

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

На правах рукопису

УДК 510.67 (07)

Шаповалова Світлана Ігорівна

**Автоматизоване формування моделей складних
систем у середовищі штучного інтелекту
(на прикладі математичних моделей процесу
теплопроводності)**

05.13.05 - системи автоматизації проектування
з технічних наук

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ-1996



АВ 34.921

Робота виконана на кафедрі автоматизації проектування енергетичних процесів та систем Національного технічного університету України "КПІ".

Науковий керівник : кандидат технічних наук,
доцент ЄЛІЗАРЕНКО Г.М.

Науковий консультант: доктор технічних наук,
професор СЛІПЧЕНКО В.Г.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор Нагорний Л.Я.

кандидат технічних наук,
доцент Кондратенко О.І.

Провідна організація: Науково-виробниче
підприємство "Символ" м. Київ

Захист відбудеться 17 червня 1996 року о 15 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради для захисту дисертацій на здобуття вченого ступеня доктора наук (шифр Д 01.02.17) у Національному технічному університеті України "КПІ" Міносвіти України (152056, Київ-56, проспект Перемоги, 37), корп. 12, ауд. 412.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету України "КПІ".

Автореферат розіслано 15 травня 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої Ради кандидат технічних наук



Писаренко Л.Д.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Задачі автоматизованого формування моделей складних технічних систем в загальному випадку не мають завчасно визначених алгоритмів.

При формуванні моделей частково подібних об'єктів шляхи виводу кінцевого результату різняться послідовністю правил отримання та аналізу характеристик поточного об'єкту. Деяка сукупність цих характеристик належна всім поданим об'єктам, а самі характеристики знаходяться в складних взаємовідносинах. Тому ймовірний алгоритм виводу буде включати ключі розщеплення роздумів і перевірки істинності комбінацій характеристик, що багатократно повторюються. В таких випадках для виключення помилок алгоритма чи його реалізації треба подавати роздуми в лінійній формі, тобто для кожної ймовірної моделі явно визначати умови виводу. Але розмір цілої множини ймовірних моделей звичайно занадто великий.

Точний підрахунок всіх можливих варіантів математичних моделей теплопроводності, включаючи необхідні математичні характеристики, був проведений для 11 геометричних форм об'єктів дослідження з урахуванням допустимих перерізів і напрямів розповсюдження тепла. Розрахунок виявив необхідність занесення в базу знань (БЗ) 139690 записів моделей.

Але математичні моделі складних технічних систем, як правило, формуються на основі невеликої кількості відомих математичних залежностей і накладених на них обмежень. Так, для опису варіантів процесу теплопроводності використовується біля 100 компонентів математичних формул і характеристик, які визначаються 39 умовами. Допустимі композиції таких елементів дають опис 139690 моделей.

Механізм формування моделі повинен забезпечити:

- коректне нагромадження інформації про моделюєму систему, при якому наступні запити не суперечать раніше отриманій інформації;
- своєчасне (визначене останньою відповіддю користувача) формування елементів поточної моделі;
- динамічне формування шляху виводу, що базується на аналізі поточних характеристик.

Логіка предикатів є єдиним можливим інструментом подання задач зі змінними алгоритмами виводу. Оскільки запитовані характеристики впливають на подальші кроки виводу, відповіді користувача необхідно подавати предикатами. При їх поданні у вигляді термів загублюються концептуальні переваги логіки предикатів, а розмір бази даних (БД), що включає модельну інформацію, збільшується в декілька разів за рахунок обов'язкового включення переважної більшості таких термів в усі структури подання. При цьому додаткових можливостей структуризації інформації, що еквівалентні управлінням успіхом чи невдачею логічних зв'язків умов виводу, не виникає. З цього приводу, а також завдяки раніше приведеним вимогам до механізму виводу, неможливо використання у чистому вигляді таких обчислювальних формалізмів, як семантичні мережі, фрейми або об'єктно-орієнтовані моделі.

