Наука и Образование
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Сетевое научное издание
ISSN 1994-0408

Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 02. С. 136–149.

DOI: **10.7463/0215.0756631**

Представлена в редакцию: 14.02.2015

© МГТУ им. Н.Э. Баумана

УДК 519.6

Онтологический подход к тестированию уровня владения обучающимся метапредметными понятиями

к.ф.н. Гаврилина Е. А.[1], Захаров М. А.[1], профессор, д.ф.-м.н. Карпенко А. П.[1,*], Смирнова Е. В.[1]

[*]apkarpenko@mail.ru

[1]МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Работа посвящена оценке уровня усвоения обучающимся метапонятийного состава учебных предметов. Предлагаемый подход основан на использовании когнитивной карты обучающегося (ККО), которая формализует его представления о некотором фрагменте предметной семантической сети (ПСС) и, в идеале, совпадает с этим фрагментом. Контроль усвоения обучающимся понятийного состава данного фрагмента ПСС сводится к сравнению подграфа ПСС, соответствующего этому фрагменту, и графа, который определяет соответствующая ККО. Рассматриваем два подхода к тестированию уровня владения обучающимся метапонятиями: на основе онтологии метапредмета: на основе онтологий традиционных учебных предметов. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (проект 2014-14-579-0144).

Ключевые слова: метапредметные компетенции; метакогнитивные компетенции; метакреативные компетенции; когнитивная карта обучающегося; предметная семантическая сеть

Введение

Федеральный государственный образовательный стандарт выделяет три уровня результатов образования: личностные, предметные, *метапредметные*. Под последними понимаются результаты освоения обучающимся *универсальных учебных действий*, обеспечивающих владение ключевыми компетенциями, составляющими основу умения учиться, а также результаты освоения *межпредметных* понятий (*метапонятий*) [1, 2]. Метапредметные компетенции обучающегося, как результат его образования, являются составной частью метакомпетенций обучающегося, которые включают в себя также метакогнитивные и метакреативные компетенции [3 - 5]. Работа посвящена оценке уровня усвоения обучающимся метапонятийного состава учебных предметов.

Методика контроля понятийных знаний обучающегося рассмотрена, например, в работе [6]. Эта методика основана на использовании *когнитивной карты обучающегося* (ККО) [7], которая формализует его представления о некотором фрагменте *предметной семантической сети* (ПСС) и, в идеале, совпадает с этим фрагментом. Контроль усвоения обучающимся понятийного состава данного фрагмента ПСС сводится к сравнению подграфа ПСС, соответствующего этому фрагменту, и графа, который определяет соответствующая ККО [8]. Данную работу можно считать развитием работ [5, 8, 9] в направлении тестирования уровня владения обучающимся метапонятиями.

В общей и высшей школе метапредметная обученность может быть обеспечена с помощью, так называемых, *метапредметов*, а также с помощью соответствующей модификации методики преподавания традиционных предметов. В соответствии с этим рассматриваем два подхода к тестированию уровня владения обучающимся метапонятиями.

Методы оценки других аспектов метапредметных знаний, рассмотрены, например, в работах [10 -12].

В первом и втором разделах работы представлены модели предметной онтологии и ККО соответственно. Третий раздел посвящен тестированию метапонятийного состава знаний обучающегося на основе онтологии метапредмета. В четвертом разделе представляем подход на основе онтологий традиционных учебных предметов. В заключении формулируем основные результаты работы и перспективы ее развития.

Полагаем далее, что $|A|$ - число элементов (мощность) счётного множества (набора) элементов A; a_i - i-й элемент этого множества (набора).

1. Модель онтологии учебного предмета

Пусть O - онтология данного учебного предмета. Семантическую сеть (СС) онтологии O определяет кортеж

$$SS = \langle C, R, W_C, W_R \rangle, \qquad (1)$$

где приняты следующие обозначения: $C = \{c_i\}$ - множество понятий СС; $R = \{r_i\}$ - множество отношений между понятиями набора C; $W_C = \{w_{C,i}\}$, $W_R = \{w_{R,i}\}$ - значения *мер важности* понятий набора C и отношений R соответственно. Методы оценки значений этих мер рассмотрены, например, в работе [13].

