

Харківський ордена Трудового Червоного Прапора
інститут радіоелектроніки імені академіка М.К.Янгеля

На правах рукопису

ТЕРЗІЯН Ваган Якович

**БАГАТОРІВНЕВІ ДИНАМІЧНІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ
БАЗАМИ ЗНАТЬ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В
АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ
СИСТЕМАХ**

Спеціальність: 05.25.05 - інформаційні системи і процеси

Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеня
доктора технічних наук

Робота виконана у Харківському ордену Трудового Червоного Прапора інституті радіоелектроніки імені академіка М.К.Янгеля.

Науковий консультант:

- доктор технічних наук, професор М.Ф.Бондаренко

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор О.А.Палл
- доктор технічних наук, професор С.Д.Бушуев
- доктор технічних наук, професор В.Ф.Шоста

Провідна організація - Інститут кібернетики АН України, м. Київ.

Захист дисертації відбудеться "21" жовтня 1993 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої ради Д 068.37.01 в Харківському ордену Трудового Червоного Прапора інституті радіоелектроніки імені академіка М.К.Янгеля за адресою: 310726, м.Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці інституту.

Автореферат розіслано "9" вересня 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
кандидат технічних наук,
доцент

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00815510 (К)

В.М.Левикін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Характерною особливістю ЕОМ майбутніх поколінь є різке збільшення їх "інтелектуальних" здібностей, які дозволяють "розуміти" безпосередньо задачу, що ставиться перед ЕОМ кінцевим споживачем. Проблема підвищення інтелекту обчислювальних машин зв'язана з одержанням можливості сприймати знання та маніпулювати їми. На відміну від баз даних, які містять сукупність знань та фактів про існуючі та кількісні характеристики конкретних об'єктів, бази знань будуть містити концептуальні, понятійні знання, передані на природній мові в термінах предметної області. Очікується, що у близькому майбутньому більшість застосувань засобів обчислювальної техніки буде зв'язано з розробкою експертних систем для різноманітних предметних областей.

Інженерія знань - це область інформаційної технології, мета якої - перетворення знань, накопичувати та використовувати які на практиці до теперішнього часу мала змогу тільки людина, до сфери обробки на комп'ютерах. Як науковий напрям інженерія знань поки що знаходиться на порозі становлення. Проте очевидно, що мета, поставлена перед інженерією знань, - забезпечити можливість використання інформації у комп'ютерах на більш високому рівні, чим вона є зараз, - актуальна. Можливості сучасних комп'ютерів обмежені, і вони можуть обробляти лише невелику частину інформації, яка нам потрібна. Для того, щоб комп'ютери могли маніпулювати інформацією на більш високому рівні, необхідно підняти до відповідного рівня форму подання інформації. При тому інформація високого рівня буде мати настільки загальну форму подання, що її вже можна буде назвати знанням.

У теперішній час інженерія знань відокремилась як самостійний напрямок в дослідженнях з штучного інтелекту. Більш того, її складові частини: подання знань, маніпулювання знаннями, одбуття знань визнаються першими та найважливішими проблемами штучного інтелекту.

Усі системи штучного інтелекту орієнтовані на знання, та, як вважає Г.С.Поспелов, подальший прогрес систем штучного інтелекту та нової інформаційної технології передбачає розвиток трьох основних теоретичних проблем: подання знань (центральна проблема штучного інтелекту); комп'ютерна лінгвістика, забезпечуюча процес природного спілкування з ЕОМ; комп'ютерна логіка, яка має особливо

важливе значення для розвитку експертних систем, оскільки її мета - моделювання людських міркувань.

Значний вклад у дослідження, що зв'язані з когнітивними аспектами штучного інтелекту, внесли такі відомі вчені, як Н.Нільсон, Т.Віноград, А.Н'юел, П.Уінстон, М.Мінський, К.Х'юїт, Дж.Фелдман, Д.Мітчї, Р.Шенк, М.Куїлліан, В.М.Глушков, Г.С.Поспелов, Д.А.Поспелов, Э.Ф.Скороходько та багато інших.

Ця робота присвячена проблемі надання знань та використання знань та метазнань у формі метасемантичних моделей. Вона є розвитком численних досліджень з теорії та застосувань семантичних літок та продукційних моделей як найбільш популярних методів подання знань.

Найбільш повну уяву про стан досліджень що до проблеми використання семантичних сіток дають останні збірники статей, у яких подані результати провідних шкіл та груп, що займаються різними аспектами семантичних сіток. Дослідження йдуть у таких напрямках: створення теорії концептуальних графів як універсальної форми подання знань (Сова Д.); створення теорії концептуальних залежностей (Літенен С.); створення теорії наслідування властивостей семантичних концептів (Томсон Р.); створення теорії семантичних переважень (Уілкс У., Фасс Д.); різні фундаментальні підходи до проблеми виводу знань у семантичних сітках (Вудс В., Шапіро С., Рапопорт В., Мілопулос Д.); подання часу та простору в семантичних сітках (Харт Р., Конн А., Ранделл Д.); розробка теорії концептуальних просторів (Хаутамякі А.); створення алгебраїчних моделей виводу в семантичних сітках (Шастрі Л., Брінк К., Шмідт Р., Верч Р.); розробка мовних зособів для подання знань семантичними сітками (Франконі Е., Магніні Б., Сток О., Заррі Ж.); розробка паралельних процедур для роботи з семантичними сітками (Хендлер Д.); розробка в області теорії графів з метою їх застосування до семантичних сіток (Шастрі Л., Міллі Х., Рада Р., Грієр Д., Баррі В., Поспішел П., Еріг Х., Жабель А., Крєвські Х., Робертс Д.); різні прикладні питання семантичних сіток (Віллї Ф., Левінсон Р., Гордон С., Грайсер А., Брайнерд Л.) та інші.

Сучасні дослідження представників вітчизняної школи в області теорії інтелекту та інженерії знань розвиваються у наступних напрямках: математичні засоби теорії інтелекту; методи подання та використання знань; проблеми проектування та використання баз даних та знань; самоорганізуючі системи; комп'ютерна лінгвістика; розпізнавання образів; нейронні комп'ютери; проблеми метазнань; теорія семантичних сіток. Інтерес викликають оглядові доповіді українських вчених в області

баз даних та знань на V Всесоюзній конференції (вересень 1991 року, м. Львів), у яких були висвітлені такі питання: інформаційні системні методи узагальнення знань; теорія баз даних та знань; мови програмування баз даних та знань; застосування баз даних та знань; інструментальні засоби створення баз даних та знань.

Стрімкими темпами зростає інтерес до практичних застосувань баз даних, знань та штучного інтелекту для розробки широкого класу експертних систем та систем підтримки прийняття рішень.

Таким чином, до теперішнього часу накопичений певний досвід в області інженерії знань. Проте зараз не існує загальної теорії подання, надбання та використання знань та метазнань, а також відсутні приклади систем, що моделюють динамічні об'єкти (проблемні області) реальної складності.

Виділемо основні проблеми, успішне вирішення яких визначає сучасний етап розвитку інженерії знань:

- інтеграція традиційних методів подання знань в єдину комплексну модель, яка наслідуює в собі їх достоїнства та позбавлена притаманних їм окремих недоліків;
- розробка моделей та методів управління знаннями, дозволяючих обмежувати область пошуку рішення та контролювати її суперечність у процесі виводу;
- створення теорії комплексних методів подання метазнань, як механізму управління знаннями;
- створення моделей та методів надбання знань на метарівні;
- розробка прикладних систем (експертні системи, системи управління, системи діагностики, системи розпізнавання та інші), моделюючих складні динамічні об'єкти (проблемні області) у реальному часі.

Таким чином, сформульовані проблеми інженерії знань формують собою коло задач, вирішення яких актуальні у теперішній час для розробки практичних інтелектуальних інформаційних систем керування, моделювання, спілкування, розпізнавання, експертних та інших систем, які ґрунтуються на знаннях.

У рамках вказаного кола проблем формулюється постановка задачі дослідження, викладеного в дисертації.

Метою роботи є розробка основ теорії багаторівневих динамічних моделей баз знань у рамках метасемантичного підходу як нового способу подання та використання знань та метазнань у автоматизованих інформаційних системах; а також дослідження основних напрямків практичного використання вказаних моделей. Більш

конкретні проблеми, які необхідно було вирішити у процесі роботи, можна сформулювати таким чином:

- розробка ос. зних принципів та полож. знь метасемантичного подання зчань;
- створення мех. нізму динамічного керування сітьовими моделями подання знань за допомогою продукційних;
- створення мех. нізму динамічного зрування системою продукцій шляхом застосування багаторівневих систем метапродукцій; контроль н. .уперечності активного набору продукцій;
- розробка процедур прямого та з. .ротного з. .в. ду знань у семантичних сітках на основі семантичних продукцій та метапродукцій;
- розробка методів надбання продукційних та мет. .родукційних знань на основі аналь. у динаміки поведінки моделюемого об'єкта;
- ств. .ення апарат метасіток Петрі, що можуть динамічно змінювати свою конфігурацію, та дослідження його застосувань до метасемантичних модел. знань;
- створення апарата динамічного керування сітьовими та метапродукційними моделями засобами темпоральних правил та метаправил;
- розробка основних концепцій теорії метасемантичних сіток як багаторівневих сітьових моделей подання знань та мет. знань;
- створення математичного апарата Алгебри Семантичних Відношень для опису задач, вирішуваних у рамках метасемантичних сіток;
- розробка методів виводу у метасемантичних сітках;
- розробка методів рішення рівнянь Алгебри Семантичних Відношень;
- розробка механізму семантичної інтерп. тачії вхідних сітьових структур в термінах баз знань, що представлені метасемантичною сіткою;
- експериментальне дослідження апарата метасемантичного подання знань на прикладі машин кліткових автоматів;
- дослідженн. застосувань механізму семантичної інтерпретації до аналізу природної мови;
- дослідження застосувань метапродукційної моделі подання знань до експертних систем з складними динамічними базами знань.

Об'єкт та методи дослідже. нн. Як основний об'єкт моделювання в даній дисертаційній роботі обрані системи керування базами даних та знань інформаційних систем, а об'єктом практичних застосувань розроблених моделей - експертні системи, які функціонують у рамках складних динамічних проблемних областей.

Із процесі виконання роботи були використані наукові положення теорії графів, алгебри логіки, алгебри предикатів, сіток Петрі, формальних систем.

