

МОДЕЛЬ ПОДАННЯ ЗНАТЬ ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО АГЕНТА В АВТОМАТИЗОВАНОМУ СИСТЕМНОМУ ПРОЕКТУВАННІ ІАСУ

Abstract: The model of representation of a field of knowledges for the system designing of integrated automated control system is offered (IACS). The model basis is the system of classification and structuring knowledges by method of objective-structural analysis with the use of algebra of multidimensional matrices. A model is used for encoding vector of entrance variables for a rational agent, built on a neuron network, which executes functions, related with forming models of the automated designing IACS.

Key words: model of representation of knowledges, integrated automated control system, objective-structural analysis, algebra of multidimensional matrices, automated designing, neuron network, of models.

Анотація: Запропоновано модель подання поля знань для системного проектування інтегрованих автоматизованих систем управління (ІАСУ). Основою моделі є система класифікації та структуризації знань методом об'єктно-структурного аналізу з застосуванням алгебри багатовимірних матриць. Модель застосовано при кодуванні вектора вхідних змінних для раціонального агента, побудованого на нейронній мережі, який виконує функції, пов'язані з формуванням ансамблю моделей автоматизованого проектування ІАСУ.

Ключові слова: модель подання знань, інтегрована автоматизована система управління, об'єктно-структурний аналіз, алгебра багатовимірних матриць, автоматизоване проектування, нейронна мережа, ансамбль моделей.

Аннотация: Предложена модель представления поля знаний для системного проектирования интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ). Основой модели является система классификации и структуризации знаний методом объектно-структурного анализа с применением алгебры многомерных матриц. Модель использована при кодировании вектора входных переменных для рационального агента, построенного на нейронной сети, который выполняет функции, связанные с формированием ансамбля моделей автоматизированного проектирования ИАСУ.

Ключевые слова: модель представления знаний, интегрированная автоматизированная система управления, объектно-структурный анализ, алгебра многомерных матриц, автоматизированное проектирование, нейронная сеть, ансамбль моделей.

1. Вступ

Сучасні методи, моделі та технології створення великих систем, до яких належать інтегровані автоматизовані системи управління (ІАСУ – відповідно до ГОСТ 34.003-90), засновані на поєднанні різних підходів. Вони мігрують до методів, моделей та технологій, що застосовуються в системах штучного інтелекту, та в майбутньому повністю зіллються з ними. Застосування знань у сфері управління вимагає переходу до обробки знань, способи якої виходять за рамки чисто алгоритмічного підходу. Подання моделей процесу створення ІАСУ в термінах знань формує рівень опису системи, який підлягає деталізації в термінах даних. Таким чином, ефективну методологію автоматизованого проектування ІАСУ слід вибудувувати з використанням найновіших надбань у галузі традиційного створення інформаційних систем на основі баз даних та систем штучного інтелекту на основі баз знань. Крім інтелектуалізації, важливими рисами такої методології має бути гнучкість, самоналагоджуваність відповідно до зміни вимог, широка участь управлінського персоналу у створенні майбутньої системи і її розвитку на протязі всього життєвого циклу та ін.

Придбання знань є ключовим завданням у всіх технологіях побудови систем, що базуються на знаннях. Існує принцип, відповідно до якого продуктивність таких систем знаходиться у прямій залежності від кількості знань, що містяться в системі [1]. При цьому придбання знань розглядається як задача переносу знань експерта в саму систему, що проектується.

Основною методологічною проблемою в системному проектуванні, характерною для інженерії знань взагалі, є відсутність надійного теоретичного базису процесу здобуття та структурування знань. З цієї проблеми на всіх етапах створення ІАСУ випливають інші: 1) розмитість критеріїв вибору відповідної задачі; 2) недостатня проробка теоретичних аспектів здобуття знань (філософські, лінгвістичні, психологічні, педагогічні, дидактичні та ін.), а також відсутність обґрунтованої класифікації методів здобуття знань та розмаїття термінологій; 3) відсутність єдиного теоретичного базису процедури структурування знань; 4) негнучкість моделей подання знань, що змушує розробників збіднювати реальні знання експертів; 5) недосконалість математичного базису моделей подання знань (дескриптивний, а не конструктивний характер більшості моделей); 6) емпіричність процедури вибору програмного інструментарію і процесу тестування (відсутність критеріїв, розрізненість класифікаторів та ін.); 7) відсутність опрацьованих технологій вибору поєднаної сукупності моделей та їх графічних нотацій для кожного конкретного проекту; 8) недостатня теоретична проробка й досвід втілення технологій підтримки стану об'єктів в моделях відповідно до потреб еволюції системи в процесі її експлуатації.

Значна трудомісткість проблем, пов'язаних з маніпулюванням моделями, стимулює зусилля науковців та інженерів доручити їх вирішення системі автоматизованого проектування. Для цього відповідна сукупність знань має бути перенесена в систему, а точніше, в компонент, здатний сприйняти ці знання та виконати дії, які від нього очікуються. Це зумовило постановку задачі дослідження в даній роботі аспектів побудови відповідної моделі подання знань та їх кодування для подачі компоненту, реалізованому засобами інтелектуальних систем, а саме раціональному агенту.

2. Системна архітектура та адаптивна технологія проектування

В центрі концепції автоматизованого проектування ІАСУ має бути системна архітектура, яка відповідає сучасному етапу еволюції інформаційних технологій, відображає загальну тенденцію поєднання сучасних алгоритмічних засобів та адаптивної технології проектування [2], [3] з метою найточнішого творення майбутньої системи згідно з вимогами замовника. Адаптивна технологія проектування повинна враховувати діяльність певного об'єкта управління в умовах ІАСУ відповідно до узагальненої діаграми в нотації IDEF0, яка характерна для традиційної схеми управління зі зворотним зв'язком (рис. 1).