Если понятия c_{i_1}, c_{i_2}, $i_1 \neq i_2$ в СС (1) связаны между собой некоторым отношением из числа отношений R, то говорим, что эти понятия *связаны информационно*.

Сопоставляем СС (1) взвешенный ориентированный граф без контуров G, вершины которого соответствуют понятиям онтологии O, а дуги – информационным связям этих

понятий между собой. Веса вершин графа G равны важностям понятий, а веса дуг – важностям соответствующих отношений.

Пусть $h(c_{i_1}, c_{i_2})$ - *мера расстояния* между понятиями c_{i_1}, $c_{i_2} \in C$. Величину $h(c_{i_1}, c_{i_2})$ можно определить несколькими способами, например, в качестве этой величины можно использовать число дуг кратчайшего пути в графе G между вершинами, соответствующими указанным понятиям [14, 15].

Введём в рассмотрение подграф $G_i(h)$, $h > 1$ графа G, соответствующий понятию $c_i \in C$. Подграф $G_i(h)$ включает в себя все понятия $C_i(h) \subset C$ графа G, расстояние от которых до понятия c_i не превышает величины *h*. Набор отношений, связывающих понятия набора $C_i(h)$, обозначаем $R_i(h)$; соответствующий фрагмент СС - $SS_i(h)$. Очевидно, что подграф $G_i(1)$ представляет собой совокупность понятий, информационно связанных с метапонятием c_i.

2. Модель когнитивной карты обучающегося

Выделяем *локальную ККО* и *расширенную ККО*. Расширенная ККО соответствует фрагменту СС $SS_i(h)$, а локальная – фрагменту $SS_i(1)$.

Модель расширенной ККО определяет кортеж

$$CM_i(h) = \left\langle \tilde{C}_i(h), \tilde{R}_i(h) \right\rangle, \; h > 1, \qquad (2)$$

где $\tilde{C}_i(h)$ - набор понятий множества C, которые в ККО (2) указаны обучающимся как принадлежащие СС $SS_i(h)$; $\tilde{R}_i(h)$ - набор отношений множества R, которые в ККО (2) связывают понятия набора $\tilde{C}_i(h)$ между собой.

ККО (2) представляем в виде ориентированного, возможно, несвязного взвешенного графа без контуров $\tilde{G}_i(h)$, вершины которого соответствуют понятиям $\tilde{C}_i(h)$, а дуги – отношениям $\tilde{R}_i(h)$.

Локальную ККО определяем аналогичным кортежем

$$CM_i(1) = CM_i = \left\langle \tilde{C}_i, \tilde{R}_i \right\rangle \qquad (3)$$

и представляем в виде графа $\tilde{G}_i(1) = G_i$, аналогичного графу $\tilde{G}_i(h) = G_i(h)$. Здесь принято $\tilde{C}_i = \tilde{C}_i(1)$, $\tilde{R}_i = \tilde{R}_i(1)$

3. Тестирование на основе онтологии метапредмета

Модель онтологии метапредмета совпадает с моделью, рассмотренной в п.1, с заменой термина *понятие* на термин *метапонятие*. Используем для соответствующей семантической сети (МСС) обозначение MSS. Расширенную и локальные ККО, соответствующие МСС $MSS_i\,(h)$, $MSS_i\,(1) = MMS_i$, обозначает $MCM_i\,(h)$, $MCM_i\,(1) = MCM_i$; $h > 1$.

3.1. Методы построения ККО

Локальная ККО. Локальную ККО MCM_i строим с помощью одного *локального* теста T_i. Тестовое задание для теста T_i состоит в общем случае из двух частей и на содержательном уровне имеет следующий вид.

1) «Из представленного списка вариантов ответов сформируйте набор понятий (метапонятий) $\tilde{C}_i$, информационно связанных с метапонятием c_i ».

2) «Из представленного списка вариантов ответов сформируйте набор типов отношений $\tilde{R}_i$, связывающих понятия (метапонятия) набора $\tilde{C}_i$ с метапонятием c_i ».

Список вариантов ответов для первого вопроса содержит следующие понятия:

- все понятия из набора C_i (верные ответы);

- заданное число случайно без повторений выбранных понятий c_{i_l}, $l = 1, 2, \ldots$ из числа понятий набора C, для которых мера $h(c_i\,, c_{i_l})$ равна двум (неверные ответы);

- требуемое число случайно без повторений выбранных понятий c_{i_m}, $m = 1, 2, \ldots$ из числа понятий набора C, для которых мера $h(c_i\,, c_{i_m})$ равна трём (неверные ответы);

- и так далее до достижения заданного числа неверных ответов.