Наукова новина та основні положення, що вносяться на захист. На захист автор вносить такі основні положення роботи:

- метасемантичний підхід до подання знань та метазнань;
- механізм об'єднання сітьових та продукційних моделей подання знань в інтегровану модель подання метазнань;
- принцип однотипності подання даних, знань та правил виводу на кожному рівні інтегрованої багаторівневої моделі подання метазнань;
- принцип обмеження області пошуку рішення на кожному кроці виводу;
- механізм контролю суперечності області пошуку рішень при допустимій суперечності бази знань в цілому;
- інструментальні засоби моделювання проблемних областей: метапродукційні системи, метасемантичні сітки, метасітки Петрі;
- математичні засоби маніпулювання знаннями у рамках метапродукційних систем, метасемантичних сіток, метасіток Петрі у вигляді алгоритмів виводу знань, Алгебри Бінарних Відношень, Алгебри Спрямованих Семантичних Відношень;
- алгоритми надбання знань на метарівнях у формі семантичних продукцій, метапродукцій, правил та метаправил;
- результати впровадження та експериментального дослідження розроблених моделей та методів.

Практична цінність роботи міститься у програмній реалізації запропонованих методів та алгоритмів, а також у дослідженні можливостей їх використання для розробки практичних інтелектуальних інформаційних систем керування, моделювання, спілкування, розпізнавання, експертних та інших систем, маючих в основі базу знань, яка описує складні динамічні об'єкти або проблемну область. До таких систем, зокрема, відносяться:

- інтелектуальні системи прийняття рішень (наприклад системи аналізу та синтезу природної мови та мовлення, алгоритмів та програм, що характеризуються складністю проблемної області);
- експертні системи діагностики (наприклад експертні медичні системи або системи діагностики енергоблоків АЕС, що характеризуються складною динамікою об'єкту діагностики);

- експертні системи обліку, контролю та супроводження матеріальних та грошових ресурсів (наприклад системи обліку посування драгметалів у ювелірному виробництві, що характеризуються широкою номенклатурою, динамікою зміни плану виробництва та схеми посування об'єктів обліку).

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювалися

- на X об'єднаному семінарі "Прикладна інформатика автоматизованих систем г. ектування, керування, програмованої експлуатації", Калінінград, 1985;
- на Всесоюзному семінарі "Математичні та обчислювальні методи у біології", Пущино, 1985;
- на IV Всесоюзній конференції "Діалог людина - ЕОМ", Київ, 1985;
- на десятому семінарі молодих вчених та фахівців "Інформатика та обчислювальна техніка", Звенигород, 1986;
- на Всесоюзній науково-технічній школі "Імітаційні експерименти з моделями складних систем", Калінінград, 1989;
- на II Всесоюзній конференції "Штучний інтелект - 90", Мінськ, 1990;
- на IV Міжнародній конференції "Актуальні проблеми АСК", Паланга, 1990;
- на Всесоюзній конференції "Проектування, оцінка та оптимізація функціонування систем людина-техніка", Севастополь, 1990;
- на IX Всесоюзному симпозиумі "Ефективність, якість та надійність систем людина-техніка", Воронеж, 1990;
- на XVII Міжрегіональному семінарі "Ергономіка та ефективність систем людина-техніка", Ігналіна, 1991;
- на V Всесоюзній конференції "Банки даних та знань", Львів, 1991;
- на I Міжнародній літній школі-семінарі з проблем прикладної математики, Університет м. Ювяскюля (Фінляндія), 1991;
- на I Всеукраїнській конференції "Обробка сигналів і зображень та розпізнавання образів", Київ, 1992;
- на V фінській конференції з штучного інтелекту "New Directions in Artificial Intelligence" Етаніємі (Фінляндія), 1992;
- на II Міжнародному семінарі з проблем подання знань Університет м. Ювяскюля (Фінляндія), 1992.

Впровадження результатів роботи. Результати проведених досліджень, а також створені на їх основі прикладні системи, оболонки та інтерфейси були впроваджені у рамках ДР, що виконуються в ХІРЕ: лінгвістичний інтерфейс для систем контролю за станом

повітряного середовища (замовник: Москва п/с .701); програмний лінгвістичний інтерфейс до баз даних (замовник: Лісичанськ, ф-ка технічних тканин); автоматизована система нормування праці на основі об'єктно-орієнтованих баз даних (замовник: Харківський ювелірний завод); математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем надбання знань та їх впровадження (замовник: міністерство освіти України); ескізний проект експертної системи діагностики АЕС (головний замовник: Держкоматом України, замовник: НВО Хартрон), а також передані для дослідної експлуатації до ряду станів, в тому числі за кордон.

Публікації по роботі. За темою дисертації опубліковано 43 друковані роботи, 1 монографія, в тому числі за кордоном - 7.

Структура та об'єм дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури та додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі приведена стисла характеристика стану теоретичних та практичних розробок в досліджуваній проблемній області, обґрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета та завдання роботи, наведені основні положення, що вичисляються на захист, вказана наукова новизна та практична цінність отриманих результатів, зроблена коротка характеристика змісту розділів роботи.

У першому розділі проведений аналіз існуючих завдань подання та виводу знань. Відзначені проблеми, що є спільними для більшості існуючих методів подання знань, а саме:

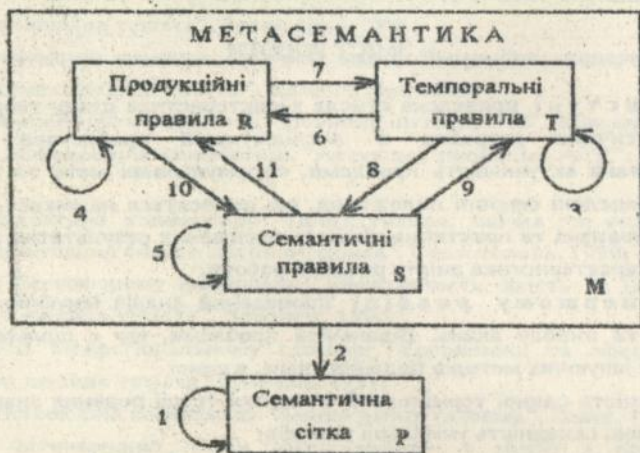
- відсутність єдиної термінології та єдиної теорії подання знань та, як наслідок, складність уніфікації виводів;
- складність настроювання на нову предметну область;
- недосконалість методів перевірки суперечності знань;
- недосконалість методів надбання знань;
- відсутність методів подання знань про складні динамічні об'єкти;
- істотне збільшення часу рішення задач виводу при зростанні розмірів бази знань;
- відсутність ефективних методів управління базами знань;
- не розроблена теорія подання метазнань.

Сформульована мета та основні завдання дисертаційної роботи, в основі яких лежать розробка основ теорії метасітьових та метапродукційних моделей у рамках метасемантичного підходу як нового

спосіб подання та використання знань та метазнень в автоматизованих інформаційних системах; а також дослідження основних напрямків практичного використання вказаних моделей. Постульовані основні парадигми метасемантичного підходу до подання та використання знань:

- об'єднання сіткових та продукційних моделей подання знань як інтегрованої моделі подання метазнань;
- однотипність подання даних, знань та правил виводу на кожному рівні інтегрованої багаторівневої моделі подання метазнань;
- обмеження області пошуку рішення на кожному кроці виводу;
- несуперечливість області пошуку рішень при допустимій суперечності бази знань в цілому.

У відповідності з відзначеними парадигмами запропонована структура метасемантики як комплексу математичних засобів управління моделювання та управління знаннями (мал. 1).



Мал. 1

За об'єкт метасемантичного управління в цій роботі вибрана семантична сітка, що задається на наборі предикатів P_k , які позначають відношення між об'єктами:

$$P(A_i, L_k, A_j) = \begin{cases} 1 & \text{якщо об'єкт } A_i \text{ зв'язаний} \\ & \text{відношенням } L_k \text{ з об'єктом } A_j; \\ 0 & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Кожна петля на графі, що відображає структуру метасемантики, інтерпретується як префікс META-. Наприклад шлях P-1-P позначає метасемантичну сітку першого рівня. Метасемантична сітка рівня n являє собою множину з n семантичних сіток, накладених одна на одну таким чином, що вершини сітки i є зв'язками сітки i-1.

Кожне ребро графу інтерпретується як складне правило, складене з правил, що відповідають інцидентним даному ребру вершинам. Зв'язок M-2-P позначає управління семантичною сіткою за допомогою правил метасемантики.

Виходячи з структури метасемантики, був розроблений механізм класифікації правил і метаправил метасемантики, передбачаючий однакове подання усіх класів правил та уніфікацію процедури виводу. Наприклад:

R - продукційні правила (продукції) являють собою умови "народження" і "смерті" семантичних зв'язків у сітці:

$$R_i: IF(< умова народження зв'язку L_k >) THEN L_{k_i}$$

$$S_j: IF(< умова смерті зв'язку L_k >) THEN \bar{L}_{k_j}$$

- T - темпоральні правила задають час "життя" та час "релаксації" (відновлення після "смерті") семантичних зв'язків:

$$T_i: IF(L_k) THEN^{(\tau)} L_{k_i}$$

$$T_j: IF(\bar{L}_k) THEN^{(\theta)} L_{k_j}$$

де τ і θ - відповідно час життя та час релаксації зв'язку L_k ;

- S - семантичні правила дозволяють обчислювати семантику неясних семантичних зв'язків у сітці. Наприклад, правило $S_1: L_1 * L_2 = L_3$ означає, що, якщо деякий об'єкт A_1 семантичної сітки зв'язаний відношенням з ім'ям L_1 з об'єктом A_1 , а об'єкт A_2 семантичної сітки зв'язаний відношенням з ім'ям L_2 з об'єктом A_2 , то має бути зв'язок з ім'ям L_3 між об'єктами A_1 і A_2 ;
- R-4-R - продукційні метаправила (метапродукції) являють собою умови "народження" та "смерті" продукційних правил;
- T-3-T - темпоральні метаправила задають час "життя" та час "релаксації" темпоральних правил;
- S-5-S - семантичні метаправила встановлюють семантичні зв'язки у відповідності з законами Алгебри Семантичних Відношень між семантичними правилами, утворюючи семантичні метавідношення;
- R-7-T - продукційно-темпоральні правила являють собою умови "народження" та "смерті" темпоральних правил, наприклад, правило:

- $RT_1: F(T_1 \wedge (\bar{T}_2 \vee T_3))$ THEN \bar{T}_1 означає, що темпоральне правило T_1 вилучається з множини активних темпоральних правил, якщо у ньому відсутнє правило T_2 та є правило T_3 ;
- **T-6-R** - темпорально-продукційні правила задають час "життя" та час "релаксації" продукційних правил. Наприклад, правило: $TR_1: IF(R_1)$ THEN⁽⁵⁾ \bar{R}_1 означає, що продукція R_1 може знаходитись у активному стані не більш п'яти тактів системного часу;
 - **R-10-S** - продукційно-семантичні правила являють собою умови "народження" та "смерті" семантичних правил;
 - **S-11-R** - семантико-продукційні правила встановлюють семантичні зв'язки у від. звідності з законами Алгебри Семантичних Відношень між продукціями, утворюючи семантичні метавідношення;
 - **T-9-S** - темпорально-семантичні правила задають час "життя" та "релаксації" семантичних правил;
 - **S-9-T** - семантико-темпоральні правила встановлюють семантичні зв'язки відповідно до законів Алгебри Семантичних Відношень між темпоральними правилами, утворюючи семантичні метавідношення.

