

**КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ АГРЕГИРОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЗАДАЧЕ
ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ²**

© Мандель А.С., Дорофеюк А.А., Чернявский А.Л., Никитин В.В.,
Мальцева С.В.

Институт проблем управления РАН,
Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 65.

е-майл: *manfoon@ipu.ru*

(ГУ – Высшая школа экономики)

Abstract. Application of automatic classification and expert-statistical processing techniques to the educational and specialists professional standards generating problem solution is discussed.

ВВЕДЕНИЕ

Решение задачи разработки государственных профессиональных и образовательных стандартов представляет собой многоэтапный процесс анализа, оценивания и обработки больших массивов информации.

Важным этапом этого процесса является определение объектов профессиональной деятельности специалиста, относительно которых «выстраиваются» его профессиональные компетенции. Программы обучения должны быть построены так, чтобы обеспечивать формирование у будущего специалиста заданного набора компетенций.

Сегодня общепризнанным способом идентификации таких сложных объектов являются **онтологии**, на основе которых определяются связи и степень сходства между понятиями, что позволяет выделить набор обобщающих понятий, на основе которых уже можно идентифицировать основные **объекты профессиональной деятельности (ОПД)** [1].

Для ОПД в технической сфере целесообразно использовать перечень **этапов жизненного цикла (ЭЖЦ)**: (1) научные исследования; (2) проектирование; (3) производство; (4) маркетинг и продажа; (5) эксплуатация; (6) утилизация.

В докладе представлена формализованная постановка задачи и описываются методы выделения классов ОПД, синтезируемые на основе алгоритмов автоматической классификации [2, 3].

Связь между ОПД и ЭЖЦ в сфере образования оценивается **«коэффициентом актуальности» (КА)**, определяющим актуальность подготовки специалистов, компетенции которых будут связаны с данным классом ОПД, рассматриваемых для определённого ЭЖЦ. Сама актуальность определяется состоянием рынка труда, перспективами развития научно-технического прогресса, социальной престижностью профессий и рода занятий.

²Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ: гранты 08-07-00349-а, 08-07-00427-а, 06-08-00415-а.

Оценки КА могут быть получены в основном экспертным путём, однако для повышения их объективности экспертные методы необходимо дополнять статистическими методами оценивания. В качестве наиболее целесообразного инструмента формирования таких оценок в докладе предлагается воспользоваться аппаратами экспертно-статистической обработки информации [4, 5].

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим формализованную постановку задачи выделения классов ОПД. Обозначим:

- $V = \{v_n | n = 1, \dots, N_V\}$ – множество ОПД; элемент множества представляет собой код ОПД;
- $X = \{\chi_n | n = 1, \dots, N_V\}$ – вектор наименований ОПД, элементы вектора – наименования ОПД;
- $M = \{\mu_n | n = 1, \dots, N_V\}$ – вектор описаний ОПД, элементы вектора – текстовые описания ОПД;
- $R = \{r_{ij} | i, j = 1 \dots N_V, i \neq j\}$ – множество (матрица) связей между ОПД.

Результат решения задачи разделения множества объектов на классы должен быть представлен следующей выходной информацией:

- $Q' = \{q'_i | i' = 1, \dots, N'\}$ – множество классов ОПД; элемент множества – код класса ОПД;
- $\Phi = \{\Phi'_{ij} | i' = 1, \dots, N'; j' = 1, \dots, N'\}$ – матрица связности классов ОПД, элемент Φ'_{ij} этой матрицы равен 1, если i -й класс ОПД связан с j -м ОПД, 0 – в противном случае.

В работе [6] обсуждаются разные варианты подхода к решению задачи классификации ОПД на основе методов автоматической классификации. Ниже более подробно рассматривается вариационный подход.

2. ВАРИАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ АГРЕГИРОВАНИЯ

Пусть имеется N_v элементов v_1, \dots, v_{N_v} и соответствующая им матрица связей $R = \{r_{ij}\}$, $i, j = 1, \dots, N_v$, $i \neq j$, все компоненты которой неотрицательные числа.