Для второго вопроса список вариантов ответа для каждой пары «понятие набора $\tilde{C}_i$ - метапонятие c_i » содержит все отношения *R*.

Расширенная ККО. Для построения ККО $MCM_i\,(h),\ h > 1$ используем набор тестов $\mathbf{T}_i\,(h) = \{T_{i_j}(h)\}$, где локальный тест $T_{i_j}(h)$ предназначен для оценки уровня усвоения обучающимся метапонятия $c_{i_j} \in C_i(h)$. Величину

$$\eta_i\,(h) = \frac{\left|\mathbf{T}_i\,(h)\right|}{\left|C_i\,(h)\right|} \in (0;1]$$

называем *уровнем покрытия* набором тестов $\mathbf{T}_i(h)$ семантической сети $MSS_i(h)$. Заметим, что величина $|\mathbf{T}_i(h)|$ равна числу локальных тестов в наборе $\mathbf{T}_i(h)$ и, одновременно, числу тестируемых метапонятий набора C_i.

Тест $T_{i_j}(h)$, $j \in [1:|\mathbf{T}_i(h)|$ формируем по следующему правилу:

1) случайным образом без повторений выбираем $|\mathbf{T}_i(h)|$ метапонятий c_{i_j} из набора $C_i(h)$;

2) для каждого из метапонятий c_{i_j} по рассмотренным выше правилам создаём тестовое задание $T_{i_j}(h)$.

Ответы обучающегося на тестовые задания набора тестов $\mathbf{T}_i(h)$ порождают $|\mathbf{T}_i(h)|$ наборов ответов $\{\tilde{C}_{i_j}(h), \tilde{R}_{i_j}(h)\}$. ККО $MCM_i(h)$ строим на основе этих ответов по следующим правилам:

- набор понятий (метапонятий) $\tilde{C}_i(h)$ формируем из набора $\{\tilde{C}_{i_j}(h)\}$ путём объединения одноименных понятий (метапонятий) в одно;

- набор отношений $\tilde{R}_i(h)$ создаём путём объединения отношений набора $\{\tilde{R}_{i_j}(h)\}$, связывающих соответствующие понятия (метапонятия).

3.2. Метрики оценки метапонятийных знаний обучающегося

Все представленные ниже метрики уровня усвоения обучающимся метапонятий имеют, вообще говоря, разные знаки и масштаб. Поэтому в программных реализациях необходима нормировка значений этих метрик, например, по схеме работы [16]. Построение на основе нормированных метрик различных линейных и нелинейных бальных шкал оценок рассмотрено, например, в той же работе [16].

Оценка на основе локальной ККО

1) Метрика $\rho_1(c_i)$. Введём в рассмотрение подмножества $\tilde{C}_i^t$, $\tilde{R}_i^t$ соответствующих множеств $\tilde{C}_i$, $\tilde{R}_i$, содержащие верные ответы обучающегося. Относительные числа верных ответов в этих множествах полагаем равными

$$\bar{n}_{C,i}^t = \frac{|\tilde{C}_i^t|}{|C_i|},\ \bar{n}_{R,i}^t = \frac{|\tilde{R}_i^t|}{|R_i|} \qquad (4)$$

соответственно. Аналогично определим подмножества неверных ответов $\tilde{C}_i^f$, $\tilde{R}_i^f$ и соответствующие нормированные величины $\overline{n}_{C,i}^f$, $\overline{n}_{R,i}^f$.

При расчете значений указанных величин в число неверно определённых элементов следует включать, как элементы из множеств C_i, R_i, не входящие во множества $\tilde{C}_i$, $\tilde{R}_i$, так и элементы из вторых наборов, не входящие в первые. В число неверно определённых отношений следует включать отношения, которые в ККО MCM_i связывают неверно указанные понятия (метапонятия).