Припустимо, що система автоматизованого проектування є компонентом ІАСУ, який забезпечує її створення і перманентний розвиток на протязі всього життєвого циклу. При цьому виникає ряд задач управління знаннями, притаманними предметній галузі, пов'язаній як з об'єктом управління, так і з ІАСУ. Особлива перспектива при вирішенні таких задач може бути покладена на раціональних агентів (мультиагентні системи), яким можна доручити широкий спектр інтелектуальних функцій з підготовки рекомендацій проектувальнику [4].

Складність задачі опрацювання раціональних рішень при створенні ІАСУ ставить перед системним проектувальником та його помічником – раціональним агентом – проблему двох альтернативних концептуальних підходів: або трудомісткий розрахунок оптимальних рекомендацій, або генерація рекомендацій, які є достатньо прийнятними на основі накопиченого інтелектуального досвіду. Як було показано Гербертом Саймоном (1916 – 2001), одним із перших дослідників

штучного інтелекту, лауреатом Нобелівської премії, саме останній «якісний» підхід найкраще описує фактичну поведінку людини і є найбільш продуктивним.



Рис. 1. Діаграма діяльності об'єкта управління в умовах ІАСУ

З метою доведення можливості практичного застосування такого підходу та необхідності подальших наукових досліджень у цьому напрямку далі обґрунтовано спробу застосування раціонального агента для вирішення окремої задачі автоматизованого системного проектування, пов'язаної з формуванням ансамблю моделей певного проекту ІАСУ. На раціонального агента покладаються завдання роботи зі знаннями, зосередженими в моделях, такими як пошук прототипів моделей в репозиторії, їх класифікація, навігація по репозиторію, підготовка рекомендацій проектувальнику та ін. Основним інтелектуальним компонентом раціонального агента є нейронна мережа, яка після навчання отримує здатність до ідентифікації набору моделей (формування ансамблю моделей) на базі певної сукупності знань, які їй подаються на вхід. Подальша розробка відповідного методичного забезпечення дозволить визначати стратегію управління знаннями, зосередженими в моделях, підтримувати процес їх практичного використання за допомогою існуючих інструментальних засобів проектування.

3. Принципи структуризації та класифікації знань

Знання, які використовуються в автоматизованому проектуванні ІАСУ, здобуваються з даних, попередньо перетворених в корисну інформацію. Їх застосування при створенні репозиторію моделей необхідне для підтримки всього життєвого циклу ІАСУ як системи комплексної автоматизації організаційно-технічного, організаційно-економічного об'єкта управління. Так, наприклад, тільки необхідність виконання комплексного аналізу бізнес-процесів вимагає наявності великої кількості типів моделей, які відображають різні сторони діяльності системи. При цьому для забезпечення цілісності процесу моделювання та аналізу для конкретного проекту необхідно мати

можливість інтегрувати результати моделювання в рамках загальної моделі або ансамблю моделей.

Під об'єктами (ресурсами) знань розуміємо множину фізичних об'єктів, які зберігають, надають або можуть створювати корисні знання для певного професійного співтовариства (підприємства, організації, команди розробників і т.п.). Моделлю знань є подання знань про об'єкт і знань, що містяться в об'єкті на певній формальній мові, яка може використовуватись для роботи з ними [5].

Модель подання знань про системне проектування ІАСУ та управління цими знаннями базується на ряді основних принципів їх структуризації, класифікації [6] та кодування. Сукупність цих знань називатимемо полем знань проектування ІАСУ, структуру якого подамо у вигляді складових. Скористаємось специфічним онтологічним підходом, залежним від предметної галузі, в якому складові поля знань проектування ІАСУ інтерпретуватимемо як семантичні гіперпростори з наступною їх декомпозицією за допомогою методу об'єктно-структурного аналізу (ОСА) [1]. Розрізнятимемо керовану – об'єкт управління (ОУ) та керуючу частини (ІАСУ). ІАСУ є відображенням реальних процесів управління, які забезпечують функціонування ОУ.

Вихідним пунктом в декомпозиції поля знань проектування ІАСУ є наступні чотири складових знань: про ОУ з його статичними та динамічними характеристиками (гіперпростір властивостей ОУ); про ІАСУ як класифіковану множину компонентів, їх характеристик, фізичних і логічних властивостей та відношень між ними (гіперпростір властивостей ІАСУ); про методи і моделі створення ІАСУ для всього її життєвого циклу (репертуар проектування); про процеси створення ІАСУ (гіперпростір процесів проектування).

Побудуємо матрицю ОСА, яка найбільш загальні знання для системного проектування подає шляхом декомпозиції по стратах (вертикальний аналіз), а горизонтальний аналіз виконаємо відповідно до структури поля знань (табл. 1). Така матриця дає початкове уявлення про модель подання знань.

