



УДК 004.82:378.14

ПОСТРОЕНИЕ ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

В. В. ЛОМАКИН
Р. Г. АСАДУЛЛАЕВ

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*e-mail:
lomakin@bsu.edu.ru
asadullaev@bsu.edu.ru*

Предложена структура предметной области учебных курсов, декомпозированная до элементарных блоков знаний, позволяющая адаптивной системе электронного обучения формировать индивидуальные образовательные траектории. Модульно-компетентностный подход формально описан в виде ориентированного графа связности компетенций и элементарных блоков знаний дисциплин образовательной программы.

Ключевые слова: формальная модель, система электронного обучения, модульно-компетентностный подход, элементарный блок знания, граф связности, матрица инцидентности.

Предметную модель, отражающую образовательную программу, необходимо представить в таком виде, который позволил бы гибко формировать образовательную траекторию [1] в зависимости от требований ФГОС, профессиональных стандартов, работодателя и личностных характеристик обучаемого [2, 3]. При этом необходимо учитывать современное состояние и тенденции развития электронных средств, позволяющих организовать индивидуальное обучение. В настоящее время решаются задачи построения адаптивных систем электронного обучения, учитывающих индивидуальные особенности обучаемых. Все это требует разработки формальных средств представления знаний, содержащихся в учебных курсах и определение способов формирования учебного материала индивидуально для каждого обучаемого, что позволит достичь более существенных результатов в обучении.

Структуру модели образовательной программы возможно сформировать в виде иерархического графа, который отражает содержимое предметной области и позволяет гибко формировать индивидуальные образовательные траектории [4]. Основными единицами образовательной программы являются учебные циклы, группирующие, с одной стороны, набор компетенций, которыми должен обладать обучаемый, с другой – набор дисциплин, необходимых для овладения соответствующими компетенциями. Учебные циклы представляют собой соответствие между множеством компетенций и множеством дисциплин, отражающих соответствующие компетенции. Дисциплины делятся на базовые и вариативные. Базовые дисциплины являются обязательными для изучения и определяются требованиями ФГОС. Вариативные дисциплины так же являются обязательными для изучения, но выбор той или иной вариативной дисциплины остается за образовательным учреждением, которое учитывает требования работодателя и сложившуюся ситуацию на рынке труда. Следовательно, выбираются те дисциплины, изучение которых способствует формированию наиболее востребованных компетенций.

Элементарный блок знаний (ЭБЗ) рассматривается нами, как семантически неделимое понятие, представляющее собой минимальную учебно-методическую единицу с точки зрения преподавателя. Под порцией учебного материала или дидактического блока в рамках данной работы будет пониматься тема дисциплины, динамически формируемая в зависимости от индивидуальных особенностей обучающегося.

Разделы, темы и ЭБЗ состоят из двух частей, где базовая часть является обязательной для изучения, а вариативная может определяться успеваемостью обучаемого. Здесь вариативная часть выступает в качестве дополнительных знаний, которыми может овладеть каждый обучаемый в зависимости от индивидуального темпа обучения. Когда обучаемый в достаточной мере овладел базовой частью материала, становится возможным расширить его область знаний за счет вариативных элементов образовательной программы.



Для исследования и последующей реализации возможности настройки системы электронного обучения на индивидуальные особенности обучаемого сформируем формальное представление учебных курсов, ориентируясь на компетентностный подход. Представим структуру предметной области в виде графа связности, отражающего взаимосвязь между ЭБЗ и компетенциями. ЭБЗ представляют собой семантически самостоятельные тексто-графические структуры, представляющие собой минимальные по содержанию высказывания, определяющие законченную мысль в рамках конкретной дисциплины. Компетенция определяет способность учащегося применять на практике ЭБЗ, содержащиеся в предметной области. Степень освоения компетенции предполагается оценивать на этапе тестирования изученных ЭБЗ.

