

**Макаров Д.В.**

## К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ

*makarov-dv@ya.ru*

*ГОУ ВПО УГТУ-УПИ*

*г. Екатеринбург*

*В современной действительности в России ВУЗ выступает в роли поставщика образовательных услуг. Для успешного, конкурентоспособного существования на рынке образовательных услуг ВУЗ обязан учитывать постоянно меняющиеся требования работодателей, которые в конечном итоге являются потребителями данных услуг. В статье рассмотрены вопросы разработки математической модели учебных планов, реализующих федеральные образовательные стандарты, с учетом динамически изменяющихся требований работодателей.*

*In present-day reality in Russia institute of higher education is a provider of educational service. Institute of higher education have to take into varying requirements of employer (which finally is user of this kind of service) in order to be competitive and successful. In this paper we discuss studies on design simulator of curriculum, which realizing federal educational standards, taking into dynamically varying requirements of employer.*

### **Введение**

В результате участия России в Болонском процессе, направленном на создание единого образовательного пространства в Европе, последовали реформы в системе высшего образования России. В настоящее время высшее образование является фактически плановым, и образовательные стандарты оставляют мало свободы ВУзам в формировании своих учебных планов и образовательных программ, так как большую часть занимают федеральная и региональная компоненты. Образовательные стандарты третьего поколения – федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОСы) – предоставляют ВУзам большую свободу в составлении учебных планов, регламентируя только количественный и качественный состав основных фундаментальных дисциплин, сохраняя фундаментальность и глубину российского высшего образования. Для большей части дисциплин ВУЗ определяет количество и содержание самостоятельно, исходя из текущих условий. Мало того, ФГОСы обязывают ежегодно пересматривать состав учебных планов. Необходимость и степень важности (а значит и количество внимания, которое должен уделить ВУЗ этой дисциплине) той или иной дисциплины определяется рынком.

В идеальном случае ВУЗ формирует учебные программы полностью соответствующие требованиям работодателей и ФГОСов и в результате получает выпускника на сто процентов освоившего учебный материал и соответствующего требованиям. На практике такой реализации мешают следующие моменты:

- нельзя сформировать учебные программы, полностью соответствующих требованиям государственных образовательных стандартов и требованиям работодателей;
- средний студент не осваивает в полной мере программу ВУЗа.

В результате задачу приходится решать динамически, в каждый момент времени оценивая разницу между требованиями к выпускнику и реальными результатами и меняя в необходимую сторону учебный план.

Для решения задачи составления учебных планов можно применять современные информационные технологии, которые требуют предъявлять входные данные для решения задачи в математическом виде.

Для определения требований ФГОСов используется язык компетенций. Компетенция, по определению – это динамическая совокупность знаний, умений, навыков, способностей, ценностей, необходимая для эффективной профессиональной и социальной деятельности и развития личности выпускников, которую они обязаны освоить и продемонстрировать после завершения части или всей образовательной программы[1]. Для определения требований работодателей, описания дисциплин, описания степени освоения выпускником специальности также удобно применять язык компетенций, тем самым, определяя общий язык задачи. В данной статье будет показано, как именно определяются эти требования и описания в терминах компетенций. Это будет первым шагом к составлению модели учебного плана.

### Базовые понятия предметной области

Определим набор базисных векторов компетенций:

$$K = \begin{Bmatrix} K_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & K_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & K_N \end{Bmatrix}$$

$N$  – общее количество разных компетенций

Набор базисный векторов компетенций определяет *пространство компетенций*, представляющее собой совокупность всех возможных компетентностных векторов.

Произвольный компетентностный вектор можно представить в виде линейной комбинации базисных векторов и однозначно определяется упорядоченным набором коэффициентов при каждом базисном векторе:

$$X^K = \{x_1, \dots, x_N\} \cdot K$$

Тогда нормативный набор компетенции по  $i$ -й специальности (и для  $i$ -й группы) можно представить в виде *компетентностного целевого вектора специальности*,  $i=1 \dots P$ , где  $P$  – общее количество специальностей (групп):

$$C_i^K = \{c_{i1}^i, \dots, c_{iN}^i\} \cdot K$$

Коэффициент  $c_n^i$  определяет норматив по  $n$ -й компетенции для  $i$ -й специальности.

Компетентностный целевой вектор специальности формируется на основе ФГОС для данной специальности и анкетирования целевой группы работодателей для данной специальности.

