

УДК 681.3: 658.56.

О.В. Данилова

## Метод слияния таксономий учебных компетенций для поиска оптимального маршрута обучения

Рассмотрены аспекты применения компетентного подхода при профессиональном обучении. Введено понятие ключевой компетенции как набора взаимосвязанных навыков, технологий и умений, уникальных для каждой организации. Структура и взаимосвязи ключевых компетенций описаны направленными деревьями – таксономиями. Предложен метод слияния таксономий компетенций, используемый для поиска оптимального маршрута обучения с помощью анализа иерархий.

Some aspects of using the competence-based learning are considered. A key competence is determined as a set of interconnected skills, technologies and knowledge that are described by trees-taxonomies. The taxonomy concatenation method is suggested to determine the optimal learning route using the hierarchy analysis.

Розглянуто аспекти застосування компетентного підходу при професійному навчанні. Введено поняття ключової компетенції як набору взаємопов'язаних навичок, технологій та умінь, що є унікальними для кожної організації. Структура та взаємозв'язки ключових компетенцій відображені у вигляді направленої дерева – таксономії. Запропоновано метод злиття таксономій компетенцій, який використовується для пошуку оптимального маршруту навчання з допомогою аналізу ієрархій.

**Введение.** Современный этап развития информационного общества характеризуется активным внедрением информационных коммуникационных технологий (ИКТ) в основные сферы деятельности человека – медицину, коммерцию, банковское дело, а также образование. Общие задачи и направления информатизации образования определены Законом Украины «Об основных принципах развития информационного общества в Украине на 2007–2015 годы» [1] и рассмотрены в статьях ведущих ученых страны [2, 3]. Так, в [1] отмечено, что одной из основных задач развития информационного общества в Украине является создание системы дистанционного обучения и предоставления каждому человеку возможности получения знаний, умений и навыков с использованием ИКТ в процессе обучения, воспитания и профессиональной подготовки. Стремительный переход к информационному обществу и возникновение нестабильных ситуаций в экономике Украины и других стран мира приводит к перераспределению рабочих мест в разных отраслях и появлению новых профессиональных задач, а значит, и требований к профессиональному уровню персонала. Актуальной становится проблема организации быстрой и ка-

чественной переподготовки специалистов и повышения их квалификации.

Современные методики профессиональной подготовки базируются на понятии «компетенция», которая предусматривает специальные, обусловленные и измеряемые знания, навыки, умения или другие характеристики (способности, поведение, физическая склонность) индивида, необходимые для профессиональной деятельности [4, 5].

### Классификация компетенций

Выделяют следующие виды компетенций [6]:

*Корпоративные компетенции* – деловые и личностные качества, которые должны быть свойственны каждому сотруднику компании независимо от занимаемой должности и рода деятельности.

*Позиционные компетенции* – компетенции, необходимые сотруднику в зависимости от его формального статуса в организационной иерархии. Позиционные компетенции делятся на управленческие компетенции – способности и личностные качества, составляющие совокупность умений и навыков, необходимых руководителям для достижения целей бизнеса; компетенции специалиста – способности и лично-

ственные качества, необходимые специалистам для успешного выполнения работы.

*Технические компетенции* – специальные (профессиональные) знания, умения и навыки, необходимые для эффективного выполнения сотрудниками должностных обязанностей.

Далее рассмотрим технические компетенции. Последние определяются профессиограммами – исчерпывающим описанием системы признаков, характеризующих ту или иную профессию, включающим в себя перечень норм и требований, выдвигаемых этой профессией или специальностью (рис. 1).

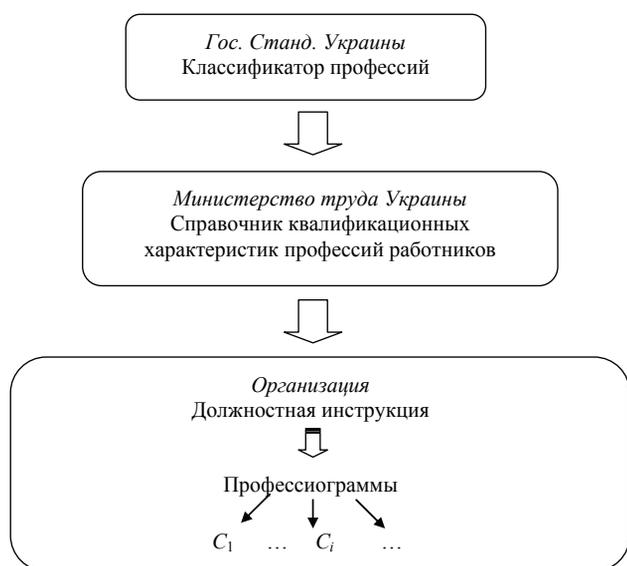


Рис. 1. Организационная схема создания компетенций

Профессиограмма разрабатывается на основе должностных инструкций, утвержденных в организации в соответствии со «Справочником квалификационных характеристик профессий работников» и списка профессий в Украине, представленного в Национальном классификаторе Украины «Классификатор профессий – 2007» [7]. Должностная инструкция – это документ, регламентирующий производственный процесс каждого работника и обычно включающий краткое изложение основных обязанностей, полномочий и необходимых навыков. Таким образом, профессиограмма должности формулируется на основе анализа содержания профессиональной деятельности и содержит характеристику профессии и требования к спе-

