

УДК 681.516

Л.Н. Радванская¹, Е.О. Макеева²¹ Новокаховський політехнічний інститут, Нова Каховка² Міжнародний університет бізнесу і права, Херсон

МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

В статье предлагается использовать для решения задачи представления знаний предметных областей (ПрО) компьютеризированных систем обучения метод производящих функций для вероятностно-временных графов.

Ключевые слова: предметная область, вероятностно-временной граф, производящая функция, семантическая сеть, эквивалентные преобразования.

Введение

Постановка задачи. Применение моделей элементов процесса обучения желательно даже в простейших компьютеризированных системах, поскольку они позволяют значительно упростить алгоритмы и программы, реализующие управляющие функции системы. Кроме того, как только речь заходит о повышении качества обучения, о большом объеме изучаемой информации, о потоке пользовательских запросов, кроме эмпирически разработанных алгоритмов, применение математических моделей предметных областей, обучаемых и процессов управления компьютеризированных систем обучения является необходимым [1, 2, 5].

Предметная область учебной дисциплины представляется обычно моделью знаний учебных материалов, которая содержит сведения о понятиях предметной области учебной дисциплины, об их взаимосвязях, сложности отдельных понятий, т.е. о структуре учебного материала, лежащего в основе построения модели компьютеризированной системы обучения. Модель ПрО способствует оптимизации решения учебно-воспитательных задач. Существует множество способов и методов представления знаний учебных материалов, но в настоящее время основным методом представления знаний учебной дисциплины в компьютеризированных системах являются семантические сети [1, 5].

Представление знаний, базирующихся на аппарате семантических сетей, состоит в том, что предметная область рассматривается как совокупность объектов (сущностей, понятий) и связей (отношений) между ними, т.е. семантическая сеть – модель представления знаний посредством сети узлов, связанных дугами, где узлы соответствуют понятиям или объектам, а дуги – отношениям между узлами.

Преимуществами семантических сетей, как средств представления знаний являются их большие выразительные возможности, естественность и на-

глядность системы знаний, представленной графически, близость структуры сети семантической структуре фраз естественного языка. Кроме того, аппарат семантических сетей имеет хорошо апробированную научную базу в виде теории графов.

К недостаткам можно отнести отсутствие строгих общих правил манипулирования знаниями, что требует разработки специальных эвристик для каждой конкретной задачи. Вывод на семантической сети не гарантирует необходимую достоверность полученных результатов.

Таким образом, настоящее время математический аппарат представления основных элементов ПрО компьютеризированных систем обучения далек от совершенства и требует дальнейшей проработки.

Цель статьи: предлагается использовать для решения задачи представления знаний предметных областей компьютеризированных систем обучения метод производящих функций для вероятностно-временных графов.

Основная часть

Используем для представления знаний предметной области компьютеризированной системы обучения метод производящих функций для вероятностно-временных графов [3, 4].

Как и ранее, основной формализации семантических знаний о ПрО изучаемой дисциплины будем считать направленный граф с помеченными вершинами и дугами. Вершинам ставятся в соответствие конкретные объекты – разделы, подразделы, темы учебной дисциплины, а дугам – семантические отношения между ними. Метки вершин имеют ссылочный характер и представляют собой некоторые имена. В роли имен могут выступать, например, слова естественного языка (названия разделов, подразделов учебной дисциплины и т.д.). Метки дуг обозначают элементы множества отношений. Учитывая иерархический характер построения учебного материала, его упорядоченность, формально такую

информацию можно представить семантической сетью, в вершинах которой находится текст. Анализ организации учебного материала позволяет выделить следующие основные уровни модели представления учебного материала VU в ПрО семантической сетью [5]:

$$VU = (\{VR\}, \{VPR\}, \{PG\}), \quad (1)$$

где VR – раздел, т.е. часть семантической сети, соответствующая разделу дисциплины;

{VR} – множество разделов учебной дисциплины;

{VPR} – множество подразделов, PR = i-I;

{VPG} – множество тем основного учебного материала, PG = n-N.

