

Моделирование компетентностно-ориентированного процесса обучения

© 2010 В.И. Дровяников
кандидат технических наук
Международный институт рынка, г. Самара
E-mail: kovalek68@mail.ru

Статья посвящена решению задачи оптимального управления образовательным процессом компетентностной направленности с учетом индивидуальных особенностей обучаемых и командного взаимодействия.

Ключевые слова: процесс обучения, компетентностная направленность, моделирование.

Рассмотрим модель обучения студента при формировании заданного уровня компетенции, которая учитывает и отражает как индивидуальные особенности обучаемого, так и специфику организации учебного процесса (взаимодействие членов учебной группы и эффект применения активных и интерактивных форм обучения). Такие модели позволяют принимать экономически обоснованные решения с точки зрения минимизации затрат при планировании учебного процесса.

Оптимизация затрат вуза связана прежде всего с минимизацией таких важных ресурсов, как время, затраченное на формирование компетентностного обучения, а также трудоемкости этого процесса. Для решения этой задачи была разработана математическая модель процесса обучения, адекватная требованиям стандартов третьего поколения.

Анализ используемых в высшей школе образовательных технологий показывает, что наибольшая эффективность обучения достигается при сочетании в нем репродуктивного и креативного подходов; это в свою очередь связано с использованием, соответственно, информационно-рецептивных (научение - Н) и активных (выработка умений и способностей - К) форм освоения учебного материала. Считаем, что в базовом образовательном элементе используются обе эти формы. Учебный модуль (УМ), при реализации которого формируется компетентность, можно представить в следующем виде:

$$УМ = (H_1 + K_1) + (H_2 + K_2) + \dots + (H_m + K_m),$$

где m - число базовых образовательных элементов (БОЭ) в УМ;

H_1, H_2, \dots, H_m - дисциплины (разделы) базовой части образовательной программы (ОП);

K_1, K_2, \dots, K_m - дисциплины (разделы) вариативной части ОП.

Для моделирования этапов научения использовали экспоненциальную зависимость замедленно-асимптотического характера¹:

$$y = y^1 + (y^0 - y^1) \cdot e^{-v \cdot t},$$

$$\text{или } y = y^1 + (y^0 - y^1) \cdot e^{-v \cdot k}, \quad (1)$$

где y^0, y, y^1 - начальный, текущий и пороговый уровни обученности;

t и k - время или трудоемкость этапов обучения; v - параметр, характеризующий уровень обучаемости (типологию) личности.

В модели креативного этапа обучения, основанного на активных и интерактивных формах, использована логистическая зависимость:

$$y(t) = y^0 \cdot y^1 / (y^0 + (y^1 - y^0)) \cdot e^{-v \cdot t}$$

$$\text{или } y(k) = y^0 \cdot y^1 / (y^0 + (y^1 - y^0)) \cdot e^{-v \cdot k}. \quad (2)$$

Динамика процесса обучения студента при формировании компетентности как изменение уровня обученности в процессе обучения представлена на рис. 1.

Затраты образовательных ресурсов на достижение уровня обученности y зависят от начального уровня обученности y_0 и уровня обучаемости y (типология личности). Кривые I и II на рис. 1 показывают, что различие в типологиях ведет к перерасходу временных ресурсов

$$\Delta t = t_1^{II} - t_1^I.$$

Использование инновационных образовательных технологий, основанных на активном взаимодействии обучаемых, например обучения в командах, позволяет приблизить все кривые обучения к оптимальной с точки зрения затрат.

При моделировании процесса обучения личности при освоении БОЭ приняты следующие обозначения:

$n = 1, \dots, N$ - количество обучаемых в учебной группе;

$i = 1, \dots, I$ - количество учебных модулей (компетенций) в образовательной программе;

$m = 1, \dots, M_i$ - количество БОЭ в i -м учебном модуле;

¹ Новиков Д.А. Математические модели формирования и функционирования команд. М., 2008.