циалисту в виде множества ключевых компетенций  $\{C\}$ . Понятие «ключевые компетенции» исследовано ведущими экономистами Г. Хамелом и К. Прахаладом [8], Д. Кемпбелом и Д. Стунхаусом [9], и соотносится с набором взаимосвязанных навыков, технологий, умений, знаний, а также их уникальностью для определенной организации.

Исследователи выделяют следующие признаки ключевых компетенций как объекта управления:

| Признаки   | Ключевые компетенции как объект управления  |
|--|---|
| Носители ключевых компетенций                            | Персонал, владеющий соответствующими знаниями, умениями, навыками и мотивациями   |
| Необходимая инфраструктура развития ключевых компетенций | Взаимосвязь человеческого и организационного (структурного) капитала: особенных навыков, умений персонала и инновационных технологий, коммуникационных и информационных систем предприятия, корпоративной культуры и других элементов |
| Критерии развития ключевых компетенций предприятия       | Рост потребительского (рыночного) капитала, удовлетворенность и лояльность клиентов, инвестиционная привлекательность предприятия   |

Следовательно, система ключевых компетенций предприятия – это комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих для достижения стойкого конкурентного преимущества предприятия направлений его стратегий по видам, уровням и критериями развития ключевых компетенций [10].

При создании системы ключевых компетенций предприятия выполняются следующие шаги:

1. Определить задачи и цели организации, обнаружить факторы, на которых основывается конкурентная стратегия предприятия, провести анализ процессов бизнеса предприятия.
2. Провести первичное определение ключевых компетенций в соответствии с процессами бизнеса организации. На данном этапе используется метод экспертной оценки в сотрудничестве с управляющим персоналом [11].
3. Проанализировать структуру ключевых компетенций и разработать таксономии ключевых компетенций.

чевых компетенций, отображающих иерархическую связь между компетенциями и определить их приоритетность для предприятия.

### Постановка задачи

Для определения ключевых компетенций предлагается многокомпонентная модель компетенций [12], состоящая из следующих компонент:

**МК = {описание, структура, сложность, ЗСУ, ЖЦ}.**

- *Описание* компетенции: содержит название, информацию о компетенции, ее формулировку, информацию о принадлежности к предметной области, критерии ее достижения.

- *Структура* подразумевает структуру компетенции, ее отношения с другими компетенциями. Последние могут быть определены как элементарные и как сложные (составные), которые могут быть описаны посредством более простых компетенций.

- *Степень сложности* отражает множество возможных уровней сложности при владении данной компетенцией. Принята классификация уровней развития компетенции по пятибалльной шкале: ноль (неудовлетворительный уровень), один балл (недостаточный уровень), два (базовый уровень), три (сильный уровень), четыре (лидерский уровень). Таким образом, данная компонента позволяет задавать и регулировать количественные и качественные параметры уровня профессиональности в заданной области в зависимости от необходимого уровня сложности достигаемой компетенции.

- *ЗСУ компонента* <Знания, Способности, Умения>. Компетенцию можно описать с помощью когнитивных, аффективных и психомоторных характеристик. Когнитивная характеристика относится к ментальным умениям <Знания>, аффективная – описывает ее в эмоциональной области <Способности>, а психомоторная – относится к отражению физических и рефлекторных умений <Умения>.

- *Жизненный цикл компетенции* – ЖЦ отражает период устаревания компетенции и определяет, насколько данные умения и знания актуальны и соответствуют реальной ситуации.

Для описания компетенции в соответствии с предложенной моделью предлагается использовать XML-схему, построенную согласно IMS-спецификации [13] (рис. 2).

| Компетенция                        |
|------------------------------------|
| Имя <name>                         |
| Описание <description>             |
| Модель <model>                     |
| Предметная область <Subject>       |
| Сложность <Mastery facet>          |
| Знания <Knowledge>                 |
| Способности <Attitude>             |
| Умения <Skills>                    |
| Жизненный цикл <LifeCycle>         |
| Родительская компетенция <parents> |
| Компетенции-потомки <children>     |

Рис. 2. XML-схема модели компетенции

### Решение задачи

Структурная модель компетенций может быть отражена одной из следующих форм [14]:

1. Линейная последовательность компетенций  $C_1 \Rightarrow C_2 \Rightarrow \dots \Rightarrow C_n$ , т.е. для овладения компетенцией  $C_i$  необходимо овладеть предыдущей компетенцией  $C_{i-1}$ ,  $\forall i = 1, n$ .

