

## **АНАЛІЗ ЕЛАСТИЧНИХ СЕМАНТИК ШАБЛОНІВ ВИКЛИКУ МОДИФІКАЦІЙНИХ ПРЕДИКАТНИХ ЗАПИТІВ**

*Запропоновано спосіб обчислення еластичних семантик для шаблонів виклику модифікаційних предикатних запитів для інформаційних систем на основі баз даних і знань, при якому використовується точна кількість змінних, які необхідні на кожному кроці виконання модифікацій запитів, що генеруються інтелектуальною інформаційною системою відповідно до вказівок користувача.*

### **Умовні позначення**

- $\mathfrak{R}$  – скінченний інформаційний простір;
- $K_B$  – база знань;
- $Q_M$  – модифікаційний предикатний запит;
- $K_{B+}(), K_{B-}()$  – модифікаційні літерали;
- $\ll$  – дескриптор модифікації;
- $O$  – система обмежень;
- $OB, RZ, PN$  – абстрактні операції, введені для еластичної семантики;
- $W_I$  – множина змінних;
- $I$  – інтерпретація;
- $S$  – семантика;
- $Sh$  – шаблон;
- $Z$  – ціль запиту;
- $KP$  – абстрактний оператор інтерпретації;
- $(\uparrow)\ll$  – процедура обчислення фіксованого значення на множині модифікації;
- $P$  – множина програм ініціалізації запитів.

### **Вступ**

Під семантикою будемо розуміти відображення, яке кожній програмі, створеній в заданій мові програмування, дозволяє поставити у відповідність певну практичну значимість реалізації. Для виконання оголошення абстрактної семантики для логічних програм із накладеними обмеженнями [1,2] використовується алгебраїчний підхід [3], що дозволяє отримувати ціле-незалежну семантику. Така семантика дозволяє обчислювати поведінку запиту, який ініціалізує дана програма, виконуючи оцінювання запиту в рамках семантики конкретної програми. Це особливість є дуже важливою для виконання глобального аналізу програми, коли потрібна інформація про програму, яка не залежить від вхідного потоку даних. Таким чином, ціле-незалежна семантика дозволяє отримувати характеристики, які є конкретними для кожного можливого запиту.

Шаблон виклику [4-10] є процедурою, яка застосовується під час обробки програм-ного запиту. Дана процедура є досить важливою для виконання аналізу програми, оскільки вона описує множину всіх можливих підстановок аргументів в момент виклику. Процедура шаблону виклику для логічної програми  $\Pi$  задається в рамках відповідної семантики, яка передбачає виконання трансформації вихідної програми.

Абстрактна інтерпретація [11-13] – це теорія, яка описує абстрактні відношення між абстрактними і конкретними семантиками. Основна ідея підходу полягає в перенесенні властивостей програми, одержаних в конкретній чіткій семантиці на випадок деякої приблизної, абстрактної семантики, що дозволяє явно одержати уявлення щодо структурної побудови запиту та його модифікації.

В [14] база знань розглядається як набір інформаційних сутностей атомарних предикатів з деякого скінченного інформаційного простору  $\mathfrak{R}$ . Всі зміни, що відбуваються в базі знань, розглядаються, як наслідок модифікаційних предикатних

запитів  $Q_M$ , що генеруються інтелектуальною інформаційною системою відповідно до вказівок користувача. Основою самих запитів є набір модифікаційних предикатних правил. Розглядаються два типи правил:

$$Q_M \longleftrightarrow (K_B)^{\ll} \parallel_{K_{B_+}(o)} \ll K_{B_+}(o_1), \dots, K_{B_+}(o_l), K_{B_-}(p_1), \dots, K_{B_-}(p_m), \quad (1)$$

$$Q_M \longleftrightarrow (K_B)^{\ll} \parallel_{K_{B_-}(o)} \ll K_{B_+}(o_1), \dots, K_{B_+}(o_l), K_{B_-}(p_1), \dots, K_{B_-}(p_m), \quad (2)$$

де  $o, o_i, p_i \in \mathfrak{A}$ . Основна ідея такого запису правил полягає в тому, що  $K_{B_+}(o)$  означає, що атомарний предикат  $o$  повинен бути включений в базу знань  $K_B$ , а  $K_{B_-}$  означає, що  $o$  – повинен бути виключений з бази знань, а  $(K_B)^{\ll}$  - означає модифікацію бази знань на рівні логічної зв'язаності предикатних правил, як наслідок виконання операцій додавання і вилучення правил.

