

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОБУДУВАННЯ

На правах рукопису

Лелиця Віктор Андрійович

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ЗНАННЯОРІЄНТОВАНИХ
СТРУКТУРНО-АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ, АЛГОРИТМІВ
І ПРОГРАМ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ ВИРОБНИЧИХ РІШЕНЬ

05.13.16 - застосування обчислювальної техніки,
математичного моделювання та математичних мето-
дів у наукових дослідженнях

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Харків - 1994



АВ 29.411

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі інформатики та програмного забезпечення автоматизованих систем Харківського авіаційного інституту.

Науковий керівник-доктор технічних наук, професор Сіроджа Ігор Борисович.

Офіційні опоненти:

1. доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Гіль Микола Іванович,
2. кандидат технічних наук, доцент Корольов Анатолій Вікторович.

Провідна організація - Харківський інститут радіоелектроніки,
/Міністерство освіти України, м. Харків/

Захист відбудеться "16" 02 1994 р. о 14 годині в ауд. № 1112 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 016.22.02 при Інституті проблем машинобудування АН України за адресою: 310046, м. Харків, вул. Пожарського, 2/10.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту проблем машинобудування АН України за адресою: 310046, м. Харків, вул. Пожарського, 2/10.

Автореферат розісланий 08 02 1994 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, доктор технічних наук

Т. І. Шейко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Приймати рішення людині доводиться у всіх сферах її діяльності в умовах ризику та деякої інформаційної невизначеності. Об'єктом дослідження в даній дисертаційній роботі є виробничий об'єкт прийняття рішень /ОПР/, тобто процес вибору варіантів чи дій при управлінні, проектуванні технічних систем та їх діагностуванні, оцінюванні ситуацій і т.ін. Досліджуються ОПР, що допускають постановку задачі прийняття рішень у термінах розпізнавання та класифікації категорій об'єктів за їх характеристиками, вимірних у різнотипових шкалах, що визначає актуальність роботи.

Суттєвий вклад у розв'язування проблем комп'ютерної автоматизації прийняття рішень, орієнтованого на знання, внесли зарубіжні та вітчизняні вчені: Е.Фейгенбаум, С.Осуга, Д.Уотермен, Д.А.Поспелов, М.Міньський, Р.Нільсон, О.Н.Ларічев, С.В.Попов, А.В.Гладун, І.Б.Сірджя, А.Д.Закревський та ін. Як правило, на практиці використовуються продуктивні, логічні та фреймові моделі уявлення знань, здобування яких реалізується безпосередньо через експертів з конкретних проблемних областей. В даній роботі досліджується здобування знань через процеси навчання та самонавчання. На відміну від традиційних методів запропоновані автором ЗСА-моделі дозволяють синтезувати навчаючі та самонавчаючі алгоритми побудови правил прийняття рішень не тільки ґрунтуючись на обробці інформації від експертів, а й на різноманітних даних, вимірних в різнотипових шкалах /кількісних та якісних/.

Робота виконувалася автором в період з 1982-1988 рр. на кафедрі прикладної та обчислювальної математики Харківського авіаційного інституту /ХАІ/ у відповідності до г/д теми " Розробка методів і програмних засобів для автоматизації прийняття виробничих рішень " ДР182360075 та з 1988-1992 рр. на кафедрі інформатики і програмного забезпечення автоматизованих систем /ХАІ/ у відповідності до плану науково-дослідних робіт по цільовій комплексній програмі Міністерства вищої освіти УРСР " Створення і розвиток систем автоматизованого проектування /САПР/ і їх підсистем" на 1986-1990 рр.

Мета роботи - розробка знанняорієнтованих структурно-аналітичних моделей, алгоритмів і програм для автоматизації прийняття виробничих рішень в умовах сучасного виробництва, що відрізняються допустимою вартістю, реалізуються на вітчизняних та закордонних ПЕСМ і мають високий рівень штучної компетентності за рахунок мож-

ливості добувати і маніпулювати через навчання різнотиповими знаннями.

Методика дослідження задач, що розглядається в дисертації, ґрунтується на використанні теорії R-функцій, теорії розпізнавання образів та методів інженерії знань і математичної лінгвістики. Обчислювальний експеримент виконувався на ПЕОМ ІВМ РС/АТ в системі об'єктно-орієнтованого обчислювального середовища *TURBO PASCAL 6.0*.

