

УДК 004.89

## ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ КВАНТОВО-ФРЕЙМОВОЇ МОДЕЛІ

**М. В. Пікуляк**

*ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені В. Стефаника»*

В статті розглядається технологія компонентного проектування бази знань в адаптивній навчальній системі, розроблена на основі квантово-фреймової моделі. Даний підхід дає можливість завдяки використанню онтологічних принципів автоматизувати процес побудови навчальних курсів відповідно до поточного рівня навченості студента.

**Ключові слова:** онтологія, база знань, квант інформації, адаптивна навчальна програма.

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ КВАНТОВО-ФРЕЙМОВОЙ МОДЕЛИ

**Н. В. Пикуляк**

*ГВУЗ «Прикарпатский национальный университет имени В. Стефаника»*

В статье рассмотрено применение технологии компонентного проектирования базы знаний в адаптивной обучающей системе, разработанной на основе квантово-фреймовой модели.

В соответствии с таким представлением, онтологическая модель учебного материала на уровне квантов построена на основе семантической сети фреймов. Весь учебный курс представляется как набор отдельных модулей, которые объединяют множество информационных ресурсов и множество тестовых элементов, контролирующими уровень изучения студентом учебного материала. По результатам тестирования подбор элементов контента для повторного или углубленного изучения происходит на основе отношений, задающих иерархию квантов и ассоциативных отношений, связывающих информационные единицы.

Предложенная технология обеспечивает возможность автоматического генерирования учебного контента, который наиболее точно соответствует пробелам в знаниях студента.

Такой способ структурирования позволяет реализовать построение индивидуальных учебных траекторий для обучающихся в адаптивных системах передачи знаний.

**Ключевые слова:** онтология, база знаний, квант информации, адаптивная обучающая программа.

## ONTOLOGICAL APPROACH TO CONSTRUCTION OF SUBJECT SPHERE ON BASIS OF QUANTUM FRAME MODEL

**M. V. Pikulyak**

*SHEI "Precarpathian National University named by V. Stefanyk"*

Application of the technology of the component planning of knowledge base in the adaptive educational system, developed on the basis of quantum-frame model, is investigated in the article.

In accordance with such presentation, the ontological model of educational material at the level of quanta is constructed on the basis of semantic network of frames. The whole educational course is presented as a set of the separate modules which unite the great number of informative resources and great number of the test elements that control the level of study of educational material by a student. On results of testing the selection of the elements of content for the repeated or deep study takes place on the basis of relations which set the hierarchy of quanta and associative relations that link informative units.

The offered technology provides possibility of the automatic generating of educational content that the most exactly meets the gaps in students' knowledge.

This method of structurization allows to realize the construction of individual educational trajectories for learners in the adaptive systems of knowledge transfer.

**Key words:** ontology, knowledge base, quantum of information, adaptive educational program.

**Вступ.** Під час розробки та наповнення навчальних курсів в сучасних автоматизованих системах передачі знань виникає необхідність не тільки простого підбору навчального контенту, необхідного для вивчення окремої теми, а, перш за все, побудова та застосування певної моделі чи концепції зберігання знань.

Зберігаючи фактичну інформацію з навчальної дисципліни, така модель здатна використовувати правила виведення, що дозволяють автоматизувати навчальний процес залежно від поточної поведінки студента. Закладені в системі способи структурування навчального контенту та доступу до знань в подальшому визначають рівень адаптивної поведінки програми.

Перспективною технологією для розробки сучасних навчальних систем є онтології. Представляючи основні поняття предметної області в форматі, доступному для автоматизованої обробки у вигляді ієрархії класів та відношень між ними, онтології дозволяють здійснювати автоматизовану обробку семантики інформаційних одиниць.

Залежно від підходу, що використовується під час моделювання предметних знань (тематичного, функціонального, процедурного, операційного чи семантичного), існують різні методи структуризації інформаційних понять предметної області: семантичні мережі, теорія решіток, операції над графами, генетичні алгоритми, нейронні мережі, онтології та інші математичні моделі.

**Мета роботи:** дослідження особливостей застосування онтологій для побудови квантово-фреймової моделі бази знань в адаптивних навчальних системах та з'ясування переваг, які від цього можна отримати.

**Результати та їх обговорення.** На сьогоднішній день представлення знань у вигляді онтологій все більше використовується не тільки для опису семантики документів та інформаційних ресурсів, але і для побудови широкого класу інформаційних систем [1].

