TẠP CHÍ KHOA HỌC TÍNH TOÁN VÀ ĐIỀU KHIỂN, SỐ 1, TẬP I (1985), 27–32

CÁC PHÉP CHUYỂN DỊCH LƯỢC ĐỒ QUAN HỆ

HỒ THUẦN và LÊ VĂN BẢO
Viện Khoa học Tính toán và điều khiển

TRONG bài này nghiên cứu một lớp các phép chuyển dịch lược đồ quan hệ cho phép từ một lược đồ quan hệ cho trước thu được một lược đồ quan hệ đơn giản hơn theo một nghĩa nào đó (số thuộc tính ít hơn, các phụ thuộc hàm ngắn gọn hơn, việc xác định khóa ít cồng kềnh hơn, ...). Mặt khác từ tập các khóa của lược đồ quan hệ mới có thể dễ dàng thu được tập các khóa của lược đồ ban đầu bằng một phép «tịnh tiến» đơn giản.

Định nghĩa 1.1.

Cho $S = (U, F)$ là một lược đồ quan hệ, trong đó:

$$U = \{A_1, A_2, \ldots, A_n\}$$
$$F = \{L_i \to R_i,\ i = 1, 2, \ldots, k\}$$

và $Z \subseteq U$ là một tập con tùy ý của U.

Ta định nghĩa một lược đồ quan hệ mới (U_1, F_1) như sau:

$$U_1 = U \setminus Z$$
$$F_1 = \{L_i \setminus Z \to R_i \setminus Z \mid (L_i \to R_i) \in F,\ i = 1, \ldots, k\}$$

Khi đó ta nói (U_1, F_1) thu được từ (U, F) bằng phép Z – chuyển dịch và ký hiệu $(U_1, F_1) = (U, F) - Z$.

Chú ý

1. Tùy thuộc vào tính chất đặc trưng của lớp những tập Z được chọn, ta có lớp dịch chuyển tương ứng mang những nét đặc thù riêng.

2. Với phép Z – chuyển dịch định nghĩa trên, trong lược đồ (U_1, F_1) có thể xuất hiện những phụ thuộc hàm dạng $\phi \to Y$, $Y \subseteq U_1$ không mang ngữ nghĩa thông thường mà chuyển giữ thông tin từ lược đồ cũ sang lược đồ mới. Điều đó dẫn tới việc không loại trừ khả năng ϕ có thể là khóa của lược đồ quan hệ (U_1, F_1).

Trước hết ta chứng minh bổ đề quan trọng sau:

Bổ đề 1.1.

Cho (U, F) là một lược đồ quan hệ và

$$(U_1, F_1) = (U, F) - Z,\ Z \subseteq U.$$

Khi đó:

a) Từ $X \underset{F}{\to} Y$ suy ra $X \setminus Z \underset{F_1}{\to} Y \setminus Z$.

b) Từ $X \underset{F_1}{\to} Y$ suy ra $X \setminus Z \underset{F}{\to} Y \setminus Z$.

Trong đó $X \underset{F}{\to} Y$ ký hiệu $(X \to Y) \in F^+$.

Chứng minh:

Để chứng minh phần a) của bổ đề, ta sẽ chứng minh qui nạp rằng:

$$X_F^+ \setminus Z \subseteq (X \setminus Z)_{F_1}^+. \tag{1}$$

Theo thuật toán xác định bao đóng X^+ của X đối với F (tương tự đối với F_1) [1], ta có:

$$X_F^{(o)} \setminus Z \subseteq (X \setminus Z)_{F_1}^{(o)}.$$

Giả sử (1) đúng đối với i, tức

$$X_F^{(i)} \setminus Z \subseteq (X \setminus Z)_{F_1}^{(i)}. \tag{2}$$

Ta chứng minh (1) cũng đối với (i+1).

Thực vậy, ta có :

$$X_F^{(i+1)} \setminus Z = (X_F^{(i)} \cup (\bigcup_{L_j \subseteq X_F^{(i)}} R_j)) \setminus Z = (X_F^{(i)} \setminus Z) \cup (\bigcup_{L_j \subseteq X_F^{(i)}} R_j \setminus Z)$$

$$\subseteq (X \setminus Z)_{F_1}^{(i)} \cup (\bigcup_{L_j \subseteq X_F^{(i)}} (R_j \setminus Z))$$

(do giả thiết qui nạp (2)).

