

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

РУСАКОВА НАТАЛІЯ ЄВГЕНІВНА

УДК 519.7:007.52; 519.711.3

**МОДЕЛЮВАННЯ МОЗКОПОДІБНИХ СТРУКТУР ТА ЇХ
ЗАСТОСУВАННЯ В ШТУЧНОМУ ІНТЕЛЕКТІ**

05.13.23 — системи та засоби штучного інтелекту

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків — 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Шабанов-Кушнарєнко Юрій Петрович,
професор кафедри Програмної інженерії
Харківського національного університету
радіоелектроніки МОНмолодьспорту, м. Харків.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Замаруєва Ірина Вікторівна,
професор кафедри Інформаційно-психологічного
протиборства Військового інституту
Київського національного університету
ім. Тараса Шевченка Міністерства оборони
України, м. Київ;

доктор технічних наук, доцент,
Шостак Ігор Володимирович,
професор кафедри Інженерії
програмного забезпечення Національного
аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського
МОНмолодьспорту, м. Харків.

Захист відбудеться **«6» червня** 2012 р. о **13.00** годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.01 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий «___» _____ 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Є. І. Литвинова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Комп'ютеризація й інформатизація повністю змінюють обличчя всього людського співтовариства. Удосконалювання елементної бази, що визначає архітектуру комп'ютера і виконання паралельних обчислень, дозволяють швидко й ефективно вирішувати задачі все більшої складності. Однак комп'ютер часто не в змозі впоратися з поставленим перед ним завданням так, як це робить людина. У зв'язку з цим актуальною і важливою є задача вивчення природного інтелекту як джерела важливих ідей для вдосконалення штучного інтелекту. Біоніка інтелекту, яка виражає ідею переходу від живих систем до штучних, виходить на передній план. Головною задачею сьогодні в галузі штучного інтелекту є створення мозкоподібних структур із застосуванням паралельної обробки інформації. Мозкоподібні структури з паралельними процесами, керованими багатьма потоками даних і команд, поза сумнівом, є вищим рівнем розвитку архітектури ЕОМ. Наявність способу штучного відтворення мозкоподібних структур відкриває можливість переходу до нового способу паралельних обчислень, що відрізняються від принципів класичного програмування.

Постановка проблеми математичного і технічного моделювання мозкоподібних структур належить академікові АН УРСР і АН СРСР В. М. Глушкову. Значний вклад до розробки даної тематики внесли академік НАН України і член-кореспондент АН СРСР В. Л. Рвачов, член-кореспондент НАН України М. Ф. Бондаренко, доктори наук Ю. П. Шабанов-Кушнарєнко, Є. П. Путятін, В. П. Машталір, Н. В. Шаронова, Е. Г. Петров, В. І. Хаханов, К. О. Соловійова, А. Л. Єрохін, І. В. Замаруєва, І. В. Шостак і багато інших вітчизняних і закордонних вчених. Їх зусиллями створено алгебру предикатів — спеціальний алгебро-логічний апарат для математичного опису, аналізу та синтезу мозкоподібних структур, розроблено методи математичного моделювання мозкоподібних структур, носієм яких є людина, досліджено основи теорії інтелекту, паралельного програмування та реляційних мереж, розпочато роботи з впровадження мозкоподібних структур у практику штучного інтелекту.

Дисертаційна робота присвячена подальшому розвитку та удосконаленню методів математичного моделювання процесів, що формалізують інтелектуальну діяльність людини на основі алгебри скінченних предикатів і предикатних операцій. Зокрема, удосконаленню морфологічної моделі російської словозміни та розробці моделі логічного оператора з керованим ядром, які практично реалізовані у вигляді логічних реляційних мереж. Також важливим є розробка методів, які вирішують актуальну задачу автоматизації переходу від довільного скінченного предиката до реляційної мережі, і застосування для мінімізації числа станів центрального полюса цієї мережі методу мінімізації формул алгебри булевих функцій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Розробка основних положень дисертації здійснювалась відповідно до планів НДР, що виконувались на кафедрі Програмного забезпечення ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки: держбюджетна НДР № 202-1 «Розробка і застосування логічних мереж мозкоподібних ЕОМ» (№ ДР 0106U003292) та НДР № 232-2 «Розробка теорії та принципів побудови мозкоподібних ЕОМ з реляційними мережами» (№ ДР 0109U001646).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності обробки інформації у системах штучного інтелекту за рахунок розробки методів та моделей мозкоподібних структур аналізу інтелектуальної діяльності людини з використанням апарату алгебри скінченних предикатів.

Для досягнення цієї мети в межах дисертаційної роботи необхідно вирішити такі основні задачі:

— провести аналіз існуючих досягнень моделювання мозкоподібних структур у галузі штучного інтелекту, дослідити поняття категорії за допомогою її предикативної інтерпретації;

— розробити метод розшарування скінченного предиката, який здійснює перехід до моделі мозкоподібної структури, що представлена реляційною мережею;

— розробити модель логічного оператора з керованим ядром за допомогою введення множників в обчислення цього оператора;

— розробити метод мінімізації числа станів центрального полюса реляційної мережі засобами мінімізації формул алгебри булевих функцій;

— розробити морфологічну модель та реалізувати її програмно та апаратно на прикладі відмінювання повних неприсвійних прикметників, поданих у звуковій формі за рахунок введення потенційних словоформ.

Об'єкт дослідження — процес формального опису інтелектуальної діяльності людини на основі моделювання мозкоподібних структур.

Предмет дослідження — моделювання мозкоподібних структур та їх застосування у системах штучного інтелекту.

Методи дослідження: алгебра скінченних предикатів, алгебра предикатних операцій розроблені в рамках наукового напрямку теорії штучного інтелекту проф. Ю. П. Шабанова-Кушнарєнка, проф. М. Ф. Бондарєнка, теорія графів, основні поняття теорії категорій — для побудови методу розшарування скінченного предиката, для розробки морфологічної моделі відмінювання прикметників російської мови та для створення моделі логічного оператора з керованим ядром; математичний апарат логічної алгебри та алгебри Буля — для мінімізації числа станів центрального полюса реляційної мережі.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше запропоновано метод розшарування скінченного предиката, який характеризується переходом до моделі мозкоподібної структури, представленої реляційною мережею, що дозволяє здійснити автоматизовану побудову реляційних мереж.

2. Вперше запропоновано модель логічного оператора з керованим ядром, яка характеризується введенням в обчислення цього оператора множників та дає можливість побудови схеми окремої гілки реляційної мережі для змінних множин.

3. Набув подальшого розвитку метод мінімізації формул алгебри булевих функцій для розв'язання задачі мінімізації числа станів центрального полюса реляційної мережі шляхом введення дужкової форми предиката, що дало можливість досягти істотного скорочення сумарного числа станів полюсів реляційної мережі.

4. Удосконалено звукову морфологічну модель відмінювання повних неприсвійних прикметників, яка на відміну від аналогів виконує обробку потен-

ційних словоформ, враховує побіжність останнього звуку основи та побудована з використанням запропонованих у роботі методів, що дає можливість автоматизованого аналізу граматичної структури тексту в системах штучного інтелекту.

Практичне значення отриманих результатів. Основні теоретичні результати дисертаційної роботи реалізовано у вигляді програмних продуктів та програмно-апаратної інфраструктури, експериментальне дослідження яких підтверджує ефективність запропонованого підходу.

