

УДК 519.6

Оценка результатов тестирования на основе онтологии предметной области и когнитивной карты студента

Козлова Н.Ю., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Робототехника и комплексная автоматизация»*

Козлова М.Ю., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Робототехника и комплексная автоматизация»*

Научный руководитель: Смирнова Е.В., к.т.н.

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
evsmirnova@bmstu.ru*

Введение

Современные обучающие системы становятся все более интеллектуальными. Возникает задача контроля усвоения обучаемым понятийного состава дисциплины в целом [1 – 3].

В работе описан процесс создания модуля оценивания результатов тестирования на основе сравнения фрагмента онтологии предметной области и когнитивной карты студента. Методика контроля понятийных знаний студента построена на основе семантической сети, представленной в виде ориентированного графа, в котором вершинам соответствуют понятия предметной области, а дугам (рёбрам) – отношения между этими понятиями. Для формализации представлений студента о понятийном составе изучаемой дисциплины используются когнитивные карты. Процесс оценивания заключается в сравнении семантической сети (как эталона) с когнитивной картой студента. Используемая в работе модель семантической сети обучающей системы рассмотрена в работах [4].

При расчетах используются метрики сложности понятий и важности отношений между ними. Качество усвоения студентом понятий предметной области изучаемой дисциплины оценивается мерой близости графа семантической сети и графа, определяемого соответствующей когнитивной картой. Для формализации близости указанных графов используются метрики оценивания, основанные на теоретических выкладках, приведенных в статьях [5, 6].

В данной работе описана практическая реализация методики контроля понятийных знаний субъекта обучения в обучающей системе, представлена структура созданной базы данных, а также продемонстрированы фрагменты исходного кода программы для оценки результатов тестирования.

Разработанный модуль может быть интегрирован в любую систему тестирования, которая реализована с использованием реляционной базы данных.

1. Математическая модель контроля понятийных знаний

Семантическая сеть SS_i представляется в виде взвешенного ориентированного мультиграфа, вершины $\{C_i\}$ которого соответствуют понятиям сети SS_i , а дуги $\{R_i\}$ – отношениям, связывающим эти понятия между собой. Сложности $\{\mu_i\}$ понятий определяются весами соответствующих вершин, а важности отношений $\{n_i\}$ – весами дуг. Сложности понятий и важности отношений между понятиями задаются преподавателем или вычисляются исходя из архитектуры графа [1].

Таким образом, семантическая сеть $SS(C_i) = SS_i$ понятия C_i определяется совокупностью понятий $\{C_i\}$, мерами сложности этих понятий $\{\mu_i\}$, множеством отношений $\{R_i\}$, а также мерами их важностями $\{n_i\}$:

$$SS_i = \langle \{C_i\}, \{R_i\}, \{\mu_i\}, \{n_i\} \rangle.$$

Когнитивная карта студента CM_i также представляется в виде ориентированного мультиграфа аналогично семантической сети. Когнитивная карта студента CM_i , соответствующая понятию C_i определяется как набор:

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

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.

Метрика $\rho(C_i, \tilde{C}_i)$ 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 . В работе применяются метрики, использующие меры сложности понятий $\{\mu_i\}$ и меры важности отношений $\{n_i\}$.

1) Метрика $\rho_6(C_i, \tilde{C}_i)$ является собой взвешенное число верных понятий из набора $\{\tilde{C}_i\}$:

$$\rho_6(C_i, \tilde{C}_i) = \sum_j \mu(C_j), j \in \{j_i\}^T. \quad (1)$$

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

2) Метрика $\rho_7(C_i, \tilde{C}_i)$ имеет смысл разности взвешенных чисел верно и неверно указанных понятий из набора $\{\tilde{C}_i\}$:

$$\rho_7(C_i, \tilde{C}_i) = \rho_7(\delta, C_i, \tilde{C}_i) = \rho_6(C_i, \tilde{C}_i) - \delta \sum_j \mu(C_{i,j}), j \in \{j_i\}^F. \quad (2)$$

Здесь $\delta \in [0,1]$ – весовой множитель; $\{j_i\}^F$ – совокупность номеров неверных понятий из набора $\{\tilde{C}_i\}$ (число этих номеров равно n_i^F).