Знання кожної страти підлягають подальшому ОСА і декомпонуються на складові $\|k_{mn}\|$, де k_{mn} – елемент множини K всіх концептів поля знань про створення ІАСУ, m – номер страти, n – номер рівня горизонтальної декомпозиції для даної страти. Очевидно, код, побудований на основі послідовності елементів матриці (табл. 1), уже певною мірою ідентифікує поле знань і створює потенціальну можливість маніпулювання знаннями за допомогою раціонального агента:

$$K_{11}, K_{21}, \dots, K_{81}, K_{12}, K_{22}, \dots, K_{82}, K_{13}, K_{23}, \dots, K_{83}, K_{14}, K_{24}, \dots, K_{84}. \quad (1)$$

Таблиця 1. Матриця ОСА системного проектування ІАСУ

Рівень страти	Знання про властивості ОУ	Знання про властивості ІАСУ ОУ	Знання про методи та моделі проектування	Знання про процеси проектування
Стратегічний	K_{11}	K_{12}	K_{13}	K_{14}

Організаційний	K ₂₁	K ₂₂	K ₂₃	K ₂₄
Концептуальний	K ₃₁	K ₃₂	K ₃₃	K ₃₄
Функціональний	K ₄₁	K ₄₂	K ₄₃	K ₄₄
Просторовий	K ₅₁	K ₅₂	K ₅₃	K ₅₄
Часовий	K ₆₁	K ₆₂	K ₆₃	K ₆₄
Каузальний	K ₇₁	K ₇₂	K ₇₃	K ₇₄
Економічний	K ₈₁	K ₈₂	K ₈₃	K ₈₄

4. Подання знань за допомогою алгебри багатовимірних матриць

Метод ОСА, доповнений використанням алгебри багатовимірних матриць, дозволяє оптимізувати і упорядкувати досить розмиті процедури структуризації знань з метою ефективного застосування інструментів інтелектуальних систем для підтримки прийняття рішень проектувальником. Для подання всієї системи концептів системного автоматизованого проектування стовпці табл. 1, замість подальшої декомпозиції кожного елемента, за допомогою двовимірних кліткових матриць [1] замінимо багатовимірними матрицями. Багатовимірна матриця – це, по суті, багатовимірний структурований масив інформації, яким можна зручно подати поле знань, що, у свою чергу, репрезентується семантичним гіперпростором. Така модель надає можливості аналізувати та маніпулювати інформацією поля знань, які забезпечуються математичним апаратом алгебраїчних виразів.

Модернізуємо кодову послідовність (1) таким чином:

$$O, R, M, P, \quad (2)$$

де $O = \|o_{i_1 \dots i_p}\|$ ($i_k = 1, \dots, n_k, k = 1, \dots, p$) – багатовимірна матриця розмірності p , яка репрезентує знання про об'єкт проектування, $R = \|r_{i_1 \dots i_t}\|$ ($i_k = 1, \dots, n_k, k = 1, \dots, t$) – багатовимірна матриця розмірності t , яка репрезентує знання про властивості ІАСУ, $M = \|m_{i_1 \dots i_q}\|$ ($i_k = 1, \dots, n_k, k = 1, \dots, q$) – багатовимірна матриця розмірності q , яка репрезентує знання про методи та моделі проектування, $P = \|p_{i_1 \dots i_l}\|$ ($i_k = 1, \dots, n_k, k = 1, \dots, l$) – багатовимірна матриця розмірності l , яка репрезентує знання про процеси проектування.

Принципову можливість подання ієрархічної структури даних за допомогою багатовимірної матриці показано в [7]. Застосуємо такий підхід і для подання знань. Розглянемо, наприклад, матрицю $P = \|p_{i_1 \dots i_l}\|$ ($i_k = 1, \dots, n_k, k = 1, \dots, l$). Перетином $\{(i_1, i_2, \dots, i_l)\}$ даної матриці є множина елементів з координатами (i_1, i_2, \dots, i_l) , де $i_1 = 1, \dots, n_1, i_2 = 1, \dots, n_2, \dots, i_l = 1, \dots, n_l$, при цьому один або декілька індексів – фіксовані. Перетином h рівня назвемо перетини, отримані з матриці P фіксацією значень індексів i_1, i_2, \dots, i_h .

Кількість рівнів розбиття на перетини та кількість самих перетинів для довільної багатовимірної матриці визначається її виміром. Рівнів розбиття буде стільки ж, скільки індексів у багатовимірній матриці, тобто l . Загальна кількість перетинів усіх рівнів становитиме $n_1 + n_1 * n_2 + \dots + n_1 * n_2 * \dots * n_l$. Кількість перетинів h рівня становитиме $n_1 * n_2 * \dots * n_h$.

Так, для довільної трьохвимірної матриці $P = \|p_{i_1 i_2 i_3}\|$, де $i_1 = 1, \dots, n_1$, $i_2 = 1, \dots, n_2$, $i_3 = 1, \dots, n_3$ (рис. 2) рівнів розбиття буде три:

- перетинів першого рівня – $n_1 : \{(1, i_2, i_3)\}, \{(2, i_2, i_3)\}, \dots, \{(n_1, i_2, i_3)\}$;
- перетинів другого рівня – $n_1 * n_2 : \{(1, 1, i_3)\}, \{(1, 2, i_3)\}, \dots, \{(n_1, n_2, i_3)\}$;
- перетинів третього рівня – $n_1 * n_2 * n_3 : \{(1, 1, 1)\}, \{(1, 1, 2)\}, \dots, \{(n_1, n_2, n_3)\}$.

p_{111}	p_{211}	...	$p_{n_1 11}$	p_{112}	p_{212}	...	$p_{n_1 12}$	...	$p_{11 n_3}$	$p_{21 n_3}$	...	$p_{n_1 1 n_3}$
p_{121}	p_{221}	...	$p_{n_1 21}$	p_{122}	p_{222}	...	$p_{n_1 22}$	...	$p_{12 n_3}$	$p_{22 n_3}$	...	$p_{n_1 2 n_3}$
...
$p_{1 n_2 1}$	$p_{2 n_2 1}$	...	$p_{n_1 n_2 1}$	$p_{1 n_2 2}$	$p_{2 n_2 2}$	...	$p_{n_1 n_2 2}$	...	$p_{1 n_2 n_3}$	$p_{2 n_2 n_3}$	...	$p_{n_1 n_2 n_3}$

Рис. 2. Тривимірна матриця $P = \|p_{i_1 i_2 i_3}\|$

Перетинами останнього рівня є перетини, що містять індекси лише одного елемента. Якщо поставити у відповідність кожному такому перетину елемент багатовимірної матриці, то можна отримати ієрархічну структуру (рис. 3), за допомогою елементів якої можна подати сукупність концептів певного поля знань. На рис. 3 замість перетинів вказано фіксовані індекси відповідних рівнів.

