TẠP CHÍ KHOA HỌC, Đại học Huế, Số 59, 2010

NGỮ NGHĨA VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐỊNH GIÁ TRUY VẤN ĐỐI VỚI CƠ SỞ DỮ LIỆU SUY DIỄN CÓ YẾU TỐ THỜI GIAN

Phạm Hồ Như Nguyệt
Trường THPT Phan Đăng Lưu, Thừa Thiên Huế
Trương Công Tuấn
Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

TÓM TẮT

Cơ sở dữ liệu suy diễn có yếu tố thời gian (TDD) là một hướng nghiên cứu mới trong lĩnh vực cơ sở dữ liệu suy diễn. Trong các vị từ của các quy tắc thời gian của TDD, ngoài các đối số dữ liệu còn có thêm một đối số thời gian. TDD có mô hình Herbrand nhỏ nhất nhưng có thể vô hạn. Bài báo này tập trung thảo luận về ngữ nghĩa của TDD và trình bày một biểu diễn hữu hạn của mô hình Herbrand nhỏ nhất của TDD bằng đặc tả quan hệ. Cấu trúc này có thể sử dụng để định giá câu truy vấn đối với TDD.

1. Mở đầu

Cơ sở dữ liệu (CSDL) suy diễn có yếu tố thời gian (ký hiệu TDD) là một mở rộng của CSDL suy diễn xác định bằng cách cho phép các vị từ có thêm một đối số là hạng thức thời gian. Việc nghiên cứu TDD đã và đang được nhiều người quan tâm [3], [4], [6]. TDD cũng dựa trên nền tảng là ngôn ngữ bậc nhất, các biến/hằng/vị từ trong TDD được phân hoạch các lớp rời nhau: biến/hằng/vị từ thời gian và phi thời gian.

Bài báo này trình bày về ngữ nghĩa của TDD và khái niệm về đặc tả quan hệ - là một cấu trúc hữu hạn và tương đương với mô hình Herbrand nhỏ nhất M_P của TDD theo nghĩa M_P có thể biểu diễn hữu hạn bởi một đặc tả quan hệ của TDD. Cấu trúc này có thể dùng để trả lời các câu truy vấn. Chúng tôi cũng trình bày các nghiên cứu về TDD mở rộng, trong đó các quy tắc thời gian chứa một đối số thời gian là một hàm *n* ngôi và tập trung vào việc phân tích ngữ nghĩa của TDD mở rộng.

2. Một số khái niệm cơ sở

Phần này chủ yếu trình bày một số khái niệm cơ sở của CSDL suy diễn có yếu tố thời gian (ký hiệu TDD). Chi tiết đầy đủ về CSDL suy diễn có thể xem trong [5], [9].

Trong CSDL suy diễn có yếu tố thời gian, các nguyên tố (tương ứng hạng thức) được phân hoạch thành các lớp rời nhau gồm các nguyên tố thời gian và phi thời gian (tương ứng hạng thức thời gian và phi thời gian) và ta giả sử luôn có một hằng thời gian 0.

Định nghĩa 2.1

1. Một *hạng thức phi thời gian* là một hằng hoặc một biến. Ta gọi hạng thức phi thời gian là *hạng thức dữ liệu*.

2. Một *hạng thức thời gian* được định nghĩa đệ quy như sau:

(i) Hằng thời gian 0 là hạng thức thời gian.

(ii) Một biến thời gian là một hạng thức thời gian.

(iii) Nếu T là một hạng thức thời gian thì T+1 là một hạng thức thời gian.

(iv) Hạng thức thời gian chỉ được sinh ra bởi các quy tắc trên.

3. Hạng thức thời gian *nền* là hạng thức không chứa biến.

Để ý rằng các hạng thức thời gian *không nền* chứa chính xác một biến và đó chính là biến thời gian. Lớp các hạng thức thời gian và phi thời gian là phân biệt nhau. Chúng ta sẽ viết hạng thức thời gian k thay cho $(...((0\underbrace{+1)+1)...+1)}_{k}$ và $T+k$ thay cho $(...((T\underbrace{+1)+1)...+1)}_{k}$.

