

**Національна академія наук України  
Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова**

**На правах рукопису**

**УДК 681.3.015**

**БИКОВ Вячеслав Валерійович**

**МОДЕЛІ І ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ  
ТА СТРУКТУРУВАННЯ ЗНАНЬ  
В ІНТЕРАКТИВНИХ ГІПЕРМЕДІА СИСТЕМАХ**

**05.13.02 — математичне моделювання у наукових дослідженнях**

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

**Київ 1996**

АБ 33.277

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00752251 (М)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
ДОВГЯЛЛО Олексій Михайлович.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
ТАРАСОВ Віктор Олексійович,  
кандидат фізико-математичних наук  
БАРДАДИМ Віктор Олексійович.

Провідна організація: Національний технічний університет  
«КПІ».

Захист відбудеться «17» Вересня 1996 р. о 14.00  
год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.39.06 при  
Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України  
за адресою:  
252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічному  
архіві інституту.

Автореферат розісланий «30» липня 1996 р.  
ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

РЕВЕНКО В. Л.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Сучасні перспективи розвитку і підвищення ефективності використання інтерактивних систем обробки інформації на базі персональних комп'ютерів пов'язані з подальшою розробкою графічних інтерфейсів користувача, програмних інтерфейсів, засобів роботи в локальних та глобальних комп'ютерних мережах, а також розвитком та розширенням області застосувань компакт дисків (CD-ROM), засобів та технологій мультимедіа (multimedia), гіпермедіа (hypermedia), віртуальної реальності (virtual reality), а також інформаційного та програмного забезпечення мережі Internet.

Поява і розвиток інтерактивних гіпермедіа систем призвели до широкого розповсюдження засобів підготовки гіпердокументів (hypermedia documents), їх застосування в комп'ютерних підручниках, інформаційно-довідкових системах загального та учбового призначення. Інтерактивні гіпермедіа системи застосовуються на комп'ютерах практично всіх платформ, велика кількість яких підтримує роботу у локальних та глобальних комп'ютерних мережах.

Одною з перспективних областей застосування інтерактивних гіпермедіа систем є підтримка пізнавальної, дослідницької діяльності та навчання. Численні дослідження у цій області виявили необхідність розвитку моделей, що є основою цих систем, а також переходу від гіпермедіа систем, що підтримують лише подання інформації та навігацію у неї, до гіпермедіа систем, що підтримують також процеси конструювання моделей знань користувачів. Такі "гіпермедіа системи для конструювання знань" дозволяють не лише адаптувати інформацію до користувача, але й надають користувачам можливість представляти свої знання з метою подальшого їх обговорення та більш глибокого розуміння складних питань, виявлення у своїх знаннях "білих плям" та "наслідків невірного розуміння".

Результати досліджень та досвід створення і використання гіпермедіа систем для конструювання знань свідчать про плідність використання моделей та ідей когнітивної психології, теорії навчання. Одним з найбільш перспективних шляхів реалізації цього підходу є створення "інструментальних когнітивних засобів" (cognitive tools), тобто розумових та обчислювальних пристроїв, які підтримують, спрямовують і розширюють розумові процеси користувачів (Деррі, Коммерс). Особливо слід виділити когнітивні засоби, які використовують понятійні карти, семантичні мережі, плани, фрейми та інші структури, які дозволяють забезпечити необхідний рівень наочності, формальності та адекватності моделям структур знань людини.

У дослідженнях таких структур знань отримав визнання термін "структурні знання" (Йонассен, Бейснер, Яккі). Структурні знання — це знання про те, як взаємозв'язані поняття в рамках певної області. Використання в інтерактивних гіпермедіа системах наочних та адекватних моделей структурних знань користувачів сьогодні визнається перспективним, однак є ще не досить дослідженим засобом підвищення ефективності навчання або досліджень. Таким чином, питання про розробку моделей і програмних засобів представлення та структурування знань в інтерактивних гіпермедіа системах є актуальним як в теоретичному, так і в прикладному аспектах.

Мета досліджень: створення моделей і програмних засобів інтерактивних гіпермедіа систем для представлення та структурування знань користувачів, які б забезпечили можливість використання широкого спектру моделей структур знань, навігацію у цих структурах та підтримку групового (у тому числі дистанційного) режиму роботи користувачів. Досягнення мети забезпечено завдяки вирішенню таких задач:

1. Розробити модель бази структурних знань як компонента інтерактивної гіпермедіа системи, який призначений для організації та підтримки

процесу представлення та структурування знань користувачів у ході навчання або наукового дослідження.

2. Розробили моделі організації представлення та систематизації користувачами (учнями, дослідниками, викладачами) структурних знань.

3. Для перевірки вищезазначених моделей розробити концепцію побудови програмних засобів представлення та структурування знань та їх інтеграції в інтерактивні гіпермедіа системи.

