

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Процай Наталія Тимофіївна

УДК 510.635

**МОДЕЛІ І МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ ЛОГІЧНИХ МЕРЕЖ НА
ОСНОВІ АЛГЕБРИ ПРЕДИКАТИВ І ПРЕДИКАТНИХ ОПЕРАЦІЙ**

Спеціальність 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі програмного забезпечення ЕОМ
Харківського національного університету радіоелектроніки
Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, м. Харків.

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Шабанов-Кушнарєнко Юрій Петрович,
Харківський національний університет
радіоелектроніки, професор кафедри
програмного забезпечення ЕОМ

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Замаруєва Ірина Вікторівна,
Військовий інститут
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка,
м. Київ, професор кафедри
інформаційно-психологічного
протиборства

доктор технічних наук, доцент
Шостак Ігор Володимирович,
Національний аерокосмічний університет
ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
м. Харків, професор кафедри
інженерії програмного забезпечення

Захист відбудеться “23” червня 2011 р. о 14.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий « ____ » травня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Северин В. П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток математичного моделювання різноманітних процесів наукових досліджень, промисловості, суспільного життя є базою для вирішення складних задач проектування, керування та прийняття рішень. Важливим напрямом математичного моделювання є автоматизація взаємодії людина та комп'ютера в процесі обробки великих обсягів погано формалізованої та слабо структурованої інформації. У зв'язку з цим, актуальною є розробка математичних моделей та ефективних методів і засобів обробки первинної інформації, зокрема, природньо-мовної, яка до теперішнього часу не знайшла свого остаточного розв'язання. Методи та засоби, які використовуються для побудови апарату математичного моделювання природньої мови, можуть бути корисні і в інших сферах інформатизації, які потребують об'єднання великої кількості даних та знань у гнучку систему з метою їх подальшого аналізу. Прикладом таких задач є математичне моделювання процесів функціонування складних інформаційних систем.

Всі спроби розв'язання задач формалізації природньої мови до середини минулого століття виявилися неспроможними до появи необхідного математичного апарату, в якості якого запропоновано використовувати алгебру скінченних предикатів і предикатних операцій. Основоположний вклад у створення математичного апарату предикатних моделей та методів для всебічного дослідження і математичного моделювання дискретних процесів і об'єктів, зокрема природньої мови, внесли В. М. Глушков, Н. Хомський, Р. Шенк, Ю. П. Шабанов-Кушнарєнко, М. Ф. Бондарєнко, Н. В. Шаронова, І. В. Замаруєва, Д. О. Поспєлов та інші вчені.

Таким чином, актуальним є подальший розвиток та удосконалення методів і засобів математичного моделювання складних дискретних процесів та об'єктів різної природи, у тому числі процесів, що формалізують інтелектуальну діяльність людини, на основі алгебри скінчених предикатів і предикатних операцій. Зокрема, важливою є розробка моделей та методів синтезу і аналізу логічних мереж як ефективного засобу математичного подання інформації та розв'язання логічних рівнянь, що є базою для моделювання процесорів паралельної дії для природньо-мовних систем, які застосовуються для створення ефективного інтерфейсу спілкування між користувачами та автоматичними системами, що і обумовлює актуальність вибраного напрямку досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі програмного забезпечення ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки у рамках завдань держбюджетної НДР МОН України «Розробка теорії та принципів побудови мозкоподібних ЕОМ з реляційними мережами» (ДР № 0109U001646), в якій здобувач була виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розробка математичних моделей і методів аналізу та синтезу логічних мереж на основі алгебри предикатів і предикатних операцій для розширення можливостей та підвищення ефективності обробки інформації у природньо-мовних системах.

Досягнення зазначеної мети пов'язано з вирішенням наступних задач:

1) провести аналіз наукових досягнень у галузях алгебраїзації логіки, формалізації та моделювання структур природньої мови, розробки логічних мереж як ефективного засобу математичного подання інформації та розв'язання логічних рівнянь;

2) розробити повну кванторну алгебру предикатних операцій як апарат математичного моделювання та дослідження дискретних об'єктів і процесів і визначити для неї систему основних тотожностей;

3) розробити методи композиції та декомпозиції за набором змінних моделей, формалізованих за допомогою алгебри предикатів, для дослідження і математичного моделювання дискретних процесів та об'єктів, зокрема розв'язання природньо-мовних задач;

4) виконати синтез предикатної математичної моделі флективної обробки словосполучень природньої мови та відповідної логічної обчислювальної мережі;

5) удосконалити метод побудови математичної моделі інформаційної архітектури системи для проведення аналізу функціональної стабільності та побудувати предикатну математичну модель інформаційної архітектури системи і відповідну обчислювальну логічну мережу.

Об'єкт дослідження: процеси обробки інформації в природньо-мовних системах та процеси функціонування інформаційних систем.

Предмет дослідження: алгебрологічні математичні моделі та методи аналізу і синтезу логічних мереж.

Методи дослідження. Теоретичні аспекти роботи базуються на комплексному використанні фундаментальних положень математичних моделей теорії штучного інтелекту та апарату алгебри скінченних предикатів і предикатних операцій, як засобу математичного моделювання та дослідження дискретних об'єктів і процесів. Для математичного моделювання природньо-мовних систем використовуються методи композиції та декомпозиції моделей за набором змінних. Для побудови предикатної моделі архітектури інформаційної системи та відповідної їй обчислювальної логічної мережі використовується метод, що ґрунтується на логіці предикатів першого порядку.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

1. Отримав подальший розвиток математичний апарат алгебри предикатних операцій як ефективний засіб математичного моделювання дискретних об'єктів та процесів за рахунок розробки повної кванторної алгебри предикатних операцій, яка відрізняється від існуючих алгебр базисом та дозволяє в практичному плані спростити базис елементів і формалізувати процес функціонування логічної мережі.

2. Отримали подальший розвиток методи композиції та декомпозиції математичних моделей, формалізованих за допомогою алгебри предикатів, які відрізняються від існуючих виконанням композиції (декомпозиції) за набором змінних, що забезпечує можливість більш детального аналізу дискретних об'єктів різної природи, у тому числі природньої мови.

3. Вперше виконано синтез математичної предикатної моделі відмінювання іменних словосполучень російської мови типу узгодження та відповідної обчислювальної логічної мережі, які основані на методі композиції моделей за набором змінних та існуючих математичних моделях відмінювання іменних частин мови і враховують ознаки контексту та словоформи, що дозволило підвищити якість та розширити можливості апарату алгебри предикатів і предикатних операцій щодо обробки природньо-мовної інформації.