3) Метрика $\rho_8(C_i, \tilde{C}_i)$ аналогична метрике (3) и есть ни что иное, как взвешенное число верных отношений из набора $\{\tilde{R}_i\}$:

$$\rho_8(C_i, \tilde{C}_i) = \sum_{j,k,l} \nu(R_{j,k,l}), (j,k,l) \in \{j,k,l\}^T. \quad (3)$$

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

4) Метрика $\rho_8(C_i, \tilde{C}_i)$ аналогична метрике (4) и имеет смысл разности взвешенных чисел верно и неверно указанных отношений из набора $\{\tilde{R}_i\}$:

$$\rho_9(C_i, \tilde{C}_i) = \rho_9(\gamma, C_i, \tilde{C}_i) = \rho_8(C_i, \tilde{C}_i) - \gamma \sum_j \nu(R_{j,k,l}), (j,k,l) \in \{j,k,l\}^F. \quad (4)$$

Здесь $\gamma \in [0,1]$ – 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 число номеров в наборе $\{j,k,l\}^F$, где $j \in \{j_i\}^T$, равно, очевидно, m_i^F .

2. Структура базы данных

Для программной реализации модуля создана база данных, хранящая информацию обо всех понятиях, показателях сложности понятий и важности отношений между понятиями в семантической сети и в когнитивной карте тестируемого студента. Диаграмма «сущность-связь» базы данных представлена на рисунке 1.