Любая компетенция представляет собой комбинацию знаний, умений и навыков. Соответственно, каждый ЭБЗ должен представлять собой полное описание базового понятия предметной области. Под полным описанием понимается комбинация семантических тексто-графических структур, каждая из которых принадлежит множеству $|TGS| = n\{gs_i\}$, $i = \overline{1, n}$. К элементам множества TGS относятся такие тексто-графические структуры, как определение, примечание, теорема, пример использования на практике, зависимость от изученных понятий, задачи и упражнения по изучаемому понятию, и другие учебно-методические структуры, позволяющие максимально раскрыть семантику изучаемого понятия в ЭБЗ. В зависимости от специфики предметной области мощность множества $|TGS| = n$ может изменяться, так как определенные тексто-графические структуры могут не использоваться в той или иной предметной области. Представленный способ организации ЭБЗ позволит при контрольном тестировании оценить знания, умения и навыки, которые в конечном итоге формируют определенную компетенцию.

Предложенная форма реализации ЭБЗ реализует основной принцип деятельностной теории, заключающийся в том, что цель обучения – не вооружение знаниями и их накоплением, а формирование умений действовать со знанием дела [5].

Все ЭБЗ должны быть реализованы в нескольких вариантах тексто-графического описания, каждый из которых описывает ЭБЗ на одном из четырех уровней абстракции [6]. Это позволит автоматизированной системе управления обучением формировать индивидуальные образовательные траектории в зависимости от личностного восприятия информации каждым обучаемым.

Вариативная часть ЭБЗ содержит материал для более детального и глубокого разъяснения содержания темы. Использование ЭБЗ в качестве атомарной единицы иерархической структуры образовательной программы позволяет гибко формировать индивидуальную программу обучения, так как в зависимости от индивидуальных особенностей восприятия информации обучаемым формализованная модель предметной области может изменять структуру за счет рационального формирования набора ЭБЗ.

Для формализованного представления компетентностной структуры предметной области опишем каждую тему учебного материала в виде графа связности, вершинами которого являются ЭБЗ. Граф связности ЭБЗ для темы в общем виде представлен на рис. 1.

Формализованное описание ориентированного графа связности GPT представим в виде:

$$GPT = \{V, E\} \quad (1)$$

где $V = \{bz_i\}$, $i = \overline{1, g}$ – множество вершин графа, представляющих собой ЭБЗ.

Мощность множества $|V| = g$ определяет число ЭБЗ, содержащихся в теме дисциплины.

$E = \{e_i\}$, $i = \overline{1, q}$ – множество ребер графа, соединяющих ЭБЗ. Мощность множества $|E| = q$ определяет число взаимосвязей между ЭБЗ темы.