4. Удосконалено метод побудови математичної моделі інформаційної архітектури системи для проведення аналізу функціональної стабільності, який відрізняється від існуючих застосуванням алгебри предикатів та предикатних операцій, що дозволило значно спростити процес підготовки первинної інформації до етапу програмної реалізації задачі визначення траєкторій, які приводять інформаційну систему у небезпечний стан, за рахунок зменшення кількості кроків.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці математичних моделей та методів на основі алгебри предикатів і предикатних операцій та обчислювальних логічних мереж, призначених для математичного моделювання систем штучного інтелекту, таких як системи повного адекватного морфологічного аналізу текстів природньої мови, систем автоматичної обробки природньої мови (природньо-мовних інтерфейсів, систем машинного перекладу та ін.). Розроблені методи дозволяють будувати математичні моделі процесів функціонування складних інформаційних систем, зокрема, для аналізу функціональної стабільності.

Результати дисертаційної роботи використано Державним науково-технічним центром ядерної та радіаційної безпеки (м. Харків) під час проведення робіт по експертизі критичних інформаційно-управляючих систем енергоблоків АЕС. Застосовано наступні розроблені математичні моделі: моделі статичних станів інформаційної системи, формалізовані за допомогою алгебри предикатів; правила зміни станів системи, формалізовані за допомогою кванторної алгебри предикатних операцій. Використання розроблених математичних моделей дозволило підвищити ефективність і скоротити трудомісткість проведення експертизи, а також скласти практичні рекомендації щодо удосконалення інформаційно-управляючих систем енергоблоків АЕС.

Результати дисертаційної роботи використано у навчальному процесі: кафедри програмного забезпечення ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки при підготовці курсів лекцій «Логічний аналіз» та «Біоніка інтелекту» за спеціальністю «Програмне забезпечення автоматизованих систем»; кафедри комп'ютерної математики і математичного моделювання Національного технічного університету «Харківський

політехнічний інститут» при підготовці курсів лекцій «Теорія множин та математична логіка» і «Логічні алгоритми та системи штучного інтелекту» за напрямом «Прикладна математика».

Особистий внесок здобувача. Усі основні результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані здобувачем особисто, серед них: кванторна алгебра предикатних операцій; методи композиції та декомпозиції за набором змінних моделей, формалізованих на основі алгебри предикатів; синтез математичної моделі флективної обробки словосполучень і відповідної логічної обчислювальної мережі; застосування алгебри предикатів і предикатних операцій до методу побудови математичної моделі інформаційної архітектури системи та правил зміни станів для аналізу функціональної стабільності. Постановка задач досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів виконувалися здобувачем спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на: 8–му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у 21 столітті», (м. Харків, 2004 р.); 9–му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у 21 столітті», (м. Харків, 2005 р.); Науково-практичній конференції «Інформаційні технології – в науку та освіту», (м. Харків, 2005 р.); Міжнародній науковій конференції «Горизонти прикладної лінгвістики та лінгвістичних технологій» (MegaLing'2006), (м. Партеніт, Крим, 2006 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні наукові досягнення», (Польща, м. Пшемисль, 2008 р.).

Публікації. Основні результати роботи опубліковані в 11 наукових працях, серед яких 6 статей у наукових фахових виданнях ВАК України.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, 2 додатків та списку використаних джерел. Повний обсяг дисертаційної роботи складає 153 сторінки, включаючи 5 рисунків по тексту, 2 рисунки на 1 окремій сторінці, 3 таблиці по тексту, 3 таблиці на 1 окремій сторінці, 2 додатки на 7 сторінках, список використаних джерел зі 144 найменувань на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано основну мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про практичне використання, апробацію та їх висвітлення у друкованих працях, надано відомості про зв'язки обраного напрямку досліджень із планами організації, де виконана робота.

У **першому розділі** проведено аналіз основних наукових досягнень у галузі алгебрологічного аналізу та математичного моделювання структур природньої мови. Надається огляд формальних апаратів математичного

моделювання мови та методів їх обробки. Обґрунтована необхідність розробки універсального алгебрологічного апарату для математичного моделювання дискретних процесів, об'єктів та систем, зокрема, для аналізу та математичного моделювання природньої мови.

Огляд літературних даних показав, що одним із найбільш ефективних і зручних апаратів для математичного моделювання дискретних структур різної природи, зокрема природньо-мовних, є алгебра скінченних предикатів, і як засіб формального подання інформації – логічні обчислювальні мережі, що будуються на основі цього апарату. Логічні мережі дозволяють формалізувати довільні відношення. При цьому усі види обробки інформації зводяться до розв'язання алгебрологічних рівнянь з різними вхідними даними (цілком або частково заданими). Розробка теоретичних і методологічних засобів математичного моделювання та дослідження логічних мереж дають можливість розробити методи та моделі, що дозволяють підвищити якість та ефективність обробки інформації у природньо-мовних системах.

У другому розділі розроблено повну кванторну алгебру предикатних операцій як апарат математичного моделювання та дослідження дискретних об'єктів і процесів, обґрунтовано систему основних тотожностей.

Кванторною алгеброю предикатних операцій називається алгебра предикатних операцій з базисом операцій, утвореним з кванторів існування $\exists x_i \in A_i(X)$ ($i = \overline{1, m}$), операцій диз'юнкції $X \vee Y$ і заперечення \bar{X} всіляких предикатних операцій, та з базисом елементів, який складається з предикатів впізнання предмета x_i^a ($i = \overline{1, m}; a \in U$) і з предикатних змінних X_j ($X, Y \in N; i, k = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}; a \in A_i$).

Сформульовано і доведено твердження про рівносильність фундаментальної та кванторної алгебр предикатних операцій. З цього твердження та теореми про повноту фундаментальної алгебри предикатних операцій безпосередньо слідує твердження про повноту кванторної алгебри предикатних операцій. Властивість повноти кванторної алгебри предикатних операцій дозволяє вирішити задачу вираження будь-якої предикатної операції, яка є в носії, за допомогою формул цієї алгебри. Для доведення рівносильності фундаментальної та кванторної алгебр предикатних операцій базисні елементи та операції фундаментальної алгебри виражено через базисні елементи та операції кванторної алгебри предикатних операцій, і навпаки.

Обґрунтовано систему основних законів кванторної алгебри предикатних операцій. Відсутність у базисі кванторної алгебри предикатних операцій операції підстановки дозволяє вирішити задачу про повну систему законів. Закони однозначно визначають алгебру: якщо їх набір повний, то можливо утворити усі її властивості. Базою для пошуку системи законів кванторної алгебри предикатних операцій є усі існуючі в логічній математиці закони для кванторів; операції диз'юнкції та заперечення визначаються законами булевої алгебри; предикати впізнання предмету визначаються законами для предикатів впізнання предмету:

–закон заперечення $\overline{x_i^a} = \bigvee_{\substack{a, b \in U \\ b \neq a}} x_i^b$, $x_i \in U$; $i = \overline{1, m}$;

–закон істинності $\bigvee_{b \in U} x_i^b = 1$, $x_i \in U$; $i = \overline{1, m}$;

–закон хибності: якщо $b \neq a$, то $x_i^a \wedge x_i^b = 0$, $x_i \in U$; $i = \overline{1, m}$; $a, b \in U$.