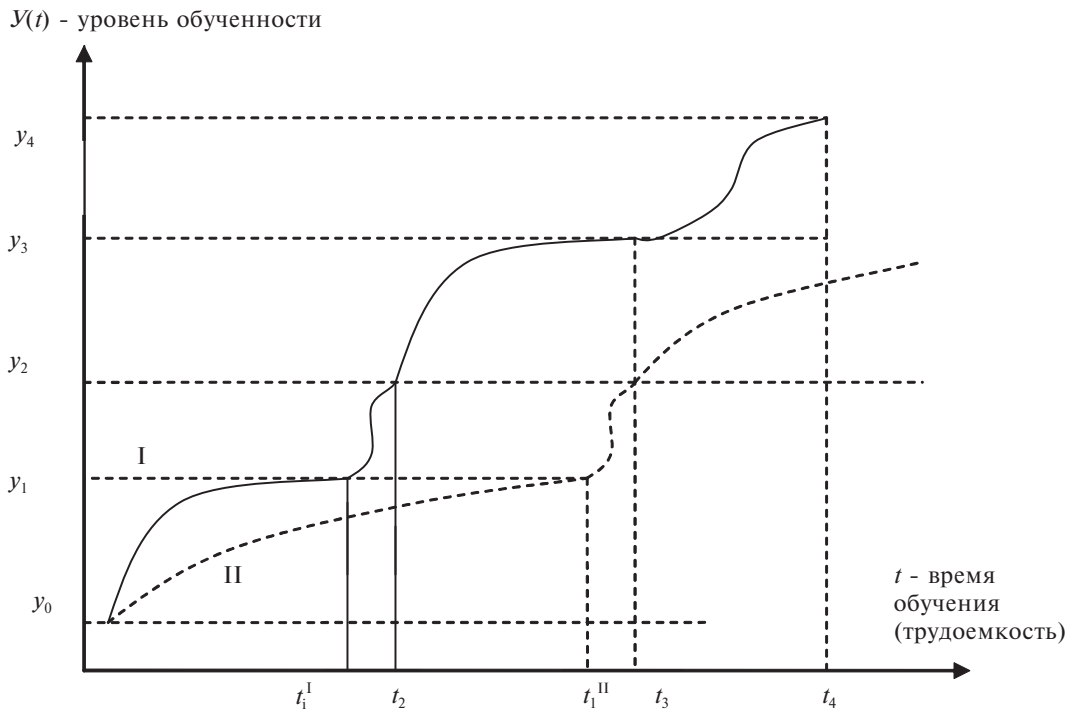


Рис. 1. Динамика процесса обучения студента при формировании компетенции

$l = 1, \dots, L$ - количество учебных единиц (лекция, семинары) в БОЭ; при этом $l = 1, \dots, l_1$ - участок научения H , $l = l_1 + 1, \dots, L$ - участок K (активные формы обучения);

y_m^l - уровень обученности на итерации l после освоения учебного элемента как доля освоенных зачетных единиц, соответствующих трудоемкости учебного элемента; $y_m^l \in [0, 1]$;

r_m^l - объем учебной работы в зачетных единицах (плановая трудоемкость), соответствующий l -му учебному элементу;

z_m^l - результат обучения - объем успешно выполненной учебной работы при освоении учебного элемента; $z_m^l = y_m^l \cdot r_m^l$;

$\alpha_{ij} \geq 0$ - параметр, выражающий эффективность взаимодействия членов учебной группы (команды) при освоении образовательной программы (влияние j -го обучаемого на i -го, $i, j \in N$).

После преобразования зависимостей (1) и (2), считая, что за время, потраченное на обучение, принимается "эффективное внутреннее время", ход которого выражает нарастание объема освоенных зачетных единиц, получим математическую модель изменения уровня обученности n -го студента при освоении им типового ба-

зового образовательного элемента, входящего в один из учебных модулей.

$$y = y^1 - (y^1 - y_n^0) \cdot \exp(-v_n \cdot \sum_{n=1}^N \alpha_{ij} \cdot \sum_{l=1}^{l_1} r^l) + y_n^0 \cdot y^1 / (y_n^0 + (y^1 - y_n^0)) \times \exp(-v_n \cdot \sum_{n=1}^N \alpha_{ij} \cdot \sum_{l=l_1+1}^L r^l). \quad (3)$$

Эта модель помогает принимать обоснованные решения при проектировании образовательного процесса, направленные на минимизацию затрат при обеспечении результата обучения в виде комплекса заданных компетенций.

Методика поиска оптимальных с точки зрения экономики вуза решений при проектировании образовательной программы и организации учебного процесса в рамках учебного курса (потока студентов) состоит в следующем:

1. Путем использования оценочных методов (тестирование и т.п.) для каждого студента курса находят значения v_n и y_n^0 и рассчитывают параметр α_{ij} .

2. Для каждого студента с помощью модели определяют индивидуальную динамику процесса обучения.