2. Ориентированное корневое дерево или так называемая «таксономия», структура классификации компетенций имеет вид направленного графа.

3. Онтология – представляется сложным графом, в котором дуги отображают семантические отношения между вершинами-компетенциями.

Для построения структурной модели, отражающей иерархические взаимосвязи между компетенциями, выберем ориентированное дерево. Соответствующее дерево компетенций, или таксономия компетенций, строится по следующим правилам:

- требование связности – каждая вершина достигается из любой другой;
- имеется лишь одна вершина – корень, или корневая компетенция, в которую не входит ни одна дуга дерева;
- дуги направлены сверху вниз, т.е. вершины высшего уровня являются родителями вершин более низкого уровня;
- каждый следующий уровень ( $m + 1$ ) подчинен лишь высшему  $m$ -уровню;

- на каждом уровне иерархии каждой компетенции этого уровня может быть подчинено произвольное количество компетенций следующего уровня;

- глубина иерархии не ограничена, но конечна.

Компетенция  $C_j$   $m$ -уровня вместе с поддеревом, относящимся к ней, называется *компетенцией*  $C_j^{(m)}$   $m$ -уровня (рис. 3).

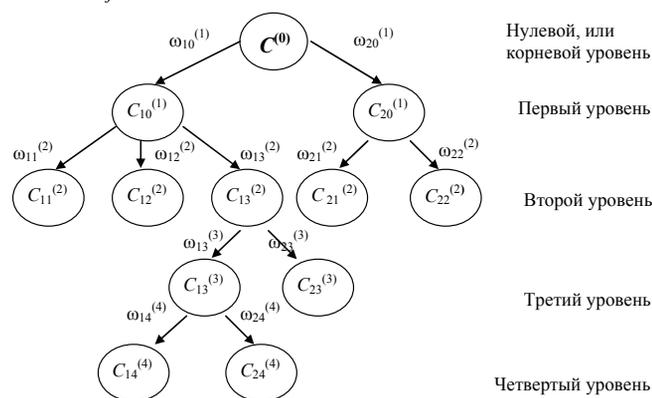


Рис. 3. Схематическое представление таксономии компетенций

Каждая компетенция  $C_{ij}^{(m)}$  ( $i = 1, \dots, n_m, j = 1, \dots, k_m$ ) имеет вес  $\omega_{ij}^{(m)}$ , принимающий значение в диапазоне  $0 \leq \omega_{ij}^{(m)} \leq 1$  и отображающий ценность  $C_{ij}^{(m)}$  для компетенции более высокого уровня  $C_{ij}^{(m-1)}$  ( $i = 1, \dots, n_{m-1}, j = 1, \dots, k_{m-1}$ ), в которую она входит. Сумма весов всех компетенций, имеющих одного и того же родителя, определяется как  $\sum_{j=1}^K w_{ij}^{(m)} = 1$ , где  $K$  – количество

потомков у компетенции  $C_{ij}^{(m-1)}$ . Вес  $\omega_0$  корневой компетенции  $C_0$  принимает значение 1.

Для упрощения понимания последующего изложения введем понятия:

*простая компетенция* – компетенция, не имеющая потомков, представленная в таксономии конечной вершиной;

*сложная компетенция* – компетенция, имеющая потомков – компетенции более низкого уровня;

*базовая таксономия* – исходная таксономия, корневая вершина которой ключевая компетенция;

*расширенная таксономия* – таксономия, образованная добавлением к исходной таксономии соответствующей компетенции или множества компетенций;

*суженная таксономия* – таксономия, образованная вычитанием из таксономии соответствующей компетенции или множества компетенций;

*объединенная таксономия* – таксономия, образованная объединением нескольких базовых таксономий или их частей;

*целевая компетенция* – компетенция, входящая в учебную цель, которую необходимо достигнуть.

Формально, таксономию компетенций  $T$  можно представить в виде следующей записи:

$$T = (C, E, W),$$

где  $C = \{c_i\}$ ,  $i = 1, \dots, n$  – множество компетенций,  $E = \{e_j\}$ ,  $j = 1, \dots, m$  – множество дуг,  $W = \{\omega_i\}$ ,  $i = 1, \dots, n$  – множество весов компетенций.

На множестве компетенций  $\{C\}$  выполняются следующие аксиомы [15]:

- Существует непустое множество компетенций  $C \neq \emptyset$ .

