ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

NGỮ NGHĨA HỌC TÍNH TOÁN

CHƯƠNG 3 – NGỮ NGHĨA CÂU TRONG LOGIC VỊ TỪ BẬC MỘT

NGUYỄN TRỌNG CHỈNH

TRÌNH BÀY

1. **MỘT SỐ KHÁI NIỆM**
2. **TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA**
3. **BIỂU THỨC LAMBDA**
4. BIỂU DIỄN NGHĨA CỦA TỪ
5. MỘT SỐ QUY TẮC NGỮ NGHĨA
6. ÁP DỤNG BIỂU THỨC LAMBDA

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

1) Bộ thứ tự (order pair):

Cho hai thực thể x và y, ta có bộ thứ tự x, y, ký hiệu là <x,y> được định nghĩa là một thứ tự xuất hiện các thực thể x và y.

Nếu x ≠ y thì <x,y> ≠ <y, x>.

Ví dụ:

- Với hai đối tượng 1 và 2; ta có: <1,1>, <1,2>,<2,1> và <2,2>.
- Với hai đối tượng <1,2> và 3; ta có: <<1,2>,<1,2>>, <<1,2>,3>, <3, <1,2>> và <3, 3>.

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

2) Hàm (function)

Hàm, ký hiệu là f, là tập hợp bất kỳ, chứa các bộ thứ tự đảm bảo tính chất: với mọi thực thể x, nếu thực thể y và z tạo thành hai bộ <x, y> và <x, z> sao cho <x, y> $\in$ f và <x, z> $\in$ f, thì y = z. Nói cách khác, f(x) = y là giá trị duy nhất để <x, y> $\in$ f

- Tập hợp D={x|<x,y> $\in$ f} là miền xác định (Domain) của f.
- Tập hợp R={y|<x,y> $\in$ f} là miền giá trị (Range) của f.
- f là một ánh xạ (map) từ tập D vào tập R.

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

2) Hàm (function)

Ví dụ: Cho các số 1, 2, 3, 4. Ta có:

- Tập hợp {<1, 2>, <2, 3>, <3, 4>} là một hàm ($y=f(x)=x+1$).
- Tập hợp {<1, 2>, <2, 3>, <3, 2>} là một hàm ($y=f(x)=3-(x-2)^2$).
- Tập hợp {<1, 2>, <1, 3>, <2, 3>, <3, 4>} không là một hàm.

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

2) Hàm (function)

Một hàm có thể được biểu diễn bằng một tập hợp các bộ thứ tự, hoặc bằng các quy tắc xác định thực thể y từ thực thể x.

Ví dụ: hàm Cha có thể biểu diễn bằng tập {<Nam, Hòa>, <Minh, Sang>, <Hòa, Thanh>} hoặc bằng quy tắc:

D = {Nam, Hòa, Minh, Sang, Thanh}

Cha: $D \rightarrow D$

$\forall x \in D$, Cha(x) = $y \in D$ sao cho y là cha của x.

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

3) Nội hàm (intension)

Nội hàm của một khái niệm là tập hợp các thuộc tính chung của các đối tượng được phản ánh trong khái niệm đó. Nội hàm không thay đổi theo tình huống sử dụng khái niệm.

Ví dụ:

- “Cây” có nội hàm là: thực vật có rễ, thân, lá rõ rệt, hoặc vật có hình thù giống những thực vật có thân, lá.
- “Thủ tướng” có nội hàm là: người đứng đầu chính phủ.

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

4) Ngoại diên (extension)

Ngoại diên của một khái niệm là tập hợp tất cả các đối tượng có các thuộc tính chung được phản ánh trong khái niệm đó. Ngoại diên thay đổi theo tình huống sử dụng khái niệm.

Ví dụ:

- “Vua Đại Việt năm 1060” có ngoại diên là vua Lý Thánh Tông.
- “Vua Đại Việt năm 1280” có ngoại diên là vua Trần Nhân Tông.

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

5) Nội hàm của một câu

Nội hàm của một câu là những điều kiện để câu đó trở thành một phát biểu đúng (truth-conditions).

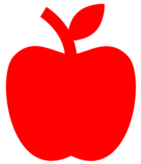
Ví dụ: Một quả táo có màu xanh có nội hàm:

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

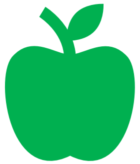
6) Ngoại diên của một câu

Ngoại diên của một câu là giá trị chân lý (truth-value) của câu đó.

