

УДК 62-50

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В.В. Никитин

Рассматриваются задачи, этапы, методы и алгоритмы проектирования образовательных стандартов профессионального образования. На основных этапах разработки стандартов профессионального образования используются методы обработки многомерных сложно организованных данных.

**Ключевые слова:** профессиональные и образовательные стандарты, задачи проектирования стандартов, модель области профессиональной деятельности, модель специалиста, модель содержания подготовки специалиста, методы классификации.

### Введение

Одной из центральных задач подготовки профессиональных кадров является разработка государственных профессиональных и образовательных стандартов. В последние годы в России активизируется работа по совершенствованию профессиональных стандартов [1], активно идет и разработка образовательных стандартов третьего поколения для высшего профессионального образования.

В существующих методиках и процедурах разработки профессиональных и образовательных стандартов высока доля субъективизма участников этого процесса, приводящая к тому, что стандарты разных профессий или направлений/специальностей, с одной стороны, сильно пересекаются между собой, с другой стороны, в них часто отсутствуют содержательные моменты. Это объективно требует решения задачи формализации и последующей автоматизации процессов разработки стандартов. Формализация этих процессов представляет собой многоэтапную процедуру формирования, анализа и обработки больших массивов информации [2].

В разработке образовательных стандартов можно выделить следующие основные задачи [2]:

- построение модели области профессиональной деятельности;
- построение модели специалиста<sup>1</sup>;
- построение модели содержания подготовки специалиста.

В статье рассмотрены методы формализации процессов сквозного проектирования стандартов высшего профессионального образования. В качестве математического аппарата использованы методы анализа сложно организованных многомерных данных.

### Общий процесс проектирования

При разработке образовательных стандартов мы исходим из следующего.

1. Профессиональная деятельность любого специалиста задается:
  - a. областью его профессиональной деятельности;
  - b. объектом (объектами) его профессиональной деятельности;
  - c. этапом (этапами) жизненного цикла этого объекта (этих объектов) профессиональной деятельности;
  - d. характерными видами профессиональной деятельности специалиста;

<sup>1</sup> Термин «специалист» здесь используется как обобщающее понятие для обозначения квалификации (степени) выпускников профессионального образования.

- е. специфичным набором решаемых специалистом универсальных и профессиональных задач.
2. Компетентность специалиста раскрывается через отдельные компетенции и заключается в способности/готовности решать определенный набор универсальных и профессиональных задач.
  3. Образовательные уровни и степени (квалификации) специалиста определяются конкретными значениями (а)–(е).
  4. Процесс проектирования образовательных стандартов профессионального образования включает следующие этапы:
    - анализ профессиональной деятельности и требований к специалистам в определенной сфере;
    - разработка модели области профессиональной деятельности;
    - разработка модели специалиста для данной области профессиональной деятельности;
    - разработка модели содержания подготовки специалиста;
    - синтез и оценка содержания подготовки на основе разработанных моделей.
  5. Образовательный стандарт профессионального образования определяется как кластер в многомерном пространстве признаков, заданных моделью области профессиональной деятельности, моделью специалиста и моделью содержания его подготовки.

### **Построение модели области профессиональной деятельности**

Важный начальный этап проектирования модели области профессиональной деятельности состоит в определении объектов профессиональной деятельности (ОПД) специалиста, относительно которых «выстраиваются» его профессиональная деятельность и профессиональные компетенции.

Формирование множества ОПД для определенной области профессиональной деятельности и их классификация представляют собой слабо формализуемую и трудоемкую задачу. Это, в первую очередь, сказывается на формировании содержания образования в высокотехнологичных, динамически развивающихся отраслях, для которых характерно частое появление новых объектов и связанных с ними понятий, существование большого числа синонимичных понятий, быстрое «устаревание» некоторых понятий, изменения в описании и интерпретации отдельных понятий. Особенно это проявляется на комплексных объектах, которые являются сложной агрегацией множества простых объектов и определяются обобщающими понятиями. Важно отметить, что именно эти обобщающие понятия, как правило, используются в качестве определений ОПД в стандартах высшего профессионального образования.