4. Розробити алгоритми візуалізації мережевих структур, які б забезпечили підвищення ефективності використання цих структур для представлення та структурування знань в інтерактивних системах.

5. Реалізувати програмні засоби представлення та структурування знань для середовища MS-Windows, які орієнтовані на використання різними категоріями користувачів.

6. Реалізувати програмні засоби представлення знань у вигляді понятійних карт на WWW-сторінках в мережі Internet.

Методи досліджень. У роботі застосовано методи теорії множин, теорії графів, дискретної оптимізації, об'єктно-орієнтованого проектування, проектування баз даних та знань, теорії навчання, когнітивної психології.

#### Наукова новизна роботи:

1. Розроблена модель бази структурних знань (БСЗ) — компонента інтерактивної гіпермедіа системи, що призначений для організації та підтримки процесу представлення та структурування знань користувачів у ході навчання або наукового дослідження. Модель являє собою специфікацію класів (об'єктно-орієнтований підхід). Виділяється базовий клас об'єктів БСЗ (структур) та базовий клас БСЗ. Описуються основні методи цих класів. На рівні базових класів реалізовані механізми зберігання та модифікації гіперзв'язків між об'єктами БСЗ та їх частинами, зберігання та модифікація зв'язків із зовнішніми об'єктами — локальними

файлами та віддаленою інформацією, механізми прив'язування, типізації, захисту даних, історії версій коментування.

2. Розроблені моделі організації представлення та систематизації користувачами (учнями, дослідниками, викладачами) структурних знань. Моделі інтегрують положення когнітивної психології, задачного підходу та теорії рефлексивних процесів. Процес конструювання моделей структурних знань за допомогою програмного засобу розглядається як спільний для суб'єктів та комп'ютерів процес розв'язання різноманітних задач; особлива увага при цьому приділяється рефлексивним процесам, тобто процесам багаторазового відображення суб'єктами значень понять та зв'язків.

3. На базі вищезазначених моделей розроблена концепція побудови програмних засобів представлення і структурування знань та їх інтеграції в інтерактивні гіпермедіа системи, яка дозволяє комплексно організувати розробку цих програмних засобів та перевірку вищезазначених моделей.

4. Розроблені алгоритми візуалізації мережевих структур, які забезпечують підвищення ефективності використання цих структур для представлення та структурування знань в інтерактивних системах.

Практична цінність роботи. Основними практичними результатами дисертаційної роботи є розроблені автором для середовища MS-Windows інтерактивні гіпермедіа системи для представлення та структурування знань: "Редактор понятійних карт - 1" (РПК-1), РПК-2 та "Активізатор структур", які орієнтовані на локальне використання учнями, дослідниками, викладачами або їх групами, та характеризуються різними наборами структур, що використовуються, різними рівнями розвитку та складності інтерфейсу користувача; РПК-3, що орієнтований на використання на WWW-сторінках в глобальній комп'ютерній мережі Internet.

Реалізація результатів роботи. Результати дисертації використовувалися при виконанні таких робіт: за темою 06.02.03/054-92 "Інтелектуалізація комп'ютерних технологій навчання на основі структурування та

активізації знань учбового призначення" комплексного проекту ДКНТ України №05.02.03/001К-95 "Інтелектуалізація інформаційних технологій"; за темою И.П.405.12 "Розробка методів та засобів створення дистанційного учбового моніторингу з використанням комп'ютерних технологій навчання"; міжнародного проекту Copernicus'94 — European Commission, Directorate General XIII Joint Research Project #1445 "Flexible and Distance Learning Through Telematic Networks: A Case for Teaching English, and Communication and Information Technologies"; гранту фонду "Євразія" №K96-0913 "Організація загальнодоступного навчання комп'ютерним технологіям мережі Internet для національної аудиторії через комп'ютерні мережі України".

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на Всесоюзній науковій конференції "Компьютерные технологии в учебно-воспитательном процессе в школе и вузе" (Свердловск 1990), міжнародній науковій конференції "East-West International Conference on Computer Technologies in Education (EW-ED'94)" (Симферополь, 1994), на науковій конференції "Програмно-технічні засоби інформатизації освіти" (НВО "Електронмаш", Київ, 1995), на наукових семінарах Інституту кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України (Київ, 1991-1996).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 6 праць.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків по розділах і загальних висновків, викладених на 140 сторінках, містить 15 рисунків, список використаної літератури з 112 найменувань та 11 додатків на 40 аркушах.

У другому розділі розглянуто базові елементи БДБ — структури які

характеризуються частістю дій, м. інше, у адекватності для базисних

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми, сформульовані цілі роботи, задачі досліджень та основні положення, що виносяться до захисту.

У першому розділі розглядається класифікація видів знань, виділяються структурні знання; розглядаються існуючі методики здобування, представлення та оцінювання структурних знань; з цього приводу аналізуються особливості сучасного етапу розвитку комунікаційних та інформаційних технологій; систематизуються існуючі програмні засоби представлення та структурування знань, у тому числі когнітивні інструментальні засоби.