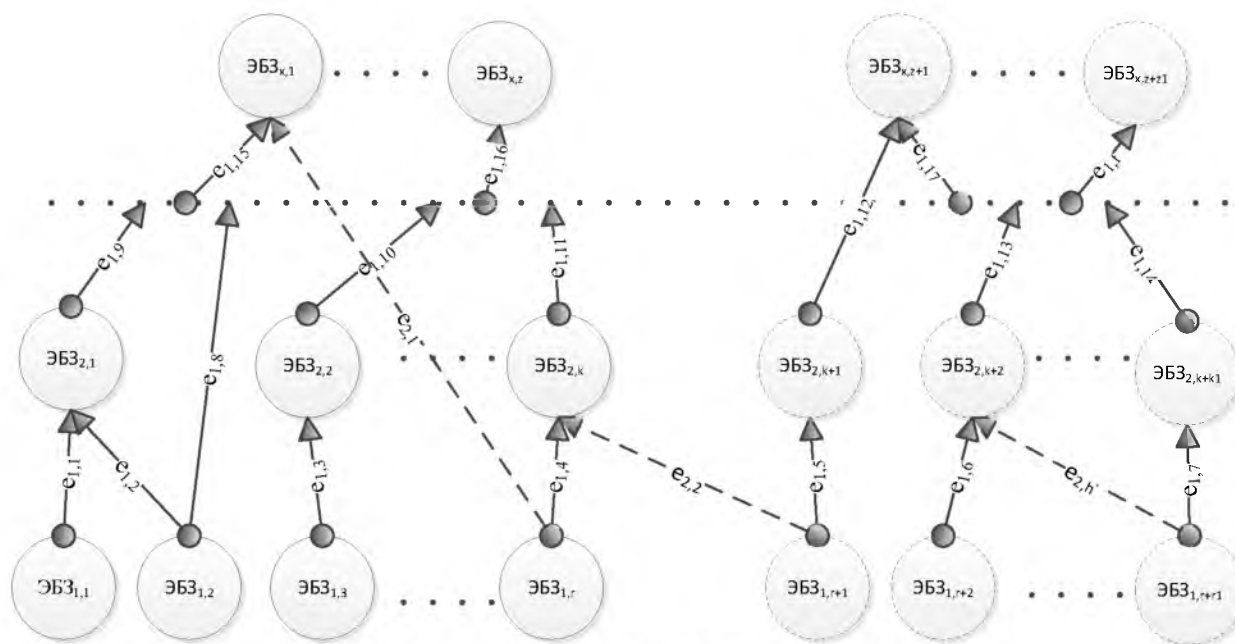


Рис. 1. Ориентированный граф связности ЭБЗ темы

Множество вершин графа V объединяет множества, элементами которых также являются ЭБЗ:

$$V = VB \cup WV \cup VF \tag{2}$$

где $VB = \{ebz_i\}, i = \overline{1, s}$ при $s = k + \dots + z$ – множество вершин графа (1), представляющих собой базовые ЭБЗ. Мощность множества $|VB| = s$ определяет число базовых ЭБЗ, являющихся основополагающими для изучения темы дисциплины. На рисунке 1 базовые ЭБЗ обозначены окружностями, обведенными сплошной линией.

$WV = \{ebz_i\}, i = \overline{1, l}$ при $l = k1 + \dots + z1$ – множество вершин графа (1), представляющих собой вариативные (расширенные) ЭБЗ. Мощность множества $|WV| = l$ определяет число вариативных ЭБЗ, расширяющих знания обучающегося по изучаемой теме дисциплины. На рисунке 1 вариативные ЭБЗ обозначены окружностями, обведенными пунктирной линией.

$VF = \{ebz_i\}, i = \overline{1, q}$ при $q = r + r1$ – множество вершин графа (1), представляющих собой фундаментальные ЭБЗ. Мощность множества $|VF| = q$ определяет число фундаментальных ЭБЗ, которыми необходимо владеть для эффективного изучения темы дисциплины. На рисунке 1 фундаментальные ЭБЗ расположены в нижнем ярусе графа. Фундаментальные ЭБЗ могут быть как базовыми, так и вариативными.

Для выражения (2) выполняется условие $VB \cap WV \cap VF = 0$, то есть в рамках темы один и тот же ЭБЗ может принадлежать лишь одному из трех множеств. Следовательно, выполняется равенство $|V| = |VB| + |WV| + |VF| = s + l + q = g$.

Множество ребер графа (1) E объединяет два множества, элементами которых являются ребра графа (1):

$$E = EF \cup ED \tag{3}$$

где $EF = \{e_{1,i}\}, i = \overline{1, f}$ – множество ребер, связывающих две вершины графа (1) $\{v_1, v_2\}$, представляющих собой фундаментальные связи между ЭБЗ, то есть ЭБЗ, расположенный в вершине v_2 , не может быть изучен без знания ЭБЗ, расположенного в



вершине v_1 . Мощность множества $|EF| = f$ определяет число «фундаментальных» ребер графа (1). На рисунке 1 «фундаментальные» ребра обозначены сплошными ориентированными отрезками.

