

Chương 4

Tri thức và suy diễn

Lê Thanh Hương
Viện CNTT&TT - ĐHBK HN

Nội dung môn học

Chương 1. Tổng quan

Chương 2. Tác tử thông minh

Chương 3. Giải quyết vấn đề

Chương 4. Tri thức và suy diễn

- Tổng quan
- Logic mệnh đề
- Logic vị từ
- Biểu diễn tri thức

Chương 5. Học máy

Tác tử dựa trên tri thức

- Tri thức về thế giới
 - Là tập các sự kiện về thế giới (cơ sở tri thức của nó), diễn đạt bằng một ngôn ngữ hình thức nào đó.
- Lập luận về thế giới
 - Tác tử có khả năng sinh ra các sự kiện mới từ các sự kiện trong CSTT sử dụng cơ chế suy diễn.
- Tác động vào thế giới
 - Tác tử ánh xạ cảm nhận (percept) thành hành động (action) bằng cách truy vấn và cập nhật CSTT.

Tri thức là gì?

- Dữ liệu và Tri thức: là những dạng khác nhau của thông tin nên khó phân biệt rạch ròi

Tri thức

- ký hiệu tượng trưng
- tản mạn
- cấu trúc phức hợp
- VD: Đông y:
 - hâm hấp sốt
 - mạch nhanh/chậm

Dữ liệu

- số
- có cấu trúc
- cấu trúc đơn giản
- VD: Tây y:
 - t^0 39^0
 - mạch 75

Phân loại tri thức

a. Tri thức mô tả: what?

- về tình huống (GT + KL): sự kiện
- về lĩnh vực: luật nếu ... thì

Phân loại tri thức

b. Tri thức thủ tục: how?

- Modus Ponens
- Modus Tollens

Tri thức cũ về tình huống -----> Tri thức mới về t/huống

↓
Hiểu biết về lĩnh vực

Modus Ponens

$$\frac{A, A \rightarrow B}{B}$$

Modus Tollens

$$\frac{A \rightarrow B, \neg B}{\neg A}$$

- Ví dụ: Trán rộng \rightarrow Thông minh
Bình: trán rộng \Rightarrow Bình thông minh

Phân loại tri thức

c. Tri thức điều khiển: heuristic

- Chọn hướng suy diễn: tiến, lùi, hỗn hợp
- Chọn luật áp dụng: đảm bảo đủ, không thừa, có cấu trúc, ngắn gọn
- Vẽ hình phụ

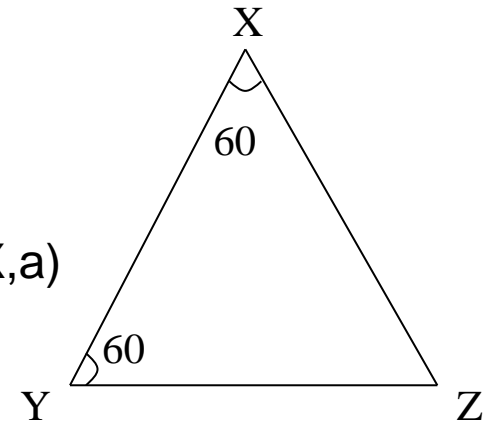
Ví dụ 1: Chứng minh bài toán hình học

- Mô tả? GT, KL, hình vẽ + Định lý, tính chất
- Thủ tục? Áp dụng định lý đường trung bình vào tam giác ABC ta có
- Điều khiển? Nghĩ \rightarrow SD tiến, lùi; Viết \rightarrow SD tiến

Cho $X = 60^\circ$, $Y = 60^\circ$. CM $XY = XZ$, $XY = YZ$

Mô tả:

- Sự kiện: $\text{Bnhau}(XY, UV)$ $\text{Bang}(X, Y)$ $\text{Banggoc}(X, a)$
- Luật:
 - $\text{Bnhau}(XY, UV) \Rightarrow \text{bnhau}(UV, XY)$
 - $\text{Bnhau}(XY, UV) \Rightarrow \text{bnhau}(XY, VU)$
 - $\text{Bang}(Y, Z) \Rightarrow \text{bnhau}(XY, XZ)$
 - $\text{Bnhau}(XY, UV) \wedge \text{bnhau}(UV, ST) \Rightarrow \text{bnhau}(XY, ST)$
 - ???
- Ban đầu: $\text{banggoc}(X, 60)$, $\text{banggoc}(Y, 60)$
- Đích: $\text{bnhau}(XY, XZ)$, $\text{bnhau}(XY, YZ)$



Ví dụ 2

- Harry là 1 con thỏ Hare(Harry)
- Tom là 1 con rùa Tortoise(Tom)
- Thỏ chạy nhanh hơn rùa

$$\forall x, y Hare(x) \wedge Tortoise(y) \rightarrow Outruns(x, y)$$

- Harry chạy nhanh hơn Tom?

Tom và Harry

Tri thức mô tả:

- Giả thiết dưới dạng phép And

$$Hare(Harry) \wedge Tortoise(Tom)$$

- Luật

$$Hare(x) \wedge Tortoise(y) \rightarrow Outruns(x, y)$$

- Kết luận

$$Outruns(Harry, Tom)$$

Tri thức thủ tục?

Tri thức điều khiển?

Biểu diễn tri thức bằng logic hình thức

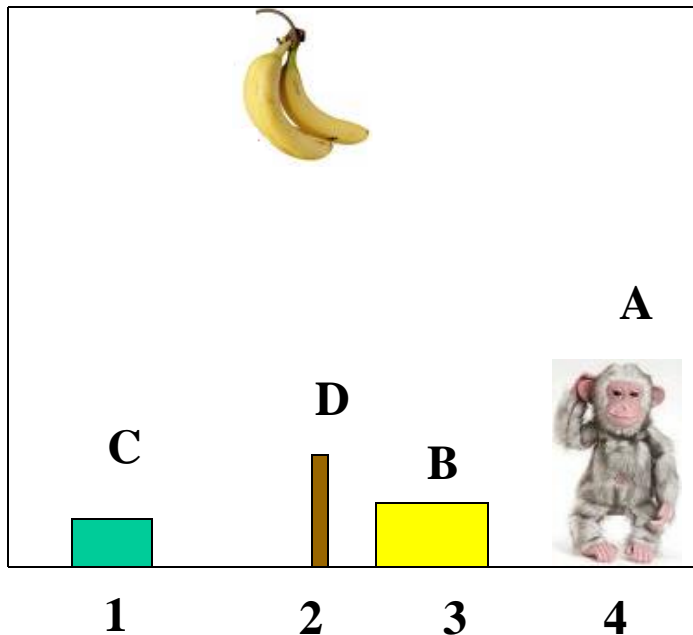
VD1. Bài toán con khỉ - nải chuối

- $\text{Tại}(O,x)$: đối tượng O ở tại vị trí x

Ban đầu: $\text{tại}(A,4)$, $\text{tại}(B,3)$, $\text{tại}(C,1)$, $\text{tại}(D,2)$

- $\text{Trên}(O1,O2)$: đối tượng $O1$ nằm trên $O2$

Muốn: $\text{tại}(B,2)$, $\text{trên}(C,B)$, $\text{trên}(A,C)$, $\text{trên}(D,A)$