На рис. 1 подані уявлення про структуру знань, що використовуються у роботі. Особливо виділені дві розмірності знань: "елементарні знання — інтегровані знання" та "конкретні знання — абстрактні знання", а також відображені такі важливі процеси, як аналіз, синтез, узагальнення та конкретизація. Вони відповідають напрямкам трансформації та організації знань.

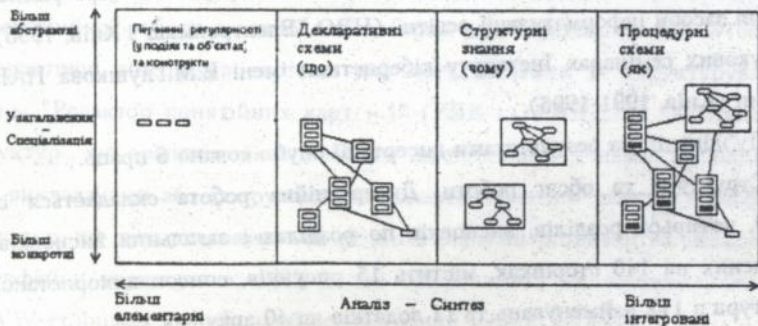


Рис 1 Види та розмірності знань

Основу декларативних знань ("знань що") формують первинні *регулярності* в об'єктах та подіях, базові *конструкти*, а також *мітки* (імена), що служать для їх позначення. На їх основі утворюються поняття. *Системи* (і поняття (*декларативні схеми*)) являють собою наступний рівень інтеграції декларативних знань. Декларативні знання дозволяють людині впізнати та визначати об'єкти та події, що формує основу для мислення про ці об'єкти та події і використання цих схем.

*Процедурні знання* ("знання як") базуються на декларативних та структурних знаннях. Найбільш інтегровані структури пам'яті – *процедурні схеми*, крім декларативних знань містять також процедури, що роблять можливим використання відповідних декларативних знань.

*Структурні знання* – це знання про структуру декларативних знань. Сконцентровані знання про взаємозв'язки між поняттями, тобто структурні знання, дуже важливі для процедурних знань, бо дають можливість, базуючись лише на них, швидко робити важливі висновки. Для того, щоб "знати як", необхідно "знати чому". Структурні знання забезпечують основу для відповіді "чому"; вони описують, як взаємозв'язані елементи декларативних знань.

Базуючись на аналізі сучасних тенденцій розвитку засобів навчання, у роботі робиться висновок, що на сучасному етапі мають розвиватися засоби, що полегшують перехід в практиці навчання, по-перше, від вбирання готових знань до спрямованого та самостійного пошуку нових знань і, по-друге, від заучування до осмисленого вчення. Робиться висновок, що на першому напрямку можуть допомогти сучасні засоби телекомунікації, такі як глобальна комп'ютерна мережа Internet, і сучасні технології обробки та організації інформації, такі як мультимедіа, гіпермедіа, CD-ROM. Для просування на другому напрямку необхідно ширше використовувати засоби представлення та структурування знань.

У другому розділі розглянуті базові елементи БСЗ – структури, що характеризуються наочністю, формальністю і є адекватними для багатьох

ситуацій навчання та досліджень моделями структурних знань, що використовує людина. Застосовуються підходи та термінологія об'єктно-орієнтованого проектування. На основі аналізу існуючих когнітивних засобів, а також теоретичних положень когнітивної психології та штучного інтелекту в роботі виділені такі класи структур як список (SL), список з підписками (SLL), дерево (SH), фрейм (SF), понятійна карта (SCM), граф з підграфами (SSN), текст (STXT). Введено також клас OBJ – базовий клас об'єктів БСЗ. Всі вищезазначені класи є нащадками класу OBJ. Статичним (тобто загальним для всіх об'єктів класу) членом класу OBJ є об'єкт KB класу SKB, що виконує найбільш загальні функції БСЗ (рис.2).

Розглянуті основні методи зазначених класів.