Встановлено, що диз'юнктивно-кон'юнктивна алгебра предикатів є підалгеброю кванторної алгебри предикатних операцій, оскільки в базисі останньої є операції диз'юнкції, кон'юнкції (виражено за допомогою операцій диз'юнкції та заперечення) та предикати впізнання предмету, а також предикати 0 ($0 = X \wedge \overline{X} = \overline{X \wedge X} = \overline{X \vee X}$) та 1 (виражено законом істинності для предикатів впізнання предмету).

Вказано перспективи розвитку та використання кванторної алгебри предикатних операцій, зокрема при доведенні тверджень та теорем, при обґрунтуванні роботи логічних обчислювальних мереж як засобу розв'язання логічних рівнянь, до яких зводиться задача формування машинних відповідей на запити.

У третьому розділі розроблено методи композиції та декомпозиції за набором змінних моделей, формалізованих за допомогою алгебри предикатів, та виконано синтез математичної моделі та відповідної логічної мережі флективної обробки словосполучень природньої мови.

Метод декомпозиції моделі $\langle M, P \rangle$ за набором змінних на множину моделей $I = \langle M_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i}, P_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i} \rangle$, $\sigma_k \in A, k = \overline{1, i}$ засновано на теоремі про розкладання. Нехай x_1, x_2, \dots, x_i – змінні предикату $P(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m)$, $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i \in A$ – їх значення відповідно. Предикат, який відповідає відношенню $M_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i}$, має вигляд

$$M_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i} \llbracket_{x_{i+1}, \dots, x_m} \overline{\quad} \equiv M \llbracket_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, x_{i+1}, \dots, x_m} \overline{\quad} \quad (1)$$

Предикат моделі $\langle M_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i}, P_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i} \rangle$ знаходимо за формулою

$$P_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i} \llbracket_{x_{i+1}, \dots, x_m} \overline{\quad} \equiv P \llbracket_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i, x_{i+1}, \dots, x_m} \overline{\quad} \quad (2)$$

З усіх отриманих таким чином відношень $M_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i}$ та предикатів $P_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i}$, $\llbracket_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i} \overline{\quad}$ складаємо моделі $\langle M_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i}, P_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i} \rangle$, утворюючи з них систему $I = \langle M_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i}, P_{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i} \rangle$, $\sigma_k \in A, k = \overline{1, i}$. Необхідно відзначити, що не обов'язково розкладати математичну модель за першими i -змінними. Цей метод застосовується для предиката, визначеного на всьому просторі U^m . Використовуючи метод декомпозиції моделей за набором змінних, математичну модель природньої мови розкладено за набором змінних

до необхідних для моделювання мовних одиниць. Модифіковано математичні предикатні моделі відмінювання іменників та прикметників: $\alpha_{ap} = \langle M_{ap}, P_{ap} \rangle$ – математична модель відмінювання присвійних прикметників, $\alpha_n = \langle M_n, P_n \rangle$ – математична модель відмінювання регулярних іменників; $\alpha_a = \langle M_a, P_a \rangle$ – математична модель відмінювання повних неприсвійних прикметників, де M_i – носій моделі, P_i – предикат моделі, $i = a, n, ap$.

Розроблено математичну предикатну модель флективної обробки присвійних прикметників російської мови та побудовано відповідну обчислювальну логічну мережу. Словоформа кожного слова завжди визначається єдиним чином та характеризується закінченням. Існує шість ознак, які однозначно визначають вибір необхідної словоформи присвійних прикметників. Для формального опису процесу флективної обробки присвійних прикметників для кожної граматичної та лексикографічної ознаки введено предметну змінну: x_1 – рід форми слова; x_2 – число форми слова; x_3 – відмінок форми слова; x_4 – ознака істотності форми слова; x_5 – ознака архаїчності форми слова; c – суфікс основи слова. Введено предметні змінні для позначення типу впливу контексту, типу відмінювання, закінчення слова та м'якості основи слова: r – тип впливу контексту; s – тип відмінювання слова; z – закінчення слова; w – ознака м'якості основи слова. Множина M_{ap} та предикат P_{ap} математичної моделі $\langle M_{ap}, P_{ap} \rangle$, яка описує структуру відмінювання присвійних прикметників, мають наступний вигляд:

$$M_{ap} = M_{x_1} \times M_{x_2} \times M_{x_3} \times M_{x_4} \times M_{x_5} \times M_r \times M_c \times M_s \times M_z \times M_w,$$

$$P_{ap} \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, c, s, z, w \rangle = P_1 \langle x_1, r \rangle \wedge P_2 \langle x_2, r \rangle \wedge P_3 \langle x_3, r \rangle \wedge P_4 \langle x_4, r \rangle \wedge P_5 \langle x_5, r \rangle \wedge P_6 \langle c, s \rangle \wedge P_7 \langle z, z \rangle \wedge P_8 \langle z, z \rangle \wedge P_9 \langle w, r \rangle \wedge P_{10} \langle w, s \rangle,$$

де

$$\begin{aligned} M_{x_1} &= \overline{М, Ж, С}; M_{x_2} = \overline{Е, М}; M_{x_3} = \overline{И, Р, Д, В, Т, П}; M_{x_4} = \overline{О, Н}; \\ M_{x_5} &= \overline{С, А}; M_c = \overline{*, ОВ, ЕВ, ЫН, ИН, Н, НИН}; M_r = \overline{1, 22}; \\ M_s &= \overline{1, 4}; M_w = \overline{Ь, *}; M_z = \overline{*, А, Я, У, Ю, Е, О, ЯЯ, ЮЮ, ЕЕ, \\ &\quad \text{ИЕ, ОЙ, ЕЙ, ОМ, ЕМ, ОГО, ЕГО, ОМУ, ЕМУ, ОЮ, ЕЮ,} \\ &\quad \text{ИЙ, ЫМ, ИМ, Ы, И, ЫХ, ИХ}. \end{aligned} \quad (3)$$

Бінарні предикати формули $P_{ap} \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, c, s, z, w \rangle$ наведено у тексті дисертаційної роботи. Графічним зображенням математичної моделі флективної обробки присвійних прикметників є логічна мережа, що зображено на рис. 1.