Сегодня общепризнанным способом идентификации таких сложных объектов служат онтологии, на основе которых можно определить не только набор более простых понятий, но и связи между понятиями (например, степень сходства и различия между ними), что позволяет сформировать набор обобщающих понятий. В качестве объектов профессиональной деятельности могут рассматриваться физические и абстрактные объекты, системы, процессы или явления, на которые направлено воздействие специалиста.

Создание онтологий в различных областях профессиональной деятельности является сегодня одной из самых актуальных задач. Ее решением на разных уровнях занимаются исследовательские центры и международные организации. Одним из наиболее крупных проектов является проект UN SPSC (United Nations Standard Products and Services Code, <http://www.unspsc.org/>) – стандартный классификатор товаров и услуг.

Исходную онтологию можно построить одним из следующих методов:

- использование существующих энциклопедических словарей, тезаурусов и классификаций в профессиональной области;
- автоматизированный лингвистический анализ источников, содержащих сведения о данной области, с последующим привлечением экспертов для отбора выделенных терминов;
- привлечение экспертов для формирования словаря понятий и задания связей между ними.

Основными результатами построения структуры связей между понятиями являются:

- выделение понятий, являющихся обобщением некоторой иерархии понятий, которые интерпретируются как ОПД;
- выделение понятий, которые являются листовыми в выделенных иерархиях, дальнейшая детализация которых не рассматривается при построении модели данной области профессиональной деятельности.

Онтология ОПД является динамичной структурой, в которой могут появляться новые объекты, изменяться структура связей между ними, а соответственно, и состав обобщающих и листовых объектов. Кроме того, и объекты, и связи между ними могут быть дополнены весовыми коэффициентами, характеризующими их важность с точки зрения изучения и освоения на современном уровне развития данной области профессиональной деятельности. Изменение онтологической модели области профессиональной деятельности должно вести за собой и изменение содержания профессионального образования.

Задача формирования обобщающих ОПД при проектировании как профессиональных, так и образовательных стандартов профессионального образования для той или иной области профессиональной деятельности решается как задача формирования классов простых (исходных) ОПД. Сложность этой задачи связана, прежде всего, с объемом исходной информации. Число ОПД исчисляется сотнями и тысячами, а число классов, в которые их нужно объединить, – десятками. При решении задачи вручную эксперт вынужден резко ограничивать число рассматриваемых вариантов классификации, основываясь на своих субъективных оценках. Применение метода классификации для построения онтологии конкретной области профессиональной деятельности заключается в последовательном «улучшении» исходной онтологии [3].

В [4] показано, как в результате применения методов автоматической классификации получен улучшенный вариант онтологии ОПД для области профессиональной деятельности «Информатика и информационно-коммуникационные технологии». Исходная онтология имеет трехуровневую иерархическую структуру. На верхнем уровне находятся 6 классов объектов профессиональной деятельности:

1. компоненты аппаратных средств информационных технологий;
2. корпоративные информационные системы и услуги, связанные с их проектированием и эксплуатацией;
3. компоненты программных средств информационных технологий;
4. контент-ориентированные информационные системы;
5. коммуникационные средства, системы и услуги, связанные с их проектированием и эксплуатацией;
6. средства микроэлектронной техники и услуги, связанные с их проектированием и производством.

На втором уровне каждый из этих классов (обобщающих понятий) подразделяется на несколько подклассов (более простых понятий). Например, класс «корпоративные

информационные системы и услуги, связанные с их проектированием и эксплуатацией» подразделяется на три подкласса:

- 2.1. инструментальные программные средства интеграции корпоративных информационных систем;
- 2.2. услуги по поддержке жизненного цикла корпоративных информационных систем;
- 2.3. функциональные подсистемы корпоративных информационных систем.