- *Аксиома объемности.* Если  $C_i$  и  $C_j$  состоят из одних и тех же компетенций, то они совпадают (равны).

- *Аксиома объединения.* Существует множество  $C_i \cup C_j$ , элементами которого есть все элементы множеств  $C_i$  и  $C_j$ , и которое не содержит никаких других элементов.

- *Аксиома разницы.* Для произвольных множеств  $C_i$  и  $C_j$  существует множество  $C_i \setminus C_j$ , элементами которого являются те и только те элементы множества  $C_i$ , которые не являются элементами множества  $C_j$ .

- *Аксиома существования пустого множества  $\emptyset$ .* Существует такое множество, что ни одна компетенция ему не принадлежит.

Зададим алгебраическую систему  $A = \langle T, O, R \rangle$ , где  $T$  – множество таксономий компетенций;  $O$  – множество алгебраических операций;  $R$  – множество отношений на  $T$ . Опишем на множестве  $T$  таксономии  $T_1$  и  $T_2$  тройками

$(C^1, E^1, W^1)$  и  $(C^2, E^2, W^2)$ , где  $\{c^1_j, j = 1, \dots, k^1\}$  и  $\{c^2_j, j = 1, \dots, k^2\}$  – множества компетенций,  $\{e^1_i, i = 1, \dots, n^1\}$  и  $\{e^2_i, i = 1, \dots, n^2\}$  – множества дуг, а  $\{\psi^1_i, i = 1, \dots, z^1\}$  и  $\{\psi^2_i, i = 1, \dots, z^2\}$  – множества весов для  $T_1$  и  $T_2$  соответственно.

Введем следующие операции на множестве таксономий  $T$ :

1) операция тождественности  $O_{\equiv}(T_1, T_2) =$

$$= \begin{cases} 1, T_1 = T_2 \\ 0, T_1 \neq T_2 \end{cases}, \text{ где } T_1 = T_2, \text{ если } C^1 = C^2, E^1 = E^2, W^1 = W^2.$$

2) операция сравнения  $O_{comp}(T_1, T_2) =$

$$= \begin{cases} 1, T_1 > T_2, T_2 \in T_1 \\ -1, T_1 < T_2, T_1 \in T_2, \text{ где } T_1 > T_2, \text{ если } C^2 \in C^1 \text{ и } C^2 > C^1, E^2 \in E^1 \text{ и } E^2 > E^1, W^2 \in W^1 \text{ и } W^2 > W^1. \\ 0, T_1 \cap T_2 = \emptyset \end{cases}$$

$C^2 > C^1, E^2 \in E^1$  и  $E^2 > E^1, W^2 \in W^1$  и  $W^2 > W^1$ .

$T_1 < T_2$ , если  $C^1 \in C^2$  и  $C^1 < C^2, E^1 \in E^2$  и  $E^1 < E^2, W^1 \in W^2$  и  $E^1 < E^2$ .

3) операция деконкатенации (разделения)

$$O_{decon}(T_1, T_2) = \begin{cases} T_{1,2}^{decon}, T_2 \in T_1, \text{ где } C_{1,2}^{decon} = C_1 / C_2, \\ 0, T_2 \notin T_1 \end{cases}$$

$E_{1,2}^{decon} = E^1 / E^2 / e_i^1$ , где  $e_i^1$  – дуга таксономии  $T_1$ ,

объединяющая компетенцию  $z$ -уровня  $C^{(z)}$  таксономии  $T_1$  (на рис. 4 –  $C_{1 \text{ parent}(T_2)}^{(z)} = C_{1 \text{ 20}}^{(1)}$ ) с

корневой вершиной  $C_2^{(0)}$  таксономии  $T_2$  (на рис. 4 –  $C_2^{(0)} = C_{1 \text{ 22}}^{(2)}$ ). Поскольку  $T_2 \in T_1$ , имеем  $C_2^{(0)} \in T_1$ . Введем обозначения:  $C_2^{(0)} = C_{1 \text{ i}}^{(z+1)}$ .

$W_{1,2}^{decon} = W^1 / W^2 / \psi_{1 \text{ i}}^{(z+1)}$ , где  $\psi_{1 \text{ i}}^{(z+1)}$  – вес вершины  $C_2^{(0)} = C_{1 \text{ i}}^{(z+1)}$ , при этом

$\psi_k^{decon, (z+1)} = \frac{\psi_{1 \text{ k}}^{1, (z+1)}}{\sum_{k=1}^r \psi_{1 \text{ k}}^{1, (z+1)} - \psi_{1 \text{ i}}^{(z+1)}}$ , где  $r$  – количество

потомков компетенции  $C_{1 \text{ parent}(T_2)}^{(z)}$ .