Але логіка предикатів не має можливостей структуризації пошуку, що достатні для вирішення поставленої задачі. Такі традиційні засоби, як В-дерева та hash-таблиці, не придатні в даному випадку тому, що для них ключовими ознаками являються терми.

Робота спрямована на вирішення задачі створення

та реалізації засобу формування моделей складних систем, який буде виконувати пошук скоріше, ніж дозволяють можливості класичної логіки предикатів, і скоротить БЗ на 3-4 порядки у порівнянні з лінійним поданням модельних міркувань.

Метою роботи є створення системи побудови математичних моделей процесу теплопроводності в об'єктах різноманітної геометричної форми.

Наукова новизна роботи полягає в розробці системи опису та структурізації знань, що базується на концептуальних перевагах логіки предикатів, але виключає її недоліки та створює практичні можливості роботи з надвеликими БЗ, тобто базами, що містять десятки тисяч записів.

Запропонований новий підхід до подання моделюємої системи, що дозволяє залежно від зовнішніх фізичних умов її стану змінювати структуру моделі.

Запропоновані способи інтерпретації та обробки логічних умов, що можуть бути застосовані для подання правил обходу графа та ключів бази даних (БД), структурізація якої недосяжна В-деревами й hash-таблицями.

Практична цінність. Всі запропоновані розробки реалізовані у системі математичного моделювання процесу теплопроводності, яка по його вербальному опису синтезує формальну постановку завдання матфізики, дає її вичерпні характеристики та готує кодоване повідомлення про теперішню математичну модель для підсистем розрахунку. Інтерфейс системи моделювання відповідає стандарту IBM і надає користувачеві можливість вибору характеристик моделюемого процесу з запропонованих списків. Описи характеристик дані в термінах предметної області. Взаємодія користувача з комп'ютером зводиться до натиску клавіш запровадження та керуючих стрілок.

Створена методика може бути використана для інших предметних областей з аналогічними проблемами розгалужених міркувань і великої кількості можливих рішень, що дозволить оперативно одержати укладення.

Особистим внеском дисертанта в одержання наукових результатів є всі положення, що винесені на захист.

Автор захищає:

- 1) спосіб подання інформації для оптимального виводу складової моделі;
- 2) методику опису, структурування та обробки інформації про складні системи, що визначає прискорений вивід теперішньої моделі.

Методи досліджень базувалися на логіці предикатів 1-го порядку для подання моделей і арифметичних перетвореннях булевих функцій для інтерпретації логічних зв'язок предикатів. Засобом програмної реалізації запропонованої методики обраний Arity /Prolog.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідалися та обговорювалися на Всесоюзній конференції 'Математическое и имитационное моделирование в системах проектирования и управления в энергетике' (м. Чернігів, 1990 р.), на Всесоюзній науково-технічній конференції 'Математическое моделирование в энергетике' (м. Київ, 1990р.), на Всесоюзній нараді по експертним системам (м. Суздаль, 1990р.), на республіканській науково-технічній конференції 'Проблемы автоматизированного моделирования в электронике' (м. Київ, 1993р.).

Публікації. По матеріалах дисертації опубліковано 5 праць.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна

робота складається з вступу, п'яти розділів, списку літератури. Містить 119 сторінок машинописного тексту, 19 малюнків, 8 таблиць на 20 сторінках, лістинги 10 програм на 7 сторінках, 5 сторінок літератури (80 найменувань).

У **вступі** обгрунтована актуальність проблеми, що досліджується, сформульовані мета роботи, математичне визначення поставленого завдання моделювання складних систем і вимог до них, дана стисла анотація основних результатів, що одержані у дисертації.

У **першому розділі** надані визначення всіх термінів, що використовані у роботі, та класифікація моделюємих систем; описані поставлене завдання дослідження та концепції, що пропонують первинне подання складної моделі; перераховані завдання експертної системи (ЕС) виводу збірних моделей і вимоги до неї.