Наконец, самый нижний, третий уровень (уровень исходных понятий, которые и называются объектами профессиональной деятельности, ОПД) представлен 44-мя ОПД. Используя алгоритм размытой классификации, формируется в итоге не шесть классов исходных ОПД, а семь. На основе класса «корпоративные информационные системы и услуги, связанные с их проектированием и эксплуатацией» сформированы два новых класса – класс с тем же названием, но меньшего размера, и новый класс «прикладные информационные системы».

После построения онтологии области профессиональной деятельности необходимо рассмотреть ОПД в контексте этапов их жизненного цикла. Изучение и освоение ОПД охватывает, как правило, все этапы их жизненного цикла. Однако уровень компетентности специалиста может охватывать как все этапы жизненного цикла для конкретного объекта, так и только часть этих этапов. Возможен также охват одного или нескольких этапов жизненного цикла для ряда близких по назначению объектов. Поэтому в модели области профессиональной деятельности можно выделить отдельное инвариантное множество понятий, отражающие этапы жизненного цикла объекта.

Этапы жизненного цикла могут быть рассмотрены в соответствии со стандартом ISO/IEC 12207 [5]. В качестве основных этапов жизненного цикла ОПД выделяются: а) научные исследования, б) проектирование (конструирование), в) производство, г) маркетинг и продажа, е) эксплуатация, ф) утилизация. Тогда модель области профессиональной деятельности специалиста определим следующим образом:

$$S = \langle Q, C, A \rangle.$$

Здесь  $Q = \{q_i \mid i = 1, \dots, N\}$  – множество классов ОПД (элемент множества – код класса ОПД);  $C = \{c_j \mid j = 1, \dots, M\}$  – множество этапов жизненного цикла ОПД;  $\|a_{ij}\|$ ,  $i = 1, \dots, N$ ;  $j = 1, \dots, M$  – матрица коэффициентов актуальности элементов профессиональной деятельности (сочетаний «класс объектов профессиональной деятельности»– «этап жизненного цикла»); коэффициент матрицы равен 1, если для  $i$ -го класса ОПД актуальна подготовка специалистов по  $j$ -му этапу жизненного цикла, 0 – в противном случае.

Оценка актуальности является интегральной характеристикой, которая определяется четырьмя составляющими:

- степенью необходимости выбранного этапа жизненного цикла для данного класса ОПД (критерий 1 – «необходимость»);
- состоянием рынка труда (критерий 2 – «предложение»);
- перспективами развития научно-технического прогресса (критерий 3 – «перспектива»);
- социальной престижностью профессий и рода занятий (критерий 4 – «престижность»).

Оценки актуальности могут быть получены только на основе мнений экспертов. Для повышения объективности таких оценок экспертные методы необходимо дополнять статистическими процедурами оценивания. В работе [6] описан алгоритм определения коэффициентов актуальности. Для формирования оценок коэффициентов актуальности по тематике, задаваемой определенным этапом жизненного цикла для конкретного класса ОПД, необходимо: 1) провести экспертизу, в которой были бы отражены мнения экспертов по каждой из сфер; 2) определить значения полученных в резуль-

тате экспертизы критериев; 3) осуществить свертку указанных критериев; 4) определить значения коэффициентов актуальности.

Развитие определенной области профессиональной деятельности специалиста выражается в изменении параметров ее модели:

- появление новых обобщающих ОПД за счет как «поднятия» в иерархии онтологии «простых» ОПД до уровня обобщающих, так и введения новых обобщающих ОПД;
- снижение до критического уровня общественного интереса к определенным ОПД, что выражается в снижении значения показателя актуальности до критического уровня;
- детализация отдельных этапов жизненного цикла ОПД, что выражается в изменении множества  $S$ ;
- изменение весовых коэффициентов в матрице  $\|a_{ij}\|$ .

### Построение модели специалиста

Сформировав модель области профессиональной деятельности, можно приступить к построению модели специалиста.