Проте недослідженим залишається питання семантичних аспектів застосування введеного формально-логічного апарату модифікаційних предикатних запитів, як інструменту для підтримки діалогу з користувачем в інформаційних інтелектуальних системах на основі баз даних і знань.

Нами запропоновано спосіб обчислення абстрактних семантик для шаблонів виклику модифікаційних предикатних запитів. Проте, в загальному випадку, як показали виконані дослідження семантики, задані відповідно до введених означень не можуть бути обчислені за допомогою скінченного числа кроків.

Розв'язок даної задачі є логічним наслідком спостереження про те, що якщо навіть кількість попарно різних змінних в твердженні може бути великою, то кількість різних змінних в будь-якому з обмежень, що описують запит в загальному випадку, є низькою. Таким чином, можна використовувати найменшу множину змінних, які необхідні на кожному конкретному кроці означення оператора безпосереднього слідування.

Тому метою даної статті є побудова відповідної версії еластичної семантики [3] для шаблонів виклику модифікаційних предикатних запитів, при обчисленні якої використовується точна кількість змінних, які необхідні на кожному кроці виконання запиту.

### Еластичні семантики для шаблонів виклику

**Означення 1.** Еластичною системою обмежень над множиною змінних  $W_1$  будемо вважати набір множин  $O = \{O_w\}_{w \in r_f(W_1)}$  разом із чотирма операціями для заданого  $W \in r_f(W_1)$  :

$$*O_w : O_w \times O_w \rightarrow O_w; \quad (3)$$

$$OB_m^{O_w} : O_w \rightarrow O_{w \setminus m}, \text{ де } m \in W; \quad (4)$$

$$RZ_y^{O_w} : O_w \rightarrow O_{w \cup y}, \text{ } y \in W_1 \setminus W; \quad (5)$$

$$PN_{y \rightarrow m}^{O_w} : O_w \rightarrow O_{(w \setminus y) \cup m}, \text{ де } y \in W \text{ і } m \in W_1 \setminus W. \quad (6)$$

Розширимо введені операції наступним чином:

$$OB_{\{x_1, \dots, x_n\}}^{O_w} h = OB_{x_1}^{O_w \setminus \{x_1, \dots, x_n\}} \dots OB_{x_n}^{O_w} h, \quad (7)$$

$$RZ_{\{x_2, \dots, x_n\}}^{O_w} h = RZ_{x_1}^{O_w \setminus \{x_2, \dots, x_n\}} \dots RZ_{x_n}^{O_w} h, \quad (8)$$

$$PN_{\langle x_1, \dots, x_n \rangle \rightarrow \langle V_1, \dots, V_n \rangle}^{O_w} h = PN_{x_1 \rightarrow V_1}^{O_{(w \cup \{V_1, \dots, V_n\}) \setminus \{x_2, \dots, x_n\}}} \dots PN_{x_n \rightarrow V_n}^{O_w} h. \quad (9)$$

В даному випадку доцільною буде незначна зміна означення 1, оскільки тепер вимагається, щоби кожному обмеженню  $h$ , яке описує ціль запиту, явним чином було поставлено у відповідність множину змінних  $W$  таких, що  $h \in Q_w$ .

В загальному випадку еластичні семантики для шаблонів виклику є подібними до абстрактних семантик, побудованих на основі означення 1.

**Означення 2.** Еластичною системою обмежень для шаблонів виклику є еластична система обмежень, задана згідно з означенням 1 з виділеними елементами  $\theta_{\bar{x}, \bar{y}}^{O_w}$  для  $\forall w \in r_f(w_1)$  і  $\bar{x}, \bar{y} \in w$ .

**Означення 3.** Еластичною інтерпретацією для шаблонів виклику над  $O$  є відображення

$$i : P \rightarrow u_{w \in r(p \cup L)}^{min} r(O_w \cup L \cup (O_w \times P)), \quad (10)$$

таке що

$$i(\pi^n) \in r(O_{\{v_1, \dots, v_n\}} \cup (O_{L \cup \{v_1, \dots, v_n\}} \times P)) \quad (11)$$

для кожного  $\pi^n \in P$ . Множину еластичних інтерпретацій для шаблонів виклику над  $O$  позначимо через  $i_{Sh}^O$ .

