O. Clarisse, S. Chang // Visual Languages. – 1986. – 152 p. 22. Fowler M. ProjectionalEditing [Electronic Resource] // Режим доступу: http://martinfowler.com/bliki/ProjectionalEditing.html. – Last access: 2008. – Title from the screen. 23. Donzeau-Gouge V. Programming environments based on structured editors: The Mentor experience / V. Donzeau-Gouge, G. Huet, G. Kahn, B. Lang // INRIA Research report. – 1980. – № 26. – 13 p. 24. Shneiderman, B. Direct Manipulation. A Step Beyond Programming Languages / B. Shneiderman // IEEE Computer 16. – 1982. – № 8. – 57 p. 25. Bederson, B. B., Grosjean, J., & Meyer, J. (2004). Toolkit Design for Interactive Structured Graphics, IEEE Transactions on Software Engineering, 30 (8), pp. 535-546. 26. Maloney J. Scratch: A Sneak Preview / J. Maloney, L. Burd, Y. Kafai, N. Rusk, B. Silverman, M. Resnick // C5'04 Proceedings of the Second International Conference on Creating, Connecting, and Collaborating through Computing. – 2004. – 106 p. 27. Hodych O.V. Object-relational mapping: Limitations of data querying / O.V. Hodych, N.B. Chaykivskyy, Y.O. Prokopiv, O.L. Maikovych // SAIT-2013 Conference proceedings. – 2013. – 376 p.

УДК 004.652.43+004.652.44

А.Г. Григорович[1], В.Г. Григорович[2]
[1] Дрогобицький державний педагогічний університет ім. Івана Франка,
[2] Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра інформаційних систем та мереж

ПОДАННЯ РЕЛЯЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ ЗАСОБАМИ РЕЛЯЦІЙНОГО ЧИСЛЕННЯ ДОМЕНІВ ДЛЯ НЕНОРМАЛІЗОВАНИХ ВІДНОШЕНЬ

Запропоновано вирази реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентні операціям розширеної реляційної алгебри.

Ключові слова: ненормалізовані відношення, реляційне числення доменів, реляційні операції, реляційна алгебра.

This article presents expressions of relational calculus of domains for nested relations equivalent to extended relational algebra operations.

Key words: nested relations, relational calculus of domains, relational operations, relational algebra.

Вступ

Дослідження, проведені в межах науково-дослідних робіт "Моделювання складних інформаційно-комп'ютерних систем. Розробка та впровадження сучасних інформаційних технологій" (№ державної реєстрації 0109U002838), "Розробка систем підтримки прийняття рішень в складних інформаційно-управляючих комплексах" (№ державної реєстрації 0109U002424) і "Розробка систем підтримки прийняття рішень з управління розвитком складних розподілених техніко-економічних та соціально-економічних систем" (№ державної реєстрації 0111U002287), показали, що існує актуальна наукова задача обробки великих масивів інформації, яка зберігається у сховищах даних. Така інформація є композитною, тобто складною, отримана з різних джерел та у різних форматах. Спроби застосувати до обробки композитних інформаційних об'єктів нормалізовані підходи виявили ряд недоліків: нормалізація призводить до втрати важливих маркетингових даних та зв'язків між сутностями; не дає суттєвих переваг щодо прискорення процесу обробки; в деяких випадках нормалізація заважає використовувати стандартні методи видобування даних (Data Mining), наприклад, пошук асоціативних правил, тому що деякі зв'язки між сутностями втрачено. Одним із засобів вирішення цих проблем є використання ненормалізованих відношень (nested relations) для подання та опрацювання даних композитних об'єктів.

Метою статті є подання операцій розширеної реляційної алгебри засобами реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень.

