

ĐÁNH GIÁ HORN-DL TRONG QUAN HỆ SO SÁNH VỚI HORN-SROIQ**Nguyễn Thị Bích Lộc***Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Khoa học – Đại học Huế**Email: ntbichloc@hueuni.edu.vn***TÓM TẮT**

Web ngữ nghĩa là một lĩnh vực nghiên cứu phát triển rất nhanh chóng trong những thập niên gần đây. Một lớp quan trọng trong kiến trúc của Web ngữ nghĩa là ngôn ngữ Web Ontology (OWL) được xây dựng dựa trên các logic mô tả. Họ các logic mô tả này là các ngôn ngữ hình thức phù hợp với việc biểu diễn tri thức khái niệm. Vì vậy việc nghiên cứu các ngôn ngữ quy luật hiệu quả cho Web ngữ nghĩa là một vấn đề được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Bài báo nhằm nghiên cứu và đánh giá Horn-DL trong quan hệ so sánh với các ngôn ngữ có độ phức tạp tương đương¹. Dựa trên các phân tích chúng tôi kết luận được rằng, khả năng biểu diễn tri thức của ngôn ngữ Horn-DL mạnh hơn hẳn các ngôn ngữ đã đưa ra so sánh.

Từ khóa: Horn-DL, Logic mô tả, Ngôn ngữ quy luật, Web ngữ nghĩa.

1. MỞ ĐẦU

Logic mô tả là họ các ngôn ngữ dùng để biểu diễn tri thức và lập luận trên cơ sở tri thức đó, nó được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau, trong đó có Web ngữ nghĩa. Ở đây, logic mô tả được áp dụng vào trong các ngôn ngữ ontology dùng để biểu diễn miền ứng dụng. Ngôn ngữ Web ontology (OWL) là tiêu chuẩn để viết ontology cho Web đã được xây dựng dựa trên các logic mô tả khác nhau.

Phiên bản đầu tiên OWL 1 dựa trên logic mô tả *SHIQ*, và phiên bản thứ hai OWL 2 được giới thiệu bởi W3C năm 2009 lại dựa trên logic mô tả *SROIQ*. Tuy nhiên, một vấn đề đặt ra đó là các ngôn ngữ mô tả có ý nghĩa, khả năng biểu diễn tri thức mạnh thì độ phức tạp trong lập luận lại cao. Các logic mô tả *SHIQ* và *SROIQ* là các ngôn ngữ có khả năng biểu diễn tri thức cao, nhưng đối với các bài toán lập luận cơ bản thì các logic mô tả này có độ phức tạp tổ hợp hàm mũ và độ phức tạp dữ liệu thuộc lớp NP-khó. Vì vậy, W3C đã giới thiệu các hồ sơ

¹ Các ngôn ngữ có độ phức tạp tương đương ở đây là các ngôn ngữ có độ phức tạp dữ liệu thuộc lớp đa thức theo thời gian.

OWL 2 EL, OWL 2 QL và OWL 2 RL đó là các ngôn ngữ con thu được bằng cách giới hạn OWL 2 đầy đủ để có độ phức tạp dữ liệu là PTime.

Các ngôn ngữ quy luật trong logic mô tả thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu vì các ứng dụng của nó trong Web ngữ nghĩa. Một mặt, các logic mô tả có khả năng biểu diễn cao thì các bài toán suy luận lại có độ phức tạp lớn hoặc thậm chí là không xác định được. Mặt khác, các Logic mô tả yếu (với các thủ tục lập luận hiệu quả) lại không đủ khả năng biểu diễn để mô tả các khái niệm quan trọng của một ứng dụng đã cho. Vì vậy, việc nghiên cứu sự hài hòa giữa khả năng biểu diễn của Logic mô tả và độ phức tạp của bài toán lập luận là một vấn đề quan trọng trong nghiên cứu logic mô tả.

Các hồ sơ OWL 2 EL, OWL 2 QL và OWL 2 RL là các ngôn ngữ quy luật đơn điệu có độ phức tạp dữ liệu PTime, chúng là các đoạn Horn được xây dựng bằng cách bổ sung các giới hạn thích hợp để khử tính không tiền định của các họ logic mô tả EL [1], DL-Lite [3] và DLP [4]. Nhiều đoạn Horn của các logic mô tả có độ phức tạp dữ liệu PTime đã được phát triển theo cách này. Trong đó đáng chú ý là các đoạn Horn-*SHIQ* [6] và Horn-*SROIQ* [9], được biết đến với các tập cấu trúc và đặc trưng phong phú cho phép trong các đoạn Horn này. Cùng với sự phát triển trong lĩnh vực ngôn ngữ quy luật, logic mô tả Horn-DL [7] được đề xuất với độ phức tạp dữ liệu là PTime. Trong bài báo này sẽ đánh giá khả năng mô tả khái niệm của logic mô tả Horn-DL cùng với các logic mô tả có cùng độ phức tạp dữ liệu PTime.