Hành động của khỉ:

- $\text{tại}(A,x) \Rightarrow \text{tại}(A,y)$
- $\text{tại}(A,x) \wedge \text{tại}(O,x) \Rightarrow \text{tại}(A,y) \wedge \text{tại}(O,y)$
- $\text{tại}(A,x) \wedge \text{tại}(O,x) \Rightarrow \text{trên}(A,O)$
- $\text{tại}(A,x) \wedge \text{tại}(O1,x) \wedge \text{tại}(O2,x) \Rightarrow \text{trên}(O1,O2)$

Khái niệm logic

- Logic là bộ 3 $\langle L, S, R \rangle$
 - L: ngôn ngữ của logic, là tập các câu diễn đạt theo 1 qui luật cú pháp chặt chẽ, sử dụng ngôn ngữ hình thức.
 - S: ngữ nghĩa của logic, mô tả ý nghĩa của các thành phần trong L
 - R: cơ chế suy diễn logic, bao gồm tập các luật sinh trên ngôn ngữ L
- Các dạng logic:
 - Propositional, First Order, Higher Order, Temporal, Fuzzy, Modal, Linear, ...

Nội dung môn học

Chương 1. Tổng quan

Chương 2. Tác tử thông minh

Chương 3. Giải quyết vấn đề

Chương 4. Tri thức và suy diễn

- Tổng quan
- Logic mệnh đề
- Logic vị từ
- Biểu diễn tri thức

Chương 5. Học máy

Logic mệnh đề (Propositional Logic)

- 1 mệnh đề p là 1 phát biểu chỉ có nhận giá trị đúng (true, T, 1) hoặc sai (false, F, 0), liên kết với nhau tạo thành câu
- Các ký hiệu:
 - Propositional variables: A, B, \dots, P, Q, \dots
 - Logical constants: TRUE, FALSE
 - Logical connectives: $\neg, \wedge, \vee, \implies, \iff$
- Câu:
 - T và F là câu
 - Các biến mệnh đề là câu: P, Q, R, S
 - Nếu ϕ và ψ là câu thì những biểu thức sau cũng là câu:
 $(\phi), \neg\phi, \phi\vee\psi, \phi\wedge\psi, \phi\rightarrow\psi, \phi\leftrightarrow\psi$

Logic mệnh đề (tiếp)

- Cú pháp:
 - Sentence \rightarrow Asentence | Csentence
 - Asentence \rightarrow TRUE | FALSE | A | B|...
 - Csentence \rightarrow (Sentence) | Sentence | Sentence
Connective Sentence
 - Connective \rightarrow $\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$
- Ngữ nghĩa:
 - Ý nghĩa của TRUE là đúng, ý nghĩa của FALSE là sai
 - Ý nghĩa của 1 biến logic mệnh đề có thể đúng hoặc sai phụ thuộc vào phép gán biến Boolean cho biến logic đó
 - Ý nghĩa của câu có thể đúng hoặc sai phụ thuộc vào việc dịch câu đó

Các toán tử

Các phép toán logic

- Hội (\wedge , and, và)
- Tuyển (\vee , or, hoặc)
- Phủ định (\neg, \sim , not, không)
- Kéo theo (\Rightarrow)
- Tương đương (\Leftrightarrow)

Thứ tự ưu tiên: $\neg \wedge \vee \rightarrow \Leftrightarrow$

| | |
|--|--|
| $A \vee B \wedge C$ | $A \vee (B \wedge C)$ |
| $A \wedge B \rightarrow C \vee D$ | $(A \wedge B) \rightarrow (C \vee D)$ |
| $A \rightarrow B \vee C \Leftrightarrow D$ | $(A \rightarrow (B \vee C)) \Leftrightarrow D$ |

Ngữ nghĩa

- Ý nghĩa của một câu là giá trị chân lý của nó {T,F}. Ví dụ

$P_{1,2}$
false

$P_{2,2}$
true

$P_{3,1}$
false

Một số luật đánh giá giá trị chân lý:

$\neg S$ đúng nếu S sai

$S_1 \wedge S_2$ đúng nếu S_1 đúng và S_2 đúng

$S_1 \vee S_2$ đúng nếu S_1 đúng hoặc S_2 đúng

$$\begin{aligned}\neg P_{1,2} \wedge (P_{2,2} \vee P_{3,1}) &= \text{true} \wedge (\text{true} \vee \text{false}) \\ &= \text{true} \wedge \text{true} = \text{true}\end{aligned}$$

Bảng chân lý

- Giá trị chân lý của một biểu thức được tính dựa trên bảng chân lý

| P | Q | $\neg P$ | $P \wedge Q$ | $P \vee Q$ | $P \rightarrow Q$ | $Q \rightarrow P$ | $P \leftrightarrow Q$ |
|---|---|----------|--------------|------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| f | f | t | f | f | t | t | t |
| f | t | t | f | t | t | f | f |
| t | f | f | f | t | f | t | f |
| t | t | f | t | t | t | t | t |

- Dễ thấy $a \Rightarrow b \Leftrightarrow \neg a \vee b \Leftrightarrow \neg b \Rightarrow \neg a$
- \forall biểu thức logic mệnh đề đều có thể đưa về dạng biểu thức tương đương chỉ chứa phép \wedge, \neg, \vee

Các phép biến đổi tương đương

Hai câu có ý nghĩa tương đương nếu cùng giá trị đúng:

$$\begin{array}{ll} (\alpha \wedge \beta) \equiv (\beta \wedge \alpha) & \\ (\alpha \vee \beta) \equiv (\beta \vee \alpha) & \left. \vphantom{\begin{array}{l} (\alpha \wedge \beta) \equiv (\beta \wedge \alpha) \\ (\alpha \vee \beta) \equiv (\beta \vee \alpha) \end{array}} \right\} \text{giao hoán} \\ ((\alpha \wedge \beta) \wedge \gamma) \equiv (\alpha \wedge (\beta \wedge \gamma)) & \\ ((\alpha \vee \beta) \vee \gamma) \equiv (\alpha \vee (\beta \vee \gamma)) & \left. \vphantom{\begin{array}{l} ((\alpha \wedge \beta) \wedge \gamma) \equiv (\alpha \wedge (\beta \wedge \gamma)) \\ ((\alpha \vee \beta) \vee \gamma) \equiv (\alpha \vee (\beta \vee \gamma)) \end{array}} \right\} \text{kết hợp} \\ \neg(\neg\alpha) \equiv \alpha & \text{phủ định kép} \\ (\alpha \Rightarrow \beta) \equiv (\neg\beta \Rightarrow \neg\alpha) & \text{tương phản} \\ (\alpha \Rightarrow \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \beta) & \\ (\alpha \Leftrightarrow \beta) \equiv ((\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)) & \\ \neg(\alpha \wedge \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \neg\beta) & \\ \neg(\alpha \vee \beta) \equiv (\neg\alpha \wedge \neg\beta) & \left. \vphantom{\begin{array}{l} \neg(\alpha \wedge \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \neg\beta) \\ \neg(\alpha \vee \beta) \equiv (\neg\alpha \wedge \neg\beta) \end{array}} \right\} \text{de Morgan} \\ (\alpha \wedge (\beta \vee \gamma)) \equiv ((\alpha \wedge \beta) \vee (\alpha \wedge \gamma)) & \\ (\alpha \vee (\beta \wedge \gamma)) \equiv ((\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma)) & \left. \vphantom{\begin{array}{l} (\alpha \wedge (\beta \vee \gamma)) \equiv ((\alpha \wedge \beta) \vee (\alpha \wedge \gamma)) \\ (\alpha \vee (\beta \wedge \gamma)) \equiv ((\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma)) \end{array}} \right\} \text{phân phối} \end{array}$$