Еластичні інтерпретації для шаблонів виклику впорядковані з допомогою операції включення для множин:

$i_1 \leq i_2$  тоді і тільки тоді, коли  $i_1(\pi) \leq i_2(\pi)$  для кожного  $\pi \in P$ . Множина  $i_{Sh}^O$  є повною структурою щодо операції впорядкування  $\leq$ . Операції визначення найменшої верхньої межі і найбільшої нижньої межі задамо наступним чином:

$$U_{k \in K}^{min} \{i_k\}(\pi) = U_{k \in K}^{min} (i_k(\pi)), \quad (12)$$

$$L_{k \in K}^{max} \{i_k\}(\pi) = L_{k \in K}^{max} (i_k(\pi)), \quad (13)$$

де  $\{i_k\}_{k \in K} \subseteq i_{Sh}^O$  і  $K \subseteq N$ . Інтерпретація операції:  $\perp$  наступна:  $\perp(\pi) = \emptyset$ , для кожного  $\pi \in P$ .

Тепер означимо спосіб оцінювання цілі запиту із меншою кількістю змінних.

**Означення 4.** Для заданих  $\{w_A, w_B\} \subseteq O_{w_{A_2} \cup L} \cup (O_{w_2} \times P)$  означимо:

$$\begin{aligned} & \langle S_1, W_{A_1} \rangle \Theta_{Sh}^O \langle S_2, W_{A_2} \rangle = \\ & = \left\langle \left. \begin{array}{l} h_1 \in S_1, h_2 \in S_2 \\ h_1' = RZ_{w_{A_2} \setminus L \setminus w_{A_1}}^{O_{w_{A_1}}} h_1, \\ h_2' = RZ_{w_{A_1} \setminus L \setminus w_{A_2}}^{O_{w_{A_2}}} h_2, \\ h_1' *^{O_{(w_{A_1} \cup w_{A_2}) \setminus L}} h_2' \text{ є визначена} \end{array} \right| \left. \begin{array}{l} h_1' *^{O_{w_A \cup w_B}} h_2' \end{array} \right\rangle \\ & \cup \left\langle \left. \begin{array}{l} h_1 \in S_1, \langle h_2, \pi \rangle \in S_2, \\ h_1' = RZ_{w_{A_2} \setminus w_{A_1}}^{O_{w_{A_1}}} h_1, \\ h_2' = RZ_{w_{A_1} \setminus w_{A_2}}^{O_{w_{A_2}}} h_2, \\ h_1' *^{O_{w_{A_1} \cup w_{A_2}}} h_2' \text{ є визначена} \end{array} \right| \left. \begin{array}{l} h_1' *^{O_{w_{A_1} \cup w_{A_2}}} h_2', \pi \end{array} \right\rangle \right\rangle \quad (14) \end{aligned}$$

$$\cup \{ \langle h_1, \pi \rangle \mid \langle h_1, \pi \rangle \in S_1 \}, w_{A_1} \cup w_{A_2} \},$$

і в той же час

$$\begin{aligned} & \langle S_1, w_{A_1} \rangle \circ_{Sh}^O \langle S_1, w_{A_2} \rangle = \left\{ RZ_{w_{A_2} \setminus L \setminus w_{A_1}}^{O_{w_{A_1}}} h \mid h \in S_1 \right\} \cup \\ & \cup \left\{ \langle RZ_{w_{A_2} \setminus w_{A_1}}^{O_{w_{A_1}}} h, \pi \rangle \mid \langle h, \pi \rangle \in S_1 \right\} \cup \left\{ \langle RZ_{w_{A_1} \setminus L \setminus w_{A_2}}^{O_{w_{A_2}}} h \mid h \in S_2 \right\} \\ & \cup \left\{ \langle RZ_{w_{A_1} \setminus w_{A_2}}^{O_{w_{A_2}}} h, \pi \rangle \mid \langle h, \pi \rangle \in S_2 \right\} \cup \left\{ \langle h, \pi \rangle \in S_2 \mid w_{A_1} \cup w_{A_2} \right\}. \end{aligned} \quad (15)$$