Mặt khác từ $L_j \subseteq X_F^{(i)}$ và giả thiết qui nạp (2), ta có :

$$L_j \setminus Z \subseteq X_F^{(i)} \setminus Z \subseteq (X \setminus Z)_{F_1}^{(i)}$$

Suy ra : $X_F^{(i+1)} \setminus Z \subseteq (X \setminus Z)_{F_1}^{(i)} \cup \left(\bigcup_{L_j \subseteq X_F^{(i)}} (R_j \setminus Z) \right) \subseteq (X \setminus Z)_{F_1}^{(i+1)}$

Như vậy (1) đã được chứng minh.

Mặt khác, như đã biết :

$$X \underset{F}{\rightarrow} Y \Leftrightarrow Y \supseteq X_F^+.$$

Vậy từ $X \underset{F}{\rightarrow} Y$, ta có :

$$Y \setminus Z \subseteq X_F^+ \setminus Z \subseteq (X \setminus Z)_{F_1}^+$$

Suy ra :

$$X \setminus Z \underset{F_1}{\rightarrow} Y \setminus Z$$

Tương tự, để chứng minh phần b) của bổ đề, ta sẽ chứng minh qui nạp rằng :

$$X_{F_1}^+ \cup Z \subseteq (X \cup Z)_F^+ \cdot \tag{3}$$

Trước hết ta có : $X_{F_1}^{(o)} \cup Z \subseteq (X \cup Z)_F^{(o)}$.

Giả sử (3) đúng với i, có nghĩa

$$X_{F_1}^{(i)} \cup Z \subseteq (X \cup Z)_F^{(i)}, \tag{4}$$

ta sẽ chứng minh (3) đúng với (i+1).

Thực vậy, ta có :

$$X_{F_1}^{(i+1)} \cup Z = X_{F_1}^{(i)} \cup \left(\bigcup_{L_j \setminus Z \subseteq X_{F_1}^{(i)}} (R_j \setminus Z) \right) \cup Z$$

$$= \left(X_{F_1}^{(i)} \cup Z \right) \cup \left(\bigcup_{L_j \setminus Z \subseteq X_{F_1}^{(i)}} (R_j \setminus Z) \right) \subseteq (X \cup Z)_F^{(i)} \cup \left(\bigcup_{L_j \setminus Z \subseteq X_{F_1}^{(i)}} R_j \right).$$

Nhưng từ $L_j \setminus Z \subseteq X_{F_1}^{(i)}$ và giả thiết qui nạp (4) ta có :

$$L_j \subseteq X^{(i)}_{F_1} \cup Z \subseteq (X \cup Z)^{(i)}_F.$$

Từ đó có:

$$X^{(i+1)}_{F_1} \cup Z \subseteq (X \cup Z)^{(i)}_F \cup \Big(\bigcup_{L_j \setminus Z \subseteq X^{(i)}_{F_1}} R_j \Big) \subseteq (X \cup Z)^{(i+1)}_F$$

Như vậy (3) đã được chứng minh.

Từ $X \underset{F_1}{\rightarrow} Y$ ta có $Y \subseteq X^+_{F_1}$.

Suy ra $Y \cup Z \subseteq X^+_{F_1} \cup Z \subseteq (X \cup Z)^+_F$, chứng tỏ:

$$X \cup Z \underset{F}{\rightarrow} Y \cup Z.$$

Định nghĩa 1.2.

Cho $S = (U, F)$ là một lược đồ quan hệ.