Định nghĩa 2.2 Giả sử T là một hạng thức thời gian và X_1, ..., X_n là các hạng thức phi thời gian, p là ký hiệu vị từ ($n+1$)-ngôi và q là ký hiệu vị từ n-ngôi thì $p(T,X_1,...,X_n)$ được gọi là một *nguyên tố thời gian* và $q(X_1, ..., X_n)$ là *nguyên tố phi thời gian*.

Trong nguyên tố thời gian $p(T, X_1, ..., X_n)$ thì hạng thức T được gọi là *đối số thời gian* và X_1, ..., X_n là các *đối số phi thời gian*.

Định nghĩa 2.3 *Literal thời gian dương* là một nguyên tố thời gian và phủ định của nguyên tố thời gian là *literal thời gian âm*. *Literal phi thời gian* là nguyên tố phi thời gian.

Định nghĩa 2.4

(i) *Quy tắc thời gian* là một mệnh đề chứa cả literal thời gian và literal phi thời gian và có dạng:

$p \leftarrow q_1 \wedge ... \wedge q_n \qquad (n > 0)$

Trong đó các vị từ p, q_i ($i = 1,...,n$) là các nguyên tố thời gian hoặc phi thời gian.

(ii) Mệnh đề đơn vị là mệnh đề có dạng $p \leftarrow$, đó là một quy tắc thời gian với thân rỗng, đầu là một nguyên tố thời gian hoặc phi thời gian, ký hiệu $\leftarrow$ có thể bỏ qua.

(iii) *Đích thời gian* là mệnh đề có dạng: $\leftarrow q_1 \wedge ... \wedge q_m$ ($m > 0$), q_i (i = 1,...,m) là các nguyên tố thời gian hoặc phi thời gian.

Định nghĩa 2.5 Một *CSDL thời gian* là một tập hữu hạn các bộ - là các nguyên tố thời gian nền và nguyên tố nền.

Định nghĩa 2.6 Một *CSDL suy diễn có yếu tố thời gian* bao gồm một tập hữu hạn *P* các quy tắc thời gian và một CSDL thời gian *D*, ký hiệu là (*P*,*D*).

Ví dụ 2.1 Một công ty du lịch nhận được thông tin từ hãng hàng không: "các chuyến bay đến các địa điểm du lịch được sắp xếp mỗi tuần một chuyến trong mùa vãn khách, hai ngày một chuyến trong suốt mùa đông và mỗi ngày một chuyến trong suốt kỳ nghỉ hè". Điều này có thể biểu diễn bởi các quy tắc thời gian sau:

$plane(T+7, X) \leftarrow plane(T, X) \wedge resort(X) \wedge offseason(T)$

$plane(T+2, X) \leftarrow plane(T, X) \wedge resort(X) \wedge winter(T)$

$plane(T+1, X) \leftarrow plane(T, X) \wedge resort(X) \wedge holiday(T)$

$offseason(T+365) \leftarrow offseason(T)$

$winter(T+365) \leftarrow winter(T)$

$holiday(T+365) \leftarrow holiday(T)$

và giả sử có CSDL thời gian như sau:

plane(01/01/09)

offseason(21/03/09)

. . .

offseason(21/12/09)

winter(20/12/08)

. . .

winter(20/03/09)

holiday(25/05/09)

holiday(25/08/09)

Các ngày trong CSDL trên là cách viết của các hạng thức có dạng (...((0+1)...+1), trong đó 0 có thể xem là một ngày nào đó đã xác định.

Định nghĩa 2.7 *Vũ trụ Herbrand* của TDD là tập các hạng thức nền được xây dựng từ các hằng và hạng thức trong TDD.