Пользуясь матрицей R , требуется разбить элементы на N' подмножеств (агрегатов) $q'_1, \dots, q'_{N'}$, где число N' считается заданным заранее.

В результате ряда теоретических и экспериментальных исследований установлено [2, 3], что в достаточно широком классе задач удовлетворительные результаты агрегирования достигаются при максимизации функционала

$$F = \sum_{k=1}^{N'} \frac{m_k}{N_v} \left[\frac{1}{m_k(m_k - 1)} \sum_{i,j \in q'_k, i \neq j} r_{ij} \right] = \frac{1}{N_v} \sum_{k=1}^{N'} \frac{1}{m_k - 1} \sum_{i,j \in q'_k, i \neq j} r_{ij}, \quad (2.1)$$

где m_k – число элементов в соответствующем агрегате. Условие $i \neq j$ введено в (2.1) для того, чтобы величина внутренней связи элемента с самим собой (если таковая имеется) не влияла на результат агрегирования. Для определенности при $m_k = 1$ будем полагать

$$\frac{1}{m_k - 1} \sum_{i,j \in q'_k, i \neq j} r_{ij} = 0.$$

Сумма $\sum_{i,j \in q'_k, i \neq j} r_{ij}$ есть сумма всех величин связи между разными элементами, попавшими в один агрегат q'_k . Величина $m_k(m_k - 1)$ – общее число таких величин, а число m_k/N_v – доля элементов, попавших в агрегат q'_k . Поэтому функционал F имеет смысл суммы взвешенных средних величин связи внутри каждого агрегата, причем коэффициенты взвешивания пропорциональны размерам агрегата. В связи с этим максимизация функционала F приводит к более «плотным» агрегатам большого размера за счет меньшей плотности агрегатов малого размера.

Вопрос о выборе функционала при реализации вариационного подхода совсем не тривиален. Оказывается, что многие функционалы, имеющие физический смысл близкий к введенному выше функционалу F , приводят к результатам, явно противоречащим нашим представлениям о «хорошем» агрегировании. В качестве примеров такого рода рассмотрим функционалы

$$F_1 = \sum_{k=1}^N \sum_{i,j \in q_k, i \neq j} r_{ij},$$

$$F_2 = \sum_{k=1}^N \frac{1}{m_k(m_k - 1)} \sum_{i,j \in q_k, i \neq j} r_{ij}.$$

Функционал F_1 кажется на первый взгляд разумным, так как его максимизация означает такое разделение элементов на агрегаты, при котором сумма всех внутриагрегатных связей будет максимальной. Вместе с тем, величина F_1 при прочих равных условиях будет тем большей, чем больше компонент матрицы A попадет в блоки. Поэтому, если бы все компоненты матрицы A были равны между собой, то при $N = 2$ максимум функционала F_1 достигался бы при таком разбиении элементов на два (непустых) агрегата, при котором в один агрегат попадет $N_v - 1$ элементов, а в другой – только один элемент (рис. 1).

Функционал F_2 имеет смысл суммы средних величин внутриагрегатных связей, т.е. смысл, весьма близкий к смыслу функционала F . Вместе с тем, специальные экспериментальные исследования показали [2], что максимизация функционала F_2 в сложных случаях приводит к неудовлетворительным результатам. (При достаточно большом числе агрегатов максимуму F_2 часто соответствует разбиение, в котором все агрегаты, кроме одного, состоят из пары наиболее близких элементов. Одна из причин этого заключается в том, что любой k – й член

$$\frac{1}{m_k(m_k - 1)} \sum_{i,j \in q_k, i \neq j} r_{ij}$$

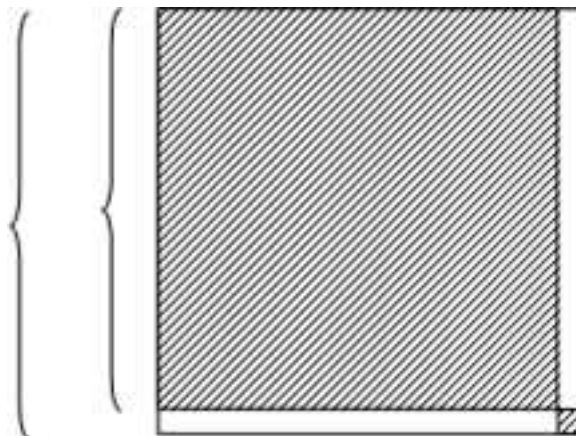


Рис. 1. Неравномерность агрегирования с функционалом F_1 .