У другому розділі був розглянутий логічний компонент метасемантичного подання знань. Уведено поняття семантичної продукції як продукції, здібної виконувати елементарні зміни в семантичній сітці: "народження" або "смерть" визначеного відношення:

$$R_i: IF (S_i(t-\tau)) THEN P_k(t);$$

$$R_j: IF (S_j(t-\tau)) THEN \bar{P}_k(t).$$

Перше правило являє собою умову "народження" (активізації) в сітці відношення, що задане предикатом P_k . Друге правило - умова "смерті" (відсутності в теперішній момент в сітці) відповідного предикату відношення. S - умова використання ядра продукції або диз'юнкція станів сітки, що обумовлюють "народження" ("смерть") на наступному такті відношення P_k . Мітка правила R являє собою логічну перемінну, що обумовлює стан (пасивний-активний, або присутній-відсутній, або "живий"- "ертвий") відповідного правила.

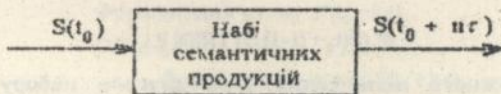
$$R_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо відповідне правило присутнє} \\ & \text{в теперішньому наборі правил;} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Слід відзначити, що для першого правила $S_1 = \bar{P}_1 \wedge S_1$. Це означає, що має сенс розглядати умову "народження" тільки для відсутнього відношення. Аналогічно: $S_j = P_j \wedge S_j$. Розглянемо приклад правила:

$$R_1: \text{IF } (\bar{P}_2 \wedge (P_1 \vee \bar{P}_3 \wedge P_4)) \text{ THEN } P_2.$$

Це правило означає, що відношення P_2 з'являється в сітці, якщо на попередньому такті в сітці існувало відношення P_1 або було відсутнє відношення P_3 та присутнє відношення P_4 .

Розглянемо таку задачу виводу на основі семантичних продукцій. Нехай задано стан семантичної сітки в деякий момент часу, а також набір семантичних правил функціонування даної сітки. Необхідно визначити стан семантичної сітки через певне число часових тактів (мал. 2).



Мал. 2

В роботі запропонований механізм виводу в семантичних сітках на основі семантичних продукцій. Кожен i -й крок процедури являє собою таку послідовність дій:

1) з набору продукцій вибираються усі i , для яких кон'юнкція умов використання та теперішнього стану сітки приймає значення "істина":

$$\bigcup_j R_j (\forall j (S_j \wedge S(t_0 + (i-1)\tau) = 1));$$

2) у відповідності з обраною множиною продукцій формуються набори відношень, які повинні з'явитись в сітці на наступному такті та які повинні зникнути;

3) у відповідності із наборами, які були сформовані, виконуються відразу усі необхідні перетворення сітки;

4) до лічильника часу додається τ ;

5) формується вираз для теперішнього стану сітки у відповідності з змінами, що були зроблені;

6) якщо в сітці не було зроблено жодної зміни, то вихід з процедури;

7) якщо $i \leq n$, то перехід до п.1.

Результатом виводу є отриманий стан сітки. При достроковому виході з процедури результатом виводу є стан сітки, отриманий на останньому кроці. Оскільки до цього стану неможливо використати жодної продукції, будемо називати його сталим або термінальним.

В роботі розглянуте питання надбання смислового знання. Задачу надбання знання можна сформулювати таким чином: нехай відома деяка послідовність станів семантичної сітки за кінцеве число тактів: $S(t_0)$, $S(t_0 + \tau)$, ..., $S(t_0 + n\tau)$; необхідно збудувати набір семантичних продукцій, який моделює об'єкт, що подається даною множиною станів. Для вирішення цієї задачі був розроблений механізм автоматичного формування правил поведінки об'єкта у динаміці в формі семантичних продукцій. Процедура формування правил складається з n кроків. Кожен i -й крок процедури складається з такої послідовності дій:

1. При порівнянні станів $S(t_0 + (i-1)\tau)$ і $S(t_0 + i\tau)$ формуються два набори відношень, які з'явилися у новому стані та які зникли.

2. Для кожного відношення P_i з першого набору формується правило:

$$\text{IF } (S(t_0 + (i-1)\tau)) \text{ THEN } P_i.$$

3. Для кожного відношення \bar{P}_i з другого набору формується правило:

$$\text{IF } (S(t_0 + (i-1)\tau)) \text{ THEN } \bar{P}_i.$$

Якщо семантична сітка моделює поведінку об'єкта реальної складності, то неможливо передбачати, що набір правил зміни його стану з бігом часу не змінюється. Якщо при роботі процедури формування семантичних продукцій виникає така ситуація:

$$S(t_1) = S(t_2),$$

$$S(t_1 + \tau) \neq S(t_2 + \tau),$$

то це означає, що з одного й того ж стану сітки в один момент часу здійснюється перехід за одними правилами, а в другий - за іншими. Для усунення суцільної нечіткості в наборі правил, яка випливає з описаної ситуації, було введено поняття семантичної метапродукції як продукції, здібної виконувати елементарні зміни в множині семантичних продукцій: "народження" або "смерть" певної продукції:

$$R_i: \text{IF } (S_j(t - \tau)) \text{ THEN } R_i(t);$$

$$\bar{R}_j: \text{IF } (S_j(t - \tau)) \text{ THEN } \bar{R}_j(t).$$

Розглянуті в авторівневій системі семантичних метапродукцій, в яких метапродукції більш високих рівней можуть змінювати множину метапродукцій нижчих рівней. Проте тому встановлюється вимога про

те, щоб тактовий час кожного i -го рівня метапродукції був більшим та кратним тактовому часу метапродукції $i-1$ -го рівня: $\tau^i = k_i \tau^{i-1}$.

Аналогічно задачам виводу в однорівневих продукційних моделях в роботі розглянуті механізми прямого та зворотного виводу в семантичних сітках при наявності багаторівневої системи метапродукцій, які можуть бути проілюстровані таким алгоритмом:

$k=0$

DO 1 $i_1=1, k_n$

Формування стану $S^{n-1}(t_0 + \tau)$.

DO 2 $i_2=1, k_{n-1}$

Формування стану $S^{n-2}(t_0 + k\tau)$.

...

DO $n-1$ $i_{n-1}=1, k_2$

Формування стану $S'(t_0 + k\tau)$.

DO n $i_n=1, k_1$

Формування стану $S(t_0 + k\tau)$.

IF ($k \geq n$) кінець процедури.

$k=k+1$

n CONTINUE

n-1 CONTINUE

...

2 CONTINUE

1 CONTINUE

В цьому алгоритмі $k_i = \tau^i / \tau^{i-1}$. Якщо t менше 0, то алгоритм створює ланцюг станів, які відповідають реверсному (зворотному) виводу.

Розроблений механізм автоматичного синтезу метапродукцій на основі аналізу поведінки моделюемого об'єкта, виходячи з динаміки виникання суперечностей в системі продукцій. Процес формування метапродукцій проходить такі етапи:

1. Сортування усіх вихідних продукцій за часом їх формування. В результаті для кожного часового такту t формування маємо деяку множину продукцій $R(t)$.

2. Для кожної семантичної продукції з $R(t)$ знаходиться продукційний додаток. Формуються множини продукційних додатків для кожного такту $\tilde{R}(t)$.

3. З кожної множини $\tilde{R}(t)$ вилучаються ті правила, які суперечать семантичним продукціям відповідної множини $R(t)$.

4. Визначається суперечність множин продукцій, які належать різним тактам за правилом: семантичні продукції $R_i(t_1)$ і $R_j(t_2)$ суперечні, якщо множина $\bar{R}(t_1)$ містить продукцію, що суперечить продукції $R_j(t_2)$.

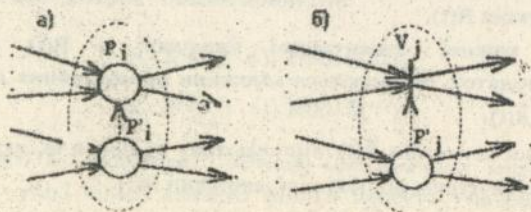
5. Для кожного такту t записуємо стан набору правил у формі кон'юнкції усіх t ремінних, які означають продукції, при чому усі продукції, що суперечать $R(t)$, входять до запису стану з запереченням.

6. Маючи послідовність станів набору правил для кожного часового такту, можна синтезувати набір правил (в даному випадку метаправил) за алгоритмом, який був наведений вище.

Далі отриманий набір метаправил можна контролювати на суперечність у відповідності з наведеним алгоритмом та, якщо це необхідно, аналогічно синтезувати набір метаправил другого рівня. Цей процес продовжується доки на якомусь метарівні не вийде несуперечний набір правил.

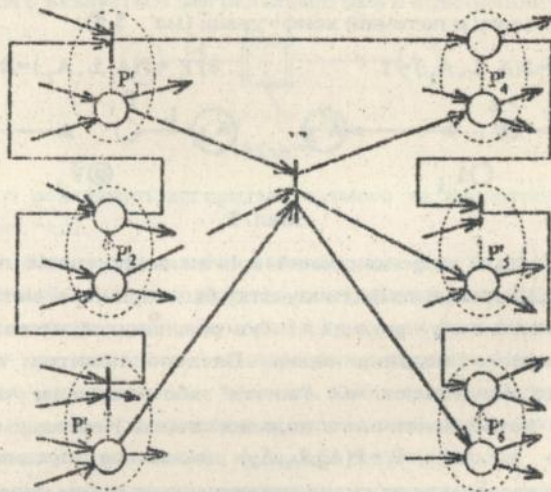
Як один з можливих варіантів механізму узагальнення знань введено поняття узагальненої семантичної продукції, здібної виконувати функції "народження" і "смерті" в сітці за один такт множини відношень з певною властивістю. В роботі розглянуті основні види узагальнених відношень та продукцій, а також алгоритми виводу в семантичних сітках з використанням узагальнених семантичних продукцій.

Введено поняття метасітки Петрі як оригіналу і модифікації традиційних сіток Петрі, що базується на метасітьовому підході до моделювання, здібної автоматично змінювати свою конфігурацію за певними правилами, які теж моделюються сіткою Петрі. Метасітка Петрі утворюється з звичайної сітки Петрі шляхом додавання двох типів вершин: метапозицій та метапереходів. Кожна вершина вихідної сітки надається у відповідність метапозиція, що вказує стан вершини ("жива", "мертва"). Метапозиція умовно зображується кружком. Зв'язок з відповідною вершиною сітки зображується пунктиром. На мал. 3,а зображена метапозиція для вершини - позиції, на мал. 3,б - метапозиція для вершини - переходу.