Поняття ненормалізованих відношень вперше ввів A. Makinouchi [1], в роботах якого показано, що програми опрацювання баз даних, зокрема такі, як системи отримання інформації (Information Retrieval Systems) або системи автоматизованого проектування та виробництва (Computer-Aided Design and Manufacturing, CAD/CAM) потребують збереження та опрацювання структури властивостей об'єктів, чого не припускає перша нормальна форма. В ненормалізованих реляційних базах даних, які досліджували G. Jaeschke, H. Schek [2–4], вимоги першої нормальної форми відкидаються, і для атрибутів допускаються значення, які є структурами простих значень. Ненормалізовані відношення набули подальшого розвитку у зв'язку із широким застосуванням об'єктно-реляційної моделі даних, що припускає складні типи даних для атрибутів у кортежах, в тому числі неатомарні значення, зокрема вкладені відношення. В [5] наведено інтуїтивне визначення ненормалізованих відношень: "скрізь, де дозволяються атомарні (скалярні) значення, дозволяються також відношення, отже, допускаються відношення в складі відношень. При цьому зберігається основа реляційної моделі, хоч і порушується вимога першої нормальної форми". В. Пасічник та Ю. Грабовецький [6] розглядали основні теоретичні питання ненормалізованих реляційних баз даних: розширену реляційну алгебру та її властивості, питання нормалізації відношень, властивості залежностей даних. Крім традиційних операцій реляційної алгебри (об'єднання, перетину, різниці, декартового добутку, вибірки, проекції, з'єднання), для ненормалізованої реляційної моделі вводять операції розширеної реляційної алгебри упакування ***NEST,*** розпакування ***UNNEST***. Реляційну алгебру після введення операцій ***NEST, UNNEST*** називають *розширеною реляційною алгеброю*.

Реляційне числення доменів для ненормалізованих відношень побудоване в [7]. У [8], використовуючи метод математичної індукції, доведено теорему про еквівалентність виразів реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень і розширеної реляційної алгебри. У [9] побудовано та доведено еквівалентні теоретико-множинним операціям формули реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень.

Подання операцій розширеної реляційної алгебри засобами реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень

Еквівалентними ми будемо називати вирази реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень та розширеної реляційної алгебри, які дають однаковий результат, якщо в них аргументами є одні й ті ж відношення.

Використовуючи числення предикатів другого порядку, подамо вирази реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентні:

- спеціальним реляційним операціям;
- операціям зміни стану відношень;
- операціям над схемами відношень.

Спеціальні реляційні операції

<u>Операція проекції ненормалізованих відношень</u>

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції проекції ненормалізованого відношення $R(x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n, S)$ з вкладеним відношенням $S(y_1, y_2, \dots, y_l, \dots, y_m)$ на деяку підмножину потужності k множини атомарних атрибутів ненормалізованого відношення R та підмножину потужності l множини атрибутів вкладеного відношення S , подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{w_1,\dots w_k, T(u_1,\dots u_k) \mid \exists x_1\dots\exists x_k\ \exists y_1\dots\exists y_l\ (R(x_1,x_2,\dots,x_k,\dots,x_n,S(y_1,y_2,\dots,y_l,\dots,y_m)) \wedge \\ &w_1 = x_1 \wedge\dots\wedge w_k = x_k \wedge u_1 = y_1 \wedge\dots\wedge u_l = y_l\}\end{aligned} \quad (1)$$

Операція вибірки відношень

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції вибірки ненормалізованого відношення $R(x_1, x_2, \ldots, x_n, S)$ з вкладеним відношенням $S(y_1, y_2, \ldots, y_m)$ за критерієм $\Psi(R(x_1, x_2, \ldots, x_n, S(y_1, y_2, \ldots, y_m))$, подамо у такому вигляді:

$$\{x_1, x_2, ..., x_n, S(y_1, y_2, ..., y_m) \mid R(x_1, x_2, ..., x_n, S(y_1, y_2, ..., y_m)) \wedge \Psi(R(x_1, x_2, ..., x_n, S(y_1, y_2, ..., y_m)))\} \quad (2)$$

Операція умовного з'єднання відношень

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції умовного з'єднання двох ненормалізованих відношень $P(x_1, x_2, \ldots, Q, \ldots, x_n)$ з вкладеним відношенням $Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)$ та $R(y_1, y_2, \ldots, S, \ldots, y_m)$ з вкладеним відношенням $S(v_1, v_2, \ldots, v_l)$, за умовою Φ, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{w_1, w_2, ..., T, ..., w_n, w_{n+1}, w_{n+2}, ..., F, ..., w_{n+m} \mid \exists x_1 \exists x_2 ... \exists Q ... \exists x_n \exists y_1 \exists y_2 ... \exists S ... \exists y_m \\ &(P(x_1, x_2, ..., Q, ..., x_n) \wedge R(y_1, y_2, ..., S, ..., y_m) \wedge w_1 = x_1 \wedge w_2 = x_2 \wedge ... \wedge T = Q \wedge ... \wedge w_n = x_n \wedge \\ &w_{n+1} = y_1 \wedge w_{n+2} = y_2 \wedge ... \wedge F = S \wedge ... \wedge w_{n+m} = y_m \wedge \Phi(x_1, x_2, ..., Q, ..., x_n, y_1, y_2, ..., S, ..., y_m))\}\end{aligned} \quad (3)$$