У дисертаційній роботі побудовано модель відмінювання потенційних словоформ на прикладі повних неприсвійних прикметників, яка подана у звуковій формі. Під час розробки математичної і технічної моделей цієї задачі використовувалися запропоновані в роботі методи моделювання мозкоподібних структур. Застосування створеної моделі дозволило провести випробування ефективності даних методів на практиці і довести справу до технічної програмно-апаратної реалізації. Отриманий результат вносить вклад до колективної роботи різних авторів з розробки комплексу морфологічних моделей для граматичного аналізу та синтезу російських текстів за допомогою моделей мозкоподібних структур. Розроблену у роботі звукову морфологічну модель відмінювання потенційних словоформ повних неприсвійних прикметників впроваджено на фірмі Aldec Inc. (USA) (акт впровадження від 11.08.2011 р.).

Дослідження у роботі апарату алгебри двомісних предикатів дало можливість його використання в обчисленні максимального логічного оператора для практичної задачі автоматичного виявлення аномалій металургійного обладнання. Проведена перевірка довела надійність запропонованого підходу в порівнянні з результатами візуального аналізу, що застосовувався раніше. Результати дисертаційної роботи у вигляді програмного продукту, практична значущість якого полягає в експериментальному підтвердженні можливості автоматичного прийняття рішення про наявність аномалій металургійного обладнання, знайшли застосування у ТОВ «Спеціальні наукові розробки» (акт впровадження від 29.08.2011 р.).

Наукові положення та рекомендації, викладені у дисертації, використано в навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки у рамках дисциплін «Біоніка інтелекту» та «Логічний аналіз» для студентів спеціальності «Програмна інженерія» (акт впровадження від 15.09.2011 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі положення дисертаційної роботи, які виносяться на захист, основні результати теоретичних і експериментальних досліджень отримано здобувачем особисто. У роботах, написаних у співавторстві, здобувачу належать такі результати: у роботі [2] наведено математичне визначення поняття «мозкоподібна структура»; у роботі [3] узагальнено метод нульового приладу, за рахунок чого істотно розширена сфера його практичного вживання; у роботі [4] запропоновано метод мінімізації базису елементів алгебри одномісних предикатів; у роботі [5] досліджено метод мінімізації булевих реляційних мереж; у роботі [6] доповнено вчення про лінійні логічні оператори; у роботі [7] розглянуто на прикладі аксіоматичної теорії натурального ряду чисел заміну процесу пошуку доказів істинності тверджень процедурою їх верифікації; у роботі [8] досліджено спосіб переходу від реляційної мережі до логічної асоціативної структури; у роботі

[9] визначено основні ознаки аномалій металургійного обладнання та наведено можливості їх автоматичного виявлення; у роботі [10] введено поняття дужкової форми предиката; у роботі [11] проаналізовано природу суб'єктивних станів; у роботі [12] виявлено причини розробки мозкоподібних структур, запропонованих академіком В.М. Глушковим; у роботі [13] розглянуто категорію предикатів за допомогою предикативної інтерпретації класичного поняття категорії об'єктів; у роботі [17] проведено кодування таблиць ознак слова морфологічної моделі відмінювання прикметників, необхідних для реалізації логічної асоціативної структури; у роботі [21] запропоновано реалізацію мозкоподібних структур з використанням мови скінченних предикатів; у роботі [22] розроблено модель відмінювання потенційних слів і їх потенційних форм повних неприсвійних прикметників, поданих у звуковій формі; у роботі [23] досліджено поняття реляційного програмування та визначено різницю між статичними і динамічними реляційними мережами.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися і були схвалені на 14-му та 15-му Міжнародних молодіжних форумах «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ столітті» (Харків, 2010, 2011 рр.), 1-й і 2-й факультетських науково-практичних молодіжних школах-семінарах «Інформаційні інтелектуальні системи» (Харків, 2008, 2009 рр.), 1-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми й перспективи розвитку ІТ-індустрії в Україні» (Харків, 2009 р.), Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Актуальні проблеми науки та освіти молоді: теорія, практика, сучасні рішення» (Харків, 2010 р.), а також на 17-й та 18-й Міжнародних конференціях з автоматичного управління «Автоматика» (Харків, 2010 р.; Львів, 2011 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи надруковано у 24 наукових працях, зокрема 14 статей у виданнях, згідно з переліком наукових фахових видань України (3 одноосібно), 1 публікація за кордоном та 9 публікацій у матеріалах і тезах доповідей міжнародних наукових конференцій (з них 5 — одноосібно).

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, п'ятьох розділів, висновків, списку використаних джерел і двох додатків. Повний обсяг дисертації складає 158 сторінок; обсяг основного тексту 136 сторінок; 32 рисунки; 15 таблиць; список використаних джерел, що містить 150 найменувань та займає 15 сторінок; два додатки на 6 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, розкрито наукову та практичну цінність отриманих результатів, наведено відомості про публікації, апробацію роботи та особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проаналізовано стан задачі моделювання мозкоподібних структур у галузі штучного інтелекту. Досліджено передумови створення мозкопо-

дібних структур, що працюють за принципами мозку і можливість їх реалізації з використанням мови алгебри скінченних предикатів.

На сьогодні тематика штучного інтелекту охоплює величезний перелік наукових напрямів, у ній систематизуються та автоматизуються інтелектуальні задачі, і тому ця тематика стосується будь-якої сфери інтелектуальної діяльності людини. У другій половині минулого століття академік В. М. Глушков виявив напрям створення мозкоподібних структур та розвивав його протягом усього свого життя як головний напрям розвитку майбутньої обчислювальної техніки. Окреме значення у створенні мозкоподібних структур має задача детального вивчення механізмів вищої нервової діяльності людини, зокрема процесів утворення понять і їх зв'язку з мовою.

Мозок людини та цифровий комп'ютер виконують зовсім інші задачі та мають різні властивості. До того ж мозок налічує у 1000 разів більше нейронів, ніж містить логічних елементів процесор комп'ютера. Але завдяки стрімкому розвитку обчислювальної техніки та згідно з законом Мура незабаром кількість логічних елементів комп'ютера можна буде порівняти з кількістю нейронів мозку людини. Відмінність у відношенні кількості елементів є незначною порівняно зі швидкістю перемикання та мірою паралельної дії. Вирішальні елементи комп'ютера можуть виконувати окрему команду менш ніж за наносекунду, тоді як нейрони діють у мільйон раз повільніше, але в той же час всі нейрони та синапси мозку діють одночасно, на відміну від більшості комп'ютерів, що мають один або декілька процесорів. Сьогодні, вже є можливість створення обчислювальних структур з продуктивністю, що порівнюється з продуктивністю мозку людини. Завдяки здешевленню, мініатюризації і підвищенню швидкодії засобів обчислювальної техніки, радіоелектроніка створила достатню матеріальну базу для практичної реалізації мозкоподібних структур.

Більш глибоке занурення у закономірності роботи мозку має велике практичне значення. Мова йде саме про мозкоподібні структури, такі як зорові структури або структури мовного аналізу, а не про точне копіювання мозку, в якому ефективно розпаралелюються далеко не всі операції. Виконаний у дисертаційній роботі аналіз вже наявних досягнень в області моделювання мозкоподібних структур показав, що багато актуальних задач у цій галузі ще чекають свого рішення.