Мал. 3

На малюнках P_i та V_j означають відповідно деяку позицію та перехід сітки Петрі, а P'_i та V'_j - відповідні даним вершинам метапозиції. При цьому вершина вважається "живою" (відкритою, дос.упною), якщо у відповідній їй метавершині мається принаймні одна фішка. Відсутність фішки у метапозиції означає, що поточна конфігурація сітки така, що відповідна позиція або перехід в цій конфігурації відсутні. Метаперехід є аналогічним переходу в звичайній сітці Петрі. При цьому усі його вхідні та вихідні позиції є метапозиціями. На мал. 4 наведений приклад метапереходу V'_1 .



Мал. 4

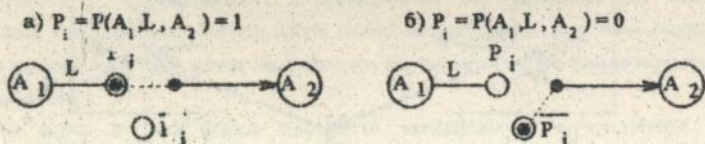
Розглянуті основні принципи роботи різних типів метасіток Петрі: перехідних, позиційних або змішаних. Розглянуті багаторівневі метасітки Петрі, в яких кожний наступний рівень може змінювати конфігурацію попереднього рівня. При цьому формально метасітка Петрі n -го порядку визначається таким вектором:

$$N^n = \langle P, V, F, H, M_0; P', V', F', H', M'_0, k; \dots; P^n, V^n, F^n, H^n, M_0^n, k^{n-1} \rangle$$

де P^i - метапозиції i -го порядку; V^i - метапереходи i -го порядку; F^i - предикат інцидентності, що вказує на наявність дуг, які з'єднують метапозиції i -го порядку з метапереходами i -го порядку; H^i - предикат інцидентності, що вказує на наявність дуг, які з'єднують метапереходи i -го порядку з метапозиціями i -го порядку; M_0^i - початкова розмітка метапозицій i -го порядку; k^i - натуральне число, що вказує відношення

часу виконання метaperходів $i+1$ порядку до часу виконання метaperходів i -го порядку.

Вивчена можливість моделювання робіт семантичних продукцій та метапродукцій засобами метасіток Петрі. Поставимо в відповідність кожному семантичному зв'язку, що існує в семантичній сітці, дві позиції сітки Петрі. Перша позиція відповідає активному стану зв'язку, друга - пасивному. При цьому наявність фішки в першій позиції буде означати, що в поточній конфігурації семантичної сітки відповідний зв'язок є присутнім (р. л. 5,а), а наявність фішки в другій позиції означає відсутність зв'язку в поточній конфігурації (мал. 5.б).



Мал. 5

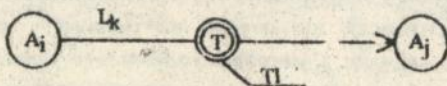
В результаті запропонований оригінальний спосіб подання знань шляхом накладання на семантичну сітку багаторівневої метасітки Петрі.

У третьому розділі був розглянутий часовий компонент метасемантичного подання знань. Введено поняття темпорального правила, яке встановлює час "життя" або час релакції будь-якого компонента метасемантичного подання знань. Кожному семантичному відношенню в сітці $P_i = P(A_m, L_k, A_n)$ надається предикат Π_i , який називається часовим реле життя і визначається таким чином:

$$\Pi(P_i, T) = \begin{cases} 1 \text{ (реле відкрито), якщо } P_i = 1 \\ \text{протягом часу } \geq T; \\ 0 \text{ (реле закрито), - в іншому випадку} \end{cases}$$

$\Pi(P_i, T) \supset \bar{P}_i = 1$, де T - час життя відношення P_i .

Графічно часове реле життя зображується подвійним кружком безпосередньо на відповідному семантичному зв'язку, всередині якого вказується час життя цього відношення (мал. 6).



Мал. 6

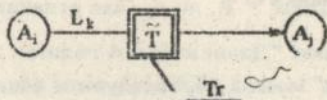
З іншого боку, кожному відношенню $P_i = P(A_m, L_k, A_n)$ в семантичній сітці можна поставити у відповідність предикат T_i , який називається

часовим реле релаксації, здібним відновити цей семантичний зв'язок по закінченню деякого вказаного часу після розриву цього зв'язку:

$$\text{Tr}(P_i, \tilde{T}) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } P_i = 0 \text{ протягом Часу} \\ & \geq \tilde{T} \text{ (реле відкрито);} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

$\text{Tr}(P_i, \tilde{T}) > P_i = 1$, де \tilde{T} - час релаксації відношення P_i .

Графічно часове реле релаксації зоб'юється подвійним квадратом безпосередньо на відповідному семантичному зв'язку, всередині якого вказується час релаксації цього відношення (мал. 7).



Мал. 7

В роботі розглянуті алгоритми прямого та зворотного виводу на основі часових реле.

Подібно розглянутим вище часовим реле життя та релаксації для відношень семантичної сітки розглянуті аналогічні реле для семантичних продукцій та метапродукцій. Викладені приклади поведінки семантичної сітки у часі при наявності темпоральних правил. Введено поняття темпорального метаправила як правила, здібного змінювати темпоральні правила. Темпоральні метаправила дозволяють змінювати тривалість періодів, протягом яких система веде себе певним чином.

Розширено визначення семантичної продукції, яке введене в попередньому розділі, шляхом додання часової затримки спрацьовування продукції, що дозволяє зв'язувати стани сітки, рознесені у часі. Розглянуті два типи часової затримки: безперервна та дискретна, що дозволяють гнучко трактувати зв'язок "причина-наслідок" між станами сітки. В загальному випадку семантична продукція може бути записана у вигляді:

$$R_i: \text{IF}(\langle \text{умова} \rangle) \text{ THEN}^{\langle \tau_i \rangle} \langle \text{результат} \rangle,$$

$$R_j: \text{IF}(\langle \text{умова} \rangle) \text{ THEN}^{\langle \tau_j \rangle} \langle \text{результат} \rangle,$$

де τ_i в круглих дужках - безперервна затримка спрацьовування продукції або час, протягом якого безперервно повинна бути істиною $\langle \text{умова} \rangle$, щоб спрацювала продукція; τ_j в квадратних дужках - дискретна затримка спрацьовування продукції або сумарний час, протягом якого повинна

бути істинною умовна частина (в проміжках істинності припускаються будь-які перерви), щоб спрацювала продукція.

Був введений спосіб запису темпоральних правил у формі семантичних продукцій. Час життя відношення P_1 може бути записаним такою продукцією:

$$R_n: \text{IF } (P_1) \text{ THEN}^{(\tau_n)} \bar{P}_1,$$

де τ_n - час життя відношення. Час релаксації відношення P_1 може бути записаним такою продукцією:

$$R_n: \text{IF } (\bar{P}_1) \text{ THEN}^{(\tau_n)} P_1, \text{ де } \tau_n - \text{ час релаксації відношення.}$$

Наприклад, факт: "Джон кожні 4 години змиває горло і робить це протягом 10 хвилин" можна формалізувати таким чином: A_1 - Джон, A_2 - горло, L_1 - вплив шийної, $P_1 = P(A_1, L_1, A_2)$

$$R: \text{IF } (\bar{P}_1) \text{ THEN } (4 \text{ години}) P_1;$$

$$R_2: \text{IF } (P_1) \text{ THEN } (10 \text{ хвилин}) \bar{P}_1.$$

Єдина форма подання логічного та часового компонентів метасемантики дозволяє уніфікувати процедури виводу в метасемантиці. В розділі розібрані іклади виводу, в яких одночасно присутні усі можливі компоненти: продукції і метапродукції, темпоральні правила та метаправила, при чому усі вони записані в форматі семантичних продукцій. Показано, що вивід при наявності темпоральних правил і метаправил не відрізняється за своєю складністю від виводу, який використовує тільки продукції. Розглянуті в розділі засоби подання часу в сіткових та продукційних моделях утворюють досить простий та зручний спосіб моделювання поведінки складних об'єктів.

У четвертому розділі розглянутий статичний компонент метасемантичного подання знань. Наведені визначення поняттям об'єкт, метаоб'єкт, відношення та метавідношення. Кожному відношенню між об'єктами можна поставити у відповідність метаоб'єкт - відображення відношення. Такі об'єкти будемо називати семантичними носіями відношень. Введемо поняття метасемантичної сітки як множини семантичних сіток, накладених одна на одну таким чином, що відношення кожної попередньої сітки є об'єктами наступної. Формально метасітка задається трійкою $\langle A, L, S \rangle$, де A - множина об'єктів метасітки (логічні, мета-логічні об'єкти, семантичні носії відношень усіх рівней), L - множина відношень та метавідношень, S - поточний стан метасітки. Станом метасітки будемо називати запис в вигляді:

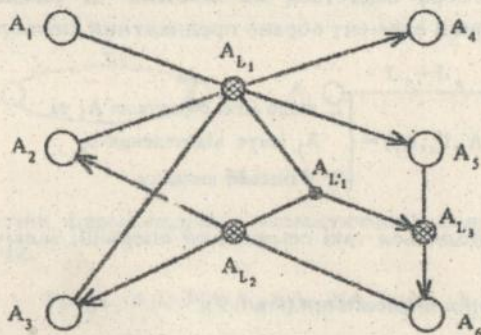
$$S = \bigwedge_{i, j} P(A_i^s, L_{ij}, A_j^o), \quad (1)$$

де A_i^s, A_j^o - множини об'єктів (включаючи множини семантичних носіїв відношень) та L_{ij} - відношення між ними (включаючи метавідношення). Введемо обмеження: відношення між метаоб'єктами (об'єктами) та матеріальними носіями відношень, а також між матеріальними носіями відношень різного рівня заборонені. При графічному зображенні рівня метасітки кожному кон'юнкту з формули (1) ставиться у відг зідність зображення відношення.

Наприклад виразу:

$$P(A_1, A_2, A_3, L_1, A_4, A_5) \wedge P(A_6, L_2, A_2, A_3) \wedge \\ \wedge P(A_5, L_3, A_6) \wedge P(A_{L_1}, A_{L_2}, L_1, A_{L_3}) = 1$$

відповідає метасітка, зображена на малюнку 8.