2. SO SÁNH HORN-DL VỚI HORN-SROIQ

Phần này cho biết cú pháp và ngữ nghĩa của cơ sở tri thức Horn-DL cũng như cơ sở tri thức Horn-*SROIQ*. Mỗi cơ sở tri thức đều bao gồm các khẳng định và các tiên đề thuộc các dạng tương ứng của mỗi ngôn ngữ.

2.1. Logic mô tả Horn-DL

Logic mô tả Horn-DL giới thiệu trong [7] được phát triển từ Logic mô tả Horn-Reg [8] bằng cách mở rộng tập các khái niệm và bổ sung thêm các khẳng định.

Gọi $\mathbf{C}$, $\mathbf{R}_+$ và $\mathbf{I}$ là các tập hợp hữu hạn lần lượt là tập các *tên khái niệm*, tập các *tên vai trò* (bao hàm tập con chứa các *tên vai trò đơn*) và tập các *tên cá thể*. Ta ký hiệu a, b là các tên cá thể; A, B là các tên khái niệm; và r, s là các tên vai trò.

Với mỗi $r \in \mathbf{R}_+$, ta ký hiệu $\bar{r}$ là *đảo ngược* của r . Đặt $\mathbf{R}_- = \{\bar{r} \mid r \in \mathbf{R}_+\}$ và $\mathbf{R} = \mathbf{R}_+ \cup \mathbf{R}_-$. Với $R = \bar{r}$, ta đặt $\bar{R}$ đại diện cho r . Ta gọi các phần tử của tập $\mathbf{R}$ là các *vai trò cơ bản* và sử dụng các chữ cái R, S để ký hiệu cho các phần tử này.

Một *tiên đề bao hàm vai trò* (viết tắt là RIA) là một biểu thức có dạng $S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_k \sqsubseteq R$, với $k \geq 0$. Trường hợp $k = 0$, vế trái của tiên đề bao hàm được ký hiệu bằng một từ rỗng ε . Một *khẳng định vai trò* là một biểu diễn có dạng $\text{Irr}(S)$ hoặc $\text{Disj}(S, S')$, với S và S' là các vai trò đơn, Irr viết tắt của “phản phản xạ” và Disj viết tắt của “rời nhau”.

Một hệ viết lại phi ngữ cảnh s trên $\mathbf{R}$ là một tập hữu hạn các luật sản xuất phi ngữ cảnh trên bảng chữ $\mathbf{R}$. Hệ gọi là *đối xứng* nếu luật $R \rightarrow S_1 S_2 \dots S_k$ thuộc s , thì luật $\bar{R} \rightarrow \bar{S}_k \dots \bar{S}_2 \bar{S}_1$ cũng thuộc s . Hệ gọi là *chính quy* nếu với mỗi $R \in \mathbf{R}$, thì tập hợp các xâu nhận được từ R khi sử dụng hệ là một ngôn ngữ chính quy trên $\mathbf{R}$.

Một *box chính quy các RIA* là một tập hữu hạn $\mathcal{R}_h$ gồm các RIA thỏa mãn

$$\{R \rightarrow S_1 S_2 \dots S_k \mid (S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_k \sqsubseteq R) \in \mathcal{R}_h\}$$

là một hệ viết lại chính quy đối xứng s trên bảng chữ $\mathbf{R}$ sao cho nếu $R \in \mathbf{R}$ là một vai trò đơn thì chỉ có các xâu độ dài 1 hoặc 0 nhận được từ R khi sử dụng hệ s .

Một *RBox chính quy* là một tập $\mathcal{R} = \mathcal{R}_a \cup \mathcal{R}_h$, trong đó $\mathcal{R}_a$ là một tập hữu hạn các khẳng định vai trò và $\mathcal{R}_h$ là một box chính quy các RIA.

