

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МЕТОДОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Топоркова О. М.

*Описывается модель определения состава дисциплин основной образовательной программы вуза по направлению подготовки, использующая нечеткость при принятии решений. Модель включает оригинальный метод формирования оценочных пространств, обеспечивающий эксперту свободу в выборе критериев и в оценке их значимости*

**Введение.** Одной из основных задач организации учебного процесса в высшей школе является определение содержания обучения как формирование перечня подлежащих изучению дисциплин для приобретения выпускником требуемого квалификационного или компетентностного уровня. В настоящее время часть дисциплин регламентируется Государственным образовательным стандартом (ГОСом), а часть вносится в основную образовательную программу (ООП) по направлению подготовки сотрудниками вуза (экспертами). Присоединение России к процессам Болонских реформ в 2003 году предопределило серьезные перемены в методологии и концептуальных подходах к нормативным ограничениям ООП со стороны регламентирующих органов. Эти инновации воплотились в разработке макета нового федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, в котором, в частности, отсутствует перечень обязательных к изучению дисциплин. Таким образом в ГОСе третьего поколения воплотилась ставшая очевидной в новых условиях функционирования вузов необходимость расширения «академических свобод»<sup>1</sup> последних для определения содержания обучения.

Формирование состава дисциплин ООП выполняется в условиях неопределенности, вызванной рядом причин [1]. В таком случае необходимо применение методов и моделей извлечения и обработки экспертных мнений. Анализ существующих наработок в этом направлении в рассматриваемой предметной области показал отсутствие современных подходов к решению данной задачи. Основным недостатком является ограничение свобод экспертов в выборе критериев для оценки дисциплин ООП, что ведет к регламентированности и негибкости принятия экспертных решений. Это предопределило актуальность исследований, результат которых приведен в данной публикации. В ней рассматривается метод и модель экспертного формирования состава дисциплин ООП путем создания и обработки нечетких понятий [2] в индивидуальном оценочном пространстве, создаваемом самим экспертом.

**Общее описание метода.** В формировании состава дисциплин ООП принимают участие две категории экспертов: руководитель работ (далее – главный эксперт) и ра-

---

<sup>1</sup> О разработке нового поколения государственных образовательных стандартов и поэтапном переходе на уровневое высшее профессиональное образование с учетом требований рынка труда и международных тенденций развития высшего образования: Протокол заседания коллегии Министерства образования и науки РФ от 01.02.07, № ПК-1. – [http://www.edu.ru/db/mo/Data/d\\_07/mpk-1.html](http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_07/mpk-1.html).

бочие эксперты. В качестве главного эксперта выступает представитель администрации вуза, в функции которого входит подбор рабочих экспертов, составляющих экспертную группу, и окончательное принятие решения по составу дисциплин на основе результатов их работы. Рабочие эксперты, как правило, – это ведущие преподаватели кафедр вуза<sup>2</sup>. Именно рабочие эксперты формируют состав дисциплин ООП по направлению подготовки на основании собственных предпочтений, опыта, квалификации и т.д.

И для подбора рабочих экспертов, и для выбора дисциплин эксперты обеих категорий руководствуются некоторыми (различными, в общем случае) критериями, каждый из которых характеризуется своей значимостью, или весом. Рассматриваемый метод позволяет экспертам создавать собственное оценочное пространство, каждая шкала которого суть критерий; шкалы взвешены в соответствии со значимостью последнего.

Обобщенный алгоритм оригинального метода определения состава дисциплин ООП как автоматизированная процедура взаимодействия экспертов разных категорий включает следующие последовательные шаги:

1. *главный эксперт* создает оценочное пространство для формирования окончательного решения путем объединения мнений рабочих экспертов;
2. *главный эксперт* заполняет оценочное пространство данными о рабочих экспертах;
3. *рабочий эксперт* создает оценочное пространство для выбора дисциплин;
4. *рабочий эксперт* заполняет оценочное пространство данными о дисциплинах;
5. выполняется автоматическая обработка данных в оценочном пространстве *рабочего эксперта*, в результате которой каждая дисциплина получает некоторую числовую характеристику, определяющую ее значимость (вес) для включения в ООП;
6. выполняется автоматическое ранжирование результатов предыдущего этапа в оценочном пространстве *рабочего эксперта* и выбор наиболее предпочтительных дисциплин;
7. выполняется автоматическая обработка данных в оценочном пространстве *главного эксперта*, в результате которой каждый состав дисциплин, полученный от рабочих экспертов, меняет свои числовые характеристики с учетом степени квалификации соответствующего рабочего эксперта;
8. выполняется ранжирование результатов предыдущего этапа в оценочном пространстве *главного эксперта* и выбор наиболее предпочтительных дисциплин.