Ví dụ: Một quả táo có màu xanh có ngoại diên như sau:



False / 0



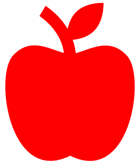
True / 1

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

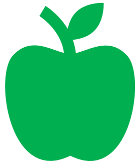
7) Nghĩa của một câu

Nghĩa của câu S, ký hiệu ||S||, là ngoại diên của S.

Ví dụ: Nghĩa của câu "Một quả táo có màu xanh":



||Một quả táo có màu xanh||=0



||Một quả táo có màu xanh||=1

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

Áp dụng nguyên lý hợp thành cho ngoại diên

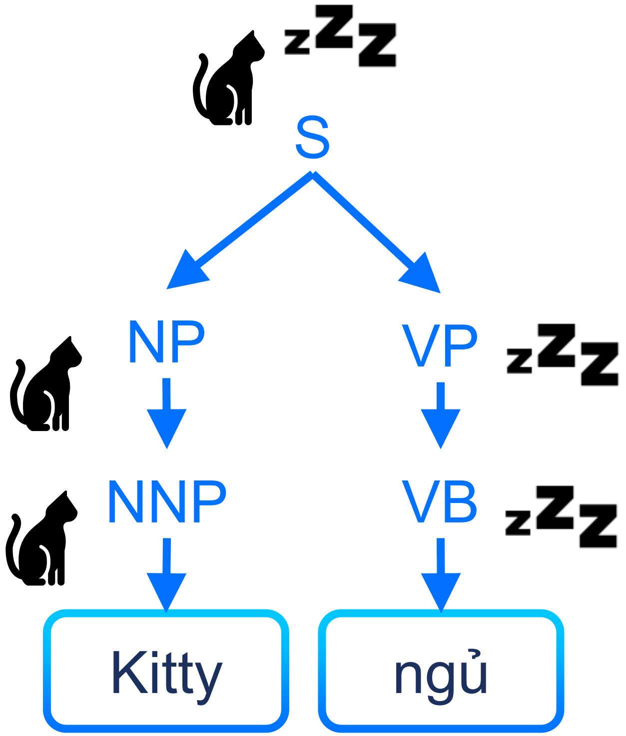
1. Phân tách câu thành các thành tố theo văn phạm.
2. Tính toán ngoại diên của mỗi thành tố bằng phép cấu tạo, ký hiệu $\oplus$, theo quan hệ cú pháp giữa các thành tố con của nó.

Trong đó:

- Ngoại diên của tên riêng hay lượng từ là một thực thể.
- Ngoại diên của một vị từ là một hàm.

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

Ví dụ: Tính toán ngữ nghĩa của câu “Kitty ngủ”.



1. ||Kitty|| = một con mèo tên Kitty.
2. ||ngủ|| = f(x): x đang ngủ $\in$ {0, 1}.
3. ||Kitty ngủ|| =

   ||Kitty|| $\oplus$ ||ngủ|| = f(Kitty) $\in$ {0, 1}

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

Các quy tắc tính toán ngữ nghĩa (Heim và Kratzer, 1998)

1) Quy tắc áp dụng hàm

Nếu X là một nút có hai nút con Y và Z trên cây cú pháp, trong đó Y là một hàm (một vị từ) có miền xác định chứa ||Z|| thì ngữ nghĩa của X được tính toán theo quy tắc:

$$||X|| = ||Y||(||Z||)$$

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

Các quy tắc tính toán ngữ nghĩa (Heim và Kratzer, 1998)