При этом структурирование материала учебной дисциплины можно проводить различными способами в зависимости от его связанности. Обычно модель знаний ориентирована на логику связи отдельных блоков. Но иногда оказывается важным при построении учебного материала учитывать и логическую независимость (несвязность) знаний. Независимость блоков позволяет строить различные варианты управляемой последовательностей изложения учебного материала и выбирать из них наилучшие с точки зрения преподавателя и обучающегося. В этом случае для управления используется так называемая ярусно-параллельная форма (ЯПФ) графа знаний [1]. Ярусно-параллельной формой (ЯПФ) графа называется частичное упорядочение вершин по уровням, на которых расположены независимые по логическим связям блоки знаний так, что на 0-м уровне расположены входные знания, а на последнем K-м уровне целевое знание. Именно ЯПГ являются наиболее подходящей формой представления знаний учебной дисциплины в компьютеризированных обучающих системах при интерактивном обучении, когда процесс обучения может проходить независимыми по логическим связям блоками знаний (например, независимыми разделами). В этом случае имеет место вероятностный выбор пути процесса обучения.

При использовании метода производящих функций для каждой ветви ЯПГ составляется вероятностно-временной граф (ВВГ), описывающий структуру раздела учебной дисциплины. Для упрощения в дальнейшем изложения материала будем говорить о ВВГ любой из ветвей ЯПГ учебной дисциплины.

Пары P_{ij} , t_{ij} определяют вероятность выбора дуги ij (P_{ij}) и время ее прохождения (t_{ij}) (изучения раздела, тем раздела, учебных вопросов тем). Вводится функция дуги $f(P_{ij}, t_{ij})$. Вид этой функции таков, что при нахождении произведений функции вероятности P_{ij} перемножались, а время суммирова-

лось. Этим условиям удовлетворяет функция [4]:

$$f_{ij}(P_{ij}, t_{ij}) = P_{ij}z^{t_{ij}}, \quad (1)$$

где z – параметр. Тогда функция последовательности k_g дуг записывается в виде:

$$f_{1,2,\dots,k_g}(z) = \prod_{i=1}^{k_g} P_{i,i+1} z^{t_{i,i+1}}. \quad (2)$$

Производящая функция $F(z)$, соответствующая графу, есть сумма функции всех путей, соединяющих начальную и конечную вершины графа учебной дисциплины. Так как конечная вершина графа может быть разделена на две, соответствующие успешному усвоению материала и не успешному (с ошибками, не позволяющими успешно пройти тестирование обучаемым), то производящая функция записывается в виде:

$$F(z) = F_{\text{пр}}(z) + F_{\text{ош}}(z),$$

где $F_{\text{пр}}(z)$ и $F_{\text{ош}}(z)$ – функция дуг, соединяющих начальную вершину и вершины, обозначающие соответственно успешное и не успешное изучение темы и раздела.

Для упрощения нахождения производящей функции ПрО необходимо проводить эквивалентные преобразования графа [3, 4]. Эквивалентные преобразования осуществляются до тех пор, пока можно будет написать функцию, характеризующую переход по графу из начального состояния в конечное, т.е. производящую функцию $F(z)$.

Поясним это на примере. Пусть семантическая сеть ПрО учебной дисциплины представляется графом (рис. 1). Учебная дисциплина состоит из двух разделов (вершины 2 и 3), и каждый из разделов из 2-х тем (вершины 4-5, 5-6). Здесь вершины 5, 6 графа соответствуют успешному, а вершины 4, 7 – не успешному усвоению материала учебной дисциплины.

Согласно [4] при эквивалентных преобразованиях исходного графа последовательно соединенные дуги заменяют одной с функцией, равной произведению функций этих дуг, а при параллельном соединении – функцией, равной сумме функций этих дуг, то есть в общем случае при параллельном соединении дуг

$$f(z) = \sum_i P_i Z^{T_i}. \quad (3)$$

Так, параллельное соединение дуг вершин 1-2, 1-3 на графе рис. 1 эквивалентно дугам с функциями:

$$f_{12}(z) = \sum_{i=1}^3 P_{12i} Z^{T_{12i}}, \quad (4)$$

$$f_{13}(z) = \sum_{i=1}^3 P_{13i} Z^{T_{13i}}.$$

При эквивалентных преобразованиях последовательно соединенные дуги заменяют одной с функцией, равной произведению функций этих дуг.

