

Методика проектирования механизма управления ресурсным обеспечением компетентностно-ориентированного образовательного процесса

© 2010 В.И. Дровяников

кандидат технических наук

© 2010 И.Н. Хаймович

доктор технических наук, профессор

Международный институт рынка, г. Самара

E-mail: kovalek68@mail.ru

Статья посвящена разработке математической модели и методике формирования новой компетентностно-формирующей части учебного плана с учетом различных целевых функций и стандартных наборов ограничений.

Ключевые слова: компетентностно-формирующая часть учебного плана, управление ресурсным обеспечением, математическая модель, целевые функции, наборы ограничений, базовые образовательные элементы.

Организация компетентностно-ориентированного процесса обучения в вузе связана с задачами управления ресурсным обеспечением при проектировании и реализации образовательной программы. Эти задачи решаются как при синтезе компетентностно-формирующей части учебного плана, так и при корректировке образовательной траектории в процессе прохождения курса обучения.

Сформулируем задачу управления ресурсным обеспечением вуза. При этом представим образовательный цикл подготовки специалиста как динамическую активную систему со связанными периодами функционирования.

Примем, что в ходе реализации образовательной программы (ОПР) в течение ряда этапов образовательного цикла $q = 1, Q$ при освоении содержания учебного модуля (УМ), в состав которого входят N базовых образовательных элементов, у студента формируется набор компетенции $y_i, i=1, \dots, K$. За этап при проектировании ОПР принят семестр. На реализацию ОПР вы-

деляются ресурсы $R_{on} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N r_{ij}$, объем кото-

рых характеризуют зачетные единицы. Эти ресурсы необходимо распределить между учебными модулями и внутри модуля между дисциплинами. К концу каждого семестра по каждой компетенции достигается определенный уровень обученности. В зависимости от этого результата ресурсы для дальнейшего обучения могут перераспределяться.

Задача проектирования экономической ОПР - в начале каждого семестра распределить образо-

вательные ресурсы между учебными модулями так, чтобы интегральный уровень сформированности всех компетенций (уровень квалификации специалиста после реализации ОПР) был максимальным. При этом необходимо обеспечить логическую и содержательную последовательность освоения дисциплин и их разделов. Таким образом, управление образовательным процессом (ОП) включает два этапа: распределение ресурсов при реализации учебных модулей и упорядочение базовых образовательных элементов (БОЭ) в модулях по критериям, выражающим рациональное с точки зрения освоения учебного материала их следование друг за другом. Под БОЭ подразумевается дисциплина или ее раздел. На каждом шаге решается задача создать условия для последующего повышения уровня сформированности компетенции при достижении заданного результата.

В формализованном виде алгоритм управления образовательными ресурсами представляется следующим образом.

Пусть $\overline{y}_q = (y_{1q}, y_{2q}, \dots, y_{nq})$ - вектор, описывающий состояние (достигнутый уровень обученности) на q -м шаге ОП;

\overline{y}_0 - начальное состояние (в начале реализации ОПР);

\overline{y}_Q - конечное состояние, т.е. интегральный уровень обученности на последнем шаге при завершении ОПР;

y_q - область допустимых состояний на q -м шаге ОП;

$\bar{r} = (r_{1q}, r_{2q}, \dots, r_{Nq})$ - вектор управляющих воздействий (УВ) (заданной трудоемкости обучения) на q -м шаге, обеспечивающий переход системы (уровня обученности) из состояния y_{l-1} в состояние y_l ;

R_q - область допустимых УВ на q -м шаге;

w_q - величина выигрыша (интегральный уровень обученности студента) в результате освоения элементов ОП в q -м семестре;

S - общий выигрыш (интегральный конечный уровень обученности) за Q шагов;

$\bar{r}^* = (r_{1q}^*, r_{2q}^*, \dots, r_{Qq}^*)$ - вектор оптимальной стратегии управления за Q шагов;

$S_{q+1}(\bar{y}_q)$ - максимальный выигрыш (экономика ресурсов), получаемый при переходе из любого состояния \bar{y}_q в конечное состояние \bar{y}_Q при оптимальной стратегии управления, начиная с $(q+1)$ -го шага;

$S_Q(\bar{y}_0)$ - максимальный выигрыш, получаемый за Q шагов при переходе системы из начального состояния \bar{y}_0 в конечное \bar{y}_Q при реализации оптимальной стратегии управления \bar{r}^* .