Định nghĩa 2.8 *Cơ sở Herbrand* của TDD là tập các nguyên tố nền được xây dựng từ các ký hiệu vị từ trong TDD có đối số là các hạng thức nền lấy từ phổ dụng Herbrand của TDD.

Để ý rằng phổ dụng Herbrand và cơ sở Herbrand của TDD đều là những tập vô hạn.

Ví dụ 2.2 Xem TDD như sau:

$$p(T+1) \leftarrow p(T)$$

và CSDL $p(0)$.

Phổ dụng Herbrand của TDD trên là: {0, 1, 2,...} và cơ sở Herbrand là tập {$p(0)$, $p(1)$, $p(2)$, $p(3)$,...}

Định nghĩa 2.9 *Thể hiện Herbrand* của TDD là một tập con của cơ sở Herbrand của TDD.

Định nghĩa 2.10 Cho (P,D) là một TDD. Lúc đó:

Một thể hiện Herbrand I của P được gọi là *mô hình Herbrand* của P, nếu với mọi quy tắc $p \leftarrow q_1 \wedge ... \wedge q_n$ trong P và mọi phép thế nền θ đối với quy tắc này, điều kiện sau đây là thỏa: Nếu $q_i\theta \in I$ với mọi $i = 1,..., n$ thì $p\theta \in I$.

Mô hình Herbrand I của P được gọi là *mô hình Herbrand cực tiểu* nếu không tồn tại mô hình Herbrand J nào khác của P sao cho $J \subset I$.

Mô hình Herbrand I của P được gọi là *mô hình Herbrand nhỏ nhất* nếu với mọi mô hình *Herbrand* J của P ta luôn có $I \subseteq J$.

3. Ngữ nghĩa của TDD

Do chương trình P của TDD (P,D) là chương trình logic xác định [1], vì vậy các kết quả sau đây là hiển nhiên và được trình bày trong ngữ cảnh của CSDL suy diễn có yếu tố thời gian.

Định lý 3.1 (Tính chất giao các mô hình) Cho *(P,D)* là một TDD và $M = (M_i)_{i\in I}$ là họ các tập khác rỗng các mô hình Herbrand của P. Lúc đó: $I = \bigcap_{i\in I} M_i$ là mô hình Herbrand của P.

Vì mọi TDD (P,D) đều có mô hình Herbrand là B_P nên tập các mô hình Herbrand của P là khác rỗng. Như vậy, giao của các mô hình Herbrand của P là *mô hình Herbrand nhỏ nhất* của P, ta ký hiệu mô hình này là M_P. Mệnh đề sau cho ta thấy các nguyên tố trong M_P là hệ quả logic của P.

Mệnh đề 3.1 Mô hình Herbrand nhỏ nhất M_P của TDD (P,D) là tập các nguyên tố nền hệ quả logic của P. Nghĩa là: $M_P = \{ A \in B_P \mid P \models A \}$

Từ định lý 2.1 ta nhận thấy mọi TDD đều có mô hình Herbrand nhỏ nhất duy nhất. Từ đây, ta có định nghĩa sau:

Định nghĩa 3.1 Ngữ nghĩa của TDD (P,D) là mô hình Herbrand nhỏ nhất M_P của P.

Để ý rằng, trong trường hợp của CSDL suy diễn xác định P, do các đối số của các vị từ trong P chỉ gồm hằng hoặc biến nên mọi mô hình của P là hữu hạn, vì vậy, mô hình nhỏ nhất M_P là hữu hạn. Tuy nhiên, đối với TDD, miền thời gian của đối số thời gian là một tập vô hạn (chính là tập số tự nhiên) nên M_P là một tập vô hạn.

