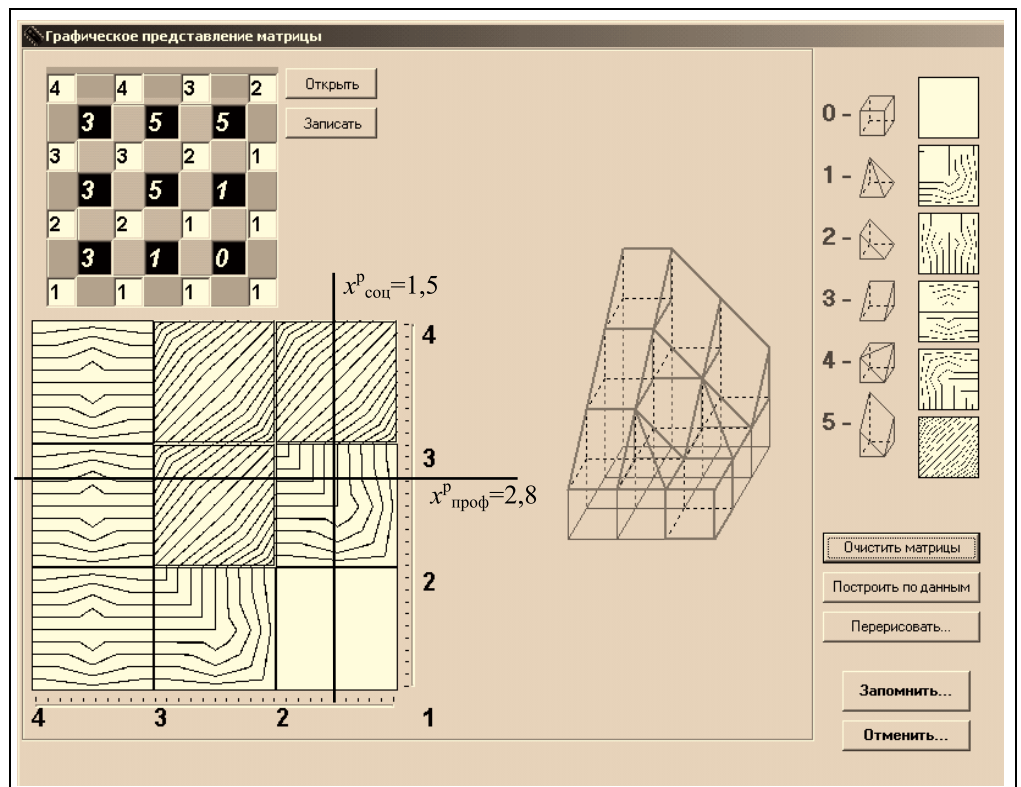


Рис. 3. Графическое представление топологии матрицы свертки уровней профессиональной и социальной компетентностей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом подготовки выпускника вуза является некоторая интегральная характеристика, определяемая набором компетенций специалиста данного направления или выпускника по отдельной образовательной программе. В условиях модернизации Российского образования очень важна задача текущей обобщенной оценки уровня сформированности заданных компетенций студента, а также подбора индивидуальных траекторий обучения с учетом особенностей конкретного обучающегося. Предложенные модели управления позволяют не только комплексно оценивать текущее состояние подготовки студента, но и индивидуализировать образовательный процесс с целью достижения требуемого уровня компетенций каждым студентом, а следовательно, повысить качество подготовки будущего специалиста.

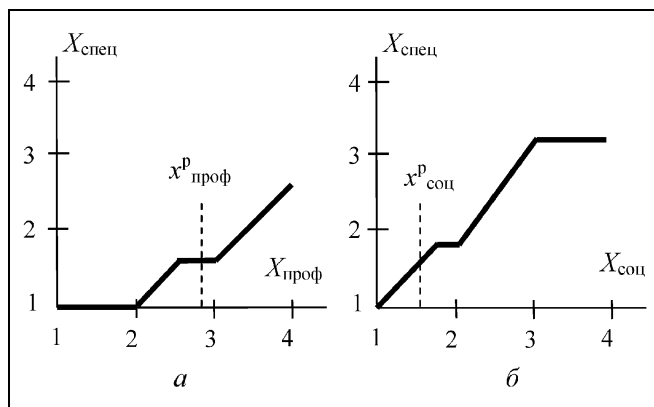


Рис. 4. Функции чувствительности комплексной оценки уровня подготовленности специалиста $X_{\text{спец}}$ к уровням профессиональной $X_{\text{проф}}$ (а) и социальной $X_{\text{соц}}$ (б) компетентностей

кой картине матрицы свертки (см. рис. 3). Для рассматриваемой рабочей точки построены функции чувствительности, представленные в графическом виде на рис. 4.

Из анализа поведения функций видно, что повышение общего уровня подготовленности специалиста в данной ситуации следует связывать, прежде всего, с успешным освоением социальной составляющей его подготовки (уровень социальной компетенции в данной точке образовательной траектории сильнее влияет на требуемый уровень подготовки специалиста). Поэтому для педагога в данный момент образовательного процесса целесообразно организовать дистанционные формы общения со студентом (чат-консультации, групповые форумы по актуальным проблемам, дистанционную приемку домашних заданий, интернет-тестирование и т. п.), которые существенно развивают заявленную социальную компетентность ученика и, соответственно, повышают качество выпускника.

Таким образом, предлагаемая модель позволяет не только оценивать текущее состояние в подготовке студента, но и управлять учебным процессом с целью повышения качества будущего специалиста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Качалов В.А. Стандарты ИСО 9000 и проблемы управления качеством в вузах. — М., 2001.
2. Ташинов А., Лалетин В., Столбова И. Формирование общих и профессиональных компетенций при инновационных технологиях обучения // Высшее образование в России. — 2007. — № 1. — С. 128—133.
3. Сазонов Б., Максимов Н., Караваева Е. Зачетные единицы в ГОС нового поколения // Там же. — 2006. — № 10. — С. 3—15.
4. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. — М.: Институт проблем управления РАН, 1998. — 77 с.
5. Растринин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивное обучение с моделью обучающегося. — Рига: Зинатне, 1988. — 160 с.
6. Беспалько В.П. Программированное обучение (дидактические основы). — М.: Высшая школа, 1970. — 300 с.
7. Системы конструирования матриц свертки в экспертных задачах комплексного оценивания / А.А. Белых и др. // Вестник УГТУ — УПИ: Строительство и образование. — Екатеринбург, 2006. — С. 24—26.
8. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. — М.: СИНТЕГ-ГЕО, 1997. — 188 с.

☎ (342) 241-07-09, e-mail: nedstf@pstu.ac.ru

Статья представлена к публикации членом редколлегии Ф.Т. Алескеровым. □

Новая книга

Левин В. И. Современная математическая логика. — Изд-во Пенз. гос. технол. академии, 2007. — 96 с.

Рассмотрены некоторые вопросы современной (неклассической) логики: непрерывная логика и ее обобщения, интервальные математика и логика, порядковая логика и логические определители, логика и множества, логическое моделирование систем, история логического моделирования в технике.

Книга подготовлена на кафедре «Научные технологии» Пензенской государственной технологической академии и предназначена для изучения курса «Математическая логика и теория алгоритмов» по специальности 220100 «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» и выполнения соответствующих курсовых и дипломных работ.

Для студентов, аспирантов, соискателей и инженеров-исследователей, применяющих в своей работе логические методы или интересующихся ими.