

УДК 331.1 (075.8)

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ВЕТВЛЕНИЯ И НАСТРОЙКИ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТА В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ОТРАСЛЕВОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКОВ ТРУДА

Овчинников П.В.

ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)», Новочеркасск, Россия (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), e-mail: pvo78@yandex.ru

Рассматривается задача оптимального проектирования образовательных траекторий в вузе с участием университета, работодателей и обучаемых. Разработан алгоритм ветвления образовательной траектории, ориентированный на формирование у каждого обучаемого набора квалификационных характеристик, дающих ему возможность эффективной адаптации в условиях самостоятельной трудовой деятельности. Ядром данного алгоритма является модель проектирования лично ориентированных образовательных траекторий, отвечающих потребностям самого обучаемого, его будущего работодателя и вуза. Основой модели является задача математического программирования. Разработанные модели, методы и алгоритмы реализованы с помощью специализированного, программного комплекса, основные функциональные характеристики также приведены в представленной статье.

Ключевые слова: корпоративная образовательная среда, адаптивная образовательная траектория, квалификационные единицы, нечеткие оценки, целочисленное программирование.

DEVELOPMENT AND REALIZATION OF THE ALGORITHM OF BRANCHING AND SETTINGS TRAJECTORY OF A STUDENT AT A TECHNICAL UNIVERSITY WITH THE REQUIREMENTS OF THE LABOUR MARKETS

Ovchinnikov P.V.

South-Russian state technical University (Novochechekassk Polytechnic Institute), Novochechekassk, Russia, (346428, Rostov region., Novochechekassk, str. Education 132), e-mail: pvo78@yandex.ru

In this article is considered the problem of optimal design of learning in higher education with the participation of the University, employers and students. The algorithm of branching of the educational trajectory was developed. This algorithm is based on the development in each student a set of qualifying characteristics, giving him the opportunity to effective adaptation in the conditions of independent labour activity. The core of this algorithm is a model of personality-oriented educational paths to meet the needs of the trainee, his future employer and the University. The basis of the model is the problem of mathematical programming. The developed models, methods and algorithms are realized with the help of specialized software complex, the basic functional characteristics are also given in the article.

Key words: corporate educational environment, adaptive educational path, qualification units, fuzzy evaluation, integer programming.

В настоящее время ведущие отечественные вузы и динамично развивающиеся предприятия заинтересованы в налаживании системного взаимодействия в сфере подготовки специалистов, обладающих полным комплексом необходимых знаний, умений, навыков, компетенций, востребованных как в текущий момент, так и в перспективе.

Наметилась тенденция к созданию на базе ведущих вузов корпоративных образовательных сред (КОС), в рамках которых образовательный процесс организуется совместно с предприятиями-партнерами. Образовательный процесс, организованный на базе корпоративных структур, должен обеспечивать реализацию компетентностного подхода к подготовке специалистов [2].

Реализация такого подхода требует активного привлечения представителей

работодателей к образовательному процессу. Наиболее важную роль работодатели играют при разработке стандартов подготовки специалиста. В ходе проектирования образовательных стандартов с участием работодателей и анализа их выполнения вузами возникает проблема количественной оценки уровня компетенций и иных квалификационных характеристик, сформированных у обучаемых. Этим обусловлена актуальность задачи совершенствования математического аппарата измерения и оценки квалификационных характеристик, построения моделей, позволяющих проводить анализ динамики уровня подготовленности обучаемого в зависимости от принятия тех или иных управленческих решений.

Введём в рассмотрение понятие квалификационной характеристики или компетентностной квалификационной единицы (ККЕ) как набора качеств обучаемого, характеризующего его способность выполнять некоторую профессиональную функцию и имеющего некоторую количественную оценку.

В каждой точке ветвления образовательной траектории вуз и работодатели оценивают уровень ККЕ, сформированных у обучаемого путем сравнения с некоторым эталоном.

Обобщенную квалификационную модель специалиста опишем в лингвистической форме – $\bar{K} = \{K^1, K^2, \dots, K^M\}$. 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 K_l^m – «достигнутый обучаемым уровень ККЕ K^m ». Оценка уровня ККЕ может осуществляться группа экспертов, включающая сотрудников университета, и предприятий-партнеров.

