

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ

© 2009 В.И. Дровяников*

Ключевые слова: компетентностно ориентированный подход, рабочий учебный план, ЗУН-комплекс, модель оптимизации, набор компетенций, теория графов, оптимальное управление образовательным процессом.

Представлено решение задачи оптимального управления образовательным процессом при переходе на компетентностно ориентированное обучение с использованием теории графов и методологии автоматизации составления рабочих учебных планов на основе оптимальной образовательной траектории.

Формирование компетенций в процессе обучения профессиональных кадров обеспечивается комплексом лекций, практических занятий и других образовательных элементов, которые составляют содержание учебного модуля. Перечень и объем требуемых для этого образовательных ресурсов определяет ЗУН-комплекс (знание, умения, навык). При этом одна и та же дисциплина может использоваться при выработке ряда компетенций. Это существенно усложняет плани-

рование учебного процесса и требует поиска путей к его оптимизации.

Следует отметить, что выработка компетенций происходит, как правило, не последовательно в течение заданного этапа обучения, а интегрально, то есть каждая компетенция формируется во время всего цикла обучения. Курс одной дисциплины может способствовать формированию ряда компетенций, при этом на выработку каждой из них направлены различные разделы курса с кон-

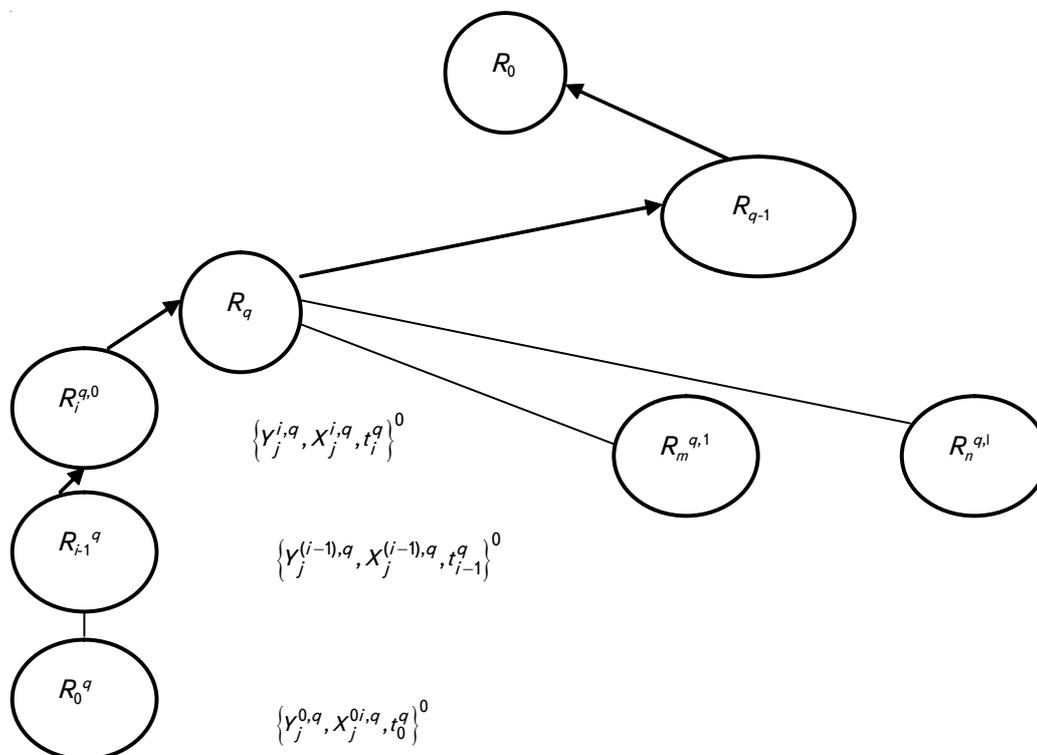


Рис. Задача распределения учебных ресурсов в процессе обучения

* Дровяников Виктор Иванович, кандидат технических наук, проректор по учебной и воспитательной работе Международного института рынка, г. Самара. E-mail: kovalek68@mail.ru.

