



УДК.: 004.582:004.588

МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

БОСКЕБЕЕВ К.ДЖ., КУДАКЕЕВА Г.М.

izvestiya@ktu.aknet.kg

В статье предложена методика контроля понятийных знаний субъекта обучения в обучающей системе

Цель исследования. Когда субъект обучения удовлетворительно представляет детали изучаемого курса, но не владеет понятийным составом дисциплины в целом - такая ситуация, очевидно, не позволяет интерпретировать уровень усвоения дисциплины как удовлетворительный. Поэтому важной задачей интеллектуальной обучающей системы является поддержка изучения и контроля усвоения обучаемым понятий предметной области изучаемой дисциплины [1].

Модель исследования. Для формализации представлений субъекта обучения о понятийном составе изучаемой дисциплины в работе предлагается использовать когнитивные карты. Каждая из этих карт формализует представления обучаемого о некотором понятии в виде графа, в идеале представляющего собой соответствующий подграф семантической сети изучаемой дисциплины. Контроль усвоения обучаемым некоторого понятия предметной области сводится к сравнению указанного подграфа семантической сети и графа, который определяет соответствующая когнитивная карта обучаемого [2].

Отметим следующее обстоятельство. Одним из центральных понятий инженерии онтологий [3,5,6] является понятие «отображение онтологий» (ontology mapping), под которым понимается деятельность по установлению соответствия между несколькими онтологиями или, другими словами, нахождение семантических связей подобных элементов из разных онтологий. Рассматриваемый в работе подход к контролю понятийных знаний субъекта обучения можно рассматривать в контексте проблемы отображения онтологий.

Используемая модель семантической сети обучающей системы рассмотрена в работе [5]. Здесь рассматривается модель представлений субъекта обучения о понятиях изучаемой дисциплины в виде соответствующих когнитивных карт, а также некоторые метрики сравнения подграфов семантической сети изучаемой дисциплины и соответствующих графов, которые определяют когнитивные карты субъекта обучения. Формализация контроля знаний пользователя в обучающих системах приведена ниже.

Входным понятием (input concept) данного модуля рассматриваемого учебного курса называется понятие, определение которого дано в некотором другом модуле данного или иного учебного курса. Аналогично, выходным понятием (output concept) данного модуля называется понятие c_i , определение которого дано в данном модуле.

Каждое из выходных понятий c_i определяется через входные понятия модуля и/или другие его выходные понятия. Указанные входные и выходные понятия модуля называются информационно связанными с понятием c_i в широком смысле [4]. Совокупность всех понятий, информационно связанных с понятием c_i , включая само это понятие, обозначается $\{c_i\}$. Количество понятий в наборе $\{c_i\}$ полагается равным n_i . Совокупность сложностей всех понятий множества $\{c_i\}$ обозначается $\{\mu = (c_i)\} = \{\mu_i\}$.

На множестве понятий $\{c_i\}$ определен набор отношений R_0, R_1, \dots, R_r , где R_0 - отношение «определяемое понятие – определяющее понятие» [3]. Набор отношений, связывающих между собой понятия $c_j, c_k \in \{c_i\}$, $j \neq k$, обозначается $\{R_{j,k}\} = R_{j,k,0}, R_{j,k,1}, R_{j,k,2}, \dots$, где всегда $R_{j,k,0} = R_0$. Совокупность отношений, связывающих

между собой все понятия набора $\{c_i\}$, обозначается $\{R_i\}$. Количество отношений в наборе $\{R_i\}$ полагается равным m_i . Заметим, что в число отношений $\{R_i\}$ не обязательно входят все отношения R_0, R_1, \dots, R_r .

Для каждого из отношений R_0, R_1, \dots, R_r конструктором данного модуля задана мера его «важности» $v(R_j)$, формализующая «вес» данного отношения по сравнению с другими отношениями. Полагается, что $v(R_j) \geq 0$ для любых $j \in [0 : r]$. Совокупность мер важности всех отношений, связывающих понятия $c_j, c_k \in \{c_i\}$, где $j \neq k$, а также совокупность мер важностей всех отношений $\{R_i\}$ обозначаются $\{V_{i,j}\}, \{V_i\}$, соответственно. Семантическая сеть [4] $SS(c_i) = SS_i$ понятия c_i определяется совокупностью понятий $\{c_i\}$, мерами сложности этих понятий $\{\mu_i\}$, множеством отношений $\{R_i\}$, а также мерами их важностей $\{V_i\}$:

$$SS_i = \langle \{c_i\}, \{R_i\}, \{\mu_i\}, \{V_i\} \rangle.$$

Семантическая сеть SS_i представляется в виде взвешенного ориентированного мультиграфа без контуров G_i , вершины которого соответствуют понятиям сети SS_i ; дуги – отношениям, связывающим эти понятий между собой; веса вершин – сложности соответствующих понятий; веса дуг – важностям соответствующих отношений.