2) Quy tắc áp dụng cho nút không phân nhánh

Nếu X là một nút cha có một nút con duy nhất Y thì ngữ nghĩa của X được tính toán theo quy tắc:

$$||X|| = ||Y||$$

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

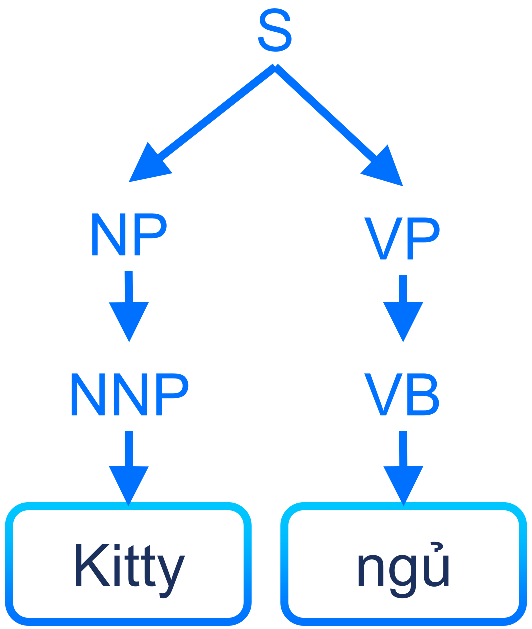
Các quy tắc tính toán ngữ nghĩa (Heim và Kratzer, 1998)

3) Quy tắc áp dụng cho ký hiệu kết thúc (terminal)

Nếu X là ký hiệu kết thúc, thì ngữ nghĩa của X được xác định từ từ điển.

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

Ví dụ: tính toán ngữ nghĩa câu “Kitty ngủ”.



Tính toán ngữ nghĩa dựa trên cây cú pháp:

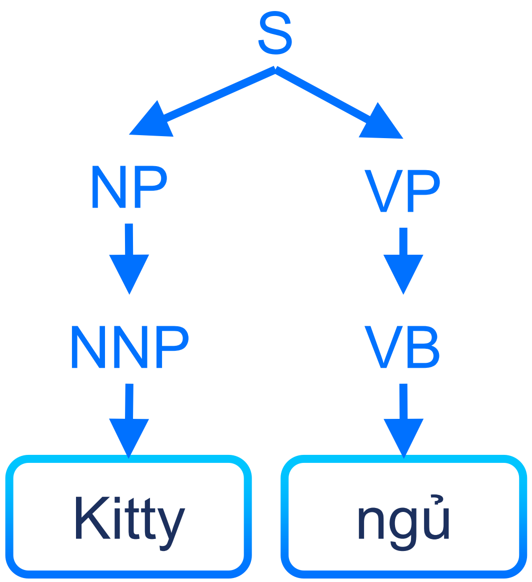
$$
\begin{aligned}
\|S\| &= \|VP\|(\|NP\|) \\
&= \|VB\|(\|NN\|) \\
&= \|\text{ngủ}\|(\|\text{Kitty}\|) \\
&= \begin{cases} \text{True (nếu con mèo Kitty đang ngủ)} \\ \text{False (nếu con mèo Kitty đang thức)} \end{cases}
\end{aligned}
$$

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

Liên hệ giữa ngoại diên và truth-conditions

Thông qua quá trình chứng tỏ một câu S có chân trị đúng, chúng ta sẽ xác định được các điều kiện để S đúng (truth-conditions).

Ví dụ: xác định truth-conditions của câu “Kitty ngủ”



Giả sử câu S đúng, ta có:

||S|| = T

⇔ ||ngủ||(Kitty) = T

⇔ f(Kitty) = T

⇔ Con mèo tên Kitty đang ngủ

2. TÍNH TOÁN NGỮ NGHĨA

Nguyên lý hợp thành áp dụng cho ngoại diên cho phép:

- Tính toán chân trị của một phát biểu dựa trên các sự kiện có trong một mô hình cho trước.
- Xác định các sự kiện cần có trong một mô hình để một phát biểu có chân trị đúng.

3. BIỂU THỨC LAMBDA

3.1 CÁC KIỂU NGỮ NGHĨA

3.1. CÁC KIỂU NGỮ NGHĨA

Kiểu ngữ nghĩa là kiểu được dùng để biểu diễn ngữ nghĩa của các phát biểu trong ngôn ngữ tự nhiên.

Các kiểu ngữ nghĩa:

- Thực thể, ký hiệu là *e*. Miền thực thể, ký hiệu D_e
- Chân trị, ký hiệu là *t*. Miền chân trị, ký hiệu D_t
- Hàm, ánh xạ từ tập A sang tập B, ký hiệu $<A, B>$. Miền hàm, ký hiệu $D_{<A, B>}$.