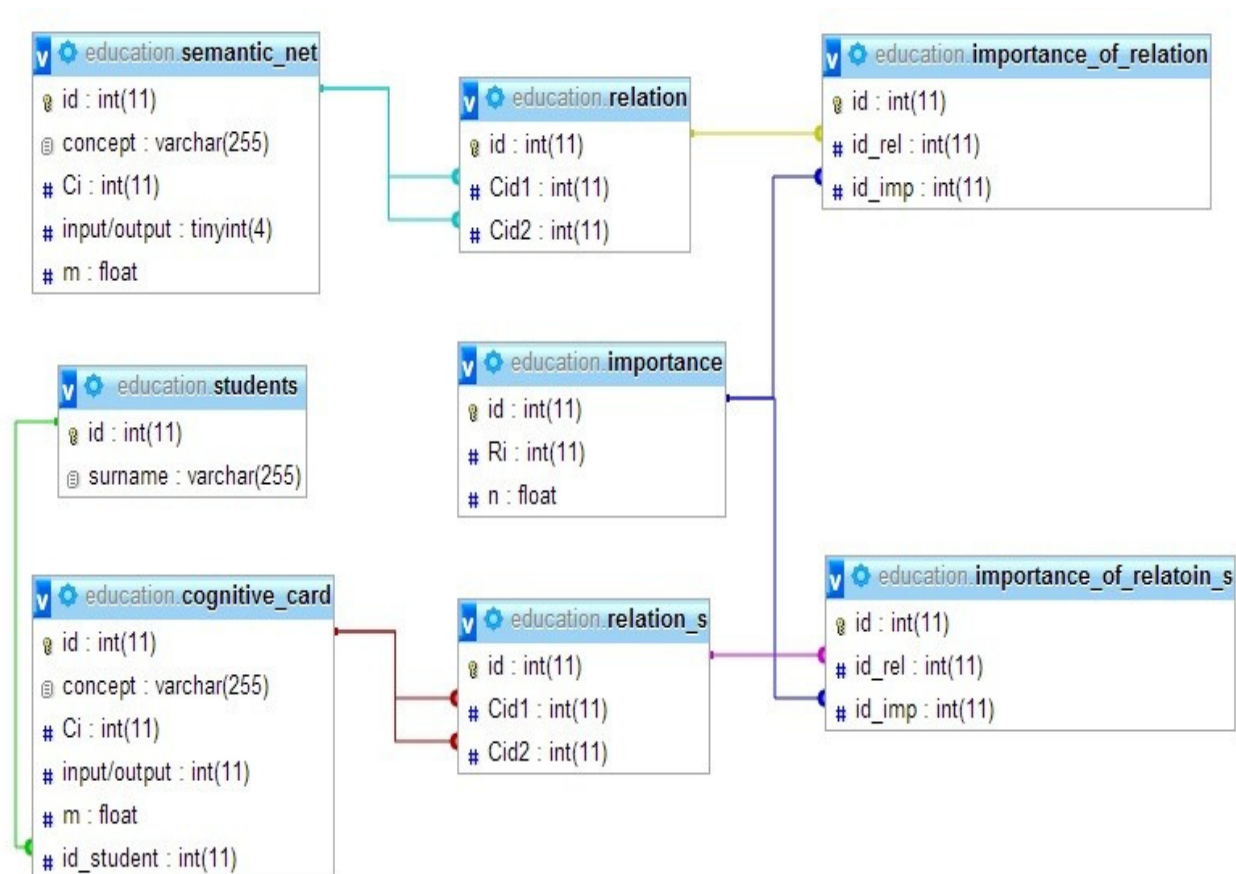


Рис. 1. Диаграмма «сущность-связь» базы данных модуля

Таблица *students* содержит информацию о студентах, зарегистрированных в системе тестирования.

Таблица *semantic_net* содержит информацию обо всех понятиях, входящих в эталонную семантическую сеть. Таблица заполняется преподавателем.

Таблица *relation* содержит информацию о количественно измеряемых отношениях между понятиями семантической сети. Наличие связи между понятиями также определяется преподавателем при составлении семантической сети.

Таблица *importance* содержит фиксированные показатели важности отношений R_i . Значения показателей важности устанавливаются преподавателем либо вычисляются с учетом архитектуры графа.

Таблица *importance_of_relation* связывает отношения между понятиями семантической сети с соответствующими показателями важности. Соответствие показателей важности и отношений между понятиями выставляется преподавателем.

Таблица *cognitive_card* содержит информацию обо всех понятиях, входящих в когнитивную карту студента. Таблица заполняется автоматически в момент прохождения студентом теста.

Таблица *relation_s* содержит информацию о том, что между данными понятиями когнитивной карты существует связь. Таблица заполняется автоматически в момент прохождения студентом теста.

Таблица *importance_of_relation_s* содержит показатели важности связей в когнитивной карте. Таблица также заполняется автоматически в момент прохождения студентом теста.

3. Требования к входным и выходным данным интерфейса

Разработанный модуль интегрируется в уже существующую систему тестирования, поэтому особые требования предъявляются к входным данным для модуля. Такими данными являются уникальные идентификаторы студента, проходящего тест; курса, по которому студент проходит тестирование; и самого теста. Также необходимы наименования понятий, входящих в выделенную часть семантической сети, для которой должен быть сгенерирован тест, уникальный идентификатор каждого понятия и список связей между данными понятиями с их идентификаторами. В случае если сложность понятий и важность отношений между ними задается вручную, эту информацию также необходимо получать из базы данных. На основе полученных данных заполняются таблицы *semantic_net*, *relation*, *importance_of_relation*.

Во время прохождения студентом теста формируется когнитивная карта студента. Понятия и отношения между ними, выбранные студентом как верные, записываются в таблицы *cognitive_card* и *relation_s* соответственно. Важности отношений между понятиями, выбранными студентом, записываются в таблицу *importance_of_relation_s*. При этом важности правильно определенных отношений берутся из семантической сети, а неправильно определенных вычисляются с учетом архитектуры графа когнитивной карты.

После прохождения тестирования обучающимся формируется оценка его понятийных знаний по данной теме. При оценивании результатов тестирования когнитивная карта сравнивается с частью семантической сети, входящей в тест, при помощи формул (1) - (4). Метод сравнение фрагмента онтологии предметной области и когнитивной карты студента позволяет не только получить обычную оценку понятийных знаний студента, но также выявить целый ряд более глубоких показателей качества результатов обучения. Например, можно вычислить уровень сложности проходимого теста, проследить динамику усвоения учебного материала студентом и выявить набор понятий, требующих дополнительной проработки.