Gọi $K(U, F)$ là tập tất cả các khóa của S. Ta định nghĩa:

$$H = \bigcup_{X_i \in K(U,F)} X_i,$$

$$G = \bigcap_{X_i \in K(U,F)} X_i$$

Bây giờ ta đưa ra một cách phân loại các lược đồ quan hệ như sau:

$$\mathcal{L}_0 = \{ (U, F) \mid (U, F) \text{ là một lược đồ quan hệ} \}$$

$$\mathcal{L}_1 = \{ (U, F) \in \mathcal{L}_0 \mid U = L \cup R \}$$

$$\mathcal{L}_2 = \{ (U, F) \in \mathcal{L}_0 \mid L \subseteq R = U \}$$

$$\mathcal{L}_3 = \{ (U, F) \in \mathcal{L}_0 \mid R \subseteq L = U$$

$$\mathcal{L}_4 = \{ (U, F) \in \mathcal{L}_0 \mid L = R = U \}$$

Từ cách phân loại trên dễ thấy là:

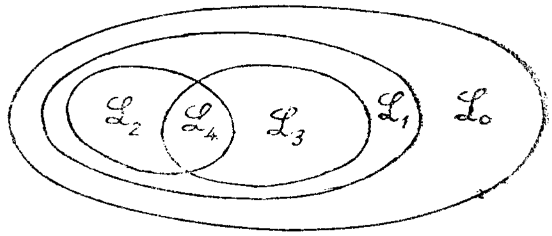
$$\mathcal{L}_4 \subseteq \mathcal{L}_3 \subseteq \mathcal{L}_1 \subseteq \mathcal{L}_0,$$

$$\mathcal{L}_4 \subseteq \mathcal{L}_2 \subseteq \mathcal{L}_1 \subseteq \mathcal{L}_0,$$

$$\mathcal{L}_4 = \mathcal{L}_2 \cap \mathcal{L}_3.$$

Hình 1 cho ta bức tranh về trật tự của các lớp $\mathcal{L}_0$, $\mathcal{L}_1$, $\mathcal{L}_2$, $\mathcal{L}_3$, $\mathcal{L}_4$.

Bây giờ ta có thể chứng minh các định lý sau:



Hình 1

Định lý 1, 2.

Cho (U, F) là một lược đồ quan hệ,

$$Z \subseteq G, \ (U_1, F_1) = (U, F) - Z.$$

Khi đó: X là một khóa của (U_1, F_1) khi và chỉ khi $X \cap Z = \phi$ **và** $X \cup Z$ **là một khóa** của (U, F).

Chứng minh:

Điều kiện tất yếu:

Giả sử X là khóa của (U_1, F_1).

Rõ ràng $X \subseteq U_1$. Suy ra $X \cap Z = \phi$.

Vì X là khóa của (U_1, F_1) nên $X \underset{F_1}{\rightarrow} U_1$

Theo bổ đề 1.1, ta có

$$X \cup Z \underset{F}{\rightarrow} U_1 \cup Z = U,$$

chứng tỏ $X \cup Z$ là siêu khóa của (U, F).

Bây giờ giả sử $X \cup Z$ không là khóa của (U, F). Khi đó tồn tại $\overline{X}$ là khóa của (U, F) sao cho:

$$Z \subseteq \overline{X} \subset X \cup Z.$$

Suy ra tồn tại $X_1 \subset X$ sao cho $\overline{X} = X_1 \cup Z$, $X_1 \cap Z = \phi$. Vì $\overline{X}$ là khóa của (U, F) nên

$$X_1 \cup Z \xrightarrow[F]{} U.$$

Áp dụng bổ đề 1.1 có

$$(X_1 \cup Z) \setminus Z \xrightarrow[F_1]{} U \setminus Z$$

tức

$$X_1 \xrightarrow[F_1]{} U_1.$$

Điều này mâu thuẫn với giả thiết X là khóa của (U_1, F_1).
Vậy $X \cup Z$ là một khóa của (U, F).

Điều kiện đủ:

Giả sử $X \cap Z = \phi$ và $X \cup Z$ là một khóa của (U, F). Ta phải chứng minh X là một khóa của (U_1, F_1).

Vì $X \cup Z$ là khóa của (U, F) nên $X \cup Z \xrightarrow[F]{} U$.