Операція природного з'єднання відношень

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції природного з'єднання двох ненормалізованих відношень $P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q)$ та $R(y_1, y_2, \ldots, y_m, S)$, які мають k спільних атомарних атрибутів та вкладені відношення $Q(u_1, u_2, \ldots, u_h)$ та $S(v_1, v_2, \ldots, v_l)$ подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{w_1, w_2, ..., w_n, w_{n+1}, w_{n+2}, ..., w_{n+m-k}, T, F \mid \exists x_1 \exists x_2 ... \exists x_n \exists y_1 \exists y_2 ... \exists y_m \exists Q \exists S (P(x_1, x_2, ..., x_n, Q) \\ &\wedge R(y_1, y_2, ..., y_m, S) \wedge w_1 = x_1 \wedge w_2 = x_2 \wedge ... \wedge w_{n-k} = x_{n-k} \wedge w_{n-k} = y_1 \wedge ... \wedge w_n = x_n \wedge \\ &w_n = y_k \wedge w_{n+1} = y_{k+1} \wedge ... \wedge w_{n+m-k} = y_m \wedge T = Q \wedge F = S)\}.\end{aligned} \quad (4)$$

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції природного з'єднання двох ненормалізованих відношень $P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q)$ та $R(y_1, y_2, \ldots, y_m, Q)$, які мають однакове (однакові і схема і екземпляри цього відношення) вкладене відношення $Q(u_1, u_2, \ldots, u_h)$, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{w_1, w_2, ..., w_n, w_{n+1}, w_{n+2}, ..., w_{n+m}, T \mid \exists x_1 \exists x_2 ... \exists x_n \exists y_1 \exists y_2 ... \exists y_m \exists Q (P(x_1, x_2, ..., x_n, Q) \wedge \\ &R(y_1, y_2, ..., y_m, Q) \wedge w_1 = x_1 \wedge w_2 = x_2 \wedge ... \wedge w_n = x_n \wedge w_{n+1} = y_{k+1} \wedge ... \wedge w_{n+m} = y_m \wedge T = Q)\}.\end{aligned} \quad (5)$$

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції природного з'єднання двох ненормалізованих відношень $P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q(u_1, u_2, \ldots, u_h))$ та $R(y_1, y_2, \ldots, y_m, S(v_1, v_2, \ldots, v_l))$ таких, що їхні вкладені відношення $Q(u_1, u_2, \ldots, u_h)$ та $S(v_1, v_2, \ldots, v_l)$ мають k спільних атомарних атрибутів, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{w_1, w_2, ..., w_n, w_{n+1}, w_{n+2}, ..., w_{n+m}, T(z_1, z_2, ..., z_h, z_{h+1}, z_{h+2}, ..., z_{h+l-k}) \mid \exists x_1 \exists x_2 ... \\ &\exists x_n \exists y_1 \exists y_2 ... \exists y_m \exists u_1 \exists u_2 ... \exists u_h \exists n_1 \exists n_2 ... \exists n_l (P(x_1, x_2, ..., x_n, Q(u_1, u_2, ..., u_h)) \wedge R(y_1, y_2, ..., y_m, \\ &S(n_1, n_2, ..., n_l)) \wedge w_1 = x_1 \wedge w_2 = x_2 \wedge ... \wedge w_n = x_n \wedge w_{n+1} = y_1 \wedge ... \wedge w_{n+m} = y_m \wedge z_1 = u_1 \wedge \\ &z_2 = u_2 \wedge ... \wedge z_{h-k} = u_{h-k} \wedge z_{h-k} = n_1 \wedge ... \wedge z_h = u_h \wedge z_h = n_k \wedge z_{h+1} = n_{k+1} \wedge ... \wedge z_{h+l-k} = n_l)\}.\end{aligned} \quad (6)$$

Операції групування та агрегування

Розглянемо ненормалізоване відношення $R(x_1, \ldots, x_n, S)$ з вкладеним відношенням $S(y_1, \ldots, y_m)$. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операціям групування та агрегування, застосованих до ненормалізованого відношення $R(x_1, \ldots, x_n, S(y_1, \ldots, y_m))$, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{x_1, ..., x_k, z, S(y_1, ..., y_m) \mid \exists x_{k+1} \exists x_{k+2} ... \exists x_n (R(x_1, ..., x_k, x_{k+1}, ..., x_n, S(y_1, ..., y_m)) \wedge \\ &z = \Psi(x_{k+1}, ..., x_n))\},\end{aligned} \quad (7)$$

де $\Psi(x_{\kappa+1}, \ldots, x_n)$ – функція агрегування (напр. SUM(), AVG(), MIN(), MAX(), COUNT()); $x_1, \ldots, x_\kappa$, $S(y_1, \ldots, y_m)$ – ключі групування; $x_{\kappa+1}, \ldots, x_n$ – атрибути відношення R, за якими здійснюється агрегування.