$ED = \{e_{2,i}\}$, $i = \overline{1, h}$ – множество ребер, связывающих две вершины графа (1) $\{v_1, v_2\}$, представляющих собой дополнительные связи между ЭБЗ, то есть ЭБЗ, расположенный в вершине v_2 , может быть изучен без знания ЭБЗ, расположенного в вершине v_1 , но его знание облегчает понимание ЭБЗ расположенного в вершине v_2 . Мощность множества $|ED| = h$ определяет число «дополнительных» ребер графа (1). На рисунке 1 «дополнительные» ребра обозначены пунктирными ориентированными отрезками.

При построении графа связности необходимо обеспечить, чтобы количество ребер, связывающих вершины графа, стремилось к максимальному числу, так как чем больше связей, тем шире спектр построения адаптивных образовательных траекторий.

Мощность множества ребер графа (1) соответственно равна $|E| = |EF| + |ED| = f + h = a$.

Вершины графа GPT располагаются на нескольких ярусах. Номер яруса определяется сложностью изучаемого материала. Ребра графа могут связывать вершины, расположенные в различных ярусах. Чем больше расстояние между ярусами двух вершин, тем выше вероятность того, что соединяющее их ребро является дополнительным. Первый ярус графа (рисунок 1) представляет собой множество вершин $VF = \{ebz_{1,i}\}$, $i = \overline{1, r+r1}$, соответствующих ЭБЗ базового уровня, которыми на момент изучения темы необходимо овладеть. Каждый последующий ярус графа GPT связан с ЭБЗ, расположенными в предшествующих ему ярусах. Организация графа связности ЭБЗ в ярусной форме позволит системе тестирования определять знания обучающегося на каждом отдельном ярусе. Следовательно, если обучающийся прошел тестирование с вопросами, соответствующими уровню материала, содержащегося на третьем ярусе графа, то очевидно, что он успешно пройдет тестирование по материалу, соответствующему первому и второму ярусам графа.

При традиционной последовательности процесса обучения, обучающемуся предоставляется структура темы, состоящая из ЭБЗ, принадлежащих множеству вершин графа GPT , начиная со второго яруса $V_2 = \{ebz_{2,i}\}$, $i = \overline{1, k+k1}$ и заканчивая множеством вершин $V_x = \{ebz_{x,i}\}$, $i = \overline{1, z+z1}$. Если в результате входного тестирования определено, что у обучающегося отсутствуют знания, относящиеся к фундаментальным ЭБЗ для данной темы, то множество вершин $VF = \{ebz_{1,i}\}$, $i = \overline{1, r+r1}$ также включается в состав темы.

Всякая вершина графа (1) для i -й темы может быть базовой для тем с порядковыми номерами, большими i . Следовательно, понятия «базовая» и «вариативная» вершина, а также «фундаментальное» и «дополнительное» ребро, определяются только в рамках темы, так как в других темах они могут быть прямо противоположными.

Определенный ранее граф связности ЭБЗ $GPT = \{V, E\}$ является формализованным представлением иерархической связи ЭБЗ для определенной темы дисциплины. Для того чтобы определить связь между компетенциями и ЭБЗ необходимо определить множество компетенций и граф $GKPT$, описывающий связи между множеством вершин графа GPT и множеством компетенций через соответствия. Компетенции представлены двумя множествами общекультурных компетенций $OK_i = \{ok_i\}$, $i = \overline{1, n}$ и профессиональных компетенций $PK_i = \{pk_i\}$, $i = \overline{1, m}$. Введем



универсальное множество компетенций $K = \{k_i\}$, $i = \overline{1, p}$ такое, что $K = OK \cup PK$. В силу того, что $OK \cap PK = 0$, мощность множества $|K| = |OK| + |PK| = n + m = p$. Любой ЭБЗ, включенный в состав темы, участвует в формировании определенной компетенции. При этом каждый ЭБЗ может формировать одну и более компетенций, и каждая компетенция формируется более чем одним ЭБЗ. Определим множество компетенций $KP = \{kp_i\}$, $i = \overline{1, u}$, формируемых ЭБЗ темы. При этом $|K| > |KP| = p > u$.