Với các kết quả nghiên cứu của Van Emden và Kowalski, Apt và Van Emden về lý thuyết điểm bất động trong chương trình logic [10], ta có thể xác định được M_P của TDD (P,D) bằng cách dùng toán tử hệ quả trực tiếp T_P. Đối với một thể hiện Herbrand I cho trước của P, toán tử T_P xây dựng nên một thể hiện Herbrand của P là $T_P(I)$ - chứa các sự kiện được dẫn xuất bởi các quy tắc trong P từ những sự kiện trong I.

Định nghĩa 3.2. Giả sử (P,D) là một TDD, B_P là cơ sở Herbrand của P. Ký hiệu 2^{B_P} là tập các tập con của B_P. *Toán tử hệ quả trực tiếp* đối với TDD P là một ánh xạ T_P: $2^{B_P} \to 2^{B_P}$ được định nghĩa như sau: Với mỗi $I \in 2^{B_P}$,

$T_P(I) = \{ A \in B_P \mid$ □ quy tắc $p \leftarrow q_1 \wedge q_2 \wedge ... \wedge q_n$ của P và phép thế nền θ đối với quy tắc này sao cho $p\theta = A$ và $q_1\theta$, $q_2\theta$, ..., $q_n\theta \in$ I$\} \cup D$

Định nghĩa 3.3. Lũy thừa của toán tử T_P được định nghĩa như sau:

$T_P \uparrow 0 = \varnothing$,

$T_P \uparrow (n+1) = T_P(T_P \uparrow n)$

$T_P \uparrow \omega = \bigcup_n T_P(T_P \uparrow n)$

Định lý 3.2 Toán tử T_P có điểm bất động nhỏ nhất $lfp(T_P) = T_P \uparrow \omega$.

Định lý 3.3 Cho (P,D) là một TDD. Lúc đó, mô hình nhỏ nhất M_P của P chính là $lfp(T_P)$.

Ví dụ 3.1 Xem TDD (P,D) gồm các quy tắc :

meets(*T, X*) ← *meets-first*(*T, X*)

meets(*T+1, Y*) ← *follows*(*X, Y*) ∧ *meets*(*T, X*)

Các quy tắc ở trên mô tả lịch gặp của một giáo sư với các sinh viên. Quy tắc đệ qui biểu diễn như sau: *"Nếu một sinh viên X gặp giáo sư tại thời điểm T và Y là sinh viên tiếp theo sau X, thì Y gặp giáo sư tại thời điểm T+1"*. Giả sử CSDL D chứa các sự kiện sau:

D = { *meets-first*(0, *Hai*), *follows*(*Hai, Minh*), *follows*(*Minh, Hai*)}

Mô hình Herbrand nhỏ nhất M_P là:

M_P = { *meets*(0, *Hai*), *meets*(1 , *Minh*), *meets*(2, *Hai*), *meets*(3 , *Minh*),...}

trong đó 1 = 0 + 1, 2 = (0 + 1) + 1,... Mô hình nhỏ nhất M_P là một tập vô hạn.

4. Biểu diễn mô hình Herbrand nhỏ nhất của TDD bằng đặc tả quan hệ

Phần này giới thiệu một khái niệm được gọi là *đặc tả quan hệ* [5] - đó là một cấu trúc hữu hạn và tương đương với mô hình Herbrand nhỏ nhất vô hạn M_P của TDD theo nghĩa M_P có thể biểu diễn hữu hạn bởi một đặc tả quan hệ của TDD.

Định nghĩa 4.1. Một đặc tả quan hệ S_P là một bộ ba (T, W, B) trong đó T là một tập hữu hạn các hạng thức thời gian nền, B là một CSDL thời gian và W là một tập hữu hạn quy tắc được viết lại và là nền mà cả hai phía của quy tắc đều là các hạng thức thời gian nền. Ký hiệu $t \overset{W}{\leadsto} t_0$ để chỉ hạng thức nền t có thể được viết lại đối với t_0 bằng cách dùng các quy tắc trong W và không còn sự viết lại nào khác. Ta gọi B là CSDL chính.

