

Применение математического моделирования обучения в команде в организационно-экономическом управлении образовательным процессом компетентностной направленности

© 2009 В.И. Дровяников
кандидат технических наук,
Международный институт рынка, г. Самара

Статья посвящена определению параметров для формирования и функционирования команд при проектном методе обучения при использовании компетентностного подхода в образовании с учетом оптимизации образовательных траекторий.

Ключевые слова: образовательный процесс, компетентностный подход, управление, математическое моделирование.

Рассмотрим вопросы, связанные с повышением экономической эффективности работы вуза на основе оптимизации затрат на образовательный процесс.

Пути оптимизации затрат вуза связаны прежде всего с минимизацией такого важного ресурса, как время, затраченное на достижение результата образовательного процесса, и в рамках базового образовательного элемента (семинар, практические занятия и т.п.), и в объеме курса дисциплин и междисциплинарного учебного модуля. Существенную помощь в оптимизации затрат на получение нужного образовательного результата оказывают эффективные инновационные образовательные технологии, например обучение в командах.

Переход к компетентностному подходу в оценке результатов обучения потребовал создания адекватных моделей и механизмов организационно-экономического управления образовательным процессом.

При моделировании процесса компетентностно-ориентированного обучения образовательный процесс (ОП) представлен двумя частями - научения (Н) и получения требуемого уровня компетентности (ПК):

$$ОП = Н + ПК.$$

Согласно теории итеративного научения¹ данный процесс является эволюционным и монотонным. Количественная характеристика итеративного научения как процесса повышения уровня обученности студента на основе полученных им знаний, умений и навыков представляется в виде кривых обучения. Они выражают зависимость уровня обученности от ресурсной характе-

ристики - объема учебных часов, затраченного на научение и получение новой компетентности.

Траектория обучения, соответствующая достижению компетенции $У$, состоит из кривой научения (участок $Н$) и кривой перехода к компетенции (участок $ПК$). Структура процесса обучения представлена на рис. 1. Каждая кривая научения отражает ЗУНС-комплекс, или ресурсный потенциал, запланированный для выработки базового уровня обученности y_i^1 , необходимого для перехода к требуемому уровню компетенции (уровень обученности $У_i^1$), и имеет замедленно-асимптотический характер. Она описывается зависимостью:

$$y_i(t) = y_i^1 + (y_i^0 - y_i^1) e^{-vkt},$$

где $t \geq 0$.

Текущий уровень обученности $У(t)$ как результат реализации набора ЗУНС-комплексов, обеспечивающих базовое обучение при формировании компетенции i , можно описать следующей формулой:

$$У(t) = \sum_{i=1}^m [y_i^1 + (y_i^0 - y_i^1) e^{-vkt + \Delta У(t)}],$$

где $i = 1, 2, \dots, m$.

Здесь m - число компетенций в квалификационной характеристике специальности (количество ЗУНС-комплексов в образовательной программе);

t - время обучения, или ресурс в учебных часах, затраченный на реализацию образовательной программы;

k - показатель, определяющий индивидуальность типологии обучаемого (тип агента);

¹ Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. М., 1998.