Исходя из этого, можно определить соответствие $CPK \subseteq V \times KP$ между множеством вершин V графа $GPT = \{V, E\}$ и множеством компетенций KP . В принятых обозначениях, каждый элемент $kp_j \in KP$, соответствующий данному элементу $ebz_i \in V$, представляет собой образ при соответствии CPK . Каждый элемент $ebz_i \in V$ называется прообразом элемента $kp_j \in KP$ при соответствии CPK .

Вершины V графа $GPT = \{V, E\}$ соответствуют компетенциям множества $KP = \{kp_i\}$, $i = \overline{1, u}$, то есть каждой вершине $ebz_i \in V$ может быть поставлена в соответствие компетенция $kp_j \in KP$. Данное соответствие необходимо для организации процесса оценки степени овладения компетенцией в рамках темы по числу формирующих ее ЭБЗ.

Опишем свойства соответствия $CPK \subseteq V \times KP$.

CPK - полностью определенное соответствие, так как область определения $D(CPK) = V$. $\forall ebz_i \in V, i = \overline{1, g} \exists kp_j \in KP, j = \overline{1, u}$, то есть каждый элемент множества $ebz_i \in V, i = \overline{1, g}$ имеет хотя бы один образ во множестве KP .

CPK сюръективно, так как область значений $E(CPK) = KP$. $\forall kp_j \in KP, j = \overline{1, u} \exists ebz_i \in V, i = \overline{1, g}$, то есть каждому элементу множества $kp_i \in KP, i = \overline{1, u}$ соответствует хотя бы один прообраз во множестве V .

CPK является функциональным, так как каждому элементу множества $ebz_i \in V, i = \overline{1, g}$ может соответствовать более одного образа во множестве KP .

CPK является инъективным, так как соответствие $CPK \subseteq V \times KP$ не является функциональным и каждому образу из множества $kp_i \in KP, i = \overline{1, u}$ соответствует более одного прообраза из множества V .

CPK не является взаимно-однозначным, так как не удовлетворяет условиям функциональности и инъективности.

При формировании матрицы отношения RP в заголовки строк записываются все вершины $ebz_i \in V, i = \overline{1, g}$ графа $GPT = \{V, E\}$, а в заголовки столбцов записываются все компетенции $kp_j \in KP, j = \overline{1, u}$, где $KP \subset K$. Это позволяет сформировать матрицу отношения RP размера $g \times u$, в которой каждый элемент $rp_{i,j}, i = \overline{1, g}, j = \overline{1, u}$ определяется следующим образом:

$$rp_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если вершина } v_i \text{ формирует компетенцию } kp_j, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$



Таким образом, определив отношение $RP \subseteq V \times KP$, устанавливающее связь между ЭБЗ и компетенциями, которые они формируют, можно перейти от графа связности ЭБЗ $GPT = \{V, E\}$ к графу связности компетенций и ЭБЗ (4).

$$GKPT = \{V, E, RP\} \quad (4)$$

Описав все множества и отношения на них в графе (4), необходимо перейти к его матричному виду. Матрица инцидентности MI является наиболее простым способом описания графа 4, при этом в ней можно задать значимость каждой пары вершина-ребро. Для графа $GKPT = \{V, E, RP\}$, описывающего связность компетенций и ЭБЗ темы, элементы на пересечении i -й вершины и j -го ребра матрицы инцидентности $MI = |m_{i,j}|$, $i = \overline{1, g}$, $j = \overline{1, u}$ размера $g \times u$, будут проставлены следующие значения:

$$m_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} -1, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является началом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VB \text{ and } e_j \in EF; \\ 1, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является концом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VB \text{ and } e_j \in EF; \\ -2, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является началом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VB \text{ and } e_j \in ED; \\ 2, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является концом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VB \text{ and } e_j \in ED; \\ -3, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является началом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VV \text{ and } e_j \in EF; \\ 3, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является концом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VV \text{ and } e_j \in EF; \\ -4, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является началом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VV \text{ and } e_j \in ED; \\ 4, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является концом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VV \text{ and } e_j \in ED; \\ -5, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является началом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VF \text{ and } e_j \in EF; \\ 5, \text{ если вершина } ebz_i \text{ является концом ребра } e_j \text{ и при этом выполняется условие} \\ ebz_i \in VF \text{ and } e_j \in EF; \\ 0 - \text{ в остальных случаях.} \end{array} \right.$$

