

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

M.I. Khodakovskiy

## THE APPLICATION OF ELEMENTS OF INFORMATION NANOTECHNOLOGIES OF MOLECULAR STRUCTURES OF MEMORY OF SUBSYSTEMS NATURAL INTELLIGENCE IN COMPUTER EDUCATION SYSTEMS

*A new approach for the development of methods of processing of the information for extraction of knowledge from molecular devices of subsystems of natural intelligence is considered. The new structures are investigated and may be used in computer training systems and simulators. The specificity of functioning of molecular intelligence system allowing to reveal the probable mechanism of forming of the elements of the informational nanotechnologies is analyzed.*

*Дослідження можливостей і особливостей функціонування базових елементів інформаційних нанотехнологій підсистем природного інтелекту людини дозволяють зробити висновки за найбільш вагомими застосуваннями останніх при розробці комп'ютерних навчаючих систем та створенні нового покоління підручників.*

© M.I. Ходаковський, 2006

УДК 681.3

М.І. ХОДАКОВСЬКИЙ

## ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ НАНОТЕХНОЛОГІЙ МОЛЕКУЛЯРНИХ СТРУКТУР ПАМ'ЯТІ ПІДСИСТЕМ ПРИРОДНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КОМП'ЮТЕРНИХ НАВЧАЮЧИХ СИСТЕМАХ

**Вступ.** Системний підхід до оцінки якості освіти спонукає розробників комп'ютерних навчаючих систем до використання здобутку, як класичної та сучасної педагогіки і психології, так і математичних теорій навчання для створення сучасних освітніх технологій.

Кібернетичні підходи до методів навчання дозволили знайти нові принципи організації молекулярної розподіленої пам'яті в людини [1]. Коротка суть таких принципів зводиться до того, що при дотриманні визначених правил подачі навчального матеріалу молекулярні структури мозку, що відповідають за введення, збереження, переробку і прийняття рішень, що найкраще самі виконують цю роботу. Збої в одержанні школярами і студентами та іншими суб'єктами навчання необхідних знань у великій мірі виявляються в невиконанні вимог, короткий зміст яких наводиться далі.

При використанні зазначеного методу суб'єкт навчання з його можливостями засвоєння навчального матеріалу розглядається як унікальна персональна експертна система, що працює за своїми правилами, які, за рядом ознак, близькі до комп'ютерних експертних систем.

**Постановка задачі.** Мета даної роботи – знаходження шляхів застосування в комп'ютерних навчаючих системах інформаційних нанотехнологій, які функціонують у молекулярних структурах пам'яті підсистем

природного інтелекту.

**Необхідність визначення складності рішення задач як складності опису і створення бази знань про проблемне середовище.** Оцінюючи можливості ієрархічно організованої молекулярної пам'яті підсистем природного інтелекту (ПІ), можна зазначити, що рішення складних задач з необхідними етапами введення, збереження і переробки інформації в них відбувається своєрідно. Таке рішення успішно реалізується не стільки за допомогою збільшення складності алгоритму рішення чи наявності великої кількості інформації, а шляхом обробки інформації у спеціальному проблемному середовищі – специфічно організованій системі знань. Можна вважати, що використовувана в підсистемах ПІ база знань (БЗ) відображає всю можливу на даний момент повноту різноманіття об'єктів – компонентів такої БЗ [2, 3]. У свою чергу, наявні компоненти БЗ містять максимально можливу кількість описів, висловлень і інших характеристик, а також інструкцій із взаємодії з останніми, що дозволяє приймати правильні рішення.

Виходячи з прийнятого підходу функціонування БЗ у підсистемах ПІ, а також з урахуванням головного інструментарію забезпечення роботи таких БЗ у вигляді ієрархічної системи спеціалізованих експертних систем (ЕС) стає зрозумілим, які великі вимоги необхідно пред'являти до процесів ієрархічного структурування інформації, що вводиться, у такі БЗ. Природно, що високоорганізовані ЕС підсистем ПІ за наявністю ієрархічно організованої молекулярної пам'яті (МП) при введенні в МП погано структурованої інформації самі роблять необхідну структурування інформації, що надходить, за рахунок значних втрат часу і невиправданих навантажень на підсистеми ПІ [2].

Таким чином, стає досить обгрунтованою необхідність створення комп'ютерних навчаючих систем, здатних у достатній мірі створювати прототипи БЗ, близьких за своєю організацією до БЗ підсистем ПІ.