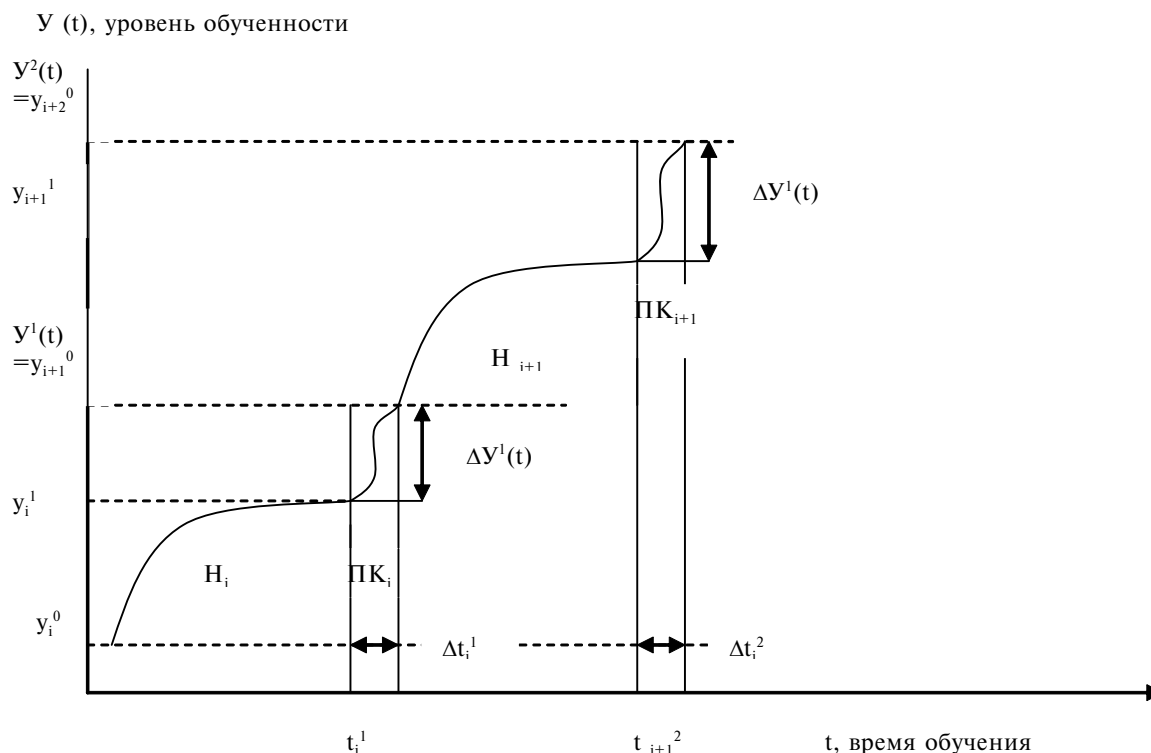


Рис. 1. Структура процесса обучения при реализации компетентно-ориентированного подхода

y_i^0 , $y_i(t)$, y_i^1 - начальное, текущее и конечное значение обученности агента (уровень обученности);

v_k - параметр, определяющий динамику изменения образованности агента типа k (скорость научения, способность к освоению навыков и т.п.);

$\Delta U(t)$ - функция, выражающая прирост общего уровня обученности при достижении очередного уровня компетентности.

Достижение уровня обучения y_i^1 является базой для последующего процесса получения заданной компетенции. Этот этап формирования нового качества квалификации - компетентности, в соответствии с теорией управления образовательными системами описывается как переходный процесс, характеризующийся быстрым изменением уровня профессионального образования за счет привлечения дополнительных эффективных образовательных ресурсов.

Задача настоящего исследования сводится к моделированию процесса компетентно-ориентированного обучения, как состоящего из двух этапов - научения и перехода к новому качеству обученности - компетентности при ограничении на образовательные ресурсы (временные, стоимостные и т.п.).

Квалификация при таком подходе рассматривается как интегральный результат обучения

специалиста до определенного уровня знаний, умений, навыков и способностей. При этом на основе усвоенных объемов знаний, умений и навыков формируется способность (компетентность) специалиста эффективно решать профессиональные, в том числе инновационные задачи.

Этап получения требуемой компетенции выражается в качественном переходе к новому уровню обученности. Для достижения такого результата необходимо обеспечить условия для проявления синергетического эффекта, что неразрывно связано с использованием инноваций в образовательном процессе.

Кривая научения, описывающая процесс овладения набором знаний, умений и навыков, выражает объем затрат образовательных ресурсов (число учебных часов, отведенных на лекции, практические занятия и т.п.) в соответствии с учебным планом по реализации ЗУНС-комплекса. При этом учебный модуль, реализующий ЗУНС-комплекс, носит междисциплинарный характер и формируется из набора дисциплин, разделов учебных курсов, практик и других образовательных элементов.