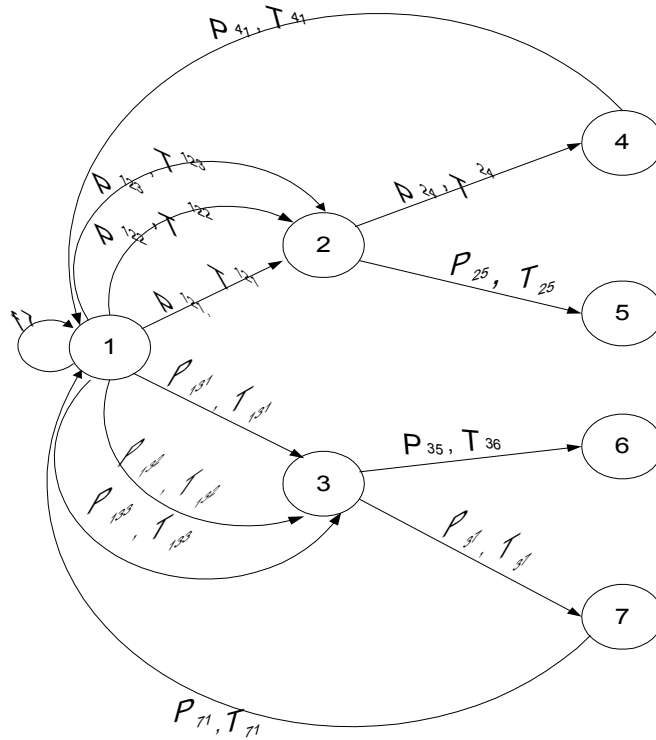


Рис. 1. Исходный граф сети

Тогда дуги эквивалентные вершинам 1-4, 1-5, 1-6, 1-7 будут представлять собой последовательное соединение, и равняться соответственно:

$$\begin{aligned}
 f_{14} &= P_{24}Z^{T_{24}} \sum_{i=1}^3 P_{12i}Z^{T_{12i}}; \\
 f_{15} &= P_{25}Z^{T_{25}} \sum_{i=1}^3 P_{12i}Z^{T_{12i}}; \\
 f_{16} &= P_{36}Z^{T_{36}} \sum_{i=1}^3 P_{13i}Z^{T_{13i}}; \\
 f_{17} &= P_{37}Z^{T_{37}} \sum_{i=1}^3 P_{13i}Z^{T_{13i}}.
 \end{aligned} \tag{5}$$

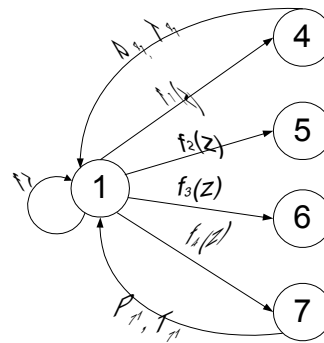


Рис. 2. Граф после промежуточных преобразований

После проделанных эквивалентных преобразований графы будут иметь вид рис. 2 и 3.

При эквивалентных преобразованиях дуга с петлей заменяется одной дугой с функцией:

$$f(z) = f_1(z) / [1 - f_2(z)]. \tag{6}$$

Применительно к рис. 2 знаменатель прогрессии равен функции $f_7(z)$, т. е. функции петли.

$$f^{14}(z) = \frac{f_{14}(z)}{1 - f_7(z)} P_{41}Z^{T_{41}}, \tag{7}$$

$$f^{17}(z) = \frac{f_{17}(z)}{1 - f_7(z)} P_{71}Z^{T_{71}}. \tag{8}$$

В результате таких преобразований получили граф (рис. 3), эквивалентный исходному, но значительно проще.

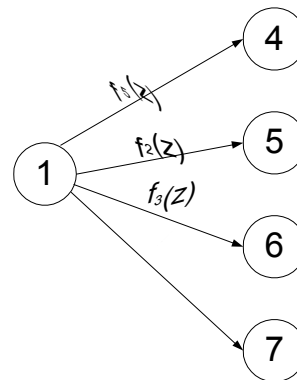


Рис. 3. Граф после эквивалентных преобразований

Производящие функции $Z1$ (вершины 1-4-5) и $Z2$ (вершины 1-6-7) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} Z1 &= Z1_{пр} + Z1_{ош} = f_{15} + f_{14}, \\ Z2 &= Z2_{пр} + Z2_{ош} = f_{16} + f_{17}. \end{aligned} \quad (9)$$

Для ЯПГ учебной дисциплины производящая

функция $F(z)$ записывается как логическая сумма всех ветвей.

Модель предметной области учебной дисциплины «Современные информационные технологии в экономике. Офисное программирование на VBA», построенная в виде ВВГ, представлена на рис. 4.