Наявне програмне забезпечення (з використанням реляційних таблиць, об'єктів, продукцій, фреймів і т.п.) для опису подібних БЗ не дозволяє відображати все різноманіття організації зв'язків усередині самих БЗ. Тому стає дуже важливою задача створення спеціально структурованих мов, близьких за семантикою до природної мови [3, 4]. За суттю мова йде про представлення роботи і створення сімейства формалізованих мов опису й обробки знань. Необхідно підкреслити, що така мова обробки знань (МОЗ) вже існує у підсистемах ПІ [5, 6] і має дуже важливі для користувача властивості – не допускає в остаточному підсумку двозначності в тлумаченні висловлень і забезпечує при формуванні вхідних, проміжних і вихідних висловлень і визначень гранично ясну структуру.

**Дослідження в області розуміння механізмів формування баз знань у підсистемах ПІ.** Теоретичні й експериментальні підходи до вивчення механізмів побудови баз знань у підсистемах ПІ з урахуванням семантичного аналізу і специфічних умов організації таких БЗ [7–10] дозволяють ставити питання про можливість розуміння роботи ЕС підсистем ПІ і про побудову на цій основі семантичної теорії формалізованого представлення знань для систем штучного інтелекту (ШІ). Зазначена теорія дозволить наблизитися до розуміння алгоритму роботи формалізованої МОЗ для комп'ютерних систем [11].

Якщо виходити з визначення, що в переважній більшості випадків рішенням задачі є одержання невідомих (даному користувачу) знань з наявних відомих у даній базі знань, то основна проблема рішення задачі зводиться до побудови алгоритму пошуку компонентів «невідомого» знання в рамках наявних БЗ.

Таким чином, ми підійшли до визначення інформаційних нанотехнологій (ІНТ), що функціонують на молекулярному рівні в підсистемах ПІ. Відмінність ІНТ від інформаційних технологій для комп'ютерних систем (КС) – вищезазначена наявність апарата формалізованого представлення й обробки знань за допомогою спеціалізованої мови на значно вищому рівні, ніж у КС. Незважаючи на недосяжність рівня інформаційних технологій КС рівня ІНТ підсистем ПІ, у ряді випадків розробники систем ШІ можуть навіть перевершити можливості систем прийняття рішень в ПІ. Нехай це були перші кроки ( комп'ютерна система фірми ІВМ, що перемогла чемпіона світу по шахам), але вони дозволили по новому подивитися на можливості ІТ для КС і, в свою чергу, дали змогу з нових точок зору подивитися на можливості, як ПІ, так і ШІ і порушити питання про створення комп'ютерних навчальних систем з використанням ІНТ молекулярних систем пам'яті підсистем ПІ.

Безсумнівно, важливими перевагами комп'ютерних навчальних систем є можливості різних типів комп'ютерних і мережних технологій підтримувати наступні методи навчання [12]: а – метод навчання «всі – всім» дозволяє на основі телекомунікаційних технологій використовувати рольові ігри, мозкові атаки, дискусії, моделювання, форуми, проектні групи при проведенні конференцій; б – метод навчання «один – багатьом» – може бути представлений у вигляді електронної лекції; в – метод навчання «один – одному» є методом індивідуалізованого навчання на основі використання усіх видів телекомунікаційних технологій; г – метод самонавчання дозволяє використовувати самому учневі комп'ютерні навчальні програми, аудіо- і відеоматеріали, навчальну інформацію з інтерактивних журналів і баз даних.

Безпосередньо при формуванні навчального курсу в рамках самої комп'ютерної навчальної системи (КНС) потрібно враховувати наступні етапи: обґрунтування необхідності розробки навчального курсу; визначення аудиторії, для кого призначений даний курс; вибір мети навчання для кожного заняття і всього курсу в цілому; створення плану використання контенту (викладу навчального матеріалу) у рамках курсу, окремих розділів і тестів; визначення методологічного підходу до навчального курсу; вибір моделі навчання з визначенням ступеня сполучення синхронного й асинхронного підходів; опис дизайн- макету навчального курсу з вибором схеми організації навігації за курсом і представлення матеріалів на конкретних сторінках.

**Основні підходи до оцінки структури інформаційних нанотехнологій молекулярних структур пам'яті підсистем ПІ.** Розглянемо вимоги, які можемо пред'являти до суб'єкта навчання і КС у рамках розробки комп'ютерних навчальних систем [13]. Оскільки знання суб'єкта навчання створюють цілісну систему знань про речі і явища суб'єктивного світу з їхніми характеристиками і взаємозв'язками, що складають картину світу чи модель світу (МС), дуже важ-

ливо зупинитися на знаннях про обробку системи знань моделі світу. У такий спосіб свідчимо про дві складові системи знань взагалі.