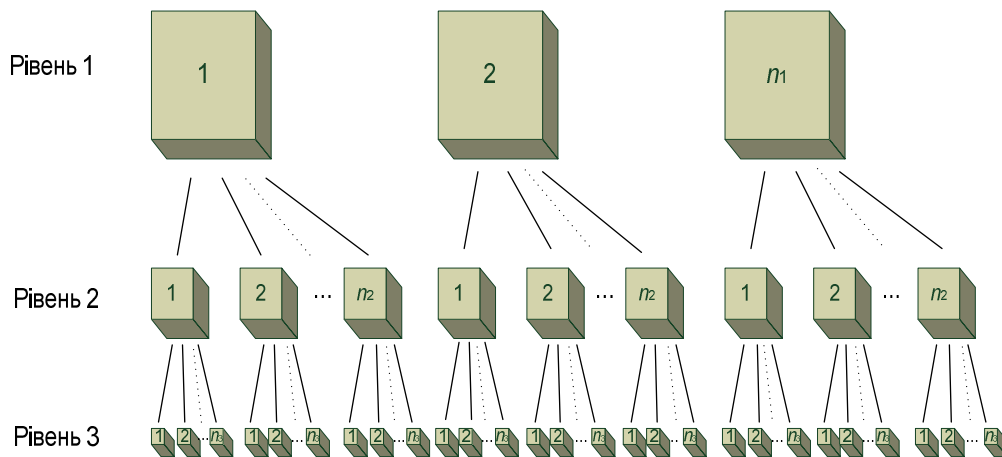


Рис. 3. Ієрархічна структура матриці $P = \|p_{i_1 i_2 i_3}\|$

Можна вважати, що рівні перетинів багатовимірної матриці відповідають рівням декомпозиції знань та матричному поданню методом ОСА. Проте подання у вигляді перетинів багатовимірної матриці значно багатше асоціаціями між семантичними об'єктами (концептами) поля знань і забезпечує більшу достовірність кодування вхідного контенту, з яким працюватиме раціональний агент.

Означимо алгебру $\langle A, \oplus, \otimes \rangle$, де A – множина з заданими на ній бінарними операціями \oplus та \otimes , для яких виконується закон симетричності з наявністю нейтрального елемента, причому нейтральний елемент по операції \oplus є обнуляючим по операції \otimes , тобто існує такий елемент $z \in A$, що $\forall a \in A, z \oplus a = a$ і $\forall a \in A, z \otimes a = a \otimes z = z$. Дану алгебру застосуємо для багатовимірних матриць, за допомогою ієрархічних структур якої інтерпретуватимемо поле знань.

Перетин багатовимірної матриці є *актуальним*, якщо він складається хоча б з одного набору індексів елемента багатовимірної матриці, відмінного від нуля. Нульовий елемент матриці відповідає концепту поля знань, який не містить ніякого контексту. Для поля логічних елементів такий елемент відповідає елементу «фальш». Зрозуміло, що для інтерпретації поля знань мають сенс лише актуальні перетини відповідної багатовимірної матриці.

Актуальні перетини багатовимірної матриці складають ієрархічну структуру, яка по суті є графом, що визначається сукупністю повних шляхів цього графа. Два довільних шляхи ієрархічної структури не співпадають, тому кожен з них зокрема характеризує єдиний елемент багатовимірної матриці, а в сукупності утворюють сукупність елементів-концептів, не рівних нулю, з відповідними індексами даної ієрархічної структури поля знань.

Нехай $Sp_{i_1 \dots i_l} = (i_1, i_2, \dots, i_l, p_{i_1 \dots i_l})$ – повний шлях ієрархічної структури (графа), який складає собою елемент ієрархічного подання багатовимірної матриці $P = \|p_{i_1 \dots i_l}\|$ ($i_k = 1, \dots, n_k, k = 1, \dots, l$). Тоді ієрархічним поданням такої матриці буде ієрархічна структура $W_p^l = (n_1, n_2, \dots, n_l)$, побудована з елементів типу $Sp_{i_1 \dots i_l} = (i_1, i_2, \dots, i_l, p_{i_1 \dots i_l})$, яку можна позначити як $W_p^l = \|Sp_{i_1 \dots i_l}\|$.

За допомогою такого підходу можна подати розріджені матриці. При цьому зберігаються не тільки елементи, відмінні від нуля, але й структура багатовимірної матриці, що дозволяє виконувати операції алгебри багатовимірних матриць над ієрархічними поданнями розріджених матриць.

Універсальність описаних вище правил структурування знань для довільної предметної галузі та певна незалежність їх від психологічних чинників при відображенні здобутих (відчужених) знань в інтелектуальній системі, а також наявність математичного апарату обробки та багатовимірного аналізу дає широкі можливості застосування відповідної методики в автоматизованому системному проектуванні ІАСУ.