В более широком смысле когнитивная карта не связывается с пространственной ориентацией человека, а формализует его представления о какой-либо проблемной области, т.е. представляет собой некоторый образ внутренних представлений человека об этой предметной области.

Основными элементами когнитивной карты являются базисные факторы (другие названия - факторы, концепты, параметры, переменные) и отношения между ними. Когнитивные карты принято представлять в виде графов, вершины которых соответствуют факторам, а ребра – отношениям между ними.

Определим когнитивную карту CM_i , соответствующую понятию c_i , кортежем $CM_i \langle \{\tilde{c}_i\}, \{\tilde{R}_i\} \rangle$.

Здесь $\{\tilde{c}_i\}$ - набор понятий, включая понятие c_i , которые в когнитивной карте CM_i указаны, как связанные с понятием c_i ; $\{\tilde{R}_i\}$; - набор отношений из числа отношений R_0, R_1, \dots, R_r , которые в когнитивной карте CM_i связывают понятия набора $\{\tilde{c}_i\}$ между собой. Количество понятий в наборе $\{\tilde{c}_i\}$ обозначим \tilde{n}_i , а количество отношений в наборе $\{\tilde{R}_i\}$ - \tilde{m}_i . Отметим, что, вообще говоря, $\tilde{n}_i \neq n_i$, $\tilde{m}_i \neq m_i$.

Когнитивная карта CM_i представляется в виде ориентированного мультиграфа без контуров \tilde{G}_i , вершины которого соответствуют понятиям $\{\tilde{c}_i\}$, а дуги – отношениям $\{\tilde{R}_i\}$.

Предполагается, что указанная информация, содержащаяся в когнитивной карте CM_i , тем или иным образом получена от субъекта обучения.

Метрика $p(c_i, \tilde{c}_i)$ качества усвоения субъектом обучения понятия c_i представляет собой меру близости графа G_i семантической сети SS_i и графа \tilde{G}_i , определяемого когнитивной картой CM_i .

Можно предложить множество таких метрик, как использующих меры сложности понятий $\{c_i\}$ и меры важности отношений $\{V_i\}$, так и не использующие их.

1) Метрика $P_1(c_i, \tilde{c}_i)$ представляет собой количество понятий n_i^T из набора $\{\tilde{c}_i\}$, содержащихся в наборе $\{c_i\}$, т.е.

$$P_1(c_i, \tilde{c}i) = n_j^T \quad (1)$$

Величина $P_1(c_i, \tilde{c}i)$ есть ни что иное, как количество понятий, которые верно указаны субъектом обучения в качестве информационно связанных с понятием c_i .

2). Метрика $P_1(c_i, \tilde{c}i)$ есть взвешенная разность между количеством верно указанных понятий n_i^T и количеством n_i^F таких же неверно указанных понятий:

$$P_1(c_i, \tilde{c}i) = P_2(\alpha, c_i, \tilde{c}i) \quad (2)$$

Здесь $\alpha \in [0,1]$ - весовой множитель. Заметим, что в число неверно указанных понятий следует включать как понятия из набора понятий $\{c_i\}$, не входящие в набор $\{\tilde{c}i\}$, так и понятия из набора $\{\tilde{c}i\}$, не входящие в набор $\{c_i\}$.

Отметим, что метрика (2) и другие аналогичные метрики являются, по сути, двухкритериальными, и вещественный весовой множитель α определяет веса соответствующих частных критериев оптимальности.