У зв'язку з обробкою великої кількості недостатньо формалізованої та слабо структурованої інформації, зокрема, природної мови, важливою для розв'язання задачею є розробка моделей та методів обробки цієї інформації з використанням математичного апарата логічної алгебри та алгебри скінченних предикатів. Цей спосіб формульного запису і обробки відношень виходить за рамки класичного визначення поняття алгебри, тому існуюча алгебра предикатів у роботі додатково досліджена і розширена до алгебраїчної системи предикатів.

У результаті проведеного аналізу сформульовано основні задачі дисертаційних досліджень.

У **другому розділі** розроблено метод розшарування скінченного предиката, основним практичним застосуванням якого є аналіз природно-мовних конструкцій, для формального опису яких використовуються алгебри одномісних та двомісних предикатів, також проведено мінімізацію базису елементів алгебри одномісних

предикатів, наведено алгебру двомісних предикатів на прикладі обчислення лінійних логічних операторів та побудовано модель логічного оператора з керованим ядром.

Під час розробки методу розшарування скінченного предиката, встановлено, що довільний предикат $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ за допомогою процедури його розшарування можна перетворити у запропоновану в роботі стандартну форму і перейти від неї до мережі спеціального вигляду. Така мережа формально визначається як реляційна мережа і призначена для розв'язання рівняння $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1$. Кожний скінченний процес в обчислювальній техніці можна описати довільним предикатом $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ і зобразити таблицею, тому вихідними даними методу буде саме така інтерпретація. Метод розшарування подано у вигляді алгоритму з наступною послідовністю кроків.

Крок 1. Вводимо предикати еквівалентності $E_i(x_i, \dot{x}_i)$ при $(i = \overline{1, m})$, які характеризуються як класифікатори предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$. Обчислення проводимо для будь-якого скінченного числа змінних x_m за формулою:

$$E_i(x_i, \dot{x}_i) = \forall x_1 \in A_1 \forall x_2 \in A_2 \dots \forall x_{i-1} \in A_{i-1} \forall x_{i+1} \in A_{i+1} \dots \quad (1)$$

$$\dots \forall x_m \in A_m (P(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_m) \sim P(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, \dot{x}_i, x_{i+1}, \dots, x_m)).$$

Крок 2. Для заданого предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ отримуємо класифікатори у неявному $F_i(x_i, y_i)$ та явному $f_i(x_i) = y_i$ ($i = \overline{1, m}$) виглядах.

Крок 3. Будуємо класифікуючий шар перемикаючого ланцюга для предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$.

Крок 4. Знаходимо предикат $Q(y_1, y_2, \dots, y_m)$, що асоціює шари перемикаючого ланцюга предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ з використанням формули:

$$Q(y_1, y_2, \dots, y_m) = \exists x_1 \in A_1 \exists x_2 \in A_2 \dots \quad (2)$$

$$\dots \exists x_m \in A_m (P(x_1, x_2, \dots, x_m) \wedge F_1(x_1, y_1) \wedge F_2(x_2, y_2) \wedge \dots \wedge F_m(x_m, y_m)).$$

Крок 5. Здійснюємо бінаризацію предиката $Q(y_1, y_2, \dots, y_m)$ за допомогою рівняння:

$$Q(y_1, y_2, \dots, y_m) = \exists z \in C (G_1(y_1, z) \wedge G_2(y_2, z) \wedge \dots \wedge G_m(y_m, z)), \quad (3)$$

де $G_i(y_i, z) = \exists y_1 \in B_1 \exists \dots y_{i-1} \in B_{i-1} \exists y_{i+1} \in B_{i+1} \dots \exists y_m \in B_m R(y_1, y_2, \dots, y_m, z)$,

$R(y_1, y_2, y_3, z)$ — предикат, який отримуємо з предиката $Q(y_1, y_2, \dots, y_m)$ нумерацією його конститuent одиниці.

Крок 6. Будуємо асоціюючий шар перемикаючого ланцюга для предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = t$.

Крок 7. Задаємо $t=1$ та перетворюємо схему предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ у реляційну мережу, що реалізує відношення P .

Крок 8. Зображуємо реляційну мережу у вигляді багатополосника.

Наприклад, для предиката $P(x_1, x_2, x_3) = t$ досконала диз'юнктивна нормальна форма визначається таким співвідношенням:

$$P(x_1, x_2, x_3) = x_1^0 x_2^0 x_3^0 \vee x_1^0 x_2^0 x_3^1 \vee x_1^0 x_2^1 x_3^0 \vee x_1^0 x_2^1 x_3^1 \vee x_1^0 x_2^2 x_3^0 \vee x_1^1 x_2^0 x_3^0 \vee x_1^1 x_2^0 x_3^1 \vee x_1^1 x_2^1 x_3^0 \vee x_1^1 x_2^1 x_3^1 \vee x_1^1 x_2^2 x_3^0 \vee x_1^2 x_2^0 x_3^0 \vee x_1^2 x_2^1 x_3^0 \vee x_1^3 x_2^0 x_3^0 \vee x_1^3 x_2^1 x_3^0,$$

тоді реляційна мережа цього предиката, що отримана шляхом виконання кроків 1–8 та реалізацією формул (1) – (3), наведена на рис. 1.

Розв'язуючи буквені рівняння алгебри предикатів, реляційна логічна мережа здатна здійснювати семантичну обробку текстів природної мови, отримуючи будь-які необхідні знання з уже наявних у ній знань. По гілках реляційної мережі відбувається двостороннє перетворення інформації за допомогою лінійних логічних операторів.

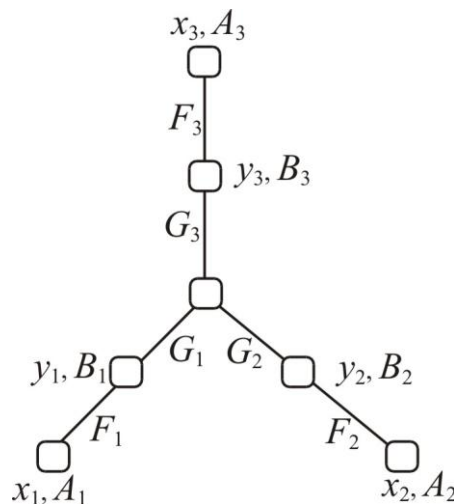


Рисунок 1 — Реляційна мережа предиката $P(x_1, x_2, x_3) = t$

З метою формування математичного визначення дії, що виконується у гілках реляційної мережі, у дисертаційній роботі розроблено модель логічного оператора з керованим ядром, яка характеризується введенням в обчислення максимального та мінімального логічних операторів множників $\xi_{a_i}, \eta_{a,b_j}, \zeta_{\max b_j}, \zeta_{\min b_j}, (i = \overline{1, k}, j = \overline{1, l})$. Завдяки одержаній моделі з'явилася можливість виконувати обчислення логічних операторів для змінюваних множин.