На этом этапе формируется множество моделей специалистов в пространстве модели области профессиональной деятельности. Такое множество моделей специалистов можно интерпретировать как первичный список (перечень) направлений профессиональной подготовки специалистов. Подобное множество объединяет (в рамках задаваемого стандартом объема часов на подготовку специалиста и требуемых квалификационных уровней) один или несколько классов ОПД по одному или нескольким этапам жизненного цикла (ЖЦ). При этом возможные варианты объединения пар «этап ЖЦ» – «класс ОПД» должны учитывать:

- близость или идентичность классов ОПД;
- сходство по этапам ЖЦ;
- сходство набора видов профессиональной деятельности;
- сходство функций профессиональной деятельности;
- общность квалификационных уровней;
- возможность объединения в рамках задаваемого стандартом объема часов на подготовку специалиста.

Фактически речь идет о классификации многомерных объектов в пространстве признаков, имеющем сложную структуру (признаки разной природы, с разными весами). Поскольку человек-эксперт не в состоянии проводить анализ непосредственно в многомерном пространстве, на этом этапе можно использовать методы многомерной автоматической классификации. Алгоритм решения этой задачи описан в [6], где множество моделей специалистов называется множеством интегрированных элементов профессиональной деятельности (ИЭПД). Приведем лишь содержательные моменты данного алгоритма.

*Процедура 1. Построение меры близости (сходства) между парами «класс ОПД – этап ЖЦ».* При построении меры близости учитывается необходимая «глубина изучения» классов ОПД при подготовке специалистов для работы с этими классами ОПД на данных этапах жизненного цикла для  $t$ -го квалификационного уровня. Для облегчения работы экспертов процедура экспертного оценивания разбивается на два шага.

На первом шаге множество этапов жизненного цикла  $S$  разбивается на два подмножества  $S_1^t$  и  $S_2^t$ . Подмножество  $S_1^t$  включает такие этапы жизненного цикла, на которых требуются специалисты с глубоким (в пределах  $t$ -го квалификационного уровня) знанием и соответственно углубленным изучением  $t$ -го класса ОПД со всеми его специфическими особенностями, подмножество  $S_2^t$  – этапы, для которых достаточно

некоторого общего представления об этом классе ОПД. Проводя указанное разбиение, эксперт руководствуется своими знаниями видов профессиональной деятельности, соответствующих этапам жизненного цикла, и соответствующих этим видам функций профессиональной деятельности для  $t$ -го квалификационного уровня. Для разных классов ОПД и разных квалификационных уровней указанные разбиения могут быть разными. Например, для класса ОПД «Корпоративная компьютерная сеть» этап изготовления – это фактически инсталляция системы, и организационно-управленческая деятельность на этом этапе требует глубокого знания данного класса объектов во всех деталях на высшем квалификационном уровне. Для класса ОПД «Электронные приборы» на этапе изготовления не требуется глубокого знания специфики работы приборов и достаточно либо общего представления на высшем квалификационном уровне, либо углубленного изучения на среднем квалификационном уровне. Поэтому разбиение множества  $S$  на подмножества имеет индексы  $r, t$ , указывающие класс ОПД и квалификационный уровень, применительно к которым проводится разбиение.

На втором шаге эксперты дают оценки коэффициентов «глубины изучения» для определения меры близости между парами  $p_{rs}$  и  $p_{uv}$ , т.е. парами « $r$ -й класс ОПД –  $s$ -й этап ЖЦ» и « $u$ -й класс ОПД –  $v$ -й этап ЖЦ». Рассмотрим три случая.

1.  $s \in C_1^{rt}, v \in C_1^{uv}$ , т.е. этапы жизненного цикла каждой пары требуют специалистов с углубленным (на  $t$ -м квалификационном уровне) изучением соответствующих классов ОПД. В этом случае соответствующая мера близости (обозначим ее через  $K_{sv}^t$ ) полагается равной 1, т.е. оценка меры близости пар  $p_{rs}$  и  $p_{uv}$  совпадает с оценкой меры близости соответствующих классов ОПД.