Với $A \in \mathbf{C}$, $R \in \mathbf{R}$, $a \in \mathbf{I}$, n là một số tự nhiên và S là một vai trò đơn, các *khái niệm* được xác định bởi văn phạm dạng BNF như dưới đây:

$$C ::= T \mid \perp \mid A \mid \neg C \mid C \sqcap C \mid C \sqcup C \mid \forall R.C \mid \exists R.C \mid \{a\} \mid \forall U.C \mid \exists U.C \mid \exists R.\text{Self} \mid \geq nS.C \mid \leq nS.C$$

Ta ký hiệu $U \notin \mathbf{R}$ là vai trò phổ quát; C, D là các khái niệm.

Sử dụng ký hiệu $\forall \exists R.C$ để viết tắt cho $\forall R.C \sqcap \exists R.C$. Với $A \in \mathbf{C}$, $R \in \mathbf{R}$, $a \in \mathbf{I}$ và S là một vai trò đơn, các *khái niệm ở vế trái Horn-DL* (gọi tắt là *khái niệm vế trái*), được xác định bởi văn phạm dạng BNF như sau:

$$C ::= T \mid A \mid C \sqcap C \mid C \sqcup C \mid \forall \exists R.C \mid \exists R.C \mid \{a\} \mid \forall U.C \mid \exists U.C \mid \exists S.\text{Self}$$

Với $A \in \mathbf{C}$, D là một khái niệm vế trái, $R \in \mathbf{R}$, $a \in \mathbf{I}$ và S là một vai trò đơn, các *khái niệm ở vế phải Horn-DL* (gọi tắt là *khái niệm vế phải*), được xác định bởi văn phạm dạng BNF như sau:

$$C ::= T \mid \perp \mid A \mid \neg D \mid C \sqcap C \mid \neg D \sqcup C \mid \forall R.C \mid \exists R.C \mid \{a\} \mid \forall U.C \mid \exists U.C \mid \exists R.\text{Self} \mid \geq nS.C \mid \leq nS.C$$

Một *tiên đề thuật ngữ Horn-DL*, còn gọi là *tiên đề (bao hàm) TBox* là một biểu thức có dạng $C \sqsubseteq D$, với C là khái niệm vế trái và D là khái niệm vế phải.

TBox Horn-DL là một tập hữu hạn các *tiên đề thuật ngữ Horn-DL*.

ABox Horn-DL là một tập hữu hạn các khẳng định có dạng $C(a)$, $r(a, b)$, $\neg s(a, b)$, $a \doteq b$ hoặc $a \not\doteq b$, với C là khái niệm vế trái, $r \in \mathbf{R}_+$ và s là tên vai trò đơn.

Một *cơ sở tri thức Horn-DL* là một bộ $\langle \mathcal{R}, \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$, với $\mathcal{R}$ là một RBox chính quy, $\mathcal{T}$ là một TBox Horn-DL và $\mathcal{A}$ là một ABox Horn-DL.

Ngữ nghĩa của cơ sở tri thức Horn-DL là một diễn giải $I = \langle \Delta^I, \cdot^I \rangle$, trong đó Δ^I là một tập không rỗng gọi là miền của I và $\cdot^I$ là *hàm diễn giải* của I tương ứng mỗi cá thể $a \in \mathbf{I}$ với một phần tử $a^I \in \Delta^I$, mỗi vai trò $r \in \mathbf{R}_+$ với một quan hệ nhị phân $r^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$.

Định nghĩa $\varepsilon^I = \{\langle x, x \rangle \mid x \in \Delta^I\}$, $U^I = \Delta^I \times \Delta^I$ và $(\bar{r})^I = (r^I)^{-1} = \{\langle y, x \rangle \mid \langle x, y \rangle \in r^I\}$ với $r \in \mathbf{R}_+$. Hàm diễn giải được mở rộng đối với tất cả các khẳng định và các tiên đề như trong *Bảng 1* và đối với các khái niệm phức như sau:

$$\begin{aligned} \top^I &= \Delta^I, \perp^I = \emptyset, \{a\}^I = \{a^I\}, (\exists R.\text{Self})^I = \{x \in \Delta^I \mid \langle x, x \rangle \in R^I\}, (\neg C)^I = \Delta^I \setminus C^I, (C \sqcap D)^I = C^I \cap D^I, \\ (C \sqcup D)^I &= C^I \cup D^I, (\forall R.C)^I = \{x \in \Delta^I \mid \forall y (\langle x, y \rangle \in R^I \Rightarrow y \in C^I)\}, (\forall U.C)^I = \{x \in \Delta^I \mid \Delta^I \subseteq C^I\}, \\ (\exists R.C)^I &= \{x \in \Delta^I \mid \exists y (\langle x, y \rangle \in R^I \wedge y \in C^I)\}, (\geq nS.C)^I = \{x \in \Delta^I \mid \#\{y \mid \langle x, y \rangle \in S^I \text{ và } y \in C^I\} \geq n\}, \\ (\leq nS.C)^I &= \{x \in \Delta^I \mid \#\{y \mid \langle x, y \rangle \in S^I \text{ và } y \in C^I\} \leq n\}, (\exists U.C)^I = \{x \in \Delta^I \mid C^I \neq \emptyset\}. \end{aligned}$$

Bảng 1. Cú pháp và ngữ nghĩa của Horn-DL.

Cú pháp		Ngữ nghĩa	
(I)	$S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_k \sqsubseteq R$	$S_1^I \circ S_2^I \circ \dots \circ S_k^I \sqsubseteq R^I$	RBox
(II)	$\text{Irr}(S)$	S^I phản phản xạ	
(III)	$\text{Disj}(S, S')$	$S^I \cap S'^I = \emptyset$	
(IV)	$C \sqsubseteq D$	$C^I \subseteq D^I$	TBox
(V)	$C(a)$	$a^I \in C^I$	
(VI)	$r(a, b)$	$\langle a^I, b^I \rangle \in r^I$	ABox
(VII)	$\neg s(a, b)$	$\langle a^I, b^I \rangle \notin s^I$	
(VIII)	$a \doteq b$	$a^I = b^I$	
(IX)	$a \not\doteq b$	$a^I \neq b^I$	

Trong bảng này, $a, b \in \mathbf{I}$, $r \in \mathbf{R}_+$ và s là tên vai trò đơn, $S_i, R \in \mathbf{R}$, và S, S' là các vai trò đơn, $k \geq 0$, C là khái niệm vế trái, D là khái niệm vế phải. Như vậy, các tiên đề bao hàm TBox là một họ các tiên đề bao hàm dạng (IV).

2.2. Logic mô tả Horn-SROIQ và Horn-SHOIQ

Logic mô tả Horn-SROIQ [9] được định nghĩa là một đoạn của SROIQ đầy đủ [5] nhưng trong đó không cho phép sử dụng phép hợp.

Giả sử N_C, N_R, N_I là các tập hữu hạn, tương ứng là tập tên các khái niệm, tên các vai trò và các cá thể; Giả sử rằng $\{\top, \perp\} \subset N_C$. Nếu $r \in N_R$, thì r và r^- là các vai trò, lúc đó các vai trò đảo ngược của chúng tương ứng sẽ là $\bar{r} = r^-$ và $\overline{r^-} = r$.

Trong ngôn ngữ SROIQ đầy đủ, một tiên đề bao hàm vai trò tổng quát (RIA) có dạng $s_1 \circ s_2 \circ \dots \circ s_k \sqsubseteq r$, với r và s_i là các vai trò. Một tập các RIA $\mathcal{R}$ là chính quy nếu có một thứ tự cục bộ nghiêm ngặt $<$ trên các vai trò sao cho $s < r$ nếu và chỉ nếu $\bar{s} < r$, và mỗi RIA trong $\mathcal{R}$ phải có dạng (I) hoặc (V) trong *Bảng 2*. Các vai trò đơn trong $\mathcal{R}$ được định nghĩa một cách đệ quy như sau: (a) $r \in N_R$ là vai trò đơn nếu r ở vế phải của các RIA dạng $s \sqsubseteq r$ và s là vai trò đơn; và (b) r^- là vai trò đơn nếu r là vai trò đơn.

Một TBox $\mathcal{T}$ có dạng $\mathcal{R} \cup \mathcal{T}$, trong đó $\mathcal{R}$ là một tập chính quy chứa các RIA và $\mathcal{T}$ là một tập các tiên đề có các dạng từ (VI) đến (XII) trong *Bảng 2*. Cơ sở tri thức Horn-SROIQ là một bộ $\mathcal{K} = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$, với $\mathcal{T}$ là một TBox và ABox $\mathcal{A}$ là một tập không rỗng các khẳng định có dạng (XIII) và (XIV).