Запис виразу реляційного числення доменів для випадку групування та агрегування за атрибутами вкладеного відношення принципово не відрізняється від (7).

Операції зміни стану відношень

Операція додавання нового кортежу до відношення

Нехай задано ненормалізоване відношення $P(x_1, \ldots, x_n, Q)$ з вкладеним відношенням $Q(u_1, \ldots, u_k)$. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний додаванню нового кортежу ненормалізованого відношення, у якому вкладене відношення є порожнє, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1,\ldots,y_n,R \mid \exists x_1\ldots\exists x_n \exists Q(P(x_1,\ldots,x_n,Q)\wedge y_1=x_1\wedge\ldots\wedge\\&y_n=x_n\wedge R=Q)\vee(y_1=a_1\wedge\ldots\wedge y_n=a_n\wedge R=\varnothing)\},\end{aligned} \tag{8}$$

де $a_1, \ldots, a_n$ – константи, що є значеннями атрибутів нового кортежу, який додається до ненормалізованого відношення P.

Розглянемо ненормалізоване відношення $P(x_1, \ldots, x_n, Q)$ з вкладеним відношенням $Q(u_1, \ldots, u_k)$. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції додавання нового кортежу до вкладеного відношення у вже існуючому ненормалізованому, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1,\ldots,y_n,R(n_1,\ldots,n_k) \mid \exists x_1\ldots\exists x_n \exists u_1\ldots\exists u_k\,(P(x_1,\ldots,x_n,Q(u_1,\ldots,u_k))\wedge y_1=x_1\wedge\ldots\wedge\\&y_n=x_n\wedge((n_1=u_1\wedge\ldots\wedge n_k=u_k)\vee(n_1=b_1\wedge\ldots\wedge n_k=b_k)))\},\end{aligned} \tag{9}$$

де $b_1, \ldots, b_k$ – константи, що є значеннями компонент нового кортежу, який додається до вкладеного відношення Q.

Розглянемо ненормалізоване відношення $P(x_1,\ldots, x_n, Q)$ з вкладеним відношенням $Q(u_1, \ldots, u_k)$. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції додавання нового кортежу, що складається з непорожніх атрибутів як ненормалізованого, так і вкладеного відношення, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1,\ldots,y_n,R(n_1,\ldots,n_k) \mid \exists x_1\ldots\exists x_n \exists u_1\ldots\exists u_k\,(P(x_1,\ldots,x_n,Q(u_1,\ldots,u_k))\wedge y_1=x_1\wedge\ldots\wedge\\&y_n=x_n\wedge n_1=u_1\wedge\ldots\wedge n_k=u_k)\vee(y_1=a_1\wedge\ldots\wedge y_n=a_n\wedge n_1=b_1\wedge\ldots\wedge n_k=b_k)\},\end{aligned} \tag{10}$$

де $a_1, a_2,\ldots, a_n$ – константи, що є значеннями компонент нового кортежу, який додається до ненормалізованого відношення P; $b_1, b_2,\ldots, b_k$ – константи, що є значеннями компонент нового кортежу, який додається до вкладеного відношення Q.

Операція вилучення кортежу з відношення

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції вилучення кортежу ненормалізованого відношення $P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q)$ з вкладеним відношенням $Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)$, подамо у такому вигляді:

$$\{x_1,x_2,\ldots,x_n,Q \mid P(x_1,x_2,\ldots,x_n,Q)\wedge\neg\Phi(x_1,x_2,\ldots,x_n,Q)\}, \tag{11}$$

де $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q)$ – формула реляційного числення, що описує правило вилучення кортежів.