Цікавий і інший підхід до системи “модель світу” – структура знань для обробки компонентів цієї моделі. Важливість виділення такої системи в тім, що взаємодія цих двох складових зазначеної системи значною мірою являє собою процес мислення [14–16]. Процес мислення в людини або пошук рішення в рамках “машинного мислення” у комп’ютерних систем (КС) оперують подібними, як поняттями, так і механізмами такого пошуку. Іншими словами, суть процесу мислення в людини чи прийняття рішень у КС зводиться до конструювання МС і використання її надалі для досягнення визначених цілей у рамках цілеспрямованої діяльності. З погляду обробки інформації – МС, як у людини, так і в КС складає інформаційну складову тих же процесів мислення чи прийняття рішень, а правила побудови чи модифікування вже існуючої МС представляють систему алгоритмів, специфічну як для окремої людини, так і КС.

Алгоритмічна складова для формування системи знань, як у МС, так і в її частині – навчальному курсі конкретного предмета повинна мати необхідний рівень складності при конструюванні такої частини МС і при користуванні останньою у процесі навчання. Успіх при навчанні залежить від рівня, ступеня невизначеності, детермінованості, достовірності, ясності опису і визначення понять, правил, аксіом і т.п.

Для створення ефективних комп’ютерних навчаючих систем необхідна, у свою чергу, розробка розвинутих технологій представлення й обробки складноструктурованих знань, здатних вирішувати питання організації знань при їхньому збереженні в КС, пошуці й обробці при рішенні задач.

Зупиняючись на шляхах формування системи знань у проблемному середовищі (ПС) і його відображенні в КС, необхідно зазначити етапи, що дозволяють багато в чому вирішити питання створення такої системи [2]:

- визначення законів представлення ПС у його знакову модель шляхом побудови формальної теорії синтезу знакових моделей середовища;
- адаптація положень такої теорії до практичної побудови систем знань;
- розробка мов опису знань, здатних відображати різні предметні області при розв’язанні задач.

З іншого боку, дуже важливим є напрямок, пов’язаний з визначенням принципів організації процесів збереження, пошуку й обробки знань у КС, що залежить від вирішення наступних питань:

- за створенням методів структурування і збереження знань у КС, що дозволяють вести диференційований пошук знань з різним рівнем узагальнення інформації й елементами автоматизованого контролю семантичного аналізу;
- побудова системи керування процесом рішення ієрархічних задач з можливістю вибору шляху пошуку самим суб’єктом навчання.

**Особливості організації бази знань у підсистемах ІІІ і можливості їхнього використання в комп’ютерних системах.** Необхідно особливо зупинитися на питаннях організації системи знань у суб’єкта, будь-то людина, комп’ютер чи

людино-машинна система. Оскільки база знань розуміється як відображення світу в свідомості чи моделі свідомості, то важливим інструментом реалізації останніх є мова як знакова система відображення світу при дослідженні розумових процесів і процесів рішення задач.

Одиницею знання є при цьому висловлювання з визначенням місця і часу взаємозв'язку між двома і більше суб'єктами середовища (чи сутностями моделі середовища). Така постановка питання дуже важлива для розуміння і виділення етапів процесів рішення задачі або мислення: виділення (ініціювання), відображення в моделі та фіксування взаємозв'язку між сутностями об'єктивного світу.

У такий спосіб система знань здатна «знати» чи ототожнювати певний факт, якщо в ній зберігається висловлювання, що чітко описує даний факт. Безпосереднє рішення задачі здійснюється в моделі середовища фрагмента (для простих задач) чи повної бази знань (для складних задач) шляхом заміщення реальних дій над сутностями об'єктивного світу операціями над фактами, представленими у вигляді знакових конструкцій. Для ефективного пошуку рішення необхідно дуже строго стежити за адекватним відображенням у моделі всіх компонентів середовища і всіх зв'язків між ними. Дуже важливою вимогою є також однозначна і строга інтерпретація проміжних результатів при формуванні проблемного середовища системи знань.

У процесі формування моделі середовища для бази знань можна виділити три фази, що складають семантичний цикл:

- відображення в моделі сутностей (дискретних елементів) середовища;
- формування в моделі за прийнятими у ній законами (у випадку учня ці закони можуть нести деякою мірою індивідуальні ознаки) нових знакових конструкцій для визначення складних понять у вигляді адекватних чітких сутностей чи образів;
- фіксування знакових конструкцій шляхом розташування за необхідними ієрархічними рівнями.

