

The classification of software defect types by complexity is presented. The calculations of coefficients that define software quality and reliability are demonstrated. The software reliability function is formed. The recommendations for structured software reliability increasing are proposed.

**Key words:** *software, testing, reliability, quality, faultness probability, defect, fault.*

Отримано: 20.05.2008

УДК 681.513.2

**М. Ф. Ус, Н. Л. Костьян**

*Восточноевропейский университет экономики  
и менеджмента, г. Черкассы*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

У роботі досліджуються методи адаптації інтелектуально-го тьютора до індивідуальних особливостей користувача в процесі електронного навчання. Для зберігання глибинної структури різних форм представлення інформації пропонується використовувати семантичну мережу ключових понять, що розроблена для конкретної предметної області знань. Для побудови семантичної мережі використана концепція об'єктно-орієнтованих баз даних. Проектування бази даних мережі реалізовано з використанням уніфікованої мови моделювання UML 2.0. Визначено параметри для подальшого розвитку семантичної мережі. Розроблений сценарій побудови схематичного опорного конспекту навчального матеріалу для одного з когнітивних типів користувача з метою підвищення ефективності навчання. Програмна реалізація алгоритму виконана з використанням мови структурованих запитів SQL і мови об'єктно-орієнтованого програмування Java.

**Ключевые слова:** *тьютор, когнитивный профиль, семантическая сеть, дефиниция, коэффициент значимости, коэффициент степени неопределенности.*

**Введение.** Интеллектуальные тьюторские системы – обширный класс электронных систем обучения. Главная идея этих систем – имитация обучающего поведения тьютора-человека. Для поддержки процесса обучения тьютор использует специальные знания четырех основных типов: о предмете обучения, о стратегиях и методах обучения, о студенте, о коммуникативных функциях. Идеальная интеллектуальная система обучения должна представлять и использовать все

перечисленные типы знаний, что позволяет определить структуру тьюторской системы в виде набора взаимодействующих модулей: модуля пользователя системы, модуля-тьютора, модуля-эксперта предметной области и модуля-интерпретатора.

Модуль пользователя (МП) – центральный компонент системы, позволяющий обеспечивать качество управления процессом обучения. Этот модуль имеет две компоненты: модель знаний о предмете обучения и модель личных характеристик, которая отображает достаточно стойкие личные (когнитивные) характеристики субъекта обучения. Эта модель после создания должна поддерживаться в актуальном состоянии. Для управления системой обучения необходимо проводить оценки состояния субъекта обучения, которое связано со структурой мышления индивидуума и с формами, в которых информация может быть представлена человеку.

**Состояние исследований.** Для описания произвольной предметной области первичными являются понятия и связи между ними. Удобным графическим способом представления этих категорий может быть семантическая сеть как представитель наиболее широкого класса моделей, объединяющие различные типы связей. К ним относятся классифицирующие сети, функциональные сети и сценарии. Классифицирующие сети позволяют задавать отношения иерархии между информационными единицами. Помимо средства описания схемы базы знаний, семантические сети применяют для синтеза текста и дальнейшего его анализа. В этой области реализован ряд проектов таких, как TextMining, DateMining [1], но все они затрагивают только форму представления информации в виде текста, настраиваемых на один тип пользователя системы.

Автором [2] даны основные характеристики преимущественно используемых человеком способов восприятия, мышления и действия, которые в [3] используются для построения когнитивного профиля. Выделяются четыре различных типа обучаемого [3]: аналитико-вербальный, аналитико-образный, целостно-вербальный, целостно-образный. Авторами [3] дан обзор тестов, применяемых для определения стилевых характеристик обучаемого. Среди предпочтительных форм информации, соответствующих различным стилям – текст, схема, рисунок, речь. В [4] представлена схема адаптивного управления обучением с учетом приведенных форм информации. В исследованиях последних лет рассматриваются задачи синтеза текста посредством семантических сетей, но не затрагивается проблема построения трех остальных форм на базе ключевых понятий предметной области и связей между ними (Зубков В. П., Захаров А. Н.).

