Овчинников Пётр Вячеславович
ассистент

Ткачев Александр Николаевич
д-р технич. наук, профессор, заведующий кафедрой
pvo78@yandex.ru

Кафедра прикладной математики,
Южно-Российский государственный технический университет
(Новочеркасский политехнический институт)

... а на выходе готовый профессионал

оптимальное проектирование адаптивных траекторий подготовки специалистов в корпоративной среде обучения

Аннотация

Рассматривается задача оптимального проектирования образовательных траекторий в вузе с участием университета, работодателей и обучаемых. Показано, что такая задача с использованием инструментария нечетких оценок сводится к задаче целочисленного программирования с булевыми переменными.

Ключевые слова: корпоративная образовательная среда, адаптивная образовательная траектория, квалификационные единицы, нечеткие оценки, трапециевидные функции, лингвистические переменные, агрегирование оценок, целочисленные программирование

Задача подготовки квалифицированных специалистов, адаптированных к требованиям современной экономики и производства, должна решаться на системной основе с участием всех заинтересованных сторон (вузов, работодателей, обучаемых). При этом для погружения обучаемого в производственную среду необходимо создать и обеспечить эффективное функционирование различных корпоративных структур, поддерживающих образовательно-производственное взаимодействие, организовать разработку и реализацию комплексных стратегий и программ развития персонала вузов и предприятий-партнеров. Оптимальным способом решения такой задачи для университета является организация на его базе корпоративной образовательной среды (КОС). Университет становится ядром КОС, вокруг которого объединяются предприятия и организации-партнеры, сгруппированные по отраслевому признаку.

Траектория образования

Образовательная траектория, реализуемая в рамках КОС, является вариативной, строится в соответствии с потребностями работодателей, экономики (с учетом регионального и отраслевого аспектов), самих обучаемых; предусматривает профилизацию и индивидуализацию. Организацию корпоративной подготовки специалистов, реализуемой в рамках КОС, иллюстрирует *рис. 1.*

В каждой точке контроля-ветвления образовательной траектории университет и предприятия-партнеры должны совместно оценивать степень текущей подготовленности обучаемого, сравнивая ее с некоторым согласованным эталоном. Для конкретизации понятия профессиональной компетенции введем в рассмотрение понятие *компетентностной квалификационной единицы* (ККЕ), которая представляет собой набор качеств обучаемого, характеризующий его способность выполнять ту или иную профессиональную функцию и имеющий количественную оценку. Квалификационная единица при таком подходе может рассматриваться наглядной характеристикой одной или нескольких профессиональных компетенций.

Модель квалификации

Обобщенную квалификационную модель специалиста опишем в лингвис-

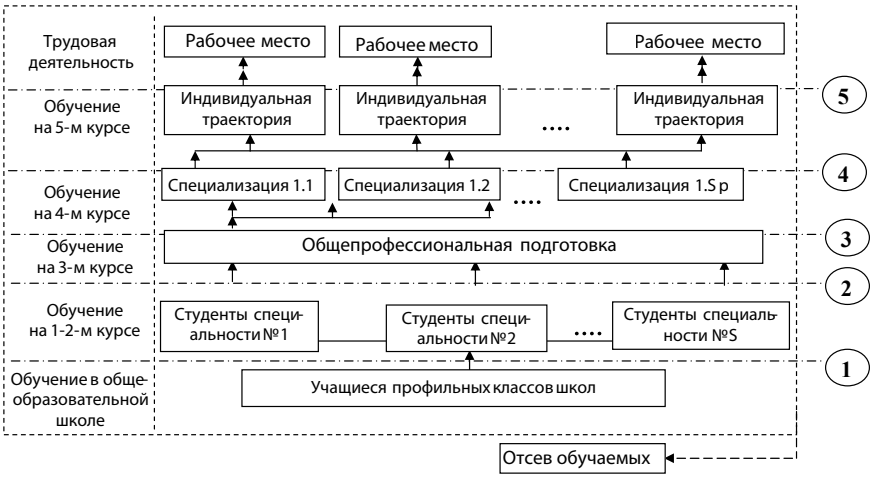


Рис. 1. Элементы адаптивной образовательно-профессиональной траектории

На *рис. 1* цифрами обозначены:

1 – точка контроля качества знаний и ветвления траектории (поступление в вуз и выбор специальности);

2 – точка контроля сформированного уровня базовых компетенций;

3 – точка контроля и ветвления траектории (выбор специализации);

4 – точка контроля и ветвления (проектирование индивидуальных траекторий);

5 – точка контроля выходного уровня компетенции выпускников и определения места трудоустройства.