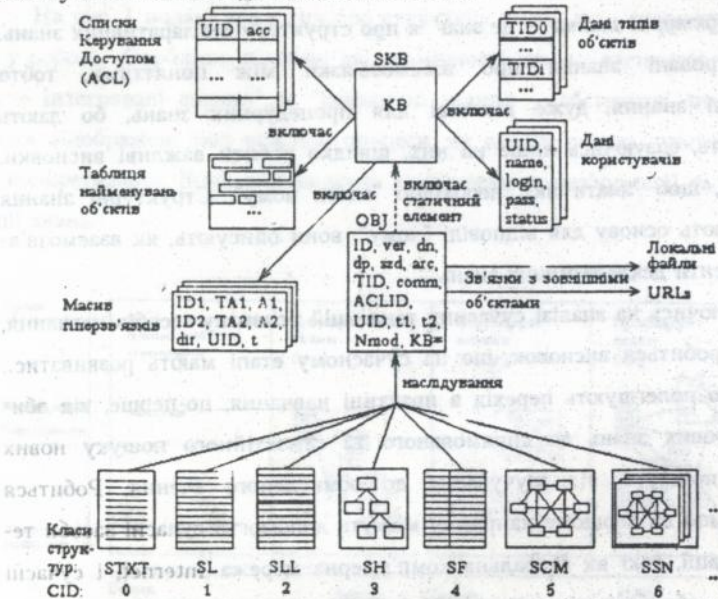


Рис. 2. Модель БСЗ, що пропонується

Далі у роботі розглядаються три моделі гіпермедіа систем: модель NAM, модель Dexter, модель "Вкладені графи". На базі аналізу зазначе-

них моделей гіпермедіа розширені дані та методи класів OBJ та SKB. Запропоновані наступні основні модифікації БСЗ:

1. Механізм прив'язування. Кожен об'єкт OBJ містить список якорів, то мають різні.. зміст для різних класів — спадкоємців класу OBJ. Якорями можуть бути пункти списку в SL, пункти списку, підписки, пункти підписків в SLL, слоти в SF, вузли в SH, вузли та зв'язки в SCM, підграфи, вузли та зв'язки в підграфах, типи зв'язків в SSN, частини тексту в STXT. Якорі можуть бути не тільки фіксовані, але й ті, які обчислюються, наприклад, вузол з певним ім'ям або типом в понятійній карті. Крім того, SKB підтримує таблицю асоціативних зв'язків (гіперзв'язків) об'єктів. Кожен гіперзв'язок має наступну структуру: ідентифікатор першого об'єкта, тип якоря в першому об'єкті, дані якоря в першому об'єкті, ідентифікатор другого об'єкта, тип якоря в другому об'єкті, дані якоря в другому об'єкті, напрямок, автор, час створення.

2. Механізм типізації. Введемо поняття типу об'єкта БСЗ. Будемо розрізнявати тип об'єкта у БСЗ та тип об'єкта у класі. Кожному класу дамо унікальний ідентифікатор (CID), кожному типу об'єктів в класі дамо унікальний у класі ідентифікатор (TIDloc). Тоді пара <CID, TIDloc> буде задавати унікальний у БСЗ ідентифікатор об'єкта (TID). Об'єкти БСЗ пов'язані між собою гіперзв'язками. Ці гіперзв'язки мають напрямки. Задамо тип об'єкта так, щоб він накладав обмеження на типи об'єктів, з якими даний об'єкт може бути пов'язаний "вихідними" гіперзв'язками. Будемо підтримувати також спадкування типів об'єктів БСЗ, вважаючи, що обмеження, задані у батьківському типі, з'єднуються (AND) з обмеженнями, які задані безпосередньо в даному типі. Таким чином, тип об'єкта БСЗ може бути описаним такою структурою: ідентифікатор класу об'єктів БСЗ, унікальний у класі ідентифікатор типу, унікальний у класі ідентифікатор батьківського типу, масив унікальних у БСЗ ідентифікаторів типів (з якими дозволено створювати вихідні гіперзв'язки), розмір

цього масиву. Тип об'єкта зберігається в кожному об'єкті (OBJ), таблиця типів описана в KB.

Будемо розрізняти "гнучку" типізацію об'єктів БСЗ, коли типи об'єктів можна змінювати в інтерактивному режимі, та "жорстку" типізацію, коли зміна типів потребує перекомпіляції програмного засобу. Сучасним програмним засобам представлення та структурування знань притаманна "жорстка" типізація об'єктів БСЗ, що звужує область їх застосувань.

3. Механізм захисту даних реалізується через списки керування доступом (СКД). Створення СКД для об'єкта є не обов'язковим. СКД містить у собі ім'я користувача та ряд дозволів. Користувачем є будь-хто, хто має доступ до БСЗ. Підтримуються наступні типи дозволів: перегляд, анотування, оновлення, руйнування. KB зберігає глобальний список користувачів БСЗ з їх даними, що включають пароль та статус (адміністратор, звичайний користувач, гість).

4. Механізм історії версій. Історія версій для об'єкта БСЗ оновлюється кожен раз, коли об'єкт модифікується. Об'єкти (екземпляри класу OBJ) можуть мати атрибути "архівувати" або "не архівувати". Коли оновлюється деякий об'єкт, який має атрибут "архівувати", створюється нова версія об'єкта з використанням нового вмісту. Попередні версії такого об'єкта також залишаються доступними. Коли оновлюється деякий об'єкт, що має атрибут "не архівувати", попередній вміст замінюється новим. Застарілі версії можуть автоматично руйнуватися. Загальні дані об'єкта БСЗ включають час його створення, останньої модифікації, кількість модифікацій.