Các phép biến đổi tương đương

Luật hấp thu:

- $(A \vee (A \wedge B)) \equiv A$
- $(A \wedge (A \vee B)) \equiv A$

Các luật về 0, 1:

- $A \wedge 0 \Leftrightarrow 0$
- $A \vee 0 \Leftrightarrow A$
- $A \vee 1 \Leftrightarrow 1$
- $A \wedge 1 \Leftrightarrow A$
- $\neg 1 \Leftrightarrow 0$
- $\neg 0 \Leftrightarrow 1$

Luật bài trung:

- $\neg A \vee A \Leftrightarrow 1$

Luật mâu thuẫn:

- $\neg A \wedge A \Leftrightarrow 0$

Các phương pháp chứng minh

- Chứng minh sử dụng phương pháp tìm kiếm
- Hợp giải
- Suy diễn
 - Sinh các câu mới từ các câu cũ
 - Chứng minh = áp dụng các luật suy diễn. Có thể sử dụng luật suy diễn như các toán tử trong phương pháp tìm kiếm chuẩn
 - Thường đòi hỏi chuyển các câu sang dạng chuẩn Horn

Kỹ thuật chứng minh

$$BT = GT + KL$$

$$GT \rightarrow KL$$



CM

$$GT + \neg KL \rightarrow \text{contradiction}$$

Suy diễn

$$BT = GT + KL$$

$$GT \rightarrow KL$$



R

$$GT + R \rightarrow KL$$

Hợp giải

- Luật hợp giải (Các câu cần được chuyển sang dạng kết nối chuẩn trước khi hợp giải)

$$\frac{\alpha \vee \beta \quad \neg\beta \vee \gamma}{\alpha \vee \gamma}$$

- Chứng minh KL: thêm \neg KL vào CSTT để xem có xung đột không
- Áp dụng hợp giải đến khi xuất hiện mâu thuẫn

Hợp giải

Dạng kết nối chuẩn (Conjunctive Normal Form - CNF)

E.g., $(A \vee \neg B) \wedge (B \vee \neg C \vee \neg D)$

- Luật hợp giải cho CNF:

$$\frac{l_1 \vee \dots \vee l_k, \quad m_1 \vee \dots \vee m_n}{l_1 \vee \dots \vee l_{i-1} \vee l_{i+1} \vee \dots \vee l_k \vee \underset{m_n}{m_1} \vee \dots \vee m_{j-1} \vee m_{j+1} \vee \dots \vee m_n}$$

trong đó l_i và m_j bù nhau

$$\text{E.g., } \frac{P_{1,3} \vee P_{2,2}, \neg P_{2,2}}{P_{1,3}}$$

Chuyển đổi sang CNF

$$B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$$

1. Loại bỏ phép \Leftrightarrow , thay $\alpha \Leftrightarrow \beta$ bằng $(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$.

$$(B_{1,1} \Rightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})) \wedge ((P_{1,2} \vee P_{2,1}) \Rightarrow B_{1,1})$$

2. Loại bỏ phép \Rightarrow , thay $\alpha \Rightarrow \beta$ bằng $\neg\alpha \vee \beta$.

$$(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge (\neg(P_{1,2} \vee P_{2,1}) \vee B_{1,1})$$

3. Đưa \neg vào trong sử dụng luật de Morgan và phủ định kép:

$$(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge ((\neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1}) \vee B_{1,1})$$

4. Áp dụng luật phân phối đối với phép \wedge :

$$(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge (\neg P_{1,2} \vee B_{1,1}) \wedge (\neg P_{2,1} \vee B_{1,1})$$

Ví dụ

$$(A \vee B) \rightarrow (C \rightarrow D)$$

1. Loại bỏ phép suy ra

$$\neg(A \vee B) \vee (\neg C \vee D)$$

2. Chuyển phủ định vào trong ngoặc

$$(\neg A \wedge \neg B) \vee (\neg C \vee D)$$

3. Phân phối

$$(\neg A \vee \neg C \vee D) \wedge (\neg B \vee \neg C \vee D)$$

Ví dụ

Chuyển đổi các công thức sau về dạng kết nối chuẩn:

1. $P \vee (\neg P \wedge Q \wedge R)$

2. $(\neg P \wedge Q) \vee (P \wedge \neg Q)$

3. $\neg(P \Rightarrow Q) \vee (P \vee Q)$

4. $(P \Rightarrow Q) \Rightarrow R$

5. $(P \Rightarrow (Q \Rightarrow R)) \Rightarrow ((P \wedge S) \Rightarrow R)$

6. $(P \wedge (Q \Rightarrow R)) \Rightarrow S$

7. $P \wedge Q \Rightarrow R \wedge S$

Thuật toán hợp giải của Robinson

Chứng minh bằng phản chứng: $\text{CSTT} \wedge \neg \text{KL}$ không thoả mãn

```
function PL-RESOLUTION( $KB, \alpha$ ) returns true or false  
   $clauses \leftarrow$  the set of clauses in the CNF representation of  $KB \wedge \neg \alpha$   
   $new \leftarrow \{ \}$   
  loop do  
    for each  $C_i, C_j$  in  $clauses$  do  
       $resolvents \leftarrow$  PL-RESOLVE( $C_i, C_j$ )  
      if  $resolvents$  contains the empty clause then return true  
       $new \leftarrow new \cup resolvents$   
  if  $new \subseteq clauses$  then return false  
   $clauses \leftarrow clauses \cup new$ 
```

Thuật toán hợp giải của Robinson

Chứng minh bằng phản chứng: $CSTT \wedge \neg KL$ không thoả mãn

Giả sử có GT_1, GT_2, \dots, GT_n . Cần CM $KL \rightarrow$ phản chứng

$$\left. \begin{array}{l} GT_1 \\ \dots \\ GT_n \\ \neg KL \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} ><$$

Viết mỗi $GT_i, \neg KL$ trên 1 dòng

Đưa $GT_i, \neg KL$ về dạng chuẩn CNF

$$(p_1 \vee \dots \vee p_n) \wedge (q_1 \vee \dots \vee q_n) \quad (*)$$

Tách mỗi dòng (*) thành các dòng con:

$$p_1 \vee \dots \vee p_n$$

$$q_1 \vee \dots \vee q_n$$

Thuật toán hợp giải của Robinson

Xét 1 cặp dòng

$$u) \quad \neg p \vee q$$

$$v) \quad p \vee r$$

Hợp giải:

$$w) \quad q \vee r$$

Vô lý xuất hiện khi

$$i) \quad \neg t$$

$$ii) \quad t$$

\Rightarrow đpcm

Ví dụ

VD1:

1. a
2. $a \rightarrow b$
3. $b \rightarrow (c \rightarrow d)$
4. c

Chứng minh d

VD2:

1. $a \wedge b \rightarrow c$
2. $b \wedge c \rightarrow d$
3. a
4. b

Chứng minh d

Ví dụ

VD3:

1. p
2. $p \rightarrow q$
3. $q \wedge r \wedge s \rightarrow t$
4. $p \rightarrow u$
5. $v \rightarrow w$
6. $u \rightarrow v$
7. $v \rightarrow t$

Cho r, s . CM t

VD4:

1. $((a \vee b) \wedge c) \rightarrow (c \wedge d)$
2. $a \wedge m \wedge d \rightarrow f$
3. $m \rightarrow b \wedge c$
4. $a \rightarrow c$
5. $(a \wedge f) \rightarrow (\neg e \vee g)$
6. $(m \wedge f) \rightarrow g$

Cho a, m . CM g

Ví dụ 5

1. $a1 \vee a2 \Rightarrow a3 \vee a4$
2. $a1 \Rightarrow a5$
3. $a2 \wedge a3 \Rightarrow a5$
4. $a2 \wedge a4 \Rightarrow a6 \wedge a7$
5. $a5 \Rightarrow a7$
6. $a1 \wedge a3 \Rightarrow a6 \vee a7$

- Cho các mệnh đề $a1, a2$ đúng.
- Đưa các biểu thức logic trên về dạng chuẩn
- áp dụng phương pháp hợp giải của Robinson, chứng minh $a7$ đúng.

Nhận xét

- Thuật giải Robinson vẫn vấp phải sự bùng nổ tổ hợp. Có thể áp dụng các heuristics:
 - Chiến lược ưu tiên các biểu thức đơn
 - Chiến lược đơn giản hóa các biểu thức
 - Chiến lược giảm số lần hợp giải
 - Chiến lược sắp thứ tự các hợp giải
 - Chiến lược tập tủa
- Thuật giải Robinson được áp dụng trong CM định lý tự động. 2 nhược điểm:
 - con người không tư duy theo cách này
 - chúng ta bị mất ngữ nghĩa và nội dung thông tin khi chuyển về dạng câu CNF

Suy diễn với logic mệnh đề

- **Dạng chuẩn Horn**

CSTT = tập các câu ở dạng chuẩn Horn

- Câu Horn =

- các ký hiệu mệnh đề
- biểu thức kết hợp các ký hiệu \Rightarrow ký hiệu

- Ví dụ

$$C \wedge (B \Rightarrow A) \wedge (C \wedge D \Rightarrow B)$$

- **Modus Ponens** (dạng chuẩn Horn):

$$\frac{\alpha_1, \dots, \alpha_n, \quad \alpha_1 \wedge \dots \wedge \alpha_n \Rightarrow \beta}{\beta}$$

- Có thể dùng cho suy diễn tiến và suy diễn lùi
- Các thuật toán này có độ phức tạp tuyến tính.

Suy diễn đối với logic mệnh đề

Bài toán: Cho 1 CSTT $R=\{r_1, \dots, r_n\}$,
 r_i là luật, r_i có dạng $p_1 \wedge \dots \wedge p_m \rightarrow q$

Ngữ nghĩa:

- Nếu p_1 đúng và ... và p_m đúng
- thì q đúng
- Cho biết $GT=\{f_1, \dots, f_u\}$
- Cần CM $KL=\{q_1, \dots, q_v\}$ đúng
- Ta nói

$$GT \overset{*}{\underset{R}{\mapsto}} KL$$

Suy diễn đối với logic mệnh đề

Định nghĩa: Giả sử xét tập trung gian các sự kiện:

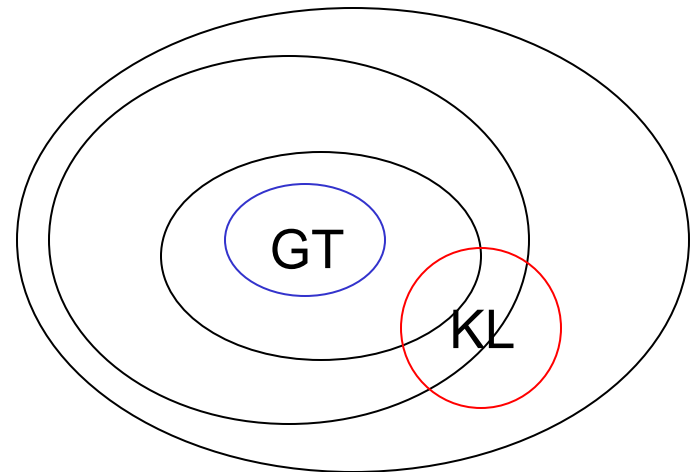
Nếu $r: p_1 \wedge \dots \wedge p_m \rightarrow q$ và $p_1, \dots, p_m \in \text{Tgian}$

thì $\text{Tgian} \xrightarrow[r]{} \text{Tgian} \cup \{q\}$

$$GT \xrightarrow[R]{*} KL \Leftrightarrow GT \xrightarrow{r_{i1}} TG_1 \xrightarrow{r_{i2}} TG_2 \xrightarrow{\dots} TG_j \xrightarrow{r_{ij}} \supseteq KL$$

N xét: quá trình SD là đơn điệu

$$GT \subseteq TG_1 \subseteq TG_2 \subseteq \dots \subseteq TG_j$$



Các phương pháp suy diễn

Modus Ponens:

$$\frac{A, A \rightarrow B}{B}$$

Modus Tollens:

$$\frac{A \rightarrow B, \neg B}{\neg A}$$

- **Suy diễn tiến:** Xuất phát từ các mệnh đề/vị từ đã cho ban đầu, sử dụng các luật cho đến khi đưa ra kết luận mong muốn
- **Suy diễn lùi:** Xuất phát từ các kết luận mong muốn, xem những luật có khả năng suy ra chúng, thêm các tiền đề vào d/s các KL cần CM và cứ như vậy tiếp tục đến khi d/s KL cần CM rỗng.