Для заданого  $S \in U_{w \in r_f(w)}^{min} (O_{w/L} \cup (O_w xP))$  означимо:

$$PN_{\bar{x} \rightarrow \bar{y}}^{O_w}(S) = PN_{\bar{x} \rightarrow \bar{y}}^{O_{w/L}} \{c \in S \mid c \in O_{w/L}\} \cup \{ \langle PN_{\bar{x} \rightarrow \bar{y}}^{O_w} c, \pi \rangle \mid \langle c, \pi \rangle \in S \}; \quad (16)$$

$$RZ_{\bar{x}}^{O_w}(S) = RZ_{\bar{x} \setminus L}^{O_{w/L}} \{c \in S \mid c \in O_{w/L}\} \cup \{ \langle RZ_{\bar{x}}^{O_w} c, \pi \rangle \mid \langle c, \pi \rangle \in S \}; \quad (17)$$

$$OB_{\bar{x}}^{O_w}(S) = OB_{\bar{x}}^{O_{w/L}} \{c \in S \mid c \in O_{w/L}\} \cup \{ \langle OB_{\bar{x}}^{O_w} c, \pi \rangle \mid \langle c, \pi \rangle \in S \}. \quad (18)$$

Тепер маємо дати означення для

$$KP^0[ ]: Z^o xi^o \rightarrow U_{w \in r_f(w)}^{min} (r(O_{w/L} \cup (O_w xP))x\{w\}) \quad (19)$$

наступним чином

$$KP^0[\langle h, w \rangle]i = \{h\}, w >; \quad (20)$$

$$KP^0[Z_1 i Z_2]i = KP^0[Z_1]i \Theta_{Sh}^O KP^0[Z_2]i; \quad (21)$$

$$KP^0[Z_1 \text{ або } Z_2]i = KP^0[Z_1]i \Theta_{Sh}^O KP^0[Z_2]i; \quad (22)$$

$$KP^0[\pi(x_1, \dots, x_n)]i = \left\{ \langle \theta_{\langle x_1, \dots, x_n \rangle, \langle l_1, \dots, l_n \rangle}^{O_{\{x_1, \dots, x_n\} \cup L}}, \pi \rangle \right\} PN_{\langle V_1, \dots, V_n \rangle, \langle x_1, \dots, x_n \rangle}^{O_{\{V_1, \dots, V_n\} \cup L}}; \quad (23)$$

$$\langle i(\pi), \{x_1, \dots, x_n\} \cup L \rangle. \quad (24)$$

Наступна лема стверджує, що введення означення  $KP^0[ ]$  є обґрунтованим.

**Лема 1.** Для заданих  $Z \in Z^o$  та  $i \in i_{Sh}^O$  маємо, що  $KP^0[Z]i = \langle S, w \rangle$ , де  $S \in r(O_{w/L} \cup (O_w xP))$ .

Тепер можна перейти до означення еластичного оператора безпосереднього слідування для шаблонів виклику.

**Означення 5.** Для заданого запиту  $Q \in Q^o$  означимо еластичний оператор безпосереднього слідування для шаблонів виклику  $R_Q^{Sh, el}: i_{Sh}^O \rightarrow i_{Sh}^O$  наступним чином:

$$R_Q^{Sh,el}(i)(\pi^n) = \begin{cases} PN_{\langle y_1, \dots, y_n \rangle, \langle V_1, \dots, V_n \rangle}^{O_{\{y_1, \dots, y_n\} \cup L}} , & RZ_{\langle y_1, \dots, y_n \rangle \cup L}^{O_{wn\{y_1, \dots, y_n\} \cup L}} \\ OB_w^{O_{\{y_1, \dots, y_n\} \cup L}}(S) \\ \text{якщо } \pi(y_1, \dots, y_n) \ll Z \in Q \text{ і } KP^o[Z] = \langle S, w \rangle \\ 0, \text{ в інших випадках} \end{cases} \quad (25)$$

для кожного предметного символу  $\pi^n \in P$ .

**Твердження 1.** Для заданого запиту  $Q \in Q^o$ ,  $R_Q^{Sh,el}$  є неперервним відображенням.

На основі введених означень задамо оголошення еластичної семантики шаблонів виклику модифікаційних предикатних запитів для інформаційних систем на основі баз даних і знань.