Для ефективно побудови моделей середовищ бази знань необхідне використання конструктивної семантики [2], що дозволяє формулювати закони синтезу знакових систем для найбільш повного процесу відображення об'єктивного світу в моделях бази знань. Припустимі границі інтерпретації висловлювань встановлюються розробниками моделей для системи знань (у підсумку в рамках міжнародних стандартів) і визначають семантично припустимі висловлювання (факти). Конструктивна семантика повинна виходити з того, що формалізація висловлювань являє собою не відкидання змісту, а відволікання від нього з утриманням у самій формі істотних характеристик, необхідних для рішення задач, тобто різні формальні описи не виключають змісту, а тільки виражають його на дуже високому рівні узагальнення.

**Створення проблемного середовища бази знань у комп'ютерних системах.** Для створення в комп'ютерних системах істинної інформації про реальний світ необхідно дотримуватись двох зустрічних напрямків формування моделей-середовища для створення системи знань – від середовища сутностей реального світу до моделі і від моделі до зазначеного середовища. У системі знань КС

сукупність речей і явищ може відобразитися шляхом формування в моделі їх “резидентів” чи образів. При формуванні первинних понять у моделі реального світу в першу чергу визначаються безпосередні взаємозв'язки сутностей один з одним. Далі формуються загальні поняття, що представляють результат вичленювання загальних рис, як у взаєминах сутностей (об'єктів), так і узагальнюючих характеристик таких об'єктів.

Зазначений механізм формування понять, що дозволяє при вирішенні задач оперувати укрупненими узагальнюючими поняттями досить відпрацьований у підсистемах ПІ і є необхідною умовою представлення знань у КС. В існуючих ІТ, що використовують керування процесом розв'язання задачі від задачної ситуації (об'єктно-орієнтований підхід, експертні системи), хід розв'язання задачі визначається на основі аналізу ситуацій шляхом відображення тільки локальних умов. У свою чергу, зміни умов у контексті задачі вимагають внесення змін у локальні рішення, не закладені на етапі проектування програмних засобів.

Для успішного розв'язування задачі необхідне відстеження задачної ситуації не на одному, а одночасно на багатьох рівнях узагальнення й укрупнення аналізованих фактів. З цією метою може використовуватися такий підхід у ІТ, як технологія функціонально-орієнтованого проектування (ФОП) [2, 17]. Основною перевагою такої технології є наявність багаторівневої композиції програмних модулів. При цьому модуль може бути різним – від програми розв'язання елементарної задачі до програмної системи розв'язування складного комплексу задач. Іншою важливою перевагою розглянутої технології є, поряд з автономним розв'язуванням своєї підзадачі кожним модулем, можливість одночасного використання кожним модулем різних функціональних програмних підсистем, що знаходяться на різних ієрархічних рівнях.

Зазначена технологія застосовується в інформаційних нанотехнологіях підсистем ПІ (ІНТ ПІ) [9, 17]. База знань у КС на основі використання ІНТ ПІ може складатися з двох моделюючих систем (МС) – базової МС, інформаційної МС. Базова МС не зберігає знання про проблемне середовище, оскільки є словником, що відбиває взаємозалежні визначення введених термінів і понять. Інформаційна МС предсталена як база знань про проблемне середовище (в реальному світі). Інформаційне поле, утворене такою МС є цілісною структурою, що відображає усі взаємозв'язки, що існують між компонентами задачних ситуацій.

Необхідно зазначити дуже важливу особливість технології ФОП при розв'язанні задач – можливість стежити за задачною ситуацією не на одному, а одночасно на багатьох рівнях узагальнення в ієрархічній багаторівневій організації знань. При цьому існує можливість автоматичного переходу від заданої програми до задачної ситуації і знову до програми [18].

Інформаційний фрагмент може містити семантично неповні висловлювання, але сам повинен відповідати вимогам семантичної повноти, відображених у відповідному програмному забезпеченні. Таке структурування інформації (семантичне структурування), незалежне від використання фрагментів різними програмами, повною мірою відбиває семантику знань. Семантичне структурування дуже спрощує аналіз знань на несуперечливість, що дозволяє упоряд-

ковувати знання в системі знань за їхньою семантичною близькістю, а також дає важливу можливість об'єднання знань за заданими асоціаціями.

Узагальнюючи величезний спектр можливостей і особливостей функціонування базових елементів інформаційних нанотехнологій підсистем природнього інтелекту можна зробити висновки за найбільш вагомими застосуваннями останніх при розробці комп'ютерних навчаючих систем та створенні нового покоління підручників, а саме за обробкою фрагментів тексту з метою більш ефективного запам'ятовування, аналізу, зрештою прийняттю рішень.