3. Из числа студентов курса по заданному алгоритму формируют учебные группы. В осно-

ву формирования группы могут быть заложены различные подходы. Например, группа формируется в зависимости от того, что при обучении в команде “сильные” студенты положительно влияют на “слабых” или, наоборот, состав группы проектируется как комбинация из студентов разного уровня обученности и обучаемости. Оптимальный состав группы - это наилучшая комбинация студентов с точки зрения достижения динамики обучения, минимизирующей затраты. Эта кривая принимается за расчетную модель процесса обучения учебной группы с параметрами v_{ep}^0 , y_{ep}^0 и набором параметров α_{ij}^{ep} .

4. Расчетная модель используется для поиска оптимального распределения зачетных единиц в рамках учебного модуля (оптимальной траектории формирования компетенции).

После освоения m -го БОЭ результат обучения

можно записать как $z_m = \sum_{l=1}^L (y_m^l \cdot r_m^l)$, а интегральный уровень обученности как $y_m^{int} = \frac{z_m}{r_m}$,

где $r_m = \sum_{l=1}^L r_m^l$ - объем зачетных единиц, приходящийся на m -й БОЭ.

После освоения i -го учебного модуля результат обучения $z_i = \sum_{m=1}^M z_m$, а интегральный уровень обученности (сформированной компетенции) $y_i^{int} = \frac{z_i}{\sum_{m=1}^M r_m}$.

После освоения i -го учебного модуля результат обучения $z_i = \sum_{m=1}^M z_m$, а интегральный уровень обученности (сформированной компетенции) $y_i^{int} = \frac{z_i}{\sum_{m=1}^M r_m}$.

Задача оптимального обучения формулируется следующим образом: за фиксированное количество этапов образовательного процесса (учебных элементов в составе БОЭ и БОЭ в составе учебного модуля) и при фиксированном объеме учебной нагрузки в зачетных единицах так распределить ее по этапам прохождения УМ, чтобы максимизировать интегральный уровень обученности (сформированности компетенций). То есть надо найти траекторию обучения в координатах r_m , m , максимизирующую результат обучения. С точки зрения экономики вуза данная траектория является оптимальной для учебной группы. Целевая функция в этой постановке задачи имеет следующий вид:

$$\begin{cases} y_m^{int} \rightarrow \max \\ r_m \leq r_m^{баз} \\ m \leq M. \end{cases}$$

С использованием зависимости (3) задача оптимизации учебного процесса при формировании i -й компетенции примет вид

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L r_m^l} \cdot \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L (y_m^l \cdot r_m^l) = \frac{1}{\sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L r_m^l} \cdot \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^L r_m^l (y^1_{nop} - \\ & - (y^1 - y_{ep}^0) \cdot \exp(-v_{ep}^0 \cdot \sum_{n=1}^N \alpha_{ij}^{ep} \cdot \sum_{l=1}^{l_1} r_m^l)) + \\ & + y_{ep}^0 \cdot y^1 / (y_{ep}^0 + (y^1 - y_{ep}^0) \cdot \exp(-v_{ep}^0 \cdot \sum_{n=1}^N \alpha_{ij}^{ep} \\ & \times \sum_{l=l_1+1}^L r_m^l)) \} \rightarrow \max \text{ при } r_m \leq r_m^{баз}, m \leq M. \end{aligned} \quad (4)$$

Анализ имеющихся подходов к моделированию процесса обучения² показывает, что разработанные математические модели более эффективны в организационно-экономическом управлении вузом, так как при проектировании и реализации образовательных программ позволяют учесть требования государственных образовательных стандартов третьего поколения. При проектировании этих моделей в их структуру заложен принцип студентоцентрированной направленности образования (индивидуализация траектории обучения), они также отражают сочетание в учебном процессе традиционных и активных (интерактивных) форм обучения (командные и проектные методы, компьютерные симуляции и т.п.).

Для оценки работоспособности предложенных моделей была проведена их апробация в процессе обучения двух групп студентов специальности “Менеджмент организации”. Исследовалось формирование компетенции, которую обозначили как информационная (ИК). Ее содержание - владение основными методами и средствами получения, хранения, переработки информации с использованием традиционных носителей информации, распределенных баз данных, компьютера, глобальных и локальных компью-

² Спешилова Н.В. Повышение качества обучения: модели усвоения знаний с учетом индивидуальных особенностей студентов. Оренбург, 2005.

терных сетей, способность преобразовывать информацию, в том числе с применением аппаратных комплексов программных продуктов, информационных систем и технологий при решении экономических и управленческих задач. Эта компетенция соответствует ряду аналогичных из проектов новых стандартов.