3.1. CÁC KIỂU NGỮ NGHĨA

Ví dụ: Một số kiểu hàm

- <*e*, *t*> là kiểu hàm, ánh xạ từ kiểu thực thể đến kiểu chân trị.
- <*e*,<*e*,*t*>> là kiểu hàm, ánh xạ từ [kiểu thực thể] đến [kiểu hàm, ánh xạ từ [kiểu thực thể] đến [kiểu chân trị]]
- <<*e*, *t*>, *t*> là kiểu hàm, ánh xạ từ [kiểu hàm, ánh xạ từ [kiểu thực thể] đến [kiểu chân trị]] đến kiểu chân trị.

3.1. CÁC KIỂU NGỮ NGHĨA

Ví dụ: Xác định các kiểu ngữ nghĩa trong câu sau:

Nam và Minh là học sinh.

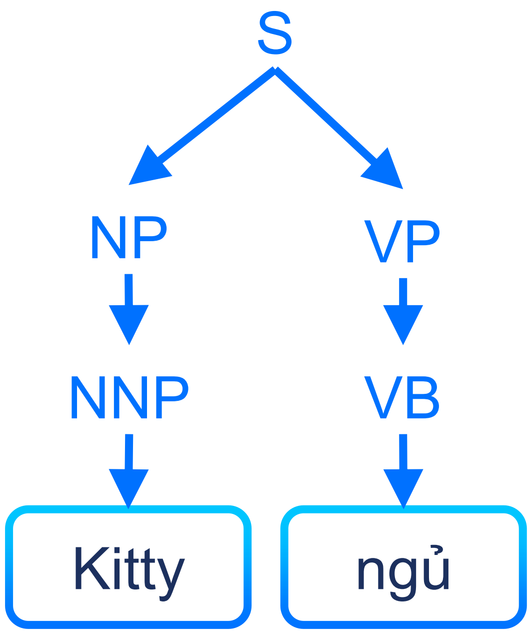
- Kiểu thực thể *e*. Miền D_e = {Nam, Minh}.
- Kiểu chân trị *t*. Miền D_t = {false, true}.
- Kiểu hàm <*e*, *t*>. Miền $D_{<e,\, t>}$ = {học_sinh}.

Trong đó, học_sinh(x) là hàm có đối số kiểu thực thể và có miền giá trị kiểu chân trị.

3.1. CÁC KIỂU NGỮ NGHĨA

Xác định kiểu của các động từ.

Câu có động từ nội động:

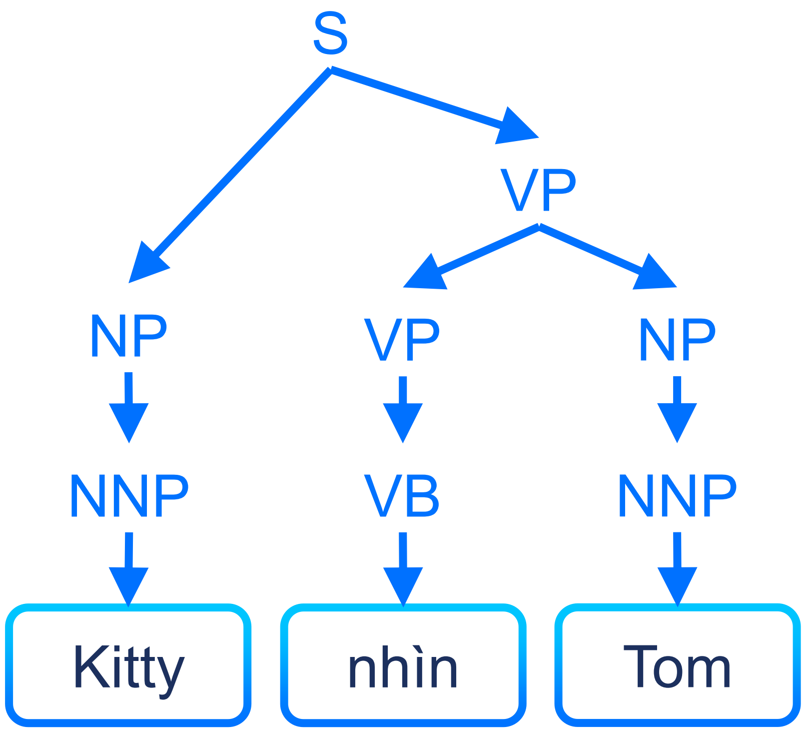


- Kiểu của câu “Kitty ngủ” là *t*.
- Kiểu của danh từ riêng “Kitty” là *e*.
- Động từ “ngủ” nhận đối số kiểu *e* và có miền giá trị t nên có kiểu <*e*, *t*>

3.1. CÁC KIỂU NGỮ NGHĨA

Xác định kiểu của các động từ.