Метрика $\rho_1(c_i)$ не учитывает сложность понятий и важности отношений и представляет собой взвешенную алгебраическую сумму относительных чисел верных и неверных ответов в наборах $\tilde{C}_i$, $\tilde{R}_i$, то есть

$$\rho_1(c_i) = \overline{n}_{C,i}^t + \lambda_{1,1}\,\overline{n}_{R,i}^t - \lambda_{1,2}\,\overline{n}_{C,i}^f - \lambda_{1,3}\,\overline{n}_{R,i}^f, \qquad (5)$$

где $\lambda_{1,1}, \lambda_{1,2}, \lambda_{1,3} \in [0,1]$ - весовые коэффициенты, назначаемые лицом, принимающим решения (ЛПР), исходя их своих предпочтений. Формальный метод определения значений этих коэффициентов рассмотрен, например, в работах [16, 17].

Отметим, что метрика (5) и другие аналогичные метрики, представленные ниже, являются, по сути, многокритериальными, и весовые коэффициенты в них определяют веса соответствующих частных критериев оптимальности [16, 17]. Полагая все или некоторые коэффициенты $\lambda_{1,1}, \lambda_{1,2}, \lambda_{1,3}$ нулевыми, легко получить большое число производных метрик.

2) Метрика $\rho_2(c_i)$. Обозначим

$$\tilde{m}_{C,i}^t = \sum_j w_{C,i_j},\ j \in [1:\ |\tilde{C}_i^t|],\ c_{i_j} \in \tilde{C}_i^t$$

взвешенное число верных ответов в подмножестве $\tilde{C}_i^t$ и относительное взвешенное число этих ответов

$$\overline{m}_{C,i}^t = \frac{\tilde{m}_{C,i}^t}{m_{C,i}},\ m_{C,i} = \sum_j w_{C,i_j},\ \ j \in [1:|C_i|]. \qquad (6)$$

Здесь w_{C,i_j} - важность понятия (метапонятия) c_{i_j}. Аналогично определим относительное взвешенное число верных ответов $\overline{m}_{R,i}^t$ в подмножестве $\tilde{R}_i^t$, а также относительные взвешенные числа неверных ответов $\overline{m}_{C,i}^f$, $\overline{m}_{R,i}^f$ в подмножествах $\tilde{C}_i^f$, $\tilde{R}_i^f$ соответственно.

Метрика $\rho_2(c_i)$ учитывает сложность понятий (метапонятий) и важности отношений. Метрика аналогична метрике $\rho_1(c_i)$ и представляет собой взвешенную

алгебраическую сумму относительных взвешенных чисел верных и неверных ответов в наборах $\tilde{C}_i$, $\tilde{R}_i$:

$$\rho_2(c_i) = \overline{m}^t_{C,i} + \lambda_{2,1}\,\overline{m}^t_{R,i} - \lambda_{2,2}\,\overline{m}^f_{C,i} - \lambda_{2,3}\,\overline{m}^f_{R,i}. \qquad (7)$$

Легко видеть, что метрика (7) совпадает с метрикой (5), если в первой положить значения всех мер сложности и важности равными единице.

Оценка на основе расширенной ККО

3) Метрика $\rho_3(c_i, h)$. Введём в рассмотрение величины $\overline{n}^t_{C,i}(h)$, $\overline{n}^t_{R,i}(h)$ - относительные числа правильных определений обучающимся понятий (метапонятий) и отношений, входящих во фрагмент СС $MSS_i\,(h)$, во всех $|\mathbf{T}_i(h)|$ тестах, использованных для построения локальных ККО. Величины $\overline{n}^t_{C,i}(h) \in [0;1]$, $\overline{n}^t_{R,i}(h) \in [0;1]$ определяем по формуле вида (4). По аналогии определяем величины $\overline{n}^f_{C,i}(h)$, $\overline{n}^f_{R,i}(h)$ - относительные числа неверных ответов обучающегося на вопросы тестовых заданий набора тестов $\mathbf{T}_i(h)$.