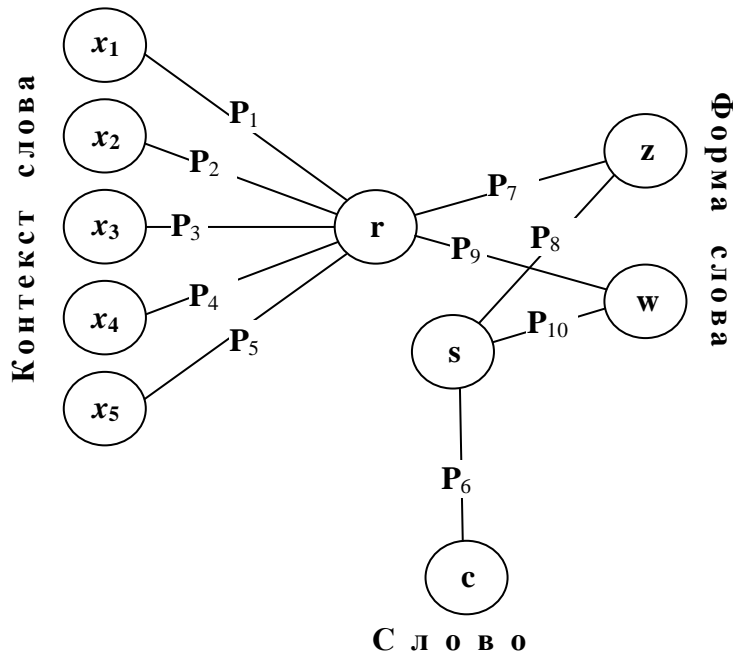


Рис. 1. Логічна мережа математичної моделі відмінювання присвійних прикметників

Позначення, які знаходяться над гілками мережі ($P_i, i = \overline{1,10}$), вказують на номер відповідного відношення. Обчислювальна логічна мережа необхідна для розв'язання системи предикатних рівнянь, які задаються відповідною моделлю. Результатом роботи логічної мережі є уточнення знань, які знаходяться в усіх її полюсах відповідно до початкових даних.

Наступні логічні етапи формалізації усіх аспектів природньої мови – побудова логічних мереж математичних моделей обробки словосполучень, речень і т.д. Для розв'язання зазначених задач необхідні методи композиції моделей, за допомогою яких можливо декілька моделей певної галузі з'єднати в одну.

Нехай $I = \{M_\alpha, P_\alpha\}, \alpha \in A$ – сімейство математичних моделей, які потрібно з'єднати в модель $\{M, P\}$. Тут α – індекси, які належать множині $A \subseteq U$. Введемо нові предметні змінні p_1, p_2, \dots, p_i – неістотні для кожного з предикатів M_α та $P_\alpha, \alpha \in A$. Множина M та предикат P моделі $\{M, P\}$ утворено за допомогою формул:

$$M(x_1, x_2, \dots, x_m, p_1, p_2, \dots, p_i) \equiv \bigvee_{\alpha \in A} M_\alpha(x_1, x_2, \dots, x_m, p_1^{\alpha_1}, p_2^{\alpha_2}, \dots, p_i^{\alpha_i}), \alpha_i \in A;$$

$$P(x_1, x_2, \dots, x_m, p_1, p_2, \dots, p_i) \equiv \bigvee_{\alpha \in A} P_\alpha(x_1, x_2, \dots, x_m, p_1^{\alpha_1}, p_2^{\alpha_2}, \dots, p_i^{\alpha_i}), \alpha_i \in A.$$

З використанням методу композиції моделей за набором змінних та існуючих математичних моделей відмінювання іменних частин мови у роботі

виконано синтез математичної моделі флективної обробки іменних словосполучень російської мови типу узгодження, які складаються з присвійних, повних неprisвійних прикметників і регулярних іменників, та відповідної обчислювальної логічної мережі. Для математичного опису процесу відмінювання словосполучень для кожної граматичної та лексикографічної ознаки, як і у випадку з присвійними прикметниками, введено предметну змінну. До предметних змінних, введених у математичній моделі флективної обробки присвійних прикметників, додано наступні змінні: y_1 – остання буква основи слова; y_2 – ознака наголосу основи слова; y_3 – ознака м'якості основи слова; p_1 – змінна, яка вказує на вид неprisвійного прикметника (повний, неповний); p_2 – змінна, яка вказує на вид прикметника (prisвійний, неprisвійний); p_3 – частина мови; p_4 – змінна, яка вказує на вид іменника. Множина M та предикат P математичної моделі $\langle M, P \rangle$, яка описує структуру відмінювання словосполучень, мають наступний вигляд:

$$M = M_{x_1} \times M_{x_2} \times M_{x_3} \times M_{x_4} \times M_{x_5} \times M_r \times M_c \times M_{y_1} \times \\ \times M_{y_2} \times M_{y_3} \times M_s \times M_z \times M_{p_1} \times M_{p_2} \times M_{p_3} \times M_{p_4} \times M_w;$$

$$P \ \mathfrak{A}_1, x_2, x_3, x_4, x_5, r, y_1, y_2, y_3, c, s, p_1, p_2, p_3, p_4, z, w \ \bar{=} \ P_1 \ \mathfrak{A}_1, r \ \bar{\wedge} \ P_2 \ \mathfrak{A}_2, r \ \bar{\wedge} \\ \wedge \ P_3 \ \mathfrak{A}_3, r \ \bar{\wedge} \ P_4 \ \mathfrak{A}_4, r \ \bar{\wedge} \ P_5 \ \mathfrak{A}_5, r \ \bar{\wedge} \ P_6 \ \mathfrak{A}_1, s \ \bar{\wedge} \ P_7 \ \mathfrak{A}_2, s \ \bar{\wedge} \\ \wedge \ P_8 \ \mathfrak{A}_3, s \ \bar{\wedge} \ P_9 \ \mathfrak{A}, s \ \bar{\wedge} \ P_{10} \ \mathfrak{A}, z \ \bar{\wedge} \ P_{11} \ \mathfrak{A}, z \ \bar{\wedge} \ P_{12} \ \mathfrak{A}, p_1 \ \bar{\wedge} \\ \wedge \ P_{13} \ \mathfrak{A}, p_2 \ \bar{\wedge} \ P_{14} \ \mathfrak{A}, p_3 \ \bar{\wedge} \ P_{15} \ \mathfrak{A}, p_4 \ \bar{\wedge} \ P_{16} \ \mathfrak{A}, w \ \bar{\wedge} \ P_{17} \ \mathfrak{A}, w \ \bar{\wedge}; \quad (4)$$

$$M_{y_1} = \text{У, Б}; \bar{M}_{y_2} = \text{Т, М}; \bar{M}_{y_3} = \text{Б, В, Д, З, Л, М, П, Т, Ф, Е, Н, Р, С, Ж, Ч, Ш, Щ, Ц, \\ \Gamma, К, Х, А, Й, О, У, Ы, Ю, Я, И}; \bar{M}_s = \overline{1; 21}; M_r = \overline{1; 28}; \\ M_{p_1} = \text{п., кр.}; \bar{M}_{p_2} = \text{пр., непр.}; \bar{M}_{p_3} = \text{прил., суц.}; \bar{M}_{p_4} = \text{рег., нерег.}; \\ M_z = *, \text{А, Я, У, Ю, Е, О, ЯЯ, ЮЮ, ЕЕ, ИЕ, ОЙ, ЕЙ, ОМ, ЕМ, ОГО, ЕГО,} \\ \text{ОМУ, ЕМУ, ОЮ, ИЙ, ЫМ, ИМ, Ы, И, ЫЕ, ЫХ, ИХ, ЫМИ, ИМИ,} \\ \text{АЯ, УЮ, ОЕ, ЫЙ, АМ, АМИ, АХ, ЯХ, ЕВ,} \\ \text{ОВ, ЕЮ, ЕМ, Ё, ЁВ, ЁЙ, ЁМ, ЁЮ, Ъ, ЯМ, ЯМИ, Й}.$$

Множини $M_{x_1}, M_{x_2}, M_{x_3}, M_{x_4}, M_{x_5}, M_c, M_w$ визначено у (3). Бінарні предикати формули (4) наведено у тексті дисертаційної роботи та у додатку А. Логічну обчислювальну мережу, що відповідає математичній моделі відмінювання словосполучень, зображено на рис. 2.