У **другому розділі** на підставі літературних джерел обрані засоби та методи рішення поставлених задач. Проаналізована логіка предикатів як засіб подання модельної інформації, зазначені її привілеї та недоліки. Розглянуті розроблені способи поширення логіки предикатів 1-го порядку. Описані відзначні риси мови Пролог і обгрунтован його вибір для програмної реалізації системи формування моделей. Виділені поняття істиностних значень утверджень, варіанти їх інтепретації та визначені області подання знань про моделі, в яких можливо використання оцих інтепретацій. Описано поліноміальне подання булевих функцій, що дозволяє замінити логічні операції на арифметичні.

Способи подання логічних зв'язок утверджень у вигляді ключей доступу до записів БД і БЗ проаналізовані в підрозділі 2.4. Простежені всі можливі способи одержання укладення, починаючи з

узвичаєних і закінчуючи авторськими, що враховують особливості Пролога та досягають максимальної ефективності Пролог-программ.

У **третьому розділі** описана методика подання та обробки складових моделей. Описана структура подання сліду ситуації. Докладно описан аналіз моделюємої системи та її наступна формалізація. У підрозділі 3.3 зведений до купи повний алгоритм запропонованої методики подання й висновку складної моделі.

Четвертий розділ містить постановку задачі моделювання процесу теплопроводності, розрахунки кількості можливих варіантів моделей і кількості характеристик, що їх визначають. На прикладі системи виводу математичних моделей процесу теплопроводності описана повна реалізація методики подання та обробки інформації про складні системи, яка визначає прискорений вивід теперішньої моделі.

У **п'ятому розділі** підводяться підсумки по можливостям використання запропонованої методики. Проводиться порівняльний аналіз ефективності програм на Пролозі, що здійснюють обробку традиційних БД і баз, які використовують запропоновані подання. Описуються можливості використання створеної методики в інших областях наукових досліджень і отримані переваги.

ЗМІСТ РОБОТИ

Постановка теперішнього завдання моделювання задає характеристики моделюємої системи, що одержують у діалозі та подають в БЗ ситуаційними фактами тільки на сеанс роботи. У завжди існуючій БЗ зберігаються виключно елементарні (неподільні) структурні компоненти математичних моделей і жорстко задані структури сполучень модельних компонентів (класи підмоделей), що подані на більш високому ієрархичному рівні.

В основу методики обробки інформації покладені:

- 1) принцип роботи генератору порцій знань, необхідних для висновку теперішнього укладення;
- 2) принцип динамічного визначення критичного шляху виводу моделі.

Перший принцип виключає необхідність обробки та зберігання в оперативній БЗ зайвих при конкретному виводі блоків інформації. Він реалізований у вигляді спрямованого графа, вузли якого ототожнюються з черговим комплексом запитів характеристик моделюємої системи та відповідною множиною компонентів моделі, що конкретизуються відповідно до відповідей користувача.

Другий принцип виключає блукання у лабіринті пропозицій БЗ. Він реалізований у вигляді розподіленої по вузлах графа системи правил визначення переходу від теперішнього вузла до наступного.

Творці мови Пролог заклали можливості структурованого пошуку інформації у вигляді В-дерев і hash-таблиць. Проте при цьому ключовими ознаками є терми. А укладенням про наступний етап виводу повинен керувати успіх чи невдача виконання умов - логічних зв'язок накопичених ситуаційних фактів. Тому в дисертації запропоновано подання умов обходу графа у вигляді арифметичних виразів, що інтерпретують логічні.

Для обробки арифметичних виразів необхідна відповідна інтерпретація фактів, що задієні у правилах вибору. Одержаний у діалозі факт не заноситься в тимчасову БЗ, а зберігається у деякій структурі, що названа слідом ситуації, як 1 або 0. Це означає - відповідно - підтвердження чи спростування факту. Тоді значення арифметичного виразу, що оперує числовими інтерпретаціями істиностних значень, можна трактувати як успіх чи невдачу виконання умови вибору і далі використовувати механізм виводу, що

закладений у каноничну логіку предикатів.