Нові наукові результати, що виносяться на захист:

- концепція структурного образу знань /СОЗ/ та постановка на цій підставі базових А-задачі / з навчанням / і В-задачі / з самонавчанням/ прийняття рішень в термінах теорії розпізнавання образів і R-функцій;

- обґрунтований метод побудови класу ЗСА-моделей прийняття рішень як багаторівневих процедур маніпулювання знаннями в формі самоаналізуючих R-функціональних граматики, що відтворюють механізм породження образів знань у просторі різнотипових властивостей об'єктів з урахуванням структурної та аналітичної інформації про емпіричні закономірності досліджуваної проблемної області;

- формування і доведення основних теорем, обґрунтовуючих запропонований ЗСА-метод прийняття рішень, та загальний критерій для оцінки адекватності ЗСА-моделей, одночасно враховуючий похибку та структурну складність правила прийняття рішень / ППР/;

- два критерії оцінки якості ППР згідно з загальним критерієм та методом мінімізації емпіричного ризику, що дозволило враховувати відповідно дві оцінки ємкості класів ППР через кількість усіх можливих граматики і загальне число граматичних гілок як елементів образу знань, а також критерій оптимізації ЗСА-моделей, побудований по методу мінімізації емпіричного ризику, дозволяючи отримувати гарантовані оцінки ймовірності похибок класифікації при обмеженому об'ємі вхідних вибіркових знань;

- обґрунтовані алгоритми знанняорієнтованого прийняття рішень з обмеженим і необмеженим здобуванням знань та загальна методика і алгоритми розв'язування базових А-, В-задач, що забезпечує пошук емпіричних закономірностей як нових знань через навчання;

- статистичні моделі залежності між об'ємом навчаючих знань і якістю оптимального ППР, які дозволяють прогнозувати надійність рішення, що приймається, щодо кількості альтернатив, числа гілок граматичного дерева та складності його термінальних елементів

/ В-П /;

- розробка діючого інтерактивного програмного комплексу автоматизації знанняорієнтованого прийняття рішень /ІПК АЗП/ з використанням ПЕОМ та його впровадження;

- розв'язки реальних задач знанняорієнтованого прийняття рішень з допомогою ЗСА-моделей при:

а/ ідентифікації неперервно-травильного агрегату в АСУ ТП металургійного заводу;

б/ ідентифікації процесу відтворення титану в АСУ ТП хімкомбінату;

в/ проектуванні принципової схеми штамповки вибухом і маршрутної технології імпульсної обробки металів;

г/ використанні ІПК АЗП для проектування системи живлення двигунів внутрішнього згорання і автоматизованої діагностики енергоблоків атомної електростанції / АЕС /.

Вірогідність результатів, одержаних у роботі, підтверджується їх позитивними зіставленнями з результатами, одержаними іншими методами, задовільним погодженням результатів розрахункового статистичного моделювання з експериментальними даними, застосуванням теоретично обґрунтованих методів та контрольних вибірових знань.

Практична цінність роботи полягає у доведенні дисертаційних результатів до конкретних інженерних методик та засобів, забезпечуючих можливість використання одержаних результатів науково-дослідними, проектно-конструкторськими організаціями, виробничими об'єднаннями для автоматизації прийняття виробничих рішень, що дозволяє вилучити затрати на пошук варіантів рішень в умовах невизначеності шляхом дешевого і швидкого обчислення на ПЕОМ. При цьому забезпечується багаторазове підвищення ефективності використання ЕОМ за рахунок скорочення трудовитрат від постановки задачі до одержання результатів. Застосування розробленого ІПК АЗП підвищує в середньому удвоє якість рішення, що приймається, і скорочує термін пошуку рішення у 10 -100 разів.

Впровадження. Розроблені в дисертації ЗСА-моделі, алгоритми з 1986 р. впроваджені в АСУ ТП Московського металургійного заводу "Серп і молот" і Сумського хімкомбінату. Методика прийняття рішень та ІПК АЗП впроваджені на протязі 1991-1993 рр. в проблемній лабораторії імпульсних джерел енергії ХАІ, на Ровенській АЕС і на Белгородському заводі по переробці пластмас з участю на паях автора в досягненні сумарного економічного ефекту біля 120000 крб./рік / за цінами 1991 р./.. ЗСА-моделі та окремі модулі ІПК АЗП у

1992 р. впроваджені в учбовий процес ХАІ.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 9 наукових праць, в тому числі 5 статей та 4 тези доповідей.