$\psi_k^{decon, (z+1)} = \frac{\psi_{1 \text{ k}}^{1, (z+1)}}{\sum_{k=1}^r \psi_{1 \text{ k}}^{1, (z+1)} - \psi_{1 \text{ i}}^{(z+1)}}$ , где  $r$  – количество

потомков компетенции  $C_{1 \text{ parent}(T_2)}^{(z)}$ .

потомков компетенции  $C_{1 \text{ parent}(T_2)}^{(z)}$ .

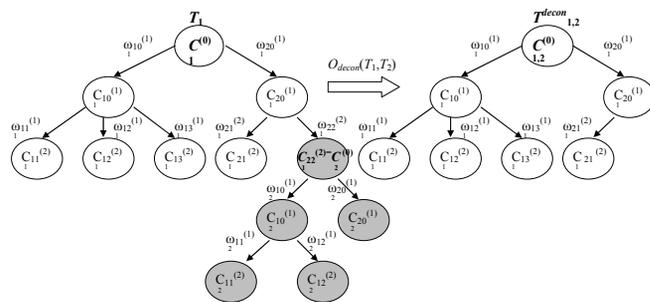


Рис. 4. Деконкатенация таксономий  $O_{decon}(T_1, T_2)$

4) операция вычитания компетенции,

$$O_{tax-com}(T_1, c_i) = \begin{cases} T_1^{tax-com}, c_i \in T_1 \\ T_1, c_i = c_{10} \\ T_1, c_i \notin T_1 \end{cases}, \text{ где}$$

$c_{10}$  – корневая вершина  $T_1$

а) если  $c_i$  – корневая вершина, то:  $C_1^{tax-com} = C^1 / c_i, E_1^{tax-com} = E^1 / e_i$ , где  $e_i$  – дуга, объединяющая компетенцию  $c_i$  с таксономией  $T_1$ .

$W_1^{tax-com} = W^1 / \omega_i$ , где  $\omega_i$  – вес  $c_i$ ;

б) если  $c_i$  имеет потомков, т.е. является поддеревом  $T_i$  с корневой вершиной  $c_i$ , то

$$O_{tax-com}(T_1, c_i) = O_{decon}(T_1, T_i).$$

5) операция конкатенации (слияния)

$$O_{con}(T_1, T_2) = \begin{cases} T_{1,2}^{con}, T_1 \notin T_2, T_2 \notin T_1 \\ T_1, T_2 \in T_1 \\ T_2, T_1 \in T_2 \end{cases}$$

$C_{1,2}^{con} = C^1 \cup C^2 \cup c_0$ , где  $c_0$  – новая корневая вершина, потомками которой будут корневые вершины  $c_0^1$  и  $c_0^2$  таксономий  $T_1$  и  $T_2$  (см. рис. 4).

Корневые вершины таксономий  $T_1$  и  $T_2$  станут вершинами первого уровня, соответственно  $c_{10}^{con(1)}$  и  $c_{20}^{con(1)}$ .

$E_{1,2}^{con} = E^1 \cup E^2 \cup e_{10}^{con} \cup e_{20}^{con}$ , где  $e_i^{con}, i = 1, 2$  – дуги таксономии  $T_{1,2}^{con}$ , объединяющие корневую вершину  $T_{1,2}^{con}$  с компетенциями  $c_{10}^{con(1)}$  и  $c_{20}^{con(1)}$ .

$W_{1,2}^{con} = W^1 \cup W^2 \cup \psi_{con10}^{(1)} \cup \psi_{con20}^{(1)}$ , где  $\psi_{con10}^{(1)}, \psi_{con20}^{(1)}$  – веса компетенций  $c_{10}^{con(1)}$  и  $c_{20}^{con(1)}$  (рис. 5).

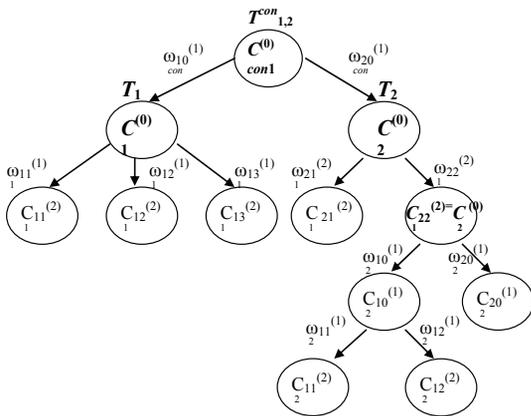


Рис. 5. Конкатенация таксономий  $O_{con}(T_1, T_2)$

Далее рассмотрим задачу организации профессионального обучения, базирующегося на компетентностном подходе. Как известно [16], процесс обучения (ПО) состоит из следующих основных этапов: анализа внешней среды; определения учебных целей; поиска оптимального маршрута обучения (ОМО) и непосредственно обучения; оценивания результатов учебной деятельности и ее коррекция в соответствии с учебной целью.