3). Метрика $P_3(c_i, \tilde{c}i)$ аналогична метрике $P_1(c_i, \tilde{c}i)$ и является ни чем иным, как количеством верных отношений m_i^T из набора $\{\tilde{R}_i\}$, содержащихся в наборе $\{R_i\}$:

$$P_3(c_i, \tilde{c}i) = m_i^F \quad (3)$$

4). Метрика $P_4(c_i, \tilde{c}i)$ аналогична метрике $P_2(c_i, \tilde{c}i)$ и представляет собой взвешенную разность между количеством верно указанных отношений m_i^T и количеством таких же неверно указанных отношений m_i^F :

$$P_4(c_i, \tilde{c}i) = P_4(\beta, c_i, \tilde{c}i) = m_i^T - \beta m_i^F. \quad (4)$$

Здесь, аналогично формуле (2), $\beta \in [0,1]$ - весовой множитель. В число неверно указанных отношений следует включать как отношения из набора отношений $\{R_i\}$, не входящие в набор $\{\tilde{R}_i\}$, так и отношения из набора $\{\tilde{R}_i\}$, не входящие в набор $\{R_i\}$. Кроме того, в число неверно заданных отношений следует включать отношения, которые в когнитивной карте связывают неверно заданные понятия.

5). Метрика $P_5(c_i, \tilde{c}i)$ является аддитивной сверткой метрик (1) – (4), т.е.

$$P_5(c_i, \tilde{c}i) = P_5(\alpha, \beta, c_i, \tilde{c}i) = \sum_{j=1}^4 \lambda_j P_j(c_i, \tilde{c}i) \quad (5)$$

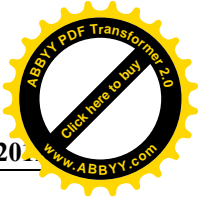
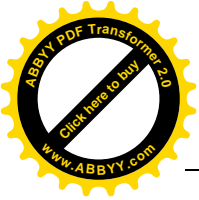
Здесь $\lambda_j \in [0,1]$ - весовой множитель.

Значения метрик (1) – (4) имеют, вообще говоря, разные знаки и масштаб. Поэтому в метрике (5) целесообразно использовать нормированные значения указанных метрик

$$\bar{P}_j(c_i, \tilde{c}i) = \frac{P_j(c_i, \tilde{c}i) - P_j^{\min}(c_i, \tilde{c}i)}{P_j^{\max}(c_i, \tilde{c}i) - P_j^{\min}(c_i, \tilde{c}i)} \in [0,1] \quad j \in [1:4] \quad (6)$$

Здесь $P_j^{\min}(c_i, \tilde{c}i)$, $P_j^{\max}(c_i, \tilde{c}i)$ - минимально и максимально возможные значения метрик (1) – (4) соответственно. Легко видеть, что

$$\begin{aligned} P_1^{\min}(c_i, \tilde{c}i) &= 0, & P_1^{\max}(c_i, \tilde{c}i) &= n_i, \\ P_2^{\min}(c_i, \tilde{c}i) &= -\alpha n_i, & P_2^{\max}(c_i, \tilde{c}i) &= n_i, \\ P_3^{\min}(c_i, \tilde{c}i) &= 0, & P_3^{\max}(c_i, \tilde{c}i) &= m_i, \\ P_4^{\min}(c_i, \tilde{c}i) &= -\alpha m_i, & P_4^{\max}(c_i, \tilde{c}i) &= m_i, \end{aligned}$$



На основе нормированных метрик $\bar{P}_j(c_i, \tilde{c}i)$, $j \in [1-4]$ легко построить различные линейные и нелинейные балльные шкалы оценок.

6). Метрика $P_6(c_i, \tilde{c}i)$ аналогична метрике (1) и являет собой взвешенное количество верных понятий из набора $\{\tilde{c}_i\}$:

$$P_6(c_i, \tilde{c}i) = \sum_j \mu(c_j), \quad j \in \{j_i\}^T \quad (7)$$

Здесь $\{j_i\}^T$ - совокупность номеров верных понятий из набора $\{\tilde{c}_i\}$ (количество таких номеров, очевидно, равно n_i^T).

7). Метрика $P_7(c_i, \tilde{c}i)$ аналогична метрике (2) и имеет смысл разности взвешенных количеств верно и неверно указанных понятий из набора $\{\tilde{c}_i\}$:

$$P_7(c_i, \tilde{c}i) = P_7(\delta, c_i, \tilde{c}i) = P_6(c_i, \tilde{c}i) - \delta \sum_j \mu(c_{i,j}), \quad j \in \{j_i\}^F \quad (8)$$

где $\delta \in [0,1]$ - весовой множитель; $\{j_i\}^F$ - совокупность номеров неверных понятий из набора $\{\tilde{c}_i\}$ (количество этих номеров равно n_i^F).