Suy diễn tiến

Ý tưởng:

- áp dụng các luật có vế trái nằm trong CSTT
- bổ sung vế phải của các luật áp dụng vào CSTT đến khi tìm thấy kết luận

$$P \Rightarrow Q$$

$$L \wedge M \Rightarrow P$$

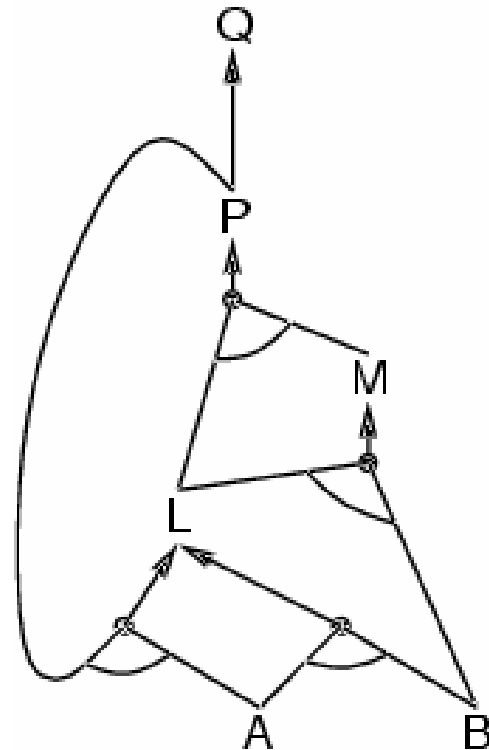
$$B \wedge L \Rightarrow M$$

$$A \wedge P \Rightarrow L$$

$$A \wedge B \Rightarrow L$$

A

B



Ví dụ

VD1. Cho $GT = \{a, b, m_a\}$. Tìm $KL = \{h_c\}$

1. $a, b, m_a \rightarrow c$

6. $a, B \rightarrow h_c$

2. $a, b, c \rightarrow A$

7. $A, B \rightarrow C$

3. $b, A \rightarrow h_c$

8. $B, C \rightarrow A$

4. $a, b, c \rightarrow B$

9. $A, C \rightarrow B$

5. $a, b, c \rightarrow C$

Bài tập tại lớp

So sánh stack và queue

BT1. Cho $GT=\{a\}$, $KL=\{u\}$

1. $a \rightarrow b$
2. $b \rightarrow c$
3. $c \rightarrow d$
4. $a \rightarrow u$

BT2. $GT=\{a\}$, $KL=\{u\}$

1. $a \rightarrow b$
2. $d \rightarrow c$
3. $c \rightarrow u$
4. $a \rightarrow m$
5. $b \rightarrow n$
6. $m \rightarrow p$
7. $p \rightarrow q$
8. $q \rightarrow u$

Thuật toán

Vào:

- Tập các mệnh đề/vị từ đã cho (ở dạng chuẩn Horn)
- Tập các luật RULE dạng $p \rightarrow q$
- Tập các mệnh đề/vị từ kết luận KL

Ra:

- Thông báo “Thành công” nếu KL có thể suy ra từ GT

PP: /*Tgian là tập các mệnh đề/vị từ đúng cho đến thời điểm đang xét*/

Thuật toán

```
{1 Tgian = GT;  
    Thoa = Loc(Tgian,R);  
    while Thoa <> 0 and KL ∉ Tgian do  
    {2   r ← get(Thoa); /* r: left → q */  
        R = R \ {r}; Vet = Vet ∪ {r};  
        Tgian = Tgian ∪ {q};  
        Thoa = Loc(Tgian,R)  
    }2  
    if KL ⊆ Tgian then exit(“Thành công”)  
    else   exit(“Không thành công”)  
}1
```

Suy diễn lùi

VD:

$$1. A, C \rightarrow B$$

$$6. a, B \rightarrow h_c$$

$$2. a, b, m_a \rightarrow c$$

$$7. b, A \rightarrow h_c$$

$$3. a, b, c \rightarrow A$$

$$8. c, S \rightarrow h_c$$

$$4. a, b, c \rightarrow B$$

$$9. a, b, c \rightarrow S$$

$$5. a, b, c \rightarrow C$$

$$1'. h_a, c \rightarrow B$$

$$GT = \{a, b, m_a\}; \quad KL = \{h_c\}$$

Suy diễn lùi

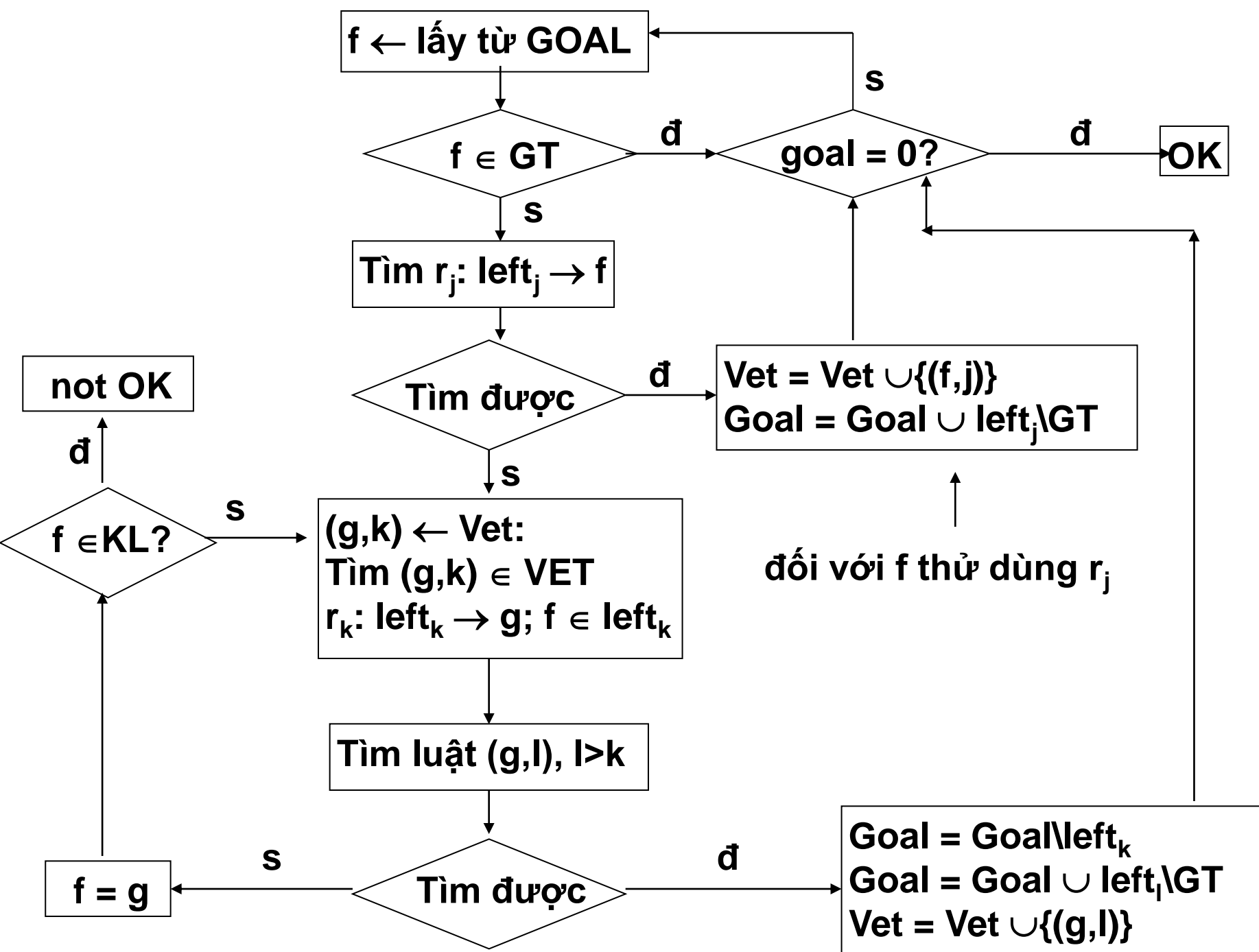
Ý tưởng: suy diễn lùi từ kết luận KL

- kiểm tra xem KL đã được biết chưa, nếu không
- chứng minh bằng quay lui sử dụng các luật dẫn đến q
- Tránh lặp vô tận:
 - lưu trữ các đích đã được chứng minh
 - trước khi chứng minh kiểm tra xem đích cần chứng minh đã có trong goal stack chưa?
- Tránh lặp lại công việc: kiểm tra xem KL mới
 - đã ở trong tập đã được chứng minh chưa
 - đã làm nhưng thất bại chưa