Формули обчислення операторів з постійним ядром $K(x, y)$ мають вигляд:

$$\begin{aligned} Q_{\max}(y) &= \exists x \in A(P(x) \cdot K(x, y)), \\ Q_{\min}(y) &= \forall x \in A(P(x) \supset K(x, y)). \end{aligned} \quad (4)$$

Здійснюємо перетворення формул (4), задавши множини $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$, $x \in A$, $B = \{b_1, b_2, \dots, b_l\}$, $y \in B$, $M = \{1, 2, \dots, k\}$, $i \in M$ та $N = \{1, 2, \dots, l\}$, $j \in N$. При цьому вихідну множину $P(x)$, ядро оператора $K(x, y)$ та кінцеві множини $Q_{\max}(y)$ і $Q_{\min}(y)$ можна записати кванторними виразами таким чином:

$$\begin{aligned} P(x) &= \exists i \in M(P(a_i)x^{a_i}), \\ K(x, y) &= \exists i \in M \exists j \in N(x^{a_i} y^{b_j} K(a_i, b_j)), \\ Q_{\max}(y) &= \exists j \in N(Q_{\max}(b_j)y^{b_j}), \quad Q_{\min}(y) = \exists j \in N(Q_{\min}(b_j)y^{b_j}). \end{aligned} \quad (5)$$

Замінюємо у виразах (4) відповідні множини формулами (5) і отримуємо рівняння для обчислення максимального та мінімального логічних операторів:

$$\begin{aligned} Q_{\max}(y) &= \exists j \in N(Q_{\max}(b_j)y^{b_j}) = \exists i \in M(P(a_i)x^{a_i})(x^{a_i} K(a_i, y)), \\ Q_{\min}(y) &= \exists j \in N(Q_{\min}(b_j)y^{b_j}) = \forall i \in M(P(a_i)x^{a_i} \supset (x^{a_i} K(a_i, y))), \quad a_i \in A. \end{aligned} \quad (6)$$

Вводимо у визначення множин (5) коефіцієнти ξ_{a_i} , $\eta_{a_i b_j}$, $\zeta_{\max b_j}$, $\zeta_{\min b_j}$, ($i = \overline{1, k}$, $j = \overline{1, l}$), завдяки чому маємо:

$$\begin{aligned} P(x) &= \exists i \in M(\xi_{a_i} x^{a_i}), \\ K(x, y) &= \exists i \in M \exists j \in N(\eta_{a_i b_j} x^{a_i} y^{b_j}), \\ Q_{\max}(y) &= \exists j \in N(\zeta_{\max b_j} y^{b_j}), \quad Q_{\min}(y) = \exists j \in N(\zeta_{\min b_j} y^{b_j}). \end{aligned} \quad (7)$$

Наведені рівняння (6) та (7) дають можливість остаточно записати вирази для формул (4), а саме:

$$\begin{aligned} Q_{\max}(y) &= \exists j \in N(\zeta_{\max b_j} y^{b_j}) = \exists i \in M(\xi_{a_i} x^{a_i} (\exists j \in N \eta_{a_i b_j} x^{a_i} y^{b_j})), \\ Q_{\min}(y) &= \exists j \in N(\zeta_{\min b_j} y^{b_j}) = \forall i \in M(\xi_{a_i} x^{a_i} \supset (\exists j \in N \eta_{a_i b_j} x^{a_i} y^{b_j})), \end{aligned} \quad (8)$$

де ξ_{a_i} , $\eta_{a_i b_j}$, $\zeta_{b_j} \in \{0, 1\}$.

Схеми максимального $Q_{\max}(y)$ та мінімального $Q_{\min}(y)$ логічних операторів відповідно до формул (8) зображено на рис. 2.

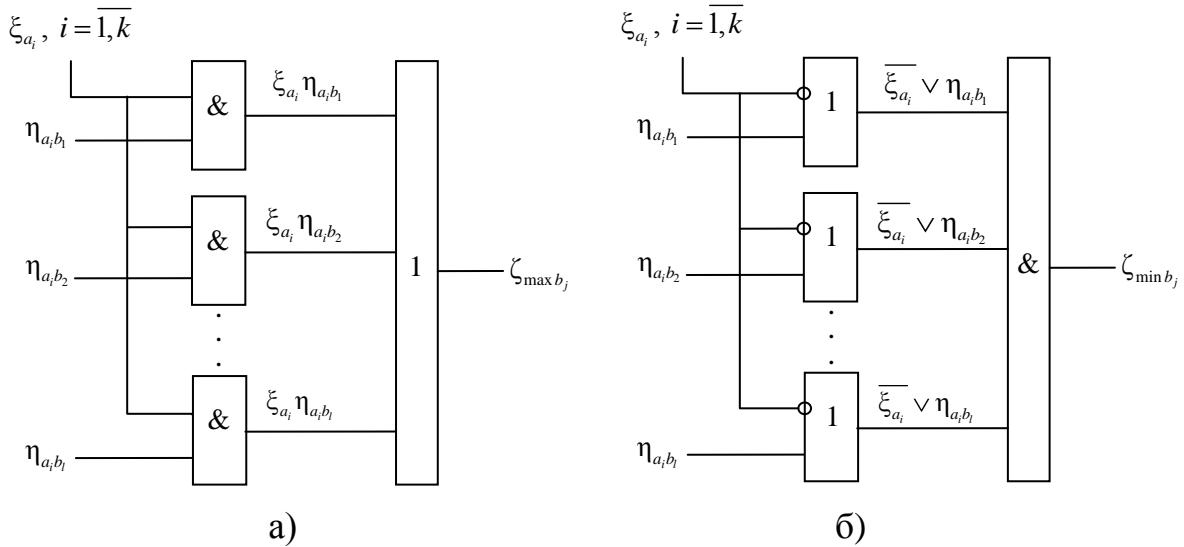


Рисунок 2 — Схеми реалізації логічних операторів:
 а) — максимального $Q_{\max}(y)$; б) — мінімального $Q_{\min}(y)$

У третьому розділі досліджено методи математичного моделювання мозкоподібних структур, а саме метод нульового приладу та логічної ідентифікації. Проте ці методи мають порівняно вузькі сфери практичного застосування у галузі штучного інтелекту, оскільки жоден з них не є універсальним. Отже важливою і актуальною є задача узагальнення згаданих методів для моделювання мозкоподібних структур. Значущими також є відомості про логічну ідентифікацію, що необхідна у процесі формування початкових даних для паралельного програмування мозкоподібних структур. На прикладі верифікації аксіоми математичної індукції теорії натурального ряду чисел у роботі розглянуто можливість заміни складного процесу пошуку доказів істинності тверджень, що слабо піддається автоматизації, механічною процедурою їх верифікації відносно моделі теорії. Це відкриває додаткові можливості для істотного посилення методу логічної ідентифікації і розширення сфери його застосування у системах штучного інтелекту.

