

## МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАЇ В ЕКСПЕРТНІЙ СИСТЕМІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М.А. Павленко<sup>1</sup>, В.М. Руденко<sup>1</sup>, П.Г. Берднік<sup>2</sup>, І.М. Загурський<sup>1</sup>, С.Г. Шило<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
<sup>2</sup>Харківський національний університет ім. Каразіна)

*У статті обґрунтовано вибір методу автоматизованого вирішення відкритих розрахунково-логічних задач та запропоновано структуру бази даних, що забезпечує роботу процедури синтаксичного аналізу висловлювань обчислення предикатів.*

### *експертна система, метод резолюцій, синтаксичний розбір*

**Вступ.** Автоматизоване вирішення складних відкритих задач (ВЗ) [2] ускладнюється в наслідок невизначеності методів їх вирішення, відсутністю усієї необхідної інформації, великою розмірністю задачі та іншими факторами. До таких задач можна віднести задачі планування тактичних операцій, ухвалення рішення на застосування сил та засобів, визначення можливого місця і часу виникнення конфліктів. Вирішувати їх доцільно з використанням методів штучного інтелекту.

Це, в свою чергу, потребує розробки ефективних методів представлення, збереження та маніпулювання знаннями. Одним із ефективних методів вирішення розрахунково-логічних задач є метод резолюцій [7].

Робота процедури логічного виведення не можлива, якщо логічні висловлювання попередньо не були перетворені до стандартного вигляду [7]. Наприклад, маємо логічне висловлювання  $\forall xP(x) \rightarrow \exists xQ(x)$ . Якщо порівняти форму представлення логічного висловлювання предикатів першого порядку (ППП) та стандартний вигляд даного висловлювання для методу резолюцій (МР), то видно, що останній не містить кванторів і представляє собою кон'юнкцію диз'юнктивів:  $\neg P(z) \vee Q(z)$ .

Перетворення PPP до придатного для використання виду у МР являє складну задачу. На теперішній час дана задача перетворення PPP до стандартного вигляду проводиться з використанням тотожних перетворень когнітологом.

Тому розробка автоматизованої процедури перетворення PPP до стандартного вигляду МР та розробка бази даних (БД) для отриманих

результатів є актуальною задачею, яка потребує вирішення.

**Аналіз літератури.** Методи представлення знань та вирішення відкритих задач наведені в роботах [2, 3, 5, 8]

В роботі [5] викладені моделі та методи, які використовують при створенні комп'ютерних систем, здатних здійснювати функції, що вважаються інтелектуальними: придбання знань та навчання, логічний вивід. Але мало уваги приділяється описанню формальної теорії та автоматизації процесу виробки рішень, що не дає можливості наочно обгрунтувати обраний метод представлення знань.

Детально представлення формальної теорії та автоматизації процесу виробки рішень на основі методів штучного інтелекту наведене у роботах [2, 7, 8]. Найбільш відомий метод автоматичного доказу теорем, а саме МР, викладено в роботі [7], але недоліком робіт є звужений, суб'єктивно поданий погляд на предмет.

**Мета статті.** В статті приведено метод розробки алгоритму перетворення ППП до стандартного вигляду за вимогами МР.

**Основна частина.** Розробка методу автоматизованого перетворення висловлень обчислення предикатів до стандартного вигляду за вимогами МР здійснюється в декілька етапів. До них належать розробка алфавіту для представлення обчислення ППП на внутрішній мові (ВМ) системи логічного виведення; розробка структури БД, яка забезпечує процес синтаксичного аналізу висловлювань обчислення ППП; розробка процедури приведення висловлювань обчислення ППП до стандартного вигляду; алгоритм трансляції вихідного висловлювання.

**Розробка алфавіту для представлення обчислення предикатів першого порядку на внутрішній мові системи логічного виведення.**

До алфавіту А обчислювання предикатів належать символи предметних змінних  $x, y, z, u$ ; індивідні символи чи константи  $a, b, c, d$ ; функціональні символи  $f, g, h$ ; предикатні символи  $P, Q, R$ ; логічні зв'язування  $\wedge, \vee, \equiv, \rightarrow, \neg$ ; квантори  $\forall, \exists$  (для усіх, існують); допоміжні символи  $(, )$  (дужки).

Алфавіт А треба представити у БД, для подальшого використання експертною системою (ЕС), що обумовлює необхідність представлення його на ВМ ЕС.

Сформульовані правила перетворення алфавіту до внутрішнього представлення у БД ЕС.

Запис правил в БД виконується за правилами запису правильно побудованих формул обчислення ППП. Імена предикатів записуються російською мовою, але за допомогою прописних символів англійського алфавіту та цифр. Наприклад, предикат  $P(x)$  представляється як

Predikat1(Cx) Назва ППП не повинна починатись з цифри, довжина імені не має бути більш ніж 10 символів. Використання спеціальних символів в іменах не допускається. Перед предметними змінними записується символ С. Довжина змінних не повинна перевищувати 10 символів.