Под учебной целью (УЦ) понимаем желаемое и возможное изменение (овладение новыми и усовершенствование имеющихся компетенций) в интеллектуальном и профессиональном потенциале обучаемого, которое может быть достигнуто как результат ПО, при заданных ограничениях на внутренние и внешние ресурсы индивида. К внутренним относятся ресурсы, зависящие от обучаемого, т.е. его знания и умения, склонности, физические особенности к обучению. Внешние ресурсы зависят от окружающей среды – это время, стоимость обучения и другие параметры. Результативность ПО определяется степенью достижения обучаемым социально значимых дидактических целей – формирование профессиональной компетентности [16], где профессиональная компетентность – это совокупность актуализированных в конкретных видах деятельности компетенций [17].

Формально структуру УЦ опишем кортежем  $\langle Prof(C), R, PS \rangle$ , где  $\{Prof(C)\}$  – множество учебных базовых компетенций, определяемых

профессиограммой, описывающей текущие профессиональные потребности к индивиду и задающей веса приоритетности базовых компетенций для должности;  $\{R\}$  – множество ресурсов обучаемого – его компетенции, когнитивно-физические способности, материально-технические ресурсы;  $\{PS\}$  – профессиональные стандарты, которые должны быть достигнуты после завершения ПО.

При компетентностном подходе под ОМО понимается такая упорядоченная последовательность целевых компетенций, которая ведет к наилучшему достижению УЦ с наименьшими затратами ресурсов –  $\min_{r_j \in R} \max_{c_i \in Prof(C)} (c_i, r_j)$ .

Достаточно часто в ПО возникают такие УЦ, при которых необходимо освоить знания и умения, относящиеся к разным ключевым компетенциям, и соответственно, к разным таксономиям, описывающим эти компетенции. Очевидно, что целевые компетенции могут входить в несколько таксономий и иметь разные веса (приоритеты). Для облегчения поиска ОМО на данных таксономиях возникает задача построения объединенной таксономии компетенций, включающей в себя все целевые компетенции. Для решения данной задачи предлагается метод слияния таксономий, приводимый далее.

### Метод слияния таксономий

Метод состоит из двух шагов – сужения таксономий ключевых компетенций и их слияния в соответствии с условиями, задаваемыми УЦ.

Пусть даны базовые таксономии  $T_j^{base}$  ( $j = 1, \dots, n$ ), в которые входят целевые компетенции  $C_i^{learn}$  ( $i = 1, \dots, m$ ), т.е.  $\forall C_i^{learn} \in \{C_j^{base}, j = 1, \dots, n\}$ . Построим объединенную таксономию  $T_{k,l}^{\cup}$ , включающую в себя только  $C_i^{learn}$  ( $i = 1, \dots, m$ ).

Шаг 1. Сужение таксономий. Строим соответствующие таксономии  $T_j^{dec}$ , включающие в себя только целевые компетенции:  $T_j^{dec} =$

$= O_{decon}(T_j^{base}, O_{tax-com}(T_j^{base}, \{C_i^{lean}\}), i=1, \dots, m),$   
 $j=1, \dots, n.$

*Правило сужения 1.* Если  $c_{10}$  – корневая вершина  $T_1$ , то  $O_{tax-com}(T_1, c_{10}) = T_1.$

*Правило сужения 2.* Если компетенция  $c_i$  таксономии  $T_l$  имеет лишь одного потомка, то имеем  $T_l = O_{tax-com}(T_l, c_i).$

**Шаг 2. Слияние таксономий.** Проанализируем суженные таксономии  $T_j^{dec}$ , ( $j=1, \dots, n$ ) на вхождение одинаковых вершин (по именам компетенций  $\langle name \rangle$ ). Рассмотрим случай двух суженных таксономий  $T_k$  и  $T_l$ .

Определим множество пересечения таксономий  $T_{k,l}^\cap = T_k \cap T_l$ . Если  $T_{k,l}^\cap = O$ , то объединенная таксономия  $T_{k,l}^\cup$  образуется как  $T_{k,l}^\cup = O_{con}(T_k, T_l)$ . Соответственно веса  $\psi_{i0}^{(1)}$  ( $i=1, 2$ ) принимают значения из профессиограммы  $Prof(C)$ .

В случае, когда  $T_{k,l}^\cap \neq O$ , необходимо построить таксономию слияния  $T_{k,j}^\cup = T_i \cup T_j$  таким образом, чтобы  $\forall C_i^{learn} \in T_{k,l}^\cap$  ( $i=1, \dots, m^\cap$ ) входили только однократно в  $T_{k,l}^\cup$ .