Апробація роботи. Одержані у дисертації результати доповідалися та обговорювалися на V всеукраїнському симпозиумі МОЗ-У /м.Новосибірськ, 1986 р. /, міжнародній науково-практичній конференції "Інформатизація в умовах переходу до ринку" /Київ, 1992р./, I міжнародній конференції "Розпізнавання сигналів та аналіз зображень" /м.Київ, 1992 р./, на міжнародній науково-практичній конференції "Розвиток національних систем науково-технічної інформації країн СНД, центральної та східної Європи у нових суспільно-політичних і соціально-економічних умовах" /Київ, 1993 р./, а також на республіканському науково-технічному семінарі "Нові інформаційні технології та інтелектуальні системи" /ІК АНУ, м.Київ, 1991, 1993рр/

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновку, бібліографії з 59 найменувань, 20 рисунків та 3 таблиць, усього 155 сторінок.

ЗМІСТ ПРАЦІ

У вступі обґрунтована актуальність теми і сформульована мета роботи.

У першому розділі висвітлений стан проблеми і поставлені задачі дисертаційних досліджень. Спочатку виділяється і описується клас виробничих об'єктів прийняття рішень як предмет дослідження засобами інженерії знань з метою створення комп'ютерної знання-орієнтованої системи прийняття рішень /ЗСПР/. Далі визначені конструктивні умови можливості, виправданості та доцільності розробки ЗСПР для виділеного класу об'єктів.

В результаті проведеного огляду і аналізу застосувань експертних систем /ЕС/ як перших представників ЗСПР встановлені відсутність вітчизняних розробок ЕС, складність, висока вартість та нецільність використання зарубіжних зразків ЕС для виробництва і в промисловості країни. Звідси витікає актуальність проблеми розробки методів і засобів створення ЗСПР простої архітектури, доступної вартості і з достатньо високим рівнем "інтелектуальності" за рахунок здатності системи до навчання знанням.

Ґрунтуючись на цьому визначена мета роботи і сформульовані задачі дисертаційних досліджень, які зводяться до розробки значно-орієнтованих структурно-аналітичних моделей, алгоритмів і програмного комплексу для прийняття виробничих рішень.

Другий розділ присвячений розробці та дослідженням знання-орієнтованих структурно-аналітичних /ЗСА/ моделей прийняття рішень. Під знаннями розуміються відповідні алгоритмічні структури /подібно продукціям чи фреймам/, які несуть різнотипову інформацію про об'єкт і забезпечують безпосереднє маніпулювання нею з метою логічного виводу правил прийняття рішень в образі інших знань. Множину первинних знань складають $O_j, (j=1,2,\dots)$ імена об'єктів прийняття рішень і сукупність різнотипових ознак $\{1,2,\dots,n\}$ у вигляді векторної моделі ОПР $\vec{x}^{(j)} = (x_{j1}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{jn}) \in X^n$, де кожна ознака має відповідну множину допустимих значень, вимірних у тій чи іншій шкалі. Прості функціональні залежності / зв'язки / між деякими ознаками вважаються локальними закономірностями відносно ОПР у просторі ознак X^n , тобто знаннями, що описуються у вигляді нерівностей і називаються властивостями-предикатами /В-П/.

Категоріям рішень, що приймаються відносно заданих цілей, відповідають класи /образи/ множини Ω всіх допустимих ОПР. Тобто припускається, що $\Omega = \bigcup_{K_r} K_r$ де $K_r \in X^n$. Пойменована область у просторі X^n , в яку відображена множина ОПР одного класу у відповідності до конкретної мети, називається образом знань. Нехай в X^n знайдена опірня система термінальних підмножин $\{K_r^1, K_r^2, \dots, K_r^l\}$, що відповідають локальним властивостям множин $K_r (r=1,3)$.

Визначення 2.1. Множина K_r , що утворена в результаті застосування операцій алгебри множин до термінальних підмножин $K_r^i (i=1,2,\dots,l)$, називається структурним образом знань /ООЗ/.

Якщо $\varphi_r^1(\vec{x}), \varphi_r^2(\vec{x}), \dots, \varphi_r^l(\vec{x})$ - характеристичні функції відповідних опірних підмножин K_r^1, \dots, K_r^l - описують опірну систему термінальних В-П ООЗ, то булева функція

$$F(\varphi) = F(\varphi_r^1(\vec{x}), \varphi_r^2(\vec{x}), \dots, \varphi_r^l(\vec{x})) \quad (1)$$

описує узагальнену логіку ознакових зв'язків між $K_r (i=1,2)$ і називається логікою структури даного образу знань.