Очевидно, что $S = S_Q(\bar{y}_0)$, так как \bar{y}_0 фиксировано. Следует отметить, что при реализации ОПР выполняются условия отсутствия последствия и аддитивности целевой функции,

т.е. $\bar{y}_q = \bar{f}_q(y_{q-1}, \bar{r}_q)$ и $S = \sum_{q=1}^Q w_Q(\bar{y}_{q-1}, \bar{r}_q)$.

Тогда оптимальной стратегией управления \bar{r}^* компетентностно-ориентированным ОП будет совокупность УВ $\bar{r}^* = (r_{1q}^*, r_{2q}^*, \dots, r_{Qq}^*)$, в результате реализации которой за Q шагов уровень обученности у студента вырастает от состояния y_0 до конечного y_Q , и при этом общий выигрыш принимает максимальное значение.

Необходимо решить следующую задачу: определить оптимальное управление (распределение образовательных ресурсов) на каждом шаге (семестре) \bar{r}_q^* ($q = 1, 2, \dots, Q$) и, значит, оптимальное управление (ресурсную траекторию обучения) всем процессом.

Данный подход был применен при создании механизма проектирования компетентностно-формирующей части учебного плана (КЧУП). Применительно к набору элементов учебного процесса (ЭУП), определяемых структурой ОПР (БОЭ и УМ) на каждом шаге учебного процесса (например, в начале семестра), решаются следующие задачи:

- построение графа связанности ЭУП при формировании компетенции с учетом логики связей и тезаурусов дисциплин;

- синтез КЧУП на основе графа связанности ЭУП с учетом критериев их значимости и ограничений, налагаемых на учебный процесс;

- минимизация затрат образовательных ресурсов (трудоемкости в зачетных единицах) на формирование компетенции в соответствии с критериями, характеризующими уровень обученности.

Математическая постановка задачи синтеза КЧУП имеет следующее содержание.

Пусть $n(q)$ и $k(q)$ - начало и конец q -го этапа;

K - количество формируемых компетенций (УМ) ($i = \overline{1, K}$);

N - количество БОЭ в составе УМ ($j = \overline{1, N}$);

$R = \{r_{ij}\}$ - объем затрат (трудоемкость) наработку комплекса компетенций в рамках ОП.

Содержание обучения по формированию компетенции (КОМ) представляется в виде множества УМ, которые в свою очередь состоят из БОЭ (БОЭ - это дисциплина или ее раздел).

$$КОМ = \{УМ_i(БОЭ_j)\}; i = \overline{1, K}; j = \overline{1, n(i)},$$

где $БОЭ_{i,j}$ - j -й БОЭ i -го учебного модуля;

K - количество УМ;

$n(i)$ - количество БОЭ в i -м УМ.

Компетентностно-формирующей частью учебного плана (КЧУП) назовем множество

$$КЧУП = \{УМ_i(БОЭ_j) \in КОМ \mid V_{УП} \leq V_{КОМ}\},$$

где $V_{КОМ}$ - объем всех БОЭ множества КОМ;

$V_{УП}$ - объем БОЭ, принадлежащих подмножеству учебного плана.

Общая трудоемкость реализации всех учебных модулей превышает трудоемкость, планируемую на реализацию ОП по учебному плану. Поэтому необходимо при синтезе КЧУП выбрать из всего объема УМ и БОЭ наиболее значимые для данной специальности и распределить их по семестрам в соответствии с выбранным критерием и ограничениями, определяемыми

ми организацией и экономикой образовательного процесса.

Состав j -го БОЭ, входящего в i -й УМ, можно представить как набор следующих параметров:

$$BOЭ(i,j) = \{t(i,j,1), t(i,j,2), k(i,j,1), k(i,j,2), k(i,j,3), r(i,j,1), r(i,j,2), r(i,j,3), r(i,j,4), r(i,j,5), r(i,j,6), r(i,j,7), F(i,j,1), F(i,j,2)\},$$

где $t(i,j,1)$ - начало реализации j -го БОЭ;
 $t(i,j,2)$ - конец реализации j -го БОЭ;
 $k(i,j,1)$ - коэффициент значимости j -го БОЭ для формирования компетенции;
 $k(i,j,2)$ - коэффициент значимости j -го БОЭ для выработки последующих БОЭ;
 $k(i,j,3)$ - коэффициент обобщенной значимости j -го БОЭ;
 $r(i,j,1)$ - трудоемкость лекционных курсов;
 $r(i,j,2)$ - трудоемкость практических занятий;
 $r(i,j,3)$ - трудоемкость семинаров;
 $r(i,j,4)$ - трудоемкость самостоятельной работы;
 $r(i,j,5)$ - трудоемкость практик и стажировок;
 $r(i,j,6)$ - трудоемкость проектных заданий;
 $r(i,j,7)$ - трудоемкость контроля уровня обученности;
 $F(i,j,1)$ - функция нахождения "потомков" j -го БОЭ в графе связанности;
 $F(i,j,2)$ - функция нахождения "предков" j -го БОЭ в графе связанности.