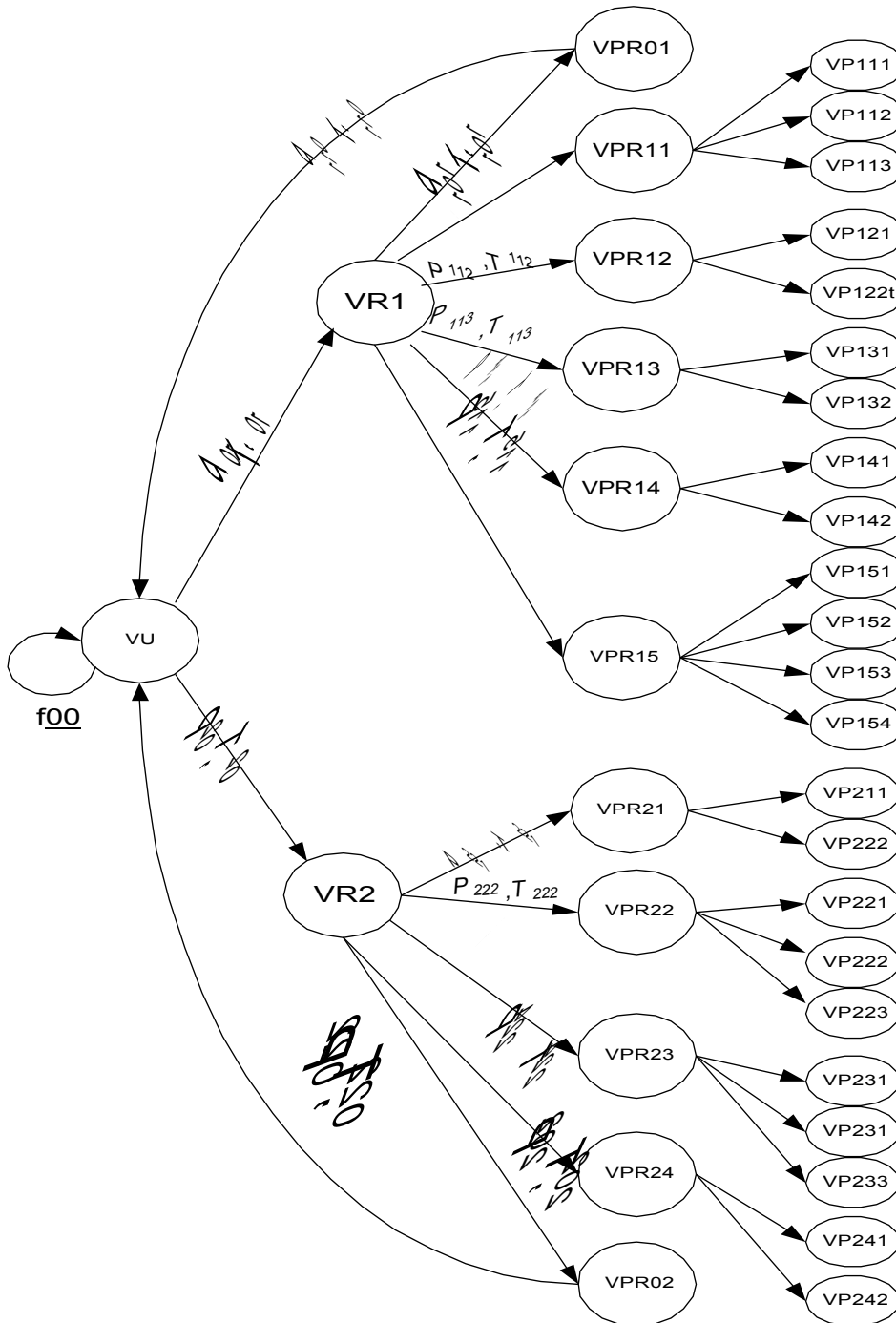


Рис. 4. Вероятностно-временной граф предметной области учебной дисциплины «Современные информационные технологии в бизнесе. Офисное программирование на VBA»

Учебная дисциплина состоит из двух разделов (вершины VR1 и VR2) и каждый из разделов – из подразделов (вершины VPR01-VPR15, VPR02-VPR24), тем VP 111-VP154, VP211-VP242. Здесь вершины VPR01 и VPR02 графа соответствуют не

