

УДК 519.6

Оценка понятийных знаний обучающегося на основе иерархической ролевой онтологии

Белоус В. В.¹, профессор, д.ф.-м.н.

Карпенко А. П.^{1,*}, Смирнова Е. В.¹

* apkarpenko@mail.ru

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

В работе предложена методика контроля понятийных знаний обучающегося в обучающей системе, база знаний которой построена на основе семантической сети, соответствующей так называемой иерархической ролевой онтологии. Особенность такой онтологии состоит в том, что понятия в ней имеют атрибут, называемый ролью, и роли понятий могут быть линейно упорядочены. Граф семантической сети, соответствующей иерархической ролевой онтологии, можно представить в ярусной форме. Методика построена на основе когнитивных карт обучающегося, которые формализуют его представления о заданных фрагментах семантической сети. Основные результаты работы заключаются в следующем: предложены модель семантической сети, соответствующей иерархической ролевой онтологии, а также модель когнитивной карты обучающегося; разработаны методы построения когнитивных карт обучающегося; предложены метрики усвоения обучающимся понятийных знаний.

Ключевые слова: обучающая система, контроль понятийных знаний, база знаний, семантическая сеть, ролевая онтология

Введение

Современные обучающие системы представляют собой интеллектуальные системы, в которых онтология предметной области формализована в виде базы знаний. Полагаем, что эта база построена на основе *предметной семантической сети* (ПСС), содержащей понятия предметной области и отношения между ними. ПСС представляем в виде ориентированного графа, вершины которого соответствуют понятиям, а дуги – отношениям [1].

Одной из важных задач, которую призвана решать обучающая система, является поддержка изучения и контроля усвоения обучающимся понятий предметной области изучаемой дисциплины [2]. Общая методика контроля понятийных знаний обучающегося рассмотрена, например, в работе [3], развитием которой можно считать данную работу. Методика основана на использовании когнитивных карт обучающихся (ККО) [4], каждая из которых формализует его представления о некотором фрагменте ПСС и, в идеале,

совпадает с этим фрагментом. Контроль усвоения обучающимся данного фрагмента ПСС сводится к сравнению подграфа ПСС, соответствующего этому фрагменту, и графа, который определяет соответствующая ККО [5].

Ряд важных предметных областей обладают тем свойством, что понятия в них имеют атрибут, называемый ролью, и роли понятий могут быть линейно упорядочены. Граф ПСС, соответствующий такой онтологии, можно представить в ярусной форме [6, 7]. Работа посвящена оценке понятийных знаний обучающегося для предметных областей данного класса.

В первом и втором разделах работы представляем используемые модели ПСС и ККО. Третий раздел посвящён изложению предлагаемых методов построения ККО. В четвёртом разделе изложены метрики усвоения обучающимся понятийных знаний, построенные на основе его ККО. В заключении формулируем основные результаты работы и перспективы её развития.

1. Модель предметной семантической сети

Если не оговорено иное, всюду далее полагаем, что $|A|$ - число элементов (мощность) счётного множества (набора) элементов A ; a_q - q -й элемент этого множества (набора).

ПСС определяет кортеж

$$SS = \langle C, R, P, W_c, W_r, W_p \rangle,$$

где приняты следующие обозначения:

$C = \{c_i\}$ - множество понятий ПСС, для каждого из которых определена его *роль* $p(c_i) \in P$;

$P = \{p_j\}$ - множество ролей понятий C ;

$R = \{r_k\}$ - множество отношений между понятиями набора C ;

$W_c = \{w_{c,i}\}$, $W_p = \{w_{p,j}\}$, $W_r = \{w_{r,k}\}$ - значения *мер сложности* понятий, *мер важности* ролей и отношений соответственно.