Коэффициент $k(i,j,1)$ находится по модели обучения и приводится к шкале от 0 до 1; $k(i,j,2)$ определяется экспертным путем и приводится к шкале от 0 до 1.

$$k(i, j, 3) = \frac{\mathcal{E}1 \cdot k(i, j, 1) + \mathcal{E}2 \cdot k(i, j, 2)}{100},$$

где $\mathcal{E}1$ и $\mathcal{E}2$ - весовые процентные доли значимости каждого из коэффициентов в выработке профессиональной квалификации специалиста.

В расчетном алгоритме применен интегральный критерий оптимизации

$$\sum_{BOЭ(i,j) \in КОМ} k(i, j, 3) \rightarrow \max$$

При формировании ограничений были введены параметры, характеризующие удельные величины затрат на освоение различных видов учебной работы в составе БОЭ, отнесенные к одному этапу ОП. В их числе:

- удельный вес лекций

$$УВЛ(i, j) = r(i, j, 1) / \tau,$$

где $\tau = t(i, j, 2) - t(i, j, 1) + 1$;

- удельный вес аудиторных занятий

$$УВА = [r(i, j, 1) + r(i, j, 2) + r(i, j, 3) + r(i, j, 7)] / \tau;$$

• удельный вес проектных и исследовательских работ

$$УВП = [r(i, j, 4) + r(i, j, 6)] / \tau;$$

- удельный вес самостоятельной работы

$$УВС = [r(i, j, 4) + r(i, j, 5)] / \tau.$$

С учетом этих показателей составлены ограничения, налагаемые на учебный процесс при проектировании КЧУП. Основные из них следующие:

1. Количество дисциплин N в ОП не более заданного $N_{оп}$:

$$N \leq N_{оп}.$$

2. Количество дисциплин в рамках этапа ОП (семестра) N_q не более N_s : $N_q \leq N_s$.

3. Объем трудозатрат на освоение i -го модуля не более R_i^{\max} :

$$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N [УВА(i, j) + УВП(i, j) + УВС(i, j)] \leq R_i^{\max}.$$

4. Объем трудозатрат на проектные и исследовательские работы должен укладываться в интервал $(R_{inn}^{\min}, R_{inn}^{\max})$:

$$R_{inn}^{\max} \geq \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N УВП(i, j) \geq R_{inn}^{\min}.$$

5. Объем трудозатрат на работу в аудитории не больше R_{iAUD} :

$$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N УВА(i, j) \leq R_{iAUD}.$$

6. Временное ограничение:

$$t(i, j, 1) \geq n(q) \wedge f(i, j, 2) \leq k(q).$$

Тогда математическая модель управления ресурсным обеспечением имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{BOЭ(i,j) \in КОМ} k(i, j, 3) \rightarrow \max \\ N \leq N_{оп}; N_q \leq N_s; \\ \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N [УВА(i, j) + УВП(i, j) + УВС(i, j)] \leq R_i^{\max} \\ R_{inn}^{\max} \geq \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N УВП(i, j) \geq R_{inn}^{\min} \\ \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^N УВА(i, j) \leq R_{iAUD} \\ t(i, j, 1) \geq n(q) \wedge f(i, j, 2) \leq k(q). \end{array} \right.$$

Порядок применения модели для синтеза оптимального управления образовательными ресурсами в течение курса обучения определяет методика пошагового планирования затрат. Ее содержание заключается в том, что спроектированный в начале реализации ОПР учебный план корректируется в начале каждого этапа учебного процесса (семестра) на основании анализа дос-

тигнутых результатов по формированию компетенции.

Спроектированные на основе данной методики механизмы управления ресурсным обеспечением дают возможность определить рациональное распределение затрат по этапам образовательного цикла.

Поступила в редакцию 16.10.2010 г.