5. Контекстні аспекти моделі

Концептуальні принципи та засоби структуризації знань автоматизованого системного проектування ІАСУ, як було наголошено вище, репрезентуються відповідно гіперпростором властивостей ОУ, гіперпростором властивостей ІАСУ, репертуаром проектування ІАСУ та процесами проектування ІАСУ. Для побудови формальної логічної моделі на основі даних гіперпросторів скористаємось психосемантичним методом подання знань у вигляді сукупності семантичних просторів, елементами яких є семантичні об'єкти (концепти), об'єднані в суперкласи, класи, субкласи. При цьому основні властивості класифікованих компонентів подаються у вигляді складної ієрархічної системи. Класифікація використовується як засіб зниження порядку складності ІАСУ в процесі її проектування. По суті, для подання предметної галузі застосовується об'єктно-структурний аналіз,

в результаті якого концепти всіх чотирьох гіперпросторів кожного проекту використовуються для побудови ансамблю моделей, необхідних на різних стадіях життєвого циклу ІАСУ (першочергово – для проектування).

Гіперпростір властивостей ІАСУ відображає статичні властивості ІАСУ, які значною мірою визначаються ОУ і складаються з кількох просторів. Кожен простір розбивається на підпростори, що мають певні базиси. На вибір базисів впливають особливості ІАСУ як об'єкта проектування, та методологія проектування, що визначається репертуаром і процесами проектування. Такими базисами, наприклад, можуть бути «виробничий процес – ресурси – продукція», «структурні компоненти – види забезпечень – стадії життєвого циклу» або «ціль – структура – функції» і т.п.

Наступними рівнями декомпозиції після підпростору (третім та четвертим) є суперкласи об'єктів (загальні класи, класи-батьки) та класи об'єктів (спеціалізовані класи, класи-нащадки), пов'язані між собою, як правило, відношеннями ієрархічності (узагальнення, асоціації). Узагальнення – це відношення між загальною сутністю (суперкласом або батьківським класом) та її конкретним втіленням (класом або нащадком). Асоціацією називається структурне відношення, яке показує, яким чином об'єкти одного типу пов'язані з іншими. Між третім та четвертим рівнем декомпозиції гіперпростору характерними асоціаціями між класами є: «ім'я», «роль», «кратність», «агрегування» та ін. Базиси підпросторів визначають суперкласи об'єктів.

Для класів, які складають рівні декомпозиції «суперкласи об'єктів» та «класи об'єктів», характерні відношення виду залежності, а також асоціації (між класами одного рівня декомпозиції). Ієрархія класів «узагальнення/спеціалізація» не обов'язково обмежується двома рівнями. Після четвертого рівня дезагрегації гіперпростору при реалізації системи цілком можливе існування наступних рівнів, наприклад, «субкласи». На практиці ієрархія в відношеннях узагальнення та асоціацій між класами не повинна бути надто глибокою (бажано, не більше п'яти рівнів) [8].

Подання понять предметної галузі на основі двох-трьох рівнів декомпозиції по класах об'єктів зумовлене точкою зору, яка може бути різною у кожного аналітика. Відомі ряд підходів до виокремлення класів [9]. Моделювання класів – це не детермінований процес, тому не існує загального рецепта для найкращого визначення класів. До факторів, які визначають успіх цієї роботи, відносяться рівень кваліфікації і досвіду аналітика, зокрема, знання в галузі моделювання класів, розуміння предметної галузі, досвід аналогічних та успішних проектів, здатність заглянути наперед і передбачити наслідки рішень, готовність до перегляду своїх рішень з метою усунення недоліків та ін. Принциповою є можливість створення певної системи класифікації знань, гармонійно пов'язаної з об'єктною технологією створення автоматизованих (інформаційних) систем, яка в даний час займає домінуюче положення у світовій практиці.

Репертуар проектування ІАСУ забезпечує накопичення і використання знань про методи та моделі, а також критерії їх застосування, що обумовлюється метою мінімізації затрат ресурсів на створення ІАСУ.

Процеси проектування ІАСУ визначають технологічні послідовності проектних процедур відповідно до вибраних моделей та методик проектування. Опис процесів проектування здійснюється за допомогою моделей процесів (алгоритмів функціонування, маршрутів проектування, сценаріїв взаємодії команди розробників з інтегрованим середовищем розробки та

ін.). Таким чином, проектування зводиться до процесів прийняття рішень з використанням методів і моделей тих рівнів, що задіяні в динамічному багаторівневому ланцюгу перетворень знань з гіперпросторів властивостей ОУ та ІАСУ. Використання гіперпросторів властивостей ОУ та ІАСУ, репертуару та процесів проектування ІАСУ як накопичувачів знань дозволяє зробити керованим простір проектних рішень на вибраній архітектурі ІАСУ.

Розглянемо, наприклад, варіант структури гіперпростору властивостей об'єкта управління (ОУ), для якого проектується ІАСУ. Цей гіперпростір можна подати у вигляді декомпозиції з кількох семантичних просторів, наприклад: простору рівнів ОУ, простору архітектур ОУ, простору алгоритмів ОУ, простору результатів діяльності ОУ, простору ресурсів ОУ. Подальшу декомпозицію кожного з цих просторів у вигляді сукупності семантичних підпросторів показано на рис. 4, де кожний структурний елемент певного рівня декомпозиції позначений відповідним індексом багатовимірної матриці для даного гіперпростору. За допомогою цих індексів здійснюється система кодування знань для раціонального агента.

Аналогічно будується структура гіперпросторів властивостей ІАСУ, репертуару проектування ІАСУ та процесів проектування ІАСУ.