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

Универсальное терм-множество лингвистических оценок $\{K_l^m\}$ 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 значениям Ku_t^m элементы описанного выше терм-множества лингвистической переменной $\{Kl^m\}$. Зададим функции принадлежности в виде треугольных либо трапецевидных функций [1]. В ходе их построения эксперты для каждого l -го значения лингвистической переменной Kl_l^m выделяют на интервале $[Ku_0^m; Ku_T^m]$ граничные точки, которые задают вид трапецевидных функций. Общий вид таких функций приведен на рисунке 1.

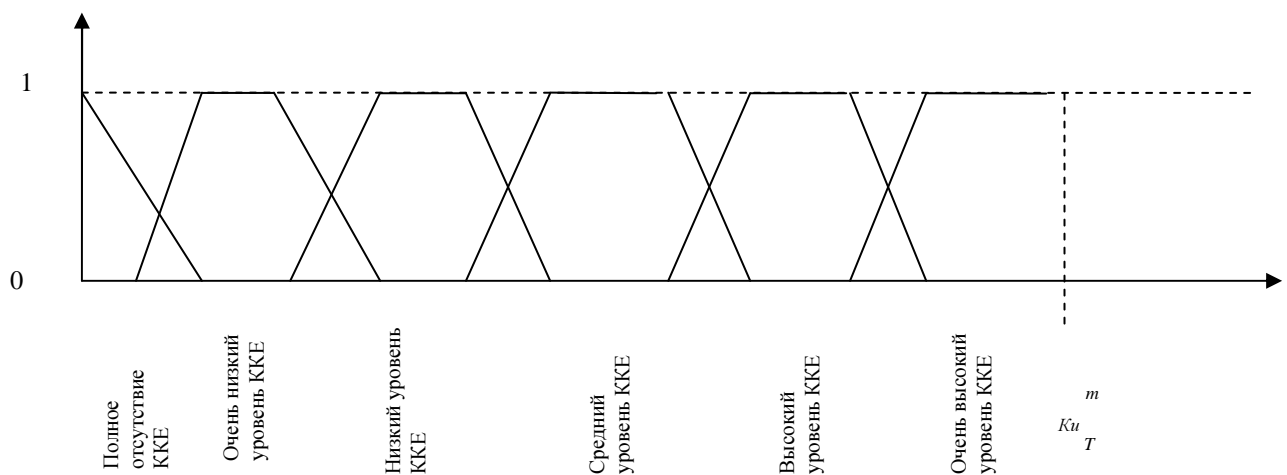


Рис. 1. Общий вид функций принадлежности, применяемых для оценки фактического уровня квалификационных единиц.

Если количественная оценка сформированного у обучаемого уровня квалификации K^m составляет Ku^m_ϕ баллов, то для каждого l -го квалификационного уровня может быть определено значение функции принадлежности $\mu^l(Ku^m_\phi)$, отражающей степень соответствия квалификации обучаемого данному уровню. Данные параметры нормируются.

Каждому заданному вербально уровню ККЕ K^m ставится в соответствие некоторое число, характеризующее его соответствие предъявляемым требованиям. Статистическим методом строятся функции принадлежности $\eta(Kl^m) \in [0,1]$, отражающие мнения экспертов о соответствии квалификационных уровней m -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 [1].

По итогам оценивания формируется корпоративная (отраслевая) квалификационная

модель специалиста, обучающегося по заданной специальности. Такая модель для s -й специальности включает в себя:

1) квалификационный портрет специалиста $\bar{K}_s = \{K_s^1, K_s^2, \dots, K_s^M\}$ – перечень ККЕ, сформированный совместно группой экспертов, в состав которой входят сотрудники университетов и предприятий-партнеров;

2) набор лингвистических оценок $\bar{K}_l = \{K_l^1, K_l^2, \dots, K_l^M\}$, таких, что $\bar{\eta}(K_l^m) = 1$, то есть лингвистически определенные нормативные уровни всех ККЕ;

3) набор числовых оценок $\bar{k}_s = \{k_s^1, k_s^2, \dots, k_s^M\}$, таких, что $\bar{\mu}(k_s^m) = 1$, то есть значений, характеризующих уровень ККЕ, полностью удовлетворяющий требованиям работодателей.

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

Необходимо отметить, что распределение студентов по специализациям (точка 2 рисунка 1) осуществляется таким образом, чтобы обеспечить их востребованность в будущем на рынке труда. Возникает необходимость применения методов, позволяющих получить приближенные значения параметров прогнозной востребованности выпускников.