З метою автоматизації побудови онтологій застосовують різноманітні підходи. Зокрема, в роботі [2] використовується метод побудови онтологій на основі отримання знань із термінологічних словників за допомогою системи продукційних правил. Недоліком цього підходу є надмірна лексична багатозначність та контекстна залежність семантики онтологічних понять.

Метод ітераційного наповнення онтології [3] забезпечує автоматичне визначення розташування нового поняття в структурі онтології, що будується. При

цьому підході онтологія формується шляхом послідовного вводу користувачем нових об'єктів предметної області. Це забезпечує побудову «вертикальної» ієрархії, яка включає абстрактні поняття, що описують предметну область.

В роботі [4] розглядаються питання автоматизації процесу створення онтологій на основі методу генетичного та автоматного програмування, які дають змогу генерувати моделі вирішення та забезпечувати в автоматичному режимі створення кінцевих автоматів та перетворювачів.

Системно-когнітивний підхід [5], запропонований Р. Аксельродом, призначений для аналізу та прийняття рішень в недостатньо визначених ситуаціях. Даний інструментарій дозволяє знизити складність дослідження, формалізації, структурування та моделювання системи.

У зв'язку з широким використанням онтологій в різноманітних додатках виникла необхідність створення стандартизованих способів їх представлення. Сьогодні відомо багато різноманітних мов (RDF, OWL, DAML, UPML) та редакторів (Protege, OntoEdit, Ontolingua, OilEd) для побудови, наповнення та зміни онтологій.

Онтологічний підхід забезпечує ефективно проектування компонентів будь-якої знання-орієнтованої інформаційної системи. На відміну від звичайного, суб'єктивного підходу до проведення контент-аналізу різноманітних документів, системно-онтологічний підхід припускає строгу структуризацію термінів і понять предметної дисципліни. Це забезпечує формування модельно-керованої архітектури системи та створює високий ступінь інтеграції предметних знань із сукупності дисциплін, що досліджуються [6].

Сьогодні через застосування онтологій предметних областей в якості компонента інформаційних систем пов'язують перспективи розвитку систем машинного представлення та обробки знань, систем інформаційного пошуку і, звичайно, навчальних автоматизованих систем.

Під час проектування автоматизованих навчальних систем визначальне значення належить моделюванню предметної області. Перш за все, модель предметної області дає можливість знайти спільну мову спеціалісту в даній предметній області та розробнику програмного інструментарію. По-друге, користувач отримує можливість представляти розв'язки задачі на мові, що є близькою до предметної області. І по-третє, виконане в предметній області визначення системи знаків та їх змістове розуміння

дає можливість проводити машинну інтерпретацію представлених рішень.

Проблема моделювання предметної області знань вимагає вирішення ряду завдань, що належать до управління знаннями: управління контентом, адаптація та персоналізація контенту, підготовка та супровід навчання з побудовою індивідуальних навчальних курсів та автоматизованого контролю знань [7].

У навчальній системі, що розробляється, весь навчальний курс  $S$  розглядається як складна ієрархія трьох рівнів [8]:

$$S = \{R, T, K\},$$

де  $R = (R_i, P_R, H_R)$  – верхній рівень ієрархії, що відображає представлення матеріалу на рівні розділів.

Тут  $R_i$  – агрегат-розділ, тобто частина, що відповідає за розділ;

$P_R$  – відношення черговості розділів;

$H_R$  – оцінка загальних характеристик розділів (наприклад, час, необхідний для вивчення, форма конт-

ролю чи оцінка відносної складності матеріалу розділу для сприйняття студентом).

$T = (T_i, P_T, H_T)$  – рівень ієрархії, що визначає представлення матеріалу на рівні тем,

де  $T_i$  – множина тем, що входять до розділу;

$P_T$  – відношення черговості (послідовність вивчення) тем;

$H_T$  – сукупність загальних характеристик всіх тем.

$K = (K_i, P_K, H_K)$  – рівень ієрархії представлення матеріалу на рівні квантів (терміни, означення, аксіоми, теореми тощо),

де  $K_i$  – множина квантів, що входять в окрему тему;

$P_K$  – відношення порядку на множині квантів;

$H_K$  – множина характеристик квантів.