Logic mô tả Horn- $\mathcal{SHOIQ}$ thu được bằng cách giới hạn Horn- $\mathcal{SROIQ}$ như sau: chỉ cho phép các RIA dạng (I), (II') và (V) trong *Bảng 2*; không cho phép các tiên đề rời nhau như dạng (VI) ở *Bảng 2*, các khái niệm dạng $\exists r.\text{Self}$ cũng không cho phép.

Cũng như các logic mô tả khác, ngữ nghĩa của cơ sở tri thức ở đây được cho bởi *diễn giải* $I = \langle \Delta^I, \cdot^I \rangle$. Diễn giải này ánh xạ mỗi cá thể $a \in N_I$ tương ứng với mỗi phần tử $a^I \in \Delta^I$, mỗi khái niệm $A \in N_C$ với mỗi $A^I \subseteq \Delta^I$ và mỗi vai trò $r \in N_R$ với một quan hệ nhị phân $r^I \subseteq \Delta^I \times \Delta^I$, sao cho $T^I = \Delta^I$, $\perp^I = \emptyset$. Ánh xạ $\cdot^I$ được mở rộng đến tất cả các khái niệm và các vai trò như được giới thiệu trong *Bảng 2*.

Bảng 2. Cú pháp và ngữ nghĩa của Horn- $\mathcal{SROIQ}$.

	Cú pháp	Ngữ nghĩa	
(I)	$r^- \sqsubseteq r$	$r^{-I} \subseteq r^I$	TBox
(II)	$\varpi \sqsubseteq r$	$\varpi^I \subseteq r^I$	
(II')	$s_I \sqsubseteq r$	$s_I^I \subseteq r^I$	
(III)	$r \circ \varpi \sqsubseteq r$	$r^I \circ \varpi^I \subseteq r^I$	
(IV)	$\varpi \circ r \sqsubseteq r$	$\varpi^I \circ r^I \subseteq r^I$	
(V)	$r \circ r \sqsubseteq r$	$r^I \circ r^I \subseteq r^I$	
(VI)	$\text{Disj}(s, s')$	$s^I \cap s'^I = \emptyset$	
(VII)	$A \sqcap B \sqsubseteq C$	$A^I \cap B^I \subseteq C^I$	
(VIII)	$A \sqsubseteq \forall R.B$	$A^I \subseteq \{x \in \Delta^I \mid \forall y. \langle x, y \rangle \in R^I \Rightarrow y \in B^I\}$	
(IX)	$A \sqsubseteq \exists R.B$	$A^I \subseteq \{x \in \Delta^I \mid \exists y. \langle x, y \rangle \in R^I \wedge y \in B^I\}$	
(X)	$\exists R.A \sqsubseteq B$	$\{x \in \Delta^I \mid \exists y. \langle x, y \rangle \in R^I \wedge y \in B^I\} \subseteq A^I$	
(XI)	$A \sqsubseteq \leq 1s.B$	$A^I \subseteq \{x \in \Delta^I \mid N_{s,B}^I(d) \leq 1\}$	
(XII)	$A \sqsubseteq \geq m s.B$	$A^I \subseteq \{x \in \Delta^I \mid N_{s,B}^I(d) \geq m\}$	
(XIII)	$a:A$	$a^I \in A^I$	ABox
(XIV)	$(a, b):r$	$\langle a^I, b^I \rangle \in r^I$	

Trong bảng này, $m \geq 0$, $a, b \in N_I$, $r \in N_R$, R là một vai trò và s, s' là các vai trò đơn. Ngoài ra, $\varpi = s_1 \circ s_2 \circ \dots \circ s_k$, $k \geq 1$ và với mỗi $1 \leq i \leq k$ thì s_i là một vai trò thỏa mãn $s_i < r$. A, B và C là các tên khái niệm, các định danh dạng $\{a\}$ hoặc có thể là các dạng $\exists r.\text{Self}$.

2.3. Bài toán thỏa được của cơ sở tri thức

Một diễn giải I là một mô hình của cơ sở tri thức $\mathcal{KB}$, nếu nó thỏa mãn tất cả các tiên đề trong TBox và tất cả các khẳng định trong ABox, ký hiệu $I \models \mathcal{KB}$. Bài toán thỏa được của cơ sở tri thức là bài toán quyết định xem đối với một cơ sở tri thức $\mathcal{KB}$ đã cho, liệu có tồn tại một mô hình I để cho $I \models \mathcal{KB}$ hay không.