Операція зміни значень атрибутів у кортежах

В реляційній алгебрі зміна значень атрибутів у кортежах може розглядатися як послідовне виконання операцій вилучення деяких кортежів із відношення та додавання нових. Нехай $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ – правило змін для випадку, коли змінюються атомарні компоненти кортежу ненормалізованого відношення, при цьому вкладене відношення залишається без змін. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції зміни значень атомарних атрибутів у кортежах для ненормалізованого відношення $P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q)$ з вкладеним відношенням $Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)$, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1,y_2,\ldots,y_n,R \mid \exists x_1\exists x_2\ldots\exists x_n \exists Q((P(x_1,x_2,\ldots,x_n,Q)\wedge\neg\Phi(x_1,x_2,\ldots,x_n)\wedge y_1=x_1\wedge y_2=x_2\wedge\ldots\\&\wedge y_n=x_n\wedge R=Q)\vee(P(x_1,x_2,\ldots,x_n,Q)\wedge\Phi(x_1,x_2,\ldots,x_n)\wedge y_1=a_1\wedge\ldots\wedge y_n=a_n\wedge R=Q))\},\end{aligned} \tag{12}$$

де $a_1, a_2,\ldots, a_n$ – константи, що є новими значеннями атомарних компонент кортежу ненормалізованого відношення P.

Цей вираз показує множину кортежів ненормалізованого відношення P, утворених значеннями змінних $x_1, x_2, \ldots, x_n, Q$, що не задовольняють правило $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q)$, а також такі кортежі, які задовольняють $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q)$ і компоненти яких набули нових значень.

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції зміни компонентів кортежу вкладеного відношення $Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)$ з незміненими значеннями атомарних компонентів ненормалізованого відношення $P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q)$, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1, y_2, \ldots, y_n, R(n_1, n_2, \ldots, n_k) \mid \exists x_1 \exists x_2 \ldots \exists x_n \exists u_1 \exists u_2 \ldots \exists u_k\, (P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)) \wedge \\ &\neg\Phi(Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)) \wedge y_1 = x_1 \wedge y_2 = x_2 \wedge \ldots \wedge y_n = x_n \wedge n_1 = u_1 \wedge n_2 = u_2 \wedge \ldots \wedge n_k = u_k) \vee \\ &(P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)) \wedge \Phi(Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)) \wedge y_1 = x_1 \wedge y_2 = x_2 \wedge \ldots \wedge y_n = x_n \wedge \\ &n_1 = b_1 \wedge n_2 = b_2 \wedge \ldots \wedge n_k = b_k))\},\end{aligned} \tag{13}$$

де b_1, $b_2, \ldots, b_k$ – константи, що є новими значеннями компонентів кортежу вкладеного відношення Q, $\Phi(Q(u_1, u_2, \ldots, u_k))$ – правило змін для випадку, коли змінюються атомарні компоненти кортежу вкладеного відношення.

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції зміни значень і атомарних компонентів кортежу ненормалізованого відношення, і значень компонентів кортежу вкладеного відношення, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1, y_2, \ldots, y_n, R(n_1, n_2, \ldots, n_k) \mid \exists x_1 \exists x_2 \ldots \exists x_n \exists u_1 \exists u_2 \ldots \exists u_k\, (P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)) \wedge \\ &\neg\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)) \wedge y_1 = x_1 \wedge y_2 = x_2 \wedge \ldots \wedge y_n = x_n \wedge n_1 = u_1 \wedge n_2 = u_2 \wedge \ldots \wedge \\ &n_k = u_k) \vee (P(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)) \wedge \Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q(u_1, u_2, \ldots, u_k)) \wedge y_1 = a_1 \wedge \\ &y_2 = a_2 \wedge \ldots \wedge y_n = a_n \wedge n_1 = b_1 \wedge n_2 = b_2 \wedge \ldots \wedge n_k = b_k))\},\end{aligned} \tag{14}$$

де a_1, $a_2, \ldots$, a_n – константи, що є новими значеннями атомарних компонент кортежу ненормалізованого відношення P; b_1, $b_2, \ldots$, b_k – константи, що є новими значеннями компонент кортежу вкладеного відношення Q; $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n, Q(u_1, u_2, \ldots, u_k))$ – правило змін для випадку, коли змінюються атомарні компоненти кортежу вкладеного відношення.

Операції над схемами відношень

<u>Операція додавання нового атрибута до відношення</u>

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентний операції додавання нового атомарного атрибута у ненормалізоване відношення $P(x_1, x_2, \ldots, Q, \ldots, x_n)$ з вкладеним відношенням $Q(v_1, v_2, \ldots, v_k)$, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1, y_2, \ldots, S, \ldots, y_{n+1} \mid \exists x_1 \exists x_2 \ldots \exists Q \ldots \exists x_n\, (P(x_1, x_2, \ldots, Q, \ldots, x_n) \wedge y_1 = x_1 \wedge \\ &y_2 = x_2 \wedge \ldots \wedge S = Q \wedge \ldots \wedge y_n = x_n \wedge y_{n+1} = a)\},\end{aligned} \tag{15}$$

де a – константа, яка є початковим значенням компонентів кортежів, які відповідають новому атомарному атрибуту ненормалізованого відношення.

