

УДК 303.732.4, 004.451.25, 004.02

# МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕНТОМ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**В.И. Карпов**

*Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского*  
Россия, Москва, Земляной Вал, 73  
E-mail: vikarp@mail.ru

**Ключевые слова:** модель знаний, ранг вершины графа, компетенции, экспертные оценки, структурно функциональное моделирование, постановка задачи оптимизации контента обучения (учебного плана).

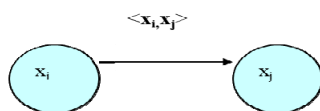
**Аннотация:** Формирование контента обучения во все времена является актуальной задачей. Но решение этой задачи выполнялось и выполняется обеспечить на основе опыта и интуиции работников высшей школы. В настоящем докладе рассматривается формализованная методология формирования контента обучения, использующая методы системного анализа и цифровых информационных технологий. Ставится задача автоматизировать процесс формирования оптимального учебного плана, что сделает возможным обеспечить регулярное автоматизированное управление процессом формирования контентом обучения.

## 1. Введение

В настоящем докладе приводятся некоторые результаты выполнения проекта «Создание автоматизированной системы (АС) формирования структуры и содержания профессионального образования» аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», регистрационный номер 3.1.2/372.

## 2. Модель содержания обучения

В формализованном виде содержание учебной дисциплины можно представить в виде графа  $G$  [1]:  $G = \langle X, U \rangle$ , где  $X$  – множество понятий и умений;  $U$  – множество дуг графа  $\langle x_i, x_j \rangle$ ,  $x_i \in X$ ,  $x_j \in X$ , дуга  $\langle x_i, x_j \rangle$  означает, что  $x_i$  используется в  $x_j$ . (см. рис. 1). Это означает, понятие или умение  $x_j$  может изучаться только после понятия или умения  $x_i$ . Понятия даются в виде определений, каждое умение представляет собой типовую задачу, решение которой представляется алгоритмов, содержащем 5-6 этапов решения задачи.



**Рис. 1.** Логическая связь между вершинами  $x_i$  и  $x_j$ .

Понятия и умения объединяются в более крупные единицы содержания – модули. На рис. 2 показано содержание двух модулей, между которыми определена логическая связь с весом важности  $P(1, 2) = 6$  (из модуля 1 исходят 6 дуг в модуль 2).

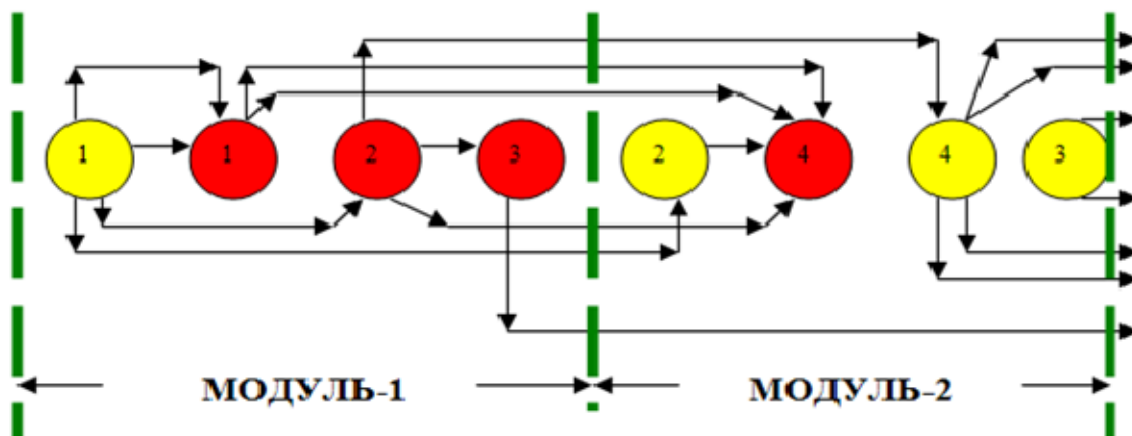


Рис. 2. Представлены два модуля, в каждом из которых по четыре смысловых единицы: в первом два понятия и два умения, во втором – три понятия и одно умение.