функционала F_2 не зависит от числа классов, но быстро падает с ростом m_k .

Алгоритм поиска локального экстремума функционала F строится следующим образом. Пусть имеется некоторое начальное разбиение множества объектов на агрегаты. На каждом шаге алгоритма осуществляется пробный перенос некоторого очередного элемента из того агрегата, в котором он находится к данному шагу, последовательно во все остальные агрегаты, начиная с первого. При каждом таком переносе подсчитывается новое значение функционала F и сравнивается со значением этого функционала до переноса. Если при очередном пробном переносе данного элемента значение функционала возросло, то рассматриваемый элемент остается в новом агрегате. На этом выполнение данного шага алгоритма заканчивается. Если же после пробных переносов во все другие агрегаты значение функционала F ни разу не возросло, то рассматриваемый элемент остается в том же агрегате, в котором он находился до осуществления данного шага. Затем алгоритм переходит к следующему шагу, на котором осуществляются пробные переносы следующего элемента. Алгоритм останавливается после того, как просмотр всех элементов не приводит к изменению ни одного из агрегатов. Таким образом, если считать, что «окрестностью» некоторого разбиения является совокупность всех разбиений, отличающихся от данного местоположением только одного элемента, то рассмотренный алгоритм доставляет функционалу экстремум, локальный по отношению к такому определению окрестности.

В качестве начального разбиения в этом алгоритме может использоваться любое разбиение элементов на L агрегатов.

3. ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ АГРЕГИРОВАНИЯ

Эффективность эвристических алгоритмов решения задачи агрегирования зависит от сложности задачи. Если элементы действительно группируются в «плотные» агрегаты, а связь между любыми элементами из разных агрегатов существенно меньше, чем между элементами из одного агрегата, то такие алгоритмы дают хорошее

решение задачи агрегирования. Однако встречающаяся в реальных задачах ситуация редко бывает столь идеальной, так что лишь «в среднем» элементы из одного агрегата сильнее связаны, чем элементы из разных агрегатов. И чем сложнее задача, т.е. чем сильнее она отличается от «идеальной», тем труднее выделить агрегаты и тем сложнее для этого должен быть алгоритм. Рассмотрим один из наиболее распространенных эвристических алгоритмов – иерархический алгоритм агрегирования «Объединение» [2].

Пусть два подмножества q_p и q_s элементов включают соответственно m_p и m_s элементов. Будем измерять силу «связи» или степень «близости» между этими двумя подмножествами величиной

$$K(q_p, q_s) = \frac{1}{m_p m_s} \sum_{i \in q_p} \sum_{j \in q_s} r_{ij}. \quad (3.1)$$

Каждый шаг алгоритма заключается в объединении в один агрегат двух наиболее «близких» друг к другу агрегатов, полученных в результате предыдущих шагов алгоритма, так что на каждом шаге число построенных алгоритмом агрегатов уменьшается на единицу. Работа алгоритма продолжается до тех пор, пока не будет получено заранее заданное число $N_{\text{агрегатов}}$.