Анализ приведенного алгоритма позволяет выявить общие задачи для главного и рабочих экспертов: создание оценочного пространства (шаги 1 и 3), его заполнение (шаги 2 и 4), обработка данных (шаги 5 и 7), ранжирование результатов и выбор (шаги 6 и 8). Описываемый метод предназначен для решения указанных задач. В дальнейшем изложении термин «эксперт» интерпретируется, если не оговаривается особо, как главный или рабочий эксперт.

---

<sup>2</sup> В современных условиях реформирования высшей школы в их число могут входить также работодатели, бывшие выпускники, студенты и другие заинтересованные стороны. Такое разнообразие рабочих экспертов также обуславливает необходимость совершенствования технологии, применяемой для решения задачи.

**Создание оценочного пространства** выполняется с помощью следующих действий: выбор критериев для оценки объектов<sup>3</sup>, определение диапазона изменения критериев, упорядочение значений критериев, формирование размытых шкал. Перечисленные действия выполняются на усмотрение самого эксперта и никак не регламентируются. Однако все данные сохраняются в системе, что позволяет впоследствии главному эксперту выполнить анализ экспертного оценочного пространства для решения стратегических или тактических задач управления (например, сделать вывод об объективности или предвзятости самого рабочего эксперта и решить кадровый вопрос).

*Выбор критериев* включает как определение состава, так и задание весов, связанных и их значимостью. Формально эта задача интерпретируется в методе как определение нечеткого множества  $\Omega :=$  «значимые критерии»:

$$\Omega = \{\mu_{\Omega}(\theta_j) / \theta_j\},$$

где  $\theta_j \in \Theta$  - критерий для оценки объектов – шкала оценочного пространства  $\mathfrak{S}$ ;

$\Theta$  - множество критериев для оценки объектов;

$\mu_{\Omega} \in [0, 1]$  - степень принадлежности критерия  $\theta_j$  нечеткому множеству  $\Omega$  - вес критерия.

В качестве критериев для оценки *дисциплин* могут использоваться такие характеристики как «опыт преподавания дисциплины в вузе», «степень сообщения дисциплиной определенной профессиональной компетенции обучаемому», «наличие лабораторной базы для преподавания дисциплины» и т.п.; для оценки *рабочих экспертов* могут применяться критерии: «возраст», «ученая степень», «опыт преподавания дисциплины» и т.п.

*Определение диапазона* изменения критериев позволяет начать разметку полученных шкал  $\{\theta_j, \mu_{\Omega}(\theta_j)\}$ , формируя на каждой из них точки  $p_j^{\max}$  и  $p_j^{\min}$ , первая из которых соответствует максимально благоприятной оценке объектов, а вторая – максимально низкой. С одной из точек эксперт связывает максимальное  $v_j^{\max} \in N_j$  значение критерия  $\theta_j$ , с другой – минимальное значение  $v_j^{\min} \in N_j$ , где  $N_j = \{v_j\}$  - множество значений критерия  $\theta_j$ .

Формально описанное действие есть формирование отображения  $\phi_j^m : N_j \rightarrow \{p_j^{\max}, p_j^{\min}\}$  для каждого критерия  $\theta_j \in \Theta$ . Здесь важна интерпретация значений критериев из множества  $\Theta$  как максимальных и минимальных, на которую влияет типология критериев.

Анализ показал, что критерии могут иметь количественный, текстовый качественный, текстовый размерный, текстовый неразмерный и антонимический типы. *Количественный тип* представляется числовым значением: критерий «опыт преподавания дисциплины в вузе», например, может иметь значение «10 лет». *Текстовый качественный тип* соответствует некоторой оценке объекта: например, критерий «степень сообщения дисциплиной определенной профессиональной компетенции обучаемому» мо-

---

<sup>3</sup> Для главного эксперта «объект» - это рабочий эксперт, для рабочего эксперта «объект» - это дисциплина.