Наведемо стислий опис процедури верифікації безпосереднім обчисленням значення її кванторного виразу, що має вигляд:

$$F(N, Q) = \forall M \subseteq N (M(1) \wedge \forall x, y \in N (M(x) \wedge Q(x, y) \supset M(y)) \supset \forall x \in N M(x)). \quad (9)$$

Відносно моделі $N = \{2\}$, $Q = \{2, 2\}$ аксіома математичної індукції матиме вигляд:

$$\begin{aligned} F(\{2\}, \{2, 2\}) &= \forall M \subseteq \{2\} (M(1) \wedge \forall x, y \in \{2\} (M(x) \wedge x^2 y^2 \supset M(y)) \supset \\ &\supset \forall x \in \{2\} M(x)) = \forall M \subseteq \{2\} (M(1) \wedge M(2) : 2^2 2^2 \supset M(2)) \supset M(2)) = \\ &= \forall M \subseteq \{2\} (M(1) \wedge M(2) \supset M(2)) \supset M(2)) = \forall M \subseteq \{2\} (M(1) \supset M(2)). \end{aligned}$$

Продовжуючи перетворення, необхідно у виразі $M \subseteq \{2\}$ замінити знак \subseteq на \in , тобто $M \subseteq \{2\} \Leftrightarrow M \in \{\emptyset, \{2\}\}$. З урахуванням умов $M_1 = \emptyset$, $M_2 = \{2\}$, а саме $M \in \{M_1, M_2\}$ та $M_1(x) = 0$, $M_2(x) = x^2$, маємо:

$$\begin{aligned} \forall M \subseteq \{2\} (M(1) \supset M(2)) &= \forall M \in \{M_1, M_2\} (M_1(1) \supset \\ \supset M_2(2)) &= (M_1(1) \supset M_1(2))(M_2(1) \supset M_2(2)) = (0 \supset 0)(1^2 \supset 2^2) = 1 \cdot (0 \supset 1) = 1. \end{aligned}$$

Таким чином, формальне обчислення аксіоми математичної індукції (9) доводить, що вона виконується відносно моделі $N = \{2\}$, $Q = \{2, 2\}$.

У **четвертому розділі** досліджено можливість застосування методу мінімізації булевих функцій безпосередньо для мінімізації довільних реляційних мереж. З цією метою наведено алгебру логіки і алгебру Буля, що використані у методі мінімізації. Розроблено метод мінімізації числа станів центрального полюса реляційної мережі засобами мінімізації формул алгебри булевих функцій. Продовжено аналіз довільних реляційних мереж, а саме їх ефективна технічна реалізація з використанням комутативних діаграм, отриманих шляхом предикативної інтерпретації поняття категорії.

Доведено, що викласти теорію булевих реляційних мереж мовою алгебри булевих функцій неможливо, оскільки в такій мережі необхідні полюси не тільки з логічними, але і з буквеними змінними. У цьому випадку використано мову алгебри предикатів і переведено формули алгебри булевих функцій та метод мінімізації на мову алгебри скінченних предикатів. Спосіб такого перетворення полягає у наступному: логічним змінним ставляться у взаємно однозначну відповідність предметні (тобто буквені) змінні x_1, x_2, \dots, x_m , що приймають буквені значення 0 або 1. Кожна формула алгебри булевих функцій переводиться у відповідну їй форму алгебри предикатів: логічна змінна перетворюється у предикат впізнавання букви x_i^1 , її заперечення $\overline{x_i}$ — у предикат x_i^0 або предикат $\overline{x_i^1}$, знаки \vee , \wedge і \neg алгебри булевих функцій замінюються на такі ж за позначенням булеві операції алгебри предикатів.

Під час використання мови алгебри предикатів для мінімізації формул алгебри булевих функцій необхідно спочатку відшукати всі прості імпліканти заданого скінченного предиката і скласти з них скорочену диз'юнктивну нормальну форму. Далі слід знайти всі тупикові диз'юнктивні нормальні форми і з їх числа обрати мінімальну диз'юнктивну нормальну форму предиката.

Оскільки для довільних реляційних мереж не можна застосувати поняття простої імпліканти, у роботі його замінено більш складним поняттям дужкової форми. У разі ж булевих реляційних мереж перехід від простої імпліканти до дужкової форми здійснюється звичайним введенням відсутніх предметних змінних. Таким чином, усі розв'язки рівняння $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1$ можна записати у скороченому вигляді із застосуванням операції угруповання предикатів впізнавання предмета, тобто:

$$\Phi x_i^{\sigma_i} \vee \Phi x_i^{\sigma_2} \vee \dots \vee \Phi x_i^{\sigma_r} = \Phi(x_i^{\sigma_i} \vee x_i^{\sigma_2} \vee \dots \vee x_i^{\sigma_r}), \quad i = \overline{1, m}, \quad (10)$$

де Φ — загальний множник всіх диз'юнктивних членів, які знаходяться в лівій частині виразу (10);

r — індекс, що позначає число всіх диз'юнктивних членів з множником Φ у формулі предиката $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$.

Наприклад, предикат $P(x_1, x_2, x_3)$ задано досконалою диз'юнктивною нормальною формою:

$$P(x_1, x_2, x_3) = x_1^a x_2^a x_3^b \vee x_1^a x_2^a x_3^c \vee x_1^a x_2^b x_3^b \vee x_1^b x_2^a x_3^b \vee x_1^b x_2^a x_3^c \vee x_1^b x_2^b x_3^a \vee \\ \vee x_1^b x_2^b x_3^b \vee x_1^c x_2^b x_3^b \vee x_1^c x_2^c x_3^c.$$

Виконуючи обчислення відповідно до формули (10) предикат $P(x_1, x_2, x_3)$ матиме скорочений запис, у якому замість дев'яти диз'юнктивних членів використано п'ять:

$$P(x_1, x_2, x_3) = (x_1^a \vee x_1^b) x_2^a (x_3^b \vee x_3^c) \vee (x_1^a \vee x_1^b \vee x_1^c) x_2^b x_3^b \vee (x_1^a \vee x_1^b) (x_2^a \vee x_2^b) x_3^b \vee \\ \vee x_1^b x_2^b (x_3^a \vee x_3^b) \vee x_1^c x_2^c x_3^c.$$

У четвертому розділі дисертації було також порівняно поняття класичної та модифікованої категорій за рахунок їх предикативної інтерпретації. Встановлено, що комутативні діаграми отриманого таким чином нового варіанта категорії предикатів можна використовувати як прийнятну формальну мову для математичного опису робочих логічних схем технічних реляційних мереж зі всіма їх необхідними деталями.

У **п'ятому розділі** розроблені в дисертації методи математичного і технічного моделювання мозкоподібних структур застосовано для вирішення конкретних практичних задач у галузі штучного інтелекту, а саме це побудова звукової морфологічної моделі відмінювання прикметників російської мови та використання алгебри двомісних предикатів для вирішення задачі аналізу аномалій металургійного обладнання.

На сьогодні на інтуїтивній основі побудовано багато математичних моделей різних аспектів морфології російської мови. У дисертаційній роботі розроблено морфологічну модель на прикладі відмінювання повних неприсвійних прикметників, поданих у звуковій формі, за рахунок введення потенційних словоформ. Йдеться про здатності людини відмінювати не лише слова, що використовуються у мові, але й потенційні псевдослова (словотворення та буквосполучення).

Предикат цієї моделі має такий вигляд:

$$P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, s, y_1, y_2, y_3, z_n, z_n) = \\ = P_1(x_1, r) \wedge P_2(x_2, r) \wedge P_3(x_3, r) \wedge P_4(x_4, r) \wedge P_5(x_5, r) \wedge P_6(y_1, s) \wedge \quad (11) \\ \wedge P_7(y_2, s) \wedge P_8(y_3, s) \wedge P_9(s, z_n) \wedge P_{10}(r, z_n) \wedge P_{11}(s, z_n),$$

де $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, s, y_1, y_2, y_3, z_l, z_n$ — введені для формального опису предметні змінні.