Определим степень важности  $P_i$  вершины  $X_i$  как количество путей, исходящих из вершины  $X_i$  во все другие вершины, а коэффициент важности  $PN(i)$  – нормированный ранг вершины  $X_i$ , а вектор рангов  $PN$  – набор нормированных рангов вершин графа. Пусть дан граф на рис. 3

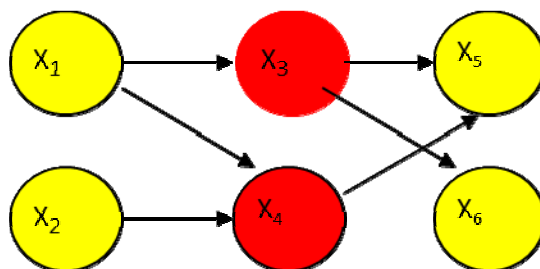


Рис. 3. Заданный граф для определения вектора рангов.

Применяя процедуру получения матрицы транзитивного замыкания бинарных отношений алгоритма «задачи о лидере»[2] для нашего примера, получим:

$P(1)=1 + 1 + 1 = 3$	$pn(1)=3/(3+1+2+1)=0.44$
$P(2)=1$	$pn(2)=1/(3+1+2+1)=0.14$
$P(3)=2$	$pn(3)=2/(3+1+2+1)=0.28$
$P(4)=1$	$pn(4)=1/(3+1+2+1)=0.14$
$P(5)=0$	$pn(5)=0/(3+1+2+1)=0.0$
$P(6)=0$	$pn(6)=0/(3+1+2+1)=0.0$

$$PN = \langle 0.44, 0.14, 0.28, 0.14, 0, 0 \rangle$$

### 3. Исходные данные для задачи управления контентом образования. Общая постановка задачи планирования

Каждый модуль  $x(i)$  представляется кортежем:

$$Kx(i) = \langle t(i), z(i) PN(i), mp(i), tu(i) \rangle,$$

где  $t(i)$  – трудоемкость  $i$ -го модуля в часах;  $z(i)$  – количество зачетных единиц;  $PN(i)$  – нормированный ранг  $i$ -го модуля;  $mp(i)$  – множество понятий  $i$ -го модуля;  $tu(i)$  – множество умений  $i$ -го модуля.

Вся совокупность дисциплин представляется в виде графа  $G = \langle X, U \rangle$ , где  $X$  – множество модулей,  $U$  – множество дуг (логических связей между модулями). Рекомендованный размер модуля  $t(i) = 34-36$  часов. Количество понятий в таком модуле может изменяться от 20 до 40, а число умений от 8 до 15. Набор понятий представляется в виде словаря (гlossария), а описание умений сопровождается описанием алгоритмов их реализации (5- 8 этапов). С переходом на кредитную систему один такой модуль соответствует одному кредиту (1 модуль = 1 кредит = 1 зачетная единица). Все модули группируются по дисциплинам. Внутри каждой дисциплины модули упорядочены. Модули всех дисциплин имеют сквозную нумерацию. Исходные данные, представляющие коэффициенты внутренних (логических) связей, можно представить в виде табл. 1. В этой таблице элементы под главной диагональю матрицы равны нулю. Это возможно после предварительной обработки графа содержания обучения, при выполнении которой оптимально удаляются контуры графа [3]. Элементы матрицы  $PN(i, j)$  для  $i = 1, 2, \dots, N; j = i+1, i+2, \dots, N$  могут определяться либо «снизу-вверх», изложенным выше методом при формировании модулей, либо «сверху-вниз», при наличии уже сформированных модулей методом экспертных оценок и дальнейшей обработке методом рангов. Здесь  $N$  – общее количество модулей всех дисциплин. Пусть представлены  $K$  компетенций как дополнительные вершины графа  $G$  с нулевой трудоемкостью. В таблице 1 этим вершинам соответствуют столбцы и строки с именем Модуль  $N+1, \dots$  Модуль  $N+K$ .

**Таблица 1. Таблица логических связей модулей дисциплин и компетенций**

	Модуль1	Модуль2	Модуль..	МодульN	МодульN+1	...	МодульN+K
Модуль1	1	PN(1,2)	...	PN(1,N)	PN(1,N+1)	...	PN(1,N+K)
Модуль2	0	1	...	PN(2,N)	PN(2,N+1)	...	PN(2,N+K)
Модуль3	0	0	1	PN(3,N)	PN(3,N+1)	...	PN(3,N+K)
Модуль4	0	0	0	1	PN(4,N+1)	...	PN(4,N+K)
Модуль5	0	0	0	0	1	...	PN(5,N+K)
....	...	...	...	...	...	...	...