Визначення 2.2. Множина $Z_0 \in \Omega$, для якої відомі множини $Z_0 \cap K_r \neq \emptyset$ для $\forall (r=1,2,\dots,3)$, називається навчачою вибіркою знань /НВЗ/ або таблицею емпіричних даних /ТЕД/. Рядки ТЕД відповідають стандартним описанням ОПР O_1, \dots, O_m , стовпці - значенням їх ознак $1,2,\dots,n$, де об'єкти O_1, \dots, O_m належать до класу K_1 , об'єкти $O_{m_r+1}, \dots, O_{m_r}$ - до класу $K_r (r=1,2,\dots,3)$, а об'єкти $O_{m_{r-1}+1}, \dots, O_{m_s}$ - до класу K_s .

Визначення 2.3. Множина $Z_K \subset \Omega$, для якої $Z_K \cap Z_0 = \emptyset$ і задано $Z_K \cap K \neq \emptyset$ при $n = \overline{1, 5}$, називається контрольною вибіркою знань / КВЗ /.

У відповідності до визначення 2.1. постулюємо концепцію /гіпотезу/ ССЗ: термінальний елемент структури образу знань - це відкрита точкова множина простору різнотипових знань X^n , що відповідає локальній класифікуючій закономірності як властивості об'єктів одного чи декількох класів; структурний образ знань є точкова множина $\Xi \in X^n$, що одержується в результаті застосування операцій алгебри множин до опорної системи термінальних елементів /підобразів / і граматично підкорена емпіричним закономірностям предметної області.

Визначення 2.4. Правилком прийняття рішень /ППР/ відносно об'єктів $O \in \Omega$ називається алгоритмічна структура знання/, яка здатна переробляти вхідну стандартну інформацію $I(O) = \vec{x}$ про СПР у вихідну - числовий номер класу, до якого належить об'єкт O .

Нехай зображення

$$F: X^n \rightarrow F(X, \vec{\alpha}) \quad (2)$$

є параметричним сімейством дійсних функцій / $\vec{\alpha}$ - вектор невизначених параметрів/, що відповідає відношенню замикання і характеризує базисну множину елементів структури ССЗ Ξ , а зображення

$$B: F \rightarrow B(F, \vec{\beta}) = \{0, 1\}, \quad (3)$$

/ $\vec{\beta}$ - вектор невизначених параметрів кодування логіки структури Ξ / відповідає параметричному сімейству логічних структур образів знань відносно базисної множини F термінальних В-П згідно з визначенням 2.1. Тоді, вводячи базисні алгоритмічні елементи: алфавіти образів знань / K / і ознак об'єктів / X / , вибірккові навчаючі / Z_0 / та контрольні / Z_K / знання, клас ППР ($\{\Phi\}$) та оцінки загальних (W) і допустимих (W_0) витрат на розробку ЗСПР з урахуванням різних втрат, сформулюємо базові задачі знання-орієнтованого прийняття рішень з навчанням / А-задача/ та самонавчанням / В-задача/.

А-задача: знайти ППР $\Phi_a \in \{\Phi\}$ з таким номером a , що як аргумент мінімізує гранично допустиму величину оцінки вартості $W(\Phi_a)$ при заданій її величині W_0 і обмеженнях $K, X, Z_0, Z_K, F, B, \{\Phi\}$, тобто:

$$a = \operatorname{argmin}_{\Phi_a \in A} W(\Phi_a) \mid K, X, Z_0, Z_K, F, B, \{\Phi\}, W_0. \quad (4)$$

В-задача: знайти такий варіант $\beta \in B$ із множини ППР, щоб до розгрупування вибіркового знань Z на S зазначених груп, щоб забезпечити мінімальну вартість $W(\Phi_\beta)$ цього згрупування, не перевищуючи допустимі величини W_0 при обмеженнях $\{ \Phi \}, S, \langle \mathcal{F}, B \rangle$, тобто:

$$\beta = \underset{\beta \in B}{\operatorname{argmin}} W(\Phi_\beta) \mid X, Z, S, \mathcal{F}, B, \{ \Phi \}, W_0. \quad (5)$$

Задача синтезу ЗСА-моделі прийняття рішень зводиться до побудови правила ідентифікації / розпізнавання / об'єктів $O \in \Omega$, яке б одноразово описувало граматичний механізм порадження образів знань із алфавіту K в X^n з урахуванням структурної та аналітичної інформації про емпіричні закономірності в X^n і виконує роль ППР відповідно до визначення 2.4.