Для этого предлагается использовать подход, основанный на экстраполяции тенденций развития кадровых систем предприятий-партнеров университета, являющихся лидерами в своих отраслях, на состояние регионально-отраслевых кластеров в целом. В основе данного подхода лежит методика оценки прогнозной востребованности выпускников различных специальностей, направлений, специализаций и профилей подготовки на ведущем предприятии отрасли [3].

Построив функции принадлежности, характеризующие соответствие балльных оценок ККЕ лингвистическим оценочным уровням и получив прогнозные оценки востребованности выпускников, можно сформировать алгоритм ветвления образовательной траектории обучаемого. В общем виде такой алгоритм состоит из двух этапов.

Этап 1. Вторичный профотбор и определение специализации студентов в рамках специальности. Пусть St – общее количество студентов, обучающихся по некоторой специальности. Для студентов $i = \overline{1, St}$ и специализаций $sp = \overline{1, Sp}$ рассчитывается мера отклонения сформированных у них ККЕ от требований отраслевых стандартов по формуле:

$$\overline{\Delta kd}_i^{sp} = \sqrt{\sum_{m=1}^M \lambda_{sp}^m * \left(\mu(k_{sp}^m) - \mu(d_i^m) \right)^2},$$

где:

λ_{sp}^m – относительная важность m -й ККЕ для выпускника специализации $sp = \overline{1, Sp}$;

$\overline{\mu}(d_i^m)$ – значения функции принадлежности, характеризующие уровень фактически сформированных ККЕ у i -го студента;

$\overline{\mu}(k_{sp}^m)$ – значения функции принадлежности, характеризующие уровень ККЕ, полностью удовлетворяющий требованиям работодателям.

Для каждого студента рассчитаем параметр β_i^{sp} , отражающий рейтинг, предпочтительность специализации с его точки зрения. Определим также числовую оценку востребованности (p_{sp}) выпускников специализации sp .

Алгоритм распределения студентов для обучения по различным специализациям носит итерационный характер и ориентирован на обеспечение минимального уровня меры $\overline{\Delta kd}_i^{sp}$ и увеличение итоговых значений β_i^{sp} для каждого i -го студента [4].

Этап 2. Выбор индивидуальной адаптивной образовательной траектории.

К моменту вторичного ветвления образовательной траектории у каждого i -го студента ($i = \overline{1, St}$) сформирован набор квалификационных характеристик. Уровень ККЕ из набора для каждого студента характеризуется вектором $\overline{d}_i = \{d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^m, \dots, d_i^M\}$, где d_i^m – балльная оценка уровня m -й ККЕ для i -го студента.

Можно рассчитать соответствие фактически сформированных ККЕ для каждого студента тому или иному оценочному уровню. Получим матрицу $\{\mu_i(d_q^m)\}$, $q = \overline{1, Q}$, $m = \overline{1, M}$, где $Q = 6$ – количество оценочных уровней.

Пусть имеется N потенциально высвобождаемых должностей в организациях-партнерах. Обозначим через p_j ($j = \overline{1, N}$) оценочную возможность высвобождения должности j к моменту окончания студентами обучения в вузе. Рабочие места обладают для будущего выпускника различной приоритетностью. β_j^i – весовой коэффициент, отражающий значимость j -й должности для i -го студента ($i = \overline{1, St}$, $j = \overline{1, N}$) [3].

Образовательная траектория формируется из нескольких образовательных программ. Обозначим через $\{O_g\}$ – полный набор доступных образовательных программ, $g = \overline{1, G}$. Для освоения каждой программы у обучаемого должен быть уже сформирован некоторый

базовый уровень ККЕ: $\bar{d}_0(O_g) = \{d_0^1(O_g), \dots, d_0^M(O_g)\}$.

Элементы данного вектора представляют собой балльные оценки уровня ККЕ, минимально допустимые для освоения g -й образовательной программы. Составим матрицу $\{\rho_{ig}\}$, $i = \overline{1, St}$, $g = \overline{1, G}$, элементы которой характеризуют возможность для каждого i -го студента изучать g -ю образовательную программу и задаются соотношением:

$$\rho_{ig} = \begin{cases} 1, & \text{если для всех } m = \overline{1, M} \text{ выполняется: } d_i^m \geq d_0^m(O_g) \\ 0, & \text{если выполняется } d_i^m < d_0^m(O_g) \end{cases}$$

Каждая программа характеризуется стоимостью обучения $C(O_g)$ и продолжительностью обучения $T(O_g)$. Общая продолжительность обучения для одного студента не должна превышать некоторый предварительно установленный уровень T_{\max} . Совокупная стоимость обучения одного студента по всем образовательным программам также не может превышать некоторого допустимого уровня C_{\max} .