усвоению материала учебной дисциплины. Предметная область учебной дисциплины описывается в соответствии формулами (10), полученными после эквивалентного упрощения исходного ВВГ Про:

$$\begin{aligned}
f(1) &= P_{01} \cdot Z^{T01} \times P_{111} Z^{T111} = P_{01} \times P_{111} \times Z^{T01+T111}, \\
f(2) &= P_{01} Z^{T01} \times P_{112} Z^{T112} = P_{01} \times P_{112} \times Z^{T01+T112}, \\
&\dots\dots\dots, \\
f(5) &= P_{01} Z^{T01} \times P_{115} Z^{T115} = P_{01} \times P_{115} \times Z^{T01+T115}, \\
f(6) &= \frac{f(1)}{1-f_{00}(Z)} \times P_{111} \times Z^{T111}, \\
&\dots\dots\dots, \\
f(10) &= \frac{f(5)}{1-f_{00}(Z)} \times P_{511} \times Z^{T511} \\
f(11) &= P_{02} \cdot Z^{T02} \times P_{221} Z^{T221} = P_{02} \times P_{221} \times Z^{T02+T221}, \\
f(12) &= P_{02} Z^{T02} \times P_{221} Z^{T222} = P_{02} \times P_{221} \times Z^{T02+T222}, \\
&\dots\dots\dots, \\
f(14) &= P_{02} Z^{T02} \times P_{224} Z^{T224} = P_{02} \times P_{224} \times Z^{T02+T224}, \\
f(15) &= \frac{f(11)}{1-f_{00}(Z)} \times P_{122} \times Z^{T122}, \\
&\dots\dots\dots, \\
f(18) &= \frac{f(14)}{1-f_{00}(Z)} \times P_{422} \times Z^{T422}.
\end{aligned}
\tag{10}$$

Если положить, что условные вероятности и времена переходов из состояний в состояния ВВГ по вершинам яруса соответственно равны, то Z – образующие функции дисциплины для каждой ветви разделов 1, 2 графа будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
Z_1 &= Z_{1ПР} + Z_{1ОШ} = \sum_{i=1}^5 f(i) + \sum_{i=1}^5 f(5+i), \\
Z_2 &= Z_{2ПР} + Z_{2ОШ} = \sum_{j=1}^4 f(10+j) + \sum_{j=1}^4 f(14+j).
\end{aligned}
\tag{11}$$

Таким образом, задав по экспертным оценкам значения условных вероятностей и времени изучения материала для каждого раздела и подраздела, по значениям их функций ВВГ можно определить соответствующие функции разделов Z_1 и Z_2 и осуществлять оперативную (в реальном времени) вероят-

ностную оценку знаний обучаемыми ПрО учебной дисциплины.

Выводы

Модель предметной области, построенная с применением метода производящих функций, позволяет представить ПрО логически независимых знаний учебной дисциплины в компьютеризированной обучающей системе.

Применение метода производящих функций для представления предметных областей и управления компьютеризированными обучающими системами на основе семантических сетей позволяет организовать оперативный контроль усвоения обучаемыми знаний, достаточно просто получить основные характеристики ПрО обучающей системы и провести их сравнительный анализ.

Список литературы

1. Леценко И.Е. Формализованные описания знаний о процессе управления в автоматизированной обучающей системе / И.Е. Леценко // Вестник Херсонского государственного технического университета. – Херсон, 2004. – №1 (19). – С. 195-198.
2. Бондарев В.Н. Искусственный интеллект / В.Н. Бондарев, Ф.Г. Аде. – Севастополь: Изд. СевНТУ, 2002. – 615 с.
3. Лосев Ю.И. Методика оценки вероятностно-временных параметров системы передачи данных с ограниченным числом переспросов / Ю.И. Лосев, К.М. Руккас // Системы управления, навигации и связи. – К.: ГП «ЦНДИ НИУ», 2010. – Вып. 3(15). – С. 226-228.
4. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / Ю.И. Лосев и др. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.
5. Кузнецов И.П. Расширенные семантические сети для представления и обработки знаний / И.П. Кузнецов // Системы и средства информатики: Ежегод. Вып. 4 / РАН. Ин-т проблем информатики. – М., 1993. – С. 70-83.

Поступила в редколлегию 27.11.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.И. Бобыр, Новокаховский политехнический институт, Новая Каховка.

МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Л.М. Радванська, О.О. Макеева

У статті пропонується використовувати для вирішення завдання подання знань предметних областей комп'ютеризованих систем навчання метод функцій, що виробляють, для ймовірно-часових графів.

Ключові слова: предметна область, ймовірно-часовий граф, функція, що виробляє, семантична мережа, еквівалентні перетворення.

METHOD OF PRESENTATION SUBJECT AREA COMPUTERIZED TRAINING SYSTEMS

L.N. Radwanska, E.O. Makeeva

The paper proposes to use to solve the problem of knowledge representation domains (ABM) systems computerized learning method of generating functions for probability-time graphs.

Keywords: subject area, probability-time graph, the generating function, semantic network, equivalent transformations.