У загальному вигляді для скінченного числа S категорій рішень / класів, об'єктів / ЗСА-модель $M_{ZSA} := \langle \mathcal{F}, B \rangle = G_R^{(S)}$ описується S -значною R -функцією Рвачова В.Л., заданою на граматичному прадереві $G_R^{(S)}$.

$$M_{ZSA} := G_R^{(S)} = \bigvee_{\omega=1}^S \omega \cdot S_2[\Psi_\omega(\vec{x}_\omega, \vec{z}_\omega)], \quad (6)$$

де

$$\Psi_\omega(\vec{x}_\omega, \vec{z}_\omega) = \bigwedge_{p=1}^{n(\Psi_\omega)} \bigwedge_{q=1}^{n(\Psi_\omega)} \varphi_{q,p,\omega}^\lambda(\vec{x}_\omega, \vec{z}_\omega); \lambda \in \{0,1\}; \quad (7)$$

$n(\Psi_\omega)$ - число гілок дерева образу знань ω ;

$n(\varphi_\omega)$ - кількість термінальних В-П $\varphi_{q,p,\omega}$ p -ї гілки образу ω ;

\vec{z}_ω - вектор параметрів термінального В-П гілки образу ω ;

$\bigvee_\alpha, \bigwedge_\alpha$ - диз'юнкція та \bigwedge_α - кон'юнкція системи R_α , (Рвачов В.Л.) $-1 \leq \alpha \leq 1$.

$$S_2(Z) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } z \geq 0 \\ 0, & \text{якщо } z < 0, \end{cases} \text{ тобто двозначний предикат.}$$

На відміну від існуючих моделей уявлення знань $\beta \in B$ термінальні знання в ЗСА-моделях описуються різнотиповими В-П у вигляді предикатних рівнянь. Наприклад, якщо ознака x_j об'єктів образу знань K_r вимірює у шкалі найменувань, тобто $x_j(O_k) = \hat{x}_{kj} \in \{1,2,\dots\}$, і деякий фрагмент образу $K_j(O_k) \subset K_r$ по відношенню до x_j має властивість φ_n , то відповідні знання у формі В-П φ_n записуються у вигляді

$$\varphi_0(x_j) \equiv (\delta_{x_j} - |x_j - \hat{x}_{x_j}| \geq 0) = 1, \quad (8)$$

де δ_{x_j} - похибка виміру.

Знання, що відповідають ППР, подаються у вигляді структури (6).

Теорема. Нехай заздалегідь визначені локальні властивості $\text{СОЗ } \overline{\Omega} = \{K\}$ ($K=1, 2, \dots, S$) з допомогою знайденої за вибірковими знаннями Z_0 структурно повної системи C термінальних В-П

$$C = \{[\varphi_1(\vec{x}_1, \vec{t}_1) \geq 0] = 1; [\varphi_2(\vec{x}_2, \vec{t}_2) \geq 0] = 1; \dots; [\varphi_n(\vec{x}_n, \vec{t}_n) \geq 0] = 1\}, \quad (9)$$

і логіка структури (I) образу $\overline{\Omega}$ описана булевою функцією

$$F(S_1[\varphi_1(\vec{x}_1, \vec{t}_1)], S_2[\varphi_2(\vec{x}_2, \vec{t}_2)], \dots, S_n[\varphi_n(\vec{x}_n, \vec{t}_n)]) = 1, \quad (10)$$

що оупровджує H^* - реалізуючу /за В.А.Рвачовим / R_2 -функцію

$$f(\vec{z}) = f(z_1, z_2, \dots, z_n).$$

Тоді при яких завгодно неперервних функціях $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ структурний образ знань $\overline{\Omega}$ однозначно описується узагальненою класифікуючою властивістю /УКВ / у формі предикатного рівняння

$$\psi \equiv [f(\varphi_1(\vec{x}_1, \vec{t}_1), \dots, \varphi_n(\vec{x}_n, \vec{t}_n)) \geq 0] = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x_i \in \overline{\Omega}, \\ 0, & \text{якщо } x_i \notin \overline{\Omega}, \end{cases} \quad (11)$$

що відповідає ЗСА-моделі (6).