Из учебного плана специальности была выделена базовая структура знаний (учебный модуль), обеспечивающая формирование компетенции ИК, в которую вошли 20 дисциплин, осваиваемых с 1-го по 7-й семестры в трех циклах дисциплин: гуманитарный, социальный и экономический цикл, математический и естественнонаучный цикл, профессиональный цикл. В каждом цикле выделены его базовая и вариативная части.

Путем экспертных оценок определена трудоемкость (в зачетных единицах), как дисциплины в целом, так и ее части, относящейся к данной компетенции.

Для каждого студента, участвующего в исследовании, были определены значения y_0 и V_0 на основании входного тестирования по предмету “Математика” при поступлении в вуз и оценки социально-психологических качеств личности (способности к обучению) с помощью методики, основанной на тестовой квалитметрии.

На основании анализа результатов путем отбора были сформированы две группы по 17 студентов М1 и М2. С помощью кластерного анализа в каждой из групп выделены по три подгруппы А, В, С - “слабых”, “средних” и “сильных” студентов, которым присвоены, соответственно, начальные параметры $y_0^A = 0,05; v_0^A = 0,35; y_0^B = 0,10; v_0^B = 0,50; y_0^C = 0,12; v_0^C = 0,75$.

Оценка уровня обученности, достигнутая при освоении дисциплин, выполнялась на основе оценок, полученных студентами при семестровом рубежном контроле путем их нормирования по шкале 5-0,9, 4-0,8, 3-0,7, 2-0,5. Итоговые значения уровня обученности определялись как средневзвешенные (по трудоемкости).

Пороговое значение уровня обученности (сформированности компетенции ИК) $y_{пор} = 0,8$, плановое значение трудоемкости $r_{nl} = 9,31$.

В начале исследования была выполнена нормировка модели по результатам расчетов, относящихся к подгруппе “средних” студентов, путем определения нормированного коэффициента $k = \overline{y_B} / y_{пор} = 1,223$.

Уровень обученности, достигнутый в процессе обучения (y_D), определялся по формуле

$$y_D = y_0 + \left(\sum_{i=1}^N (r_{nl}^i \cdot y_D^i) \right) / r_{nl},$$

где i - номер семестра;

N - количество семестров;

r_{nl}^i - плановое значение трудоемкости в i -м семестре;

y_D^i - средневзвешенный уровень обученности в подгруппе.

Для группы М1 расчеты велись по модели, отражающей репродуктивный характер обучения, а для группы М2 - по модели, сочетающей репродуктивное и креативное обучение. Взаимодействие студентов при работе в группах учитывалось через матрицу взаимодействия:

$$\|\alpha_{i1}\| = \begin{vmatrix} 1 & 0,5 & 2 \end{vmatrix},$$

$$\|\alpha_{i2}\| = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0,5 \end{vmatrix}, \|\alpha_{i3}\| = \begin{vmatrix} 0,5 & 2 & 1 \end{vmatrix}.$$

При обучении студентов группы М2 в 5, 6-м и 7-м семестрах в вариативной части применялись активные и интерактивные формы (проектные методы) на основе самостоятельной работы с использованием компьютерной симуляции. Динамика уровня обученности показана на рис. 2 и 3.

На рис. 2 показана динамика обучения в подгруппах А, В, С группы М1 (прогнозируемые расчеты и реальные). Из рисунка видно, что сопоставление расчетных и действительных значений уровня обученности показывает хорошую корреляцию данных, полученных по модели с реальными результатами обучения. При этом модель дает возможность организовать учебный процесс с учетом особенностей обучения студентов с различной типологией личности. Для “сильных” студентов это выделение резерва учебного времени на получение новых знаний и выработка дополнительных умений и способностей. Для “слабых” - это оценка объема дополнительных ресурсов, которые необходимо привлечь для формирования порогового уровня компетенции.

Эффективность применения активных (интерактивных) методов, которые обеспечили для каждого студента из группы достижение порогового уровня обученности без превышения плановой трудоемкости, иллюстрирует рис. 3 При этом возрос объем времени, которое можно направить во всех подгруппах на достижение дополнительного эффекта обучения.