Suy diễn lùi

Đầu:

- Goal = tập các sự kiện cần CM=KL
- Goal = $\{f \mid f \text{ cần CM cho đến thời điểm hiện tại}\}$
- Vet = $\{(f,j) \mid \text{để CM } f \text{ thì dùng luật } j: \text{left}_j \rightarrow f\}$
- Cờ Back = true khi quay lui
false không quay lui



Suy diễn lùi

1. Quá trình SD lùi tương tự quá trình tìm cây/đồ thị lời giải trong đồ thị V/H
2. Để tăng hiệu quả của thủ tục SDL, có thể đưa vào 2 tập:
 - Tập Đúng chứa các sự kiện đã được khẳng định là đúng (đã xác định)
 - Tập Sai chứa các sự kiện đã được khẳng định là sai (không thể xác định)

Bài tập tại lớp

BT1. Cho $GT=\{a,b,m_a\}$,
 $KL=\{h_c\}$

1. $a,b,m_a \rightarrow c$
2. $a,b,C \rightarrow s$
3. $a,s \rightarrow h_a$
4. $b,s \rightarrow h_b$
5. $c,s \rightarrow h_c$
6. $a,B \rightarrow h_c$
7. $a,b,c \rightarrow B$

BT2. $GT=\{a\}$, $KL=\{u\}$

1. $a \rightarrow b$
2. $d \rightarrow c$
3. $c \rightarrow u$
4. $a \rightarrow m$
5. $b \rightarrow n$
6. $m \rightarrow p$
7. $p \rightarrow q$
8. $q \rightarrow u$

So sánh SD tiến và SD lùi

- SD tiến hướng dữ liệu, tự động, không định hướng. Ví dụ, nhận dạng đối tượng, xác định hành trình
- Có thể làm rất nhiều việc không liên quan đến KL
- SD lùi hướng KL, thích hợp cho các bài toán giải quyết vấn đề. Ví dụ, tìm chìa khoá, lập kế hoạch thi TOEFL
- Độ phức tạp của SD lùi thường nhỏ hơn rất nhiều so với kích thước của CSTT.

Nội dung môn học

Chương 1. Tổng quan

Chương 2. Tác tử thông minh

Chương 3. Giải quyết vấn đề

Chương 4. Tri thức và suy diễn

- Tổng quan
- Logic mệnh đề
- Logic vị từ
- Biểu diễn tri thức

Chương 5. Học máy

Logic vị từ cấp 1

(First Order Logic – FOL)

- Logic mệnh đề chỉ xử lý thông tin kiểu sự kiện đúng hoặc sai như “trời mưa”.
- Với logic vị từ cấp 1, biến được dùng thay cho các đối tượng cụ thể.
- FOL cho phép biểu diễn các đối tượng, thuộc tính của đối tượng, và quan hệ giữa các đối tượng.
- Vị từ $p(x, \dots, y)$ là một phát biểu chứa các biến x, \dots, y sao cho khi x, \dots, y nhận giá trị cụ thể thì $p(x, \dots, y)$ nhận giá trị đúng hoặc sai.
- VD. Nếu $p(x, y, z)$ nghĩa là $x.y = z$ thì tính chất giao hoán của phép nhân $x.y = y.x$ được biểu diễn dưới dạng
$$\forall x, y \quad p(x, y, z) \Rightarrow p(y, x, z)$$
- Logic vị từ cấp 1 còn sử dụng thêm các toán tử \exists, \forall

Logic vị từ

- Các ký hiệu
 - Biến: x, y, z, \dots
 - Hằng: a, b, c, \dots
 - Hàm (function): f, g, h, \dots
 - Quan hệ (relation): p, r, s
 - Toán tử logic: $\neg, \wedge, \vee, \Rightarrow, \Leftrightarrow$
 - Lượng từ: \exists, \forall

Logic vị từ

- Biến, hằng, hàm được dùng để tạo toán tử (term)
 - X , Bill , $\text{FatherOf}(X)$, ...
- Quan hệ và toán tử được dùng để tạo vị từ
 - $\text{Tall}(\text{FatherOf}(\text{Bill}))$, $\text{Odd}(X)$, $\text{Married}(\text{Tom}, \text{Marry})$, $\text{Loves}(Y, \text{MotherOf}(Y))$, ...
- Vị từ và các kết nối logic được dùng để tạo câu:
 - $\text{Even}(4)$, $\forall X. \text{Even}(X) \Rightarrow \text{Odd}(X+1)$, $\exists X. X > 0$
- Câu:
 - True , False là câu
 - Vị từ là câu
 - Nếu α, β là câu thì
 $\exists x.\alpha, \forall x.\alpha, (\alpha), \neg\alpha, \alpha \wedge \beta, \alpha \vee \beta, \alpha \Rightarrow \beta, \alpha \Leftrightarrow \beta$ là câu

Ngữ nghĩa của logic vị từ

- Biến: đối tượng (object)
- Hằng: thực thể (entity)
- Hàm: hàm ánh xạ đối tượng sang đối tượng
- Quan hệ: quan hệ giữa các đối tượng
- Lượng từ (quantifiers)
 - $\exists x.P$ đúng nếu P đúng với một số giá trị của x
 - $\forall x.P$ đúng nếu P đúng với mọi giá trị của x
- Toán tử logic (Logical connectives): giống logic mệnh đề

Chuyển đổi câu sang dạng logic vị từ

a. John owns a dog

$$\exists x. D(x) \wedge O(J, x)$$
$$D(\text{Fido}) \wedge O(J, \text{Fido})$$

b. Anyone who owns a dog is a lover-of-animals

$$\forall x. (\exists y. D(y) \wedge O(x, y)) \rightarrow L(x)$$
$$\forall x. (\neg \exists y. (D(y) \wedge O(x, y)) \vee L(x))$$
$$\forall x. \forall y. \neg (D(y) \wedge O(x, y)) \vee L(x)$$
$$\forall x. \forall y. \neg D(y) \vee \neg O(x, y) \vee L(x)$$
$$\neg D(y) \vee \neg O(x, y) \vee L(x)$$

c. Lovers-of-animals do not kill animals

$$\forall x. L(x) \rightarrow (\forall y. A(y) \rightarrow \neg K(x, y))$$
$$\forall x. \neg L(x) \vee (\forall y. A(y) \rightarrow \neg K(x, y))$$
$$\forall x. \neg L(x) \vee (\forall y. \neg A(y) \vee \neg K(x, y))$$
$$\neg L(x) \vee \neg A(y) \vee \neg K(x, y)$$