Для оцінки адекватності ЗСА-моделі прийняття рішень розроблено загальний критерій якості

$$Q(G_n^{(2)}) = Q_1(G_n^{(2)}) + Q_2(G_n^{(2)}), \quad (12)$$

де складова $Q_1(G_n^{(2)})$ характеризує втрати через похибки ідентифікації /розпізнавання/, а $Q_2(G_n^{(2)})$ - через структурну складність $G_n^{(2)}$, пов'язану з об'ємом обчислень, пам'яті та часом прийняття рішення. Критерій (12) дозволяє реалізувати параметричну оптимізацію ЗСА-моделі по ймовірності похибки і її структурній складності одночасно, спираючись на методи мінімізації емпіричного ризику Вапника-Червоненкіса.

У третьому розділі виконані алгоритмізація та оптимізація про-

цесів знанняорієнтованого прийняття рішень на основі застосування ЗСА-моделей.

На цій основі обґрунтована та сформульована задача двохстадійної оптимізації ЗСА-моделей і алгоритмів прийняття рішень. На першій стадії знаходяться оптимальні параметри В-П відносно ймовірності помилки класифікації, а на другій - мінімізується довжина зовнішнього шляху $e(G_2^{(2)})$ граматики-дерева та сумарне число τ первинних ознак, використаних в термінальних В-П.

Для структурної оптимізації грамастик $G_2^{(2)}$ знайдені та досліджені оцінка інтервалу зміни величини $e(G_2^{(2)})$ при фіксованому числі n_v її гілок та оцінка важливості термінальних В-П при побудові ППР $G_2^{(2)}$ на основі інформаційного критерію. Обґрунтована доцільність структурної оптимізації $G_2^{(2)}$ за параметром $e(G_2^{(2)})$.

У відповідності до загальних критеріїв якості $\eta(G_2^{(2)})$ (12) побудовані критерії $\eta_3(G_2^{(2)})$ і $\eta_2'(G_2^{(2)})$ на основі використання вперше введених оцінок ємності класу $\{y\}$ ЗСА-моделей як числа N грамастик в $\{y\}$ та загальної кількості N' грамастичних гілок-речень мови описання образів знань $L_e(G_2^{(2)})$. Методом упорядкованої мінімізації ризику одержано критерій оптимізації $\eta_y(G_2^{(2)})$, що оперує з функцією росту системи дій $\{y(G)\}$ і дозволяє одержати гарантовані оцінки ймовірності помилки класифікації при обмеженому об'ємі вхідних знань.

Згідно з методиками рішень А, -В - задач розроблені: екстремальний алгоритм побудови двокласової граматики ЛОГ, що ґрунтується на використанні адаптації логіки структури ППР $G_2^{(2)}$ методом стохастичної апроксимації; алгоритм ГОДЗ для знаходження граматики обмеженого здобування знань за методом мінімізації емпіричного ризику; алгоритм ІНЕДЗ для синтезу граматики необмеженого здобування знань, що ґрунтується на виконанні ітераційної мінімізації емпіричного ризику із застосуванням алгоритму ГОДЗ; алгоритми таксономії знань на основі розробки базового алгоритму групування знань /БАЗ/, реалізованого з допомогою модифікованої автором процедури Джонсона -Ролфа, що мінімізує критерій згоди $T(G, X^*)$ зі схемою угруповання "зверху-вниз".

Четвертий розділ присвячений практичному застосуванню ЗСА-моделей та розробці інтерактивного програмного комплексу /ПК/ на базі ПЕОМ для автоматизації знанняорієнтованого прийняття рішень.

Поставлені задачі практичного застосування ЗСА-моделей у напрямку ідентифікації складних промислових об'єктів і розробки ПК

АЗПР. Залежності між об'ємом навчаючих знань і якості δ - оптимальної граматики $G_k^{(2)}$ були експериментально підтвержені на основі статичного моделювання і в результаті зроблено два таких важливих висновки дисертації:

а/ недоцільно перебирати і аналізувати ЗСА-модель $G_k^{(2)}$ з числом N_k гілок більшим, ніж визначальне його порогове значення N_k^* ;

б/ з усіх допустимих $G_k^{(2)}$ найбільш вигідна та, що побудована по навчаючих вибіркових знаннях найбільшого об'єму m і при заданій вірогідності γ має найменше число N_k гілок.