Опишем вторую часть траектории обучения - получение профессиональной компетентности. Пусть $i = 1, 2 \dots m$ - число компетенций в структуре специальности. Обозначим $U = \{U_i\}$ как интегральный уровень образованности (набор

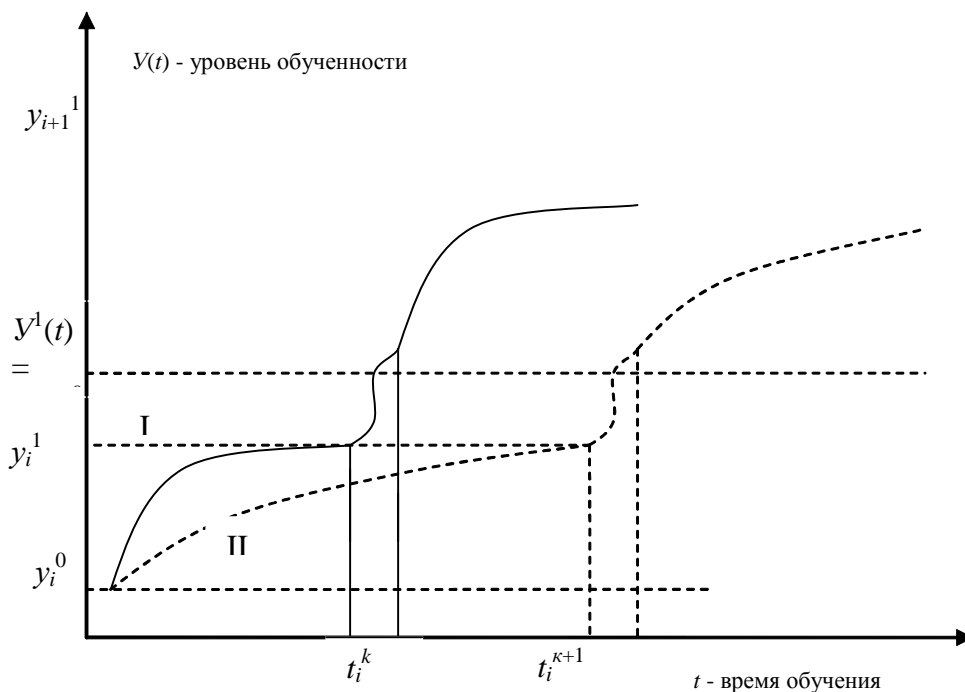


Рис. 2. Зависимость динамики процесса обучения от типологии личности обучаемого (I - обучаемый K, II - обучаемый K+1)

сформированных компетенций от уровня 1 до уровня i). Структуру затрат на образовательный процесс представим состоящим из трех частей, выделив отдельно время обучения:

R - постоянные затраты на процесс научения (H);

S - постоянные затраты на процесс получения компетенции ($ПК$);

T - переменные затраты в виде времени, отведенного на обучение (объем учебных часов).

На начальном этапе обучения (H) суммарный объем затрат ресурсов в пределах уровня i можно обозначить как $R = \{R_i^j\}$, где $j = 0, \dots, n$ - количество видов образовательных ресурсов в ЗУНС-комплексе уровня i . Он соответствует объему образовательных ресурсов, выделенных для формирования уровня обученности $i(Y_i)$.

На втором этапе обучения ($ПК$) суммарный объем образовательных ресурсов, обеспечивающих окончательное формирование компетенции Y_i^K , можно обозначить как $S = \{S_i^j\}$, где $j = 0, \dots, m$ - количество видов дополнительных образовательных ресурсов.

Текущий уровень обученности Y_i на этом этапе соответствует соотношению $y_i^1 \leq Y_i \leq Y_i^1$.

Интегральный уровень обученности (компетентность), достигнутый к началу очередного этапа, выражается как совокупность результатов научения и выработки компетентности, получен-

ная по завершению предыдущего этапа обучения:

$$Y_i = \sum_{i=1}^m (y_i + \Delta Y^i(t)).$$

Так как форма кривой научения зависит от типологии личности обучаемого и условий его обучения (параметр v_k), для достижения требуемого уровня i -й компетенции ($\Delta Y^i(t)$) каждый обучаемый затрачивает разный объем ресурсов (времени). Это показано на рис. 2.