В случае если у i -го обучаемого до момента начала изучения им образовательной программы g фактический уровень ККЕ был не ниже уровня, описанного вектором $\bar{d}_0(O_g)$, то после ее изучения уровень его ККЕ может быть описан вектором $\bar{d}(O_g)_i = \{d(O_g)_i, \dots, d(O_g)_i^M\}$, $m = \overline{1, M}$.

Рассчитывается матрица $\{\mu_i(d(O_g)_q^m)\}$, $q = \overline{1, 6}$, $m = \overline{1, M}$. Элементы матрицы отражают соответствие квалификационных характеристик i -го студента q -му оценочному уровню. По построению выполняется условие $\sum_{q=1}^6 \mu_i(d(O_g)_q^m) = 1$.

Для всех потенциально высвобождаемых должностей $j = \overline{1, N}$ работодатели выносят суждения о необходимом уровне квалификационных характеристик. Данные суждения имеют вид набора из N матриц $\{R^{mq}\}_j$. Каждый элемент j -й матрицы характеризует соответствие q -го уровня m -й ККЕ требованиям, предъявляемым к сотруднику на j -й должности.

Зная характеристики $\{\mu_i(d(O_g)_q^m)\}$ и $\{R^{mq}\}_j$, для каждого i -го студента можно рассчитать соответствие его m -й квалификации требованиям, предъявляемым на j -й должности после изучения образовательной программы g . Обозначим степень соответствия

через Δ_{ij}^{mg} . Тогда можно записать:

$$\Delta_{ij}^{mg} = \sum_{q=1}^6 R_j^{mq} * \mu_i (d(O_g))^m, \text{ для всех } m = \overline{1, M}, i = \overline{1, St}, j = \overline{1, N}, g = \overline{1, G}.$$

Для выбора траектории обучения решается следующая оптимизационная задача:

$$\sum_{i=1}^{St} \sum_{g=1}^G \rho_{ig} * x_{ig} * \sum_{j=1}^N p_j * \beta_{ij} * \sum_{m=1}^M \Delta_{ij}^{gm} \rightarrow \max \sum_{g=1}^G x_{ig} * C(O_g) \leq C_{\max}, \quad i = \overline{1, St}$$

$$\sum_{g=1}^G x_{ig} * T(O_g) \leq T_{\max}, \quad i = \overline{1, St}$$

где: x_{ig} – целочисленная переменная, причем

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

Апробация разработанного инструментария осуществлялась в ходе решения задачи ветвления образовательной траектории для студентов специальности «Математические методы в экономике» (ММЭ), кафедры «Прикладная математика» ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)».

Выбор специализации студентами данной специальности производится после окончания обучения студентов на младших курсах. Накопленный опыт позволил выделить три основных профиля трудоустройства и профессионального продвижения выпускников, соответствующих специализациям: финансовый анализ, финансовый менеджмент и финансовое планирование; маркетинг, продажи, общий менеджмент; банковское дело.

На последнем курсе обучения формируется индивидуальная, личностно ориентированная, образовательная траектория, включающая в себя как унифицированные дисциплины, так и дисциплины по выбору, а также дисциплины, изучаемые в рамках программ и направлений дополнительного профессионального образования.

Выбор специализации осуществляется на основе анализа соответствия квалификационных характеристик студентов требованиям указанных выше направлений профессиональной деятельности.

На кафедре прикладной математики ЮРГТУ (НПИ) внедрена кредитно-рейтинговая система оценки качества подготовки студентов, что дает возможность оценить результат изучения той или иной дисциплины как по стандартной, пятибалльной, так и по 100-балльной шкале. Область значений, задаваемая в баллах, позволяет построить

трапециевидные функции принадлежности, отражающие соответствие количественных значений лингвистическим оценкам уровня ККЕ.

Задача первичного ветвления образовательной траектории специальности ММЭ решалась для студентов, обучавшихся на третьем курсе в 2010/2011 учебном году. Предварительно определялась востребованность выпускников специальности ММЭ в разрезе специализаций (профилей трудоустройства). Для этого использовались данные о состоянии и перспективах развития кадровых систем 11 организаций, являющихся лидерами своих регионально-отраслевых сегментов. По результатам обработки этой информации рассчитана востребованность выпускников различных специализаций.