Предикату моделі (11) відповідає відношення моделі, яке можна наочно подати у вигляді логічної реляційної мережі (рис. 3). Така модель має одинадцять рівнянь, кожне з яких пов'язує дві змінні. Оперуючи з формулами можна розв'язати будь-яку систему рівнянь алгебри предикатів, що характеризує модель. На відміну від праць попередників, при побудові математичної моделі даної задачі використовувалися запропоновані в дисертації методи моделювання мозкоподібних структур, що дозволило провести випробування ефективності цих методів на практиці.

Технічна апаратна реалізація моделі (11) проведена з використанням пам'яті з асоціативним доступом, що є видом машинної пам'яті та працює в додатках швидкого пошуку. Для її реалізації у роботі були складені таблиці, відповідно до трьох груп, в які можна об'єднати полюси реляційної логічної мережі. А саме полюси з предметними змінними, значення яких характеризують:

- контекст, що оточує слово;
- відмінюване слово;
- результат відмінювання слова, тобто словоформу, що відповідає даному контексту та слову.

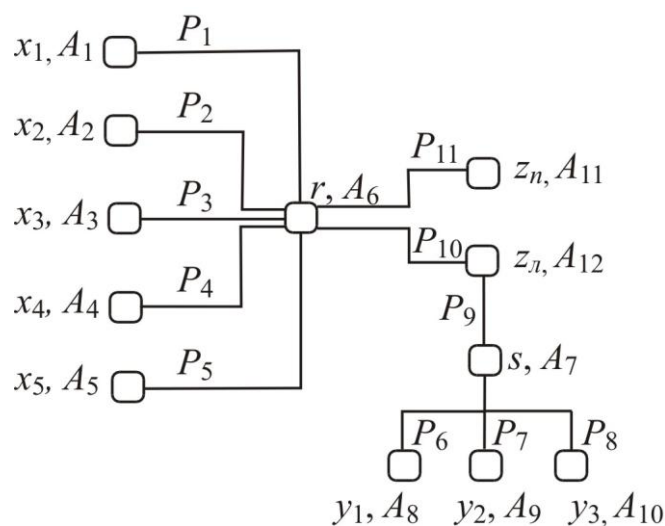


Рисунок 3 — Реляційна мережа звукової морфологічної моделі предиката $P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, s, y_1, y_2, y_3, z_l, z_n)$

Для технічної реалізації було додатково побудовано таблицю основ прикметників, що обробляються. На рис. 4 зображено схему пам'яті з асоціативним доступом, яка об'єднує у своєму процесорі вершини P_1, P_2, P_3, P_4 відповідно до складених таблиць. При автоматичному вирішенні задач синтезу, аналізу і нормалізації словоформи, що виконує реляційна мережа, кожній вершині логічної асоціативної структури задається окремий вихідний вплив, який під час пошуку інформації одночасно порівнюється з усіма полями ознак в осередках пам'яті.

Перед виконанням пошуку були закодовані ознаки всіх предметних змінних реляційної мережі для моделі (11) та їх можливі поєднання. Так, для кодування всіх ознак предметних змінних $x_1, x_3, x_4, x_5, s, y_1$ у роботі використано позиційний код, а у разі кодування усіх ознак предметних змінних $x_2, r, y_2, y_3, z_n, z_n$ — комбінований код.

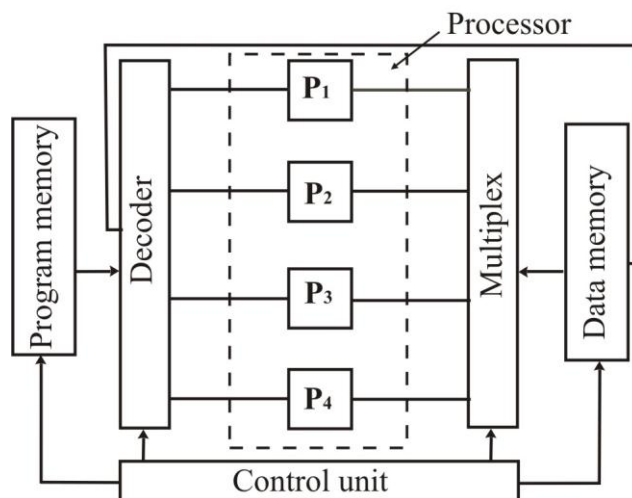


Рисунок 4 — Технічна схема пам'яті з асоціативним доступом

Другою практичною задачею, розглянутою у п'ятому розділі, є задача визначення аномалій металургійного обладнання на основі даних магнітного моніторингу. На сьогодні прийняття рішень щодо вигляду магнітограм здійснюється шляхом експертного оцінювання. Під час реалізації задач масового магнітного моніторингу устаткування актуальними є технології, в основі яких лежить автоматичний аналіз локальних особливостей магнітограм. Вирішення поставленої задачі засновано на застосуванні апарату алгебри двомісних предикатів, зокрема обчисленні максимального логічного оператора. Вихідними даними для аналізу послужили магнітограми, отримані шляхом вимірювання спеціальними засобами такої характеристики металу як коерцитивна сила. Застосування результатів дисертації дало можливість підвищити показник ймовірності виявлення аномалій при вихідному контролі для прокатних валків металургійного стану.

При формальному описі процесу визначення аномальності обладнання слід ввести необхідні предметні змінні $x_1 \in \{1, \dots, n\}$ — кількість рядків магнітограми, $x_2 \in \{1, \dots, m\}$ — кількість стовпців магнітограми, u — значення коерцитивної сили. Встановлення аномальності металургійного обладнання можна виконати за допомогою такої послідовності кроків:

Крок 1. Визначаємо необхідні вихідні дані: таблицю значень коерцитивної сили u , діапазони значень кількості рядків і стовпців $x_1 \in \{1, \dots, n\}$, $x_2 \in \{1, \dots, m\}$.

Крок 2. Знаходимо співвідношення, що зв'язує змінні x_1 та x_2 зі значеннями вимірів коерцитивної сили u .

Крок 3. Проводимо бінаризацію отриманого відношення та знаходимо предикати $P_1(x_1, u)$ і $P_2(x_2, u)$.

Крок 4. Будуємо предикат моделі $P_M(x_1, x_2, u) = P_1(x_1, u) \wedge P_2(x_2, u)$, утворюючи кон'юнкцію предикатів $P_1(x_1, u)$ і $P_2(x_2, u)$.

Крок 5. Виконуємо обчислення максимального логічного оператора для моделі $P_M(x_1, x_2, u)$ за формулою (4) та знаходимо $Q_{\max}(x_1)$, $Q_{\max}(x_2)$, попередньо задавши множину $P(u)$. Це значення знаходиться за умови, що відхилення коерцитивної сили не має перевищувати 0,5 А/см.

Крок 6. Утворюємо кон'юнкцію змінних, отриманих на першому такті, тобто $Q = Q_{\max}(x_1) \wedge Q_{\max}(x_2)$.

Крок 7. Знаходимо аномальну область магнітограми, якій відповідає заперечення предиката \bar{Q} .

Описаний вище спосіб виявлення аномалій металургійного обладнання також у ряді випадків дає можливість визначення недоліків окремих фрагментів магнітограм, що надає можливість визначити причину їх появи.