6. Архітектура раціонального агента САПР ІАСУ

Як показано в [4], завдання досягти ідеальної раціональності, при якій агентом виконуються правильні дії, не здійсненне. Пояснюється це надто високими вимогами до обчислювальних ресурсів. Тому, виходячи з реальних можливостей постановки експерименту, з чотирьох відомих специфікацій раціонального агента (ідеальна раціональність, обчислювальна раціональність, обмежена раціональність, обмежена оптимальність) зупинимось на останній, яка може бути реалізована моделлю (рис. 5).

Обмежено оптимальний агент діє настільки добре, наскільки це можливо, виходячи з його обчислювальних ресурсів. Очікувана корисність програми агента для обмеженого оптимального агента є щонайменше такою ж високою, як і очікувана корисність будь-якої іншої агентської програми, що працює на даному комп'ютері.

На сьогоднішньому етапі розвитку науки про штучний інтелект слід вести мову про оптимальний розподіл функцій між людиною та раціональним агентом, а також організацію їх взаємодії при вирішенні поставленої задачі. Ефективність людино-машинного симбіозу в сучасних САПР ІАСУ невелика саме через нездатність ЕОМ оперувати сенсорною (образною) інформацією. Мозок людини, який орієнтований саме на таку інформацію, в даний час є єдиним досконалим засобом, що забезпечує зв'язок світу абстрактних символів, якими оперує комп'ютер, та зовнішнім світом. Відсутність сенсорного сприйняття світу комп'ютерами зумовлює безпорадність їх у використанні моделей, які функціонують на цих комп'ютерах. Тому з метою побудови раціонального агента для роботи з репозиторієм моделей виберемо архітектуру, в якій функції критика та генератора проблем залишаються за людиною. Два інші компоненти архітектури (рис. 5) пропонується реалізувати на основі опрацьованих технологій у галузі інтелектуальних та інформаційних систем (рис. 6).