Грунтуючись на цьому розроблена ЗСА-модель ідентифікації складних промислових об'єктів та алгоритм її реалізації, що відрізняється від традиційних підвищеним рівнем адекватності забезпечення явного процесу адаптації до конкретної предметної області. На базі використання цієї моделі побудовані конкретні ЗСА-моделі ідентифікації неперервно-правильного агрегату Шоковського металургійного заводу та процесу відновлення титану в АСУ ТП Сумського хімікомбінату.

В пп. 4.4 і 4.5 розроблені інженерні методики знанняорієнтованого прийняття рішень при проектуванні принципової схеми вибухової штамповки і маршрутної технології імпульсної обробки металів, системи живлення двигунів внутрішнього згоряння, діагностики енергоблоків АЕС та розпізнавання технологічних ситуацій в управлінні циклом переробки пластмас.

Для роз'язку зазначених і подібних задач автор створив діючий ІПК АЗПР на базі застосування ПЕОМ /типу РС/XT-AT/, який успішно випробувано при розв'язанні серії практичних задач і впроваджено у виробництво на ряді підприємств України та ближнього зарубіжжя.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

1. Як предмет дослідження автор виділив прийняття рішень залобами інженерії знань та розпізнавання образів, а також визначив конструктивні умови виправданості, доцільності і можливості розробки знанняорієнтованих структурно-аналітичних моделей /ЗСА-моделей/, алгоритмів і програм для прийняття виробничих рішень.

2. На основі сформульованої концепції структурного образу розроблено обґрунтований клас ЗСА-моделей прийняття рішень як багаторівневих алгоритмів, маніпулюючих знаннями у формі самоаналізуючих R -функціональних граматики $G_k^{(2)}$, які описують і реалізують механізми породження образів знань у просторі різнотипових ознак об'

ектів з одночасним урахуванням структурної і аналітичної інформації про емпіричні закономірності досліджуваної предметної області.

3. Для створення знанняорієнтованих систем прийняття рішень /ЗСПР/ поставлені базові А-задача / з навчанням/, В-задача /з самонавчанням/ і загальна задача завдання та побудови ЗСА-моделей на основі принципів теорії розпізнавання образів, що в класі R -функцій Рвачова узагальнює більшість відомих основних правил на випадок різнотиповості ознак ОР.

4. Розроблені загальні методи і алгоритми розв'язання А-, В-задач та загальний критерій $\eta(G_k^{(a)})$ оцінки адекватності ЗСА-моделей прийняття рішень, що одночасно враховує похибку розв'язання і структурну складність правила прийняття рішень /ППР/, а також допускає двостадійну оптимізацію ЗСА-моделей за відповідними параметрами похибки і складності структури $G_k^{(a)}$. Згідно з структурою $\eta(G_k^{(a)})$ за методом мінімізації емпіричного ризику побудовані три конструктивні критерії для визначення якості ППР $G_k^{(a)}$ при різних знайдених оцінках ємкості класу ППР $G_k^{(a)}$ в умовах обмеженого об'єму вхідних вибіркового знань.

5. На основі використання методів стохастичної апроксимації та мінімізації емпіричного ризику синтезовані екстремальні алгоритми побудови ППР $G_k^{(a)}$: ЛОГ - для двальтернативного розв'язку ГОДЗ і ГНЕДЗ - для граматик відповідно до обмеженого і необмеженого здобування знань з багальтернативним прийняттям рішень та алгоритми таксономії /самонавчання/ знань з оригінальною схемою угруповання "зверху-вниз" на граматичних деревах.

6. В результаті статистичного моделювання залежності між об'ємом навчаючих знань і якістю δ -оптимального ППР $G_k^{(a)}$ встановлено, що при фіксованих допустимому порогові якості шуканої $G_k^{(a)}$ і кількості альтернатив рішень надійність рішення, що приймається, підвищується із зростанням об'єму навчаючих знань і одночасним зменшенням кількості гілок граматичного дерева та спрощенням структури термінальних В-П.