На рисунке 2 приведен фрагмент кода, который выполняет процедуру обработки результата тестирования студента. В данном фрагменте показан запрос для вычисления показателя важности всех правильных отношений в соответствии с формулой (3).

```
1 //Вычисление показателя важности всех правильных отношений
2 $query = mysql_query("SELECT importance_of_relation_s.* FROM
3 importance_of_relation_s LEFT JOIN importance_of_relation ON
4 importance_of_relation_s.id_imp=importance_of_relation.id_imp
5 WHERE importance_of_relation_s.id_rel in (SELECT relation_s.id
6 FROM relation_s WHERE relation_s .Cid1 in (Select cognitive_card.id
7 from cognitive_card, semantic_net where cognitive_card.Ci = semantic_net.Ci
8 and cognitive_card.m = semantic_net.m and cognitive_card.id_student=
9 (Select id from students where surname='$student')) and relation_s .Cid2
10 in (Select cognitive_card.id from cognitive_card, semantic_net where
11 cognitive_card.Ci = semantic_net.Ci and cognitive_card.m = semantic_net.m
12 and cognitive_card.id_student=(Select id from students where surname='$stude:
13 AND importance_of_relation_s.id_imp=importance_of_relation.id_imp group by
14 importance_of_relation_s.id",$link);
15 while($f = mysql_fetch_array($query)){
16     $id_imp = $f['id_imp'];
17     $r = mysql_query("SELECT n FROM importance WHERE id = $id_imp",$link);
18     $fu = mysql_result($r,0,0);
19     $p8 = $p8 + $fu; }
20 echo 'p8 = '.$p8.'<br/>'; // показатель важности взвешенного
21 числа верных отношений
```

Рис. 2. Обработка результата тестирования студента

Заключение

В работе выполнена программная реализация методики контроля понятийных знаний субъекта обучения в обучающей системе, база знаний которой построена на основе семантической сети. Представлена математическая модель контроля понятийных знаний, описана структура базы данных для модуля. Качество усвоения субъектом обучения понятия предметной области изучаемой дисциплины оценивается мерой близости графа семантической сети и графа, определяемого соответствующей когнитивной картой. Данная методика дает более качественную оценку усвоения студентом понятийного состава дисциплины в целом, а также позволяет выявить целый ряд более глубоких показателей качества результатов обучения.

Авторы выражают благодарность за помощь в подготовке данной статьи заведующему кафедрой РК-6, профессору, д.ф-м.н. Карпенко Анатолию Павловичу, доценту кафедры ИУ-6, к.т.н. Смирновой Елене Валентиновне и доценту кафедры РК-6, к.т.н. Божко Аркадию Николаевичу.

Список литературы

1. Новиков А.М. Методология образования. М.: Эгвес, 2002. 488 с.
2. Норенков И.П., Уваров М.Ю. База и генератор образовательных ресурсов // Информационные технологии. 2005. №9. С. 60-65.
3. Козлов И.А., Шайхутдинов А.А., Маслов И.Д. Система оценки качества подготовки студентов на основе компетентностного подхода // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2012. №5. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/484022.html> (дата доступа 20.02.2014).
4. Карпенко А.П., Соколов Н.К. Оценка сложности семантической сети в обучающей системе // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2008. №11 Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/106658.html> (дата обращения 20.02.2014).
5. Карпенко А.П., Соколов Н.К. Расширенная семантическая сеть обучающей системы и оценка ее сложности // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2008. №12 Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/111716.html> (дата обращения 20.02.2014).
6. Галямова Е.В. Карпенко А.П., Соколов Н.К. Методика контроля понятийных знаний субъекта обучения в обучающей системе // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2009. №12. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/115086.html> (дата обращения 20.02.2014).
7. Карпенко А.П. Меры важности концептов в семантической сети онтологической базы знаний // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2010. №7. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/151142.html> (дата обращения 20.02.2014).