Вимоги до запису констант аналогічні вимогам до запису предметних змінних, але перед константою записується символ Y. Функціональні символи записуються таким же чином як предметні змінні, але перед ними записується символ V. Дужки позначаються так само.

Правила перетворення представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Алфавіт внутрішнього представлення висловлювань обчислення ППП

Назва символу чи логічної зв'язки	Алфавіт предикатів	Алфавіт внутрішнього представлення
Предикатний символ	P ... R	Pred1 ... Pred2
Індивідний символ	a ... d	Ya ... Yd
Функціональний символ	f ... h	Vf ... Vh
...	...	...
Еквівалентність -	$\leftrightarrow$	ekv
Заперечення -	$\neg$	net
Квантор (для усіх) -	$\forall$	vse
Квантор (існують) -	$\exists$	such

Автоматичне перетворення алфавіту предикатів до алфавіту внутрішнього представлення здійснюється на основі синтаксичного аналізу висловлювань обчислення предикатів.

### **Розробка структури бази даних, що забезпечує процес синтаксичного аналізу висловлювань обчислення предикатів.**

БД розроблено за наступними принципами: висловлювання на основі обчислення предикатів, дозволяють описувати всі компоненти знань, які зберігаються у БД та необхідні для ефективної цілеспрямованої діяльності в предметній області; припускається можливість наповнення, видозміни, корекції знань в БД; розроблена БД забезпечує формування уявлення про реальність на ВМ, доступний для обробки на ЕОМ.

Принцип наповнення БД наступний.

Вихідні висловлювання представлені у вигляді ППП за допомогою транслятора (рис.1) та алфавіту мови внутрішнього представлення транслюються у висловлювання на мові внутрішнього представлення, але цього не достатньо для роботи МР. Потрібно привести отримані висловлювання до стандартного вигляду за вимогами методу.

Для цього використовуються тотожні перетворення [7], які здійснюють перехід від одних формул до рівнозначних формулам на ВМ. На базі правил перетворення та висловлювань представлених на мові внутрішнього представлення перетворювач виконує процедуру приведення до стандартного вигляду.

Таблиця відповідності (рис. 1) містить номери відповідності вихідних висловлювань до висловлювань, отриманих в результаті процедури приведення до стандартного виду, що дає можливість оператору контролювати процес синтаксичного аналізу висловлювань обчислення предикатів.

Таким чином, розроблена структура БД забезпечує процес синтаксичного аналізу висловлювань, що використовується у процедурі приведення висловлювань до стандартного вигляду.

**Розробка процедури приведення висловлювань обчислення ППП до стандартного вигляду.** Вона розпочинається з приведення висловлювання до попередньої нормальної форми, тобто до такого вигляду формул, в якому всі квантори винесені попереду формули:

$$(Q_1, x_1)(Q_2, x_2) \dots (Q_n, x_n)(M), \quad (1)$$

де  $(Q_i, x_i) = \{\forall x_i | \exists x_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Розглянемо приклад висловлювання обчислення ППП виду  $\forall xP(x) \rightarrow \exists xQ(x)$ , та задамо для нього граматику із фразовою структурою, що має вигляд [2]:

$$1. S \rightarrow M \text{ imply } M | M \text{ and } M;$$

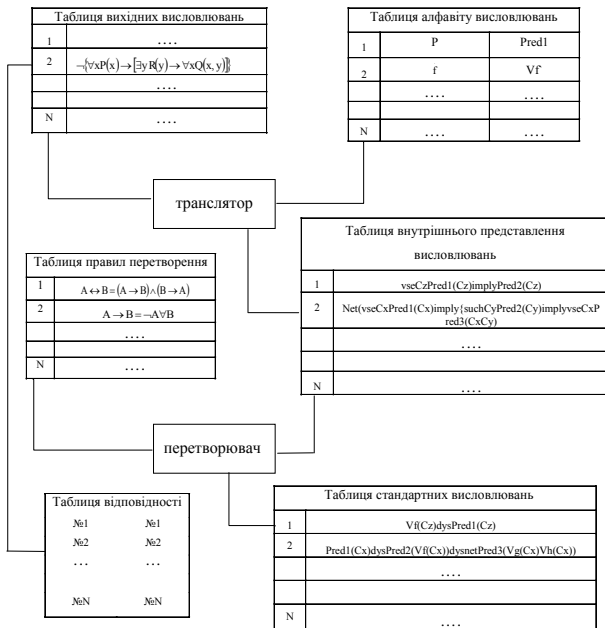


Рис. 1. Структура бази даних

$$2. M \rightarrow \forall x Cx \vee \exists x P(x) \vee \exists x \neg Cx \vee \exists x \neg P(x) \vee \exists x (Cx \wedge P(x)); \quad (2)$$

$$3. P \rightarrow \text{Pred1}T \vee \text{Pred2}T;$$

$$4. T \rightarrow (Cx);$$

$$5. \text{Pred1}, \text{Pred2} \rightarrow P|Q;$$

$$6. Cx \rightarrow 'x'.$$

З використанням формул (2) реалізується процес граматичного розбору, та трансляції на внутрішню мову БД ЕС.

