CHƯƠNG 4 – TRI THỨC VÀ SUY DIỄN

NỘI DUNG

Biểu diễn tri thức

Logic mệnh đề

Suy diễn với logic mệnh đề

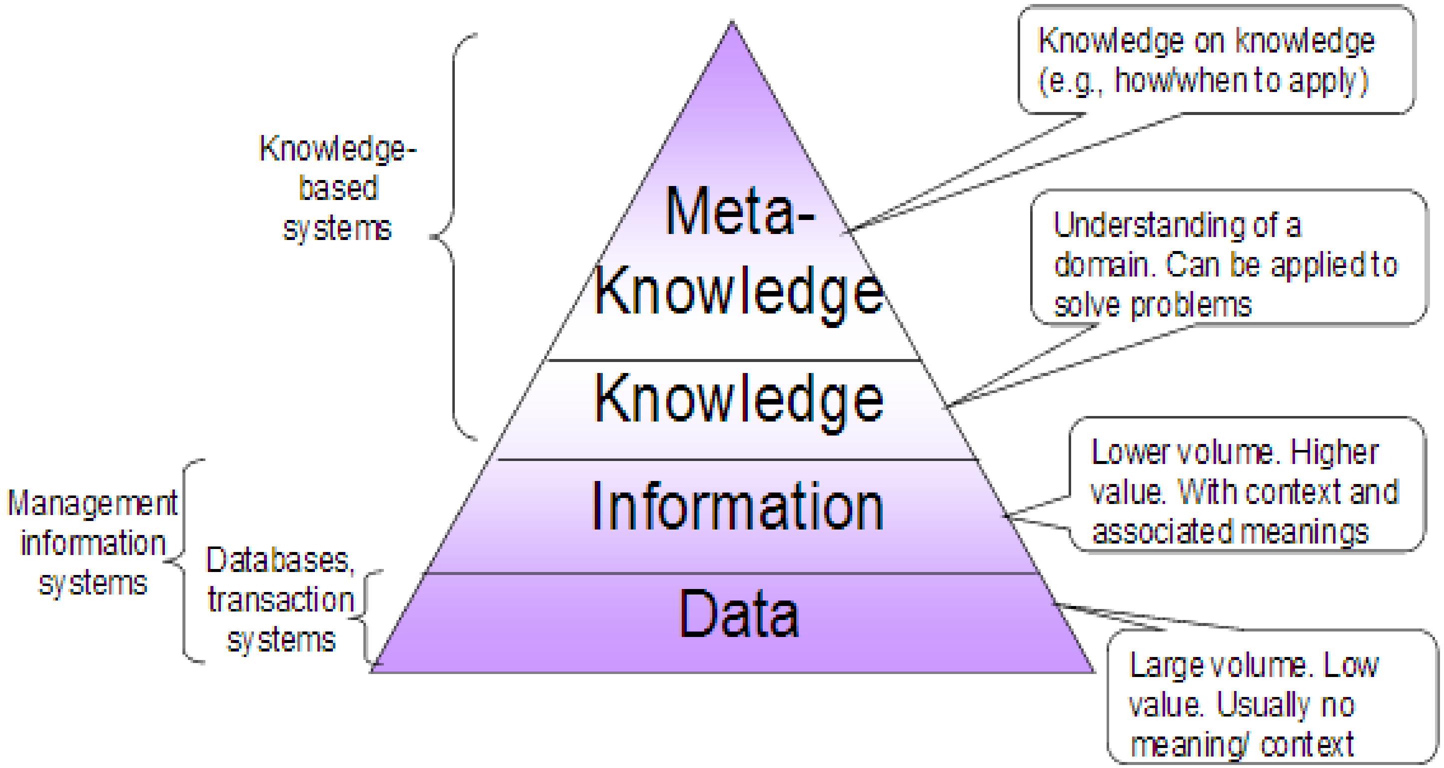
Logic vị từ

Suy diễn với logic vị từ

Hợp giải

TRI THỨC

- Khi giải quyết vấn đề, con người thường sử dụng các hiểu biết của mình.
- Ví dụ: chơi cờ, tìm kiếm thỏa mãn ràng buộc
- Tri thức là các dữ kiện, thông tin, mô tả, kỹ năng, ... có được nhờ kinh nghiệm, giáo dục, thông qua nhận thức, khám phá, học.
- Tri thức: hiện, ẩn
- Quản trị thi thức: thu nhận, xử lý, lưu trữ, chia sẻ, sử dụng, ... tri thức



- Dữ liệu là các ký hiệu hoặc các sự kiện. Thông tin là dữ liệu ở khuôn dạng phù hợp với việc sử dụng của con người, xét theo ngữ cảnh, ngữ nghĩa.