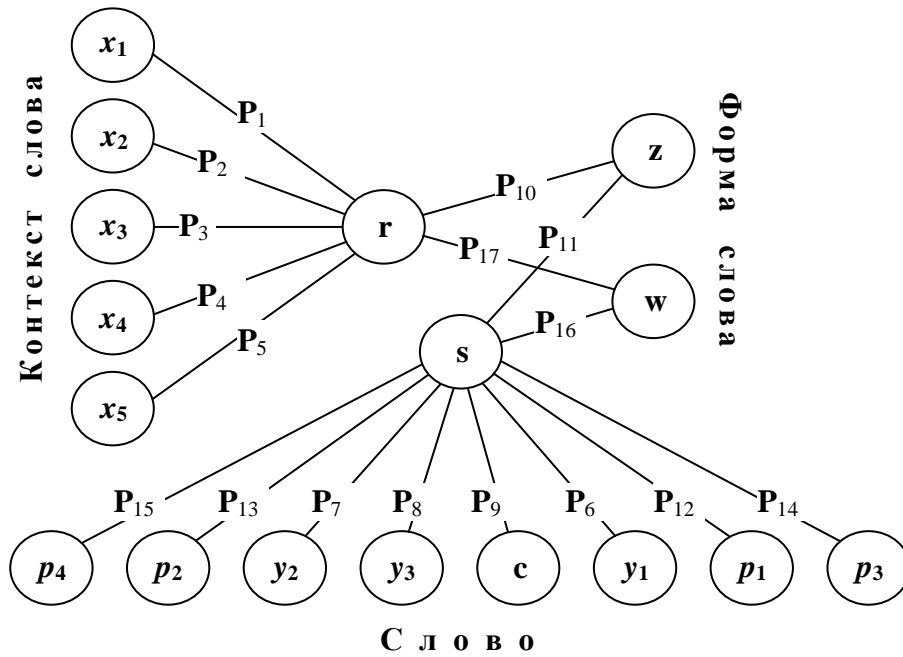


Рис. 2. Логічна мережа математичної моделі відмінювання словосполучень

У четвертому розділі удосконалено метод побудови математичної моделі інформаційної архітектури системи для аналізу функціональної стабільності, який відрізняється від існуючих використанням алгебри предикатів і предикатних операцій.

При створенні та реконфігурації інформаційних систем складною проблемою є доведення функціональної стабільності інформаційної архітектури системи. Формальний стан системи S_t^W у момент часу t визначено як відображення множини фізичних та абстрактних модулів M^W системи W на множину контрольованих Z^W і суміжних з ними неконтрольованих зон доступу Z^H усіх рівнів взаємодії ($M^W \subset Z^W \vee Z^H$), а також множиною можливих відношень між активними абстрактними модулями M_a^A ($M_a^A \subset M^W$) та іншими модулями системи, які визначаються кортежами парних інтерфейсів модулів, що знаходяться в одній зоні у момент часу t . Для формалізації поняття «парних інтерфейсів модулів» на основі алгебри предикатів множину модулів M^W розбито на два класи (не обов'язково такі, що не перетинаються): $I \subset M^W$ (вхід інтерфейсу) та $A \subset M^W$ (вихід інтерфейсу). Введено означення: T – множина класів системи; $P_{a,t}$ – предикат, який вказує на зв'язок інформаційних об'єктів з класами системи, яким вони належать (зокрема, $t = a$ вказує на те, що об'єкт має статус активний)

$$P_{a,t} = \bigvee_{\substack{v \in M^W \\ i \in T}} a^v t^i.$$

Множина всіх відношень між модулями системи, які визначаються кортежами парних інтерфейсів модулів, описано за допомогою предиката

$$P_{\mathcal{A},i,d} \equiv \bigvee_{\substack{s=1,r \\ v_i, v_j \in M^W \\ s \in D}} a^{v_i} i^{v_j} d^s,$$

де змінна d задана на множині (D) процесів, які відбуваються між двома об'єктами під час роботи інформаційної системи.

Предикати $P_{\mathcal{A},i,f}$, $P_{\mathcal{A},i,l}$, $P_{\mathcal{A},i,c}$ формалізують поняття «парних інтерфейсів модулів, які знаходяться в одній фізичній, синтаксичній, семантичній зонах у момент часу t »:

$$P_{\mathcal{A},i,f} \equiv \bigvee_{\substack{k=1,n \\ v_i, v_j \in M^W}} a^{v_i} i^{v_j} f^k;$$

$$P_{\mathcal{A},i,l} \equiv \bigvee_{\substack{h=1,m \\ v_i, v_j \in M^W}} a^{v_i} i^{v_j} l^h;$$

$$P_{\mathcal{A},i,c} \equiv \bigvee_{\substack{g=1,p \\ v_i, v_j \in M^W}} a^{v_i} i^{v_j} c^g.$$

Математична модель стану інформаційної системи в момент часу t , яка складається з множини модулів M^W , на фізичному, синтаксичному та семантичному інформаційному рівнях відповідно має вигляд кон'юнкції наступних предикатів:

$$S_{t,F}^W \mathcal{M}^W \equiv P(m,t) \wedge \mathcal{A} = a \bar{T} \mathcal{A} \wedge P_{\mathcal{A},t} \wedge P_{\mathcal{A},i,f} \wedge P_{\mathcal{A},i,d} \wedge Z^W \mathcal{Z}_W \wedge Z^H \mathcal{Z}_H; \quad (6)$$

$$S_{t,L}^W \mathcal{M}^W \equiv P(m,t) \wedge \mathcal{A} = a \bar{T} \mathcal{A} \wedge P_{\mathcal{A},t} \wedge P_{\mathcal{A},i,f} \wedge P_{\mathcal{A},i,l} \wedge P_{\mathcal{A},i,d} \wedge Z^W \mathcal{Z}_W \wedge Z^H \mathcal{Z}_H; \quad (7)$$

$$S_{t,C}^W \mathcal{M}^W \equiv P(m,t) \wedge Z^W \mathcal{Z}_W \wedge Z^H \mathcal{Z}_H \wedge \mathcal{A} = a \bar{T} \mathcal{A} \wedge P_{\mathcal{A},t} \wedge P_{\mathcal{A},i,f} \wedge P_{\mathcal{A},i,l} \wedge P_{\mathcal{A},i,c} \wedge P_{\mathcal{A},i,d}; \quad (8)$$

Для проведення формального аналізу станів та оцінки функціональної стабільності інформаційної архітектури необхідно: сформулювати формальні ознаки безпечних станів системи з множини S^B , при яких система вважається функціонально стабільною; сформулювати формальні правила переходів

системи з одного стану в інший під час інформаційного процесу $S_x \rightarrow S_y$; довести методом відносно повного перебору станів, що траєкторія інформаційного процесу не приводить систему в небезпечні стани, або необхідно відшукати ці стани, що доведе функціональну нестабільність архітектури системи.