При опросе экспертов оценка степени использования модуля в других модулях или компетенциях оценивается значением ранга по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 &PN(i, j) = 0, \text{ если модуль } i \text{ не участвует в} \\
 &\text{формировании вершины } j \text{ графа,} \\
 &PN(i, j) = 1, \text{ если модуль } i \text{ имеет малое значение для} \\
 &\text{формирования вершины } j \text{ графа,} \\
 &PN(i, j) = 2, \text{ если модуль } i \text{ важен для формирования} \\
 &\text{вершины } j \text{ графа,} \\
 &PN(i, j) = 3, \text{ если модуль } i \text{ очень важен для} \\
 &\text{формирования вершины } j \text{ графа} \\
 &I = 1, N + K, j = 1, N + K
 \end{aligned}$$

В последующей обработке полученные экспертные оценки нормируются и любой ранг принимает значение от 0 до 1. Концепция общей постановки задачи представлена на рис. 4.

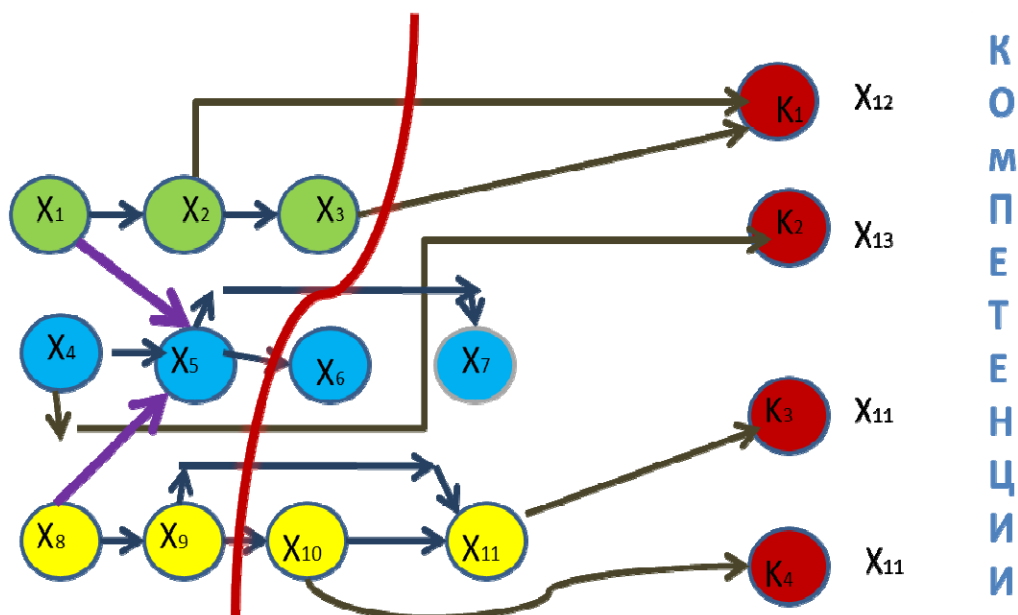


Рис. 4. Набор модулей дисциплин и компетенций, логических связей между ними.

Содержательно задача формирования учебного плана подготовки специалистов заключается в следующем. Из заданного набора модулей возможных дисциплин (модули упорядочены внутри дисциплин) нужно включить в учебный план наиболее полезные с точки зрения их участия в формировании заданных компетенций (красная линия).

Допустимым планом будем называть множество  $X_s \in X$  ( $X_s$  – подмножество множества  $X$ ), удовлетворяющее следующим соотношениям:

- (1)  $\forall_i \forall_j (x(i) \in X_s \wedge x(j) \in (X \setminus X_s) \Rightarrow P(j, i) = 0)$ ,
- (2)  $\sum_{i \in X_s} t(i) \leq T$

где  $T$  – общий ресурс времени, отводимый на обучение по заданному плану.

Смысл ограничения (1) заключается в том, что включение модулей в учебный план возможно только в том случае, если при его изучении не используются знания или умения из модуля, не включенного в учебный план. Помимо указанного ограничения учитываются и другие ограничения, в частности. Ограничения на допустимые интенсивности изучения дисциплин внутри семестра, на количество дисциплин, изучаемых в каждом семестре [4- 6].

Оптимальным планом, будем называть допустимый план, максимизирующий значение критерия  $Q$ :

- (3)  $Q = \sum_{i \in I} PN(i) \Rightarrow \max I = \varepsilon \{ i \mid x(i) \in X_s \}$ .