Мал. 8

Сформульовані задачі виводу в метасемантичних сітках, які зображуються тільки бінарними відношеннями:

- обчислення семантики відношення між парою будь-яких об'єктів в метасемантичній сітці як функції від відомих семантичних відношень та метавідношень;

В залежності від об'єктів A_1 та A_2 така задача може бути розділена:

- на задачу пошуку відношення між атомарними об'єктами;
- на задачу пошуку відношення між складними непересікаючимися (які не мають спільних складових частин) об'єктами;
- на задачу пошуку відношення між складними пересікаючимися об'єктами;

- на задачу пошуку відношення між складним об'єктом та його складовою частиною та навпаки;
- обчислення семантики складного об'єкта (унарного відношення), як функції від відомих відношень та метавідношень;

В залежності від об'єкта A таку задачу можна розділити:

- на задачу визначення властивостей атомарного об'єкта як функції від відношень та метавідношень, що показують взаємодію даного об'єкта з іншими об'єктами сітки;
- на задачу визначення властивостей складного об'єкта як функції від відношень та метавідношень між складовими частинами цього складного об'єкта.

В усіх перелічених задачах термін "обчислення семантики" значить визначення іх ні відношення, яке потрібно знайти, з множини L імен семантичних відношень, на якій задана метасемантична сітка.

Для вирішення задач виводу введений математичний апарат Алгебри Бінарних Відношень на основі семантичних операцій над відношеннями. Алгебра задається на множині L символічних імен відношень. За базисний елемент обрано предикатний символ P :

$$P(A_i, L_k, A_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо між об'єктами } A_i \text{ та} \\ & A_j \text{ існує відношення } L_k \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

В базис операцій вводяться такі семантичні операції, задані на множині L :

- операція звертання відношення (мал. 9).



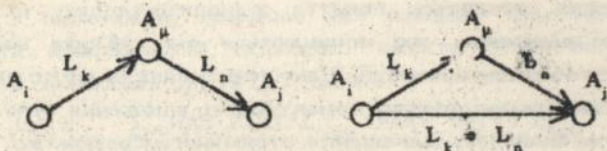
Мал. 9

Запишемо визначення операції семантичного обертання в предикатній формі:

$$P(A_i, L_k, A_j) \sim P(A_j, \tilde{L}_k, A_i).$$

При цьому \tilde{L}_k - це нове відношення, яке можна позначити іншим символом L_m та яке також входить у множини L , або $\tilde{L}_k = L_m$.

операція семантичного множення (суперпозиції) відношень (мал. 10).



Мал. 10

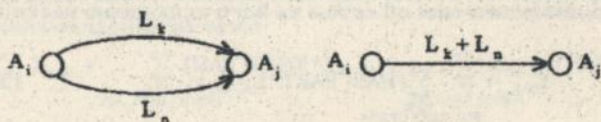
В предикатній формі семантичне множення записується таким чином:

$$P(A_i, L_k, A_\mu) \wedge P(A_\mu, L_n, A_j) \sim P(A_i, L_k * L_n, A_j). \quad (2)$$

При цьому $i \neq \mu \neq j$, що витікає з обмеження, яке накладене на предикат P .

На мові Алгебри Бінарних Відношень вираз (2) записується так: $L_k * L_n = L_n$. Відношення L_n - нове відношення, яке також входить у множину L .

операція семантичного додавання (мал. 11).



Мал. 11

В предикатній формі операція семантичного додавання може бути записана так:

$$P(A_i, L_k, A_j) \wedge P(A_i, L_n, A_j) \sim P(A_i, L_k + L_n, A_j),$$

або на мові Алгебри Бінарних Відношень: $L_n = L_k + L_n$.

Результатом виконання операції семантичного додавання є нове відношення L_n , яке також входить у множину L .

В роботі розглянуті основні властивості наведених семантичних операцій. Уведено поняття семантичного правила як методу збереження знань та управління виводом в статичній. Під семантичним правилом Алгебри Бінарних Відношень будемо розуміти вираз виду $L_k = L_i \text{ op } [L_j, \dots]$, де $L_k, L_i, L_j \in L$; op - є знак семантичної операції. Розглянуті властивості відношень "еквівалентності", "незнання", "є частиною" та "частина цілого", які використані як семантичні константи.

Запропоновані засоби обчислення семантики простих та складних взаємодій, властивостей складних об'єктів.

Для вирішення задачі пошуку невідомого відношення між заданою парою об'єктів вводиться поняття відношення-шляху як будь-якої суперпозиції відношень, які починаються від суб'єкта взаємодії та закінчуються об'єктом взаємодії. Відношення-шлях не може мати перерив, так як при визначенні операції семантичного множення було накладене обмеження на бінарність відношення, отриманого у результаті.

Уведені семантичні операції дозволяють обчислювати семантику бінарного відношення між парою об'єктів, якою будемо називати семантичну суму усіх відношень-шляхів, зв'язаних ці об'єкти:

$$L_{A-B} = \sum L_{A \rightarrow B},$$

тут і далі знак суми означає семантичну суму.

Під семантикою відношення типу "частина-ціле" між об'єктом A та його складовою частиною A_i будемо розуміти семантичну суму усіх відношень-шляхів, які йдуть від інших об'єктів-складових частин складного об'єкта A до об'єкта A_i та які належать структурі об'єкта A .

Для вирішення цієї задачі введемо такий вираз для обчислення семантики відношення між об'єктом та його складовою частиною:

$$L_{A-A_i} = \sum_{\substack{A, A_i \\ \text{PART_OPRA}}} (\text{HAS_PART} * L_{A \rightarrow A_i}), \quad (3)$$

де A - складний об'єкт, A_i - об'єкт, що є складовою частиною об'єкта A .

Для рішення зворотної задачі пошуку відношення між складовою частиною об'єкта та об'єкту, що включає її, можна використати вираз (3), якщо обернути отриманий результат.

Під семантикою складного об'єкта будемо розуміти сукупність властивостей складного об'єкта, які виходять з його внутрішньої структури та подаються у вигляді унарних відношень або, іншою мовою, сукупність відношень-шляхів між об'єктами - складовими частинами цього об'єкта. Так як уведена алгебра дозволяє працювати тільки з бінарними спрямованими відношеннями, а властивості об'єкта - є унарні відношення, то для вирішення задачі пошуку семантики складного об'єкта засобами Алгебри Бінарних Відношень в дисертаційній роботі введено поняття бінарних еквівалентів властивостей об'єкта. З визначення семантики складного об'єкта видно, що до складу відношень-шляхів входять як прямі, так і зворотні відношення-шляхи. Розділимо усю множину шляхів на дві підмножини: до першої включимо відношення-шляхи L_{A_i-A} , при $i < j$; до другого - при $i > j$. Бінарний еквівалент властивостей складових частин A_i складного об'єкта A ($i=j$) включимо в

обидві підмножини. Семантична сума усіх відношень-шляхів, які входять в кожну з підмножин, визначає два взаємно зворотних бінарних еквівалента властивостей складного об'єкта. Позначивши бінарні еквіваленти символами L_{A-A} та L'_{A-A} , маємо:

$$L_{A-A} = \sum_{\substack{VI, I, J \\ P(A, PART_OF, A) = I \\ P(A, PART_OF, A) = I}} (\text{HAS_PART} * L_{A \rightarrow A_i} * \text{PART_OF}) + \sum_{VI} L_{A_i-A}$$

та

$$L'_{A-A} = \tilde{L}_{A-A}$$

Складною взаємодією будемо називати взаємодію між парами складних об'єктів, яка є семантичним відношенням, що зв'язує два підграфи семантичної сітки, які відповідають цим складним об'єктам.

Для обчислення семантики такого відношення необхідно знайти: суму відношень-шляхів, які безпосередньо зв'язують вихідні складні об'єкти; суму відношень-шляхів, які зв'язують складові частини одного об'єкта з іншим об'єктом; суму відношень-шляхів, які зв'язують складові частини одного об'єкта з складовими частинами іншого об'єкта; а також відношення-властивості об'єктів, які одночасно є складовими частинами двох вихідних складних об'єктів:

$$L_{A-B} = \sum L_{A \rightarrow B} + \sum_{\substack{VI \\ P(A, PART_OF, A) = I}} (\text{HAS_PART} * L_{A_i \rightarrow B}) + \sum_{\substack{VI \\ P(B, PART_OF, B) = I}} (L_{A \rightarrow B_i} * \text{PART_OF}) + \\ + \sum_{\substack{VI, I, J, A, B \\ P(A, PART_OF, A) = I \\ P(B, PART_OF, B) = I}} (\text{HAS_PART} * L_{A_i \rightarrow B_j} * \text{PART_OF}) + \sum_{\substack{VI \\ P(C, PART_OF, A) = I \\ P(C, PART_OF, B) = I}} L_C$$

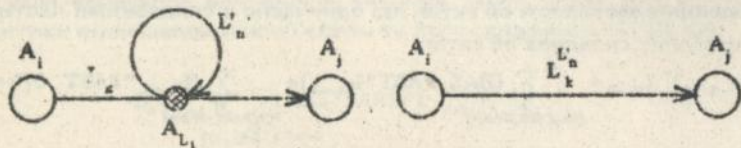
Практика наукового пізнання будь-якого об'єкта дійсності передбачає два методи вивчення властивостей об'єкту: вивчаючи його структуру (властивості складових частин та характер їх взаємодій) або вивчаючи його взаємодії з об'єктами навколишнього середовища. Таким чином, можна казати, що існують два набори властивостей об'єкту, які будемо називати внутрішньою та зовнішньою семантикою об'єкта. В роботі розглянуті визначення об'єкта СВІТ та атомарного об'єкта, а також введені поняття внутрішньої та зовнішньої семантики як сукупності властивостей об'єкта, що можна дізнатися при дослідженні його внутрішньої структури та структури його зовнішніх взаємодій відповідно.

Сформульований закон семантичної рів ваги, який постулює еквівалентність семантики складного об'єкта сітки, знайденої на основі аналізу його внутрішньої структури, та семантики, знайденої на основі аналізу структури його взаємодій з зовнішніми об'єктами, при умові

повноти знань про ці структури. Іншими словами зовнішня та внутрішня семантика об'єкту семантично еквівалентні. Додавши елемент незнання до закону семантичної рівноваги одержуємо рівняння семантичної рівноваги.

В роботі розглянуті методи рішення основних типів рівнянь семантичної рівноваги в термінах Алгебри Бінарних Відношень. Запропоновані алгоритми надбання знань у формі семантичних правил. При цьому крім традиційного методу формування семантичних правил за аналогією, розроблений новий метод формування правил на основі закону семантичної рівноваги.

Поширений базис операцій Алгебри Бінарних Відношень шляхом уведення операції семантичного посилення, яка дозволяє урахувувати семантику усіх верхніх метарівней метасемантичної сітки при виводі відношень між об'єктами нижніх рівней. Розглянемо малюнок 12, який зображує семантичне відношення L_k , а також властивість L'_n відповідного матеріального носія.