5. Механізм коментування. В роботі розглядаються моделі представлення та систематизації користувачем структурних знань. Моделі базуються на положеннях когнітивної психології, задачного підходу та теорії рефлексивних процесів. Процес конструювання моделей структурних знань за допомогою програмного засобу розглядається як процес

розв'язан'я різних задач, який розподіляється між суб'єктами та комп'ютерами; особлива увага при цьому приділяється рефлексивним процесам, тобто процесам багаторазового відображення суб'єктами значень понять та зв'язків. Застосовується розвинений автором (додаток 6) апарат рефлексивної алгебри В.Лефевра.

Нехай  $\Omega$  – ситуація, у якій відбувається представлення та структурування знань. В ситуації  $\Omega$  будемо виділяти поле первинних об'єктів, подій або ситуацій (Т), що вважається незмінним за проміжок часу, що розглядається, множину їх матеріальних моделей (М) та множину їх ідеальних моделей (І). У даному випадку  $T = \sum K_{is}$ , де  $K_i$  – знання суб'єкта ( $H_s$ ) за певною темою (розділом) курсу (області знань)  $D_i$ ,  $M_{is}$  – (комп'ютерна) модель структурних знань суб'єкта. Як вид моделі може виступати одна з описаних структур (SL, SH, SCM, SLL, SSN, STXT) або вся БСЗ.

Якщо  $M_{is}$  – модель структурних знань суб'єктів ( $H_s$ ) за темою  $D_i$  у вигляді понятійної карти (SCM),  $N_{isk}$  – імена понять,  $R_{isnm}$  – імена зв'язків,  $h_s$  – оператор усвідомлення суб'єкта  $H_s$ , тоді

$$M_{is} = \sum N_{isk} + \sum R_{isnm}$$

$$I = (\sum K_{is} + \sum M_{is}) \sum h_s = \sum K_{is} \sum h_s + \sum N_{isk} \sum h_s + \sum R_{isnm} \sum h_s,$$

$$M = \sum M_{is}, \quad \Omega = I + M + T.$$

Для підтримки рефлексивних процесів з метою стимулювання процесів глибокого розуміння та мислення в БСЗ вводиться структура даних коментаря OComm, яка містить тип якоря в об'єкті коментування, дані якоря в об'єкті коментування, текст коментаря, унікальний ідентифікатор автора коментаря, час створення коментаря, позначку прочитання коментаря автором об'єкта, текст відповіді автора об'єкта коментування, час створення відповіді. Механізм коментування дає можливість приєднувати коментарі до кожного об'єкта БСЗ: поняття чи зв'язку у понятійній карті, пункту списку, слоту фрейму, вузлу дерева. Спеціальний атрибут може

бути використаний для дозволу чи заборони коментування у тому чи іншому об'єкті для інших користувачів.

Недавно з розвитком засобів телекомунікацій і особливо мережі Internet стало можливим створювати кооперативні дистанційні середовища. В роботі розглянуто застосування БСЗ як компонента кооперативного дистанційного середовища підтримки пізнавальної або дослідної діяльності, виходячи з можливості використання наступних п'яти базових видів транзакцій: пересилка документів; файли, що розділюються; гіпертекст (WWW-сторінки), що розділюється; асинхронні конференції; синхронні конференції.

У третьому розділі запропоновано та розглянуто концепцію побудови програмних засобів представлення та структурування знань та їх інтеграції в інтерактивні гіпермедіа системи, що базується на моделях, які розроблені у другому розділі. Концепція, що пропонується, дозволяє послідовно (див. рис. 3)

- побудувати наочні базові моделі структурних знань (СЗ), які орієнтовані на використання в інтерактивних гіпермедіа системах такими категоріями користувачів, як учні, дослідники, викладачі;

- на основі наочних базових моделей СЗ побудувати гіпермедіа моделі СЗ, які підтримують жорстку та гнучку інтеграцію базових моделей СЗ:

- організувати динамічну реєстрацію класів базових моделей СЗ в гіпермедіа моделях СЗ з гнучкою інтеграцією базових моделей;

- побудувати два ряди програмних засобів представлення та структурування знань: платформи залежні засоби; платформи незалежні засоби, що орієнтовані на використання на WWW-сторінках в мережі Internet;
- організувати горизонтальну та вертикальну знизу-вверх сумісність цих програмних засобів за даними;

- інтегрувати побудовані моделі СЗ у зовнішні текстові, гіпертекстові та інші документи;

- використовувати побудовані моделі СЗ в мережі Internet;
- організувати базу завдань для оцінки структурних знань.