2.  $s \in C_1^{rt}, v \in C_2^{uv}$  или  $s \in C_2^{rt}, v \in C_1^{uv}$ , т.е. на  $t$ -м квалификационном уровне этапы жизненного цикла соответствующих классов ОПД принадлежат к разным подмножествам множества  $S$ . Поскольку разные классы ОПД требуют в этом случае еще и разной глубины изучения, естественно считать, что мера близости рассматриваемых пар меньше меры близости соответствующих классов ОПД. В этом случае эксперта просят оценить  $K_{sv}^t$  числом в интервале от 0 до 0,5.

3.  $s \in C_2^{rt}, v \in C_2^{uv}$ , т.е. этапы жизненного цикла каждой пары не требуют специалистов с углубленным (в пределах  $t$ -го квалификационного уровня) изучением соответствующих классов ОПД. Поскольку при менее углубленном изучении различие между классами ОПД в какой-то степени нивелируется, естественно считать, что мера близости рассматриваемых пар больше меры близости соответствующих классов ОПД. В этом случае от эксперта требуется оценить  $K_{sv}^t$  числом в полуинтервале  $1 < K_{sv}^t \leq 2$ .

Описанная процедура выполняется для всех квалификационных уровней и всех пар  $p_{rs}$  и  $p_{uv}$ . Заметим, что случаи  $r = u$ , т.е. случаи оценки меры близости пар с одним и тем же классом ОПД, но разными этапами жизненного цикла, не требуют специального рассмотрения, поскольку мера близости класса к самому себе вычисляется по общим правилам.

*Процедура 2. Кластеризация пар «класс ОПД – этап ЖЦ».* Кластеризация (агрегирование) проводится независимо для каждого квалификационного уровня. Алгоритм агрегирования представляет собой итерационную человеко-машинную процедуру, в которой на каждой итерации обрабатывается построенное к этому шагу текущее множество агрегатов.

На первой итерации в качестве текущего множества агрегатов берется множество, в котором агрегатами являются отдельные пары «класс ОПД – этап ЖЦ».

На  $k$ -й итерации два наиболее близких агрегата объединяются в один агрегат в соответствии с оценками близости. При этом эксперт оценивает объем учебного времени, требуемого для обучения по всем классам ОПД и этапам ЖЦ, включенным в новый агрегат, и сравнивает его с общим объемом часов на подготовку специалиста данного квалификационного уровня. Если эксперт считает, что данный предел еще не достигнут, начинается следующая итерация. Если эксперт считает, что дальнейшее укрупнение нового агрегата приведет к выходу за пределы общего объема часов на подготовку специалиста данного квалификационного уровня, этот агрегат принимается в качестве предварительного варианта модели специалиста, он удаляется из текущего множества агрегатов, и начинается следующая итерация. Алгоритм прекращает работу, когда текущее множество агрегатов оказывается пустым. Таким образом, идет построение для каждого квалификационного уровня множества агрегатов, где каждый агрегат представляется набором векторов определенных объектов профессиональной деятельности, этапов жизненного цикла, видов деятельности, функций и компетенций специалиста (формальное определение этих векторов приведено в [6] и из-за своей громоздкости не приводится в настоящей работе). По окончании выполнения этой процедуры на выходе получаются множества моделей специалистов, характерных для данной области профессиональной деятельности.

### Построение модели содержания подготовки специалиста

Под моделью содержания подготовки специалиста будем понимать образовательную программу подготовки специалиста, которая должна соответствовать полученной на предыдущем этапе модели специалиста. При формировании модели содержания стоит задача формирования структуры образовательной программы, т.е. совокупности дисциплин (модулей), обеспечивающих формирование компетенций в соответствующей области профессиональной деятельности.