Lớp độ phức tạp dữ liệu của Horn-DL được định nghĩa là lớp độ phức tạp của bài toán thỏa được của cơ sở tri thức Horn-DL theo kích thước của ABox $\mathcal{A}$, giả định rằng RBox $\mathcal{R}$ và TBox $\mathcal{T}$ là cố định và $\mathcal{A}$ là một ABox Horn-DL rút gọn [7]. Lúc đó độ phức tạp dữ liệu của Horn-DL thuộc lớp PTime.

Bài toán thỏa được của cơ sở tri thức Horn-SROIQ thuộc lớp ExpTime [9], và nếu cố định TBox $\mathcal{T}$ thì độ phức tạp dữ liệu của Horn-SROIQ thuộc lớp PTime.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mặc dù độ phức tạp dữ liệu của cơ sở tri thức Horn-SROIQ và Horn-DL đều thuộc lớp PTime, tuy nhiên khả năng biểu diễn tri thức của các ngôn ngữ này không hoàn toàn như nhau.

3.1. Đánh giá RBox của Horn-DL và tập các RIA của Horn-SROIQ

Giả sử $\mathcal{R}'$ là tập các RIA của Horn-SROIQ và $\mathcal{R}$ là một RBox của Horn-DL. Dựa trên cú pháp và ngữ nghĩa của Horn-SROIQ và Horn-DL, chúng ta thấy rằng mọi biểu diễn trên $\mathcal{R}'$ đều có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng các khẳng định vai trò hoặc các tiên đề bao hàm vai trò trong $\mathcal{R}$.

- Nếu $\mathcal{R}'$ có chứa khẳng định vai trò dạng $\text{Disj}(s, s')$ thì trong $\mathcal{R}$ chứa khẳng định vai trò $\text{Disj}(S, S')$.

- Nếu $\mathcal{R}'$ chứa tiên đề bao hàm vai trò dạng $r^- \sqsubseteq r$ thì trong $\mathcal{R}$ chứa $S \sqsubseteq R$, đây là trường hợp đặc biệt của tiên đề bao hàm vai trò dạng $S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_k \sqsubseteq R$, với $k = 1$ và S là nghịch đảo của một tên vai trò đơn (tức là $S \in \mathbf{R}_-$);

- Nếu $\mathcal{R}'$ chứa tiên đề bao hàm vai trò dạng $s_1 \sqsubseteq r$ thì trong $\mathcal{R}$ chứa $S \sqsubseteq R$, ở đây S là một vai trò con của R ;

- Nếu $\mathcal{R}'$ chứa các tiên đề bao hàm vai trò dạng $\varpi \sqsubseteq r, r \circ \varpi \sqsubseteq r, \varpi \circ r \sqsubseteq r, r \circ r \sqsubseteq r$, thì trong $\mathcal{R}$ chứa các tiên đề bao hàm vai trò có dạng $S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_k \sqsubseteq R$, ở đây giá trị của $k \geq 1$;

Như vậy ta có thể thấy rằng mọi tập chứa các RIA của Horn-SROIQ cũng có thể là một RBox trong Horn-DL, nhưng điều ngược lại không đúng. Cụ thể, nếu trong RBox của Horn-DL chứa khẳng định vai trò $\text{Irr}(S)$ thì khả năng biểu diễn tính phản phản xạ của một vai trò trong $\mathcal{R}'$ của Horn-SROIQ không thực hiện được. Ngoài ra, RBox trong Horn-DL còn có thể chứa các tiên đề bao hàm vai trò dạng $\varepsilon \sqsubseteq R$ (trường hợp đặc biệt của $S_1 \circ S_2 \circ \dots \circ S_k \sqsubseteq R$, với $k = 0$), nhưng trong các RIA của Horn-SROIQ dạng này không cho phép.

3.2. Đánh giá TBox của Horn-DL và TBox của Horn-SROIQ

Các tiên đề bao hàm khái niệm của Horn-SROIQ gồm các tiên đề từ dạng (VII) đến dạng (XII) trong bảng 2. Các tiên đề bao hàm TBox của Horn-DL là các tiên đề dạng $C \sqsubseteq D$, trong đó C là khái niệm vế trái, D là khái niệm vế phải. Ta nhận thấy rằng mọi vế trái của quan hệ bao hàm $\sqsubseteq$ trong các tiên đề từ (VII) đến (XII) của Horn-SROIQ thì đều được chấp nhận bởi các khái niệm vế trái C , và vế phải của mọi quan hệ bao hàm $\sqsubseteq$ trong các tiên đề này cũng đều được chấp nhận bởi các khái niệm vế phải D . Tuy nhiên ngược lại không đúng.