Метрика $\rho_3(c_i, h)$ аналогично метрике $\rho_1(c_i)$ не учитывает сложность понятий и важности отношений и определяется выражением

$$\rho_3(c_i, h) = \overline{n}^t_{C,i}(h) + \lambda_{31}\,\overline{n}^t_{R,i}(h) - \lambda_{3,2}\,\overline{n}^f_{C,i}(h) - \lambda_{3,3}\,\overline{n}^f_{R,i}(h). \qquad (8)$$

4) Метрика $\rho_4(c_i, h)$. По аналогии с формулой (6) введём в рассмотрение относительное взвешенное число верных ответов $\overline{m}^t_{C,i}(h)$ в подмножестве $\tilde{C}^t_i(h)$. Аналогично определим относительное взвешенное число верных ответов $\overline{m}^t_{R,i}(h)$ в подмножестве $\tilde{R}^t_i(h)$ и относительные взвешенные числа неверных ответов $\overline{m}^f_{C,i}(h)$, $\overline{m}^f_{R,i}(h)$.

Метрика $\rho_4(c_i, h)$ строится на основе метрики (7) и имеет вид

$$\rho_4(c_i, h) = \overline{m}^t_{C,i}(h) + \lambda_{4,1}\,\overline{m}^t_{R,i}(h) - \lambda_{4,2}\,\overline{m}^f_{C,i}(h) - \lambda_{4,3}\,\overline{m}^f_{R,i}(h). \qquad (9)$$

5) Нормированные метрики $\overline{\rho}_3(c_i, h)$, $\overline{\rho}_4(c_i, h)$. Значимость оценок, получаемых с помощью метрик (8), (9), в значительной степени зависит от уровня покрытия $\eta_i(h)$ используемым набором тестов $\mathbf{T}_i\,(h)$ семантической сети $MSS_i\,(h)$. Поэтому возникает проблема нормирования этих оценок с учётом величины $\eta_i(h)$. В простейшем случае можно использовать линейную нормировку с коэффициентом $\eta_i(h)$. Таким образом, имеют место нормированные метрики

$$\bar{\rho}_3(c_i, h) = \eta_i(h)\ \rho_3(c_i, h),\ \bar{\rho}_4(c_i, h) = \eta_i(h)\ \rho_4(c_i, h). \quad (10)$$

4. Тестирования на основе онтологий традиционных обучающих предметов

Пусть $O = \{O^p\}$ - онтология рассматриваемого набора традиционных учебных предметов (не метапредметов!), где O^p - онтология *p*-го такого предмета.

Семантическую сеть онтологии O образует набор $|O|$ непересекающихся ПСС $SS^p,\ p \in [1:|O|]$, так что имеют место соотношения

$$\bigcup_{p=1}^{|O|} SS^p = SS,\ SS^p \bigcap SS^q = NULL,\ p, q \in [1:|O|],\ p \neq q.$$

ПСС SS^p определяет кортеж вида (1)

$$SS^p = \left\langle C^p, R^p, W_C^p, W_R^p \right\rangle,\ p \in [1:|O|]. \quad (11)$$

где $C^p \bigcap C^q = NULL,\ p, q \in [1:|O|],\ p \neq q$.

Различаем информационные связи понятий в пределах одной ПСС, а также информационные связи между понятиями различных ПСС (11), то есть между понятиями $c_i^p \in C^p, c_j^q \in C^Q$.

Локальную ККО, соответствующую понятию $c_i^p \in C^p$, определяет кортеж

$$CM_i^p = \left\langle \tilde{C}_i^p, \tilde{R}_i^p \right\rangle, \quad (12)$$

где $\tilde{C}_i^p$ - набор понятий из наборов $C^q,\ q \in [1:|O|], q \neq p$ (то есть понятий из других ПСС), которые в ККО (12) указаны как информационно связанные с понятием c_i^p; $\tilde{R}_i^p$ - набор соответствующих отношений множества R.

Расширенная ККО $CM^p(h)$ представляет собой объединение заданного числа локальных ККО, относящихся к разным понятиям ПСС SS^p:

$$CM^p(h) = \left\langle \tilde{C}^p(h), \tilde{R}^p(h) \right\rangle. \quad (13)$$

Здесь наборы $\tilde{C}^p(h)$, $\tilde{R}^p(h)$ аналогичны наборам $\tilde{C}^p$, $\tilde{R}^p$ соответственно.

Тестовое задание для теста T_i^p, предназначенное для построения локальной ККО CM_i^p, состоит в общем случае из двух следующих частей.

1) «Из представленного списка вариантов ответов сформируйте набор понятий $\tilde{C}_i^p$, информационно связанных с понятием $c_i^p \in C^p$.