Предположим, что для каждой области профессиональности деятельности существует свое множество дидактических единиц (ДЕ), обеспечивающих усвоение знаний, умений и навыков и формирующих универсальные и профессиональные компетенции. Для каждой образовательной программы, по которой осуществляется подготовка специалиста, существует свое подмножество ДЕ, причем для каждой пары ДЕ можно указать число, характеризующее силу связи между этими дидактическими единицами. Покажем выделение такого подмножества из всего множества ДЕ и группирование их в виде дисциплин. Группировку (агрегирование) ДЕ необходимо проводить таким образом, чтобы сильно связанные между собой ДЕ попали в одну дисциплину, а слабо связанные – в разные дисциплины, и чтобы сумма учебного времени ДЕ каждой дисциплины не превышала заданной величины<sup>2</sup>.

*Постановка задачи.* Пусть заданы:

$D_k^t = \{d_{kx}^t | x^{kt} = 1, \dots, L_{kt}\}$  – множество кодов (имен) ДЕ по  $k$ -й области профессиональной деятельности для  $t$ -й образовательной программы;

$A_{kx}^t = \{\alpha_{kx}^t\}, x^{kt} = 1, \dots, L_{tk}$  – вектор содержания ДЕ по  $k$ -й области профессиональной деятельности для  $t$ -й образовательной программы, где  $\alpha_{kx}^t$  – компонент вектора (текст, описывающий содержание ДЕ с кодом  $d_{kx}^t$  по  $k$ -й области профессиональной деятельности для  $t$ -й образовательной программы);

<sup>2</sup> Как известно, в образовательной практике принято формировать дисциплины кратно семестру или модулю с определенной академической недельной нагрузкой.

$B_{kx}^t = \{\beta_{kx}^t\}, x^{kt} = 1, \dots, L_{tk}$  – вектор объема учебного времени ДЕ по  $k$ -й области профессиональной деятельности для  $t$ -й образовательной программы, где  $\beta_{kx}^t$  – компонента вектора (время на изучение ДЕ с кодом  $d_{kx}$ ).

$R_k^t = \{r_{kn}^t | n^t = 1, \dots, N_k^t\}$  – множество связей между ДЕ для  $k$ -й области профессиональной деятельности для  $t$ -й образовательной программы;

$|c_{kxm}^t | x^{kt} = 1, \dots, L_{tk}, m^{kt} = 1, \dots, L_{tk}$  – матрица связей между ДЕ для  $k$ -й области профессиональной деятельности и  $t$ -й образовательной программы. Элемент матрицы  $c_{kxm}$  принимает значение в интервале  $(0, 1]$ , равно силе связи между  $x^k$ -й и  $m^k$ -й ДЕ, если между ними существует связь, и равен 0, если связь между ними отсутствует.

Требуется определить:

$A_k^t = \{a_n^{tk} | n^{tk} = 1, \dots, N_k^t\}$  – множество дисциплин  $t$ -й образовательной программы  $k$ -й области профессиональной деятельности;

$T_k^t = \{\tau_n^{tk}\}, n^{tk} = 1, \dots, N_k^t$  – вектор объемов дисциплин  $t$ -й образовательной программы  $k$ -й области профессиональной деятельности; компонент вектора  $\tau_n^{tk}$  представляет собой объем в часах на изучение дисциплины;

$B^{n(tk)} = \{b_{j(n(tk))}^{n(tk)} | j^{n(tk)} = 1, \dots, L^{n(tk)}\}$  – множество кодов ДЕ для  $n^{tk}$ -й дисциплины по  $k$ -й области профессиональной деятельности для  $t$ -й образовательной программы,  $B^{n(tk)} \in D_{kx}^t$ .

$|c_{i(n(tk))j(n(tk))}^{n(tk)} | i^{n(tk)} = 1, \dots, L^{n(tk)}$  – матрица связей между ДЕ  $n^{tk}$ -й дисциплины для  $k$ -й области профессиональной деятельности и  $t$ -й образовательной программы. Элемент матрицы  $c_{i(n(tk))j(n(tk))}^{n(tk)}$  принимает значение в интервале  $(0, 1]$ , равно силе связи между  $i^{n(tk)}$ -й и  $j^{n(tk)}$ -й ДЕ, если между ними существует связь, и равен 0, если связь между ними отсутствует.