Câu có động từ ngoại động:



- Kiểu của câu "Kitty nhìn Tom" là ***t***.
- Kiểu của danh từ riêng "Kitty" và "Tom" là **e**.
- Động ngữ "nhìn Tom" phải nhận đối số kiểu **e** và có miền giá trị kiểu ***t*** nên có kiểu **<e,*t*>**
- Động từ "nhìn" phải nhận đối số kiểu **e** và có miền giá trị **<e,*t*>** nên có kiểu **<e,<e,*t*>>**

3. BIỂU THỨC LAMBDA

3.2 KÝ HIỆU LAMBDA

3.2. KÝ HIỆU LAMBDA

Biểu diễn hàm với ký hiệu lambda:

Cú pháp biểu diễn hàm f nhận tham số là một phần tử trong tập D và miền giá trị f(x) như sau:

$$\mathbf{[\lambda x: x \in D . f(x)]}$$

Ví dụ:

Hàm {<1,2>, <2,3>, <3,4>} được biểu diễn: $[\lambda x: x \in \{1,2,3\} . x+1]$

Hàm học sinh {<Nam, True>, <Minh, True>, <Bình, False>} được biểu diễn: $[\lambda x: x \in \{\text{Nam, Minh, Bình}\} . x \text{ là học sinh}]$

3.2. KÝ HIỆU LAMBDA

Truyền đối số hàm với ký hiệu lambda:

Cú pháp truyền đối số a vào hàm f(x) như sau:

$$[\lambda x: x \in D \,.\, f(x)](a) = y$$

Kết quả khi truyền đối số a vào hàm f là giá trị duy nhất y sao cho

$$\langle a, y \rangle \in [\lambda x: x \in D \,.\, f(x)]$$

Khi truyền đối số, những vị trí xuất hiện biến x sẽ được thay bằng đối số a.

3.2. KÝ HIỆU LAMBDA

Ví dụ:

- $[\lambda x: x \in \{1,2,3\} . x+1](1) = 1+1 = 2.$
- $[\lambda x: x \in \{\text{Nam, Minh, Bình}\} . \text{x là học sinh}](\text{Nam})$

  $= \text{Nam là học sinh} = \text{True}.$
- $[\lambda x\ \lambda y : x, y \in \{1,2,3\} . (x + y)^2 + y](1)(2)$

  $= [\lambda y : y \in \{1,2,3\} . (1 + y)^2 + y](2)$

  $= (1 + 2)^2 + 2 = 11$

3.2. KÝ HIỆU LAMBDA

Biểu thức lambda: là biểu thức thể hiện mối quan hệ tính toán giữa các hàm được biểu diễn theo ký hiệu lambda. Một biểu thức lambda có hình thức như sau:

$$\lambda P.\ F(P)@A$$

Trong đó,

- P là biến lambda giữ các vị trí cho đối số A trong thân biểu thức.
- F là thân của biểu thức (functor).
- A là đối số. A có thể là một biểu thức lambda khác.
- @ là phép toán triển khai, thay thế cho cặp dấu “(” và “)” .

3.2. KÝ HIỆU LAMBDA

Ưu điểm của biểu thức lambda:

- Biểu thức lambda là một phương tiện để định nghĩa hàm bằng cách tính toán các hàm như những giá trị.
- Biểu diễn quan hệ giữa các hàm theo cách đơn giản bằng các biểu thức lambda lồng nhau.

3.2. KÝ HIỆU LAMBDA

Ví dụ: Xét hai câu cùng ngữ nghĩa:

1) Bình tặng một quyển sách cho Thúy.
2) Bình tặng Thúy một quyển sách.

Ngữ nghĩa của chúng là

$$\exists x, \text{sách}(x) \wedge \text{tặng}(\text{Bình}, x, \text{Thúy})$$

$\Rightarrow$ Dùng biểu thức lambda để biểu diễn vị từ "**tặng**" có dạng hàm nhận 3 đối số.