7. На базі використання викладеної теорії ЗСА-моделей і алгоритмів знанняорієнтованого прийняття рішень розроблено діючий на ПЕОМ інтерактивний програмний комплекс /ІПК АЗІР/, з допомогою якого знайдені ефективні правила прийняття рішень в реальних виробничих задачах:

- ідентифікації неперервно-травильного агрегату в АСУ ТП металургійного заводу та процесу відновлення титану в АСУ ТП хімікомбінату; автоматизованої діагностики енергоблоків АЕС і розпізнаван-

ня технологічних ситуацій в управлінні циклом переробки пластмас;
- проектування принципової схеми вибухової штамповки і маршрутної технології імпульсної обробки металів та системи живлення двигунів внутрішнього згорання.

Результати дисертації та ІПК АЗП впроваджені і знаходять практичне застосування у виробничих організаціях та учбовому процесі ряду вузів.

Праці за темою дисертації :

1. Борисенко Б.Н., Хоменко В.В., Лелица В.А. Гидродинамический расчет приемника импульсов давления в системах для послойного смесеобразования // Мат.методы анализа динам. систем. Харьков: Харьк. авиац. ин-т. 1977- Вып.1.- С.153-156.
2. Борисенко Б.Н., Хоменко В.В., Лелица В.А. Гидродинамический расчет генератора формирования волны давления в системах с послойным смесеобразованием // Там же. - С.133-136.
3. Борисенко Б.Н., Хоменко В.В., Лелица В.А. Математическая модель гидродинамического компенсатора системы питания двигателя внутреннего сгорания // Там же. - 1978. - Вып.2. - С.72-75.
4. Борисенко Б.Н., Хоменко В.В., Лелица В.А. Математическое моделирование и системное программирование при автоматизированном проектировании систем питания двигателя внутреннего сгорания // Там же. - С.113-119.
5. Сироджа И.Б., Лелица В.А., Прудников Г.В. и др. Принцип построения самообучающихся знаниеориентированных систем на базе МАКЗ-метода // *Proc Second Inter Conf. New Leading Edge Technol. in Mach. Building: Rybachie, Ukraine, Sept. 18-22, 1993, Kharkov - Rybachie, 1993, p. 125-127.*
6. Лелица В.А., Нечитайло В.А., Николаенко І.Н., Прудніков Г.В. та ін. Інтелектуальна система прийняття рішень на основі використання розпізнавання образів, орієнтованого на знання // Обробка сигналів і зображень та розпізнавання образів: Тез. доп. І всеукр. міжн. конф. "УКРОБРАЗ 92", Київ, лист. 1992р. - С.38-41.
7. Сироджа И.Б., Волков С.Г., Прудников Г.В., Лелица В.А. и др. Использование МАКЗ-метода для создания интеллектуальной компьютерной системы принятия производственных решений / Информатизация в условиях перехода к рынку" Сб. трудов II междунар. научн.-практ. конф., Киев, май 1992 г. - С.193-196.

8. Сироджа И.Б., Лелица В.А., Нечитайло В.А. и др. Концепция МАКЗ-метода для синтеза знамеориентированных систем принятия решений // Передача, обработка и отображение информации: Тез. докл. науч.-техн. конф., Теберда-Харьков, март 1992г. - С.102-104.
9. Сироджа И.Б., Лелица В.А., Прудніков Г.В. та ін. Використання імовірних оцінок для виводу нечітких знань на базі БАКЗ-методу // Імовірні моделі та обробка випадкових сигналів і поліг: Тез. доп. Міжнар. симп. ІМОВСП-93, Львів-Харків-Тернопіль, 13-18 вер. 1993 р. - С.49-50.

Особистий внесок автора в роботи:

- /1/- методика гідродинамічного розрахунку приймача імпульсів;
/2/- алгоритм розрахунку генератора формування хвилі тиску;
/3/- алгоритм розрахунку компенсатора хвилі тиску;
/4/- розробка програм автоматизації системи живлення двигуна;
/5/- синтез алгоритму та програми автоматичної класифікації;
/6/- розробка програм індуктивного виводу квантів знань;
/7/- розробка вхідного та вихідного інтерфейс в знання - орієнтованої системи;
/8/- розробка методики автоматизації прийняття рішень;
/9/- розробка та реалізація алгоритму оцінки виводу знань.

Ав 29.411

Відповідальний за випуск Московець В.І.

Підписано до друку 27.01.94. Формат 60 x 90 1/16.

Ум.друк.арк. 1.00. Папір друк. № 1.

Обл. - вид. арк. 0.96. Тираж 100 пр.

Зам. № 1923

Ротапринт Інституту проблем машинобудування АН України
310046, Харків, вул.Гжарського, 2/10