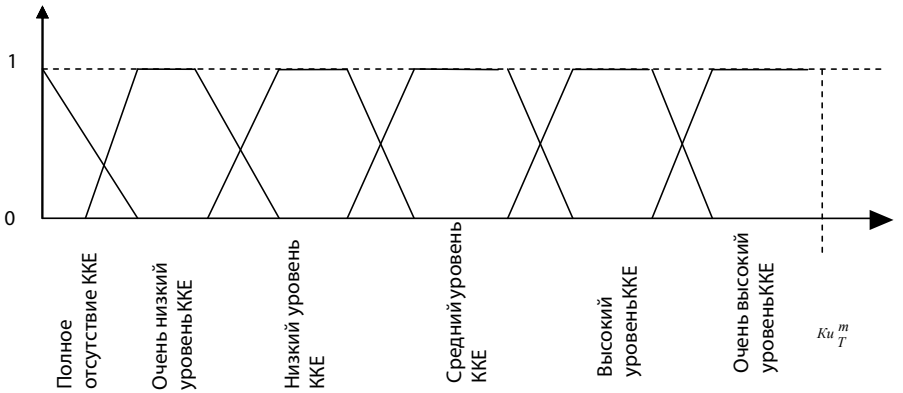


Рис. 2. Общий вид функций принадлежности, применяемых для оценки фактического уровня квалификационных единиц

тической форме – $\overline{K} = \{K^1, K^2, ..., K^M\}$. Здесь: K^m – лингвистическое описание ККЕ; $m = \overline{1, M}$ - номер ККЕ в наборе; *M* – общее число ККЕ в наборе.

Поставим в соответствие каждому элементу набора K^m числовую оценку, отражающую уровень соответствующей ККЕ. Введем в рассмотрение лингвистическую переменную $Кл^m$ – «достигнутый обучаемым уровень ККЕ K^m». Оценку уровня ККЕ может осуществлять группа экспертов, включающая сотрудников университета и предприятий-партнеров.

Построим терм-множество лингвистической переменной $\{Кл_j^m\}$ – множество возможных вербальных оценок фактически сформированного уровня ККЕ K^m. Здесь: $Кл_j^m$, $j = \overline{1, J}$ – вербальное значение лингвистической переменной, характеризующей уровень *m*-й ККЕ; *J* – количество оценочных уровней.

Универсальное терм-множество лингвистических оценок $\{Кл^m\}$ зададим следующим образом: {«отсутствие квалификации», «очень низкий уровень квалификации», «низкий уровень квалификации», «средний уровень квалификации», «высокий уровень квалификации», «очень высокий уровень квалификации»}. Терм-множеству лингвистической переменной поставим в соответствие множество числовых оценок. Здесь целесообразно применять 100-балльную числовую оценочную шкалу.

Пусть $[Ku_0^m;\ Ku_T^m]$ – допустимый интервал балльных оценочных значений для ККЕ K^m, причем каждый интервал включает в себя полученные оценочные значения $Ku_t^m \in [Ku_0^m;\ Ku_T^m]$, $t = \overline{1, T}$, где *T* – количество элементов в оценочном интервале. Построим набор функций, ставящих в соответствие оценочным

каждая образовательная траектория может быть реализована путем освоения одной или нескольких образовательных программ в виде набора изучаемых дисциплин

задача подготовки квалифицированных специалистов, адаптированных к требованиям современной экономики и производства, должна решаться на системной основе с участием всех заинтересованных сторон (вузов, работодателей, обучаемых)

значениям Ku_t^m элементы описанного выше терм-множества лингвистической переменной $\{Кл^m\}$.

Зададим функции принадлежности в виде треугольных либо трапециевидных функций. В ходе их построения эксперты для каждого *j*-го значения лингвистической переменной $\{Кл_j^m\}$ выделяют на интервале $[Ku_0^m;\ Ku_T^m]$ граничные точки, которые задают вид трапециевидных функций. Общий вид таких функций приведен на *рис. 2*.

Таким образом, если количественная оценка сформированного у обучаемого уровня квалификации K^m составляет $Ku^m{}_ф$ баллов, то для каждого *j*- го квалификационного уровня может быть определено значение функции принадлежности $\mu^j(Ku^m ф)$, отражающей степень соответствия квалификации обучаемого данному уровню. Для проведения дальнейших расчетов параметры $\mu^j(Ku^m ф)$ целесообразно нормировать.

Далее экспертная группа каждому заданному вербально уровню ККЕ K^m ставит в соответствие некоторое число, характеризующее его соответствие предъявляемым требованиям. Для этого статистическим методом строятся функции принадлежности $\eta(Кл^m) \in [0,1]$, отражающие мнения экспертов о соответствии квалификационных уровней *mm*-й ККЕ требованиям производства. С использованием этих функций может быть построена агрегированная функция $\mu(Ku^m)$, характеризующая степень соответствия фактически сформированного у обучаемого уровня ККЕ предъявляемым требованиям.