Увеличение времени обучения в варианте II связано с необходимостью траты дополнительных образовательных ресурсов (повтор занятий, проведение дополнительных консультаций и т.п.) для достижения цели обучения.

Оптимальная траектория обучения определяется в данном случае необходимым объемом усвоения базового ЗУНС-комплекса за минимальное учебное время:

$$Y = \sum_{l=1}^T r^l \exp(-\gamma \sum_{m=1}^{l-1} r^m) \rightarrow \min_{\{r^{1,T} | \sum_{\tau=1}^T r^\tau = R\}}.$$

Для моделирования процесса ПК подходят математические зависимости, характеризующие протекание переходных процессов. В исследовании выбрана логистическая кривая, которая существенно зависит от начального уровня квали-

фикации, полученной в процессе H , и имеет вид, показанный на рис. 1 (участок PK_i). Формула, выражающая логистическую зависимость применительно к решаемой задаче, имеет следующий вид: $y^k = y^0 y^\infty / (y^0 + (y^\infty - y^0)e^{-vk})$.

В общем виде задачу оптимального управления образовательными ресурсами вуза можно сформулировать следующим образом. При заданном суммарном объеме постоянных затрат R и S , которые предусмотрены ЗУНС-комплексом, и переменных затратах в виде времени T , отведенного на обучение, требуется найти траекторию, максимизирующую уровень обученности Y . Целевая функция для решения этой задачи с учетом введенных выше обозначений записывается следующим образом:

$$Y = \sum_{l=1}^T r^l \exp(-\gamma \sum_{m=1}^{l-1} r^m) + \sum_{l=1}^{l-1} y^0 s^{l1} /$$

$$/ \exp(-\gamma \sum_{m=1}^{l-1} s^{m1}) \rightarrow \min_{\{(r+s)^{1,T} | \sum_{\tau=1}^T (r+s)^\tau = R+S\}}$$

Известно, что одним из эффективных способов организации обучения по выработке компетенции является проектный метод обучения в составе команды. Современные инновационные образовательные технологии проектного обучения в командах интенсифицируют овладение учебным материалом, что позволяет приблизить индивидуальные кривые обучения участников команды к общей оптимальной траектории. Это обеспечивает существенную экономию образовательных ресурсов (учебных часов T) и уменьшает себестоимость образовательного продукта. В общем виде разработанная модель командного взаимодействия участников образовательного процесса (агентов) в системе информационного управления вузом состоит из целевой функции и системы ограничений.

Для оптимизации траектории обучения были разработаны модели формирования и функционирования команд в процессе обучения с использованием исследований в этой области²:

Пусть i - студент на потоке; n - число студентов на потоке; h - номер группы; H - число групп на потоке; p - предмет в вузе; r - число отметок входного контроля; d - число экзаменационных оценок; j_n - конкретный студент в груп-

пе h ; m_h - число студентов в отдельной группе h потока; W - множество экзаменационных отметок; S - множество студентов; $W_1 d$ - подмножество экзаменационных оценок по предмету; $S_m l$ - подмножество студентов отдельной группы.

Тогда оптимизационная модель обучения (кривая научения) студента в команде примет вид

$$\begin{cases} y_{jh} = w(t_{jh}, Q(x_{jh}, g_{jh})) \rightarrow \max, \\ c_{jh} \cdot (\sum_{jh=1}^{m_b} t_{jh}) / m_h \leq T_{план} \cdot Z_{jh}; t_{jh} \in T, \\ 0 \leq x_{jh} \leq x_{\max}; x_{\max} \leq y_{\max}, \\ g_{jh} = f(q_{jh}, vb_{jh}; hb_{jh}; pm_{jh}; \dots) \geq \delta_{\min}, \\ x_{jh} \in X_2; y_{jh} \in W_d; g_{jh} \in G, \end{cases}$$

где y_{jh} - итоговый уровень знаний;

g_{jh} - способность к обучению;

c_{jh} - реальные материальные затраты одного часа обучения;

$T_{план}$ - количество часов по учебному плану;

Z_{jh} - планируемые затраты одного часа обучения;

q_{jh} - интеллектуальное развитие;

vb_{jh} - объем внимания;

hb_{jh} - концентрация внимания;

pm_{jh} - оперативная память.