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентний операції додавання нового атрибута у вкладене відношення $Q(v_1, v_2, \ldots, v_k)$, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1, y_2, \ldots, S(w_1, \ldots, w_k, w_{k+1}), \ldots, y_n \mid \exists x_1 \ldots \exists x_n \exists n_1 \ldots \exists n_k\, (P(x_1, x_2, \ldots, Q(n_1, \ldots, n_k), \ldots, x_n) \wedge \\ &y_1 = x_1 \wedge \ldots \wedge y_n = x_n \wedge w_1 = n_1 \wedge \ldots \wedge w_k = n_k \wedge w_{k+1} = b)\},\end{aligned} \tag{16}$$

де b – константа, яка є початковим значенням компонентів кортежів, які відповідають новому атомарному атрибуту вкладеного відношення.

Нехай задано ненормалізоване відношення $R(x_1, \ldots, x_n, Q)$ з вкладеним відношенням $Q(v_1, \ldots, v_k)$. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, який еквівалентний операції додавання нового вкладеного відношення $T(z_1, \ldots, z_l)$ у ненормалізоване відношення R, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1, \ldots, y_n, S(w_1, \ldots, w_k), T(z_1, \ldots, z_l) \mid \exists x_1 \ldots \exists x_n \exists n_1 \ldots \exists n_k\, (R(x_1, \ldots, x_n, Q(n_1, \ldots, n_k)) \wedge \\ &y_1 = x_1 \wedge \ldots \wedge y_n = x_n \wedge w_1 = n_1 \wedge \ldots \wedge w_k = n_k \wedge z_1 = b_1 \wedge \ldots \wedge z_l = b_l)\},\end{aligned} \tag{17}$$

де b_1, …, b_l – константи, які є початковими значеннями компонентів кортежів, які відповідають атрибутам нового вкладеного відношення.

Операція вилучення атрибута з відношення

Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентний операції вилучення атрибутів з деякого ненормалізованого відношення $R(x_1,\dots, x_n, Q)$ з вкладеним відношенням $Q(v_1, \dots, v_k)$, подамо у такому вигляді:

$$\{y_1,\dots,y_{n-1},S(w_1,\dots,w_{k-1})\,|\,\exists x_1\dots\exists x_n\exists n_1\dots\exists n_k\,(R(x_1,\dots,x_n,Q(n_1,\dots,n_k))\wedge y_1=x_1\wedge\dots\wedge y_{n-1}=x_{n-1}\wedge w_1=n_1\wedge\dots\wedge w_{k-1}=n_{k-1})\}. \quad (18)$$

У формулі (18) задано, що значення вилученого атрибута представляються n-ною компонентою у кортежах ненормалізованого відношення та k-тою – у кортежах вкладеного відношення.

Нехай задано ненормалізоване відношення $R(x_1, \dots, x_n , Q, P)$ з вкладеними відношеннями $Q(v_1, \dots, v_k)$ та $P(u_1, \dots, u_l)$. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентний операції вилучення вкладеного відношення P з ненормалізованого відношення R, подамо у такому вигляді:

$$\{y_1,\dots,y_n,S(w_1,\dots,w_k)\,|\,\exists x_1\dots\exists x_n\exists n_1\dots\exists n_k\,\exists u_1\dots\exists u_l(R(x_1,\dots,x_n,Q(n_1,\dots,n_k),P(u_1,\dots,u_l))\wedge y_1=x_1\wedge\dots\wedge y_n=x_n\wedge w_1=n_1\wedge\dots\wedge w_k=n_k)\}. \quad (19)$$

Операція розпакування *UNNEST*

Операція перетворює ненормалізоване відношення на нормалізоване.

Розглянемо ненормалізоване відношення $R(x_1,\dots, x_n, Q)$ з вкладеним відношенням $Q(v_1, \dots, v_k)$. У результаті виконання операції розпакування $UNNEST_F(R)$, де F: $x_{n-k+i}=v_i$, де $i = n-k+1, \dots, n$ позначає правило розпакування, отримаємо нормалізоване відношення. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентний операції $UNNEST_F(R)$, подамо у такому вигляді:

$$\{y_1,\dots,y_n,y_{n+1},\dots,y_{n+k}\,|\,\exists x_1\dots\exists x_n\exists n_1\dots\exists n_k\,(R(x_1,\dots,x_n,Q(n_1,\dots,n_k))\wedge y_1=x_1\wedge\dots\wedge y_n=x_n\wedge y_{n+1}=n_1\wedge\dots\wedge y_{n+k}=n_k)\}. \quad (20)$$

Приклад 1. Розглянемо ненормалізоване відношення ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ.НЕНОР(№, ПІП, Дільниця, ПРОФЩЕПЛЕННЯ(Назва, Доза, Дата)), показане в табл. 1.