Формирование квалификационного портрета

Оценки, данные различными экспертами, могут агрегироваться разными способами. К числу наиболее практически применимых можно отнести агрегирование при помощи коэффициентов важности суждений экспертов. Значения коэффициентов важности определяются методом парных сравнений.

По итогам процедуры оценивания формируется корпоративная отраслевая компетентностная модель специалиста, обучающегося по *j*-й специальности. Такая модель включает в себя:

1. Квалификационный портрет специалиста $\overline{K_j} = "K_j^1, K_j^2, \ldots K_j^M$, – перечень ККЕ, сформированный совместно группой экспертов, в состав которой входят сотрудники университетов и предприятий-партнеров (здесь *M* – общее число ККЕ в модели).

2. Набор лингвистических оценок $\overline{K_л} = \{Кл_j^1, Кл_j^2, \ldots, Кл_j^M\}$ таких, что

$\overline{\eta}(K\pi_j^m) = 1$, то есть лингвистически определенные нормативные уровни всех ККЕ.

3. Набор числовых оценок $\overline{k_j} = \overline{k_j} = \#k_j^1, k_j^2, \ldots k_j^M$ - таких, что $\overline{n}\wedge k_j^m\eta = 1$, то есть значений, характеризующих уровень ККЕ, полностью удовлетворяющий требованиям работодателей.

Кроме того, на всех этапах оценивания для каждого студента может быть получен фактический квалификационный портрет: $\overline{d_j} = "d_i^1, d_i^2, \ldots d_i^M$, ,где $i = \overline{1, St}$; St – общее количество студентов, участвующих в процедуре оценивания.

Проектирование оптимальной образовательной траектории

В общем случае решение задачи проектирования оптимальной образовательной траектории осуществляется в три этапа.

Этап 1. В ходе первичной профориентации и профотбора в профильных классах общеобразовательных школ производится распределение обучаемых по специальностям высшего образования.

Этап 2. Вторичный профотбор и определение специализации студентов в рамках специальности производится после освоения ими образовательной программы на 1-2 курсах и формирования у них общенаучных ККЕ и частичного формирования общепрофессиональных ККЕ. Выбор специализации обучения в рамках специальности осуществляется путем сравнения фактически сформированных за время обучения на младших курсах ККЕ студента и требований отраслевого компетентностного портрета специалиста. Необходимо организовать распределение студентов по специализациям таким образом, чтобы обеспечить минимизацию соотношений

$$\overline{\Delta kd_i^{sp}} = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^{M}\left(1-\mu(d_i^m)\right)^2}{M}}, \quad (1)$$

$$i = \overline{1, St}.$$

Этап 3. Выбор индивидуальной адаптивной образовательной траектории.

Рассмотрим случай, когда имеется N потенциально высвобождаемых должностей в организациях-партнерах. Обозначим через $p_l (l = \overline{1, N})$ оценочную возможность высвобождения должности l к моменту окончания студентами обучения в вузе. Такая оценка производится в соответствии с методикой, изложенной Шукшуновым В.Е., Ткачевым А.Н., Лобовой Т.В., Овчинниковым П.В. в работе «Технологии корпоративной подготовки конкурентоспособных специалистов в системе непрерывного образования».

Каждая образовательная траектория может быть реализована путем освоения одной или нескольких образовательных программ в виде набора изучаемых дисциплин. Пусть $\{O_g\}$ – одна из образовательных траекторий, построенная в виде полного набора

для конкретизации понятия профессиональной компетенции введем в рассмотрение понятие компетентностной квалификационной единицы

значения коэффициентов важности определяются методом парных сравнений

дисциплин, доступных для освоения студентами образовательных программ, $g = \overline{1, G}$. При этом включим в разные наборы дисциплины, входящие в состав учебных планов основных специальностей, отличающихся в части региональной компоненты и дисциплин по выбору (в том числе, дисциплины, осваиваемые в рамках дополнительного профессионального образования).

При этом для освоения каждой образовательной траектории у кандидата на её прохождение должен быть уже сформирован некоторый базовый уровень ККЕ:

Вектору $\bar{d}_0(O_g)\}$ соответствует вектор функций принадлежности

$$\mu(\bar{d}_0(O_g)) = \{\mu(d_0^1(O_g)), \ldots, \mu(d_0^M(O_g))\},$$

характеризующий уровень соответствия ККЕ базового уровня требованиям работодателей.