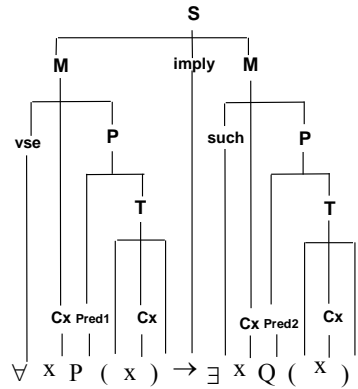


Рис. 2. Граматичний розбір

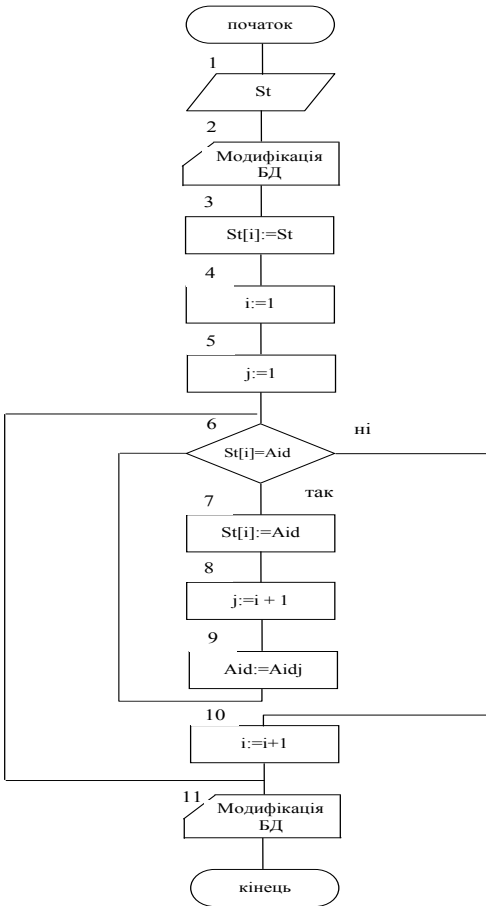


Рис. 3. Алгоритм трансляції вихідного висловлювання

Ця процедура наведена на рис. 2, а її алгоритм – на рис. 3.

Виходячи з (3) маємо:

$$A \rightarrow B = \neg A \vee B. \quad (3)$$

Вилучивши з формули знак імплікації:

$$\neg(\forall x P(x)) \vee \exists x Q(x).$$

У трансляторі це реалізується за допомогою граматичного розбору. З використанням цього принципу реалізуються всі процедури приведення до стандартного вигляду.

Таким чином, після заміни отримуємо формулу приведену до стандартного вигляду:  $\neg P(z) \vee Q(z)$ .

У такому вигляді формула використовується в подальшому для автоматичного доказу теорем та зберігається в БД ЕС.

Представимо алгоритм, який реалізує дану процедуру перетворення до стандартного вигляду, та дозволяє розробити програмну реалізацію.

**Алгоритм трансляції вихідного висловлювання.** Алгоритм передбачає трансляцію вихідного висловлювання на основі граматичного розбору (рис. 3).

Блок 1 передбачає введення вихідного висловлювання, що приводить до зміни структури БД, тобто її модифікації (Блок 2).

Блоки 3, 4, 5 необхідні для завдання початкових параметрів лічильників циклу.

Блок 6 визначає умову

$$St[i] = Aid,$$

де  $A = Y, V, C$ ,  $Pred$  і  $id = a...d$ ;  $f...h$ ;  $x...z$ ;  $1...n$ ., якщо вона виконується, то символи обчислення предикатів першого порядку замінюються на внутрішній алфавіт.

Після чого проводиться модифікація БД для занесення висловлювань у таблицю внутрішнього представлення висловлювань.

**Висновки.** Розроблена структура БД дозволяє реалізувати процедуру приведення висловлювань предикатів першого порядку до стандартного вигляду за вимогами МР. Процедура перетворення являє собою модифіковану процедуру синтаксичного розбору, що дозволяє перетворити предикат першого порядку до множини диз'юнктив.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Уотермен Д. *Руководство по экспертным системам: Перевод. с англ. / Под ред. В.Л. Стефанюка.* – М.: Мир, 1989. – 388 с.
2. Ярушек В.Е., Прохоров В.П., Судаков Б.Н., Мишин А.В. *Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления.* – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.
3. *Искусственный интеллект. Справочник в 3-х книгах. Книга 2. Модели и методы / Под ред. Д.А. Поспелова.* – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
4. Чень Ч., Ли Р. *Математическая логика и автоматическое доказательство теорем: Пер. с англ.* – М.: Наука, 1983. – 360 с.

Надійшла 23.01.2006

**Рецензент:** кандидат технічних наук, професор Б.Н. Судаков,  
Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.