Поширення класичного подання знань реалізовано введенням додаткового атрибуту - ключа ініціалізації вибору - для кожного компоненту складової моделі та відтинку переходу графа. Цим досягається однорідність подання безпосередньо модельної інформації в БД і засобів теперішніх укладень у БЗ. Ключ ініціалізації містить арифметичну інтерпретацію умов вибору та встановлює зв'язок поміж перемінними цієї умови та перемінними сліду ситуації. Структура графа така, що використовуватися можуть тільки ключі, всі оголошені перемінні яких раніше конкретизовані ситуаційними фактами.

Правила виводу складової моделі відповідають логічним формулам виду:

$$M_i \leftarrow M_{i-1} \wedge C_{(i-1)-i}, \quad (1)$$

де M_i - i -тий стан шуканої моделі (стан, що досягається на i -тому етапі виводу моделі), доповнений у порівнянні з $(i-1)$ -шим станом новими елементами, що конкретизовані на підставі i -того комплексу запитів;

$C_{(i-1)-i}$ - умова переходу від стану M_{i-1} до стану M_i , яка є логічною зв'язкою ситуаційних фактів $\{\tilde{x}_j\}$.

Істиностне значення кожного факту визначається або в інтерактивному режимі користувачем, що ставить завдання моделювання, або внаслідок укладень із накопичених наданих.

Слід ситуації - множність істиностних значень теперішніх ситуаційних фактів $\{\tilde{x}_j\}$:

$$X = \{x_1, \dots, x_n\}, \quad (2)$$

що одержується при постановці завдання, повністю визначає всі характеристики теперішньої моделюємої системи та вибір підмоделей всіх нижчих рівней.

Формалізація предметної області повинна бути проведена таким чином, щоб кожна одиниця поданої інформації визначалася набором признаков - тверджень, успіх логічної зв'язки з яких конкретизує єдино придатну модель цієї одиниці. Одна ознака з ситуаційного набору часто бере участь у настройці моделей із декількох класів і навіть на різних рівнях подання. Тому слід ситуації не містить надмірної інформації й однозначно відбиває теперішню постановку завдання. Проте набір ситуаційних фактів унікальний для кожної моделі. Для процесу теплопроводності в розглянутих об'єктах - розмір множинності (2) може змінюватися в межах від 14 до 54. Його жорстке завдання по максимальному розміру не обгрунтовано з точки зору економії ресурсів (збільшуються розміри глобального стеку та стеку трасировки), а також наочності подання інформації в БД. Крім цього, втрачається можливість доповнення інформації експертом.

У таблиці 1 приведено подання сліду ситуації у вигляді двохрівневої структури. Вся БЗ охоплена спрямованим графом (мал. 1), що задає правила виводу моделей по формулам (1) і зберігає укладення. Умовні позначення ситуаційних фактів і нумерація вершин однакові для таблиці та малюнка. Умови переходу від однієї вершини до іншої попроставлені тільки біля наведених дуг, які визначають перехід при виконанні відповідної умови. Умови на малюнку записані у вербальній та предикатній формах.

В програмній реалізації умови переходу подані структурою trigger/3, аргументами якої є:

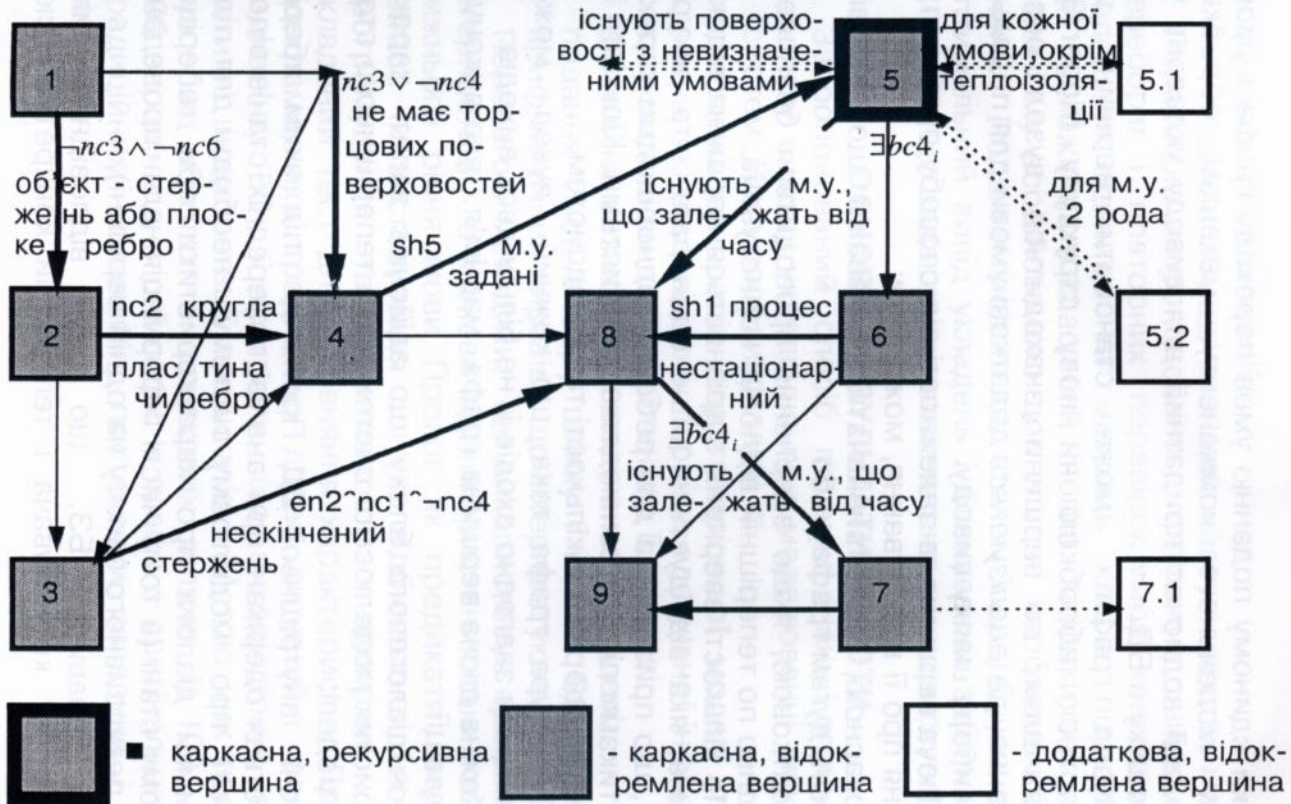
- умова переходу у вигляді арифметичного виразу, перемінні якого мають оті ж адреси, що й перемінні зліпку ситуації;
- вузол графа, перехід у який зумовлен виконанням умови переходу;

- вузол графа, перехід у який зумовлен невиконанням умови переходу.