В процессе выполнения каждого шага в связи с изменением агрегатов следует также пересчитывать величины $K(q_r, q_t)$. Пусть, например, на некотором шаге объединяются агрегаты q_p и q_s в один агрегат, который обозначим через q_u . Если q_r и q_t не есть q_u , то соответствующая величина $K(q_r, q_t)$ на данном шаге по изменению. Если же один из агрегатов, например G_r , это и есть новый агрегат, то, как легко видеть

$$K(q_u, q_t) = \frac{1}{(m_p + m_s)m_t} \sum_{i \in q_p \cup q_s} \sum_{j \in q_t} r_{ij} = \frac{m_p K(q_p, q_t) + m_s K(q_s, q_t)}{m_p + m_s}. \quad (3.2)$$

В качестве начального разбиения для работы алгоритма «Объединение» можно взять N_v агрегатов, содержащих каждый по одному элементу. В свою очередь агрегаты, получаемые в результате работы алгоритма «Объединение», можно использовать в качестве начального разбиения для работы описанного выше вариационного алгоритма.

В настоящей работе описанные алгоритмы использовались следующим образом. Агрегирование объектов профессиональной деятельности проводилось при разных значениях N' : множество V разбивалось на 8, 9, 10, 11 и 12 классов с помощью алгоритма «Объединение». При этом каждое из полученных разбиений задавалось в качестве начального разбиения для вариационного алгоритма, который и строил окончательное разбиение на данное число классов. Построенные классификации представлялись экспертам пользователя, которые выбирали наилучшую из пяти классификаций, т.е. окончательное число классов N , и уточняли составы классов. Элементы матрицы связности между классами q_1, \dots, q_N скорректированной пользователем классификации определялись по формуле (3.2):

$$\varphi_{ij} = \frac{1}{m_i m_j} \sum_{s \in q_i} \sum_{p \in q_j} r_{sp}.$$

4. АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ АКТУАЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Помимо ранее введенных множеств V , X , M и R и сформированного в разделе 3 числа N классов ОПД, введем также множество $C = \{c_j | j = 1, \dots, J\}$ этапов жизненного цикла ОПД после его коррекции экспертом-пользователем. Необходимо сформировать выходную матрицу $A = \|a_{ij}\|$, $i = 1, \dots, N$; $j = 1, \dots, J$, коэффициентов актуальности элементов профессиональной деятельности (сочетаний «класс объектов профессиональной деятельности»-«этап жизненного цикла», ЭЖЦ), элемента a_{ij} матрицы A равен 1, если для i -го класса объектов профессиональной деятельности актуальна подготовка специалистов по j -му этапу жизненного цикла, 0 – в противном случае.

Актуальность обучения по тематике, определяемой определенным ЭЖЦ для конкретного класса ОПД, является интегральной характеристикой, которая определяется четырьмя составляющими:

- степенью необходимости выбранного ЭЖЦ 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*»).

Для формирования оценок коэффициентов актуальности по тематике, определяемой определенным ЭЖЦ для конкретного класса ОПД, необходимо (а) провести экспертизу, в которой были бы отражены мнения экспертов по каждой из этих четырех сфер; (б) определить значения полученных в результате экспертизы критериев, (в) осуществить свертку указанных критериев и (г) определить значения коэффициентов актуальности.

На первом этапе работы значения коэффициентов актуальности будут формироваться в «огрубленном» двоичном представлении: значение «1» – обучение по данному ЭЖЦ для конкретного класса ОПД актуально, значение «0» – не актуально. В процессе дальнейшего развития работы и по мере накопления статистического материала коэффициенты актуальности будут сформированы в более точном представлении, как числа со значениями из отрезка $[0, 1]$: $0 \leq a_{ij} \leq 1$ для всех $i = 1, \dots, N$, $j = 1, \dots, M$.

Для решения проблем (а) – (г) воспользуемся экспертно-статистическим подходом [4, 5, 7] в комбинации с методом анализа иерархий [8] (МАИ), придерживаясь принципа не задавать экспертам вопросов «в лоб», рассчитанных на получение непосредственных ответов на главный вопрос экспертизы: «актуально» – «не актуально». Последнее, наряду с применением процедур логической перепроверки полученных ответов, позволяет существенно повысить достоверность экспертизы. При этом в процессе анкетирования экспертов им будет предъявляться статистический материал (при его наличии) о числе вузов и числе студентов, которые обучаются по данной или аналогичной им специальности (на данном этапе под «*специальностью*»

понимается условная категория, отвечающая характеристике исследуемого на актуальность процесса обучения по данному этапу жизненного цикла для конкретного класса объектов профессиональной деятельности).