Định nghĩa 4.2. Giả sử M là tập các bộ thời gian hoặc phi thời gian. Lúc đó:

(i) Snapshot $M(t_0)$ của M là $M(t_0) = \{p(t_0, \overline{a}): p(t_0, \overline{a}) \in M\}$

(ii) Segment của M là $M(t_0..t_1) = \bigcup_{t_0 \le t \le t_1} M(t)$

(iii) Thành phần phi thời gian M^{nt} là tập tất cả các bộ phi thời gian của M.

(iv) Trạng thái $M[t_0]$ của M là:

$M[t_0] = \{B \mid (\exists P):(\exists \overline{x})$ (B = $p(\overline{x})$ và $p(t_0, \overline{x}) \in M\}$

Để ý rằng $M(t_0)$ là kết quả của phép chọn $\sigma_{\$1=t_0}(M)$. Ngoài ra, $M(t_0)$ luôn luôn hữu hạn vì các đối số phi thời gian được giả thiết chỉ có thể nhận một số giá trị hữu hạn. $M[t_0]$ có thể xem là kết quả của phép chiếu lên đối số thời gian trong các vị từ trong $M(t_0)$.

Định nghĩa 4.3 Một đặc tả quan hệ $S_P = (T, W, B)$ biểu diễn mô hình Herbrand nhỏ nhất M_P của TDD (P,D) nếu thỏa mãn 3 điều kiện sau:

- $B = \bigcup_{t \in T} M(t) \cup M^{nt}$

- Với mọi sự kiện thời gian $p(t, \overline{a}) \in M_P$, có một hạng thức $t_0 \in T$ sao cho $t \overset{W}{\leadsto} t_0$ và $p(t_0, \overline{a}) \in B$.

- Với mọi hạng thức $t_0 \in T$ mà $p(t_0, \overline{a}) \in B$ và với mọi sự kiện $p(t, \overline{a})$ sao cho $t \overset{W}{\leadsto} t_0$ thì $p(t, \overline{a}) \in M_P$.

Định nghĩa 4.4 Mô hình M của TDD (P,D) là tuần hoàn với chu kỳ (k-c,p) (với c là độ sâu cực đại của một hạng thức thời gian trong CSDL) nếu:

$$(\forall t \ge k)(M[t] = M[t+p])$$

Định lý 4.1 [8] Mô hình nhỏ nhất M_P của TDD (P,D) là tuần hoàn.

Định lý sau đây cho ta thấy đặc tả quan hệ $S_P = (T,W,B)$ biểu diễn mô hình Herbrand nhỏ nhất M_P của TDD có một dạng đơn giản.

Định lý 4.2 [8] Tập W chứa chính xác một quy tắc viết lại, đó là:

$c + k + l \rightarrow c + k$

trong đó (k, l) là một chu kỳ của M_P và c là độ sâu cực đại của một hạng thức thời gian nền trong một sự kiện của P.

Ví dụ 4.1. Xem trở lại ví dụ 2.1, đặc tả quan hệ $S_P = (T, W, B)$ biểu diễn mô hình Herbrand nhỏ nhất của tập các quy tắc này như sau:

$T = \{0, 1\}$

$W = \{2 \rightarrow 0\}$

$B = \{$ *follows*(*Hai, Minh*), *follows*(*Minh, Hai*),

meets-first(0, *Hai*), *meets*(0, *Hai*), *meets*(1, *Minh*) $\}$

5. Sử dụng đặc tả quan hệ để định giá truy vấn trên TDD

Có hai vấn đề nảy sinh từ việc định giá truy vấn trên TDD: Thứ nhất, việc định giá dưới lên của *các truy vấn có câu trả lời hữu hạn* có luôn kết thúc không? Trong ví dụ 3.1, truy vấn: "*Liệt kê danh sách tất cả các sinh viên gặp giáo sư tại thời điểm* 1*"* có câu trả lời hữu hạn là *Minh.* Điều này cũng đúng đối với câu truy vấn *"Liệt kê danh sách tất cả các sinh viên gặp giáo sư tại một thời điểm xác định".* Tuy nhiên, định giá câu truy vấn đơn giản như ở trên đòi hỏi việc tính toán của quan hệ vô hạn *meets.* Vấn đề thứ hai liên quan đến *các truy vấn với các câu trả lời vô hạn*, ví dụ như truy vấn *"Liệt kê tất cả các điểm thời gian khi giáo sư gặp Hai".* Chúng ta sẽ dùng đặc tả quan hệ để trả lời các câu truy vấn.