Содержательный смысл оптимального плана заключается в том, что набор модулей, включенных в учебный план, обеспечивает максимально возможный вклад в формирование нужных компетенций. На рис. 5 представлена структурно функциональная модель решения задачи формирования оптимального учебного плана подготовки специалистов разработанная в соответствии с методологией IDEF0 по государственному стандарту Р50.1.028-001. Модель разработана на платформе ППП RAMUS [7].

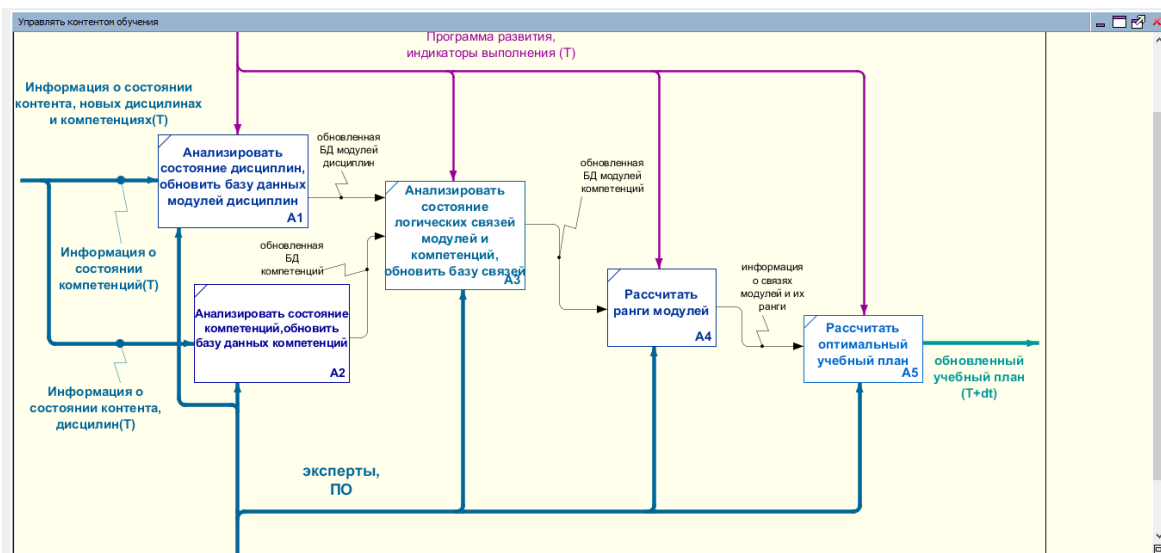


Рис. 5. Структурно функциональная модель процесса решения задачи формирования оптимального учебного плана подготовки специалистов.

## 4. Заключение

В докладе рассмотрена задача планирования контента обучения (составление оптимальных учебных планов). Отражен определенный опыт оптимизации учебных планов. Однако, в настоящее время возникает проблема реинжиниринга рассмотренных задач с целью создания постоянно действующей автоматизированной системы планирования контента обучения и реализации мониторинга учебных планов, реализации функций учета, контроля и регулирования контента в соответствии с новыми направлениями развития науки и техники.

## Список литературы

1. Карпов В.И., Лабутина Н.В., Мышенков К.С. Информационно-технологический подход к формализации предметной области // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. 2009. № 3 (76). С. 68-75.
2. Карпов К.В. Теория графов. МЦНМО, 2022. 560 с.
3. Карпов В.И., Виноградов В.А., Сурин А.М. Программа удаления контуров орграфа модулей содержания учебных дисциплин. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Номер свидетельства 2010612819. Дата регистрации в реестре программ (баз данных) 26.04.2010.
4. Карпов В.И., Портнов Н.М. Методология оптимизации содержания обучения, основанная на использовании современных информационных технологий на базе платформы 1С // Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов 19-й международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Чистова. 2019. С. 323-325.
5. Трофимова О.К., Карпов В.И. Оптимизация составления учебных планов ВУЗов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. 1998. № 2. С. 109.
6. Карпов В.И., Лабутина Н.В., Мышенков К.С. Методы создания учебных планов вузов нового поколения // Высшая школа России в Болонском процессе: новые подходы к подготовке специалистов для пищевой индустрии. Сборник материалов Межвузовской научно-методической конференции. Москва, 2008. С. 86-95.
7. ППП RAMUS, <https://softdroids.com/>.