*Описание алгоритма.* Поскольку в этой задаче матрица связей между ДЕ каждой образовательной программы по каждой области профессиональной деятельности задана, для группирования ДЕ в дисциплины можно непосредственно использовать алгоритмы агрегирования [3, 5]. При построении классов ОПД специалиста в [3] и в задаче формирования актуальных пар <ОПД специалиста> – <этап жизненного цикла> [6] правило остановки алгоритма было задано. Так, в задаче агрегирования ОПД алгоритм останавливался после формирования заданного числа классов, а в задаче агрегирования пар «класс ОПД – элемент ЖЦ» – после достижения граничного значения объема профессионального обучения, т.е. объема часов на подготовку специалиста данного квалификационного уровня. Специфика агрегирования ДЕ в предлагаемом подходе состоит в том, что информация о том, может ли некоторый агрегат ДЕ рассматриваться как самостоятельная дисциплина, устанавливается на основе опроса мнений специалистов-экспертов. Здесь невозможно указать какой-либо формальный критерий, основанный только на численной оценке связей входящих в агрегат ДЕ. В основу предлагаемого алгоритма положен алгоритм «объединение», итерационная реализация которого описана в [7].

Пусть каждый из анализируемых объектов (в данном случае каждый объект – это некоторая ДЕ из имеющегося множества ДЕ) описывается набором параметров  $\{y^{(1)}, \dots, y^{(k)}\}$ . Вводится в рассмотрение пространство параметров  $Y$ , в котором каждому конкретному объекту  $y_j = \{y_j^{(1)}, \dots, y_j^{(k)}\}$  отвечает точка  $y_j \in Y$ . Для работы алгоритма необходимо ввести меру близости двух точек (объектов)  $y$  и  $z$  в работе для этой цели ис-

пользуется значение потенциальной функции  $K(y, z)$  [5], которая задается в виде следующей функции от евклидова расстояния  $R(y, z)$  между точками  $y$  и  $z$ :

$$K(y, z) = \frac{1}{1 - \alpha R^2(y, z)}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – настраиваемая константа алгоритма. Экспертно-компьютерная процедура выбора  $\alpha$  описана в [7]. Введем также меру близости двух конечных множеств точек  $B$  и  $D$ :

$$K(B, D) = \frac{1}{N_B N_D} \sum_{y_i \in B} \sum_{y_j \in D} K(y_i, y_j), \quad (2)$$

где  $N_B$  и  $N_D$  – число точек в множествах  $B$  и  $D$  соответственно. Из выражения (2) непосредственно следует, что  $K(B, D)$  – величина средней (по всем парам точек) близости пары точек  $y_i$  и  $y_j$ , когда одна точка этой пары принадлежит одному множеству точек (классу), а другая точка этой пары – другому множеству (классу).

Алгоритм «Объединение» – иерархический, т.е. на каждом его шаге происходит объединение двух наиболее близких классов (агрегатов) среди всех классов, рассматриваемых на этом шаге. В качестве начального в работе берется разбиение, для которого  $r_{\text{нач}} = N$ , т.е. каждая точка является единственным представителем в соответствующем классе (агрегате). Тогда на первом шаге находятся ближайшие, согласно выражению (1), точки (объекты)  $y_i$  и  $y_j$ , для которых справедливо выражение

$$K(y_i, y_j) = \max_{l, p, l \neq p} K(y_l, y_p), \quad l, p = 1 \div N.$$

Эти точки объединяются в один класс (агрегат), который обозначается через  $A_l$ . Точки  $y_i$  и  $y_j$  исключаются из дальнейшего рассмотрения.