Множество ролей P полагаем линейно упорядоченным, так что роль p_j предшествует роли p_{j+1} ; $j \in [1:|P|-1]$. Если понятия c_{i_1}, c_{i_2} в ПСС SS связаны между собой некоторым отношением из числа отношений R , то говорим, что эти понятия *связаны информационно*; $i_1 \neq i_2$.

ПСС SS сопоставляем взвешенный ориентированный граф без контуров G , вершины которого соответствуют понятиям сети SS ; дуги – отношениям, связывающим

эти понятия между собой; веса вершин – ролям и сложностям соответствующих понятий; веса дуг – важностям соответствующих отношений.

Полагаем, что ПСС SS такова, что граф G может быть представлен в *ярусной* форме, удовлетворяющей следующим требованиям:

- число ярусов равно $|P|$;
- на верхнем ярусе находится понятие с ролью p_1 , на втором ярусе – понятия с ролями p_2 , и так далее до яруса $|P|$, на котором находятся понятия с ролью $p_{|P|}$;
- если понятие c_{i_1} расположено на ярусе j_1 (то есть $p(c_{i_1}) = p_{j_1}$) и информационно связано отношением r_k с понятием c_{i_2} , располагающемся на ярусе j_2 ($p(c_{i_2}) = p_{j_2}$), то и любое иное понятие яруса j_1 связано с понятием яруса j_2 этим же отношением; $i_1 \neq i_2$, $j_1 \neq j_2$;
- любые два понятия, располагающиеся на одном ярусе, не связаны между собой информационно.

Пусть $h(c_{i_1}, c_{i_2})$ - *мера расстояния* между понятиями c_{i_1} , c_{i_2} . Величину $h(c_{i_1}, c_{i_2})$ можно определить несколькими способами [6, 7]. Используем следующие меры:

- 1) $h(c_{i_1}, c_{i_2}) = h_1(c_{i_1}, c_{i_2})$ - число дуг кратчайшего пути в графе G между вершинами, соответствующими указанным понятиям;
- 2) $h(c_{i_1}, c_{i_2}) = h_2(c_{i_1}, c_{i_2})$ - модуль разности номеров ярусов в графе G , в которых располагаются понятия c_{i_1} , c_{i_2} , то есть

$$h_2(c_{i_1}, c_{i_2}) = |p(c_{i_1}) - p(c_{i_2})|.$$

Мера $h_1(c_{i_1}, c_{i_2})$ определена как для понятий из разных ярусов графа G , так и из одного яруса этого графа (то есть как по «вертикали», так и по «горизонтали»). Мера $h_2(c_{i_1}, c_{i_2})$, очевидно, равна нулю, если понятия c_{i_1} , c_{i_2} расположены на одном ярусе графа G , то есть это расстояние определено только по «вертикали».

Введём в рассмотрение подграф $G_i(h)$ графа G , соответствующий понятию c_i . Подграф $G_i(h)$ включает в себя все понятия $C_i(h)$ графа G , расстояние от которых до понятия c_i не превышает h . Роли понятий набора $C_i(h)$ обозначаем $P_i(h)$; набор отношений, связывающих понятия этого набора - $R_i(h)$; соответствующий фрагмент ПСС - $SS_i(h)$.

Очевидно, что подграф $G_i (h_1 = 1)$ представляет собой совокупность понятий, информационно связанных с понятием c_i ; для мер h_1, h_2 подграф $G_i (|P|)$, где понятие c_i располагается на первом (верхнем) ярусе графа G , совпадает с этим графом.

Подграф $G_i (1)$ называем *локальным графом* понятия c_i и обозначаем G_i . Соответствующий фрагмент ПСС обозначаем SS_i .

Заметим, что если речь идёт об измерении расстояний с помощью меры h_1 (то есть только по «вертикали»), то можно расширить введённое определение подграфа - поставить в соответствие понятию c_i подграф $G_i (h_1^u, h_1^d)$, где h_1^u, h_1^d - максимальные расстояния «вниз» и «вверх» соответственно.