кретными объемами образовательных ресурсов. Задачу распределения учебных ресурсов в ходе образовательного процесса можно описать в виде графа (см. рисунок), в котором введены следующие обозначения:

$R_q, q = 0, N$ - компетенция уровня q ;

$X = \{X_j\}$ - объем учебных заданий инновационного характера, направленных на получение новой способности - компетенции (инновационный процесс);

$R_i^{q,l}$ - компетенция уровня q , включающая набор подкомпетенций l i -го звена модели;

$Y_j^{i,q}$ - объем выполненных работ (занятий) в пределах уровня i при стандартном научении в ходе ЗУН-процесса;

- время, затраченное на выработку новых знаний в инновационном процессе, обеспечивающих формирование компетенции уровня q на i -м звене модели.

Для выполнения инновационного проектного задания недостаточно знаний и умений, приобретенных в ходе ЗУН-процесса, а требуется проявление определенных способностей как набора неких компетенций $R_i^{q,l}$. Если обучение происходит в команде, то набор формируемых при этом компетенций распределяется по членам команды, и их согласованное взаимодействие при выполнении задания обеспечивает экономию времени t , затрачиваемого на формирование данных компетенций у каждого участника. При разработке методики проектирования образовательного процесса, обеспечивающей его оптимизацию с точки зрения экономии ресурсов, использованы результаты проведенного исследования по автоматизации процесса составления учебных планов¹.

Пусть все возможное сочетание образовательных элементов, обеспечивающих формирование требуемой компетенции, представлено в виде ЗУН-комплекса, характеризующего содержание учебного модуля. Учебный процесс во временной последовательности является набором временных интервалов (неделя, семестр, курс). В течение каждого такого интервала реализуются элементы различных ЗУН-комплексов:

$$R = \{\alpha_{i,j}\}, i = \overline{1, N};$$

где $\alpha(i, j)$ - ЗУН-комплекс i -го модуля; N - количество учебных модулей; $m(j)$ - количество дисциплин (разделов) в i -м модуле.

Суммарный объем всех ЗУН-комплексов не должен превышать допустимого временного ресурса учебного плана.

Рабочим учебным планом (РУП) на дискретных интервалах времени будем называть множество

$$РУП = \varepsilon \{ \alpha(i, j) \in R \mid V_{Y_n} \leq V_L \},$$

где V_L - объем всех ЗУН-комплексов множества R ; V_{Y_n} - временной ресурс ЗУН-комплекса, принадлежащий подмножеству учебного плана - учебному модулю.

Тогда рабочим учебным планом будет являться некоторое подмножество множества РУП, суммарный временной ресурс всех частей которого не превышает допустимый объем учебного плана.

Задача составления (синтеза) рабочего плана сводится к следующему. Первоначально имеется объем образовательных ресурсов (дисциплин), заложенных в учебный план и набор ЗУН-комплексов. Объем ресурсов, требуемых для реализации всех ЗУН-комплексов в общем виде превышает объем учебного плана. Составить оптимальный рабочий учебный план - это значит спроектировать учебные периоды, имеющие интегральный характер с точки зрения выработки компетенций (реализованных ЗУН-комплексов), и в то же время обеспечить их соответствие запланированному объему образовательных ресурсов.