PHÂN LOẠI TRI THỨC

- Tri thức mô tả (what): về tình huống, về lĩnh vực ... biểu diễn không gian bài toán
- Tri thức thủ tục (how): về xử lý bài toán, về phương pháp, ... tìm kiếm trên không gian bài toán
- Tri thức điều khiển (heuristic): ước lượng, suy đoán, ... khi chọn toán tử, chọn đường đi, chọn luật áp dụng
- Trí tuệ, sự thông minh dựa trên nền tảng của tri thức, phụ thuộc vào việc vận dụng, xử lý tri thức

TRI THỨC TRONG GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

- Tri thức của lĩnh vực:

  - Là toàn bộ những hiểu biết về lĩnh vực đó

  - Gồm: khái niệm, đối tượng, quan hệ giữa chúng, luật tồn tại giữa chúng, …

  - Cần biểu diễn trong lược đồ ghi nhận tri thức
- Để giải bài toán AI cần:

  - Tri thức về bài toán (có thể nhiều)

  - Phương tiện để xử lý tri thức như: tìm, cập nhật, suy diễn, ...

VÍ DỤ – HARRY VÀ TOM

Harry là một con thỏ — Hare(Harry)

Tom là một con rùa — Tortoise(Tom)

Thỏ chạy nhanh hơn rùa

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

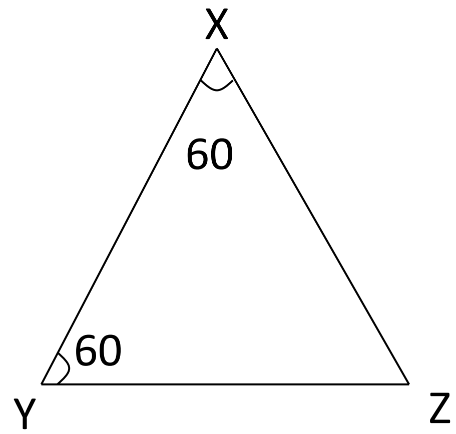
$$\forall x, y : Hare(x) \wedge Tortoise(y) \rightarrow Outruns(x, y)$$

Harry chạy nhanh hơn Tom ?

VÍ DỤ - BÀI TOÁN HÌNH HỌC

Cho X = 60^0, Y = 60^0, chứng minh XY = XZ, XY = YZ

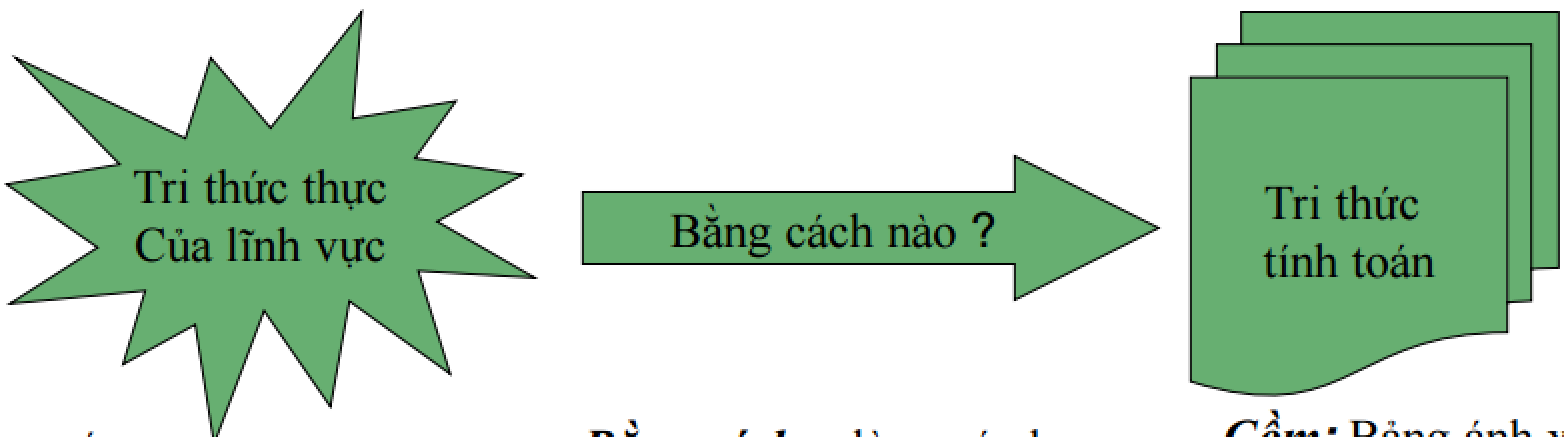
Mô tả:



- Sự kiện: bangcanh(XY,ST), banggoc(X,Y)
- Luật:
  - (i) bangcanh(XY,ST) $\Rightarrow$ bangcanh(XY,TS)
  - (ii) bangcanh(XY,UV) $\wedge$ bangcanh(ST,UV) $\Rightarrow$ bangcanh(XY,ST)
  - (iii) bangcanh(XY,ST) $\Rightarrow$ bangcanh(ST,XY)
  - (iv) banggoc(X,a) $\wedge$ banggoc(Y,a) $\Rightarrow$ banggoc(X,Y)
  - (v) banggoc(X,Y) $\Rightarrow$ bangcanh(XZ,YZ)
  - (vi) banggoc(X,a) $\wedge$ banggoc(Y,b) $\Rightarrow$ banggoc(Z, 180-a-b)
- Ban đầu: banggoc(X,60), banggoc(Y,60),
- Đích: bangcanh(XY,XZ), bangcanh(XY,YZ)

4.1. BIỂU DIỄN TRI THỨC

- Biểu diễn tri thức là việc đưa tri thức vào máy tính, có ý nghĩa khi việc xử lý tri thức được thực hiện
- Là phương pháp mã hoá tri thức, nhằm thành lập cơ sở tri thức cho các hệ thống dựa trên tri thức.



Gồm: đối tượng và các quan hệ giữa chúng trong lĩnh vực

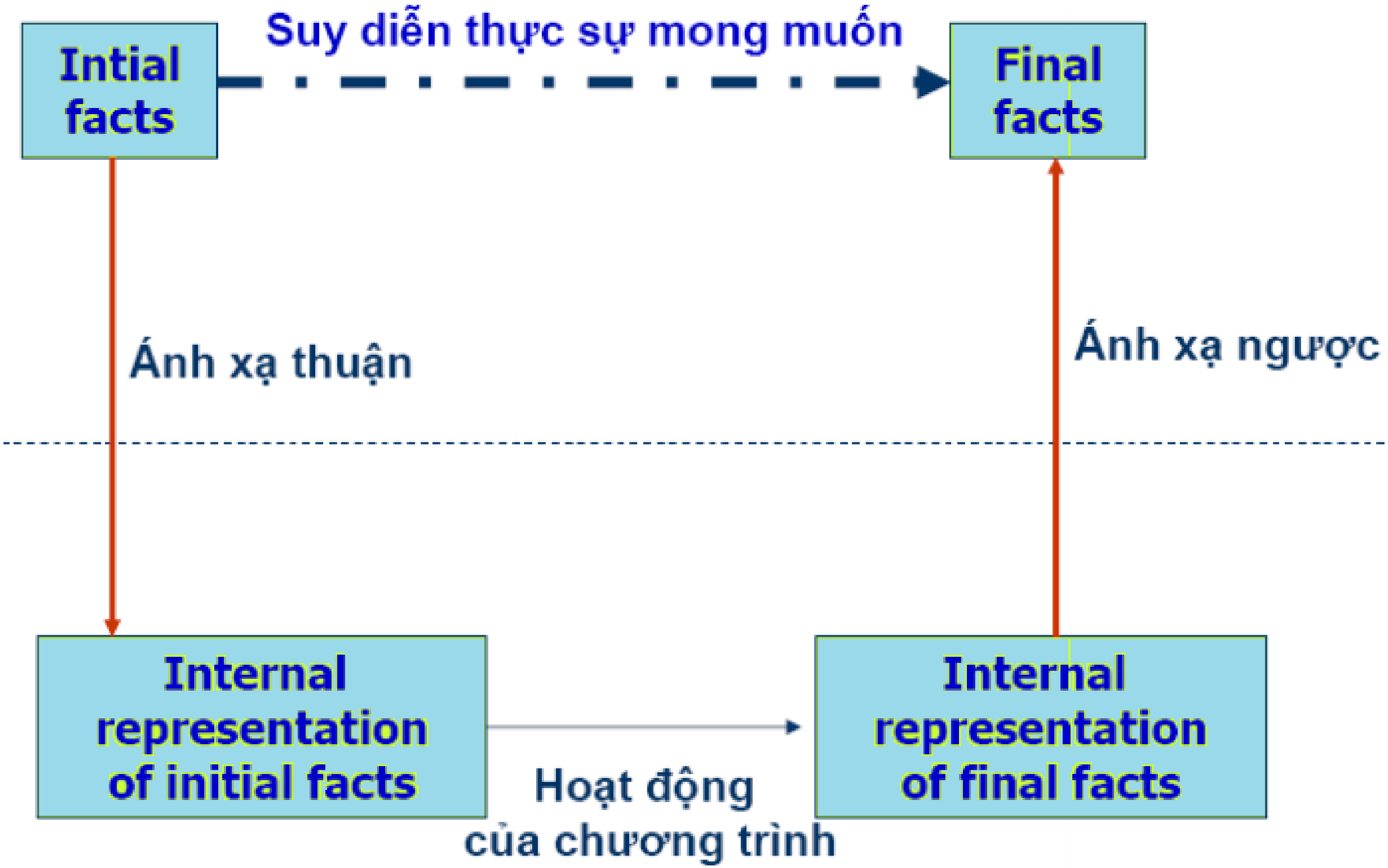
Bằng cách: dùng các lược đồ biểu diễn (scheme).
→ Chọn dùng lược đồ cho loại tri thức là vấn đề quan trọng