Граф связности (4) не содержит петель. Таким образом, обобщенная матрица инцидентности для графа $GKPT = \{V, E, RP\}$ (рисунок 1) описывает связи компетенций и ЭБЗ. По значениям в матрице инцидентности можно судить о степени усвоения курса обучаемым. Если курс выстроен дидактически грамотно, то в нем число ячеек матрицы инцидентности, содержащих нулевые значения, стремится к нулю.

При последовательном объединении, начиная с нижнего уровня иерархии декомпозиции материала образовательной программы, получим последовательно графы связности компетенций и ЭБЗ отдельных тем $GKPT = \{V, E, RP\}$, граф связности раздела $GKPR = \{V, E\}$, дисциплины $GKPD = \{V, E\}$, учебного цикла $GKPC = \{V, E\}$, и в конечном итоге – граф связности образовательной программы $GKPO$, содержащий все ЭБЗ, необходимые для успешного овладения предметной областью. Таким образом, можно



формально представить граф связности образовательной программы следующим образом:

$$GKPO = \{V, E, RP\} \tag{5}$$

где $|V| = d$ – все ЭБЗ образовательной программы;

$|E| = w$ – все ребра, соединяющие ЭБЗ образовательной программы.

При этом необходимо учесть, что при последовательном объединении графов $GKPT = \{V, E\}$, $GKPR = \{V, E\}$, $GKPD = \{V, E\}$ и $GKPC = \{V, E\}$ многие ЭБЗ будут дублироваться. Это связано с тем, что один и тот же ЭБЗ может быть «фундаментальным» в одной теме и одновременно быть «базовым» или «вариативным» в другой теме. Поэтому мощность вершин графа (5) рассчитывается, основываясь на формуле включения и исключения множеств:

$$\left| \bigcup_{i=1}^g V_i \right| = \sum_{i=1}^g |V_i| - \sum_{i,j=1}^g |V_{i,j}| + \sum_{i,j,k=1}^g |V_{i,j,k}| - \dots + (-1)^{g-1} |V_{i,j,k,\dots,g}| = d \tag{6}$$

Граф $GKPO = \{V, E, RP\}$ представляет собой компетентностную модель образовательной программы, так как на множестве его вершин V и множестве компетенций K задано бинарное отношение RP , устанавливающее взаимосвязь между парами элементов $ebz_i \in V, i = \overline{1, d}$ и $k_j \in K, j = \overline{1, p}$.

Предложенная иерархическая структура позволяет отслеживать состояние овладения компетенциями каждым обучающимся на всех этапах обучения. Кроме того, благодаря представленной структуре можно учесть в модели обучающегося дополнительные сведения, касающиеся индивидуальных особенностей, например, успеваемость, уровень осознанности и другие.

Для задания иерархии изучения программы обучения (5) необходимо описать кортеж SPO , отражающий структуру программы обучения и связи между ее составляющими. Для определения кортежа SPO введем следующие множества:

$T = \{t_i\}, i = \overline{1, n_1}$ множество тем программы обучения;

$R = \{r_j\}, j = \overline{1, g_1}$ множество разделов программы обучения;

$D = \{d_i\}, i = \overline{1, f_1}$ множество дисциплин программы обучения;

$C = \{c_i\}, i = \overline{1, s_1}$ множество учебных циклов программы обучения.