Таблиця 1

Ненормалізоване відношення ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ.НЕНОР

Пацієнт-Профщеплення.Ненор					
№	ПІП	Дільни-ця	Профщеплення		
			Назва	Доза	Дата
101	Стахнів П.В.	25	БЦЖ	4	25.05.2009
			Правець	5	02.06.2010
			Коклюш	5	10.06.2011
103	Онищак В.А.	35	БЦЖ	4	23.05.2009
			Правець	4	12.06.2010

Подамо вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентний операції *UNNEST*, застосованій до ненормалізованого відношення ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ.НЕНОР:

{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6 | ∃ № ∃ ПІП ∃ Дільниця ∃ Назва ∃ Доза ∃ Дата(ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ.НЕНОР(№, ПІП, Дільниця, ПРОФЩЕПЛЕННЯ (Назва, Доза, Дата))) ∧ (y_1=№) ∧ (y_2= ПІП) ∧ (y_3= Дільниця) ∧ (y_4= Назва) ∧ (y_5= Доза) ∧ (y_6= Дата))}.

У результаті ненормалізоване відношення, показане в табл. 1, перетворюється на відношення у першій нормальній формі (1NF-відношення), показане в табл. 2.

Таблиця 2

Відношення у першій нормальній формі ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ

Пацієнт-Профщеплення					
№	ПІП	Дільниця	Назва	Доза	Дата
101	Стахнів П.В.	25	БЦЖ	4	25.05.2009
101	Стахнів П.В.	25	Правець	5	02.06.2010
101	Стахнів П.В.	25	Коклюш	5	10.06.2011
103	Онищак В.А.	35	БЦЖ	4	23.05.2009
103	Онищак В.А.	35	Правець	4	12.06.2010

Операція упакування *NEST*

Розглянемо відношення $R(x_1,\ldots, x_n)$. Операція упакування $NEST_F(R)$ утворює вкладене відношення $Q(v_1, \ldots, v_k)$ для однакових значень у заданій підмножині атрибутів $\{x_1,\ldots, x_{n-k}\}$ відношення R, де $\{v_1, \ldots, v_k\} \subset \{x_1,\ldots, x_n\}$, а F: $Q(v_i=x_{n-k+i})$, де $i = n-k+1, \ldots, n$ позначає правило упакування. Вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентний операції $NEST_F(R)$, подамо у такому вигляді:

$$\begin{aligned}&\{y_1,\ldots,y_{n-k}, Q(n_1,\ldots,n_k) \mid \exists x_1\ldots\exists x_n (R(x_1,\ldots,x_n) \wedge \\ &y_1 = x_1 \wedge\ldots\wedge y_{n-k} = x_{n-k} \wedge n_1 = x_{n-k+1} \wedge\ldots\wedge n_k = x_n)\}.\end{aligned} \tag{21}$$

Приклад 2. Розглянемо відношення ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ(№, ПІП, Дільниця, Назва, Доза, Дата), показане в табл. 2. Результатом застосування операції $NEST_{\text{ПРОФЩЕПЛЕННЯ=(НАЗВА,ДОЗА,ДАТА)}}$ (ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ) є ненормалізоване відношення ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ.НЕНОР(№, ПІП, Дільниця, ПРОФЩЕПЛЕННЯ (Назва, Доза, Дата), показане в табл. 1. Подамо вираз реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентний операції $NEST_{\text{ПРОФЩЕПЛЕННЯ=(НАЗВА,ДОЗА,ДАТА)}}$ (ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ):

{y_1, y_2, y_3, ПРОФЩЕПЛЕННЯ (y_4, y_5, y_6) | ∃ № ∃ ПІП ∃ Дільниця ∃ Назва ∃ Доза ∃ Дата (ПАЦІЄНТ-ПРОФЩЕПЛЕННЯ (№, ПІП, Дільниця, Назва, Доза, Дата) $\wedge$ (y_1=№) $\wedge$ (y_2= ПІП) $\wedge$ (y_3= Дільниця) $\wedge$ (y_4= Назва) $\wedge$ (y_5= Доза) $\wedge$ (y_6= Дата))}.