**Висновки.** 1. Побудова навчального матеріалу на основі семантичного структурування дає можливість створення ієрархічних структур змісту для наступного знаходження в них необхідних фрагментів, зв'язаних із заданим змістом. З цією метою кожному фрагменту привласнюється узагальнений зміст. На першому етапі здійснюється швидке зіставлення узагальненого змісту з заданим змістом і добір близьких фрагментів. На наступних етапах ведеться більш детальний аналіз відібраних фрагментів. Для прискорення ієрархічного пошуку при аналізі можуть бути використані семантичні дешифратори у вигляді спеціальних програм.

2. Пошук необхідної інформації при створенні учбових та тестуючих систем виконується усередині кожного фрагмента за допомогою послідовного зіставлення компонентів висловлювання, що містить запит, з компонентами висловлювань аналізованого фрагмента. Такий підхід дозволяє виконувати добір висловлювань будь-яких сполучень компонентів і здійснювати пошук на різних рівнях узагальнення за заданим напрямком і кількістю кроків. Пошук при кожному кроці може ініціюватися термом чи запитом предикату. При формуванні відповіді на запит за предикатом відбувається вибірка всіх пар сутностей, зв'язаних зазначеним у запиті предикатом з можливістю накладення додаткових обмежень на характеристики аналізованих сутностей.

3. Використання аналітичних баз знань дозволяє об'єднати оперативні й аналітичні дані в традиційному процесі прийняття рішень у процес прийняття рішень в динаміці з наступними результатами – здійснення в процесі розв'язання однієї задачі аналізу на різних рівнях узагальнення інформації з деталізацією аналізу до будь-якого рівня. Використання високого рівня спрощення, природності й компактності представлення знань, підключення до системи підтримки прийняття рішень моделюючих підсистем для вибору варіантів прогнозів і остаточного розв'язання задачі.

1. *Ходаковський Н.И.* Исследование принципов создания обучающих компьютерных систем на основе эффекта молекулярной памяти и специальных экспертных систем // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – К.: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2004. – № 3. – С. 111–116.
2. *Кузин Е.С.* Представление знаний и решение информационно-сложных задач в компьютерных системах // Информационные технологии. – 2004. – № 4. – Приложение. – 32 с.
3. *Ходаковський М.І.* Розробка навчальних комп'ютерних комплексів з використанням принципів когнітивної підтримки в умовах функціонування молекулярної розподіленої

- пам'яті людини // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – К.: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2004. – № 5. – С. 117–122.
4. *Исаев В.В.* Модель управления обучением в автоматизированной обучающей среде // Информационные технологии. – 2004. – № 2. – С. 53–59.
  5. *Гринченко С.Н.* Биоинформатика: случайный поиск, адаптация и эволюция в моделях систем “достаточно высокой” сложности // Системы и средства информатики. – М.: Наука, 2000. – Вып. 10. – С. 179–192.
  6. *Гринченко С.Н.* Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры). – М.: ИПИ РАН. – 2004. – 512 с.
  7. *Бине А.* Измерение умственных способностей. – С.-Петербург. – Союз: 1998. – 430 с.
  8. *Адамар Ж.* Исследование психологии процесса изобретения. – М.: Советское радио, 1977. – 284 с.
  9. *Анохин П.К.* Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973. – 268 с.
  10. *Кузин Е.С.* Адаптивная интеллектуальная система управления сбором и анализом информации // Проблемы информатизации. – 1997. – № 4. – С. 43–62.
  11. *Charles H.B.* Knowledge management: practical aspects of implementation. – KMWorld. – 2002. – 11, N 7. – P. 31–42.
  12. *Кривошеев А.О., Гусев П.В.* Методологические и технологические основы разработки Интернет-учебника // Информационные технологии. – 2004. – № 9. – С. 33–43.
  13. *Кларин М.В.* Инновации в мировой педагогике: обучение на основе исследования, игры и дискуссии. – Рига: НПЦ “Эксперимент”, 1995. – 176 с.
  14. *Пиаже Ж.* Избранные психологические труды. – М.: Просвещение, 1969. – 384 с.
  15. *Батлер Б., Мейс Т.* Прямые ответы на простые вопросы // PC Magazin. Russian Edition. – 1995. – N 9. – С. 37–45.
  16. *Попов Э.В., Фоминых И.Б.* Статические и динамические экспертные системы. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 289 с.
  17. *Кузин Е.С.* Концепции информационной технологии функционально-ориентированного проектирования прикладных информационных систем // Информационные технологии. – 2000. – № 1. – С. 28–42.
  18. *Atkins S.* Size and Cost of the Problem // Proc. of the 56th Internet Engineering Task Force Meeting. – San Francisco. – 2003. – 31 p.

Отримано 03.04.2006