При этом каждый элемент:

$c_i \in C, i = \overline{1, s_1}$ является подмножеством, элементами которого являются

$c_i = \{d_j\}, j = \overline{1, f_2}$, где $d_j \in D, f_2 < f_1$;

$d_i \in D, i = \overline{1, f_1}$ является подмножеством, элементами которого являются

$d_i = \{r_j\}, j = \overline{1, g_2}$, где $r_j \in R, g_2 < g_1$;

$r_i \in R, i = \overline{1, g_1}$ является подмножеством, элементами которого являются

$r_i = \{t_j\}, j = \overline{1, n_2}$, где $t_j \in T, n_2 < n_1$.

Для установления связи между элементами множеств $T = \{t_i\}, i = \overline{1, n_1}$, $R = \{r_j\}, j = \overline{1, g_1}$ и $D = \{d_i\}, i = \overline{1, f_1}$ с целью задания иерархической структуры воспользуемся бинарным отношением квадратного вида RI «быть изученным», так как в заголовках столбцов и строк будут содержаться элементы соответствующих множеств:



$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если элемент множества } \bar{a} \text{ номером } i \text{ должен быть изучен перед} \\ & \text{элементом множества } \bar{a} \text{ номером } j; \\ 0, & \text{если элемент множества } \bar{a} \text{ номером } i \text{ может быть изучен параллельно с} \\ & \text{элементом множества } \bar{a} \text{ номером } j. \end{cases}$$

Соответственно, для формализации SPO необходимо задать следующие отношения:

– RI_R «быть изученным» задает порядок изучения тем разделов $R = \{r_i\}$, $i = \overline{1, g_1}$;

– RI_D «быть изученным» задает порядок изучения разделов дисциплин $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, f_1}$;

– RI_C «быть изученным» задает порядок изучения дисциплин учебного цикла $C = \{c_i\}$, $i = \overline{1, s_1}$.

В итоге получаем кортеж, описывающий структуру образовательной программы и порядок изучения элементов, расположенных в ней (7):

$$SPO = \langle C, D, R, T, RI_R, RI_D, RI_C \rangle \quad (7)$$

Таким образом, модульно-компетентностная модель предметной области определяется при помощи следующих формальных конструкций:

– граф связности образовательной программы $GKPO = \{V, E, RP\}$;

– матрица инцидентности $MI = |m_{i,j}|$, $i = \overline{1, g}$, $j = \overline{1, u}$ графа $GKPO = \{V, E, RP\}$;

– кортеж, описывающий структуру образовательной программы и порядок изучения элементов, расположенных в ней SPO (7).

Модель предметной области имеет взаимную обратную связь с компетентностной моделью обучающегося, при этом по степени овладения компетенциями можно судить о соответствующем виде профессиональной деятельности, в котором обучающийся проявит наилучшие результаты. В результате, исходя из компетентностной модели обучающегося, можно установить соответствие между полученным результатом, характеризующим степень овладения компетенциями и видами профессиональной деятельности. Это позволит определить для обучающегося наиболее рациональный вид профессиональной деятельности.

В процессе формирования образовательной программы необходимо учитывать требования работодателя, которые выражаются в виде множества TR , элементами которого являются компетенции. Элементами TR могут быть компетенции, не отраженные в стандартной образовательной программе, при этом для каждой компетенции посредством весовых коэффициентов определена важность. Дополнительные компетенции учитывают специфику деятельности работодателя, когда сотрудники должны обладать определенным набором знаний, умений и навыков, который позволит им максимально эффективно выполнять свои обязанности. С точки зрения обучающегося дополнительные компетенции могут играть важную роль в том случае, когда их освоение способствует карьерному росту.