При работе с МАИ экспертов просят ответить на вопросы о попарных сравнениях значимости введенных критериев применительно к исследуемому объекту (в данном случае, пара «этап жизненного цикла» – «класс объектов профессиональной деятельности»), причем каждый из рассматриваемых критериев подлежит дальнейшей, максимально возможной иерархической структуризации. При этом сравнение будет проводиться по 3, 5 и 9-балльным шкалам. Девятибалльная шкала выглядит так: 1 – равная важность, 3 – умеренное превосходство одного критерия над другим, 5 – существенное превосходство одного критерия над другим, 7 – значительное превосходство одного критерия над другим, 9 – очень сильное превосходство одного критерия над другим, 2, 4, 6, 8 – промежуточные градации. Пятибалльная шкала: 1 – равная важность, 2 – умеренное превосходство одного критерия над другим, 3 – существенное превосходство одного критерия над другим, 4 – значительное превосходство одного критерия над другим, 5 – очень сильное превосходство одного критерия над другим (без промежуточных градаций). Трехбалльная шкала: 1 – равная важность, 2 – превосходство одного критерия над другим, 3 – очень сильное превосходство одного критерия над другим.

Выбор между введенными выше шкалами определяется способностью экспертов к той или иной степени дифференциации, различения, имеющих альтернатив при их попарном сравнении и зависит от решаемой проблемы.

Как отмечено выше, при использовании МАИ не менее значима максимально возможная иерархическая структуризация первичных критериев. В рассматриваемом случае таких критериев четыре: «необходимость», «предложение», «перспектива» и «престижность».

Первый критерий $K_{ij}^{(1)}$, как следует из его определения, не структурируется (хотя мнения, высказанные по нему разными экспертами, могут быть разными).

Второй критерий $K_{ij}^{(2)}$, «предложение», можно разбить на такие подкритерии, как «число вузов, в которых обучают данной специальности» (см. выше сделанное замечание), «число ежегодно выпускаемых специалистов по данной специальности», «степень насыщенности рынка уже подготовленными специалистами по данной специальности». Первый из подкритериев может быть также разбит по региональному принципу на подкритерии «число вузов, в которых обучают данной специальности, в регионе s'' , $s = 1, 2, \dots, S$.

Третий критерий $K_{ij}^{(3)}$ может быть сформирован с дальнейшей структуризацией по «перспективам развития конкретных объектов n из данного класса i объектов профессиональной деятельности», $n = 1, 2, \dots, n_i$.

Четвертый критерий $K_{ij}^{(4)}$, как и первый из критериев, дальнейшей структуризации не подлежит.

В результате дерево принятия решений выглядит так, как показано на рис. 2.

Применительно к рассматриваемой проблеме процедура МАИ используется на всех, кроме последнего, шагах процедуры «подъема» по иерархической древовидной

структуре на множестве введенных критериев и подкритериев. На последнем шаге будут использоваться заданные экспертами значения критериев $K_{ij}^{(1)}$ и $K_{ij}^{(4)}$, а также сформированные в рамках процедуры МАИ оценки критериев $K_{ij}^{(2)}$ и $K_{ij}^{(3)}$.

Анкетирование каждого из экспертов осуществляется с помощью вопросника, построенного по дереву, изображенному на рис. 2. Для этого каждому из экспертов предъявляется совокупность всех пар «класс i ОПД – этап j жизненного цикла» и предлагается осуществить попарное сравнение соответствующих альтернатив, в процессе которого эксперт также расставляет соответствующие балльные оценки (по 9, 5 или 3-балльной шкалам) для степеней важности различных критериев (см. рис. 2).