**Постановка задачи.** Для адаптации процесса обучения авторы предлагают дополнить тьюторскую систему блоком генерации схем, как одной из форм представления учебного материала. Предлагается

модель построения семантической сети понятий дисциплины “Дискретный анализ”. При проектировании структуры базы данных, реализующей семантическую сеть, были учтены типы определений (дефиниции) предметной области, а также их структура, рассмотренные в [5, с.256-265], и виды связей между ключевыми понятиями, описанные в [3]. Для оптимизации дальнейшего расширения семантической сети вводятся коэффициент значимости и коэффициент степени неопределенности данного понятия. Описан механизм генерации схем, связывающего понятия выбранного раздела по заданному виду связи, и его программная реализация.

**Целью работы** является моделирование адаптивных процессов электронного обучения и разработку программного средства на основе этой модели, синтезирующего одну из форм представления структуры учебного материала.

**Моделирование базы данных семантической сети понятий предметной области.** Для построения семантической сети будем учитывать как понятия, связанные отношениями, так и типы этих понятий, соответствующих способу определения понятия. Для проведения учебного эксперимента в тексте учебного контента были отобраны номинальные определения и понятия, определение которых вводится через ближайшее родовое понятие. Здесь под термином “номинальное определение” понимается понятие, для которого отсутствует родовое в данном предметном домене. С помощью данного определения вводятся новые понятия. При построении определения через ближайший род предполагаются две операции: во-первых, необходимо понятие отнести к ближайшему роду (суперклассу), то есть установить, к какому классу оно относится, а во-вторых, – перечислить его видовые признаки. Для наиболее оптимального ввода данных и их обработки удобно классифицировать понятия по тематическим разделам предметной области. Таким образом, база данных должна содержать данные о самих понятиях, включая номер раздела. Для определения направления расширения семантической сети методом, который будет описан ниже, необходимо учитывать количество связей, выходящих из данного узла. Различают статические и динамические связи между понятиями. Исходя из перечисленного, база данных будет содержать четыре таблицы: таблицу понятий, таблицу узлов, классификатор разделов и классификатор связей. Логическая модель базы данных в нотации UML представлена на рис. 1.

Физическая модель базы данных (рис. 2) представляет названия таблиц, полей, типы полей и ключей на английском языке. Логическая и физическая модели построены с использованием программного средства Enterprise Architect.

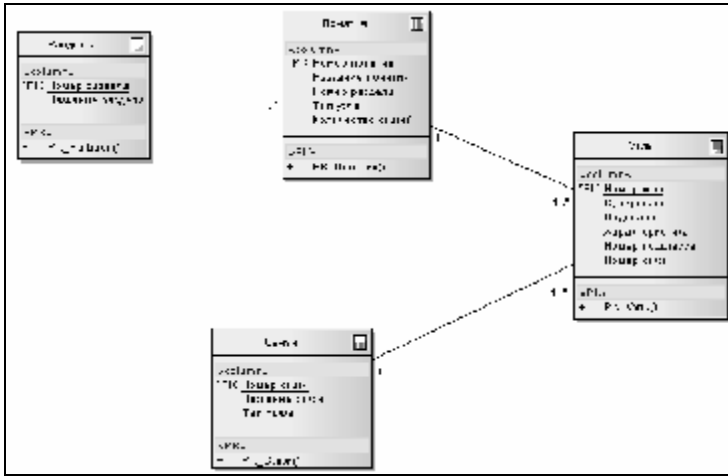


Рис. 1. Логическая модель базы данных в нотации UML

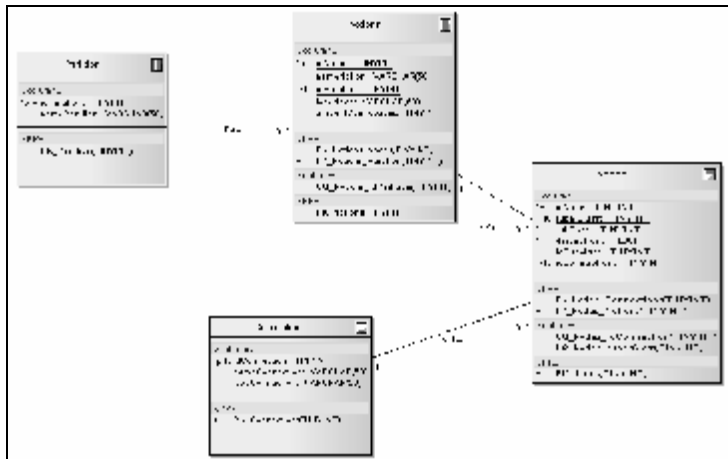


Рис. 2. Физическая модель базы данных

**Стратегия развития семантической сети.** Предположим, что модель учебной дисциплины (предметной области, или ПрО) – система понятий, объединенных в семантическую сеть посредством однонаправленных связей  $R$  (отношений). Будем считать, что важность одних понятий отличается от важности других. Под важностью понятия понимаем степень необходимости наличия понятия в БЗ данной ПрО. Назовем совокупность понятий, имеющих весомую важность для данной ПрО, множеством ключевых термов  $S_k$ . Введем понятие коэффициента значимости термина  $K_{zn}$  в разрезе исследуемой ПрО, который является значением характеристической функции принад-