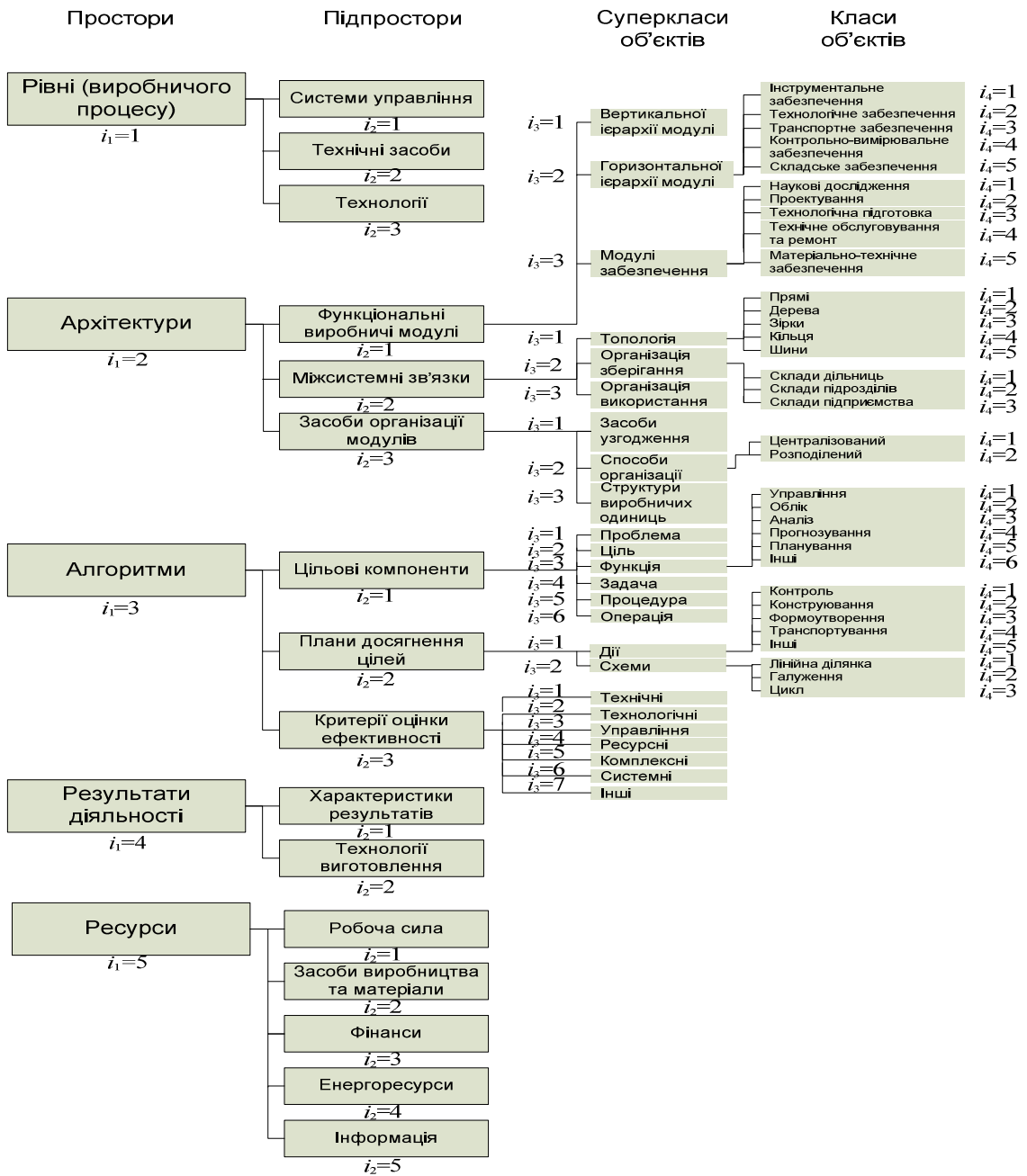


Рис. 4. Декомпозиція знань гіперпростору властивостей ОУ

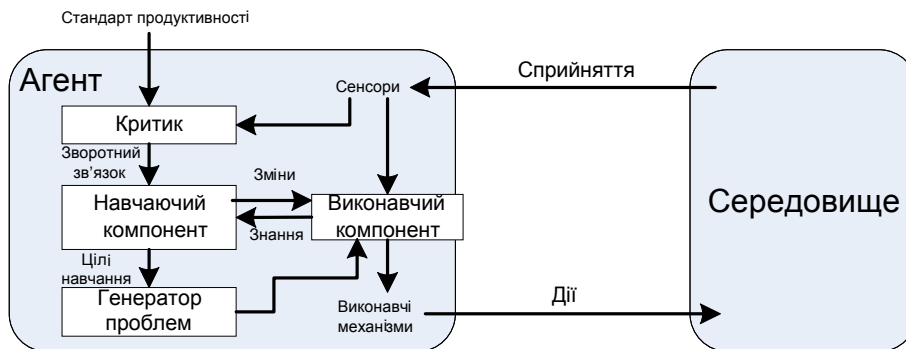


Рис. 5. Узагальнена модель агента, який навчається

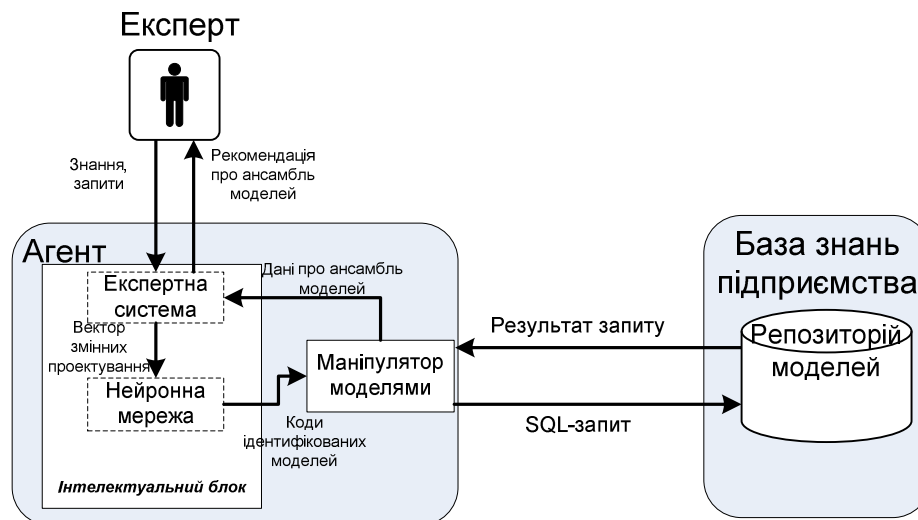


Рис. 6. Архітектура раціонального агента САПР ІАСУ

Навчаючий компонент виконаємо у вигляді інтелектуального блока, який складається з експертної системи та нейронної мережі. Основне призначення експертної системи – інтерпретація опису поля знань системного проектування ІАСУ на звичній мові та генерація вхідних кодових послідовностей для нейронної мережі, тобто векторів змінних проектування, що є унікальними для кожного проекту. В найпростішому випадку замість експертної системи можна застосувати діалогову програму-інтерпретатор, здатну в результаті спілкування з експертом формувати вектор змінних проектування.

Функцію виконавчого компонента покладемо на програму-маніпулятор моделями. Вона працює за SQL-запитами в середовищі СУБД, на основі якої будується ІАСУ, а також підтримується репозиторій моделей. Крім того, дана СУБД має бути базовою для САПР ІАСУ при адаптивній технології проектування, оскільки має забезпечити перманентний розвиток ІАСУ по мірі еволюції даного ОУ.

Найважливішим компонентом інтелектуального блока є нейронна мережа, яка має здатність навчатись та вирішувати задачі ідентифікації набору моделей для конкретного проекту. Саме штучна нейронна мережа має забезпечити комп'ютеру здатність оперувати образною інформацією на основі вхідних векторів змінних проектування, що продукуються експертною системою на основі моделі подання знань предметної галузі та системи їх кодування.

7. Система кодування знань

Робота нейронної мережі зводиться до класифікації (узагальнення) вхідних даних, які формуються на основі знань чотирьох n -вимірних гіперпросторів, представлених багатовимірними матрицями.

Широко вживаний спосіб опису технічних об'єктів за допомогою векторів змінних проектування передбачає символічне кодування інформації про об'єкт [10]. Такими об'єктами в даному випадку є концепти гіперпросторів властивостей ОУ, властивостей ІАСУ, репертуару проектування та процесів проектування ІАСУ, які складають поле знань проектування ІАСУ. На основі правил кодування вектора змінних проектування, призначеного для подачі на вхід нейронної

мережі, можна очікувати рішення задачі класифікації у вигляді набору ідентифікаторів моделей. Такий набір і складатиме ансамбль моделей конкретного проекту ІАСУ.

Групуючи ключові параметри поля знань проектування ІАСУ в вектор змінних проектування, маємо можливість надати цим параметрам статус генетичної інформації. Саме генетичної, тому що її достатньо, щоб ідентифікувати, підібрати з репозиторію певну сукупність моделей з метою використання їх як вихідного матеріалу (прототипу) при створенні генотипів моделей наступного покоління для репозиторію моделей системи автоматизованого проектування ІАСУ.