Рассмотрим следующие ситуации.

*Ситуация 1. Общая простая компетенция.*

Пусть,  $T_{k,l}^\cap = c_{sim}$ , где  $c_{sim}$  – это конечная вершина. Тогда ищем максимальное значение  $\max(\psi_j)$  ( $j=k, l$ ) весов  $\psi_{k sim}$  и  $\psi_{l sim}$  вершины  $c_{sim}$  в таксономиях  $T_k$  и  $T_l$  соответственно. Таксономию  $T_j$ , для которой  $\psi_j \neq \max(\psi_j)$ ,  $j=k, l$ , сужаем к  $T_j^{dec} = O_{tax-com}(T_j, c_{sim})$ . Далее строим  $T_{k,j}^\cup$ , как описано для случая  $T_{k,l}^\cap = O$ .

*Ситуация 2. Общее поддерево.* Пусть  $T_{k,l}^\cap = T_{sim}$ , где  $T_{sim}$  – это поддерево, входящее в обе таксономии  $T_k$  и  $T_l$ , начиная с уровней  $z$  и  $q$  соответственно. Сравниваем веса вершин  $\psi_{k sim}$  и  $\psi_{l sim}$  таксономий  $T_k$  и  $T_l$ , которые явля-

ются родителями для корневой вершины  $c_{sim0}$  поддерева  $T_{sim}$ , и ищем максимальное значение  $\max(\psi_j)$  ( $j=k, l$ ). Таксономию  $T_j$ , для которой  $\psi_j \neq \max(\psi_j)$ ,  $j=k, l$ , обозначим как  $T_j^{max}$ . Таксономию  $T_j$ , для которой  $\psi_j = \max(\psi_j)$ ,  $j=k, l$ , сужаем к  $T_j^{dec} = O_{decon}(T_j, T_{sim})$ . Далее строим  $T_{k,j}^\cup$ , как описано для случая  $T_{k,l}^\cap = O$ .

*Ситуация 3. Общая сложная компетенция.* Пусть  $T_{k,l}^\cap = c_{sim}$ , где  $c_{sim}$  – сложная компетенция, имеющая потомков. Обозначим вершину  $c_{sim}$  как  $c_{k sim}$  и  $c_{l sim}$  в таксономиях  $T_k$  и  $T_l$  соответственно. Определим поддерево с корневой вершиной  $c_{k sim}$  как  $T_{k sim}$  и поддерево с корневой вершиной  $c_{l sim}$  как  $T_{l sim}$ . Сравним  $T_{k sim}$  и  $T_{l sim}$ . Если  $O_{con}(T_{k sim}, T_{l sim}) = 1$ , то *Ситуация 2*, иначе ищем  $O_{comp}(T_{k sim}, T_{l sim})$ . Имеем следующие случаи:

- $O_{comp}(T_{k sim}, T_{l sim}) = 1$ , тогда таксономию  $T_{l sim}$  сужаем к  $T_{l sim}^{dec} = O_{decon}(T_l, T_{l sim})$ . Далее строим  $T_{k,j}^\cup$ , как описано для случая  $T_{k,l}^\cap = O$ .
- $O_{comp}(T_{k sim}, T_{l sim}) = -1$ , тогда таксономию  $T_{k sim}$  сужаем к  $T_{k sim}^{dec} = O_{decon}(T_k, T_{k sim})$ . Далее строим  $T_{k,j}^\cup$ , как описано для случая  $T_{k,l}^\cap = O$ .
- $O_{comp}(T_{k sim}, T_{l sim}) = 0$ ,  $\{C_{k sim}\} \cap \{C_{l sim}\} = \{C_{k,l}^\cap\}$ , где  $\{C_{k sim}\}$  и  $\{C_{l sim}\}$  множества компетенций  $T_{k sim}$  и  $T_{l sim}$ . Тогда сравниваем веса  $\psi_{k sim}$  и  $\psi_{l sim}$  вершин таксономий  $T_k$  и  $T_l$ , которые являются родителями для вершин  $c_{k sim}$  и  $c_{l sim}$ , ищем максимальное значение  $\max(\psi_j)$  ( $j=k, l$ ). Таксономию  $T_j$ , для которой  $\psi_j \neq \max(\psi_j)$ ,  $j=k, l$ , сужаем к  $T_j^{dec} = O_{tax-com}(T_j, \{C_{k,l}^\cap\})$ . Далее строим  $T_{k,j}^\cup$ , как описано для случая  $T_{k,l}^\cap = O$ .