Элементами каждого вида профессиональной деятельности VPD в нашем случае являются компетенции K . Элементы множества TR практически взаимнооднозначно соответствуют множеству VPD . В случаях, когда специфика деятельности работодателя требует наличия у сотрудников дополнительных компетенций, отсутствующих в образовательной программе, соответствие может нарушаться.

$$(TR \approx VPD) = \{k_i\}, \quad i = \overline{1, y}, \quad \text{где } k_i \in K, \quad y < p \quad (8)$$



Множество VPD образует универсальное множество, описывающее профессиональную деятельность $PD = \{vpd_1, vpd_2, \dots, vpd_k\}$.

Структура образовательной программы (5) отражается множеством K . Исходя из этого, можно оценить потенциальную способность обучающегося к осуществлению определенной профессиональной деятельности. Для получения данной оценки необходимо произвести поочередное пересечение двух множеств $K \cap VPD_i, \text{ где } i = \overline{1, k}, VPD_i \in PD$.

При этом оценивают результаты выполнения следующих условий:

- если $K \cap VPD_i = VPD_i$, то обучающийся полностью освоил компетенции по i -му виду профессиональной деятельности;
- если $K \cap VPD_i \neq VPD_i$, то обучающийся не освоил в полном объеме компетенции по i -му виду профессиональной деятельности.

Соответственно, при выполнении равенства $K \cap VPD_i = VPD_i$ успешное изучение образовательной программы позволяет заниматься i -м видом профессиональной деятельности.

Таким образом, разработана формальная модель предметной области, представляющая собой ориентированный граф связности компетенций и ЭБЗ дисциплин образовательной программы $GKPO = \{V, E, RP\}$, а также кортеж, описывающий структуру образовательной программы и порядок изучения элементов, расположенных в ней $SPO = \langle C, D, R, T, RI_R, RI_D, RI_C \rangle$.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства образования и науки РФ на выполнение НИР подведомственным вузам в 2013 году. Проект № 8.8600.2013.

Литература

1. Соловов, А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология [Текст] / А.В. Соловов. – Самара: Новая техника, 2006. – 464 с.
2. Асадуллаев Р.Г. Повышение качества образования на основе использования автоматизированных обучающих систем [Текст] / Р.Г. Асадуллаев // Математическое и компьютерное моделирование в решении задач строительства, техники, управления и образования: сборник статей XVI Международной научно-технической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2011. – С. 8-11.
3. Ломакин В.В. Применение алгоритмов адаптации в автоматизированных системах управления процессом обучения [Текст] / В.В. Ломакин, С.С. Трухачев, Р.Г. Асадуллаев // Математическое и компьютерное моделирование в решении задач строительства, техники, управления и образования: сборник статей XVI Международной научно-технической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2012. – С. 8-11.
4. Ломакин В.В. Автоматизация процесса построения индивидуальных траекторий обучения в системе подготовки кадров промышленных предприятий [Текст] / В.В. Ломакин, Р.Г. Асадуллаев, С.С. Трухачев // Информационные системы и технологии: научно-технический журнал №6 (74). – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2012. – С. 75-84.
5. Атанов, Г.А. Обучение или искусственный интеллект, или основы современной дидактики высшей школы [Текст] / Г.А. Атанов, И.Н. Пустынникова. – Донецк: ДОУ, 2002. – 504 с.
6. Беспалько, В.П. Теория учебника: Дидактический аспект [Текст] / В.П. Беспалько. – Москва: Педагогика, 1988. – 160 с.



DEVELOPMENT OF KNOWLEDGE REPRESENTATION FORMAL MODEL FOR INDIVIDUAL E-LEARNING SYSTEMS

V. V. LOMAKIN
R. G. ASADULLAEV

*Belgorod National Research
University*

e-mail: lomakin@bsu.edu.ru
e-mail: asadullaev@bsu.edu.ru

The structure of a subject area courses, decomposed into elementary blocks of knowledge that enables an adaptive e-learning form individual educational trajectory was proposed. Modular-competence approach was formally described via the directed graph of connectivity of competence and knowledge disciplines building blocks of the educational program.

Keywords: formal model, e-learning, competence-based modular approach, the elementary unit of knowledge, graph of connectivity, the incidence matrix.