Таблиця 1

СТРУКТУРА ПОДАННЯ СЛІДУ СИТУАЦІЇ

Верхній рівень подання		Нижній рівень подання		№ вершини графу, на якій проводиться:	
Позначення	Коментар	Позначення	Визначення ситуаційного факту як наявність:	запит факту	укладення по факту
shell	Оболонка, що визначає форму рівняння та клас задачі матфізики	sh1	нестационарності	6	5
		sh2	високоінтенсивного нестационарного процесу	7	5
		sh3	постійної тепловіддачі на контрольних поверхностях	2	-
		sh4	внутрішніх джерел тепла	9	-
		sh5	межових умов	4	-
nuclear	Ядро, що визначає оператор Лапласа і набір координат для умов однозначності	nc1	декартової системи координат (с.к.)	-	1
		nc2	полярної/циліндричної с.к.	-	1
		nc3	сферичної с.к.	-	1
		nc4	1-ої координати	-	1
		nc5	2-ої координати	-	1
		nc6	3-ої координати	-	1
endless	Характеристика довжини об'єкту	en1	скінченного розміру	3	-
		en2	нескінченного розміру	3	-
full	Кр-рій цілісності	fl	цілісності об'єкту	-	1
ic	Математичні характеристики початкових умов (н.у.)	in1	залежності від координат 1-го н.у.	8	-
		ih1	однородності 1 н.у.	-	8
		in2	залежності від координат 2-го н.у.	7.1	-
		ih2	однородності 2 н.у.	-	7.1
bc	Характеристики, що отримуються для кожної межової умови (м.у.)	bc1	1 рода поточної м.у.	-	5.1
		bc2	2 рода поточної м.у.	-	5.1
		bc3	залежності поточної м.у. від координат	5.1	-
		bc4	залежності поточної м.у. від часу	5.1	-
		bc5	однородності поточної м.у.	-	5, 5.1
		bc6	зовнішнього напрямку теплового потоку для поточної м.у. 2 роду	5.2	-



Мал. 1. Граф виводу математичної моделі процесу теплопроводності.

Завдяки єдиному поданню умов переходу графа і умов вибору модельного компоненту, механізм обробки інформації водночас придатний для виводу укладень у БЗ і пошуку в БД.

Вузол графа може становити вершину зі стандартною обробкою чи нову структуру trigger/3, якщо на шляху до вершини знаходиться вузол розгалуження, де *аналізуються* додаткові умови для подальшого вибору шляху виводу.

Діюча вершина, в залежності від способу прийняття рішення про її відвідування, може бути:

- каркасною, тобто визначатися умовами, що відповідають дугам графа, або
- додатковою, якщо звернення проводиться безпосередньо по теперішній відповіді користувача.

По кількості звернень відрізняється вершина відокремлена, яка відвідується лише один раз, та рекурсивна, що призначена для роботи з однорідними характеристиками підсистем моделюємої системи. Кількість її відвідувань дорівнює кількості таких підсистем.

Структура графа така, що кожний вузол може мати скільки завгодно входів і не більш двох виходів.

Кожна діюча вершина графа має ім'я, яке виконує такі функції:

- ключ діалогового блоку, що здійснює запит характеристик моделюємої системи для теперішнього стану моделі;
- ключ внутрішньої БД Пролога, під яким зберігаються одержані при аналізі попередніх станів відомості про моделюему систему, необхідні для підтримки діалога про характеристики при теперішньому стані (в тому числі інформація для проведення рекурсивного запиту на одній вершині);
- ім'я правила БЗ, що задає відповідність між вибором користувача і теперішній конкретизацією

фактів у сліді ситуації;

- ім'я правила БЗ, що визначає наступний стан моделі.

Перевагою запропонованого подання є швидка (без переборів і повторних перевірок умов) конкретизація модельних одиниць та матриць класів підмоделей, що неможлива в класичній логіці завдяки відсутності механізму асоційованого доступу до необхідних блоків знань. Подання моделі по станам передбачає самий оптимальний вивід укладень і блокування заборонених ситуацій, що задаються некомпетентним користувачем.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