2. Модель когнитивной карты

Модель ККО общего вида. ККО, соответствующую фрагменту ПСС $SS_i (h)$, определяет кортеж

$$CM_i (h) = \langle \tilde{C}_i (h), \tilde{P}_i (h), \tilde{R}_i (h) \rangle,$$

где приняты следующие обозначения:

$\tilde{C}_i (h)$ - набор понятий множества C , включая понятие c_i , которые в ККО $CM_i (h)$ указаны как принадлежащие ПСС $SS_i (h)$;

$\tilde{P}_i (h)$ - набор ролей множества P , которые в ККО $CM_i (h)$ назначены понятиям $\tilde{C}_i (h)$;

$\tilde{R}_i (h)$ - набор отношений множества R , которые в ККО $CM_i (h)$ связывают понятия набора $\tilde{C}_i (h)$ между собой.

ККО $CM_i (h)$ 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 $\tilde{R}_i (h)$.

Локальная ККО, соответствующая фрагменту СС $SS_i (1)$, определяется аналогичным кортежем

$$CM_i = \langle \tilde{C}_i, \tilde{P}_i, \tilde{R}_i \rangle,$$

Локальную ККО CM_i представляем в виде графа $\tilde{G}_i$, аналогичного графу $\tilde{G}_i (h)$.

3. Методы построения когнитивной карты

Локальная ККО. Локальную ККО CM_i строим с помощью одного *локального* теста T_i . В зависимости от используемой меры расстояния между понятиями, различаем тесты типа $T1_i = T_i(h_1 = 1)$ и тесты типа $T2_i = T_i(h_2 = 1)$.

Тестовое задание для тестов типа $T1_i$, $T2_i$ состоит в общем случае из трёх частей и на содержательном уровне имеет следующий вид:

- 1) «Из представленного списка вариантов ответов сформируйте набор понятий $\tilde{C}_i$, информационно связанных с понятием C_i »;
- 2) «На основе представленного списка вариантов ответов определите роли понятий набора $\tilde{C}_i$ - сформируйте набор $\tilde{P}_i$ »;
- 3) «Из представленного списка вариантов ответов сформируйте набор типов отношений $\tilde{R}_i$, связывающих понятия набора $\tilde{C}_i$ между собой».

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} , $l = 1, 2, \dots$ из числа понятий набора C , для которых мера $h(c_i, c_{i_l})$ равна двум (неверные ответы);
- если неверных ответов недостаточно, то требуемое число случайно без повторений выбранных понятий c_{i_m} , $m = 1, 2, \dots$ из числа понятий набора C , для которых мера $h(c_i, c_{i_k})$ равна трём (неверные ответы);
- и так далее.

ККО общего вида. ККО $CM_i(h)$, $h > 1$ строим с помощью набора локальных тестов $\mathbf{T}_i(h) = \{T_{i_j}\}$ типа $T1_i$ и/или $T2_i$, где тест T_{i_j} предназначен для оценки уровня усвоения обучающимся понятия $c_{i_j} \in C_i$. Величину

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

называем *уровнем покрытия* набором тестов $\mathbf{T}_i(h)$ семантической сети $SS_i(h)$.

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

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

2) для каждого из понятий c_{i_j} по правилам локальной ККО создаём тестовое задание T_{i_j} .

Ответы обучающегося на тестовые задания набора тестов $T_i(h)$ порождают $|T_i(h)|$ наборов ответов $\{\hat{C}_{i_j}, \hat{P}_{i_j}, \hat{R}_{i_j}\}$, $j \in [1:|T_i(h)|]$. ККО $CM_i(h)$ строим на основе этих ответов по следующим правилам:

- набор понятий $\tilde{C}_i$ формируем из набора $\{\hat{C}_{i_j}\}$ путём объединения одноименных понятий в одно;
- набор ролей $\tilde{P}_i$ получаем путём объединения ролей $\{\hat{P}_{i_j}\}$, относящихся к одному понятию;
- набор отношений $\tilde{R}_i$ создаём путём объединения отношений набора $\{\hat{R}_{i_j}\}$, связывающих соответствующие понятия.