3. BIỂU THỨC LAMBDA

3.3 PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Phép biến đổi Beta (β-conversion) cho biểu thức lambda: thực hiện việc thay thế các biến lambda bằng tham số tương ứng của nó theo quy tắc:

- Theo thứ tự từ trái qua phải, từ những biểu thức nằm trong cặp dấu "(" ")" sâu nhất trước (có thứ tự ưu tiên cao nhất).
- Với biến lambda P cần xử lý, các vị trí của P trong functor F được thay thế bằng tham số A của nó.
- Chỉ thực hiện phép biến đổi nếu tồn tại biến lambda, functor và tham số của nó xuất hiện trong cùng một cấp ưu tiên.

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Ví dụ: Thực hiện các phép biến đổi β để tính giá trị của các biểu thức lambda sau:

- λP.quen(nam, P)@hoa
- λP.(P@hoa)@ λQ.ngủ(Q)
- λP.(P@nam)@(λQ.(λY.(Q@ λX.quen(Y, X)))@λT.(T@hoa))

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Thực hiện các phép biến đổi β cho biểu thức:

$$\lambda P.quen(nam, P)@hoa$$

Ta có 1 biểu thức lambda với

- Biến lambda là P.
- Functor là quen(nam, P).
- Đối số là “hoa”.

⇒ Đặt đối số “hoa” vào các vị trí của biến P: quen(nam, hoa).

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Thực hiện các phép biến đổi β cho biểu thức:

$$\lambda P.(P@hoa)@\ \lambda Q.ngủ(Q)$$

Ta có hai biểu thức lambda:

1) λP.(P@hoa)@ A, với A là biểu thức lambda thứ hai.
2) λQ.ngủ(Q) là biểu thức lambda thiếu đối số.

⇒ Thực hiện phép biến đổi β theo thứ tự trái sang phải, ta được:

$$\lambda Q.ngủ(Q)@hoa$$

⇒ Thực hiện tiếp phép biến đổi β, ta được: ngủ(hoa).

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Thực hiện các phép biến đổi β cho biểu thức:

λP.(P@nam)@(λQ.(λY.(Q@ λX.quen(Y, X)))@λT.(T@hoa))

Ta có 3 biểu thức lambda:

1) λP.(P@nam)@(λQ.(λY.(Q@ λX.quen(Y, X)))@λT.(T@hoa))
2) λQ.(λY.(Q@ λX.quen(Y, X)))@λT.(T@hoa)
3) λY.(Q@ λX.quen(Y, X)), thiếu đối số.

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Thực hiện phép biến đổi β cho biểu thức lambda đầy đủ và có ưu tiên cao nhất:

$$\lambda Q.(\lambda Y.(Q@\ \lambda X.quen(Y, X)))@\lambda T.(T@hoa)$$

Thay thế biến lambda Q bằng đối số $\lambda T.(T@hoa)$:

$$\lambda Y.(\lambda T.(T@hoa)@\ \lambda X.quen(Y, X))$$

Biểu thức ban đầu trở thành:

$$\lambda P.(P@nam)@(\lambda Y.(\lambda T.(T@hoa)@\ \lambda X.quen(Y, X)))$$

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Thực hiện phép biến đổi β cho biểu thức lambda đầy đủ và có ưu tiên cao nhất:

λT.(T@hoa)@ λX.quen(Y, X)

Thay thế biến lambda T bằng đối số λX.quen(Y, X):

λX.quen(Y, X)@hoa

Biểu thức ban đầu trở thành:

λP.(P@nam)@(λY.(λX.quen(Y, X)@hoa)

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Thực hiện phép biến đổi β cho biểu thức lambda đầy đủ và có ưu tiên cao nhất:

λX.quen(Y, X)@hoa

Thay thế biến lambda X bằng đối số hoa:

quen(Y, hoa)

Biểu thức ban đầu trở thành:

λP.(P@nam)@(λY.quen(Y, hoa))

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Thực hiện phép biến đổi β cho biểu thức lambda đầy đủ:

λP.(P@nam)@(λY.quen(Y, hoa))

Thay thế biến lambda P bằng đối số λY.quen(Y, hoa):

λY.quen(Y, hoa)@nam

Biểu thức ban đầu trở thành:

λY.quen(Y, hoa)@nam

3.3. PHÉP BIẾN ĐỔI BETA

Thực hiện phép biến đổi β cho biểu thức lambda đầy đủ:

$$\lambda Y.quen(Y, hoa)@nam$$

Thay thế biến lambda Y bằng đối số nam:

$$quen(nam, hoa)$$

Kết quả thực hiện các phép biến đổi β cho biểu thức:

$$\lambda P.(P@nam)@(\lambda Q.(\lambda Y.(Q@\ \lambda X.quen(Y, X)))@\lambda T.(T@hoa))$$

Là:

$$quen(nam, hoa)$$

3. BIỂU THỨC LAMBDA

3.4 PHÉP BIẾN ĐỔI ALPHA

3.4. PHÉP BIẾN ĐỔI ALPHA

- **Phép biến đổi Alpha (α-conversion) cho biểu thức lambda**: là thao tác thay đổi tên biến để tránh sự nhầm lẫn trong quá trình thay thế. Việc thay đổi tên biến không ảnh hưởng đến kết quả của biểu thức logic cuối cùng.

Chẳng hạn, hai biểu thức lambda sau là tương đương:

λP.học_sinh(P)@nam

λQ.học_sinh(Q)@nam

Vì kết quả của chúng đều là học_sinh(nam)

3.4. PHÉP BIẾN ĐỔI ALPHA

Ví dụ: Tính kết quả của biểu thức lambda sau:

λP.(P@nam)@(**λQ.λX.(Q@λY.có(X,Y))@λT.∃X(cây_bút(X)∧T@X)**)

Biểu thức lambda đầy đủ và có độ ưu tiên cao nhất là:

λQ.λX.(Q@λY.có(X, Y))@λT.∃X(cây_bút(X) ∧ T@X)

Thực hiện phép biến đổi β với biến lambda Q, ta được:

λP.(P@nam)@(λX.(λT.∃X(cây_bút(X)∧T@X)@λY.có(X,Y)))

3.4. PHÉP BIẾN ĐỔI ALPHA

Tiếp tục tính kết quả của biểu thức lambda:

$$\lambda P.(P@nam)@(\lambda X.(\lambda T.\exists X(cây\_bút(X) \wedge T@X)@\lambda Y.có(X,Y)))$$

Biểu thức lambda đầy đủ và có độ ưu tiên cao nhất là:

$$\lambda T.\exists X(cây\_bút(X) \wedge T@X)@\lambda Y.có(X, Y)$$

Thực hiện phép biến đổi β với biến lambda T, ta được:

$$\lambda P.(P@nam)@(\lambda X.\exists X(cây\_bút(X) \wedge \lambda Y.có(X, Y)@X))$$

3.4. PHÉP BIẾN ĐỔI ALPHA

Tiếp tục tính kết quả của biểu thức lambda:

$$\lambda P.(P@nam)@(\lambda X.\exists X(\text{cây\_bút}(X) \wedge \lambda Y.\text{có}(X, Y)@X))$$

Biểu thức lambda đầy đủ và có độ ưu tiên cao nhất là:

$$\lambda Y.\text{có}(X, Y)@X$$

Thực hiện phép biến đổi β với biến lambda Y, ta được:

$$\lambda P.(P@nam)@(\lambda X.\exists X(\text{cây\_bút}(X) \wedge \text{có}(X, X)))$$

3.4. PHÉP BIẾN ĐỔI ALPHA

Tiếp tục tính kết quả của biểu thức lambda:

$$\lambda P.(P@nam)@(\lambda X.\exists X(cây\_bút(X) \wedge có(X, X)))$$

Thực hiện phép biến đổi β với biến lambda P, ta được:

$$\lambda X.\exists X(cây\_bút(X) \wedge có(X, X))@nam$$

Thực hiện phép biến đổi β với biến lambda X, ta được:

$$\exists nam\ (cây\_bút(nam) \wedge có(nam, nam))$$

Sai do nhầm tên biến X trong biểu thức lamda ban đầu

$$\lambda P.(P@nam)@((\lambda P.\boldsymbol{\lambda X}.(P@\lambda Y.có(X,Y))@\lambda T.\exists \mathbf{X}(cây\_bút(X) \wedge T@X))$$