лежности, и указывает уровень принадлежности элементов универсального множества всех термов  $\mathcal{S}$  к подмножеству  $\mathcal{S}_k$ . Тогда нечеткое подмножество  $\mathcal{S}_k$  множества  $\mathcal{S}$  – множество упорядоченных пар  $\{s, K_{zn}\}$ . Авторы считают, что степень важности элемента системы зависит от количества связей его с другими элементами [6], поэтому предлагается формализация  $K_{zn}(i)$   $i$ -го терма путем вычисления относительной погрешности между количеством инцидентных к нему отношений  $|R(i)|$  и количеством связей идеального ключевого терма  $s_u$ . Под идеальным термом подразумеваем терм с наибольшим количеством инцидентных к нему ребер.

$$K_{zn} = \frac{1}{|R(s_u)| - |R(i)|};$$

$$|R(i)| \leq |R(s_u)|, \forall i = 1, \overline{S \setminus S^+},$$

где  $R(i)$  – мн-во отношений, инцидентных  $i$ -му узлу семантической сети;

$S$  – мн-во понятий (узлов) данной ПрО;

$S^+$  – мн-во узлов, имеющих только входные дуги;

$s_u$  – идеальное ключевое понятие.

При вычислении  $K_{zn}$  не учитываются понятия, имеющие только входящие связи. Предполагается, что такие понятия либо принадлежат еще не установленным суперклассам, либо имеют  $K_{zn} \cong 0$ .

Введем еще один коэффициент – степень неопределенности  $K_{но}$ :

$$K_{но} = 1 - \frac{1}{|R(s_u)| - |R(i)|};$$

$$|R(i)| \leq |R(s_u)|, \forall i = 1, \overline{S}.$$

Данный коэффициент учитывает возможность пополнения знаний о текущем понятии и вычисляется для всех термов независимо от наличия выходных дуг.

При инициализации семантической сети понятий при добавлении очередной новой группы отношений рекомендуется пересчет вышеуказанных коэффициентов, а для последующего редактирования сети – при добавлении каждого нового терма.

Коэффициент значимости предполагается использовать в учебном процессе при установлении приоритета тестового вопроса для диагностирования знаний обучаемого в процессе определения текущих когнитивных характеристик пользователя. Кроме того, этот коэффициент используется для выбора типа вопроса путем учета суммарных показателей по всем цепям, связывающим данное понятие с его атрибутами. Коэффициент неопределенности необходим для выбора направления расширения семантической сети в случае использования опыта экспертов данной ПрО.

Описание работы программного средства порождения схем составлено с использованием языка объектно-ориентированного программирования Java и языка структурированных запросов SQL. При запуске программного средства открывается главное окно программы, содержащее строку меню (рис. 3), которая состоит из следующих пунктов: “Файл”, “Дані”, “Схеми”, “Допомога”. Подменю “Файл” реализует стандартные операции над файлами. При выборе пункта “Дані” можно внести информацию в таблицу узлов, таблицу понятий, классификатор тематических разделов и классификатор связей. Подменю “Схеми” отвечает за генерацию схем. В “Допомога” можно просмотреть информацию о программе.

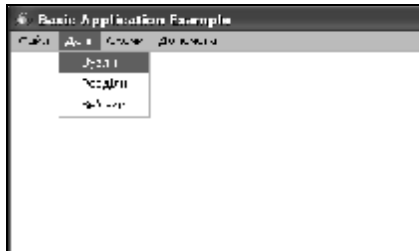


Рис. 3. Главное меню программы порождения схем

При выборе одного из подменю “Дані” открываются окна соответствующих классификаторов. На рис. 4 представлено окно классификатора связей. В этом окне заносятся название связи и ее тип: статический, динамический.