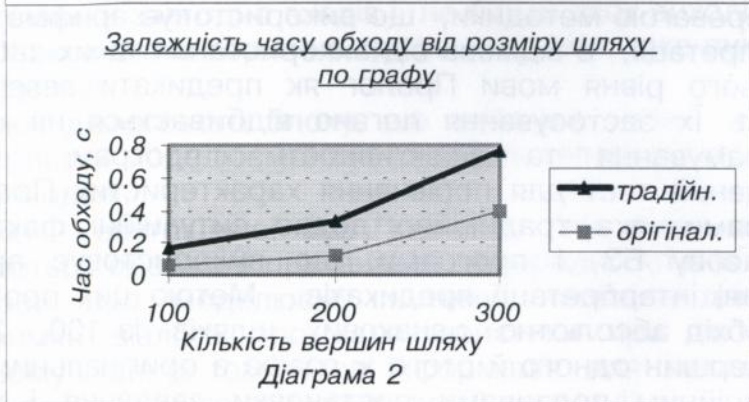
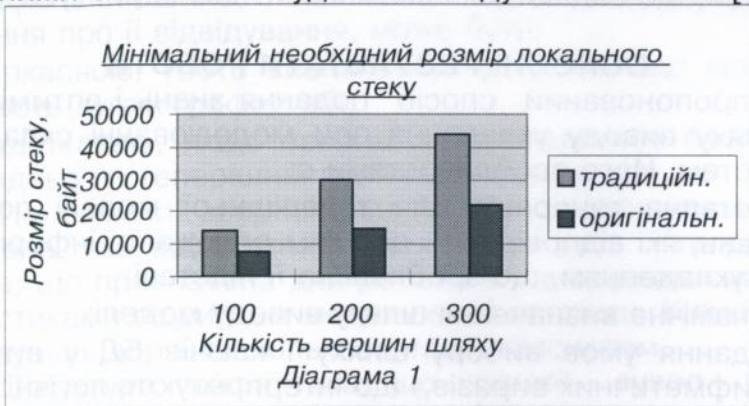
1. Запропонований спосіб подання знань і оптимізації шляху виводу укладення при моделюванні складних систем. Його особливостями є:

- поетапна генерація для теперішньої моделі порцій знань, які відповідають порціям одержаної інформації та укладенням, що зроблені на її підставі;
- динамічне визначення шляху виводу моделі;
- подання умов вибору шляху і ключів БД у вигляді арифметичних виразів, що інтерпретують логічні.

Перевагою методики, що використовує арифметичні інтерпретації, є відмова від використання таких засобів нижнього рівня мови Пролог як предикати `assert` та `retract`. Їх застосування погано відбивається на стилі програмування та ефективності програм. Був складений тест для порівняння характеристик Пролог-програми, яка традиційно додає ситуаційні факти в тимчасову БЗ, і програми, що використовує арифметичні інтерпретації предикатів. Метою цих програм був обхід абсолютно однакових шляхів із 100, 200 і 300 вершин одного й отого ж графа з оригінальним та традиційним поданнями постановки завдання і умов переходу.

Задачою експерименту був порівняльний аналіз ресурсів для кожної програми. Одержані результати найголовніше продемонстрували, що в запропонованій реалізації час виводу значно менший цієї ж характеристики при традиційній обробці. На діаграмах 1, 2 приведені характерні результати теста.

Запропонований спосіб подання і обробки інформації може знайти універсальне застосування, оскільки "найбільш значним побочним продуктом роботи над експертними системами буде само кодування знань" [1].



2. На підставі цього способу:

- розроблена методика виводу складових моделей складних систем, що значно скорочує кількість

записів у БЗ, забезпечуючи реальні для обслуговування БД і можливість проведення короткочасного діалога.

В запропонованому поданні математичних моделей теплопроводності граф, який структурує 12 комплексів запитів і 102 правила конкретизації модельних компонентів, дозволяє отримувати 139690 варіантів моделей.

- запропоновано рішення проблеми уніфікації оцінної функції в задачі пошуку в просторі станів.

Засіб завдання оцінки кожному стану не завжди універсальний тому, що умовами, що дозволяють вводити подібну оцінну функцію, є однорідність подання станів і можливість використання однієї й тієї ж функції для всіх станів [2]. Запропонована методика дає можливість трактувати оцінну функцію аналогічно поданню ключів ініціалізації, вводячи, отим самим, уніфікацію подань станів та їх оцінних функцій.