Тогда матрица  $C^K$  определяет компетентностные целевые вектора всех специальностей ВУЗа и называется *компетентностной целевой матрицей* вуза.

$$C^K = \begin{Bmatrix} c_{11}^1 & c_{12}^1 & \dots & c_{1N}^1 \\ c_{21}^1 & c_{22}^1 & \dots & c_{2N}^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{P1}^P & c_{P2}^P & \dots & c_{PN}^P \end{Bmatrix} \cdot K = \begin{Bmatrix} c_{11}^1 & c_{12}^1 & \dots & c_{1N}^1 \\ c_{21}^1 & c_{22}^1 & \dots & c_{2N}^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{P1}^P & c_{P2}^P & \dots & c_{PN}^P \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} K_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & K_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & K_N \end{Bmatrix}$$

В результате взаимодействия студента с вузом формируется выпускник, характеризующийся набором освоенных им компетенций, который можно выразить *компетентностным вектором выпускника*  $i$ -й специальности (стоит принять их равными для выпускников одной специальности, так как, во-первых, минимальной единицей при расчете учебной нагрузки является группа; а во-вторых, данные о выпускниках, содержащиеся в компетентностном векторе выпускника, носят статистический характер и получаются путем усреднения данных анкет работодателей и выпускников):

$$V^K_i = \{v_{1i}^1, \dots, v_{Ni}^1\} \cdot K$$

Коэффициент  $v_n^i$  определяет степень освоения выпускником  $i$ -й специальности  $n$ -й компетенции.

Компетентностный вектор выпускника формируется на основе анкетирования выпускников данной специальности, а также целевой группы работодателей для данной специальности.

Тогда матрица  $V^K$  определяет компетентностные вектора всех выпускников ВУЗа и называется *компетентностной матрицей выпускников* ВУЗа.

$$V^K = \begin{Bmatrix} v_{11}^1 & v_{12}^1 & \dots & v_{1N}^1 \\ v_{21}^1 & v_{22}^1 & \dots & v_{2N}^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{P1}^P & v_{P2}^P & \dots & v_{PN}^P \end{Bmatrix} \cdot K = \begin{Bmatrix} v_{11}^1 & v_{12}^1 & \dots & v_{1N}^1 \\ v_{21}^1 & v_{22}^1 & \dots & v_{2N}^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{P1}^P & v_{P2}^P & \dots & v_{PN}^P \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} K_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & K_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & K_N \end{Bmatrix}$$

Специальность характеризуется набором дисциплин, освоение каждой из которых складывается из освоения некоторого набора компетенций.  $j$ -ю дисциплину можно представить в виде *компетентностного вектора дисциплины* ( $j=1..L$ ):

$$M^K_j = \{m_{1j}^1, \dots, m_{Nj}^1\} \cdot K$$

Коэффициент  $m_n^j$  определяет степень, с которой  $j$ -я дисциплина формирует  $n$ -ю компетенцию у выпускника.

Компетентностный вектор дисциплины формируется на основе интервьюирования экспертов по данной дисциплине.

Тогда  $M^K$  определяет компетентностные вектора всех дисциплин ВУЗа и называется *компетентностной матрицей дисциплин* вуза.

$$M^K = \begin{Bmatrix} m^1_1 & m^1_2 & \dots & m^1_N \\ m^2_1 & m^2_2 & \dots & m^2_N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m^L_1 & m^L_2 & \dots & m^L_N \end{Bmatrix} \cdot K$$

$L$  – общее количество разных дисциплин

$i$ -ю специальность можно выразить в виде *вектора дисциплин специальности* (для всех  $j=1 \dots L$ ,  $s^j_i=1|0$ ):

$$S^M_i = \{s^i_1, \dots, s^i_L\}$$

Коэффициент  $s^i_j$  определяет входит ли  $j$ -я дисциплина в  $i$ -ю специальность.

Тогда матрица  $S^M$  определяет состав дисциплин всех специальностей вуза и называется *матрицей дисциплин специальностей* вуза.

$$S^M = \begin{Bmatrix} s^1_1 & s^1_2 & \dots & s^1_L \\ s^2_1 & s^2_2 & \dots & s^2_L \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s^P_1 & s^P_2 & \dots & s^P_L \end{Bmatrix}$$

Матрица  $S^K$  определяет компетентностный состав специальности в зависимости от состава дисциплин специальностей и называется *компетентностной матрицей специальностей* вуза.

$$S^K = S^M \cdot M^K = \begin{Bmatrix} s^1_1 & s^1_2 & \dots & s^1_L \\ s^2_1 & s^2_2 & \dots & s^2_L \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s^P_1 & s^P_2 & \dots & s^P_L \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} m^1_1 & m^1_2 & \dots & m^1_N \\ m^2_1 & m^2_2 & \dots & m^2_N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m^L_1 & m^L_2 & \dots & m^L_N \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} K_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & K_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & K_N \end{Bmatrix}$$

Матрицы  $C^K$ ,  $V^K$ ,  $S^K$ ,  $S^M$  и  $M^K$  определяют понятия языка предметной области, в терминах которого будет решаться задача оптимизации. Пока привязки к практической реализации нет. Под практической реализацией в данном контексте понимается конкретный учебный план, который можно использовать в качестве документа, регламентирующего реальный учебный процесс.