Các phép biến đổi tương đương

1. Loại bỏ dấu suy ra

$$\alpha \leftrightarrow \beta \Rightarrow (\alpha \rightarrow \beta) \wedge (\beta \rightarrow \alpha)$$

$$\alpha \rightarrow \beta \Rightarrow \neg \alpha \vee \beta$$

2. Chuyển phủ định vào trong ngoặc

$$\neg(\alpha \vee \beta) \Rightarrow \neg \alpha \wedge \neg \beta$$

$$\neg(\alpha \wedge \beta) \Rightarrow \neg \alpha \vee \neg \beta$$

$$\neg \neg \alpha \Rightarrow \alpha$$

$$\neg \forall x, \alpha \Rightarrow \exists x, \neg \alpha$$

$$\neg \exists x, \alpha \Rightarrow \forall x, \neg \alpha$$

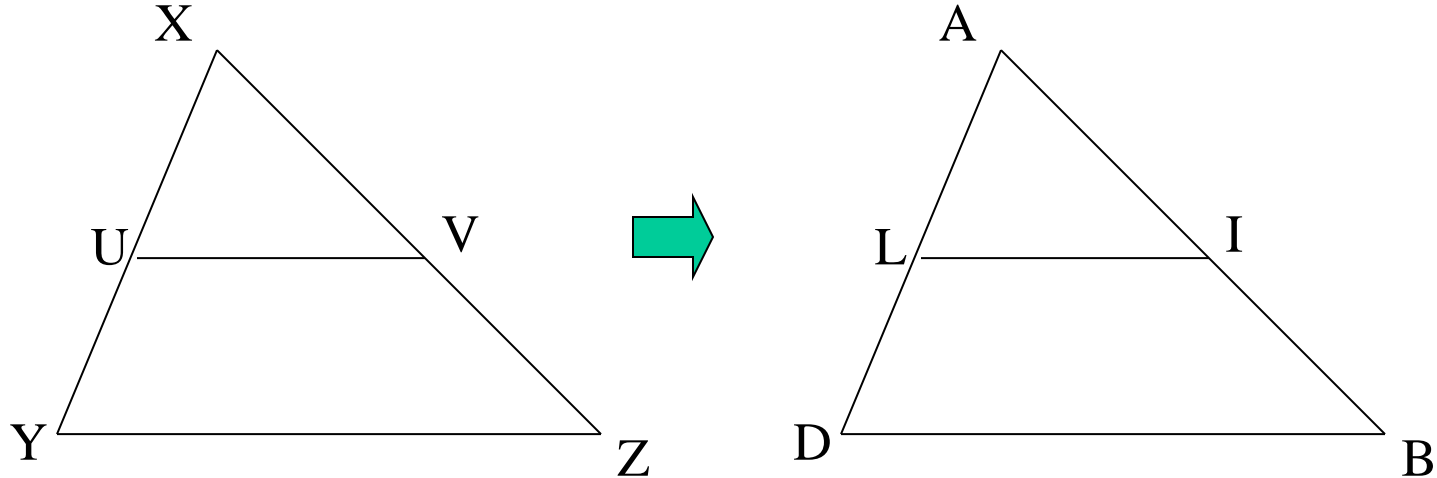
3. Đặt tên các biến khác nhau

$$\forall x, \exists y, (\neg P(x) \vee \exists x, Q(x, y)) \Rightarrow \forall x_1, \exists x_2, (\neg P(x_1) \vee \exists x_3, Q(x_3, y_2))$$

Phép gán trị

VD: Định lý đường trung bình:

$$r_1: \text{trđ}(U,XY) \wedge \text{trđ}(V,XZ) \Rightarrow \text{ss}(UV,YZ)$$



Phép gán trị $\theta = \{A/X, B/Z, D/Y, L/U, I/V\}$:

- $r_1\theta: \text{trđ}(L,AD) \wedge \text{trđ}(I,AB) \Rightarrow \text{ss}(LI,DB)$

Hợp giải Robinson cho logic vị từ

1. Viết mỗi $GT_i, \neg KL$ trên 1 dòng
2. Đưa $GT_i, \neg KL$ về dạng chuẩn CNF

$$\forall x_1 \forall x_2 \dots \forall x_n [p_1(\dots) \vee \dots \vee p_n(\dots)] \wedge [q_1(\dots) \vee \dots \vee q_m(\dots)] \quad (*)$$

3. Tách mỗi dòng (*) thành các dòng con:

~~$$\forall x_1 \forall x_2 \dots \forall x_n [p_1(\dots) \vee \dots \vee p_n(\dots)]$$~~

~~$$\forall x_1 \forall x_2 \dots \forall x_n [q_1(\dots) \vee \dots \vee q_m(\dots)]$$~~

tất cả đều với \forall

4. Hợp giải:

$$\left. \begin{array}{l} \text{u) } \neg p(x_1, x_2, \dots, x_n) \vee q(\dots) \\ \text{v) } p(y_1, y_2, \dots, y_n) \vee r(\dots) \end{array} \right\} \Rightarrow \text{w) } q(\dots) \vee r(\dots) \text{ với phép gán trị}$$

$$\theta = \left\{ \frac{z_1}{x_1}, \frac{z_1}{y_1}, \dots, \frac{z_n}{x_n}, \frac{z_n}{y_n} \right\}$$

5. Vô lý xảy ra khi

i) $\neg p(x_1, x_2, \dots, x_n)$

ii) $p(y_1, y_2, \dots, y_n)$

với phép gán trị $\theta = \left\{ \frac{z_1}{x_1}, \frac{z_1}{y_1}, \dots, \frac{z_n}{x_n}, \frac{z_n}{y_n} \right\}$

Ví dụ về bước 4

- Sử dụng phép gán trị nào để hợp giải

$P(a,x,b)$, và

$\neg P(y,z,z)$

Phép gán trị $\theta = \left\{ \frac{a}{y}, \frac{b}{z}, \frac{b}{x} \right\}$

- $P(a,b,b)$
- $\neg P(a,b,b)$

Ví dụ về bước 4 (tiếp)

- Sử dụng phép gán trị nào để hợp giải
 $P(a,x,x,b)$, và
 $\neg P(y,y,z,b)$

Ví dụ về bước 4 (tiếp)

- Cho các sự kiện $p(a,b)$, $p(c,d)$, $q(d,c,c)$ đúng
- Cho luật
$$p(x,y) \wedge q(y,x,x) \Rightarrow r(x,y)$$
- Sử dụng các phép gán trị với luật trên, hãy đưa ra các sự kiện mới đúng.
- Gợi ý:
 - Thử với $p(x,y) \equiv p(a,b)$ hoặc $p(x,y) \equiv p(c,d)$