2) «Из представленного списка вариантов ответов сформируйте набор соответствующих отношений $\tilde{R}_i^p$».

Список вариантов ответов для указанных вопросов формируется аналогично п. 3.1.

ККО $CM^p(h)$ строим с помощью набора локальных тестов $\mathbf{T}^p(h) = \{T_{i_j}^p(h)\}$, где тест $T_{i_j}^p(h)$ предназначен для построения локальной ККО $CM_{i_j}^p(h)$ (см. п.3.1).

Для оценки метапонятийных знаний обучающегося в данном случае также могут быть использованы метрики, аналогичные метрикам, предложенным в п. 3.2.

Заключение

Предложены оригинальные методики контроля метапонятийных знаний обучающегося на основе 1) онтологии метапредмета и 2) на основе онтологий традиционных учебных предметов.

В развитие работы авторы планируют разработку соответствующих алгоритмов и программного обеспечения, а также апробацию разработанных методов, алгоритмов и программного обеспечения при решении практических задач по оценке метапредметных знаний обучающихся.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (проект 2014-14-579-0144).

Список литературы

1. Крузе Б.А., Еремеева Е.В. Определение понятия метапредметных компетенций младшего школьника // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. Режим доступа: http://www.science-education.ru/113-11014 (дата обращения 10.02.2015).
2. Грешилова А.В. Содержание метапредметных компетенций у студентов среднего профессионального образования // Magister Dixit: научно-педагогический журнал Восточной Сибири. 2014. № 1 (13). Режим доступа: http://md.islu.ru/sites/md.islu.ru/files/rar/greshilova_statya_md_0.pdf (дата обращения 10.02.2015).
3. Scharnhorst A., Ebeling W. Evolutionary Search Agents in Complex Landscapes – a New Model for the Role of Competence and Meta-competence (EVOLINO and other simulation tools) // The Virtual Knowledge Studio: website. Available at: http://virtualknowledgestudio.nl/documents/_andreascharnhorst/arxiv_final.pdf , accessed 23.01.2015.

4. Erpenbeck J., Scarnhorst A., Ebeling W., Martens D., Nachtigall P., North K., Friedrich P., Lantz A. Metakompetenzen und Kompetenzentwicklung. QUEM-report. Schriften zur beruflichen Weiterbildung, Heft 95/Teil I, Berlin, 2006. Available at: https://knaw.academia.edu/AndreaScharnhorst , accessed 23.01.2015.
5. Bogo M., Katz E., Regehr C., Logie C., Mylopoulos M., Tufford L. Toward Understanding Meta-Competence: An Analysis of Students' Reflection on their Simulated Interviews // Social Work Education. 2013. Vol. 32, no. 2. Special Issue: Field Education in Social Work. P. 259-273. DOI:10.1080/02615479.2012.738662
6. Галямова Е.В., Карпенко А.П., Соколов Н.К. Методика контроля понятийных знаний субъекта обучения в обучающей системе // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2009. № 2. Режим доступа: http://technomag.edu.ru/doc/115086.html (дата обращения 01.01.2015).
7. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления. 2007. № 3. С. 2-8.
8. Галямова Е.В., Карпенко А.П., Соколов Н.К, Ягудаев Г.Г. Контроль понятийных знаний субъекта обучения в обучающей системе // Вестник МАДИ (ГТУ). 2009. № 2 (17). С. 82-86.
9. Белоус В.В., Карпенко А.П., Смирнова Е.В. Оценка понятийных знаний обучающегося на основе иерархической ролевой кластеризации // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 9. С. 181-193. DOI: 10.7463/0914.0726237
10. Хакимова Л.С. Система оценки достижений метапредметных результатов // Социальная сеть работников образования nsportal.ru. Режим доступа: http://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/materialy-mo/2014/01/20/sistema-otsenki-dostizheniy-metapredmetnykh-rezultatov (дата обращения 23.01.2015).
11. Гущин Ю.Ф. Анализ особенностей оценки метапредметных результатов // Психология и методология образования: сайт. Режим доступа: http://psyhoinfo.ru/analiz-osobennostey-ocenki-metapredmetnyh-rezultatov (дата обращения 23.01.2015).
12. Уткина Т.Н. Система оценки достижений метапредметных результатов // Социальная сеть работников образования nsportal.ru. Режим доступа: http://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/mezhdistsiplinarnoe-obobshchenie/2012/01/20/sistema-otsenki-dostizheniy (дата обращения 23.01.2015).
13. Карпенко А.П. Меры важности концептов в семантической сети онтологической базы знаний // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2010. № 7. Режим доступа: http://technomag.edu.ru/doc/151142.html (дата обращения 10.02.2015).