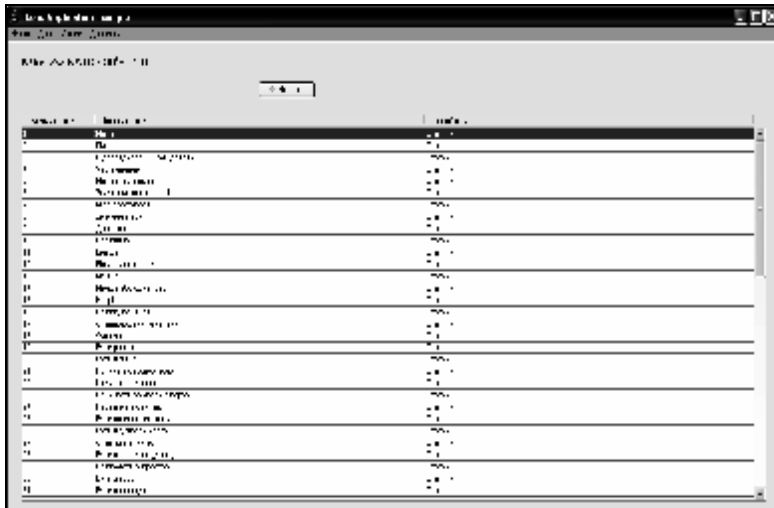
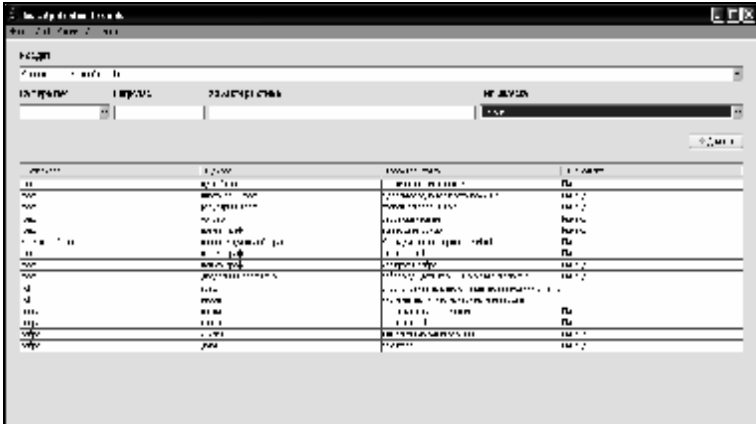


Рис. 4. Окно заполнения классификатора связей

При выборе подменю “Вузли” из предложенного списка выбирается тематический раздел, в котором впервые упоминается данное понятие, в поле “Підклас” вводится название самого понятия, а в поле “Тип зв’язку” выбирается необходимый вид отношения между понятиями в семантической сети. Если используется номинальное определение понятия, то поле “Суперклас” не заполняется, а в поле “Характеристика” записывается дефиниция понятия. При использовании определения понятия через ближайший род в поле “Характеристика” заносится видовой признак понятия, выделяющий данный вид из порождающего его рода. При нажатии кнопки “Додати” происходит добавление соответствующих данных в таблицу понятий и узлов, производится пересчет количества связей выходящих из каждого узла, вычисляется номер подкласса для каждого суперкласса и определяется тип узла: корень, внутренний или лист. Форма заполнения данных об узлах представлена на *рис. 5*.

При выборе меню “Схеми” на экран выводится окно генерации схем, в котором выбирается тематический раздел и понятие из предложенного списка корневых понятий семантической сети (*рис. 6*).