Ознаку безпечного початкового стану системи формалізовано за допомогою алгебри предикатів. Початковий стан системи S^H вважається безпечним, якщо: всі об'єкти M^W системи W знаходяться в дозволених для них інформаційною політикою зонах доступу Z_f^F, Z_l^L, Z_c^C , визначених на відповідних трьох рівнях інформаційної взаємодії; об'єкти контролю функціональної стабільності $M^{\Phi C} \in M^W$, які реалізують функції контролю доступу та ізоляції зон, мають статус «активний» ($M^{\Phi C} \in M_a^A$); в системі відсутні інформаційні об'єкти M^H з недеklarованими інформаційними функціями ($M^H \not\subset M^W$). Для предикатної моделі визначено предикати $M^{\Phi C} \# \bar{_}$ ($M^{\Phi C} \subset M^W$), $M^H \# \bar{_}$ та $P \# \bar{_}, f \bar{_}, P \# \bar{_}, l \bar{_}, P \# \bar{_}, c \bar{_}$, які вказують на те, в яких зонах знаходяться об'єкти з недеklarованими інформаційними функціями:

$$P \# \bar{_}, f \bar{_} \equiv \bigvee_{\substack{w \in M^H \\ k=1, n}} m_H^w f^k;$$

$$P \# \bar{_}, l \bar{_} \equiv \bigvee_{\substack{w \in M^H \\ h=1, m}} m_H^w l^h;$$

$$P \# \bar{_}, c \bar{_} \equiv \bigvee_{\substack{w \in M^H \\ g=1, p}} m_H^w c^g.$$

Безпечний початковий стан системи мовою алгебри предикатів та предикатних операцій описано наступним чином:

$$\begin{aligned} \forall n \ S_n^H \subset S_m^B &\Leftrightarrow \forall f \ \forall l \ \forall c \ P \# \bar{_}, a, f \bar{_} \equiv P' \# \bar{_}, a, f \bar{_}; \ P \# \bar{_}, a, l \bar{_} \equiv P' \# \bar{_}, a, l \bar{_}; \\ P \# \bar{_}, a, c \bar{_} &\equiv P' \# \bar{_}, a, c \bar{_}; \ \exists t = a \bar{_} \# \bar{_}, t \bar{_} \wedge M^{\Phi C} \# \bar{_} \equiv M^{\Phi C} \# \bar{_}; \\ \exists i \bar{_} \ \exists a \bar{_} \ \exists \bar{_} \ P \# \bar{_}, a, f \bar{_} \wedge P \# \bar{_}, f \bar{_} &= 0; \\ \exists i \bar{_} \ \exists a \bar{_} \ \exists \bar{_} \ P \# \bar{_}, a, l \bar{_} \wedge P \# \bar{_}, l \bar{_} &= 0; \\ \exists i \bar{_} \ \exists a \bar{_} \ \exists \bar{_} \ P \# \bar{_}, a, c \bar{_} \wedge P \# \bar{_}, c \bar{_} &= 0, \end{aligned}$$

де S_n^H – множина початкових станів системи W ; S_m^B – множина безпечних станів системи W ; $P' \# \bar{_}, a, f \bar{_}, P' \# \bar{_}, a, l \bar{_}, P' \# \bar{_}, a, c \bar{_}$ – предикати, які вказують на те, в яких зонах повинні знаходитися модулі системи в момент часу t .

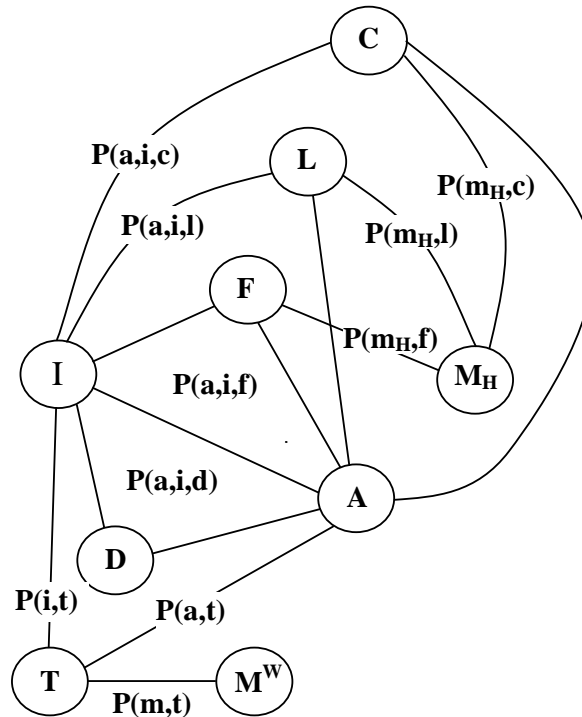


Рис. 5. Логічна мережа опису математичної моделі інформаційної системи на семантичному рівні

Правило 3. Якщо два модулі одночасно знаходяться в одній фізичній, одній синтаксичній та одній семантичній зонах, та у них є парні фізичні, синтаксичні та семантичні інтерфейси, то можлива їх семантична взаємодія I^c типу g за умови виконання k та h

$$\bar{a} \bar{i} \bar{P}(a,i,f) \wedge \bar{P}(a,i,l) \wedge \bar{P}(a,i,c) \wedge \bar{P}(a,i,d)$$

Правило 4. Семантика інформаційної взаємодії на фізичному рівні полягає в переміщенні (трансляції) з однієї фізичної зони до суміжної фізичної зони фізичного або абстрактного модуля під впливом активного модуля за умови виконання правила 1

$$\bar{m} = \bar{t} = a \bar{P}(a,t) \bar{a} \bar{i} \bar{P}(a,i,f)$$

Правило 5. Семантика інформаційної взаємодії на синтаксичному рівні полягає в перекладі синтаксиса абстрактного модуля на іншу мову, тобто в переміщенні його із однієї синтаксичної зони в іншу під впливом активного синтаксичного модуля-транслятора за умови виконання правила 2

$$\bar{t} \equiv \bar{t} = a \bar{P}(a,t) \bar{a} \bar{i} \bar{P}(a,i,f) \wedge \bar{P}(a,i,l)$$

Правило 6. Інформаційна взаємодія на семантичному рівні полягає в активізації активним модулем-алгоритмом іншого абстрактного модуля-алгоритма, тобто в передачі управління у вигляді ресурсів та параметрів

модулям-алгоритмам, які здатні виконувати операції створення, знищення, активізації, фізичного переміщення та копіювання модулів, синтаксичної трансляції абстрактних модулів, за умови виконання правила 3

$$\bar{a} \equiv \langle \langle t = a \mid P(a, t) \mid \langle a \mid \langle i \mid P(a, i, f) \wedge P(a, i, l) \wedge P(a, i, c) \wedge P(a, i, d) \rangle \rangle \rangle.$$

За набором правил переходу системи з одного стану в інший та математичними моделями статичних станів системи, визначаються шляхи, які приводять систему у небезпечний стан: в обчислювальній логічній мережі задаються знання про значення відповідних предметних змінних та після стабілізації знань в полюсах мережі отримуються знання про значення потрібних змінних.