14. Карпенко А.П., Соколов Н.К. Оценка сложности семантической сети в обучающей системе // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2008. № 11. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/106658.html (дата обращения 10.02.2015).
15. Карпенко А.П., Соколов Н.К. Расширенная семантическая сеть обучающей системы и оценка её сложности // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2008. № 12. Режим доступа: http://technomag.bmstu.ru/doc/111716.html (дата обращения 10.02.2015).
16. Белоус В.В., Бобровский А.В., Добряков А.А., Карпенко А.П., Смирнова Е.В. Интегральная оценка многокритериальных альтернатив в ментально-структурированном подходе к обучению // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. № 7. С. 249-276. Режим доступа: http://www.technomag.edu.ru/doc/423252.html (дата обращения 10.02.2015).
17. Belous V.V., Bobrovsky A.V., Dobrjkov A.A., Karpenko A.P. , Smirnova E.V. Multi-criterion integral alternatives' estimation: mentally-structured approach to education // 2nd International Conference on Education and Education Management (EEM 2012) (Hong Kong, China, September 4-5, 2012). Vol. 3. 2012. P. 215-224.

Science & Education of the Bauman MSTU
Electronic journal
ISSN 1994-0408

Science and Education of the Bauman MSTU, 2015, no. 02, pp. 136–149.

DOI: **10.7463/0215.0756631**

Received: 14.02.2015

© Bauman Moscow State Technical Unversity

An Ontological Approach to Test Student's Competences in Meta-Subject Concepts

E.A. Gavrilina[1], M.A. Zackarov[1], A.P. Karpenko[1,*], E.V. Smirnova[1]

*apkarpenko@mail.ru

[1]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Keywords: meta-subject competences; metacognitive competences; meta-creative competences; student's cognitive card; subject semantic net

Student's meta-subject (cross-curriculum) competences are a part of his/her meta-competences that include also metacognitive and meta-creative competences. By the *meta-subject* competences the Federal State Educational Standard means student's learning outcomes as a result of the *universal learning activities* to ensure gained knowledge of key competences being a basis of ability to study, as well as learning outcomes of *cross-curriculum* concepts (*meta-concepts*). The aim of the paper is to assess student's learning outcomes when having a meta-concept based curriculum.

The offered approach uses a *cognitive student's card* (CSC), which formalizes his/her understanding of some fragment of the *subject semantic net* (SSN) and, theoretically, coincides with this fragment. The assessment for the student's knowledge of the conceptual constituents of this fragment of SSN is controlled by comparison of the SSN sub-graph corresponding to this fragment with the graph which is defined by the corresponding CSC.

Since both so-called meta-subjects and traditional subjects can provide a meta-subject learning proficiency we consider two approaches to test student's knowledge of meta-concepts. The first one is based on the meta-subject ontology while the other one uses the ontologies of traditional subjects.

The Ministry of Education and Science of the Russian Federation supported (project 2014-14-579-0144) this work.

References

1. Kruze B.A., Eremeeva E.V. The notion of meta-subject competencies of primary school students. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*, 2013, no. 6. Available at: http://www.science-education.ru/113-11014 , accessed 10.02.2015. (in Russian).