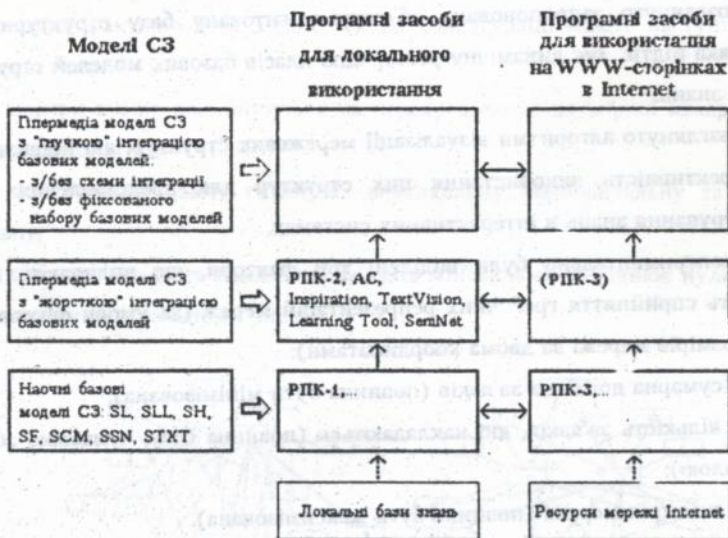


Рис. 3. Програмні засоби представлення та структурування знань

Запропонована концепція дозволяє комплексно організувати розробку програмних засобів представлення та структурування знань та перевірку моделей, що лежать в основі цих засобів. Вона дозволяє уникнути ситуації, коли розроблені засоби є несумісними за даними, а моделі, що складають їх основу дуже непросто порівняти.

Завдяки комплексному підходу до розробки програмних засобів представлення та структурування знань, який пропонується у цій концепції, з'являється можливість реалізувати та перевіряти більш складні та гнучкі гіпермедіа моделі СЗ — моделі СЗ з "гнучкою" інтеграцією наочних базових моделей.

Запропоновані принципи та механізми інтеграції засобів представлення та структурування знань в інтерактивні гіпермедіа системи розгля-

нуті на прикладі програмної системи, що включає наступні три підсистеми: 1) браузер/редактор гіпертекстових документів; 2) браузер/редактор баз структурних знань; 3) ігравач/конструктор тестів знань.

Розглянуто запропоновану об'єктно-орієнтовану базу структурних знань, яка підтримує динамічну реєстрацію класів базових моделей структурних знань.

Розглянуто алгоритми візуалізації мережевих структур, які підвищують ефективність використання цих структур для представлення та структуризації знань в інтерактивних системах.

Експериментально були виділені три фактори, що впливають на трудність сприйняття графічних репрезентацій мереж (за умови фіксованості розмірів мережі за двома координатами):

- 1) сумарна довжина зв'язків (повинна бути мінімізована);
- 2) кількість зв'язків, що накладаються (повинна бути нульовою або дуже малою);
- 3) симетрія мережі (повинна бути максимізована).

Важливою характеристикою цих факторів є те, що вони можуть бути обчислені. Розроблено дві групи алгоритмів, що оптимізують три зазначених фактори:

- що не використовують конфігурації (множини дозволених координат вузлів), які оптимізують фактори 2 та 3;
- що використовують спеціальні конфігурації, що оптимізують фактори 2 та 3.

Перша група складається з одного алгоритму, що мінімізує сумарну "довжину зв'язків" мережі  $F_L = \sum |x_k - x_l| + |y_k - y_l|$  шляхом переставлення  $n$  вузлів на  $m \geq n$  дозволених позиціях. При кінцевій реалізації дозволених позицій задаються користувачем в інтерактивному режимі, а алгоритм запускається натисненням певної комбінації клавіш або вибором відповідного пункту меню. Як метод оптимізації пропонується

використовувати метод градієнта, що дозволяє за прийнятний час знаходити локальний мінімум функції  $F_L$ .

Друга група алгоритмів використовує спеціальні конфігурації для оптимізації факторів 2 та 3 (рис. 4). Ці конфігурації мають наступні характеристики:

центри вузлів розміщуються на перехрещеннях двумірної квадратної координатної сітки;

конфігурації мають симетрію: вертикальну, горизонтальну та центральну;

сумарна кількість накладень зв'язків мінімальна (дорівнює нулю або невеликому натуральному числу).