Исходя из вышесказанного, состав l -го ЗУН-комплекса по выработке компетенции R можно представить как набор параметров и функций:

$$R(i, l) = \{x(i, l, 1), x(i, l, 2), x(i, l, 3), x(i, l, 4), x(i, l, 5), x(i, l, 6), x(i, l, 7), x(i, l, 8), x(i, l, 9), x(i, l, 10), x(i, l, 11), F(i, l, 1), F(i, l, 2)\},$$

где $x(i, l, 1)$ - начало процесса формирования компетенции (первый день реализации учебного модуля); $x(i, l, 2)$ - конец этапа формирования компетенции (последний день реализации учебного модуля); $x(i, l, 3)$ - коэффициент значимости компетенции для профессиональной квалификации; $x(i, l, 4)$ - ресурс времени на лекционные курсы в ЗУН-

комплексе; $x(i, l, 5)$ - ресурс времени на практические занятия; $x(i, l, 6)$ - ресурс времени на лабораторные занятия; $x(i, l, 7)$ - ресурс времени на самостоятельную работу; $x(i, l, 8)$ - ресурс времени на индивидуальные занятия; $x(i, l, 9)$ - ресурс времени на выполнение инновационных заданий в команде; $x(i, l, 10)$ - коэффициент значимости компетенции для выработки последующих компетенций; $x(i, l, 11)$ - коэффициент обобщенной значимости компетенции; $F(i, l, 1)$ - функция нахождения "потомков"; $F(i, l, 2)$ - функция нахождения "предков".

Коэффициент важности компетенции для профессиональной подготовки определяется по шкале от 0 до 1 или приводится к этой шкале по разработанному автором методу.

Коэффициент значимости объекта для других компетенций $x(i, l, 10)$ будем находить по алгоритму задачи о лидере из теории графов. При этом учитывается не только вклад компетенции в изучение его "потомков", но и в изучаемые позже по логике связей компетенции. Значение коэффициента значимости для изучения компетенций-"потомков" приводится к шкале от 0 до 1.

$x(i, l, 11) = \frac{x(i, l, 10) \cdot F(i, l, 2)}{x(i, l, 1) + F(i, l, 1)}$ обобщенной значимости компетенции $x(i, l, 11)$ находится по формуле:

Значения коэффициентов A и B устанавливаются экспертами в зависимости от того, чему придается большее значение - логичности и степени усвоения материала или суммарной обобщенной важности содержания обучения для профессиональной квалификации.

Введем также для удобства изложения следующие параметры, характеризующие компетенцию, которые формируются из указанных выше:

1. Интенсивность изучения лекционного материала курса по дисциплине l для компетенции i :

$$ii(i, l) = x(i, l, 4) / [x(i, l, 2) - x(i, l, 1) + 1].$$

2. Интенсивность аудиторных занятий курса по курсу дисциплины l для компетенции i :

$$ia(i, l) = [x(i, l, 4) + x(i, l, 5) + x(i, l, 6) + x(i, l, 8)] / [x(i, l, 2) - x(i, l, 1) + 1].$$

3. Интенсивность самостоятельной работы для компетенции i :

4. Интенсивность индивидуальных занятий для компетенции i :

$$ii(i, l) = x(i, l, 8) / [x(i, l, 2) - x(i, l, 1) + 1].$$

5. Интенсивность использования инновационных проектов для компетенции i при работе в команде:

$$in(i, l) = \sum_{j=1}^m x_j(i, l, 9) / [x_j(i, l, 4) + x_j(i, l, 5) + x_j(i, l, 6) + x_j(i, l, 7) + x_j(i, l, 8)],$$

где m - количество членов команды.

При составлении рабочего учебного плана необходимо учитывать следующие ограничения.

1. Календарное время окончания реализации любого раздела учебной дисциплины не должно превышать установленного срока обучения в вузе.

$$\max_{R(i, l) \in Y_n} x(i, l, 2) \leq d.$$

2. Количество дисциплин N в плане не более K .

$$N \leq K, \quad R = \{l | x(i, l, 1) \geq 0 \wedge x(i, l, 2) \leq d\}.$$

3. Количество дисциплин в любом семестре не более KS .

$$\forall s [R(s) \leq KS],$$

$$R(s) = \{l | x(i, l, 1) \geq n(s) \wedge x(i, l, 2) \leq k(s)\}.$$

4. Количество учебных часов в неделю не должно превышать заданной нормы.

$$\forall t \left[\sum_{i \in I} \sum_{l \in R} ia(i, l) + is(i, l) + ii(i, l) + in(i, l) \right] \leq T,$$

$$I = \{i | x(i, l, 2) \geq t \wedge x(i, l, 1) \leq t\},$$

$$R = \{l | x(i, l, 2) \geq t \wedge x(i, l, 1) \leq t\},$$

где t - номер недели; T - максимально допустимое количество часов в неделю.