- $O_{comp}(T_{k\ sim}, T_{l\ sim}) = 0, \{C_{k\ sim}\} \cap \{C_{l\ sim}\} = 0$ , тог-

да експертним путем изменяем имя вершины  $c_{l\ sim}$  ( $<name>$ ). Далее строим  $T_{k,j}^{\cup}$ , как описано для случая  $T_{k,l}^{\cap} = 0$ .

Таким образом, приведенный метод слияния таксономий ключевых компетенций позволяет объединить в единую таксономию целевые компетенции, принадлежащие к разным таксономиям с устранением дублирования компетенций. Такое слияние позволяет построить на таксономии альтернативные пути обучения и с помощью метода анализа иерархий найти ОМО в условиях многокритериальности [18].

**Заключение.** Внедрение компетентностного подхода в процесс профессиональной подготовки и переквалификации сформулировало новые задачи относительно организации процесса профессионального обучения. К таким задачам относятся прежде всего задачи представления профессиональных характеристик с помощью компетенций, конструирование учебной цели, поиска оптимального пути обучения компетенциям. Для решения упомянутых задач предложена многокомпонентная модель описания компетенций. Для отражения структурных связей компетенций предложены таксономии, представленные в виде ориентированных деревьев. Также был разработан метод слияния целевых компетенций, описанных разными деревьями. В соответствии с целями метода были введены операции сравнения, конкатенации и деконкатенации таксономий компетенций. Применение предложенного метода к совокупности таксономий, включающих в себя целевые компетенции, позволяет построить единое дерево и с помощью метода анализа иерархий определить оптимальный маршрут обучения в соответствии с условиями, заданными учебными целями.

1. Закон України «Про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007–2015 роки» від 9 січня 2007 року № 537–V.– <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi>
2. Гриценко В.И. Информационно-коммуникационные технологии в образовании для всех – в ракурсе проблем общества знаний. – К.: Академперіодика, 2007. – 28 с.
3. Кремень В.Г. Суспільство знань і якісна освіта // Всеукр. громадсько-політ. тижн. «Освіта», № 13 – 14, 21–27 березня 2007 р.

4. *Competencies (Measurable Characteristics) Recommendation* (2003) / Ed. Chuck Allen. – [xml.coverpages.org/HR-XML-Competencies-1\\_0.pdf](http://xml.coverpages.org/HR-XML-Competencies-1_0.pdf)
5. Lucia A.D., Lepsinger R. *The Art and Science of Competency Models*. Jossey, Bass/Pfeiffer: San Francisco, CA. – P. 135–152.
6. *Соціологія: Енциклопедія* / Сост. А.А. Грицанов, В.Л. Абушенко, Г.М. Евелькин, Г.Н. Соколова, О.В. Терещенко. – Минск.: Книжний Дом, 2003. – 1312 с.
7. *Класифікатор професій ДК 003–95*, наказ Держ. комітету України по стандартизації, метрології і сертифікації від 14 травня 1998 року № 314.
8. Хамел Г., Прахалад К. Конкурируя за будущее. Создание рынков завтрашнего дня. – М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2002. – 288с.
9. Кэмпбел Д., Стоунхаус Д., Хьюстон Б. Стратегический менеджмент. – М.: Проспект, 2003. – 336 с.
10. Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. – М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2004. – 320 с.
11. Ефремов В.С., Ханыков И.А. Ключевая компетенция организации как объект стратегического анализа. Менеджмент в России и за рубежом. – 2002. – № 2. – 180 с. – <http://www.cfin.ru/press/management/2002-2/02.shtml>
12. Данилова О.В. Створення і використання багатокomпонентної моделі компетенцій для професійного навчання // Наукові праці. – Т. 68. – Вип. 55. Комп'ютерні технології. – Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2007. – С. 176–183.
13. *IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective – Information Model* (2002). – <http://www.imsglobal.org/competencies/rdceov1p0/imsrdceov1p0.html>
14. Ostyn C. Competency data for training automation. White paper. Draft 0.2. – 12 May. – 2005. – 60 p. – <http://www.ostyn.com/standardswork/competency/CompetencyDataForTrainingAutomation.pdf>
15. Колмогоров А.Н., Драгалін А.Г. Математическая логика. – М.: УРСС, 2005. – 240 с.
16. Гриценко В.И., Манак А.Ф. Педагогическое проектирование электронных учебников и дистанционных курсов, поставляемых через Интернет. Учеб. пособие. – К.: Міжнар. наук.-навч. центр ІТ і систем НАН МОН України, АОО «Витус». – 2002. – 123 с.
17. Knowles M. *The Modern Practice of Adult Education: Andragogy versus Pedagogy*. – New York: Associated Press, 1970. – 215 p.
18. Данилова О.В. Многокритериальный подход выбора оптимальной траектории обучения на основе использования модели компетенции // УСиМ. – 2008. – № 1. – С. 13–18.

© О.В. Данилова, 2009