Таким чином, система кодування базується на класифікації знань, необхідних для проектування ІАСУ і представлених гіперпросторами властивостей ОУ, властивостей ІАСУ, репертуару проектування та процесів проектування. Крім того, подібно до природного хромосомного матеріалу, який являє собою лінійну послідовність різноманітних комбінацій чотирьох нуклеотидів (А - аденін, Ц – цитозин, Т – тимін та Г – гуанін), вектори змінних по аналогії з поданням в теорії ГА та виходячи з (2) запишемо у вигляді послідовностей символів. Застосуємо спрощений спосіб бінарного кодування, який використовується при моделюванні еволюції гаплоїдних популяцій.

При цьому вектор змінних (O, R, M, P) проектування репрезентуватиме відповідні гіперпростори і кодуватиметься фрагментами хромосом (рис. 7), які складаються з фіксованої кількості генів – чотирьох (по числу рівнів декомпозиції гіперпросторів та рівнів перетинів відповідних багатовимірних матриць). Таким чином, індекси позначень генів хромосом i_1, i_2, i_3, i_4 відповідають рівням подання знань моделлю згідно з ієрархією в відповідному гіперпросторі та індексам багатовимірної матриці, що представляє даний гіперпростір.

Всі локуси хромосом діалельні, тобто в кожній позиції фрагмента може стояти як нуль, так і одиниця. Сусідні фрагменти не відокремлюються один від одного маркерами, проте при декодуванні хромосоми в вектор змінних на протязі всього моделювання використовується одна й та ж маска картування.

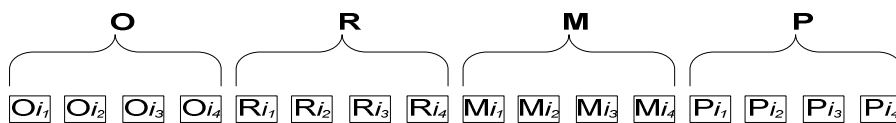


Рис. 7. Маска картування вхідного коду для раціонального агента

Наступні рівні ієрархії моделей гіперпросторів, які відповідають індексам багатовимірних матриць i_2, i_3, i_4 , кодуються аналогічним чином, причому вхідна кодова послідовність для вектора змінних у бінарному коді записується послідовно: за локусами з індексом i_1 записуються локуси з індексами i_2, i_3, i_4 для кожного гіперпростору. Таким чином, закодований вектор змінної можна подати на вхід нейронної мережі, вхідний шар якої складається з чотирьох нейронів виду, зображеного на рис. 8.

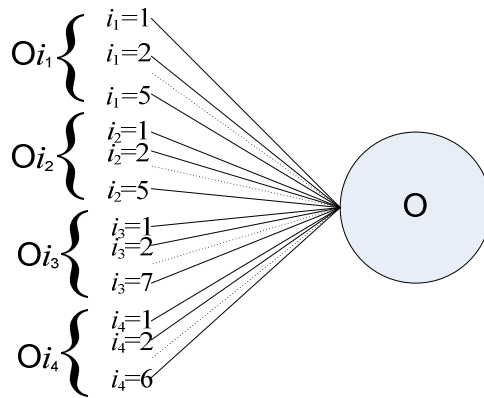


Рис. 8. Приклад нейрона вхідного шару нейронної мережі

8. Висновки

Запропонована модель подання ієрархічних структур поля знань проектування ІАСУ та система їх кодування дають можливість ставити завдання раціональному агенту, пов'язані з ідентифікацією моделей в репозиторії моделей, незалежно від їх виду та формату. Зокрема, таке завдання актуальне для формування ансамблю моделей автоматизованого системного проектування ІАСУ для вибраної методології проектування. Таким чином, вирішується задача перекладання значного обсягу робіт, пов'язаних з маніпулюванням моделями при системному проектуванні ІАСУ, на спеціально навчену інтелектуальну систему. Практичне значення вирішення такої задачі поширюється на весь життєвий цикл ІАСУ, оскільки для більшості сучасних методологій автоматизованого проектування відповідний ансамбль моделей є основою системи управління конфігурацією ІАСУ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: ПИТЕР, 2001. – 384 с.
2. Павлов А.А., Теленик С.Ф. Информационные технологии и алгоритмизация управления. – К.: Техніка, 2002. – 344 с.
3. Черняк Л. От адаптивной структуры – к адаптивному предприятию // Открытые системы. – 2003. – № 10.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход / Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
5. Тузовский А.Ф. Онтолого-семантические модели в корпоративных системах управления знаниями: Автореф. дис. ... доктора техн. наук / Институт систем информатики имени А.П. Ершова СО РАН. – Новосибирск, 2007. – 40 с.
6. Буяльский В.М., Маслов В.П. Концепция разработки интегрированной автоматизированной системы управления объектом «Укрытие»: Научно-техн. зб. «Проблеми Чорнобиля». – Чорнобиль: МНТЦ «Укриття» НАН України, 2003. – Вип. 12. – С. 31 – 36.
7. Сергеев В.П. Реализация матричной модели данных в иерархических структурах // Математическая морфология. – 2007. – Т. 6. – Вып. 2. – Рег. №042070004/0020.
8. Booch G. The Unified Modeling Language. User Guide / G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson. – Addison-Wesley, 1999. – 482 p.
9. Мацяшек Л.А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 432 с.
10. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев и др. – Х.: Основа, 1997. – 112 с.

Стаття надійшла до редакції 14.07.2008