Định giá truy vấn bằng cách dùng đặc tả quan hệ: Một khi có được một đặc tả quan hệ S_P biểu diễn M_P thì có thể dùng S_P để trả lời câu truy vấn. Giả sử $Q = P \cup \{\leftarrow G\}$ là một truy vấn, D là một CSDL, và $S_P = (T, W, B)$ là một đặc tả quan hệ biểu diễn M_P. Khi đó Q có thể được định giá bởi việc định giá $\leftarrow G$ trong S mà không cần bất kỳ sự tham chiếu nào đến $P \cup D$. Nếu G là một nguyên tố nền, thì nó được viết lại bằng cách dùng các quy tắc trong W cho đến khi không còn có thể được viết lại và lúc đó nó được kiểm tra xem nguyên tố nhận được có ở trong B hay không. Nếu G không phải là nền, truy vấn $\leftarrow G$ được định giá trong S, đó chính là một CSDL quan hệ hữu hạn. Sẽ có một số phép thế câu trả lời hữu hạn mà mỗi phép thế này có thể là sự biểu diễn lại cho phép thế trả lời vô hạn ban đầu. Sự phù hợp giữa hai kiểu phép thế này nhận được bởi các quy tắc viết lại, vì vậy, chính các quy tắc viết lại là một bộ phận của câu trả lời truy vấn.

Ví dụ 5.1 Cho TDD (P,D), trong đó chương trình P gồm một quy tắc thời gian:

even(T+2) $\leftarrow$ even(T)

và CSDL chứa sự kiện: *even*(0).

Đặc tả quan hệ $S_P = (T, W, B)$ biểu diễn mô hình Herbrand nhỏ nhất của tập các quy tắc này như sau:

$T = \{0, 1\}$

$B = \{\ even(0)\ \}$

$W = \{2 \rightarrow 0\}$

Với câu truy vấn *even*(4) sẽ được viết lại lần đầu là *even*(2) và sau đó là *even*(0). Bộ even(0) là thuộc CSDL chính *B*, vì vậy, trả lời của câu truy vấn là "yes". Mặt khác, với câu truy vấn *even*(3) sẽ được viết lại thành *even*(1) và không thể viết lại được nữa. Mà *even*(1) không thuộc B nên câu trả lời của truy vấn là "no". Một câu trả lời đối với truy vấn *even*(*X*) bao gồm phép thế *X*=0 và quy tắc viết lại $2 \rightarrow 0$. Câu trả lời này biểu diễn phép thế câu trả lời vô hạn:

$$X = 0, X = 2, X = 4, \ldots$$

6. TDD mở rộng

Trong phần này trình bày về một mở rộng các quy tắc thời gian của TDD, trong đó, các vị từ của quy tắc cho phép chứa một đối số thời gian là một hàm *n* ngôi.

6.1. Định nghĩa TDD mở rộng

Định nghĩa 6.1 TDD mở rộng là một TDD (*P*, *D*) trong đó các vị từ của các quy tắc trong *P* ngoài các đối số dữ liệu thông thường còn có thêm một đối số thời gian (đối số đầu tiên) là một hạng thức thời gian được xây dựng từ hằng thời gian 0, các hằng dữ liệu, biến thời gian, biến dữ liệu và ký hiệu hàm n ngôi.