Мал. 12

Для обчислення семантики відношення L_m між об'єктами A_i та A_j з урахуванням семантики метавідношення введемо операцію семантичного посилення:

$$P(A_i, L_k, A_j) \wedge P(A_{L_k}, L'_n, A_{L_k}) \sim P(A_i, L'_n, A_j),$$

де L'_n - операція семантичного посилення відношення L_k метавідношенням L'_n , а A_{L_k} - семантичний носій відношення L_k .

Опускаючи предикатний символ P , можна записати: $L_m = L'_n$. В роботі викладені основні властивості операції семантичного посилення, а також розроблений алгоритм виводу в метасемантичних сітках з урахуванням семантики метарівней, що використовує введену операцію.

Поширено визначення семантичного предикату P :

$$P(A_1^s, \dots, A_m^s, I, A_1^o, \dots, A_k^o) = \begin{cases} 1, & \text{якщо між множинами об'єктів} \\ & A^s \text{ и } A^o \text{ існує відношення } I; \\ 0, & \text{в іншому випадку,} \end{cases}$$

З урахуванням введеного розширення семантичної операції Алгебри Бінарних Відношень визначаються для роботи з n -арними відношеннями. Уводиться поняття каналу пізнання як пристрою (канал ЕОМ, нейронна сітка), по якому надходить інформація однієї семантики. Кожен канал формує набір відношень, який будемо називати класом сумісності відношень. Зараз семантичні операції задаються на відношеннях, які входять до одного класу сумісності. З урахуванням проведених змін в роботі розглядається апарат Алгебри Спрямованих Семантичних Відношень.

Показана можливість зведення усіх типів правил та метаправил метасемантики до єдиного формату подання:

$$P_k^{(n)} = P(A_{P^{(n-1)}}, I_m^{(n)q}, A_{P^{(n-1)}}),$$

де $P_k^{(n)}$ - мітка метавідношення рівня n (при $n=0$ метавідношення раніш позначалось терміном "відношення"), що є логічною перемінною, одиничне значення якої свідчать про присутність відповідної взаємодії в поточному стані сітки; P - семантичний предикат; $A_{P^{(n-1)}}$, $A_{P^{(n-1)}}$ - відповідно суб'єкт та об'єкт взаємодії, що позначається метавідношенням $P_k^{(n)}$ (в загальному випадку є семантичним носієм метавідношень рівня $n-1$), при $n=0$ семантичні носії раніш позначалися термінами "об'єкт", "множина об'єктів", "перемінний об'єкт"; $I_m^{(n)q}$ - символічне ім'я метавідношення n -го рівня, q -го класу сумісності (при $n=0$ ім'я метавідношення раніш позначалось терміном "ім'я відношення").

В роботі наведені приклади запису правил (метаправил) метасемантики у формі узагальненого семантичного відношення. Показано, що усі види правил метасемантики можна подати як в формі узагальненого семантичного відношення, так і в формі продукцій з часовою затримкою.

Процес обробки вхідної інформації в інтелектуальних системах традиційно розділяють на аналіз, при якому формується структура вхідних запитів та повідомлень, та інтерпретацію, в ході якої

встановлюється взаємозв'язок структури, що збудована на етапі аналізу, та структури знань системи, робляться необхідні зміни в структурі знань, визначається відповідна реакція.

В залежності від типу вхідної інформації (запит або факт) будемо розрізняти пасивну та активну семантичну інтерпретацію. В дисертаційній роботі розглянутий один з методів рішення проблеми семантичної інтерпретації вхідних структур знань в термінах знань, які вже зберігаються в метасемантичній сітці.

У п'ятому розділі досліджені прикладні аспекти метасемантичних моделей подання знань. Показана можливість застосування розроблених моделей в системах аналізу природної мови. Викладені основні етапи аналізу природної мови, для яких доцільно використовували розроблені в дисертації інструментальні та математичні засоби та моделі. В роботі викладений алгоритм рішення задачі надбання лінгвістичних знань. Як механізм аналізу природної мови запропонований апарат валентності, що дозволяє витягати з бази знань інформацію про погодження різних складових частин словоформ. Механізм взаємодій словоформ за валентністю нагадує механізм взаємодій хімічних елементів. Результат взаємодії проявляється в виниканні відношення між взаємодіючими словами, ім'я якого визначається складом компонентів формування словоформ, які прийняли участь в реакції.

Метасемантична модель механізму надбання знань описується таким набором семантичних продукцій, які використовують елементи мови Алгебри Спрямованих Відношень:

$$\begin{aligned} & IF(P(A_1, HAS_PART, A_2) \wedge P(A_{i_2}, HAS_PART, A_1) \wedge \\ & \wedge P(A_{j_1}, HAS_PART, A_r) \wedge P(A_{j_2}, HAS_PART, A_o) \wedge P(A_{i_1}, L_{k_1}^m, A_{j_1}) \wedge \\ & \wedge P(A_{i_2}, L_{k_2}^m, A_{j_2})) THEN^{(0)} P(A_s, L_{k_c}^m, A_c); \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & IF(P(A_{i_1}, HAS_PART, A) \wedge P(A_{i_2}, HAS_PART, A_c) \wedge \\ & \wedge P(A_{j_1}, HAS_PART, A_c) \wedge P(A_{j_2}, HAS_PART, A_o) \wedge P(A_{i_1}, L_{k_1}^m, A_{j_1}) \wedge \\ & \wedge P(A_{i_2}, L_{k_2}^m, A_{j_2})) THEN^{(0)} (P(A_{i_1}, HAS_PART, A_{i_1} / A_s) \wedge \\ & \wedge P(A_{i_2}, HAS_PART, A_{i_2} / A_s) \wedge P(A_{j_1}, HAS_PART, A_{j_1} / A_o) \wedge \\ & \wedge P(A_{j_2}, HAS_PART, A_{j_2} / A_o) \wedge P(A_{i_1} / A_r, L_{k_1}^m, A_{j_1} / A_o) \wedge \\ & \wedge P(A_{i_2} / A_s, L_{k_2}^m, A_{j_2} / A_o)), \end{aligned} \quad (5)$$

де A_i/A_k - операція вилучення рядка A_k з рядка A_i ;

$$\text{IF}(P(A_i, \text{HAS_PART}, A_j) \wedge P(A_j, \text{HAS_PART}, A_0) \wedge \\ \wedge P(A_j, L_k^m, A_0)) \text{ THEN}^{(0)} P(A_i, L_k^m, A_j). \quad (6)$$

Правило (4) можна трактувати як правило надбання знань про властивості складових частин, загальних для двох об'єктів, та відношення між ними, виходячи з знань про властивості та взаємодії самих об'єктів. Правило (5) можна трактувати як правило набуття знань про властивості складових частин, якими відрізняються об'єкти, та відношення між ними, виходячи з знань про властивості та взаємодії самих об'єктів. Правило (6) можна проінтерпретувати як механізм спадкування властивостей та відношень між з'єктами, виходячи з властивостей та відношень їх складових частин. Даний механізм включає в себе розглянутий механізм взаємодій за валентністю.

Вивчена можливість застосування методу семантичної інтерпретації як основи семантичного аналізу в різноманітних лінгвістичних застосуваннях.

Наведені результати експериментального дослідження основних процедур виводу в метасемантичних моделях знань на прикладі машин кліткових автоматів з використанням різних типів правил метасемантики. Клітковий простір зручно описувати в термінах семантичних сіток. Кожна клітка є об'єкт A_i , якому можуть належати такі властивості:

$$P_i^1 = P(A_i, L_i, A_i) - i\text{-та клітка "х жива"}; \bar{P}_i^1 - i\text{-та клітка "мертва"};$$

$$P_{N_k}^i = P(A_i, L_{N_k}, A_i) - i\text{-та клітка має } k \text{ живих сусідів.}$$

Розглянемо два типи семантичних продукцій, якими можна описувати поведінку кліткових автоматів:

$$R_k^B: \text{IF}(P_i^x \wedge P_{N_k}^x) \text{ THEN } \bar{P}_i^x; k = 0, \dots, 8 - \text{правила "народження" клітки};$$

$$R_k^D: \text{IF}(\bar{P}_i^x \wedge P_{N_k}^x) \text{ THEN } P_i^x; k = 0, \dots, 8 - \text{правила "смерті" клітки.}$$

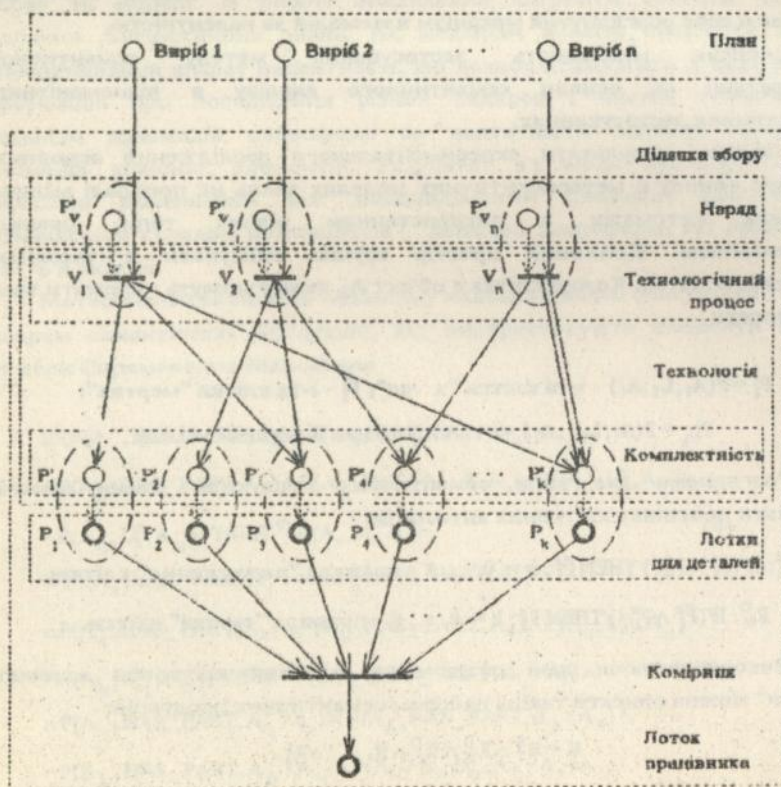
Використовуючи дані позначення, відомий клітковий автомат "Життя" можна описати таким набором семантичних продукцій:

$$R = R_3^B \wedge R_0^D \wedge R_1^D \wedge R_8 \wedge \dots \wedge R_8^B.$$

Використовуючи семантичні та часові метапродукції, можна одержати кліткові автомати, які здібні змінювати в процесі роботи правила свого розвитку.