Висновки

Використовуючи числення предикатів другого порядку, подано вирази реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, еквівалентні операціям розширеної реляційної алгебри (спеціальним реляційним операціям, операціям зміни стану відношень, операціям над схемами відношень). Наведено приклади застосування виразів реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень. Побудовані вирази дають змогу формалізувати запис методів опрацювання ненормалізованих відношень у базах та сховищах даних.

Таке числення дає змогу застосовувати, наприклад, маркетингові дані безпосередньо в процедурах підтримки прийняття управлінських рішень та зробити пошук у сховищах даних більш ефективним з точки зору витраченого часу.

1. Makinouchi A. A consideration on normal form of not-necessarily-normalized relation in the relational data model / A. Makinouchi // Proceedings of the third international conference on Very large data bases – Volume 3. – Tokyo, 1977. – P. 447–453. 2. Jaeschke G. Remarks on the algebra of non first normal form relations / G. Jaeschke, H. Schek / In Proceedings of ACM Symposium on Principles of Database Systems/ – Los Angeles, March 1982. – P. 124–137. 3. Schek H. Data structures for an integrated data base management and information retrieval system / H. Schek, P. Pistor / In Proc. 8th International Conference on Very Large Databases. – Mexico City, Sep. 1982. – P. 197–207. 4. Shek H. The relational model with relation-valued attributes / H. Shek, M. Scholl // Information Systems, 11(2), *1986.– P. 137–147. 5. Silberschatz A. Database System Concepts: 5th Edition [Електронний ресурс] / A. Silberschatz, Henry F. Korth, S. Sudarshan. – McGraw-Hill, August 9, 2005. Режим доступу: URL: http://codex.cs.yale.edu/avi/db-book/db5/slide-dir/ch9.ppt. 6. Грабовецький Ю. В. Методичні вказівки до вивчення теми "Ненормалізовані реляційні моделі даних" курсу "Бази та банки даних і знань" для студентів спеціальності 2202 "Автоматизовані системи обробки інформації й управління". Ч.1,2. / Ю. В. Грабовецький, В. В. Пасічник // – Львів: ЛПІ, 1990. – 44 с. 7. Григорович А. Г. Реляційне числення доменів для ненормалізованих відношень / А. Г. Григорович , В. Г. Григорович // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2012. – №8 (179), Ч.2. – С. 24–30. 8. Григорович А. Г. Еквівалентність виразів реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень та розширеної реляційної алгебри / А. Г. Григорович, В. Г. Григорович // Вісник Національного університету "Львівська політехніка": Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2013. – № 751. – С. 292–299. 9. Григорович А. Г. Побудова та доведення формул реляційного числення доменів для ненормалізованих відношень, що еквівалентні теоретико-множинним операціям / А. Григорович, В. Григорович // Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції (Луганськ, 31 травня – 1 червня 2012 р.). – Луганськ : Phoenix, 2012. – С. 27–28.*

УДК 004.716

Т.М. Гринчишин
Відкритий міжнародний університет розвитку людини "Україна",
Івано-Франківська філія, кафедра інформаційних технологій та програмування.

ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛЬНИХ КОДІВ НА ОСНОВІ КОДОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ГАЛУА

Викладено теоретичні основи та принципи формування сигнальних кодів, що використовуються для маніпуляції біт-орієнтованих потоків даних в інформаційних каналах комп'ютерних систем з врахуванням ступеня використання сигнальних просторів та форми сигналів, швидкості передавання повідомлень та ступеня захисту від помилок. Запропоновано нову методику безнадлишкового сигнального кодування біт-орієнтованих інформаційних потоків з використанням кодів поля Галуа, яка значно оптимізує і покращує відомі методи цифрового опрацювання даних з виявленням та виправленням помилок, та ефективно реалізується на основі запропонованих методів.

Ключові слова: канал зв'язку, методи маніпуляції, рекурентні коди, безнадлишкове кодування.

Theoretical bases and principles of forming of alarm kodas, which are used for manipulation of bit-oriented flows of data in the informative ductings of the computer systems taking into account the degree of the use of alarm spaces and form of signals, speed of transferrableness of reports and degree of defence, from errors, are expounded. In this article the new method of unsurplus of alarm codes of bit-oriented informative streams is offered with the use of kodas of the field of Galois, which considerably optimizes and improves the known methods of the digital working of information with an exposure and correction of errors, and effectively realized on the basis of the offered methods.

Key words: Communication channel, methods of manipulation, recurrent codes, unsurplus codes.

Вступ

Поширені системи передавання даних; їхні потенційні функціональні можливості способу передавання дискретної інформації забезпечують якісний та надійний цифровий оптичний зв'язок.