4. Метрики оценки понятийных знаний обучающегося

Все представленные ниже метрики $\rho(c_i)$ уровня усвоения обучающимся понятия $c_i \in C$ имеют, вообще говоря, разные знаки и масштаб. Поэтому в программных необходима нормировка этих метрик по схеме работы [3]:

$$\bar{\rho}(c_i) = \frac{\rho(c_i) - \rho^{\min}(c_i)}{\rho^{\max}(c_i) - \rho^{\min}(c_i)} \in [0,1].$$

Здесь $\rho^{\min}(c_i)$, $\rho^{\max}(c_i)$ - минимально и максимально возможные значения метрики $\rho(c_i)$.

Построение на основе нормированных метрик различных линейных и нелинейных бальных шкал оценок рассмотрено в работе [3].

Оценка на основе локальной ККО. Введём в рассмотрение подмножества $\tilde{C}_i^t$, $\tilde{P}_i^t$, $\tilde{R}_i^t$ соответствующих множеств $\tilde{C}_i$, $\tilde{P}_i$, $\tilde{R}_i$, содержащие верные ответы. Относительные числа верных ответов в этих множествах полагаем равными

$$\bar{n}_{c,i}^t = \frac{|\tilde{C}_i^t|}{|\tilde{C}_i|}, \quad \bar{n}_{p,i}^t = \frac{|\tilde{P}_i^t|}{|\tilde{P}_i|}, \quad \bar{n}_{r,i}^t = \frac{|\tilde{R}_i^t|}{|\tilde{R}_i|}$$

соответственно. Аналогично определим подмножества неверных ответов $\tilde{C}_i^f$, $\tilde{P}_i^f$, $\tilde{R}_i^f$ и величины $\bar{n}_{c,i}^f$, $\bar{n}_{p,i}^f$, $\bar{n}_{r,i}^f$.

При определении указанных величин в число неверно определённых элементов множеств следует включать, как элементы из множеств C_i , P_i , R_i , не входящие во множества $\tilde{C}_i$, $\tilde{P}_i$, $\tilde{R}_i$, так и элементы из вторых наборов, не входящие в первые. Кроме того, в число неверно определённых отношений следует включать отношения, которые в ККО $СМ_i$ связывают неверно указанные понятия.

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

$$\rho_1(c_i) = \bar{n}_{c,i}^t + \lambda_{1,1} \bar{n}_{p,i}^t + \lambda_{1,2} \bar{n}_{r,i}^t - \lambda_{1,3} \bar{n}_{c,i}^f - \lambda_{1,4} \bar{n}_{p,i}^f - \lambda_{1,5} \bar{n}_{r,i}^f,$$

где $\lambda_{1,1}, \lambda_{1,2}, \dots, \lambda_{1,5} \in [0,1]$ - весовые коэффициенты, назначаемые лицом, принимающим решения (ЛПР), исходя из своих предпочтений. Формальный метод определения значений этих коэффициентов рассмотрен в работе [8].

Отметим, что метрика $\rho_1(c_i)$ и другие аналогичные метрики, представленные ниже, являются, по сути, многокритериальными, и весовые коэффициенты определяет веса соответствующих частных критериев оптимальности [8]. Полагая все или некоторые коэффициенты $\lambda_{1,1}, \lambda_{1,2}, \dots, \lambda_{1,5}$ нулевыми, легко получить большое число производных метрик.

Обозначим

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

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

$$\bar{m}_{c,i}^t = \frac{\tilde{m}_{c,i}^t}{|\tilde{C}_i^t|}.$$

Аналогично определим относительные числа верных ответов $\bar{m}_{p,i}^t$, $\bar{m}_{r,i}^t$ в подмножествах $\tilde{P}_i^t$, $\tilde{R}_i^t$ соответственно.