Онтологічна модель навчального контенту на рівні квантів побудована на основі семантичної мережі фреймів. У вершинах мережі знаходяться найменші змістові одиниці інформації предметної області – кванти, а ребра – усі відношення між квантами (рис. 1):

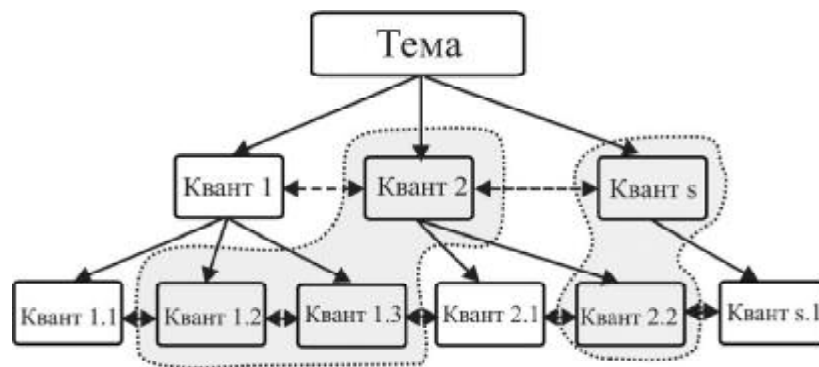


Рис. 1. Онтологічна модель навчального курсу.

Окремий квант у цій моделі представляється фреймом, слоти якого містять атрибути кванта:

$$K = [(Y_1, x_1), (Y_2, x_2), \dots, (Y_n, x_n)],$$

де  $K$  – ім'я кванта;  $Y$  – атрибути слотів;  $x$  – значення слотів.

Похідні (дочірні) кванти успадковують атрибути базових (батьківських) квантів. Для ініціалізації окремого кванта, як правило, використовується його ім'я та тип представлення.

У відповідності з таким представленням множину фреймів будемо розглядати як семантичну мережу ієрархічного типу. Ребра в такій мережі будуть відповідати різного роду зв'язкам між окремими квантами. При цьому ієрархічні зв'язки визначаються відношеннями структуризації (на рис. 1 позначені звичайними стрілками), а неієрархічні – семантичними зв'язками, що змістовно з'єднують окремі кванти в

межах всієї теми (позначені тінюваним об'єднанням) та зв'язками на основі оглядових послідовностей, що оглядово пов'язують інформаційні одиниці в межах одного ієрархічного рівня (позначені пунктирними двомаправленими стрілками).

При переході від предметної області до її моделі, представленій у вигляді семантичної мережі, виконується умова взаємно однозначної відповідності між кожним елементом предметної області та відповідним елементом семантичної мережі, що його позначає.

Математична модель побудованої онтології буде представлена кортежем:

$$Q = \langle K, H, P \rangle,$$

де  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_i\}$  – множина квантів, що утворюють онтологію;

$H = \{h_n\}$  – множина типів квантів (текст, малюнок, формула, таблиця);

$P = \{p_{jl} \mid j=1, \dots, s\}$  – множина зв'язків між квантами (ієрархічний, оглядова послідовність, семантичний).

Така онтологічна модель системи включає три логічно виокремлені рівні:

- рівень даних: описує базові кванти (одиниці інформації);
- рівень представлення даних: керує відображенням інформації у вигляді, зручному для користувача;
- рівень структури, що забезпечує навігацію по контенту.

Для відслідковування рівня навченості студента та з метою організації зворотного зв'язку в системі використовується модуль тестування  $M$ , представлений множиною  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_r\}$ .

На множині  $K \cup M$  введемо два бінарних відношення:

1) відношення  $K_m$ : пара  $(k_i, m_j) \in K_m$ ,  $1 \leq i \leq l$ ,  $1 \leq j \leq r$ , (де  $l$  – кількість квантів теми  $T$ ,  $r$  – кількість тестових питань, що перевіряють засвоєння теми  $T$ ) тоді і тільки тоді, коли для засвоєння кванта  $k_i$  необхідно виконати завдання  $m_j$ .

2) зворотне відношення  $M_k$ : пара  $(m_j, k_i) \in M_k$ ,  $1 \leq i \leq l$ ,  $1 \leq j \leq r$ , якщо при виконанні завдання  $m_j$  відбувається засвоєння кванта  $k_i$ .

Таким чином, з кожним квантом  $k_i$  пов'язана деяка підмножина завдань  $M(k_i)$ , потужність (тобто кількість завдань, що перевіряють рівень вивчення кванта) якої позначимо як  $r_i = |M(k_i)|$ .

За результатами тестування підбір елементів контенту для окремого студента відбувається на основі відношень, що задають ієрархію квантів та асоціативних відношень, що пов'язують інформаційні одиниці. Подальша навігація по контенту представляє собою процес переходу від одних інформаційних одиниць до інших за заданими між ними зв'язками – екземплярами асоціативних відношень.

Оскільки кожне тестове питання перевіряє рівень знання студентом певного кванта, то подальше наповнення навчальної траєкторії відбувається на основі квантів, прив'язаних до тестових питань, по яких було отримано негативну відповідь.