2. Greshilova A.V. The content of interdisciplinary competences of secondary professional education students. *Magister Dixit*, 2014, no. 1 (13). Available at: http://md.islu.ru/sites/md.islu.ru/files/rar/greshilova_statya_md_0.pdf , accessed 10.02.2015. (in Russian).
3. Scharnhorst A., Ebeling W. *Evolutionary Search Agents in Complex Landscapes – a New Model for the Role of Competence and Meta-competence (EVOLINO and other simulation tools)*. The Virtual Knowledge Studio: website. Available at: http://virtualknowledgestudio.nl/documents/_andreascharnhorst/arxiv_final.pdf , accessed 23.01.2015.
4. Erpenbeck J., Scarnhorst A., Ebeling W., Martens D., Nachtigall P., North K., Friedrich P., Lantz A. *Metakompetenzen und Kompetenzentwicklung. QUEM-report*. Schriften zur beruflichen Weiterbildung, Heft 95/Teil I, Berlin, 2006. Available at: https://knaw.academia.edu/AndreaScharnhorst , accessed 23.01.2015.
5. Bogo M., Katz E., Regehr C., Logie C., Mylopoulos M., Tufford L. Toward Understanding Meta-Competence: An Analysis of Students' Reflection on their Simulated Interviews. *Social Work Education*, 2013, vol. 32, no. 2, special Issue: Field Education in Social Work, pp. 259-273. DOI:10.1080/02615479.2012.738662
6. Galiamova E.V., Karpenko A.P., Sokolov N.K. The method of the student conceptual knowledge evaluation in the intellectual learning computer system. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2009, no. 2. Available at: http://technomag.edu.ru/doc/115086.html , accessed 01.01.2015. (in Russian).
7. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V., Makarenko D.I., Maksimov V.I. Cognitive approach in control. *Problemy upravleniia = Control sciences*, 2007, no. 3, pp. 2-8. (in Russian).
8. Galiamova E.V., Karpenko A.P., Sokolov N.K, Iagudaev G.G. Evaluation of conceptual knowledge of a subject taught by intellectual learning computer system. *Vestnik MADI (GTU)*, 2009, no. 2 (17), pp. 82-86. (in Russian).
9. Belous V.V., Karpenko A.P., Smirnova E.V. Hierarchical Role Ontology-based Assessment of Trainee's Conceptual Knowledge. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2014, no. 9, pp. 181-193. DOI: 10.7463/0914.0726237 (in Russian).
10. Khakimova L.S. *Sistema otsenki dostizhenii metapredmetnykh rezul'tatov* [The evaluation system of achievements of interdisciplinary results]. nsportal.ru: Social network for educators. Available at: http://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/materialy-mo/2014/01/20/sistema-otsenki-dostizheniy-metapredmetnykh-rezultatov , accessed 23.01.2015. (in Russian).
11. Gushchin Yu.F. *Analiz osobennostei otsenki metapredmetnykh rezul'tatov* [Analysis of features of evaluation of interdisciplinary results]. Psikhologiya i metodologiya obrazovaniya [Psychology and Methodology of Education]: website. Available at: http://psyhoinfo.ru/analiz-osobennostey-ocenki-metapredmetnyh-rezultatov , accessed 23.01.2015. (in Russian).

12. Utkina T.N. *Sistema otsenki dostizhenii metapredmetnykh rezul'tatov* [The evaluation system of achievements of interdisciplinary results]. nsportal.ru: Social network for educators. Available at: http://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/mezhdistsiplinarnoe-obobshchenie/2012/01/20/sistema-otsenki-dostizheniy , accessed 23.01.2015. (in Russian).
13. Karpenko A.P. Concept importance measures into semantic networks of ontology knowledge base. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2010, no. 7. Available at: http://technomag.edu.ru/doc/151142.html , accessed 10.02.2015. (in Russian).
14. Karpenko A.P., Sokolov N.K. Estimation of complexity of semantic network in the training system. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2008, no. 11. Available at: http://technomag.bmstu.ru/doc/106658.html , accessed 10.02.2015. (in Russian).
15. Karpenko A.P., Sokolov N.K. Expanded semantic network of a tutoring system and its complexity measures. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2008, no. 12. Available at: http://technomag.bmstu.ru/doc/111716.html , accessed 10.02.2015. (in Russian).
16. Belous V.V., Bobrovskii A.V., Dobryakov A.A., Karpenko A.P., Smirnova E.V. Integral estimation of multi-criterion alternatives in mental-structured approach to education. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2012, no. 7, pp. 249-276. Available at: http://www.technomag.edu.ru/doc/423252.html , accessed 10.02.2015. (in Russian).
17. Belous V.V., Bobrovsky A.V., Dobrjkov A.A., Karpenko A.P. , Smirnova E.V. Multi-criterion integral alternatives' estimation: mentally-structured approach to education. *2nd International Conference on Education and Education Management (EEM 2012)*, Hong Kong, China, September 4-5, 2012. Vol. 3, 2012, pp. 215-224.