Наведено опис діючої промислової системи нормування та контролю руху драгметалів, створеної на основі метасемантичної моделі знань. Математична модель процесу руху драгметалу на Харківському ювелірному заводі являє собою змішану метасітку Петрі другого порядку. Фрагмент метасітки Петрі, який моделює процедуру в'їзду деталей працівнику на ділянці збору, наведений на малюнку 13.

Викладена концепція застосування метасемантичних моделей та методів для рішення задач діагностики складних динамічних об'єктів на прикладі експертної системи діагностики атомних електростанцій України. Сформульовані основні напрямки та перспективи подальших прикладних досліджень в області метасемантики.



Мал. 13

В додатках наведені копії актів про впровадження та використання результатів дисертаційної роботи, а також розпечатка результатів експериментального дослідження, яке проводилось за допомогою програмної системи, що моделює роботу метасемантичних правил над клітковим простором.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Головним результатом дисертаційної роботи є розробка основ теорії багаторівневих динамічних моделей управління базами знань в рамках метасемантичного підходу, як нового способу подання та використання знань та метазнань в автоматизованих інформаційних системах.

Основні результати роботи можуть бути сформульовані таким чином:

1. Сформульовані основні парадигми метасемантичного підходу до подання та використання знань. У відповідності з висунутими парадигмами запропонована структура метасемантики як комплексу математичних засобів управління моделями подання знань. Виходячи з структури, був розроблений механізм класифікації правил та метаправил метасемантики, який передбачає однаковість подання усіх класів правил та уніфікацію процедури виводу.

2. Введено поняття семантичної продукції як продукції, здібної виконувати елементарні зміни в семантичній сітці. Запропоновано механізм виводу в семантичних сітках на основі семантичних продукцій. Цей механізм відрізняється простотою та ефективністю за рахунок паралельності використання продукцій. Робота системи семантичних продукцій дозволяє відображати кріль семантичну сітку динаміку зміни станів моделюемого об'єкта. Розглянуто механізм зворотного виводу в семантичних сітках на основі семантичних продукцій. Робота даного механізму дозволяє відновити динаміку зміни станів моделюемого об'єкта в минулому. Запропоновано алгоритм синтезу семантичних продукцій зворотного виводу на основі прямих семантичних продукцій. Введено поняття семантичної метапродукції як продукції, здібної виконувати елементарні зміни в множині семантичних продукцій: "народження" або "смерть" певної продукції. Метапродукції дозволяють моделювати поведінку об'єктів, правила якої можуть змінюватися протягом часу за встановленими метазвилами. Розглянуті багаторівневі системи семантичних метапродукцій, в які метапродукції більш високого рівня можуть змінювати множину метапродукцій попередніх рівней. Використання багаторівневої системи семантичних

продукції дозволяє достатньо складний набір правил поведінки об'єкту описати простими засобами на кожному рівні управління системою продукції. Розглянуті механізми прямого та зворотного виводу в семантичних сітках при наявності багаторівневої системи метапродукції. Даний механізм є простим та ефективним, так як на усіх рівнях використовує такий самий алгоритм паралельного використання продукції та метапродукції. Вивід дозволяє синтезувати стан моделюемого об'єкту в минулому та майбутньому в умовах зміни правил його поведінки. Розроблено механізм автоматичного формування правил поведінки вивчаемого об'єкту в часі в формі семантичних продукцій, а також механізм автоматичного синтезу метапродукцій на основі аналізу поведінки моделюемого об'єкту. Критерієм переходу до наступного рівня метапродукції є виникання суперечності в правилах поточного рівня. Таким чином, гарантується, що в жодному з часових тактів в системі не можуть бути активізовані дві суперечні продукції, але сам набір правил може містити в собі будь-яку кількість суперечностей. Механізм передбачає можливість синтезувати просту багаторівневу метапродукційну систему безпосередньо з однорівневої системи складних семантичних продукцій.

3. Уведено поняття метасітки Петрі як оригінальної модифікації традиційних сіток Петрі, що базуються на метасітьовому підході до моделювання. Метасітка Петрі є спробою застосувати основні принципи метасемантичного подання знань, але не до семантичних сіток, а до сіток Петрі. Вона здібна автоматично змінювати свою конфігурацію за певними правилами, які також моделюються сіткою Петрі. Розглянуті основні принципи роботи різних типів метасіток Петрі. Показано, що метасітка є більш компактною модел'ю складного об'єкта у порівнянні з звичайною сіткою Петрі. При цьому ефективність роботи метасітки вище, так як на кожному такті роботи із цілої сітки виділяється активна у цей час підсітка, та перевірка усіх умов спрацьовування здійснюється лише для обмеженого числа переходів. Розглянуті багаторівневі метасітки Петрі, в яких кожен наступний рівень може змінювати конфігурацію попереднього рівня. Чим більше порядок метасітки, тим більше конфігурацій базового рівня сітки Петрі вона може народити. При цьому базовим рівнем можна управляти, змінюючи розмітку будь-якого з метарівней. Одержано оригінальний спосіб подання знань шляхом наложення на семантичну сітку багаторівневої метасітки Петрі. При цьому функціонування метасітки Петрі буде на кожному такті визначати поточну конфігурацію семантичної сітки, що відображає стан

моделюемого об'єкта. В результаті з сукупності сітьової та продукційної моделей отримана єдина сітьова модель подання знань - метасемантична сітка Петрі.

4. Уведено поняття темпорального правила, яке задає час "життя" або час релаксації будь-якого компоненту метасемантичного подання знань. Розглянуті темпоральні графіки для відношень семантичної сітки, семантичних продукцій та метапродукцій. Розглянуті приклади поведінки семантичної сітки у часі при наявності темпоральних правил. Використання темпоральних правил, які коректують набір семантичних продукцій, дозволяє моделювати об'єкти, поведінка яких в різні періоди часу підпорядковується різним законам. Єдина форма подання логічної та часової компонент метасемантики дозволяє уніфікувати процедури виводу в метасемантиці.

5. Уведено поняття метасемантичної сітки, яка дозволяє однаково зберігати усі типи знань (дані, знання, метазнання та правила роботи з ними). Сформульовані задачі виводу в метасемантичних сітках, які складаються тільки з бінарних відношень. До традиційно вирішуваних в рамках семантичних сіток задач пошуку відношень між парою об'єктів на підставі шляхів на графі в даній роботі додані задачі обчислення семантики складного об'єкта та складної взаємодії з урахуванням семантики метарівневої сітки.

6. Для рішення задач виводу був введений математичний апарат Алгебри Бінарних Відношень на основі семантичних операцій над відношеннями. Операції, які входять до базису алгебри, задаються на множині символічних імен семантичних відношень безвідносно до об'єктів, що дозволяє зробити англічним процес виводу. На основі Алгебри Бінарних Відношень запропоновані способи символічного обчислення семантики простих та складних взаємодій, властивостей складних об'єктів. Уведено поняття семантичного правила як методу зберігання знань та управління виводом у статистиці.

7. Сформульовано закон семантичної рівноваги, який постулює еквівалентність семантики складного об'єкта сітки, отриманої на підставі аналізу його внутрішньої структури, та семантики, отриманої на підставі аналізу структури його взаємодій з зовнішніми об'єктами. Виходячи з аналізу структури закону, зроблено висновок, що умовою вконання закону є повнота знань про проблемну область. При порушенні закону семантичної рівноваги утворюються умови для подальшого процесу надбання знань про відсутній компонент внутрішньої або зовнішньої структури об'єкта шляхом рішення рівнянь семантичної рівноваги.

відносно елементу "незнання". Розглянуті методи рішення основних типів рівнянь семантичної рівноваги в термінах Алгебри Бінарних Відношень. Запропоновані алгоритми набуття знань в формі семантичних правил.

8. Розглянута можливість модифікації Алгебри Бінарних Відношень для роботи з відношеннями будь-якої арності. Уведені семантичні операції для роботи з n-арними відношеннями. Викладені основні елементи узагальненої Алгебри Спрямованих Семантичних Відношень, частковим випадком якої є Алгебра Бінарних Відношень.

9. Показана можливість зведення усіх типів правил та метаправил метасемантики до єдиного формату подання. Будь-яке правило метасемантики подається, з одного боку, в формі логічного семантичного відношення, з іншого боку - у вигляді семантичної метапродукції. Наведено один з можливих методів рішення проблеми семантичної інтерпретації вхідних структур знань в термінах знань, які вже зберігаються в метасемантичній сітці.

10. Досліджено ряд застосувань метасемантичних моделей до різних інформаційних систем. За об'єкт експериментальної та промислової апробації були узяті основні типи правил метасемантики, метасемантичні сітки, метасітки Петрі, запропоновані в дисертаційній роботі. Були розглянуті такі області застосування результатів роботи: інтелектуальні системи аналізу природної мови, машини кліткових автоматів, експертні системи у складі АСУ підприємством та експертні системи у складі АСУ ТП в складному динамічному об'єкті. Результати експериментального дослідження дозволяють констатувати:

- доцільність використання метасемантичних моделей в системах аналізу природної мови визначається: можливістю динамічної адаптації систем до особливостей будь-якої вхідної мови та проблемної області; завдяки використанню метазнань; використанням процедур логічного метавиводу при аналізі та інтерпретації вхідних текстів; обмеженням контексту інтерпретації шляхом використання метапродукцій; можливістю компіляції знань, отриманих від різних експертів, при синтезі відповідей на вхідні запитання;
- використання кліткових автоматів для експериментального дослідження результатів, викладених в дисертації, дозволяє простими засобами в єдиній моделі дослідити усі типи семантичних правил та метаправил. З іншого боку, використання метасемантики

дозволяє поширити інструментарій управління клітковими автоматами та підвищити їх моделюючі можливості;

- доцільність застосування метасемантичних моделей до проектування динамічних систем нормування, обліку та адміністративного керування підприємством визначається можливістю динамічно змінювати конфігурацію схеми руху матеріалу в залежності від цілого ряду факторів та багаторівневої ієрархії управління, а також швидко перенастроювати систему на нову номенклатуру виробів та зміни в технології їх виробництва. Для цих цілей використаний та трійшово виробничу апробацію апарат метасіток Петрі;
- доцільність застосування метасемантичних моделей до експертних систем підтримки автоматизованих систем управління складними технологічними процесами на прикладі АСУ ТП енергоблоку АЕС визначається використанням: метасемантичних сіток, що містять у собі вузли, системи, зв'язки між ними, а також зв'язки між самими інтерфейсами систем; метапродукційної моделі поведінки енергоблоку в часі; метапродукційної моделі діагностики аварійних ситуацій; інтелектуальних інтерфейсів з різними рівнями споживачів.