Trong Horn-*SROIQ* khái niệm $\exists r.\text{Self}$ chỉ có thể xuất hiện ở vế phải của quan hệ bao hàm $\sqsubseteq$ khi r là một vai trò đơn, trong khi ở Horn-DL thì chấp nhận $\exists R.\text{Self}$ với R là một vai trò bất kỳ.

Khái niệm về trái C có thể có dạng $\forall \exists R.C$, tuy nhiên Horn-*SROIQ* không cho phép cấu trúc $\forall \exists R.C$ ở vế trái của tiên đề bao hàm TBox.

Ngoài ra, Horn-DL còn chứa vai trò phổ quát trong khi Horn-*SROIQ* không chấp nhận vai trò này.

Như vậy mọi TBox của Horn-*SROIQ* cũng có thể là một TBox trong Horn-DL, nhưng điều ngược lại không đúng.

3.3. Đánh giá ABox của Horn-DL và ABox của Horn-*SROIQ*

Từ bảng 1 và bảng 2, ta thấy mọi ABox của Horn-*SROIQ* đều có thể là ABox của Horn-DL, tuy nhiên điều ngược lại không đúng. Trong ABox của Horn-DL chứa các khẳng định dạng $\text{Irr}(S)$, $\neg s(a, b)$, $a \neq b$ nhưng ABox của Horn-*SROIQ* không chấp nhận các dạng này.

3.4. Bài toán minh họa và đánh giá

Chúng ta mô tả quan hệ trong gia đình từ khái niệm nguyên tử là *Human* như sau.

Đặt $\mathcal{R} = \{ \text{hasChild} \sqsubseteq \overline{\text{hasParent}}, \overline{\text{hasChild}} \sqsubseteq \text{hasParent}, \text{hasChild} \sqsubseteq \text{hasDescendant}, \text{hasChild} \circ \text{hasChild} \sqsubseteq \text{hasDescendant}, \overline{\text{hasChild}} \sqsubseteq \overline{\text{hasDescendant}}, \overline{\text{hasDescendant}} \circ \overline{\text{hasChild}} \sqsubseteq \overline{\text{hasDescendant}} \}$.

$\mathcal{T} = \{ \text{Man} \sqsubseteq \text{Human}, \text{Woman} \sqsubseteq \text{Human}, \text{Man} \sqcap \text{Woman} \sqsubseteq \perp, \exists \text{hasChild}.\text{Human} \sqsubseteq \text{Parent}, \exists \text{hasChild}.\text{Parent} \sqsubseteq \text{GrandParent}, \text{Parent} \sqcap \text{Man} \sqsubseteq \text{Father}, \text{Parent} \sqcap \text{Woman} \sqsubseteq \text{Mother}, \forall \exists \text{hasChild}.\text{Woman} \sqsubseteq \text{ParentHasNoSon}, \forall \exists \text{hasChild}.\text{Man} \sqsubseteq \text{ParentHasNoDaughter} \}$.

$\mathcal{A} = \{ \text{Man}(\text{Tom}), \text{Woman}(\text{Helen}), \text{ParentHasNoDaughter}(\text{Peter}), \text{hasChild}(\text{Olga}, \text{Peter}), \text{hasChild}(\text{Peter}, \text{Bill}), \text{hasChild}(\text{Peter}, \text{Win}), \text{hasChild}(\text{Helen}, \text{Win}), \text{hasDescendant}(\text{Tom}, \text{Win}), \text{Bill} \neq \text{Win}, \neg \text{hasChild}(\text{Tom}, \text{Helen}) \}$.

Lúc đó $\text{KB} = \langle \mathcal{R}, \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$ là cơ sở tri thức Horn-DL. Ta có thể thấy rằng *Tom*, *Peter* là các thể hiện của khái niệm *Father* tương ứng với KB và *Tom*, *Peter*, *Bill*, *Win* là các thể hiện của khái niệm *Man* tương ứng với KB, đồng thời $\text{KB} \models \text{hasChild}(\text{Tom}, \text{Peter})$.