Сукупність інформації, що виводиться на екран, визначається за наступними ознаками:

- наявності (відсутності) батьківського кванта;
- типом представлення кванта;
- змістовими зв'язками між сусідніми квантами.

З метою формування порції навчального контенту, необхідного для повторного вивчення незасвоєних

квантів  $k_i$ , пропонується використати алгоритм, побудований на основі методу ітераційного пошуку ієрархічно та семантично пов'язаних квантів. Даний метод є узагальненням методу, який об'єднує ітераційний формальний синтез із семантичною розміткою узагальнених понять, запропонований в [3]. В рамках цього підходу після отримання нового поняття в ієрархії можуть бути автоматично визначені нові поняття більш високих рівнів шляхом пошуку спільних наборів атрибутів.

Алгоритм адаптивного формування навчального матеріалу буде складатись із наступних кроків:

1) пошук квантів навчального контенту, що потребують повторного (чи поглибленого) вивчення – визначаються на основі мультимножинного аналізу тестових питань з негативними відповідями [9];

2) аналіз знайдених квантів на наявність батьківських квантів; у випадку їх відсутності перехід до п. 4;

3) включення в матеріал для повторення знайденого кванта та батьківських квантів 1-го рівня;

4) формування контенту для повторення на основі знайденого кванта та квантів, пошук яких відбувається за найближчими семантичними зв'язками.

У випадку отримання повторної негативної відповіді на питання, яке стосується перевірки засвоєння кванта  $k_i$ , системою передбачається застосування допоміжних квантів для більш поглибленого вивчення теоретичного матеріалу.

Запропонований метод дозволяє організувати ієрархічно-семантичне подання навчального контенту на базі онтології предметної області. Завдяки цьому вдається представити найменші інформаційні одиниці (кванти) у форматі, зручному для автоматичної програмної обробки.

Такий підхід дає можливість представити будь-який навчальний курс як набір окремих модулів, що об'єднують множину інформаційних ресурсів та множину тестових елементів, які контролюють процес навчання.

**Висновки.** 1. Моделювання навчальної діяльності з використанням технології керування знаннями на основі онтологій дозволяє реалізувати побудову індивідуальних навчальних траєкторій для тих, хто навчається в адаптивних системах.

2. Запропонований підхід забезпечує можливість автоматичного генерування навчального контенту, який найточніше відповідає прогалинам у знаннях студента.

**Література**

1. Загорюлько Ю. А. Онтологический подход к построению систем информационной поддержки научной и производственной деятельности / Ю. А. Загорюлько, Е. А. Сидорова, О. И. Боровикова // Материалы Всероссийской конференции с международным участием “Знания – Онтологии – Теории” (ЗОНТ–09). – Новосибирск : Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, 2009. – Т. 2. – С. 93–102.
2. Найханова Л. В. Создание декларативного метода извлечения знаний из терминологических словарей / Л. В. Найханова, Р. Б. Хаптахаева, Е. Н. Янсанова // Информационные технологии. – 2008. – № 12. – С. 2–8.
3. Антонов И. В. Формирование онтологических моделей предметной области для электронных обучающих систем / И. В. Антонов, М. В. Воронов // Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования. Сборник научных статей. – Кн. 2. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010. – С. 48–55.
4. Найханова Л. В. Технология создания методов автоматического построения онтологий с применением генетического и автоматного программирования : монография . – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – 244 с.
5. Natalya F. Noy, Deborah L. McGuinness. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology / Stanford University, Stanford, CA, 94305* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://protege.stanford.edu>.
6. Інструменти підтримки процесів аналітичної діяльності експерта при тематичному дослідженні інформаційних ресурсів та джерел / О. П. Мінцер, О. В. Палагін, В. Ю. Величко, О. Є. Стрижак, Г. Тахере // Медична інформатика та інженерія. – 2011. – № 2. – С. 12–23.
7. Гагарин О. О. Проблемы создания гипертекстовой обучающей среды / О. О. Гагарин, С. В. Титенко // Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. – Луганск, 2007. – Ч. 2. – № 4 (110). – С. 6–15.
8. Марценюк В. П. Побудова бази знань в адаптивній навчальній системі / В. П. Марценюк, П. І. Федорук, М. В. Пікуляк // Вісник Київського університету. Серія : фізико-математичні науки. – Київ, 2011. – № 3. – С. 193–199.
9. Петровский А. Б. Мультимножества как модель представления многопризнаковых объектов в принятии решений и распознавании образов // А. Б. Петровский. – Искусственный интеллект. – 2002. – № 2. – С. 236–243.