По аналогии определим относительные числа неверных ответов $\bar{m}_{c,i}^f$, $\bar{m}_{p,i}^f$, $\bar{m}_{r,i}^f$ в подмножествах $\tilde{C}_i^f$, $\tilde{P}_i^f$, $\tilde{R}_i^f$ соответственно.

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

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

$$\rho_2(c_i) = \bar{m}_{c,i}^t + \lambda_{2,1} \bar{m}_{p,i}^t + \lambda_{2,2} \bar{m}_{r,i}^t - \lambda_{2,3} \bar{m}_{c,i}^f - \lambda_{2,4} \bar{m}_{p,i}^f - \lambda_{2,5} \bar{m}_{r,i}^f.$$

Здесь $\lambda_{2,1}, \lambda_{2,2}, \dots, \lambda_{2,5} \in [0,1]$ - весовые коэффициенты, аналогичные весовым коэффициентам $\lambda_{1,1}, \lambda_{1,2}, \dots, \lambda_{1,5}$.

Легко видеть, что метрика $\rho_2(c_i)$ совпадает с метрикой $\rho_1(c_i)$, если в первой положить значения всех мер сложности и важности равными единице.

Оценка на основе ККО общего вида. Введём в рассмотрение величины $\bar{v}_{c,i_j}^t(h)$, $\bar{v}_{p,i_k}^t(h)$, $\bar{v}_{r,i_l}^t(h)$ - относительные числа правильных определений обучающимся понятий, отношений и ролей фрагмента ПСС $SS_i(h)$ во всех ККО $CM_i(h)$; $i \in [1: |\mathbf{T}_i(h)|]$. Величину $\bar{v}_{c,i_j}^t(h) \in [0; 1]$ определяем по формуле

$$\bar{v}_{i_j}^c(h) = \begin{cases} \frac{\tilde{v}_{c,i_j}^t(h)}{v_{c,i_j}(h)}, & c_{i_j} \in C_i, \\ 0, & c_{i_j} \notin C_i, \end{cases}$$

где $\tilde{v}_{c,i_j}^t(h)$ - число верных ответов обучающегося на первый вопрос тестовых заданий набора тестов $\mathbf{T}_i(h)$ по поводу понятия c_{i_j} ; $v_{c,i_j}(h)$ - общее число вопросов в указанных тестовых заданиях, в которых правильным ответом является понятие c_{i_j} . Величины $\bar{v}_{p,i_k}^t(h) \in [0; 1]$, $\bar{v}_{r,i_l}^t(h) \in [0; 1]$ определяем аналогично.

По аналогии определим величины $\bar{v}_{c,i_j}^f(h)$, $\bar{v}_{p,i_k}^f(h)$, $\bar{v}_{r,i_l}^f(h)$ - относительные числа неверных ответов обучающегося на вопросы тестовых заданий набора тестов $\mathbf{T}_i(h)$ по поводу понятия c_{i_j} , роли p_{i_k} и отношения r_{i_l} .

Оценка уровня усвоения обучающимися понятийных знаний в случае использования ККО общего вида отличается от рассмотренных выше оценок тем, что в данном случае в метриках этой оценки необходимо учесть указанные коэффициенты правильных и неправильных определений обучающимся понятий, отношений и ролей. Можно предложить значительное число метрик такого сорта. Ограничимся рассмотрением простейшей из метрик.

Введём в рассмотрение дважды взвешенное число верных ответов в подмножестве $\tilde{C}_i^t(h)$

$$\tilde{l}_{c,i}^t(h) = \sum_j \bar{v}_{c,i_j}^t(h) w_{c,i_j}, \quad j \in [1: |\tilde{C}_i^t(h)|], \quad c_{i_j} \in \tilde{C}_i^t(h)$$

и относительное число этих ответов

$$\bar{l}_{c,i}^t(h) = \frac{\tilde{l}_{c,i}^t(h)}{|\tilde{C}_i^t(h)|}.$$

Аналогично определим относительные дважды взвешенные числа верных ответов $\bar{l}_{p,i}^t(h)$, $\bar{l}_{r,i}^t(h)$ в подмножествах $\tilde{P}_i^t(h)$, $\tilde{R}_i^t(h)$ соответственно.