Gồm: Bảng ánh xạ giữa:
Đối tượng thực → đối tượng tính toán
Quan hệ thực → quan hệ tính toán

HÌNH THỨC HÓA

- Mức tri thức: các sự kiện, gồm cách hành xử của agent (tác tử) và mục tiêu hiện tại, được mô tả.
- Mức ký hiệu: sự biểu diễn các đối tượng trong mức tri thức được viết ra ở dạng ký hiệu để có thể xử lý được bằng chương trình.

MÔ HÌNH GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ



CÁC PHƯƠNG PHÁP BIỂU DIỄN

- Lược đồ logic: dùng các biểu thức trong logic hình thức, áp dụng các luật dẫn xuất
- Lược đồ thủ tục: dùng tập các chỉ thị lệnh để giải quyết vấn đề
- Lược đồ mạng: dạng đồ thị; các đỉnh như là các đối tượng hoặc khái niệm, các cung như là quan hệ giữa chúng
- Lược đồ cấu trúc: mở rộng của lược đồ mạng; bằng cách cho phép các nút có thể là một cấu trúc dữ liệu phức tạp gồm các khe (slot) có tên và trị hay một thủ tục

CÁC KHẢ NĂNG

- Khả năng biểu diễn tất cả các tri thức cần thiết cho lĩnh vực đó.
- Khả năng xử lý các cấu trúc sẵn có để sinh ra các cấu trúc mới tương ứng với tri thức mới được sinh ra từ tri thức cũ.
- Khả năng thêm vào cấu trúc những tri thức, thông tin bổ sung mà nó có thể được dùng để hướng dẫn cơ chế suy luận theo hướng có nhiều triển vọng nhất.
- Khả năng thu được thông tin mới dễ dàng.

CÁC TIẾP CẬN

- Tri thức quan hệ đơn giản: Biểu diễn các sự kiện (facts) dạng khai báo như tập quan hệ trong CSDL quan hệ
- Tri thức có khả năng thừa kế: một dạng bổ sung cơ chế suy diễn vào cơ sở tri thức quan hệ nói trên,

  Thừa kế thuộc tính: Tổ chức các đối tượng thành các lớp (class), Các lớp được sắp xếp vào hệ thống phân cấp (hierachy) – có lớp cha (tổng quát) và lớp con (cụ thể), → Các lớp con thừa kế các thuộc tính từ lớp cha. Các thuộc tính quan trọng:

  - instance: cho biết quan hệ thành viên giữa đối tượng và lớp nó thuộc vào

  - isa: cho biết một lớp là con của lớp khác

CÁC TIẾP CẬN

- Tri thức suy diễn: cần thủ tục dẫn xuất (modus ponens, modus tollens, hợp giải, ...); Logic truyền thống: cung cấp dạng suy diễn mạnh hơn; Thừa kế thuộc tính ở trên cũng là một dạng suy diễn
- Tri thức thủ tục: chỉ ra hành động được thi hành khi điều kiện nào đó thoả. Luật sản xuất cho định hướng hoạt động.