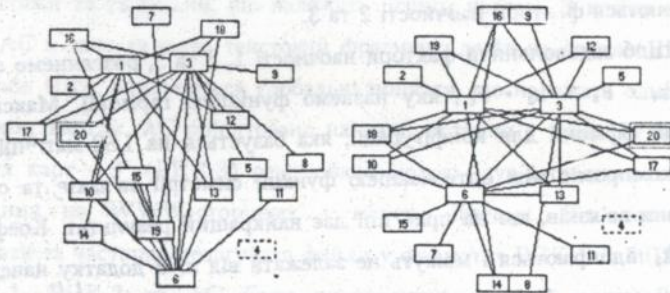


Рис. 4. Дві конфігурації однієї мережі перед упорядкуванням і оптимізацією та після них

Наочні конфігурації, що розглядаються, базуються на матрицях спеціального виду. Назвемо ці матриці LS2-матрицями. Для будь-якої LS2-матриці  $M$  розміром  $2n \times 2n$  виконуються наступні умови:

- 1)  $M[i, j] = 0$  або 1, тобто LS2-матриці є (0,1)-матрицями;
- 2)  $M[i, j] = M[2n-1-i, 2n-1-j] = M[2n-1-i, j] = M[i, 2n-1-j]$ ;

$$3) \sum_{i=0}^{n-1} M[i, j] = 1, \quad \sum_{j=0}^{n-1} M[i, j] = 1;$$

4) сумарна кількість трійок вузлів, що лежать на одній (похилій) прямій лінії дорівнює мінімально можливому для всієї множини матриць, що задовольняють умовам 1, 2 та 3.

Застосування LS2-матриць вирішує проблеми симетрії вузлів та мінімізації числа зв'язків, що накладаються. Однак для забезпечення симетрії мережі (яка звичайно не містить усіх можливих зв'язків) необхідно також вирішити проблему симетрії зв'язків. Пропонується ввести функцію симетрії мережі  $F_s$ , що дорівнює сумі пар симетричних (горизонтально, вертикально або центрально) зв'язків. Цю функцію необхідно максимізувати, використовуючи відповідну кількості вузлів конфігурацію, що базується на LS2-матриці, та переставляючи вузли. При цьому задовольняються фактори наочності 2 та 3.

Щоб задовольнити фактори наочності 1, 2 та 3, розглянемо функцію  $F_n = k_1 \cdot F_s + k_2 \cdot F_L$ , яку назвемо функцією гармонії. Максимізація функції гармонії для конфігурації, яка базується на LS2-матриці, знаходить компроміс між оптимізацією функції симетрії зв'язків та сумарної довжини зв'язків, що на практиці дає найкращий результат. Коефіцієнти  $k_1$  та  $k_2$  підбираються і можуть не залежати від  $n$ . В додатку наведені реалізації мовою C алгоритмів розрахунку координат вузлів мережі, що розглянуті в даному параграфі.

У четвертому розділі розглядаються розроблені програмні засоби представлення та структурування знань, а також їх апробація та перспективи розвитку.

Розроблений програмний засіб конструювання понятійних карт "Редактор понятійних карт - 1" (РПК-1) працює в середовищі MS-Windows. За допомогою РПК-1 користувачі можуть конструювати понятійні карти, що є моделями їх індивідуальних або розділюваних знань певної області (теми). Понятійні карти, що побудовані за допомогою РПК-1, можуть містити до 200 понять та 400 зв'язків і можуть бути збережені в файлі. В РПК-1 користувач може скопіювати зображення понятійної карти в

Clipboard та потім надрукувати його чи вставити в інший документ. Користувач може задавати кольори понять та зв'язків. Інтерфейс користувача РПК-1 зроблено максимально зручним. РПК-1 може використовуватись практично кожним користувачем, що має навички роботи в MS-Windows. На практиці РПК-1 можна використовувати починаючи з середніх класів середньої школи. "Редактор понятійних карт - 2" (РПК-2) має більш складний мультимедійний (MDI) інтерфейс. РПК-2 підтримує роботу з однією понятійною картою; він дозволяє зв'язувати текстовий фрагмент з кожним поняттям або зв'язком, а також з понятійною картою у цілому. РПК-2 може використовуватись починаючи із старших класів середньої школи. "Активізатор структур" (АС) дозволяє працювати одночасно з декількома понятійними картами, встановлювати гіперзв'язки між поняттями та зв'язками, що належать різним картам. З кожним поняттям в АС можна зв'язати текстовий фрагмент, декілька локальних документів або URL; виділяються глобальні поняття, що належать одночасно декільком картам. АС орієнтовано на використання у вузі. "Редактор понятійних карт - 3" (РПК-3) реалізовано мовою Java і орієнтовано на використання на WWW-сторінках в мережі Internet. Він дозволяє візуалізувати та частково редагувати файли у форматах РПК-1 та РПК-2.

РПК-1, РПК-2 та АС були впроваджені в ліцеї природничо-наукового профілю м. Києва, де був проведений ряд досліджень, в яких приймали участь учні 9-11 класів та викладачі. Підтверджено ефективність застосування цих програмних засобів при викладанні та вивченні фізики та біології. Дані програмні засоби дозволяли швидко підготувати научні схеми, що використовувалися на уроках, а також сприяли більш глибокому розумінню матеріалу інтерактивних гіпермедіа енциклопедій при використанні на позакласних заняттях. РПК-3 застосовувався в дистанційному учбовому курсі "Комунікаційні та інформаційні технології", який реалізовано на WWW в мережі Internet в Учбовому центрі Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України. РПК-3 є ефек-

тивним WWW-орієнтованим засобом представлення відношень між поняттями та зв'язками, що в'ячаються або досліджуються. Його застосування підвищувало якість прямого і особливо зворотного зв'язку, допомагало виявляти труднощі та помилки розуміння і, таким чином, підвищувало якість навчання в цілому.