Также определим по аналогии относительные дважды взвешенные числа неверных ответов $\bar{l}_{c,i}^f(h)$, $\bar{l}_{p,i}^f(h)$, $\bar{l}_{r,i}^f(h)$ в подмножествах $\tilde{C}_i^f(h)$, $\tilde{P}_i^f(h)$, $\tilde{R}_i^f(h)$ соответственно.

3) Метрика $\rho_3(c_i, h)$ строится на основе метрики $\rho_2(c_i)$ и имеет вид

$$\rho_3(c_i, h) = \bar{l}_{c,i}^t(h) + \lambda_{3,1} \bar{l}_{p,i}^t(h) + \lambda_{3,2} \bar{l}_{r,i}^t(h) - \lambda_{3,3} \bar{l}_{c,i}^f(h) - \lambda_{3,4} \bar{l}_{p,i}^f(h) - \lambda_{3,5} \bar{l}_{r,i}^f(h),$$

где $\lambda_{3,1}, \lambda_{3,2}, \dots, \lambda_{3,5} \in [0,1]$ - весовые коэффициенты, аналогичные весовым коэффициентам $\lambda_{1,1}, \lambda_{1,2}, \dots, \lambda_{1,5}$.

Очевидно, что метрика $\rho_3(c_i, h)$ совпадает с метрикой $\rho_2(c_i, 1)$, если в первой положить все величины $\bar{v}_{c,i_j}^t(h)$, $\bar{v}_{p,i_k}^t(h)$, $\bar{v}_{r,i_l}^t(h)$, $\bar{v}_{c,i_j}^f(h)$, $\bar{v}_{p,i_k}^f(h)$, $\bar{v}_{r,i_l}^f(h)$ равными единице.

Значимость оценок, получаемых с помощью метрики $\rho_3(c_i, h)$, в значительной степени зависит от уровня покрытия $\eta_i(h)$ используемым набором тестов $\mathbf{T}_i$ семантической сети $SS_i(h)$. 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, имеет место

4) нормированная метрика

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

Заключение

В работе предложена методика контроля понятийных знаний обучающегося в обучающей системе, база знаний которой построена на основе семантической сети, соответствующей так называемой иерархической ролевой онтологии. Особенность такой онтологии состоит в том, что понятия в ней имеют атрибут, называемый ролью, и роли понятий могут быть линейно упорядочены. Граф семантической сети, соответствующей

иерархической ролевой онтологии, можно представить в ярусной форме. Методика построена на основе когнитивных карт обучающегося, которые формализуют его представления о заданных фрагментах семантической сети.

Основные результаты работы заключаются в следующем.

1) Предложены модель семантической сети, соответствующей иерархической ролевой онтологии, а также модель когнитивной карты обучающегося.

2) Разработаны методы построения когнитивных карт обучающегося.

3) Предложены метрики усвоения обучающимся понятийных знаний.

В развитие работы авторы планируют программную реализацию и исследование эффективности предложенных моделей, методов и метрик.

Одной из основных тенденций в развитии современных обучающих систем является их интеллектуализации, и, прежде всего, адаптация процесса обучения и контроля знаний к целям обучения и личностным характеристикам обучающегося [9]. В этой связи авторы имеют в виду интеллектуализацию разработанной программной системы в указанном направлении.