5. На каждой учебной неделе сумма аудиторных часов занятий не должна превышать недельного ресурса времени на аудиторные занятия.

$$\forall t \left[\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} ia(i, l) \leq T_a \right],$$

$$I = \{i | x(i, l, 2) \geq t \wedge x(i, l, 1) \leq t\},$$

$$R = \{l | x(i, l, 2) \geq t \wedge x(i, l, 1) \leq t\},$$

где T_{α} - максимальное число аудиторных часов в неделю.

6. Начало и окончание обучения соответственно с любым ЗУН-комплексом может находиться "внутри" какого-либо учебного семестра.

7. Интенсивность изучения каждой компетенции на любой учебной неделе должна находиться в границах, заданных для соответствующей учебной дисциплины.

$$\forall i \forall l [IN \min(l) \geq ia(i, l) + is(i, l) + is(i, l) + ii(i, l) + in(i, l) \geq IN \max(l)],$$

где $IN \min(l)$, $IN \max(l)$ - минимальная и максимальная допустимые интенсивности изучения дисциплины l .

8. "Внутри" семестра интенсивность изучения любой учебной дисциплины должна быть величиной постоянной

$$id(l, s) = \frac{x(i, l, 4) + x(i, l, 5) + x(i, l, 6) + x(i, l, 7) + x(i, l, 8) + x(i, l, 9)}{k(s) - r(s) + 1},$$

где $id(l, s)$ - интенсивность изучения дисциплины l в семестре s .

9. Изучение разделов дисциплины должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить временное согласование связей между разделами

10. Любая дисциплина, изучаемая более чем в одном семестре, должна изучаться "непрерывно".

$$\forall s \forall k \forall t (id(l, s) \neq 0 \wedge id(l, s + t) \neq 0 \Rightarrow \Rightarrow id(l, s + k) \neq 0),$$

где $id(l, s)$ - интенсивность дисциплины l в семестре s , s, k, t - целые, $k + t < S$, S - количество семестров.

11. По каждой дисциплине в семестре планировать либо экзамен, либо зачет.

$$\forall l \forall s (kt(l, s) = 0 \vee kt(l, s) = 1),$$

где $kt(l, s)$ - контрольная точка дисциплины l в семестре s .

12. Количество экзаменов в одном семестре не более заданного Ex .

где $KT(s)$ - множество контрольных точек семестра s .

13. Количество зачетов в семестре не более заданного Z , включая зачеты по курсовым работам и проектам.

14. В качестве рубежного контроля по дисциплине, изучаемой более одного семестра, планировать зачеты, а экзамены только в тех случаях, когда лекционный курс по дисциплине занимает более 80 часов.

$$\forall l \forall s \left(kt(l, s) = \begin{cases} 0, & \text{если } V(l) < 80 \\ 1, & \text{если } V(l) \geq 80 \end{cases} \right),$$

$$V(l) = \left(\sum_{i=1}^{m(l)} x(i, l, 4) | x(i, l, 2) \leq k(s) \right).$$

15. В семестре не должно быть запланировано более L инновационных работ и проектов.

$$\forall s (kur(s) \leq L),$$

где $kur(s)$ - количество курсовых работ и проектов в семестре s .

Задачу оптимизации учебного плана можно рассматривать с различных точек зрения. В данной работе задача синтеза ставится следующим образом: необходимо отобрать в учебный план наиболее важный для профессиональной деятельности материал и расположить его по семестрам оптимальным образом.