Анализ результатов апробации модели позволил сделать следующие выводы:

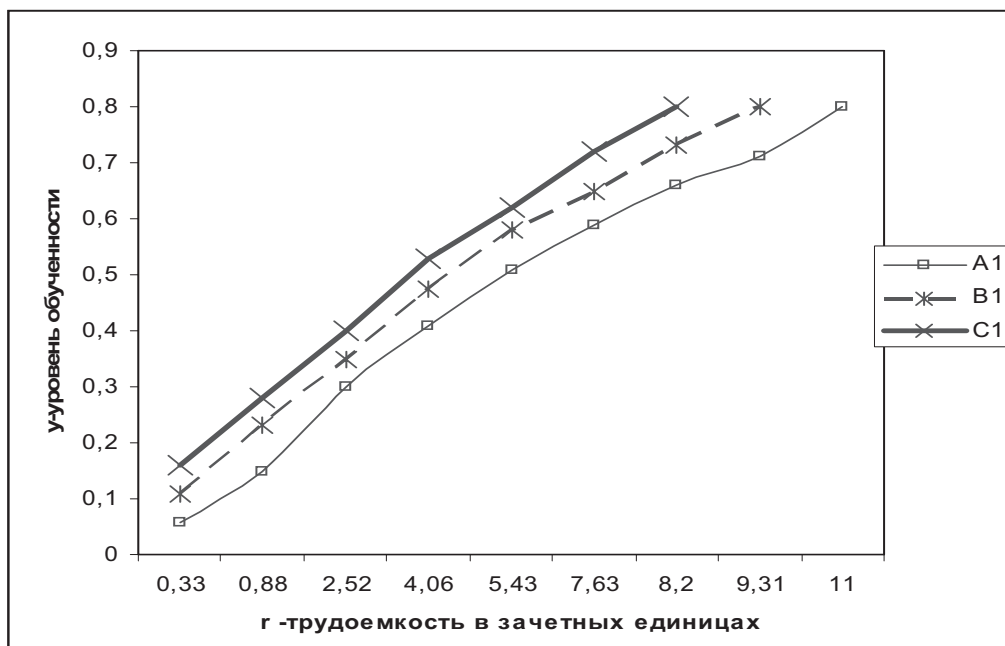


Рис. 2. Динамика уровня обученности студентов группы М1 при расчете по модели: х - действительные значения

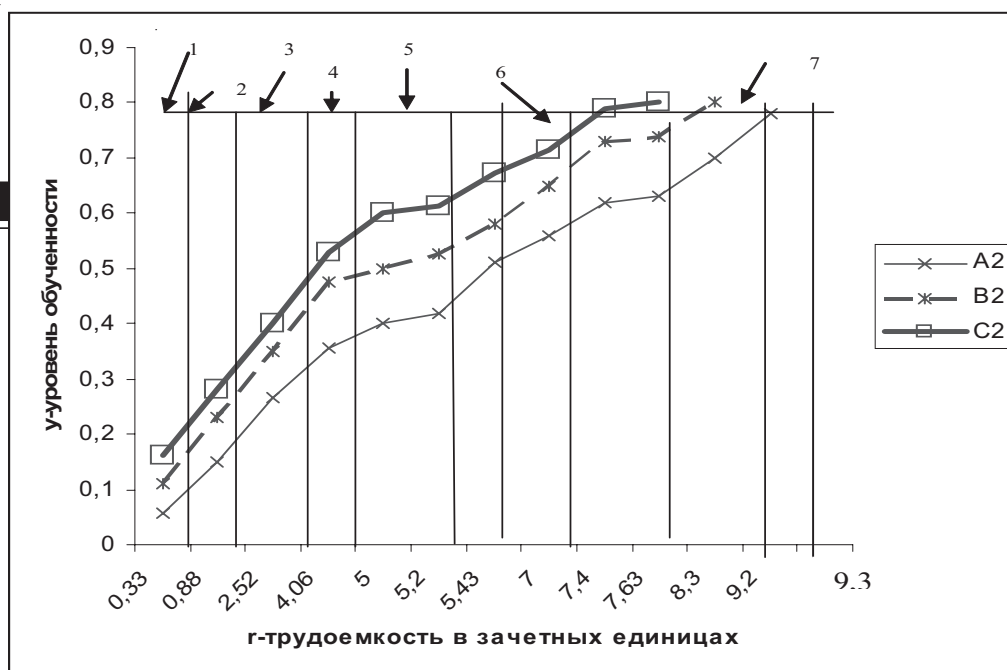


Рис. 3. Динамика уровня обученности студентов группы М2 при применении активных форм обучения (значения над стрелками показывают учебные семестры)

• разработанные математические модели компетентностно-ориентированного процесса обучения достоверно отображают реальный образовательный процесс и его особенности и могут быть использованы при проектировании индивидуальных и групповых образовательных траекторий с учетом минимизации затрат на обучение;

• математические модели помогают оценить экономическую эффективность применения активных и интерактивных форм обучения для различных категорий студентов и выявить образовательные ресурсы.

Поступила в редакцию 05.12.2009 г.