Модель для кластеризации по командам имеет вид

$$\begin{cases} y_{cp.h} = (\sum_{jh=1}^{m_h} y_{jh}) / m_h \rightarrow \max, \\ y_{jh} = w(T_h, Q(x_{jh}, g_{jh})), \\ T_h \cdot c_{jh} \leq T_{план} \cdot \sum_{jh=1}^{m_n} z_{jh}, \\ 0 \leq y_{jh} \leq y_{\max}, \\ T_{заоч} \leq T_h \leq T_{нормазагр}, \\ y_{jh} \in W_d, \end{cases}$$

² *Спешилова Н.В.* Разработка интегрированных программно-методических комплексов для использования в процессе обучения студентов // Компьютерные учебные программы и инновации. 2003. № 6. С. 72 - 78.

где W_d - подмножество экзаменационных оценок;

$T_{заоч}$ - время на обзорные занятия по заочному отделению;

T_h - количество часов на одного студента в группе;

$T_{нормазагр}$ - нормы с учетом охраны труда.

Кластеризация по потокам предстает следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{cp} = (\sum_{h=1}^H y_{cp,h}) / H \rightarrow \max, \\ \sum_{h=1}^H T_h = T_{план}; \forall S_{mh} h \neq 0; \bigcup_i^n S_{mh} h = n, \\ S_{mk} k \cap S_{ml} l \neq 0; k \neq l, \\ H \cdot T_h \sum_{jh=1}^{m_h} c_{jh} \leq T_{планном} \cdot Z_{ном}, \end{array} \right.$$

где $y_{cp,h}$ - траектория кривой научения.

Эффективность обучения $\psi_h(T_h)$ показывает увеличение объема и качества знаний в команде h за счет подачи часов T_h :

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\psi} = \psi(Z_{ном}, \sum_{h=1}^H \varphi_h(T_h)), \\ \bar{\psi} = \psi(Z_{ном}, \sum_{h=1}^H \varphi_h(T_h, X_h, G_h(Q, Vb, Kb, PM, \dots))) \rightarrow \max, \\ \sum_{h=1}^H T_h = T_{план}, \\ T_h \geq 0; h = \overline{1, H}, \sum_{ном=1}^n Z_{ном} \leq Z, \end{array} \right.$$

где $Z_{ном}$ - заданный фонд времени.

Предложенные модели и механизмы, описывающие процесс обучения в команде, позволили внести необходимые корректировки в организацию образовательного процесса с целью минимизации затрат на обучение.

Модель оптимальной образовательной траектории при условии минимизации затрат на обучение (С) имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{cp,h} = \sum_{l=1}^T \sum_{i=1}^N (r_i^l \exp(-\gamma \sum_{m=1}^{l-1} r_i^m) + \\ + \sum_{l=1}^{l-1} y_i^0 s_i^{l-1} / \exp(-\gamma \sum_{m=1}^{l-1} s_i^m)) \rightarrow \\ \rightarrow \{(y+s)^{1,T} | \sum_{\tau=1}^T (r+s)^\tau = R+S\}, \\ R^\tau \leq R, \\ S^\tau \leq S, \\ \tau \leq T, \end{array} \right.$$

где N - количество членов команды.

Выполненный комплекс исследований позволил предложить интегрированную модель организационно-экономического управления образовательным процессом компетентностной направленности, обеспечивающую рациональное распределение и оптимальное расходование образовательных ресурсов.

Поступила в редакцию 03.08.2009 г.