В качестве критерия, характеризующего важность материала в плане для профессии, могут служить, например, следующие функционалы:

♦ критерий, максимизирующий суммарную значимость для профессиональной подготовки модулей, включенных в план:

♦ критерий, максимизирующий суммарную обобщенную значимость компетенций, включенных в учебный план:

$$\sum_{\alpha(i,j) \in R} x(i,l,11) \rightarrow \max.$$

В качестве критерия, определяющего оптимальность расположения модулей по семестрам, выбран критерий, минимизирующий суммарную величину временных разрывов между информационно связанными модулями учебного плана с учетом тесноты связи. Он выражается следующими зависимостями:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m k(i,l;j,r) \cdot P(i,l;j,r) \cdot [x(j,r,1) - x(i,l,2)] \rightarrow \min,$$

где

Коэффициент f определяется из соотношения

$$\forall i \forall j \forall l \forall r [f \cdot P(i,l;j,r) \geq Q_{\max}].$$

Q_{\max} - максимальное значение критерия, которое можно оценить, исходя из соотношения,

$$Q_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m P(i,l;j,r) \cdot [k(n \max) - n(1)].$$

где $n \max$ - номер последнего семестра; P - итерированная сила порядка k модуля m рассчитывается по формуле:

где a - коэффициент тесноты связи модуля-предка m с модулем -потомком i .

Возвращаясь к модели компетентностно ориентированного процесса обучения, введем четыре "макропараметра": суммарный объем учебных часов по стандартным решениям Y и инновационным решениям X , число периодов обучения или время T , результат обучения R - уровень полученной компетенция. Искомой переменной является "траектория обучения" $R^s T$.

В общем виде задача оптимального управления процессом формирования компетенций формулируется следующим образом: при заданном

суммарном объеме работ Y и X , которые может выполнить обучаемый, и времени, отведенного на обучение T , требуется найти траекторию, максимизирующую результат обучения R . Основываясь на результатах, полученных в работе², эта задача записывается следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{l=1}^T y^l \exp(-\gamma \sum_{m=1}^{l-1} y^m) + \sum_{l=1}^{l-1} r^0 x^{l1} / \\ \exp(-\gamma \sum_{m=1}^{l-1} x^{m1}) \rightarrow \min_{\tau=1} \{(y+x)^{1,T} | \sum_{\tau=1} (y+x)^\tau = Y+X\} \\ Y^\tau \leq Y \\ X^\tau \leq X \\ \tau \leq T \\ \sum_{\alpha(i,j) \in R} x(i,l,3) \rightarrow \max \\ \sum_{\alpha(i,j) \in R} x(i,l,11) \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m k(i,l;j,r) \cdot P(i,l;j,r) \times \\ \times [x(j,r,1) - x(i,l,2)] \rightarrow \min \\ \max_{R(i,l) \in PUP} x(i,l,2) \leq d \\ N \leq K \\ L(s) \leq KS \\ n(s) \leq x(i,l,k) \wedge k(s) \geq x(i,l,2) \\ IN \min(l) \geq ia(i,l) + is(i,l) + ii(i,l) + \\ + in(i,l) \geq IN \max(l) \\ x(i,l,1) \geq n(s) \wedge x(i,l,2) \leq k(s) \\ x(j,r,1) - x(i,l,2) \geq 0 \end{array} \right.$$

Данную задачу можно рассматривать как задачу оптимального управления образовательным процессом, когда требуется за фиксированное время и при заданном объеме образовательных ресурсов, так распределить их во времени t , чтобы максимизировать уровень обученности и приобрести необходимые компетенции.

¹ Трофимова О.К. Автоматизация процесса составления учебных планов вузов: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1999.

² Дровяников В.И., Хаймович И.Н. Моделирование процесса компетентностно-ориентированного обучения // Вестн. Самар. гос. экон. ун-та. Самара, 2008. № 1.

Поступила в редакцию 15.06.2009 г.