Удосконалений метод побудови математичної моделі інформаційної архітектури системи для проведення аналізу функціональної стабільності, який застосовує алгебру предикатів і предикатних операцій, дозволив значно спростити процес формалізації станів інформаційної системи та підготовки первинної інформації до етапу програмної реалізації задачі визначення траєкторій переходу системи у небезпечний стан за рахунок зменшення кількості кроків.

У додатках наведено бінарні предикати математичної моделі відмінювання словосполучень та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано науково-практичну задачу, яка полягає в розробці математичних моделей і методів моделювання та дослідження логічних мереж на основі алгебри предикатів і предикатних операцій як ефективного засобу математичного подання інформації та розв'язання логічних рівнянь для розширення можливостей і підвищення ефективності обробки природньо-мовної інформації.

В процесі виконання роботи отримані наступні результати.

1. Проведено аналіз основних наукових досягнень у галузі алгебраїзації логіки та розробки логічних мереж як ефективного засобу математичного подання інформації та розв'язання логічних рівнянь. Проаналізовано сучасний стан проблеми моделювання структур природньої мови. Визначено ряд недоліків відомих систем, пов'язаних зі складністю, неповнотою та емпіричністю аналізу природньо-мовної інформації у цих системах. Встановлено, що шляхом вирішення цієї проблеми є розробка універсального алгебологічного апарату та комплексу методів аналізу і синтезу обчислювальних логічних мереж, які є базою процесорів паралельної дії для природньо-мовних систем.

2. Розроблено повну кванторну алгебру предикатних операцій як засіб математичного моделювання і дослідження дискретних процесів і об'єктів, що

відрізняється від існуючих спрощеним базисом елементів. Обґрунтована система основних тотожностей. Це дозволило формалізувати процес функціонування обчислювальної логічної мережі як ефективного засобу математичного подання інформації і розв'язання логічних рівнянь та розширити теорію алгебологічного апарату алгеброю, що в практичному плані дозволяє спростити базис елементів. Сформульовано і доведено твердження про рівносильність фундаментальної та кванторної алгебр предикатних операцій, що дозволило зробити висновки про повноту кванторної алгебри.

3. Розроблено методи композиції та декомпозиції за набором змінних моделей, формалізованих за допомогою алгебри предикатів, що забезпечує можливість більш детального дослідження і математичного моделювання дискретних процесів і об'єктів, зокрема, дозволяє вирішити задачу синтезу математичної моделі флективної обробки словосполучень природньої мови.

4. Розроблено математичну модель флективної обробки присвійних прикметників російської мови та відповідну обчислювальну логічну мережу. На основі методу композиції за набором змінних і відповідних математичних моделей флективної обробки самостійних частин мови виконано синтез предикатної математичної моделі відмінювання іменних словосполучень російської мови типу узгодження та відповідної моделі обчислювальної логічної мережі. Це дозволило підвищити якість та розширити можливості апарату алгебри предикатів і предикатних операцій щодо обробки природньо-мовної інформації

5. Удосконалено метод побудови алгебологічної математичної моделі інформаційної архітектури системи, який відрізняється від існуючих застосуванням алгебри предикатів та предикатних операцій. Побудовані математична предикатна модель інформаційної архітектури системи та відповідна обчислювальна логічна мережа для проведення аналізу функціональної стабільності, що дозволило значно спростити процеси формалізації станів інформаційної системи та підготовки первинної інформації до етапу програмної реалізації задачі визначення траєкторій, які приводять систему у небезпечний стан, за рахунок зменшення кількості кроків.

6. Результати дисертаційної роботи використано Державним науково-технічним центром ядерної та радіаційної безпеки (м. Харків) під час проведення робіт по експертизі критичних інформаційно-управляючих систем енергоблоків АЕС. Використання розроблених моделей та методів дозволило підвищити ефективність і скоротити трудомісткість проведення експертизи, а також скласти практичні рекомендації щодо удосконалення інформаційно-управляючих систем енергоблоків АЕС. Результати дисертації використано у навчальному процесі кафедри програмного забезпечення ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки та кафедри комп'ютерної математики і математичного моделювання Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Процай Н. Т. Алгебра предикатов и предикатных операций / М. Ф. Бондаренко, З. В. Дударь, Ю. П. Шабанов-Кушнарченко, В. А. Чикина, Н. Т. Процай, В. В. Черкашин. Радиоелектроніка та інформатика. – Харків: ХНУРЕ, 2005. – №1. – С. 80-86.

Здобувачем розроблено кванторну алгебру предикатних операцій.

2. Процай Н. Т. Модели языка – склонение притяжательных имен прилагательных / Н. Т. Процай // Біоніка інтелекту. – Харків: ХНУРЕ, 2005. – № 2 (63). – С. 58-65.

3. Процай Н. Т. Кванторная алгебра предикатных операций / Н. Т. Процай // Біоніка інтелекту. – Харків: ХНУРЕ, 2008. – № 1 (68). – С. 69-73.

4. Процай Н. Т. О методе композиции моделей / Н. Т. Процай // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – № 24. – С. 142-146.

5. Процай Н. Т. Модели языка – склонение словосочетаний / Н. Т. Процай // АСУ та прилади автоматики. – Харків: ХНУРЕ, 2009. – № 149. – С. 91-96.

6. Процай Н. Т. Аналіз функціональної стабільності інформаційних систем з інтелектуальним керуванням / Г. Г. Четвериков, Н. Т. Процай // Право і безпека. – Харків: ХНУВС, 2010. – № 1(33). – С. 218-222.

Здобувачем удосконалено метод побудови математичної моделі інформаційної архітектури системи, який ґрунтується на логіці предикатів першого порядку, для аналізу функціональної стабільності.

7. Процай Н. Т. Построение аксиоматической теории словосочетаний / Н. Т. Процай // Матеріали 8-го Міжнародного молодіжного форуму «Радиоелектроніка и молодежь в 21 веке». – Харьков. – 2004. – С. 113.

8. Процай Н. Т. Экономное табличное и формульное представление предикатов / Н. Т. Процай, Т. С. Камышанская // Матеріали 9-го Міжнародного молодіжного форуму «Радиоелектроніка и молодежь в 21 веке». – Харьков. – 2005. – С. 374.