Áp dụng bổ đề 1.1. ta có:

$$(X \cup Z) \setminus Z \xrightarrow[F_1]{} U \setminus Z.$$

Suy ra (do $X \cap Z = \phi$): $X \xrightarrow[F_1]{} U_1$,

Chứng tỏ X là siêu khóa của (U_1, F_1).
Giả sử X không là khóa của (U_1, F_1). Khi đó tồn tại một khóa $\overline{X}$ của (U_1, F_1) sao cho:

$$\overline{X} \subset X \text{ và } \overline{X} \xrightarrow[F_1]{} U_1.$$

Áp dụng bổ đề 1.1, có:

$$\overline{X} \cup Z \xrightarrow[F_1]{} U_1 \cup Z = U,$$

trong đó

$$\overline{X} \cup Z \subset X \cup Z.$$

Điều này mâu thuẫn với giả thiết $X \cup Z$ là khóa của (U, F). Vậy X là một khóa của (U_1, F_1).

Định lý 1.3.

Cho (U, F) là một lược đồ quan hệ, $Z \subseteq U$, $Z \cap H = \phi$ và $(U_1, F_1) = (U, F) - Z$. Khi đó X là khóa của (U_1, F_1) khi và chỉ khi X là khóa của (U, F).

Chứng minh:

Điều kiện tất yếu:

Giả sử X là một khóa của (U_1, F_1). Ta có: $X \xrightarrow[F_1]{} U_1$.

Áp dụng bổ đề 1.1, suy ra

$$X \cup Z \xrightarrow[F]{} U_1 \cup Z = U.$$

Chứng tỏ $X \cup Z$ là siêu khóa của (U, F).
Suy ra tồn tại một khóa $\overline{X} \subseteq X \cup Z$ của (U, F).
Vì $Z \cap H = \phi$ nên $\overline{X} \cap Z = \phi$.
Từ đó dễ thấy là $\overline{X} \subseteq X$. Hai trường hợp có thể xảy ra:
a) Nếu $\overline{X} = X$ thì rõ ràng X là khóa của (U, F).
b) Nếu $\overline{X} \subset X$ thì vì $\overline{X}$ là khóa của (U, F) nên

$$\overline{X} \xrightarrow[F]{} U.$$

Áp dụng bổ đề 1.1, ta có:

$$\overline{X} \setminus Z \xrightarrow[F_1]{} U \setminus Z$$

hay

$$\overline{X} \xrightarrow[F_1]{} U_1.$$

Điều này mâu thuẫn với giả thiết X là khóa của (U_1, F_1).

Điều kiện đủ:
Giả sử X là khóa của (U, F), ta sẽ chứng minh X cũng là khóa của (U_1, F_1).

Ta có, theo định nghĩa của khóa:

$$X \xrightarrow[F]{} U.$$

Áp dụng bổ đề 1.1, suy ra:

$$X \setminus Z \xrightarrow[F_1]{} U \setminus Z = U_1.$$

Vì $Z \cap H = \phi$ nên $X \cap Z = \phi$.
Suy ra $X \xrightarrow[F_1]{} U_1$. Chứng tỏ X là siêu khóa của (U_1, F_1).

Bây giờ giả sử X không phải là khóa của (U_1, F_1). Khi đó tồn tại $\overline{X}$ là khóa của (U_1, F_1) với $\overline{X} \subset X$.
Ta có:

$$\overline{X} \xrightarrow[F_1]{} U_1.$$

Áp dụng bổ đề 1.1, suy ra $\overline{X} \cup Z \xrightarrow[F]{} U_1 \cup Z = U$. Chứng tỏ $\overline{X} \cup Z$ là siêu khóa của (U, F).

Suy ra tồn tại một khóa $\overline{\overline{X}}$ của (U, F) với:

$$\overline{\overline{X}} \subseteq \overline{X} \cup Z, \ \overline{\overline{X}} \cap Z = \phi.$$

Từ đó có:

$$\overline{\overline{X}} \subseteq \overline{X} \subset X.$$

Điều này mâu thuẫn với giả thiết X là khóa của (U, F).
Định lý được chứng minh hoàn toàn.