Пусть к  $l$ -му шагу исходное множество точек за счет последовательного объединения на предыдущих шагах разбито на  $r_l$  непересекающихся классов (агрегатов)  $A_1, \dots, A_{r_l}$ . Заметим, что некоторые классы могут состоять из одной точки. На  $l$ -м шаге получают разбиение исходного множества точек на  $r_l - 1$  классов, для которых справедливо выражение

$$K(A_i, A_j) = \max_{p, q, p \neq q} K(A_p, A_q),$$

т.е. производится объединение двух ближайших, согласно выражению (2), классов  $A_i$  и  $A_j$ . Новый (объединенный) класс обозначается через  $A_i$ , а классы  $A_i$  (старый) и  $A_j$  исключаются из дальнейшего рассмотрения.

На каждом шаге (итерации) алгоритма эксперт оценивает не столько объем учебного материала, сколько логическую завершенность класса ДЕ  $A_i$ , полученного в результате объединения на этом шаге. Если эксперт считает, что этот класс еще не составляет законченной дисциплины, то алгоритм переходит на следующий шаг (итерацию). Если же эксперт считает, что сформированный на этом шаге класс  $A_i$  составляет законченную дисциплину, то эта дисциплина пополняет список уже сформированных дисциплин, класс  $A_i$  удаляется из текущего множества классов (агрегатов), и начинается следующая итерация алгоритма.

### Заключение

Рассмотренные методы формализации задач проектирования образовательных стандартов профессионального образования используют экспертно-статистические ме-

тоды принятия решений при последовательном построении модели области профессиональной деятельности, модели специалиста и модели содержания его подготовки.

Практической основой для разработки методов формализации сквозного процесса проектирования стандартов профессионального образования послужили проводившиеся в период 2004–2006 г.г. под руководством автора работы в рамках Федеральной целевой программы «Образование» по оптимизации перечня направлений подготовки и специальностей высшего профессионального образования в области информатики, информационных технологий и информационных систем в соответствии с потребностями рынка труда, а также по разработке структуры и содержания среднего и высшего профессионального образования в области информационно-коммуникационных технологий. Обобщение данных методов применительно к профессиональным стандартам нашло отражение при разработке в 2006–2007 г.г. по заказу Мининформсвязи РФ профессиональных стандартов для отрасли информационных технологий.

Разработанные методы, алгоритмы и процедуры послужили теоретической базой создаваемой под руководством автора автоматизированной системы проектирования образовательных стандартов высшего профессионального образования.

### Литература

1. Профессиональные стандарты в области информационных технологий. – М.: АПКИТ, 2008. – 616 с.
2. Никитин В.В. Информационно-методическое обеспечение формирования перечня направлений и специальностей в области информационно-коммуникационных технологий. – М.: МАКС Пресс, 2006. – 272 с.
3. Классификация объектов профессиональной деятельности специалиста при проектировании профессиональных и образовательных стандартов / В.В. Никитин, С.В. Мальцева, А.А. Дорофеюк, А.С. Мандель // Проблемы управления. – 2007. – № 4. – С. 51–55.
4. Никитин В.В. Проектирование онтологии объектов профессиональной деятельности при разработке профессиональных и образовательных стандартов // Вестник УГАТУ. – 2008. – Том 11. – №1 (27). – С. 32–39.
5. Life Cycle Management – System Life Cycle Processes, Committee Draft, ISO/IEC ISO/IEC 15288.
6. Формирование номенклатуры направлений подготовки специалистов на основе многопараметрической модели профессиональной деятельности / В.В. Никитин, С.В. Мальцева, А.А. Дорофеюк, А.С. Мандель // Автоматизация и современные технологии. – 2008. – № 5. – С. 38–44.
7. Дорофеюк А.А. Алгоритмы обучения машины распознаванию образов без учителя, основанные на методе потенциальных функций // Автоматика и телемеханика. – 1966. – № 10. – С. 37–49.

**Никитин Виктор Васильевич** – Государственный университет – Высшая школа экономики, г. Москва, проректор, кандидат технических наук, доцент, vnikitin@hse.ru