Список литературы

1. Атанов Г.А. Моделирование учебной предметной области, или предметная модель обучаемого // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). 2001. Т. 4, № 1. С. 111-124.
2. Калмыков А.А. Системный анализ образовательных технологий. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2002. 161 с.
3. 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 01.08.2014).
4. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления. 2007. № 3. С. 2-8.
5. 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.
6. 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 01.08.2014).
7. 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 01.08.2014).

8. Belous V.V., et. al. Multi-criterion integral alternatives' estimation: mentally-structured approach to education // Proc. of the 2nd International Conference on Education and Education Management (EEM 2012) (Hong Kong, China, September 4-5, 2012). Vol. 3. 2012. P. 215-224.
9. Morales-Rodríguez M.L., Ramírez-Saldivar J.A., Sánchez-Solís J.P., Hernández-Ramírez A. Design of an Intelligent Agent for Personalization of Moodle's Contents // Research in Computing Science. 2012. No. 56. P. 11-17.

.

Hierarchical Role Ontology-based Assessment of Trainee's Conceptual Knowledge

V.V. Belous¹, A.P. Karpenko^{1,*}, E.V. Smirnova¹

* apkarpenko@mail.ru

¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Keywords: training system, semantic network, knowledge base, The control of conceptual knowledge, role ontology

We believe that this knowledge base of training system structure is based on the subject semantic network (SSN) containing concepts of subject domain and relations between them. The SSN is represented as a direct graph, with tops corresponding to concepts, and arcs corresponding to relations. We consider a technique for trainee's conceptual knowledge assessment using the cognitive maps of trainees (CMT), each of which formalizes his ideas of some SSN fragment and theoretically coincides with this fragment. Assessment of trainee's achievement of this SSN fragment comes to comparison of SSN subgraph, corresponding to this fragment, with the direct graph, which is defined by the corresponding CMT.

A number of important subject domains possess the property that concepts in them have the attribute called 'role', and roles of concepts can be linearly sorted. The direct graph SSN, corresponding to such ontology can be presented in a tiered form. The work concerns the assessment of trainee's conceptual knowledge in the subject domains of this class.

The work represents the SSN and CMT models used, describes the offered methods to create CMT, as well metrics for trainee's achievement of the conceptual knowledge based on his CMT.

The main results of work are the following: the model of the semantic network corresponding to hierarchical role ontology, and also a model of a trainee's cognitive map of are offered, methods for creating the trainee's cognitive maps are developed, metrics of trainee's achievement of conceptual knowledge are suggested.

References

1. Atanov G.A. Simulation of training subject domain, or subject student model. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo = Educational Technology and Society*, 2001, vol. 4, no. 1, pp. 111-124. (in Russian).

2. Kalmykov A.A. *Sistemnyi analiz obrazovatel'nykh tekhnologii* [Systemic analysis of educational technologies]. Perm', PSU Publ., 2002. 161 p. (in Russian).
3. Galiyeva 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. Bauman = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2009, no. 2. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/115086.html> , accessed 01.08.2014. (in Russian).
4. 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).
5. Galiyeva 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).
6. Karpenko A.P., Sokolov N.K. Complexity estimation of semantic network into a tutoring system. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Bauman = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2008, no. 11. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/106658.html> , accessed 01.08.2014. (in Russian).
7. Karpenko A.P., Sokolov N.K. Expanded semantic network of a tutoring system and its complexity measures. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Bauman = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2008, no. 12. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/111716.html> , accessed 01.08.2014. (in Russian).
8. Belous V.V., et. al. Multi-criterion integral alternatives' estimation: mentally-structured approach to education. *Proc. of the 2nd International Conference on Education and Education Management (EEM 2012)*, Hong Kong, China, September 4-5, 2012. Vol. 3. 2012, pp. 215-224.
9. Morales-Rodríguez M.L., Ramírez-Saldivar J.A., Sánchez-Solís J.P., Hernández-Ramírez A. Design of an Intelligent Agent for Personalization of Moodle's Contents. *Research in Computing Science*, 2012, no. 56, pp. 11-17.