8). Метрика $P_8(c_i, \tilde{c}i)$ аналогична метрике (3) и есть не что иное, как взвешенное количество верных отношений из набора $\{\tilde{R}_i\}$:

$$P_8(c_i, \tilde{c}i) = \sum_{j,k,l} v(R_{j,k,l}), (j,k,l) \in \{j,k,l\}^T \quad (9)$$

Здесь $\{j,k,l\}^T$ - совокупность номеров верных отношений из набора $\{\tilde{R}_{j,k}\}$, количество которых равно m_i^T .

9). Метрика $P_9(c_i, \tilde{c}i)$ аналогична метрике (4) и имеет смысл разности взвешенных количеств верно и неверно указанных отношений из набора $\{\tilde{R}_i\}$:

$$P_9(c_i, \tilde{c}i) = P_9(\gamma, c_i, \tilde{c}i) = P_8(c_i, \tilde{c}i) - \gamma \sum_{j,k,l} v(R_{j,k,l}), (j,k,l) \in \{j,k,l\}^F \quad (10)$$

Здесь $\gamma \in [1,0]$ - весовой множитель; если $(j,k,l) \in \{j,k,l\}^F$, то $\tilde{R}_{j,k,l}$ - неверное отношение из набора $\{\tilde{R}_{j,k}\}$. Общее количество номеров в наборе $\{j,k,l\}^F$, где $j \in \{j_i^T\}$ равно, очевидно, m_i^F .

10). Метрика $P_{10}(c_i, \tilde{c}i)$ является аддитивной сверткой метрик (7) – (10):

$$P_{10}(c_i, \tilde{c}i) = P_{10}(\delta, \gamma, c_i, \tilde{c}i) = \sum_{j=6}^9 \lambda_j p_j(c_i, \tilde{c}i). \quad (11)$$

Здесь $\lambda_j \in [0,1]$ - весовой множитель.

Как и метрики (1) – (4), метрики (7) – (10) имеют, вообще говоря, разный масштаб. Поэтому и в метрике (11) целесообразно использовать аналогичные (6) нормированные значения этих метрик. В качестве минимальных и максимальных значений мер (7) - (10) следует, очевидно, принять следующие значения:



$$P_6^{\min}(c_i, \tilde{c}i) = 0, P_6^{\max}(c_i, \tilde{c}i) = \sum_j \mu(c_j), \quad j \in [1:n_i], j \neq i; \quad (12)$$

$$P_7^{\min}(c_i, \tilde{c}i) = -\delta P_6^{\max}(c_i, \tilde{c}i), P_7^{\max}(c_i, \tilde{c}i) = P_6^{\max}(c_i, \tilde{c}i)$$

$$P_8^{\min}(c_i, \tilde{c}i) = 0, P_8^{\max}(c_i, \tilde{c}i) = \sum_{j,k,l} v(R_{j,k,l}), \quad j, k \in [1:n_i], j \neq k, l \in [0:r]; \quad (13)$$

$$P_9^{\min}(c_i, \tilde{c}i) = \gamma P_8^{\max}(c_i, \tilde{c}i), P_9^{\max}(c_i, \tilde{c}i) = P_8^{\max}(c_i, \tilde{c}i).$$

Заметим, что в формуле (12) сумма $\sum_j \mu(c_j)$ представляет собой суммарную сложность всех понятий, входящих в набор $\{c_i\}$ (исключая понятие c_i). Аналогично в формуле (13) сумма $\sum_{j,k,l} v(R_{j,k,l})$ есть не что иное, как суммарная важность всех отношений, связывающих между собой понятия набора $\{c_i\}$.

Таким образом, на основе нормированных метрик $\bar{P}_j(c_i, \tilde{c}i), j \in [6:9]$, легко построить различные М-балльные шкалы оценок.

Выводы

1. Предложена методика контроля понятийных знаний субъекта обучения в обучающей системе, база знаний которой построена на основе семантической сети.
2. Предложено использовать когнитивные карты для формализации представлений субъекта обучения о понятийном составе изучаемой дисциплины..

Литература

1. Калмыков А.А. Системный анализ образовательных технологий. – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2002.
2. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления, 2007, №3, с. 2-8.
3. Овдий О.М., Проскудина Г.Ю. Обзор инструментов инженерии онтологий, <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2004/part4/op>