Ví dụ 6.1 Nếu *T* là một biến thời gian, *a* là hằng dữ liệu, *f* là ký hiệu hàm 2 ngôi thì 0, *T*, *f*(*T,a*) là các hạng thức thời gian nhưng *f*(*T,T*) thì không phải.

Ví dụ 6.2 Ví dụ sau đây là TDD mở rộng, trong đó vị từ *move*(*t, x, y*) nghĩa là "một sự di chuyển từ vị trí *x* đến vị trí *y* trong trạng thái *t*", vị từ *path*(*t, x, y*) đúng nếu *t* là một đường đi kết nối *x* và *y*. Vị từ *mem*(*t, x, y*) đúng nếu (*x, y*) là một cạnh trong đường đi *t*.

$path(0, X, X) \leftarrow position(X)$

$path(move(T, Y, Z), X, Z) \leftarrow connected(Y, Z) \wedge path(T, X, Y)$

$mem(move(T, Y, Z), Y, Z) \leftarrow path(T, X, Y) \wedge connected(Y, Z)$

$mem(move(T, Y, Z), U, V) \leftarrow path(T, X, Y) \wedge connected(Y, Z) \wedge mem(T, U, V)$

$w(X, Y, U, V) \leftarrow path(T, X, Y) \wedge mem(T, U, V)$

6.2 Cấu trúc Herbrand của ngôn ngữ bậc nhất

Các tham số của một ngôn ngữ bậc nhất *L* bao gồm các ký hiệu hằng, hàm và vị từ trong *L* và lượng từ $\forall$. Giả sử *P* là chương trình của TDD mở rộng, ta gọi L_P là ngôn ngữ bậc nhất được xây dựng từ các hằng, biến, các vị từ, các ký hiệu hàm trong P. Một cấu trúc đối với một ngôn ngữ bậc nhất L_P là một ánh xạ nhằm gán các giá trị cho các tham số của L_P. Ta có định nghĩa sau:

Định nghĩa 6.2 *Một cấu trúc Herbrand* $M = (U_M, C_M, F_M, R_M)$ đối với ngôn ngữ bậc nhất L_P được xác định như sau:

- U_M là tập các hạng thức được xây dựng từ các ký hiệu hằng và các ký hiệu hàm trong L_P.

- C_M là ánh xạ đồng nhất.

- F_M là ký hiệu hàm f k ngôi được gán bởi một ánh xạ: $(t_1, ..., t_k) \rightarrow f(t_1, ..., t_k)$

- R_M là ký hiệu vị từ k ngôi được gán bởi một tập con của $(U_M)^k$.

Ta ký hiệu hai phép lượng từ $\forall$, $\exists$ theo hai dạng khác nhau: trên miền thời gian là $\forall^f$, $\exists^f$ và trên miền dữ liệu là $\forall^d$, $\exists^d$.

6.3. Ngữ nghĩa của TDD mở rộng

Do mọi chương trình logic xác định đều có mô hình Herbrand nhỏ nhất [1] nên điều này cũng đúng đối với TDD mở rộng. Vì vậy, có thể xem mô hình Herbrand nhỏ nhất của TDD mở rộng là ngữ nghĩa của nó. Tuy nhiên, trong ngữ cảnh của các quy tắc có chứa hạng thức thời gian, ta cần có một sự phân tích rõ ràng hơn về mô hình Herbrand nhỏ nhất. Để đạt được điều đó, chúng ta xem xét mô hình Herbrand nhỏ nhất M_P của chương trình P của TDD mở rộng như một cấu trúc gồm hai miền: miền thời gian ký hiệu bởi $U^f_{M_P}$ và miền dữ liệu ký hiệu bởi $U^d_{M_P}$. Miền thời gian ánh xạ lượng từ $\forall^f$ cho tập tất cả các hạng thức thời gian nền được xây dựng bằng cách dùng hằng và các ký hiệu hàm trong P. Miền dữ liệu ánh xạ lượng từ $\forall^d$ cho tập các hằng dữ liệu trong P. Hơn nữa, các bộ được gán bởi R_{M_P} cho các vị từ được xác định như sau:

- Nếu một bộ $(t_1, a_1, ..., a_k)$ thuộc vào quan hệ của một vị từ thời gian thì $t_1 \in U^f_{M_P}$ và $a_1, ..., a_k \in U^d_{M_P}$.