Ví dụ về hợp giải

$$\forall x \quad P(x) \rightarrow Q(x)$$

Hợp giải 1 và 3

$$\forall x \quad \neg P(x) \rightarrow R(x)$$

$$5. \neg P(x) \vee S(x)$$

$$\forall x \quad Q(x) \rightarrow S(x)$$

Hợp giải 2 và 5

$$\forall x \quad R(x) \rightarrow S(x)$$

$$6. R(x) \vee S(x)$$

Chuyển về dạng chuẩn

$$1. \neg P(x) \vee Q(x)$$

$$2. P(x) \vee R(x)$$

$$3. \neg Q(x) \vee S(x)$$

$$4. \neg R(x) \vee S(x)$$

Hợp giải 4 và 6

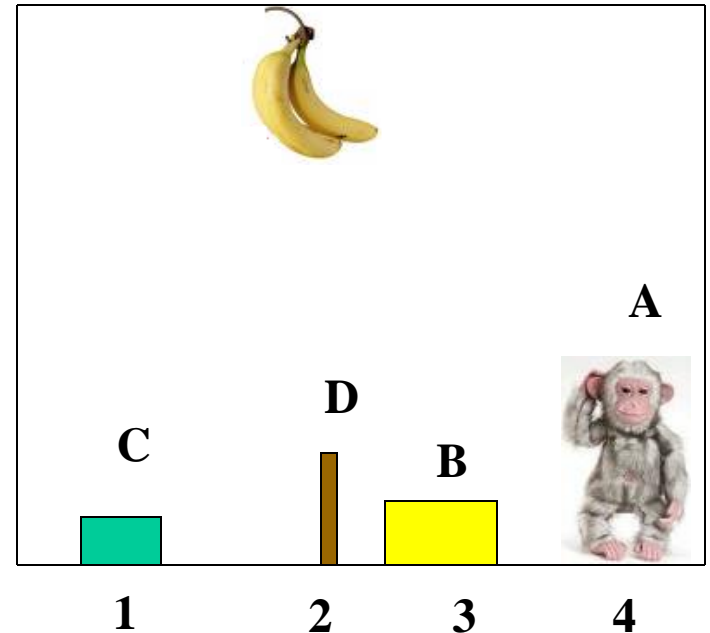
$$7. S(x)$$

Bài toán con khỉ - nải chuối

- $\text{tại}(C,1)$
- $\text{tại}(B,3)$
- $\text{tại}(A,4)$
- $\text{tại}(D,2)$
- $\text{tại}(A,x) \Rightarrow \text{tại}(A,y)$
- $\text{tại}(A,x) \wedge \text{tại}(O,x) \Rightarrow \text{tại}(A,y) \wedge \text{tại}(O,y)$
- $\text{tại}(A,x) \wedge \text{tại}(O,x) \Rightarrow \text{trên}(A,O)$
- $\text{tại}(A,x) \wedge \text{tại}(O1,x) \wedge \text{tại}(O2,x) \Rightarrow \text{trên}(O1,O2)$

KL: $\text{tại}(B,2) \wedge \text{trên}(C,B) \wedge \text{trên}(A,C) \wedge \text{trên}(D,A)$

\neg KL: $\neg \text{tại}(B,2) \vee \neg \text{trên}(C,B) \vee \neg \text{trên}(A,C) \vee \neg \text{trên}(D,A)$



Bài tập

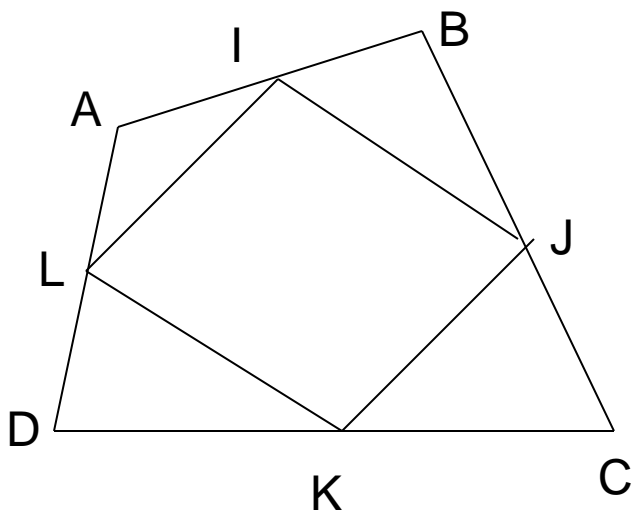
- Cho tập các phát biểu:
 - John owns a dog
 - Anyone who owns a dog is a lover of animals
 - Lovers of animals do not kill animals
- Chứng minh:
 - John does not kill animals.

Bài tập

- Nếu xem một ai đó lừa dối người khác là kẻ bịp bợm và bất kỳ ai đồng tình với kẻ bịp bợm cũng là kẻ bịp bợm. Trong tập thể có một người nhút nhát đồng tình với kẻ lừa dối thì chắc chắn có 1 tên bịp bợm tính tình nhút nhát.

Suy diễn đối với logic vị từ

VD1: Xét bài toán chứng minh hình học



| | |
|----|------------------------------|
| GT | $AI=IB, BJ=JC, CK=KD, DL=LA$ |
| KL | $IJKL$ là hình bình hành |

Suy diễn đối với logic vị từ

1. $\text{trd}(U, XY) \rightarrow \text{trd}(U, YX)$
2. $\text{trd}(U, XY), \text{trd}(V, XZ) \rightarrow \text{ss}(UV, YZ)$
3. $\text{ss}(XY, UV), \text{ss}(UV, ST) \rightarrow \text{ss}(XY, ST)$
4. $\text{ss}(XY, VU), \text{ss}(XV, YU) \rightarrow \text{hbh}(XYUV)$
5. $\text{ss}(XY, UV) \rightarrow \text{ss}(XY, VU)$
6. $\text{ss}(XY, UV) \rightarrow \text{ss}(UV, XY)$

GT:

$\text{trd}(I, AB), \text{trd}(J, BC), \text{trd}(K, CD), \text{trd}(L, DA)$

KL: $\text{hbh}(IJKL)$

1. Fred là con chó giống Collie.
2. Sam là chủ của nó.
3. Hôm nay là thứ bảy.
4. Thứ bảy trời lạnh.
5. Fred là con chó được huấn luyện.
6. Chó spaniel và (chó collie được huấn luyện) là chó tốt.
7. Nếu một con chó tốt và có ông chủ thì nó sẽ đi cùng ông chủ.
8. Nếu thứ bảy và ấm thì Sam ở công viên.
9. Nếu thứ bảy và không ấm thì Sam ở viện bảo tàng.
- Hỏi fred ở đâu? $\exists X \text{ loc}(\text{fred}, X)$

1. $\text{collie}(\text{Fred})$.
2. $\text{owner}(\text{Sam}, \text{Fred})$.
3. $\text{day}(\text{sat})$.
4. $\text{cold}(\text{sat})$.
5. $\text{trained}(\text{Fred})$.
6. $\text{spaniel}(X) \vee (\text{collie}(X) \wedge \text{trained}(X)) \rightarrow \text{gooddog}(X)$.
7. $\text{gooddog}(X) \wedge \text{owner}(Y, X) \wedge \text{loc}(Y, Z) \rightarrow \text{loc}(X, Z)$.
8. $\text{day}(\text{sat}) \wedge \neg \text{cold}(\text{sat}) \rightarrow \text{loc}(\text{Sam}, \text{park})$.
9. $\text{day}(\text{sat}) \wedge \text{cold}(\text{sat}) \rightarrow \text{loc}(\text{Sam}, \text{museum})$.