жет иметь значения «высокая», «низкая», «отсутствует». *Текстовый размерный тип* имеет метрическую шкалу: например, критерий «опыт преподавания дисциплины в вузе» может иметь значения «значительный», «небольшой» и т.д., что предполагает наличие количественных показателей данного критерия. *Текстовый неразмерный тип* не имеет размерной шкалы, например, текстовое обозначение критерия «ученая степень»: «доктор технических наук», «кандидат педагогических наук». *Антонимический тип* выражается в существовании значений вида «да» и «нет»; «есть» и «отсутствует» и т.д.: например, критерий «опыт преподавания дисциплины в вузе» может иметь значения из множества {«есть», «отсутствует»}, а критерий «учет дисциплиной специфики подготовки выпускника для конкретной отрасли» – значения «да» или «нет».

Не всегда максимальное или минимальное значение критерия  $\theta_j \in \Theta$  позиционируется с точкой  $p_j^{\max}$  или  $p_j^{\min}$ , соответственно. Так, при использовании критерия «возраст» для установления качества рабочих экспертов главный эксперт может не интерпретировать максимальное значение возраста (например, 80 лет), связанное с определенной возрастной спецификой, как наиболее благоприятное для решения требуемых задач.

*Упорядочение значений* критериев завершает разметку шкал, формируя из них обычные метрические (для количественного типа критериев) или квазиметрические (для остальных типов) шкалы. Для этого эксперт упорядочивает значения  $N_j = \{v_j\}$  соответствующего критерия  $\theta_j$  на шкале  $(\theta_j, \mu_\Omega(\theta_j))$  оценочного пространства  $\mathfrak{S}$ , работая в рамках сформированного ранее диапазона.

Формально описанное действие есть формирование отображения  $\varphi_j : (N_j \setminus \{v_j^{\max}, v_j^{\min}\}) \rightarrow (\{p_j\} \setminus \{p_j^{\max}, p_j^{\min}\})$  для каждого критерия  $\theta_j \in \Theta$ .

*Формирование размытых шкал* предполагает соотнесение каждой точки из множества  $\{p_j\}$  шкалы  $(\theta_j, \mu_\Omega(\theta_j))$  построенного пространства нечеткому понятию  $\Phi :=$  «значимый объект» путем введения степени принадлежности этой точки соответствующему нечеткому множеству. Формально это действие представляется как отображение  $\Psi : \{p_j\} \xrightarrow{[0,1]} \Phi = \{\mu_\Phi(p_j)/p_j\} = \{(\mu_\Phi(\varphi_j^{-1}(v_j))/\varphi_j^{-1}(v_j))\}$ .

На этом заканчивается процедура создания оценочного пространства.

**Заполнение оценочного пространства** заключается в том, что эксперт выполняет оценку каждого объекта  $s \in S$ , «располагая» его в построенном пространстве  $\mathfrak{S}$ . В результате такого размещения данный объект описывается вектором  $N_s = \langle \{v_{js}\} \rangle$ .

**Обработка данных** заключается в последовательной трансформации формальных описаний объектов множества  $S$  в пространстве  $\mathfrak{S}$ :

- формирование профилей  $\rho_s$  объектов  $s \in S$  на основе векторов  $N_s$ :

$$N_s = \langle \{v_{js}\} \rangle \rightarrow \rho_s = \{\mu_\Phi(\theta_j)/\theta_j\} ;$$

- преобразование профилей объектов  $s \in S$  в нечеткое отображение  $h_s$ :

$$h_s : \Theta \rightarrow S \text{ или } h_s = \{\mu_\Phi(\theta_j, s)/(\theta_j, s)\} ;$$

• формирование интегрированных показателей объектов  $s \in S$ , характеризующих их принадлежность нечеткому понятию  $\Phi :=$  «значимый объект»:

$$\Theta \circ h_s = \{\vee(\mu_\Phi(\theta_j) \& \mu_\Phi(\theta_j, s))\} = \{\max\{\min\{\mu_\Phi(\theta_j), \mu_\Phi(\theta_j, s)\}\}\} = \{\mu_\Phi(s)/s\}. \quad (1)$$

Результаты данного этапа имеют разную интерпретацию для главного и рабочих экспертов. В первом случае  $s$  – это рабочий эксперт  $\beta \in B$ , где  $B$  – множество рабочих экспертов, а  $\mu_\Phi$  определяет его компетентность, или вес, для выбора окончательного решения. Тогда (2) можно представить как  $\{\mu_\Phi(\beta)/\beta\}$ . Во втором случае  $s$  – это дисциплина  $d \in D$ , где  $D$  – множество дисциплин ООП, а  $\mu_\Phi$  – степень ее значимости для включения в ООП. Это позволяет (1) записать следующим образом:  $\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta$ , поскольку число результатов этого этапа соответствует числу рабочих экспертов.