**Означення 6.** Для заданого запиту  $Q \in Q^o$  введемо еластичну семантику для шаблонів виклику наступним чином:

$$S_Q^{Sh,el} = \bigcup_{n \geq 0} R_Q^{Sh,el}(\uparrow)_{\ll n(\perp)} . \quad (26)$$

**Введені в даній роботі означення є обгрунтованими**, оскільки, наприклад, якщо виконати підстановку означення для введеної еластичної системи обмежень, вимагаючи при цьому, щоби всі обмеження, що описують ціль модифікаційного запиту не містили змінних Гербранда в  $W_i$ , то прийдемо до традиційних означень цілей в логічних програмах [6,8]. Виконання аналогічної підстановки для решти означень приведе в кінцевому підсумку до одержання класичної семантики логічних програм.

### Висновки

В даній статті запропоновано спосіб обчислення еластичних семантик для шаблонів виклику модифікаційних предикатних запитів для інформаційних систем на основі баз даних і знань. Подальші дослідження даного напрямку будуть зосереджені на конкретизації введених означень до рівня їх практичного застосування при побудові модифікаційних запитів в реальних Prolog - орієнтованих розробках інформаційних систем на основі баз даних і знань для нафтогазової предметної області.

*The method of calculation elastic semantics for patterns of modification predicate queries calls is offered for the information systems on the basis of databases and knowledges, which is build on precise number of variables, that is needed on each step of queries modifications, that are generated by intelegent information system accordingly to instructions of user.*

### Література

1. Armstrong T., Marriott K., Schachte P., Sondergaard H. Two Classes of Boolean Functions for Dependency Analysis. Science of Computer Programming.-1998.- 31(1)- P.3-45.
2. Bagnara R., Zaffanella E. Set-Sharing is Redundant for Pair-Sharing. In P. Van Hentenryck, editor, Proc. of the 4th Int. Symp. on Static Analysis, volume 1302 of Lecture Notes in Computer Science, Paris, France, 1997. Springer-Verlag, Berlin. - P.53-67.
3. Codish M., Lagoon V., Bueno F. An Algebraic Approach to Sharing Analysis of Logic Programs. Journal of Logic Programming.-2000.- 42(2).
4. Comini M., Meo M. C. Compositionality Properties of SLD-derivations. Theoretical Computer Science.- 1999.- 211(1-2).- P. 275-309.
5. Grove D., Furrow G., Dean J., Chambers C. Call Graph Construction in Object-oriented Languages. In Proc. of Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications.-1997.-OOPSLA'97.
6. Lunjin Lu. A Polymorphic Type Analysis in Logic Programs by Abstract Interpretation. Journal of Logic Programming.-1998.- 36(1).- P.1-54.
7. Scozzari F. Logical Optimality of Groundness Analysis. In P. Van Hentenryck, editor, Proceedings of the 4th International Static Analysis Symposium SAS'97, volume 1302 of Lecture Notes in Computer Science. Springer- Verlag.-1997.- P.83-97.
8. Smaus J.-G. and King A. Mode Analysis for Typed Logic Programs. In Proc. of the LOPSTR'99 Workshop, Venice, Italy.- September 1999. - P. 163-170.

9. Volpano D. Safety versus Secrecy. In A. Cortesi and G. File, editors, Static Analysis, volume 1694 of Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag.- 1999. - Springer-Verlag. - P. 303-311.
10. Zaffanella E., Bagnara R. Widening Sharing. In Gopalan Nadathur Editor, Proc. of the Principles and Practice of Declarative Programming Conference PPDP'99, volume 1702 of Lectures Notes in Computer Science.- Paris.- September 1999. Springer-Verlag. - P. 414-431.
11. Cortesi A., File G., Winsborough W. The Quotient of an Abstract Interpretation. Theoretical Computer Science.-1998.- 202(1-2).– P.163-192.
12. Giacobazzi R., Ranzato F., Scozzari F. Building Complete Abstract Interpretations in a Linear Logic-based Setting. In Static Analysis, Proceedings of the 5th International Static Analysis Symposium SAS 98, volume 1503 of Lecture Notes in Computer Science.- Springer-Verlag.-1998. – P. 215-229
13. Giacobazzi R., Scozzari F. A Logical Model for Relational Abstract Domains. ACM Transactions on Programming Languages and Systems.-1998.- 20(5). – P.1067-1109.
14. Шекета В.І. Модифікаційні предикатні запити, як інструмент підтримки діалогу з користувачем в інформаційних системах на основі баз даних і знань // Вісник Тернопільського державного технічного університету / Технічні науки – 2003.-Том 8-№4. - С.113-119.

*Одержано 24.12.2003 р.*