Trên cơ sở các định lý 1.2 và 1.3, sau đây *ta sẽ chỉ xét lớp các Z − chuyền dịch với* $Z = Z_1 \cup Z_2$, $Z_2 \cap Z_2 = \phi$, $Z_1 \subseteq G$, $Z_2 \cap H = \phi$, Z_1 và Z_2 không đồng thời bằng rỗng.
Khi đó nếu

$$(U_1, F_1) = (U, F) - Z$$

thì, áp dụng liên tiếp các định lý 1.3 và 1.2 theo thứ tự cho Z_2 − chuyền dịch và Z_1 − chuyền dịch, ta có X là khóa của (U_1, F_1) khi và chỉ khi

$$X \cap Z = \phi \text{ và } X \cup Z_1 \text{ là khóa của } (U, F).$$

Để cho tiện, sau này ta còn dùng ký hiệu

$$(F, F) \xRightarrow[\rho=(Z, Z_1)]{} (U_1 F_1)$$

với ý nghĩa của ρ là rõ ràng.

Để tiếp tục ta nhắc lại một kết quả trong [1]:
Cho S = (U, F) là một lược đồ quan hệ với

$$F = \{ L_i \rightarrow R_i, \ i = 1, 2, ..., k \}$$

Ký hiệu

$$L = \bigcup_{i=1}^{k} L_i, \quad R = \bigcup_{i=1}^{k} R_i$$

Khi đó, điều kiện cần để $X \subseteq U$ là một khóa của S là:

$$U \setminus R \subseteq X \subseteq (U \setminus R) \cup (L \cap R).$$

Với $V \subseteq U$, ký hiệu $\overline{V} = U \setminus V$
Dễ dàng thấy được:

$$\overline{L \cup R} \subseteq U \setminus R \subset G$$
$$L \setminus R \subseteq U \setminus R \subseteq G$$
$$R \setminus L \subseteq \overline{H}, \quad \text{suy ra: } (R \setminus L) \cap H = \phi.$$

Dễ chứng minh bổ đề sau:

Bổ đề 1.4.

Cho S = (U, F) là một lược đồ quan hệ, $Z \subseteq G$ với G là giao của tất cả các khóa của *S*.

Khi đó $(Z^+ \setminus Z) \cap H = \phi$,
trong đó H là hợp của tất cả các khóa của S.

Từ các kết quả trên, các định lý sau đây là hiển nhiên.

Định lý 1.5. Cho (U, F) là lược đồ quan hệ thuộc $\mathcal{L}_0$. Khi đó

a) $(U, F) \underset{\rho = (L \cup R,\ \overline{L \cup R})}{\Longrightarrow} (U, F) - \overline{L \cup R}$

và $(U, F) - \overline{L \cup R} \in \mathcal{L}_1$.

b) $(U, F) \underset{\rho = (L \cup R \cup (L \setminus R)^+,\ \overline{L \cup R \cup (L \setminus R)})}{\Longrightarrow} (U, F) - \overline{(L \cup R \cup (L \setminus R)^+)}$

và $(U, F) - \overline{(L \cup R \cup (L \setminus R)^+)} \in \mathcal{L}_2$

c) $(U, F) \underset{\rho = (L \cup R \cup (R \setminus L),\ \overline{L \cup R})}{\Longrightarrow} (U, F) - \overline{(L \cup R \cup (R \setminus L))}$

và $(U, F) - \overline{(L \cup R \cup (R \setminus L))} \in \mathcal{L}_3$.

d) $(U, F) \underset{\rho=(L\cup R\cup(L\setminus R)^+\cup(R\setminus L),\ \overline{L\cup R\cup(L\setminus R)})}{\Longrightarrow} (U, F)-\overline{(L\cup R\cup(L\setminus R)^+\cup(R\setminus L))}$

và $(U, F) - \overline{(L \cup R \cup (L \setminus R)^+ \cup (R \setminus L))} \in \mathcal{L}_4$.

Định lý 1.6. Cho (U,F) là lược đồ quan hệ thuộc $\mathcal{L}_1$. Khi đó

a) $(UF) \underset{\rho=((L\setminus R)^+,\ L\setminus R)}{\Longrightarrow} (U,F) - (L\setminus R)^+$

và $(U, F) - (L\setminus R)^+ \in \mathcal{L}_2$.

b) $(U, F) \underset{\rho=(R\setminus L,\ \phi)}{\Longrightarrow} (U, F) - (R \setminus L)$

và F $(U, F) - (R\setminus L) \in \mathcal{L}_3$.

c) $(U, F \underset{\rho=((L\setminus R)^+\cup(R\setminus L),L\setminus R)}{\Longrightarrow} (U, F) - (L\setminus R)^+\cup (R\setminus L)$

và $(U, F) - (L\setminus R)^+ \cup (R\setminus L) \in \mathcal{L}_4$.