Nếu dùng các cấu trúc của Horn-*SROIQ* để mô tả cơ sở tri thức trên, khi đó chúng ta không thể mô tả các bao hàm khái niệm $\forall \exists \text{hasChild}.\text{Woman} \sqsubseteq \text{ParentHasNoSon}$, $\forall \exists \text{hasChild}.\text{Man} \sqsubseteq \text{ParentHasNoDaughter}$ thì chúng ta chưa đủ cơ sở để suy ra *Bill*, *Win* là các thể hiện của *Man* được. Ngoài ra, cấu trúc của Horn-*SROIQ* cũng không thể mô tả $\text{Bill} \neq \text{Win}$, $\neg \text{hasChild}(\text{Tom}, \text{Helen})$ và do đó các mô hình của cơ sở tri thức cũng chưa chắc thỏa $\text{hasChild}(\text{Tom}, \text{Peter})$.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đánh giá khả năng biểu diễn tri thức của các ngôn ngữ quy luật, từ đó kết luận được rằng Horn-DL về cơ bản hoàn toàn mạnh hơn Horn-SROIQ. Như vậy, Horn-DL là một ngôn ngữ có khả năng biểu diễn tri thức cao và việc nghiên cứu để phát triển Horn-DL là một nghiên cứu có nhiều triển vọng. Hướng phát triển trong tương lai là tìm kiếm các thuật toán hiệu quả để trả lời truy vấn trong cơ sở tri thức Horn-DL.

LỜI CẢM ƠN

Xin cảm ơn Trường Đại học Khoa học Huế đã cấp kinh phí cho bài báo này (đây là một phần trong đề tài Nghiên cứu Khoa học cấp cơ sở Trường). Cảm ơn Khoa Công nghệ Thông tin, các thầy cô và đồng nghiệp đã tạo mọi điều kiện để nghiên cứu này được hoàn thành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. F. Baader, S. Brandt, and C. Lutz (2005). Pushing the EL envelope, In *Proceedings of IJCAI'2005*, Edinburgh, pp. 364-369.
- [2]. F. Baader, S. Brandt, and C. Lutz (2008). Pushing the EL envelope further, In *Proceedings of OWLED 2008 DC Workshop on OWL: Experiences and Directions*, Washington.
- [3]. D. Calvanese, G. De Giacomo, D. Lembo, M. Lenzerini, and R. Rosati (2007). Tractable reasoning and efficient query answering in description logics: The DL-Lite family, *J. Automated Reasoning*, vol. 39(3), pp. 385-429.
- [4]. B.N. Grosof, I. Horrocks, R. Volz, and S. Decker (2003). Description logic programs: combining logic programs with description logic, In *Proc. of WWW'2003*, Budapest, pp. 48-57.
- [5]. I. Horrocks, O. Kutz, U. Sattler (2006). The Even More Irresistible SROIQ, In *Proc. KR'2006*, Lake District, pp. 57-67.
- [6]. U. Hustadt, B. Motik, and U. Sattler (2007). Reasoning in description logics by a reduction to disjunctive Datalog, *J. Automated Reasoning*, vol. 39(3), pp. 351-384.
- [7]. L.A. Nguyen, T.B.L. Nguyen, and A. Szalas (2013). Horn-DL: An expressive Horn description logic with PTime data complexity, In *Proc. of RR'2013*, Mannheim, vol. 7994 of LNCS, pp. 259-246.
- [8]. L.A. Nguyen (2010). Horn knowledge base in regular description logics with PTime data complexity, *Fundamenta Informaticae*, vol. 104(4), pp. 349-384.
- [9]. M. Ortiz, S. Rudolph, and M. Šimkus (2010). Worst-case Optimal Reasoning for the Horn-DL Fragments of OWL 1 and 2, In *Proc. KR'2010*, Toronto, pp. 269-279.
- [10]. M. Ortiz, S. Rudolph, and M. Šimkus (2011). Query answering in the Horn fragments of the description logics SHOIQ and SROIQ, In *Proceedings of IJCAI'2011*, Barcelona, pp. 1039-1044.

EVALUATION OF HORN-DL IN COMPARISON WITH HORN SROIQ

Nguyen Thi Bich Loc

Department of Information Technology, Hue University College of Sciences

Email: ntbichloc@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

Semantic Web is a research area which has been rapidly growing in the last decades. One of the important layers of Semantic Web is Web Ontology Language (OWL), which is based on the description logics (DLs). These logics are formal languages suitable for representing terminological knowledge. Thus, effective rule languages are a research problem received much attention from researchers. In this article, we have researched and evaluated Horn-DL in comparison with languages of same complexity. Basing on the analysis we concluded that the ability of knowledge representation of Horn-DL fragments is stronger than the languages compared.

Keywords: *Description Logics, Horn-DL, Rule Languages, Semantic Web.*