- Nếu một bộ $(a_1, ..., a_k)$ thuộc vào quan hệ của một vị từ dữ liệu thì $a_1, ..., a_k \in U^d_{M_P}$.

Ký hiệu L_P là tập các sự kiện tương ứng với các bộ được gán bởi R_{M_P} cho các ký hiệu vị từ. Sự tương ứng là như sau: $p(a_1, ..., a_k) \in L_P$ nếu $(a_1, ..., a_k) \in p_{M_P}$. Trong đó p_{M_P} là quan hệ của vị từ p trong M_P. Trong lập trình logic truyền thống, L_P chính là điểm bất động nhỏ nhất của P.

7. Kết luận

Trong bài báo này chúng tôi đã thảo luận ngữ nghĩa của TDD. Trong TDD, một đặc điểm khác biệt so với CSDL suy diễn xác định là mô hình Herbrand nhỏ nhất M_P có thể là tập vô hạn, vì vậy, câu trả lời truy vấn có thể là một tập vô hạn. Tuy nhiên, M_P có thể được biểu diễn hữu hạn bởi một cấu trúc là đặc tả quan hệ và có thể dùng đặc tả quan hệ để trả lời câu truy vấn. Đối với TDD mở rộng cũng tồn tại một cấu trúc hữu hạn để biểu diễn M_P. Trong khuôn khổ của bài báo, chúng tôi không đề cập đến vấn đề này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Apt k. R. , *Logic Programming*, Elsevier Science Publishers.
2. Abiteboul S. ,Hull R. ,Vianu V. (1995) *Foundation of Databases*, Addision Wesley Publishing, MA, 1990.
3. Ben Moszkowski, *Excuting Temporal logic programs*, University of Cambridge, England, 2000.
4. Manolis Gergatsoulis, *Temporal and Modal Logic Programming Languages*, Institute of Informatics & Telecommunications, Greece, 2000.
5. Marianne Baudinet, Jan Chomicki, Pierre Wolper, *Temporal Deductive Databases*, *Temporal Databases*, 294-320, 1993.
6. P. Rondogiannis, M. Gergatsoulis, and T. Panayiotopoulos (1997), *Theoretical foundations of Branching-Time Logic Programmin,* 1997.
7. Jan Chomicki, Tomasz Imielinski, *Finite Representation of Infinite Query Answers*, ACM Trans Database Syst. 18 (2): 181-223, 1993.
8. Jan Chomicki, *Polynomial Time Query Processing in Temporal Deductive Databases*. PODS, 379-391, 1990.
9. Ullman J. D., Widom J. , Garcia-Molina H. *Database Systems: The Complete Book*, Prentice Hall, Inc, 2002.
10. Van Emden M. H. and Kowalski R. A., *The Semantics of Predicate Logic as a Programming Language*, *J. ACM*, 1976.

SEMANTICS AND QUERY EVALUATION METHOD FOR TEMPORAL DEDUCTIVE DATABASES

Pham Ho Nhu Nguyet
Phan Dang Luu High School, Thua Thien Hue Province
Truong Cong Tuan
College of Sciences, Hue University

SUMMARY

Temporal deductive database (TDD) is a new approach in the field of deductive databases. Predicates of rules in TDD have a number of non-temporal data attributes and one temporal attribute. TDD has the smallest Herbrand model and may be infinite. In this paper, we mainly discuss the semantics of TDD and describe the finite representation of the smallest Herbrand model of TDD by relational specification and use it to answer the queries.