Định lý 1.7. Cho (U, F) là lược đồ quan hệ thuộc $\mathcal{L}_2$. Khi đó

$(U, F) \underset{\rho=(R\setminus L,\phi)}{\Longrightarrow} (U, F) - (R\setminus L)$

và $(U, F) - (R\setminus L) \in \mathcal{L}_4$.

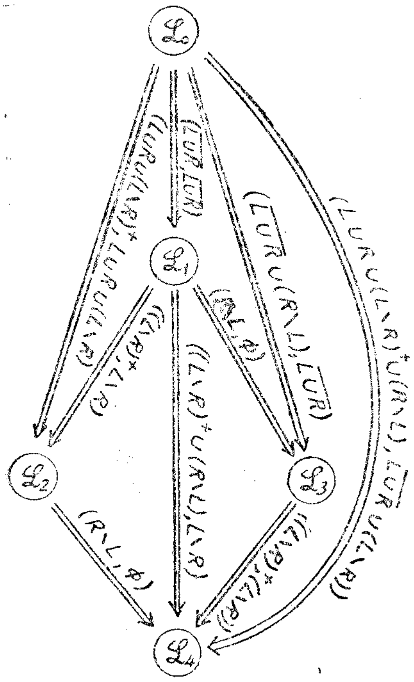
Định lý 1.8. Cho (U,F) là lược đồ quan hệ thuộc $\mathcal{L}_3$.

Khi đó :

$(U, F) \underset{\rho=((L\setminus R)^+,\ L\setminus R)}{\Longrightarrow} (U,F) - (L \setminus R)^+$

và $(U, F) - (L\setminus R)^+ \in \mathcal{L}_4$.

Từ các định lý 1.5 — 1.8 ta có biểu đồ các phép chuyển dịch (Hình 2).



Hình 2

Ví dụ:

Cho U = a b h g q m n v w k l

F = {a → b, b → h, g → q, kv → w, w → vl}

Ta có:

$(U_1,F_1) = (U,F) - \text{mnkgabhql} = (vw.\{v\to w, w\to v\})$

$L = abgkvw$, $R = bhqwvl$, $R\setminus L = hqt$.

$L\setminus R = kga$, $(L\setminus R)^+ = kgabhq$, $\overline{L\cup R} = mn$.

$(R\setminus L) \cup (L\setminus R)^+ \cup (\overline{L\cup R}) = \text{mnkgabhql}$

Dễ thấy v và w là khóa của (U_1, F_1).

Mặt khác

$\overline{(L\cup R} \cup (L\setminus R) = \text{mnkga}$.

Suy ra mnkgav và mnkgaw là khóa (U,F).

Chú ý: Chi tiết về chứng minh của bổ đề 1.4 và các định lý 1.5−1.8 có trình bày trong [2].

Nhận ngày 10-6-1984

(Xem tiếp trang 20)

CÁC PHÉP CHUYỂN DỊCH LƯỢC ĐỒ QUAN HỆ

(*Tiếp theo trang 32*)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Hồ Thuần và Lê Văn Bào**, « Some results about keys of relational schemas ». **Acta Cybernetica**, Viện Hàn lâm Khoa học Hungari (sắp xuất bản).

2. **Ho Thuan and Le Van Bao**, « Translations of relational schemas ». Kozlemenyek **30/1984**, SZTAKI, 1984.

РЕЗЮМЕ

Трансляции реляционных схем

В работе изучается один класс трансляций реляционных схем, позволяющия преобразовать заданную схему в наиболее простую схему по определенным критериям (например, полученная схема имеет меньшее количество атрибутов, корокие по длине частей функциональных зависимостей по сравнению с заданной схемой). С другой стороны, из множества ключей полученной схемы легко получается множество ключей исходной схемы одним простым « переносом ».