У **додатках** наведено дводольні графи для морфологічної моделі відмінювання (11) та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено результати, які відповідно до мети дослідження, у сукупності є вирішенням актуальної наукової задачі підвищення ефективності обробки інформації в системах штучного інтелекту за рахунок розробки методів та моделей мозкоподібних структур аналізу інтелектуальної діяльності людини з використанням апарату алгебри скінченних предикатів. У процесі досліджень отримано такі основні результати:

1. Проведено аналіз стану моделювання мозкоподібних структур у галузі штучного інтелекту. Проаналізовано основні результати та виявлено невирішені задачі. Досліджено існуючі методи моделювання мозкоподібних структур, зокрема моделювання структур природної мови з використанням логічної алгебри та алгебри скінченних предикатів.

2. Розроблено новий метод розшарування скінченного предиката, який здійснює перехід до моделі мозкоподібної структури, зображеної реляційною мережею. Це дозволяє автоматизувати процес побудови моделі у вигляді реляційної мережі для задач з різними вихідними даними, як логічними так і числовими.

3. Запропоновано нову модель логічного оператора з керованим ядром, яка характеризується введенням в обчислення цього оператора множників, що дає можливість побудови схеми окремої гілки реляційної мережі для змінних множин. Розроблена модель здійснює керування вихідними даними у загальній формулі змінюваної множини.

4. Набув подальшого розвитку метод мінімізації формул алгебри булевих функцій, який у роботі застосовано для вирішення задачі мінімізації числа станів центрального полюса реляційної мережі. Цей метод характеризується введенням замість конститuent одиниці дужкової форми предиката, завдяки якій у ряді випадків досягається істотне скорочення сумарного числа станів полюсів реляційної мережі.

5. Удосконалено звукову морфологічну модель відмінювання повних неприсвійних прикметників, яка характеризується введенням потенційних словоформ, що не були враховані раніше, та дослідженням побіжності останнього звуку основи. Отримана математична модель виконує автоматизований аналіз граматичної структури тексту в системах обробки природно-мовної інформації засобами штучного інтелекту.

6. Результати дисертаційної роботи використано на фірмі Aldec Inc. (USA) під час побудови технічної звукової моделі відмінювання потенційних словоформ повних неприсвійних прикметників російської мови з використанням пам'яті з асоціативним доступом. Наведені результати знайшли застосування у ТОВ «Спеціальні наукові розробки» під час проведення робіт з аналізу магнітограм металургійного обладнання за такою відомою магнітною характеристикою метала як коерцитивна сила. Результати дисертації використано у навчальному процесі кафедри програмного забезпечення ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки в рамках дисциплін «Біоніка інтелекту» та «Логічний аналіз» для студентів напрямку «Програмна інженерія».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Русакова Н. Е. Модели устной речи / Н. Е. Русакова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — №1(72). — С. 94–97.
2. Бондаренко М. Ф. О мозгоподобных структурах / М. Ф. Бондаренко, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 2. — С. 68–73.
3. Бондаренко М. Ф. О методе нулевого прибора / М. Ф. Бондаренко, Н. П. Кругликова, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 2. — С. 111–115.
4. Бондаренко М. Ф. Об алгебре одноместных предикатов / М. Ф. Бондаренко, Н. П. Кругликова, И. А. Лещинская, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 2. — С. 62–67.
5. Бондаренко М. Ф. Об алгебре предикатов / М. Ф. Бондаренко, И. А. Лещинская, Н. П. Кругликова, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 3. — С. 3–7.
6. Бондаренко М. Ф. О реляционных сетях / М. Ф. Бондаренко, И. А. Лещинская, Н. П. Кругликова, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 3. — С. 8–13.
7. Бондаренко М. Ф. О логической идентификации объектов / М. Ф. Бондаренко, Н. П. Кругликова, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 3. — С. 8–12.
8. Бондаренко М. Ф. Инфраструктура анализа логических ассоциативных отношений / М. Ф. Бондаренко, И. А. Лещинская, Н. Е. Русакова, В. И. Хаханов // Радіоелектроніка і інформатика : наук.-техн. журнал. — 2010. — № 1(48). — С. 38–49.

9. Крутикова Л. А. Исследование методов анализа магнитограмм для оценки состояния металлургического оборудования / Л. А. Крутикова, В. А. Гороховатский, Н. Е. Русакова // МEGATECH : российский научн.-техн. журнал. — 2010. — № 5. — С. 28–31.

10. Бондаренко М. Ф. О булевых реляционных сетях / М. Ф. Бондаренко, И. В. Каменева, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко, И. Ю. Шубин // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2011. — № 1. — С. 3–7.

11. Бондаренко М. Ф. Проблемы моделирования субъективных состояний / М. Ф. Бондаренко, Н. П. Кругликова, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2011. — № 2. — С. 24–32.

12. Бондаренко М. Ф. О мозгоподобных структурах академика Виктора Михайловича Глушкова / М. Ф. Бондаренко, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2011. — № 2. — С. 3–9.

13. Бондаренко М. Ф. О предикатной категории / М. Ф. Бондаренко, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2011. — №2. — С. 10–23.

14. Русакова Н. Е. О методе расслоения конечного предиката / Н. Е. Русакова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2011. — №3 (77). — С. 50–53.

15. Русакова Н. Е. Модель логического оператора с управляемым ядром / Н. Е. Русакова // АСУ та прилади автоматики: зб. наук. пр. — Х. : ХНУРЕ. — 2011. — №156. — С.64–70.

16. Долбня Н. Е. (Русакова Н. Е.) Развитие мозгоподобных ЭВМ с использованием логических сетей / Н. Е. Долбня // Інформаційні інтелектуальні системи-2008 : 2-а факультетська науково-практична молодіжна школа-семінар студентів, аспірантів і молодих науковців, 2–4 грудня 2008 р. : тези доп. — Харків : ХНУРЕ, 2008. — С. 162–165.

17. Лещинська І. О. Аппаратная реализация модели реляционной сети памятью с ассоциативным доступом / І. О. Лещинська, Н. Є. Русакова // Інформаційні інтелектуальні системи-2009 : 2-а факультетська науково-практична молодіжна школа-семінар студентів, аспірантів і молодих науковців, 8–9 грудня 2009 р. : тези доп. — Харків : ХНУРЕ, 2009. — 284 с. — С. 182–187.

18. Русакова Н. Е. Методы реляционного программирования / Н. Е. Русакова // Проблеми й перспективи розвитку ІТ-індустрії : Міжнародна науково-практична конференція, 18–19 листопада : тези доп. — Харків : ХНЕУ, 2009. — С. 250–252.

19. Русакова Н. Е. О вертикальной декомпозиции предикатов / Н.Е. Русакова // Радіоелектроніка та молодь в ХХІ столітті : 14-й Міжнародний молодіжний форум : зб. матеріалів форуму. Ч.2. : тези доп. — Харків : ХНУРЕ, 2010. — 495 с. — С. 41.

20. Русакова Н. Е. Об общем виде предиката / Н. Е. Русакова // Актуальні проблеми науки та освіти молоді: теорія, практика, сучасні рішення—2010: (Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів) [Електронний ресурс] : ред. В.С. Пономаренко, О.І. Пушкар. — Х.: вид. ХНЕУ, 2010. — 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) : кольор.; 12 см. — Систем. вимоги: Pentium; 32 Mb RAM ; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP; Adobe Acrobat Reader.