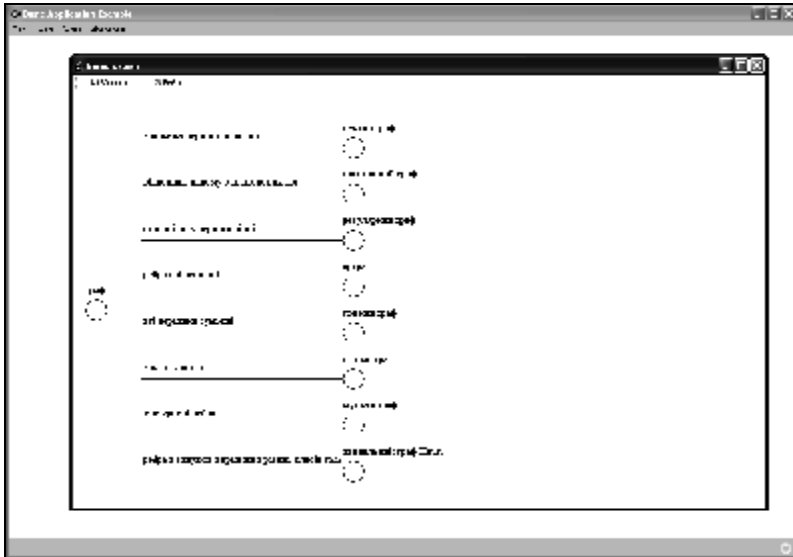


*Рис. 5. Форма заполнения таблиц понятий и узлов*



*Рис. 6. Окно генерации схем для выбранного тематического раздела*

При нажатии кнопки “Генерація” открывается результирующее окно с изображением порожденной схемы. Вид этого окна представлен на *рис. 7*. Вершины графа семы связывают соответствующие понятия, а над ребрами графа отображаются видовые признаки подклассов. Нажав кнопку “Зберегти”, можно сохранить полученную схему в файле на диске в текущей директории.



*Рис. 7. Результат генерації схеми*

**Выводы.** В данной работе реализован метод, основанный на когнитивных представлениях о наличии у человека информационных механизмов синтеза внешних представлений (текста, речи, образов) содержащихся в памяти знаний на основании единого для всех форм источника – “глубинных схем”. Такие механизмы определены и описаны Ноамом Хомски [7] как порождающие грамматики. В статье предложен метод и его программная реализация, иллюстрирующие подход для оснащения интеллектуального тьютора возможностями синтезировать представление учебного материала на основании некоторого стандартного представления. Синтез альтернативных представлений необходим для адаптации автоматизированных обучающих систем к предпочтениям обучающихся относительно формы учебного контента. Для “стандартного” представления в данной работе использованы онтологические методы структурирования понятийного множества предметной сферы.

**Дальнейшие направления исследований** будут направлены на использование более широкого спектра видов построения определе-



ний понятій, которые описывают предметную область, для синтеза семантической сети. Необходима разработка модуля построения когнитивного профиля обучаемого, генерация схем учебного материала и дополнение ими опорного конспекта лекций.

### Список использованной литературы:

1. Инструменты анализа: Data Minig, Test Mining, Business Intelligence, CRM // [www.exd/ru/gosts/to\\_ATEX.pdf](http://www.exd/ru/gosts/to_ATEX.pdf).
2. Солсо Р. Л. Когнитивная психология / Пер. с англ. – М.: Тривола, 1996. – 600 с.: ил.
3. Когнитивное управление в интеллектуальных обучающих системах / А. Ф. Верлань, М. Ф. Ус, А. В. Пискун, В. А. Федорчук. – Черкассы: Редакционно-издательский отдел Черкасского института управления, 2002. – 104 с.
4. Гадецька З. М., Ус М. Ф., Костьян Н. Л., Ель-Мур П. А. Маркетингові методи моделювання і адаптації систем електронного навчання / Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України ім. Г. Є. Пухова. – К.: ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова, 2006. – Вип. 37. – С.1-3-110.
5. Войшвилло Е. К., Дегтярев М. Г. Логика. – М.: Владос, 1998. – 528 с.
6. Магазинник В. Д. Структурирование информации человеком при принятии решений // Психологический журнал. – 1997. – Т.18. – №1. – С.90-102.
7. Хомский Н. Аспекты теории синтаксиса. – М.: МГУ, 1972. – 312 с.

The article considers the methods of adaptation of intellectual tutor under the individual features of user in the process of the electronic educating. For storage of deep structure of different forms of presentation of information it is suggested to use the semantic network of key notions, which is developed for the concrete subject domain of knowledge. Conception of the object-oriented data-bases of is fixed in the basis of construction of semantic network. Planning network data base of is realized with the use of Unified Modeling Language UML 2.0. The calculated parameters for further development of semantic network are entered. The scenario of construction of schematic supporting compendium of educational material for one of cognitive styles of user with the purpose of increase of efficiency of educating is developed. Programmatic realization of algorithm is executed with the use of Structured Query Language SQL and object-oriented programming language Java.

**Key words:** *tutor, cognitive profile, semantic network, definition, coefficient of meaningfulness, coefficient of degree of vagueness.*

Отримано: 05.06.2008