Каждая образовательная траектория (включая основную или дополнительную компоненты) характеризуется стоимостью обучения $C(O_g)$ и продолжительностью обучения $T(O_g)$. Адаптивная образовательная траектория, выбираемая каждым студентом, включает в себя дисциплины из различных образовательных программ. Их общая продолжительность для одного студента не должна превышать некоторый предварительно установленный уровень T_{max} (ограничение на суммарное допустимое количество учебных часов).

Совокупная стоимость обучения одного студента по всем дисциплинам также не может превышать некоторого допустимого уровня T_{max}. В результате прохождения каждой образовательной траектории у обучаемого достигается приращение ККЕ. Составить функцию, описывающую приращение ККЕ индивидуально для каждого обучаемого в общем виде, не представляется возможным. Поэтому введем в рассмотрение усредненный вектор $\overline{\mu(\bar{d}(O_g))} = \{\overline{\mu(d_1^1(O_g))}, \ldots, \overline{\mu(d_1^M(O_g))}\}$, описывающий такое приращение, которое среднестатистически достигается после прохождения образовательной траектории g.

Будем считать, что в случае, если у обучаемого до момента прохождения траектории сформированы ККЕ и их уровень не ниже уровня, описанного вектором $\mu(\bar{d}_0(O_g))$, то после её прохождения уровень ККЕ может быть описан вектором $\overline{\mu(\bar{d}(O_g))}$. Тогда можно сформулировать следующую оптимизационную задачу, в результате решения которой осуществляется выбор образовательных программ для каждого студента:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{St}\sum_{g=1}^{G}\rho_{ig}x_{ig}\sum_{l=1}^{N}p_l \times \sum_{m=1}^{M}\left[1-\overline{\Delta kd(g)_{il}}\right] \to \max; \\ \sum_{g=1}^{G}x_{ig}C(O_g) \le C_{\max},\ i=\overline{1,St}; \\ \sum_{g=1}^{G}x_{ig}T(O_g) \le T_{\max},\ i=\overline{1,St}, \end{cases} \quad (2)$$

где x_{ig} – целочисленная переменная, принимающая значения

$$x_{ig} = \begin{cases} 1, \text{ если } i\text{-й студент изучет} \\ g\text{-ю программу}, \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Величина $\overline{\Delta kd(g)_{il}}$ описывает расхождение между фактическим уровнем ККЕ, достигаемым после изучения g-й

образовательной программы, и предъявляемыми требованиями. Переменная ρ_{ig} характеризует возможность для *i*-го студента изучать *g*-ю образовательную программу, причем:

$$\rho_{ig} = \begin{cases} 1, \text{ если выполняется } : \overline{d_i} \geq \overline{d_0(O_g)}; \\ 0, \text{ если выполняется } : \overline{d_i} < \overline{d_0(O_g)}. \end{cases}$$

Примем, что если $\rho_{ig} = 1$, то уровень ККЕ обучаемого достаточен для освоения программы. Величина β_l^i описывает уровень предпочтительности *l*-й должности для *ii*-го студента ($i = \overline{1, St}$, $l = \overline{1, N}$). Величина $p_l (l = \overline{1, N})$ задает оценочную возможность высвобождения должности l к моменту окончания студентами обучения в вузе.

Сформулированная задача (1) решается методами целочисленного программирования. В результате ее решения находятся величины x_{ig}, определяющие оптимальные для каждого студента траектории обучения.

Литература

1. Шукшунов В.Е. , Ткачев А.Н., Сучков Г.В., Лобова Т.В., Овчинников П.В. Организация корпоративной практико-ориентированной подготовки конкурентоспособных специалистов. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2007.

2. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. - М.: Диалог-МГУ, 1998.

3. Шукшунов В.Е. , Ткачев А.Н., Лобова Т.В., Овчинников П.В. Технологии корпоративной подготовки конкурентоспособных специалистов в системе непрерывного образования.- Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2007.

4. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. – М.: Финансы и статистика, 2002.

КЭ

Peter V. Ovchinnikov
Assistant
Aleksandr N. Tkachev
Dr. of Tech. Sci., Professor, Head of Chair
Chair of Applied Mathematics
South-Russian State Technical University (Novocherkassk Polytechnic Institute)

Optimal projecting of adaptive training technics for specialists in corporate educational environment

Abstract

The task of the article is to examine the optimal projecting of educational technics in the institutes of higher education. These technics presuppose joint participation of university, employers and trainees should. It is shown that such optimal projecting with the use of fuzzy estimation tools comes to integral programming with Boolean variable.

Keywords: corporate educational environment, adaptive educational technique, qualification units, fuzzy estimation, trapezoid functions, linguistic variables, estimates aggregation, integral programming