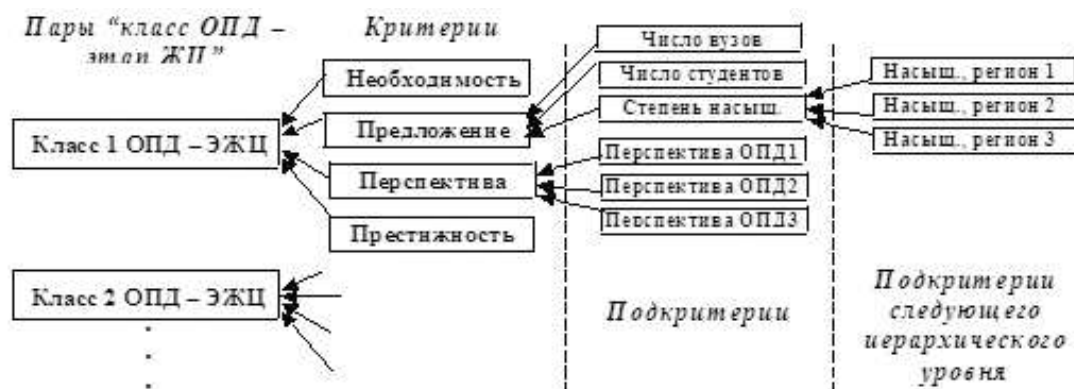


Рис. 2. Дерево принятия решений

Формируемая в результате будущая оценка коэффициента актуальности a_{ij} будет корректной, если соответствующий интегральный критерий будет удовлетворять аксиоме Эджворта-Парето. В работе [9] показано, что для этого необходимо построить соответствующую нелинейную свертку критериев. В рассматриваемом случае одной из таких нелинейных сверток является функция вида

$$\bar{K}_{ij} = K_{ij}^{(1)} (\alpha_{ij}^{(2)} K_{ij}^{(2)} + \alpha_{ij}^{(3)} K_{ij}^{(3)} + \alpha_{ij}^{(4)} K_{ij}^{(4)}), \quad (4.1)$$

в которой выбор коэффициентов $(\alpha_{ij}^{(2)}, \alpha_{ij}^{(3)}, \alpha_{ij}^{(4)})$ осуществляется в процессе анализа анкет, заполненных экспертами, и выбирается равной значению собственного вектора последней из матриц попарных сравнений. В результате формируется набор («матрица») значений интегральных оценок $K_{ij}^{(t)}$, где t – номер эксперта.

Затем выбирается некоторое пороговое значение \bar{K} , после чего для каждого из экспертов формируется список пар номеров $M_{i,j}(t)$ таких, что если $(i, j) \in M_{i,j}(t)$, то $K_{ij}(t) \geq \bar{K}$. Все эти пары объявляются актуальными с точки зрения t -го эксперта и предъявляются соответствующему эксперту на авторизацию.

Дальнейшие шаги алгоритма формируются в соответствии с принципами экспертно-статистического подхода. А именно, если с точки зрения каких-либо из экспертов часть пар объявленных неактуальными, по их мнению, на самом деле,

актуальны, то пороговое значение \overline{K} уменьшается на заданную величину $\Delta\overline{K}$ и осуществляется переформирование списков $M_{i,j}(t)$. Напротив, если, по мнению некоторых экспертов, часть неактуальных пар объявлена актуальными, то пороговое значение \overline{K} увеличивается на заданную величину $\Delta\overline{K}$ и также осуществляется переформирование списков $M_{i,j}(t)$. Процедура продолжается до тех пор, пока все эксперты будут удовлетворены или начинается «топтанье на месте», когда на двух последовательных итерациях осуществляется изменение порога на величину $\Delta\overline{K}$ «туда-сюда».

После того, как процедура корректировки порога \overline{K} завершена, формируются окончательные списки $M_{i,j}^*(t)$ актуальных с точки зрения экспертов пар «класс i объектов профессиональной деятельности – этап j жизненного цикла». Окончательный выбор актуальных пар с присвоением соответствующих значениям $a_{i,j}$ значения 1 (все остальные $a_{i,j}$ объявляются равными 0) осуществляется «простым большинством голосов. А именно, $a_{i,j} = 1$, если число списков $M_{i,j}^*(t)$, которым принадлежит пара (i, j) превышает величину $T/2$, где T – общее число экспертов.