У висновку сформульовані основні результати роботи.

У додатках наведені акт про запровадження розроблених програмних засобів; описи мовою C++ базових класів бази структурних знань; алгоритми побудови LS2-матриць; LS2-матриці для  $n \in [1,10]$ ; алгоритми розрахунку координат вузлів мережевих структур; апарат аналізу рефлексивних процесів; методика введення та застосування понятійних карт в навчанні; приклади понятійних карт, що побудовані за допомогою реалізованих програмних засобів.

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ

### В ТАКИХ ПРАЦЯХ:

1. Быков Р.В., Ильичев Д.Е., Литвинов М.А. Компьютерное моделирование электростатических полей // Компьютерные технологии в учебно-воспитательном процессе в школе и вузе (Свердловск, 13-15 ноября 1990 г.); Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. — Свердловск: Свердл. пед. ин-т, 1990. — С. 103-104.

2. Быков В.В. Разработка объектно-ориентированной базы данных для хранения иерархических и сетевых структур, ориентированной на использование в инструментальных системах конструирования АУК // Опыт разработки и внедрения компьютерных технологий в обучении. — Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, 1994. — С. 20-30.

3. Bykov V.V. One Application of General Problem Solving Theory Approach to Development of Education Software // East-West Conf.

Comput. Tech. in Education (Crimea, Ukraine, Sept., 19-23th, 1994), Conf. Abstracts. — Moscow: ICSTI, 1994. — P. 107.

4. Отенко В.І., Биков В.В. Електронне навчальне видання в контексті безперервної професії // Психолого-педагогічні проблеми професійної освіти: Науково-методичний збірник. — К., 1994. — С 349-352.

5. Биков В.В. Програмні засоби організації та підтримки конструювання знань // Програмно-технічні засоби інформатизації освіти: Матеріали науково-методичної конференції. — К., 1995. С.82.

6. Быков В.В. Реализация гипермедиа системы организации и поддержки конструирования знаний // Коммуникационные и информационные компьютерные технологии в обучении. — Киев: Ин-т кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, 1995. — С. 25-36.

Быков В.В. Модели и программные средства представления и структуризации знаний в интерактивных гипермедиа системах.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.02 – математическое моделирование в научных исследованиях. Институт кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины, Киев, 1996.

Защищается рукопись на основе 6 статей, которые содержат в себе результаты исследований и разработок моделей и программных средств представления и структуризации знаний в интерактивных гипермедиа системах. На основе разработанных моделей и инструментальных средств реализованы: в среде MS-Windows – программные средства представления и структуризации знаний, ориентированные на различные категории пользователей; на языке Java – программное средство визуализации понятийных карт, ориентированное на использование на WWW-страницах в сети Internet. Проведена апробация разработанных средств в лицее естественно-научного профиля г. Киева, а также в дистанционном учебном курсе "Коммуникационные и информационные технологии", реализованном на WWW в сети Internet в Учебном центре Института кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины.

Bykov V.V. Models and program tools for representing and structuring of knowledge in interactive hypermedia systems.

Dissertation for the degree of Candidate of Sciences in Engineering. Speciality: 05.13.02 – mathematical modeling in researches. V.M.Glushkov Institute for Cybernetics, NAS of Ukraine, Kiev, 1996.

The manuscript is based on 6 articles containing the results of researches and development of models and program tools for knowledge representation and structuring in interactive hypermedia systems. Following tools were developed during the research: MS-Windows concept mapping tools for different categories of users; a Java applet for concept mapping on the Web pages in Internet. The tools were tested and approved at Kiev natural sciences lyceum, and in "Communication and Information Technologies" distance WWW-based learning course developed at IRTC, V.M.Glushkov Institute for Cybernetics, NASU, Kiev, Ukraine.

Ключові слова: інтерактивність, когнітивний інструментальний засіб, гіпермедиа система, представлення і структурування знань, комп'ютерна технологія навчання, моделі і програмні засоби, бази знань, структурні знання, понятійні карти, Internet.

Підп. до друку 19.07.96. Формат 60×84/16. Папір офісний. Офс. друк.  
Ум. друк. арк. 1,16. Ум. фарбо-відб. 1,28. Обл.-вид. арк. 0,91. Тир. 100.  
Зам. 338.

---

Редакційно-видавничий відділ з поліграфічною дільницею  
Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України  
252022 Київ 22, проспект Академіка Глушкова, 40

6.20200

AB 35.274