21. Бондаренко М. Ф. О мозгоподобных структурах / М. Ф. Бондаренко, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Автоматика-2010 : 17-та Міжнародна конференція з автоматичного управління : тези доп. — Харків : ХНУРЕ, 2010. — Т. 2. — 306 с. — С. 94–95.

22. Бондаренко М. Ф. Построение математической модели склонения устных, потенциальных, полных непротивительных имен прилагательных / М. Ф. Бондаренко, Н. Е. Русакова // Автоматика-2010 : 17-та Міжнародна конференція з автоматичного управління : тези доп. — Харків : ХНУРЕ, 2010. — Т. 2. — 306 с. — С. 92–93.

23. Бондаренко М. Ф. Методы логического анализа и синтеза мозгоподобных структур / М. Ф. Бондаренко, Н. Е. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко // Автоматика-2011 : 8-та Міжнародна конференція з автоматичного управління : тези доп. — Львів, 2011. — 430 с. — С. 341.

24. Русакова Н. Е. О предикате дифункциональности / Н. Е. Русакова // Радіоелектроніка та молодь в ХХІ столітті : 15-й ювілейний Міжнародний молодіжний форум : зб. матеріалів форуму: тези доп. — Харків : ХНУРЕ, 2011. — С. 27–28.

АНОТАЦІЯ

Русакова Н.Є. Моделювання мозкоподібних структур та їх застосування в штучному інтелекті. — На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.23 — системи та засоби штучного інтелекту. — Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2012.

Дисертацію присвячено моделюванню мозкоподібних структур у системах штучного інтелекту із застосуванням методів, що дають можливість побудови реляційних мереж будь-якої математичної моделі, та які можна використовувати для математичного опису робочих логічних схем технічних реляційних мереж.

У роботі вперше запропоновано і досліджено модель логічного оператора з керованим ядром, яка характеризується введенням в його обчислення множників для множин, що змінюються, та удосконалено звукову морфологічну модель відмінювання повних неприсвійних прикметників за допомогою введення потенційних словоформ та з урахуванням побіжності останнього звуку основи. Модель виконує автоматизований аналіз граматичної структури тексту. Для створення даних моделей в роботі розроблено метод розшарування скінченного предиката, який характеризується переходом від скінченного предиката до реляційної мережі та застосовано метод мінімізації формул алгебри булевих функцій для мінімізації числа станів центрального полюса досконалої реляційної мережі, що істотно скорочує сумарне число станів полюсів реляційної мережі.

Ключові слова: мозкоподібні структури, моделювання, алгебра предикатів, розшарування предиката, логічний оператор, реляційна мережа, мінімізація.

АННОТАЦИЯ

Русакова Н.Е. Моделирование мозгоподобных структур и их применение в искусственном интеллекте. — На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.23 — системы и средства искусственного интеллекта.— Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2012.

Диссертация посвящена повышению эффективности обработки информации в системах искусственного интеллекта за счет разработки методов и моделей мозгоподобных структур анализа интеллектуальной деятельности человека с использованием аппарата алгебры конечных предикатов. Исследованы предпосылки создания мозгоподобных структур, работающих по принципам мозга, и их реализация на языке алгебры конечных предикатов. Изложена возможность использования понятия алгебраической системы предикатов вместо понятия алгебры конечных предикатов, поскольку этот способ формульной записи и обработки отношений выходит за рамки классического определения понятия алгебры.

В работе разработан метод расслоения конечного предиката, который осуществляет переход к модели мозгоподобной структуры, представленной реляционной сетью. Метод позволяет перейти к автоматизированному построению реляционной сети. Основным практическим применением метода расслоения является анализ естественно-языковых конструкций, для формального описания которых используются исследованные в работе алгебры одноместных и двуместных предикатов. Разработана модель логического оператора с управляемым ядром посредством введения множителей в расчет этого оператора. Практическая значимость разработанной модели состоит в построении схемы отдельной ветви реляционной сети, что упрощает ее техническую реализацию. Также в работе усовершенствована звуковая морфологическая модель склонения полных непряжательных прилагательных русского языка за счет введения потенциальных словоформ и учета беглости последнего звука основы. Данная модель позволяет выполнять автоматизированный анализ грамматической структуры текста. Техническая реализация модели проведена с использованием памяти с ассоциативным доступом, представляющей вид машинной памяти, используемой в приложениях очень быстрого поиска. Получил дальнейшее развитие метод минимизации формул алгебры булевых функций для решения задачи минимизации числа состояний центрального полюса реляционной сети путем введения скобочной формы предиката, что позволило добиться существенного сокращения суммарного числа состояний полюсов реляционной сети. Исследованы методы математического моделирования мозгоподобных структур, а именно метод нулевого прибора и логической идентификации. Выполнена предикативная интерпретация классического понятия теории категории объектов. Установлено, что коммутативные

диаграммы полученного таким образом варианта категории предикатов можно использовать как приемлемый формальный язык для математического описания рабочих логических схем технических реляционных сетей со всеми их необходимыми деталями.

В диссертационной работе решена важная задача определения аномалий металлургического оборудования по данным магнитного мониторинга с использованием алгебры двуместных предикатов. Результаты практической реализации данной задачи позволили автоматизировать процесс выявления аномалий и внедрены в программную систему по магнитному мониторингу.

Теоретические результаты исследований внедрены в учебный процесс в рамках дисциплин «Бионика интеллекта» и «Логический анализ» для студентов направления подготовки «Программная инженерия».

Ключевые слова: мозгоподобные структуры, моделирование, алгебра предикатов, расслоение предиката, логический оператор, реляционная сеть, минимизация.

ABSTRACT

Rusakova N.E. Design of brainlike structures and their application in artificial intelligence. — Manuscript.

The thesis for the candidate degree in technical sciences on the specialty 05.13.23 — Artificial Intelligence Systems and Tools. — Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2012.

Dissertation is devoted to modeling of brain-like structures in artificial intelligence systems, using methods that enable the construction of relational networks of any mathematical model.

These networks can be used for mathematical description of the existing logical schemes of technical relational networks. In this paper we first proposed and studied a model of logical operator with manageable kernel, which is characterized by introduction of multipliers for the variables of sets in the calculation of this operator. Sound morphological model of declension has been improved, which allows to perform automated analysis of the grammatical structure of the text. In order to create these models we introduced method of separation of finite predicate, characterized by the transition from a mathematical model of an arbitrary finite brain-like structure to a relational network.

A method of minimizing formulas of Boolean functions of algebra has been further developed and used in order to minimize the number of states of the central pole of the perfect relational network.

Keywords: brain-like structures, design, algebra of predicates, stratification of predicate, logical operator, relation network, minimization.

Відповідальний випусковий **В. П. Машталір**

Підп. до друку 04.05.12.	Формат 60x84 1/16.	Спосіб друку – ризографія.
Умов. друк. арк. 0,9.	Облік. вид. арк. 1,2.	Тираж 100 прим.
Зам. №	Ціна договірна.	

ХНУРЕ, 61166, Харків, просп. Леніна, 14

Віддруковано в навчально-науковому
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ
61166, Харків, просп. Леніна, 14