Из последнего замечания очевидно, что число T экспертов должно быть нечетным. По поводу более конкретного выбора числа T экспертов заметим, что с точки зрения вычислительной сложности соответствующих процедур его следует задавать как можно меньшим. Что касается достоверности формируемых выводов, то, как показывают результаты экспериментов, при расширении состава экспертной комиссии, начиная с некоторого значения T , достоверность формируемых в результате экспертных выводов перестает расти, а в некоторых случаях даже падает. Последнее объясняется тем, что увеличение числа экспертов приводит к расширению множества «конфликтных» ситуаций. Соответствующее значение максимального числа T_{max} экспертов в комиссии зависит от характера и сложности решаемой проблемы.

Описанная выше процедура может быть использована для построения оценок коэффициентов актуальности $\|a_{ij}\|$, $i = 1, \dots, N$, $j = 1, \dots, M$, отличных от бинарных: 0 или 1. Для этого производится дополнительный опрос экспертов с целью выяснения того, какую из пар (i, j) они считают наиболее актуальной и во сколько (в %) оценивают соответствующую степень актуальности. Если t -й эксперт называет пару номеров $(i(t), j(t))$ соответствующих этапов жизненного цикла и класс объектов профессиональной деятельности и величину максимальной актуальности $\alpha_{max}(t)$, то затем осуществляется пересчет сформированных (по формуле (4.1)) соответствующим экспертом интегральных оценок актуальности $K_{ij}(t)$ с использованием следующей формулы:

$$a_{ij}(t) = \begin{cases} 0,01K_{ij}(t)/\alpha_{max}(t), & \text{если } 0,01K_{ij}(t)/\alpha_{max}(t) \leq 1, \\ 1, & \text{если } 0,01K_{ij}(t)/\alpha_{max}(t) > 1. \end{cases} \quad (4.2)$$

Окончательная оценка коэффициентов актуальности получается посредством осреднения мнения экспертов, а именно

$$a_{ij} = \sum_{t=1}^T a_{ij}(t), \quad i = 1, \dots, N; \quad j = 1, \dots, M. \quad (4.3)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные методы выделения классов объектов профессиональной деятельности специалистов позволяют перейти к автоматизированным процедурам проектирования профессиональных и образовательных стандартов. Описанная схема построения границ профессиональной деятельности специалиста и применение предложенной процедуры оценки коэффициентов актуальности повышает объективность формируемых в результате профессиональных и образовательных стандартов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никитин В.В.* Информационно-методическое обеспечение формирования перечня направлений и специальностей в области информационно-коммуникационных технологий. – М.: МАКС Пресс, 2006. – 272 с.
2. *Браверман Э.М., Мучник И.Б.* Структурные методы обработки эмпирических данных. – М.: Наука, 1983. – 302 с.
3. *Бауман Е.В., Дорофеев А.А.* Классификационный анализ данных // Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. – М.: СИНТЕГ, 1999. – С. 62-77.
4. *Мандель А.С.* Экспертно-статистические системы в задачах управления и обработки информации. Часть I / «Приборы и системы управления». 1996. № 12. С. 34-36.
5. *Мандель А.С.* Экспертно-статистические системы в задачах управления и обработки информации. Часть II / «Приборы и системы управления». 1997. № 2. С. 11-13.
6. *Никитин В.В. и др.* Классификация объектов профессиональной деятельности при проектировании профессиональных и образовательных стандартов / «Проблемы управления». 2007. № 4. С. 51-55.
7. *Беляков А.Г., Мандель А.С.* Прогнозирование временных рядов на основе метода аналогов (элементы теории экспертно-статистических систем). – М.: Институт проблем управления, 2002. – 60 с.
8. *Саати Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989.
9. *Ногин В.Д.* Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев
10. // Журнал выч. математики и мат. физики, 2004, т. 44, №7. – С. 1259-1268.

Статья поступила в редакцию 27.04.2008