Здобувачем проведено аналіз процесу відмінювання повних неприсвійних прикметників за допомогою парадигматичної таблиці та визначена роль неістотної змінної.

9. Процай Н. Т. Логическая сеть как технология моделирования естественного языка / Ю. П. Шабанов–Кушнарченко, В. И. Хаханов, Н. Т. Процай, И. Д. Вечирская, В. А. Лещинский, А. А. Иванюков, В. И. Обризан // Матеріали науково-практичної конференції «Інформаційні технології – в науку и образование». – Харьков. – 2005. – С. 30-33.

Здобувачем проведено дослідження та порівняння різноманітних систем паралельної обробки інформації.

10. Процай Н. Т. Модели морфологии естественного языка / Н. Т. Процай, В. А. Чикина // Доклады Международной научной конференции “Горизонты прикладной лингвистики и лингвистических технологий” (MegaLing’2006). – Крым, Партенит. – 2006. – С. 229-230.

Здобувачем розроблено математичну модель флективної обробки повних прикметників.

11. Процай Н. Т. Метод декомпозиции моделей по набору переменных / Н. Т. Процай // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Современные научные достижения». – Польша, Пшемьсль. – 2008. – С. 18-20.

АНОТАЦІЇ

Процай Н. Т. Моделі і методи аналізу та синтезу логічних мереж на основі алгебри предикатів і предикатних операцій. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2011.

Розроблено повну кванторну алгебру предикатних операцій. Визначено систему загальних тотожностей для кванторної алгебри предикатних операцій. Розроблено методи композиції та декомпозиції за набором змінних моделей, формалізованих за допомогою алгебри предикатів. Розроблено математичну модель та відповідну логічну обчислювальну мережу відмінювання присвійних прикметників. На основі методу композиції моделей за набором змінних та предикатних моделей відмінювання іменних частин мови виконано синтез математичної моделі відмінювання іменних словосполучень російської мови типу узгодження та відповідної логічної обчислювальної мережі.

До методу побудови математичної моделі інформаційної архітектури системи для аналізу функціональної стабільності, який ґрунтується на логіці предикатів першого порядку, застосовано алгебру предикатів і предикатних операцій. Це дозволило значно спростити процеси формалізації станів інформаційної системи та підготовки первинної інформації до етапу програмної реалізації задачі визначення траєкторій, які приводять систему у небезпечний стан за рахунок зменшення кількості кроків.

Ключові слова: математична модель, метод композиції моделей, синтез обчислювальної логічної мережі, алгебра предикатів і предикатних операцій, аналіз функціональної стабільності інформаційної системи.

Процай Н. Т. Модели и методы анализа и синтеза логических сетей на основе алгебры предикатов и предикатных операций. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.05.02 – математическое моделирование и вычислительные методы. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2011.

Диссертационная работа посвящена разработке алгебрологических средств моделирования и исследования логических сетей как эффективного средства формального представления информации и решения логических уравнений на основе алгебры предикатов и предикатных операций. Проведен анализ основных научных достижений в области алгебраизации логики. Проанализировано современное состояние проблемы моделирования естественного языка. Определен ряд недостатков аппаратов и методов, которые используются для моделирования механизмов естественного языка. Обоснована необходимость разработки алгебрологического аппарата для моделирования различных дискретных объектов и систем, в частности, естественного языка.

Разработана кванторная алгебра предикатных операций с несократимым базисом, состоящим из операций дизъюнкции, отрицания, кванторов существования, предикатов узнавания предмета и предикатных переменных. Доказано утверждение о равносильности фундаментальной и кванторной алгебр предикатных операций, из которого непосредственно следует полнота кванторной алгебры. Определена система основных тождеств для кванторной алгебры. Создание кванторной алгебры предикатных операций, которая в практическом плане позволяет упростить базис переменных, обладает свойством полноты и возможностью обоснования полной системы основных законов, позволило усовершенствовать аппарат алгебры предикатов и предикатных операций.

Разработаны методы композиции и декомпозиции моделей по набору переменных, которые более удобны при изучении дискретных объектов и процессов, чем методы композиции и декомпозиции моделей по одной переменной, так как дают более детальную характеристику тех моделей, которые подлежат моделированию. На основании метода композиции моделей по набору переменных выполнен синтез математической модели склонения именных словосочетаний русского языка типа согласование и соответствующей логической сети. Для синтеза математической модели склонения словосочетаний разработана математическая предикатная модель склонения притяжательных имен прилагательных.

К методу построения модели архитектуры информационной системы для анализа функциональной стабильности, применяющему язык логики исчисления предикатов первого порядка, применена алгебра предикатов и предикатных операций. С помощью алгебры предикатов и предикатных операций формализованы статическое состояние информационной системы и правила перехода системы в другие состояния. Это позволило значительно упростить процесс формализации состояний информационной системы и

подготовки начальной информации к этапу программной реализации задачи определения траекторий перехода системы в опасные состояния за счет уменьшения количества шагов во время обработки информации.

Результаты, полученные в ходе данной диссертационной работы, нашли свое практическое применение при проведении работ по экспертизе критичных информационно-управляющих систем энергоблоков АЭС. Результаты диссертации использованы в учебном процессе на кафедре Программного обеспечения ЭВМ ХНУРЭ при подготовке курсов лекций «Логический анализ» и «Бионика интеллекта» для специальности «Программное обеспечение автоматизированных систем» и на кафедре компьютерной математики и математического моделирования НТУ «ХПИ» при подготовке курсов «Теория множеств и математическая логика» и «Логические алгоритмы и системы искусственного интеллекта».

Ключевые слова: математическая модель, метод композиции моделей, синтез вычислительной логической сети, алгебра предикатов и предикатных операций, анализ функциональной стабильности информационной системы.

Protsay N. T. Models and methods of analysis and synthesis of logic networks based on algebra of predicates and predicate operations. – Manuscript.

Thesis for candidate of science degree in engineering on speciality 01.05.02 – mathematical modeling and numerical methods. – National technical university «Kharkov politechnical institute», Kharkov, 2011.

Complete quantifier algebra of predicate operations is developed. A system of basic identity laws of the quantifier algebra is defined. Composition and decomposition on variables set methods for models formalized using predicate algebra are created. Mathematical model of possessive adjectives inflection and corresponding logical network are developed. Synthesis of mathematical model and corresponding logical network for Russian agreement-type nominal phrases inflection are developed on the basis of the method of models compositions and decompositions on variables set and predicative models of nominal parts of speech.

The algebra of predicates and predicate operations is applied to the method of information system architecture mathematical modeling, based on the first-order predicate logic, to analyze the model functional stability. Due to number of iterations reduction this allowed simplifying significantly the processes of the information system states formalization and preparation of the initial information to the stage of software implementation of trajectories bringing the system to dangerous states finding problem.

Keywords: mathematical model, models decomposition method, logical network synthesis, algebra of predicates and predicate operations, analysis of information system functional stability.