Для решения задачи проектирования индивидуальных образовательных траекторий студентов пятого курса, обучавшихся на специальности ММЭ в 2010/2011 учебном году, осуществлялась прогнозная оценка высвобождения должностей в организациях-работодателях. Всего, по состоянию на начало 2010/2011 учебного года, работодателями было предложено 26 различных должностей, которые потенциально могут замещаться выпускниками данной специальности.

Проведена оценка уровня фактически сформированных ККЕ у студентов третьего и пятого курсов. Оценка предпочтения студентами различных специализаций проводилась на основе данных анкетирования.

Проектирование индивидуальных образовательных траекторий для студентов пятого курса осуществлялось таким образом, чтобы сформировать у них набор квалификационных характеристик, максимально соответствующий требованиям потенциальных работодателей. Данные требования работодатели также формулировали в ходе анкетирования.

Индивидуальные образовательные траектории студентов пятого курса формируются путем подбора для каждого обучаемого учебных дисциплин, наиболее соответствующих его предпочтениям и квалификационным характеристикам. При этом все студенты изучают дисциплины, входящие в состав инвариантной федеральной компоненты и регионального компонента, кроме того, существует блок дисциплин «по выбору обучаемого».

Задача профилизации и индивидуализации образовательных траекторий решалась при помощи специально разработанного программного комплекса «Формирование адаптивных образовательных траекторий студентов» [5].

Результат решения задачи распределения студентов третьего курса по специализациям приведен в таблице 1 (для первых 5 студентов). Цифрой «1» обозначена рекомендация студенту выбрать соответствующую специализацию.

Таблица 1 – Распределение студентов третьего курса специальности «Математические

методы в экономике» по специализациям

Специализация Студенты	Маркетинг и общий менеджмент	Финансы	Банковское дело
Студент 1	1	0	0
Студент 2	1	0	0
Студент 3	0	1	0
Студент 4	0	1	0
Студент 5	1	0	0

Задача формирования для студентов пятого курса лично ориентированных образовательных траекторий решалась в два этапа.

1. Для каждого студента определялся набор учебных дисциплин, обеспечивающий наиболее полное соответствие его квалификационных характеристик требованиям потенциальных работодателей.

2. На втором этапе производился выбор образовательных траекторий из полученного набора таким образом, чтобы обеспечить выполнение условия экономической эффективности оказания дополнительных образовательных услуг для университета.

Результаты решения задачи представляют собой блок учебных дисциплин, входящих в лично ориентированную программу, сформированную для каждого студента, а также информацию о вакансиях, заявленных работодателями, которые сможет занять студент после освоения основной и дополнительной образовательной программы. Решение задачи для первых пяти студентов представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты решения задачи формирования индивидуальных (лично ориентированных) образовательных траекторий

Студенты	Учебные дисциплины, входящие в лично ориентированную программу					Вакантные должности				
	УД1	УД2	УД3	...	УД13	Д1	Д2	Д3	...	Д19
Студент 1	1	1	0	...	1	1	0	1	...	0
Студент 2	0	1	1	...	0	0	1	0	...	1
Студент 3	0	1	0	...	0	1	0	1	...	0
Студент 4	0	0	1	...	1	0	0	1	...	1
Студент 5	1	0	0	...	1	1	1	0	...	0

Список литературы

1. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей. – Рига : Зинатне, 1990.
2. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня. – № 5. – 2003.
3. Овчинников П.В., Ткачев А.Н. Оценка и прогнозирование потребности предприятия в выпускниках вузов // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). – 2011. – № 4. – С. 165-174.
4. Овчинников П.В., Ткачев А.Н. Оптимальное проектирование адаптивных траекторий подготовки специалистов в корпоративной среде обучения // Креативная экономика. – 2011. № 1. – С. 49-55.
5. Овчинников П.В., Винник К.В., Ткачев А.Н. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010617279 «Формирование оптимальной образовательной траектории студента технического вуза». – 2010.

Рецензенты

Арженовский С.В., д.э.н., профессор кафедры «Прикладная математика» ФГБОУ ВПО «ЮРГТУ(НПИ)», г. Новочеркасск.

Ткачев А.Н., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Прикладная математика» ФГБОУ ВПО «ЮРГТУ(НПИ)», г. Новочеркасск.