Це дослідження поставило цілий ряд задач, які ще чекають свого остаточного рішення. Зокрема інтерес являє подальший розвиток математичного апарату Алгебри Семантичних Відношень, розробка нових методів рішення семантичних рівнянь, пошук нових об'єктів метасемантичного управління, крім розглянутих в роботі семантичних сіток, сіток Петрі, кліткових автоматів.

Основний зміст дисертації опубліковано у таких роботах:

1. Бондаренко М. Ф., Терзіян В. Я., Попков И. И. Метод частичного устранения многозначности синтаксического представления предложения без привлечения семантики // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики.- Харьков: Основа, 1992.- Вып. 98.- С. 26-31.- 1993.- Вып. 99.- С. 36-42.- Вып. 100.- С. 8-19.

2. Бондаренко М.Ф., Терзіян В.Я., Попков И.И. Моделирование лингвистических знаний в интеллектуальных естественно-языковых интерфейсах.- Деп. в Укр.ИНТЭИ № 1414 - Ук92., 1992.- 235 с.

3. Бондаренко М.Ф., Терзіян В.Я. Проблемы создания интеллектуальных естественно-языковых интерфейсов // "Искусственный интеллект - 90" / Круглые столы: Материалы II Всесоюзной конференции.- Минск.- 1990.- С. 99-102.

4. Герасин С.Н., Кайкова Е.В., Терзіян В.Я. Интервальный подход к обработке экспертных мнений: Метод последовательных

отсечений // Проблемы бионики.- Харьков: Основа, 1990.- Вып. 44.- С. 41-46.

5. Головина Е.А., Колмычек К.Н., Терзиян В.Я. Принципы проверки семантической правильности естественно-языковых высказываний // Проблемы бионики.- Харьков: ХГУ, 1984.- Вып. 32.- С. 64-72.

6. Головина Е.А., Терзиян В.Я. Экспресс-анализ естественно-языковых высказываний // Интерактивные системы: Материалы пятой школы-семинара.- Тбилиси: Мецниереба, 1983.- С. 385-388.

7. Дзюндзюк В.В., Терзиян В.Я. ДIALOGОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ // Прикладная информатика автоматизированных систем проектирования, управления, программированной эксплуатации: Материалы X объединенного семинара.- Калининград: ЦНТИ, 1985.- С. 65.

8. Дзюндзюк В.В., Терзиян В.Я. Математическая модель процессов биологического воздействия на организм человека комплекса вредных факторов // Математические и вычислительные методы в биологии: Материалы Всесоюзного семинара.- Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1985.- С. 184-185.

9. Дзюндзюк В.В., Терзиян В.Я. Принципы построения интеллектуального обучаемого естественно-языкового интерфейса для решения задач борьбы с профессиональными заболеваниями // Проблемы бионики.- Харьков: Вышш школа, 1988.- Вып. 40.- С. 81-88.

10. Дзюндзюк В.В., Терзиян В.Я., Северина Л.В. Принципы построения диалоговых экспертных систем охраны труда на основе дискретной математики // Проблемы бионики.- Харьков: Вышш школа, 1989.- Вып. 42.- С. 104-109.

11. Кайкова Е.Б., Попков И.И., Терзиян В.Я. Механизмы функционирования интеллектуальных лингвистических интерфейсов в условиях многозначности // Эргономика и эффективность систем "человек-техника": Материалы XVII Межрегионального семинара.- Игналина: ВВМИУ, 1991.- С. 94.

12. Кайкова Е.Б., Терзиян В.Я. Бионический подход к проектированию интеллектуальных лингвистических интерфейсов // Эргономика и эффективность систем "человек-техника": Материалы XVIII Межрегионального семинара.- Игналина: ВВМИУ, 1991.- С. 95.

13. Кайкова Е.Б., Терзиян В.Я. Методы естественно-языкового управления моделями сложных систем // Имитационные эксперименты с

моделями сложных систем: Материалы Всесоюзной научно-технической школы.- Калининград: КТИРПХ, 1989.- С. 108-109.

14. Кайкова Е.Б., Терзиян В.Я. Механизм исследования временных последовательностей в естественно-языковых текстах // Проблемы бионики.- Харьков: Выща школа, 1987.- Вып. 39.- С. 25-34.

15. Комаркова И.В., Терзиян В.Я. Алгоритм разрешения местоимений в системах машинного анализа текстов // Проблемы бионики.- Харьков: ХГУ, 1984.- Вып. 33.- С. 42-48.

16. Кирпиленко Л.Н., Книжник С.З., Терзиян В.Я. Применение семантических сетей к решению проблемы тестирования уровня знаний // Эргономика и эффективность систем "человек-техника": Материалы VIII Межрегионального семинара.- Игналина: ВВМИУ, 1991.- С. 156.

17. Лихачева О.А., Терзиян В.Я. Проблема обучения интеллектуальных лингвистических интерфейсов // Эргономика и эффективность систем "человек-техника": Материалы XVII Межрегионального семинара.- Игналина: ВВМИУ, 1991.- С. 103.

18. Ловицкий В.А., Терзиян В.Я. Семантический анализ в системе ДЕСТА // Интерактивные системы: Материалы третьей школы-семинара.- Тбилиси: Мецниереба, 1980.- Т. 3.- С. 80-83.

19. Ловицкий В.А., Терзиян В.Я. Кодирование слов в ТВ-структуре // Проблемы бионики.- Харьков: ХГУ, 1981.- Вып. 26.- С. 60-68

20. Северина Л.В., Терзиян В.Я. Автоматический синтез алгоритмов решения задач в диалоговой системе принятия решений // Программное и математическое обеспечение систем обработки данных и принятия решений.- Харьков: ХАИ, 1989.- С. 142-145.

21. Терзиян В.Я. Анализ, семантическая нормализация и идентификация естественно-языковых текстов // Интерактивные системы: Материалы четвертой школы-семинара.- Тбилиси: Мецниереба, 1982.- С. 219-221.

22. Терзиян В.Я. Вывод умозаключений из естественно-языковых высказываний // Проблемно-ориентированные диалоговые комплексы: Материалы республиканского семинара.- Кишинев: Реклама, 1983.- С. 102-104.

23. Терзиян В.Я. Диалоговая естественно-языковая система управления программным обеспечением // Прикладная информатика автоматизированных систем проектирования, управления, программированной эксплуатации: Материалы X объединенного семинара.- Калининград: ЦНТИ, 1985.- С. 70.

24. Терзиян В.Я. Интеллектуальный естественно-языковой интерфейс между программными модулями // Диалог человек-ЭВМ: Материалы IV Всесоюзной конференции.- К.: ИК АН УССР, 1986.- Т.2. С. 156-157.

25. Терзиян В.Я. Методы автоматического синтеза моделей сложных систем // Имитационные эксперименты с моделями сложных систем: Материалы Всесоюзной научно-технической школы.- Калининград: КТИРПХ, 1989.- С. 110-111.

26. Терзиян В.Я. Методы естественного языкового управления в системах с искусственным интеллектом // Информатика и вычислительная техника: Материалы Всесоюзного семинара молодых ученых и специалистов.- М.: Наука, 1986.- С. 167-168.

27. Терзиян В.Я. Понятие интеллектуальности естественно-языковых систем // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики.- Харьков: Основа, 1993.- Вып. 101.- С. 47-54.

28. Терзиян В.Я. Понятия интеллектуальности систем "человек-техника" // Эргономика и эффективность систем "человек-техника": Материалы XVII Межрегионального семинара.- Игналина: ВВМИУ, 1991.- С. 84.

29. Терзиян В.Я., Попков И.И. Формализация процесса устранения многозначности синтаксического разбора естественно-языкового высказывания // Проблемы бионики.- Харьков: Основа, 1991.- Вып. 47.- С. 23-36.

30. Терзиян В.Я. Принципы организации анализа естественно-языковых высказываний в системах общения пользователей с ЭВМ // Проблемы бионики.- Харьков: ХГУ, 1985.- Вып. 34.- С. 66-74.- Вып. 35.- С. 17-24.

31. Терзиян В.Я. Принципы работы с семантическими сетями в системах принятия решений // Программное и математическое обеспечение систем обработки данных и принятия решений.- Харьков: ХАИ, 1990.

32. Терзиян В.Я. Приобретение знаний в интеллектуальных естественно-языковых системах // Управляющие системы и машины.- К.: ИК АН УССР, 1991.- Вып. 7.- С. 143-149.

33. Терзиян В.Я. Семантический анализ в диалоговой системе // Автоматизация научных исследований, эргономического проектирования и испытаний сложных человеко-машинных систем: Материалы Всесоюзной конференции.- Ленинград.- 1983.- Т. 1.- С. 19-20.

34. Терзиян В.Я. Способ представления метазнаний и интеллектуальных СЧТ // Эргономика и эффективность систем "человек-техника"; Материалы XVII Межрегионального семинара.- Игналина: ВВМИУ, 1991.- С. 112.

35. Терзиян В.Я. Этапы и уровни анализ. естественно-языковых высказываний // Интерактивные системы: Материалы пятой школы-семинара.- Тбилиси: Меуниереба, 1983.- С. 400-402.

36. Bondarenko M., Terziyan V. Reasoning with Metasemantic Network // Proc. of the First All-Ukrainian Conf. on Signal-Image Processing and Pattern Recognition.- Kiev (Ukraine).- 1992.- P. 11.

37. Puuronen S., Terziyan V. Ja. A Metasemantic Networks // New Directions in Artificial Intelligence / Publications of the Finnish AI Society.- Otaniemi (Finland).- 1992.- P. 136-143.

38. Grebenjuk V., Kirichenko I., Stolnicov Z., Terziyan V. Mathematical Model of the Human Energetical System. Based on the Concepts of Oriental Medical Sciences.- Cincinnati (Ohio, USA): Universal Transactions, Inc., 1993.- 7 p.

39. Grebenjuk V., Kirichenko I., Terziyan V. Temporal Reasoning with Binary Relations Algebra.- Cincinnati (Ohio, USA): Universal Transactions, Inc., 1993.- 22 p.

40. Kirichenko I., Terziyan V. Metarules Based Reasoning with Semantic Network.- Cincinnati (Ohio, USA): Universal Transactions, Inc., 1993.- 13 p.

41. Kirichenko I., Terziyan V. Reasoning Based on Generalize Semantic Rule.- Cincinnati (Ohio, USA): Universal Transactions, Inc., 1993.- 18 p.

42. Krytsov I., Kirichenko I., Terziyan V. The Bionic Approach to Self Learning Natural Language System.- Cincinnati (Ohio, USA): Universal Transactions, Inc., 1993.- 16 p.

43. Terziyan V. Reasoning with Metasemantic Network.- Cincinnati (Ohio, USA): Universal Transactions, Inc., 1993.- 36 p.

Получено до друку 20.07.93 р.

Об'єм 2,25 друку арк.
Тираж 100 прим.

Формат паперу 60x84
Замовлення 2/982