Учебный план может быть:

- текущий, т.е. такой учебный план, в соответствии с которым в данный момент организуется учебный процесс;
- рекомендуемый, т.е. такой учебный план, который получится в результате решения задачи оптимизации учебного процесса.

Учебный план представляет собой некоторый упорядоченный набор чисел. Для каждой дисциплины каждой специальности для каждого семестра

можно поставить в соответствие некоторое число, которое будет равно количеству зачетных единиц (кредитов), которые получит выпускник, освоивший эту дисциплину. Очевидно, что это количество зачетных единиц является свойством дисциплины. Поставить в соответствие каждой дисциплине количество зачетных единиц, которые получит студент, освоивший эту дисциплину, можно с помощью интервьюирования экспертов по каждой дисциплине, а также с помощью анализа текущих учебных планов.

Столбец из  $L$  элементов определит все значения зачетных единиц для каждой дисциплины [2].

$$Z = \begin{Bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_L \end{Bmatrix}$$

### Постановка задачи

Стоит отметить один момент. Так как средний студент не осваивает в полной мере программу ВУЗа, зависимость компетентностной матрицы выпускника от компетентностной матрицы специальности в общем случае нелинейная и определяется функцией  $V^K = F(S^K)$ .

В результате предварительно задачу формирования учебного плана можно сформулировать следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{norm}(F(S^M \cdot M^K) - C^K) &\rightarrow \min \\ \text{norm}(S^K) &\rightarrow \min \end{aligned}$$

это означает, что выпускник по освоенным компетенциям должен приближаться к компетенционным требованиям работодателей и ФГОСов при минимальном наборе образовательных модулей. В качестве  $\text{norm}(\cdot)$  может выступать сумма квадратов элементов соответствующих матриц. Необходимо определить состав дисциплин  $M^K$  и состав специальностей  $S^K$ .

### Заключение

Представленная постановка задачи даст в итоге информацию только о наборе необходимых образовательных модулей, но не создает необходимую последовательность освоения этих модулей. Для того чтобы сформировать набор рекомендаций необходимо учитывать последовательность освоения модулей. В качестве носителя информации о необходимой последовательности изучения модулей может, например, выступить система направленных графов. Этот подход предполагает нахождение глобального экстремума задачи, причем нет гарантии, что для реализации полученных результатов не потребуются «революционных» изменений в существующей системе учебных планов ВУЗа.

Представляется перспективным другой вариант исследования, он предполагает анализ локального поведения матриц  $C^K$ ,  $V^K$  и  $S^K$ , а затем пошаговое

приближение компетентностной матрицы выпускника  $V^K$  к нормативной матрице специальностей  $C^K$ , путем влияния на матрицы специальностей и дисциплин ВУЗа.

Такой подход замечателен тем, что не требует разработки с нуля системы направленных графов для учета необходимой последовательности осваивания дисциплин и образовательных модулей, а использует уже существующие разработки, то есть используются уже сформированные по образовательным стандартам второго поколения учебные планы, в которых уже заложена вся необходимая информация. Мало того, эту информацию не нужно расшифровывать и представлять в виде графов, а можно использовать прямо в виде самих учебных планов.

1. Болонский процесс: поиск общности европейских систем высшего образования (проект TUNNING)/ Под науч. ред. д-ра пед. наук, проф. В.И. Байденко. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. 221 с.
2. Лекции по высшей математике/ А.Д. Мышкис. М.: «Наука», 1969. 640 с.

**Паршина В.С., Семенова Н.В.**

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНТНООРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ**

*semenova@2-u.ru*  
 ГОУ ВПО УГТУ-УПИ  
 г. Екатеринбург

*Наблюдается тенденция перехода к компетентностноориентированному подходу подготовки специалистов в вузе, предполагающему оценку комплекса качеств студентов. Для реализации их оценки предложена модель и программное средство на основе теории распознавания образов. Разработана компьютерная программа оценки качеств студентов. Их внедрение позволит повысить конкурентоспособность студентов и поднять уровень их мотивации.*

*There is a tendency of the switch to the competent-oriented approach of specialists' training at the universities, which implies the evaluation of the students' quality complex. A modal and a program means on the grounds of the image identification theory is offered. A computer program for the students' quality evaluation has been developed. Their implementation will allow to heighten the students' competitiveness and to raise the level of their motivation.*

До недавнего времени деятельность руководителей и специалистов в большей части анализировалась относительно полноты использования рабочего времени, то есть отсутствия простоев в процессе работы. Чем более интеллектуален труд, тем в меньшей степени правомерен данный подход. В настоящее