**Ранжирование результатов и выбор.** Данный этап имеет свои особенности в зависимости от исполнителя.

Для рабочего эксперта  $\beta$  ранжирование результатов выполняется путем введения отношения порядка «<>» в множестве  $\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta$ :  $\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta \rightarrow \langle \{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta; " < " \rangle$ . Выбор решения осуществляется с помощью  $\alpha$ -уровня и последующего выделения соответствующего подмножества:

$$\langle \{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta; " < " \rangle \xrightarrow{\alpha} \langle \{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta'; " < " \rangle,$$

где  $\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta' \subseteq \{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta$ , которое представляет наиболее предпочтительные дисциплины для рабочего эксперта  $\beta$ .

Для главного эксперта при работе с результатами  $\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta$  важно учесть компетентность рабочего эксперта  $\beta$ , которая характеризуется параметром  $\mu_\Phi(\beta)$ , полученным на предыдущем шаге. Тогда каждое решение  $\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta$  пропорционально изменяется на величину  $\mu_\Phi(\beta)$  – формируются модифицированные нечеткие множества  ${}_m\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta = {}_m\{(\mu_\Phi(d) * \mu_\Phi(\beta))/d\}_\beta = \{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta$ .

Поскольку решения рабочих экспертов могут различаться и по составу дисциплин, и по их оценке, выполняется операция объединения нечетких множеств  ${}_m\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta$ :

$$\bigcup_{\beta} {}_m\{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta = \{\vee {}_m(\mu_\Phi(d)/d)\}_\beta = \{\max_{d \in D} \{\mu_\Phi(d)/d\}_\beta\} = \{\mu_\Phi(d)/d\}.$$

Для ранжирования объединенных результатов главный эксперт вводит отношение порядка на множестве  $\{\mu_\Phi(d)/d\}$  и осуществляет необходимый выбор путем использования  $\alpha$ -уровня. Тогда окончательное решение по выбору дисциплин ООП формально представляется как  $\{\mu_\Phi(d)/d\} \xrightarrow{\alpha} \{\mu_\Phi(d)/d\}'$ .

Следует отметить, что описанный метод включает также и традиционную для экспертных методов оценку компетентности экспертной группы как степени согласованности решений отдельных экспертов.

Степень согласованности решений экспертов группы может быть определена как степень включения нечеткого множества  $\{\mu_\phi(d)/d\}_\beta$  в нечеткое множество  $\{\mu_\phi(d)/d\}$  по каждому эксперту  $\beta \in B$  -  $\gamma_\beta$ :

$$\gamma_\beta = \min \left\{ \max_d \{ (1 - (\mu_\phi(d)/d)_\beta); (\mu_\phi(d)/d) \} \right\}.$$

Тогда при  $\gamma_\beta \geq 0,5$  нечеткое множество  $\{\mu_\phi(d)/d\}_\beta$  считается нечетко включенным в нечеткое множество  $\{\mu_\phi(d)/d\}$ . Это может быть интерпретировано как вхождение мнения  $\beta$ -го эксперта в состав общего мнения по экспертной группе, что, в свою очередь, свидетельствует о согласованности мнений  $\beta$ -го эксперта и группы. В противном случае экспертиза повторяется в обычном, принятом для экспертных методов, порядке.

**Заключение.** Разработанный метод позволяет обеспечить свободу экспертам в формировании собственных оценочных пространств и проведении независимой оценки объектов. Использование математического аппарата описания и обработки нечетких категорий отвечает современному подходу к решению эвристических задач в условиях неопределенности, вызванной произвольными причинами. Связанная с данным методом технология обеспечивает создание единого информационного и коммуникационного пространства для экспертного решения задачи формирования ООП, что позволяет обеспечить ежегодное обновление ООП в соответствии с учетом достижений науки, техники и социальной сферы, а также обуславливает повышение ответственности экспертов за качество принимаемых решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Топоркова О.М.* Экспертный подход в решении задач организации учебного процесса // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: материалы VII Всерос. науч.-техн. конф. / Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. С. 203 – 208.
2. *Кофман А.* Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.

#### USING FUZZY METHODS TO DEFINE VOCATIONAL TRAINING CONTENT

**Toporkova O. M.**

*A fuzzy decision making model to define disciplines of base education program is described. The model includes original method to form rating space which allows an expert to freely select any criteria and to estimate its significance*