3. Створена система автоматичної генерації математичних моделей процесу теплопроводності по заданим характеристикам процесу. Система є готовим програмним продуктом і може застосовуватися як складова частина програмних комплексів, призначених для автоматизації промислових теплотехнічних розрахунків, або у вигляді навчальної системи для студентів теплотехнічних спеціальностей і спеціальностей з поглибленим вивченням матфізики.

Література

1. Построение экспертных систем: пер. с англ./ Под ред. Ф. Хейеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лената.- М.: Мир, 1987, - с.30.
2. Осуга С. Обработка знаний: Пер. с япон.- М.: Мир.- 1989.- с.29.

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПУБЛІКАЦІЙ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Елизаренко Г.Н., Абрамов Ю.В., Шаповалова С.И.

Автоматическая генерация вычислительного эксперимента из функционально-ориентированных моделей с ускоренным синтезом полной модели // Автоматизация проектирования в электрон. Респ. межвед. науч.-техн. сб.- 1993.-Вып.47.-с.78-85.

1. Елизаренко Г.Н., Абрамов Ю.В., Шаповалова С.И. Формирование и использование баз знаний в системах ситуационного управления// Математическое и имитационное моделирование в системах проектирования и управления: Сб. докл. Всес. конф., Чернигов, 12-15 июня 1990г.- Чернигов. 1990.с.77-78.

2. Елизаренко Г.Н., Абрамов Ю.В., Шаповалова С.И. Унификация внешних спецификаций функционально-ориентированных моделей в системах автоматизации вычислительных экспериментов//Математическое моделирование в энергетике: Тез. докл. Всес. Науч.-техн. конф., Киев, окт. 1990г.-К.,1990.ч.2, с.102-103.

3. Елизаренко Г.Н., Малюгин В.Д., Шаповалова С.И., Абрамов Ю.В. Экспертные системы с ускоренным выводом резолюций//Экспертные системы: Тез.докл. Всес. совещ., Суздаль, дек. 1990г. -М., 1990, с.45-46.

4. Елизаренко Г.Н., Абрамов Ю.В., Шаповалова С.И. Информационная база генератора моделей динамических систем// Проблемы автоматизированного моделирования в электронике: Тез. докл. респ.науч.-техн.конф., Киев, 2-4 февр. 1993 г.-К., с.10-11.

В роботах пошукачу належить розробка структур подання інформації про складні системи (1, 3), а також способів прискорення виводу їх моделей (2, 4, 5).

Аннотация. Шаповалова С.И. Автоматизированное формирование моделей сложных систем в среде искусственного интеллекта (на примере математических моделей процесса теплопроводности). Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - системы автоматизации проектирования в технических науках -, Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", Киев, 1996.

Защищается способ представления знаний, в котором логическая модель расширена средствами дополнительной структуризации. Предлагаемая методика обеспечивает возможность представления сильно ветвящихся рассуждений, формирующих модели сложных систем; сокращает на 3-4 порядка количество записей в БЗ и поддерживает кратковременный корректный диалог, задающий характеристики моделируемой системы любой сложности. Результаты работы внедрены в системе вывода математических моделей процесса теплопроводности.

Abstract. Shapovalova S.I. A compound-aided generation of the complex systems models within AI environment (using heat conduction mathematic models as an example). Manuscript.

Author offers the knowledge representation method with logical model reinforced with an additional structurization. This method gives a possibility to represent the hard-forked reasoning that forms the complex system models; decreases a knowledge base records number by a factor $10^3 - 10^4$; supports the brief dialog, setting characteristics for the model of system of arbitrary complexity. These results were implemented in heat conduction mathematical models generation system.

Ключові слова: логіка предикатів, модель подання знань, пошук і обробка інформації.

ДНБ ім. В. Стефанишина
АН України

447271

Ар. 34.92-
АВ 34.921

Підп. до друку 29.05.96. Формат 60x84 1/16
Папір офсетний. Ум. друк. Арк. 1,0 Обл.-вид. арк. 1,0.
Тираж 100. Замовл. 116.96
Надруковано РП ТОВ "Аванпост", м. Київ.