MẠNG NGỮ NGHĨA

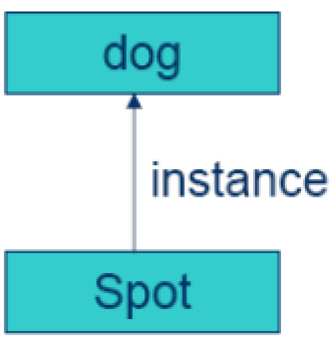
Mạng ngữ nghĩa là một đồ thị có hướng G=(N,A), trong đó

– N là tập các đối tượng, các sự kiện hay các khái niệm cụ thể (đỉnh)

– A là tập các mối liên hệ giữa các cặp đối tượng, sự kiện hay khái niệm (cung)

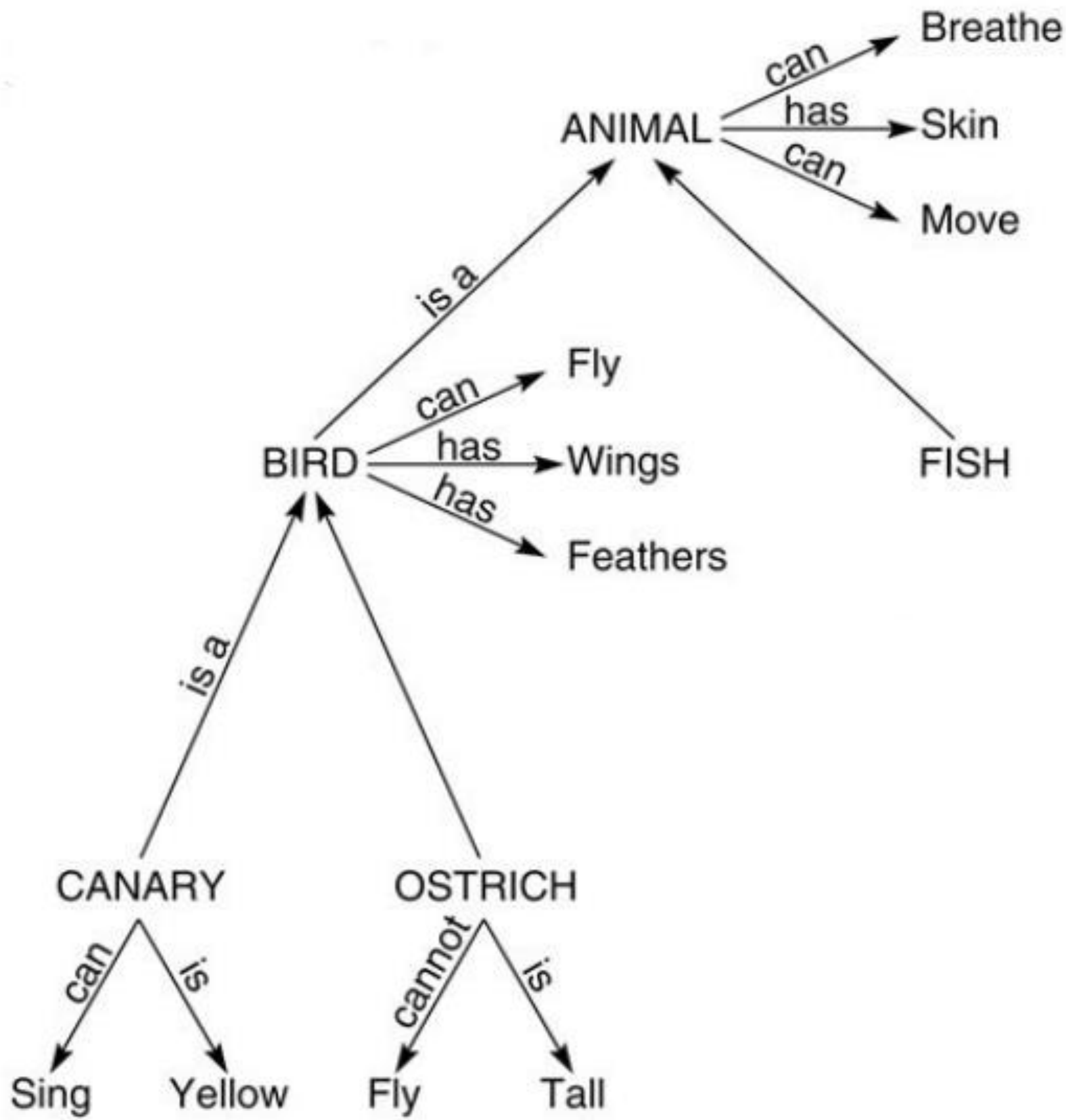
$A = \{(x,y) \mid x,y \in N\} = \cup \{(x,y) \mid x \ R_i \ y\}$

R_i là một quan hệ nào đó trên tập N



"Spot is a dog."

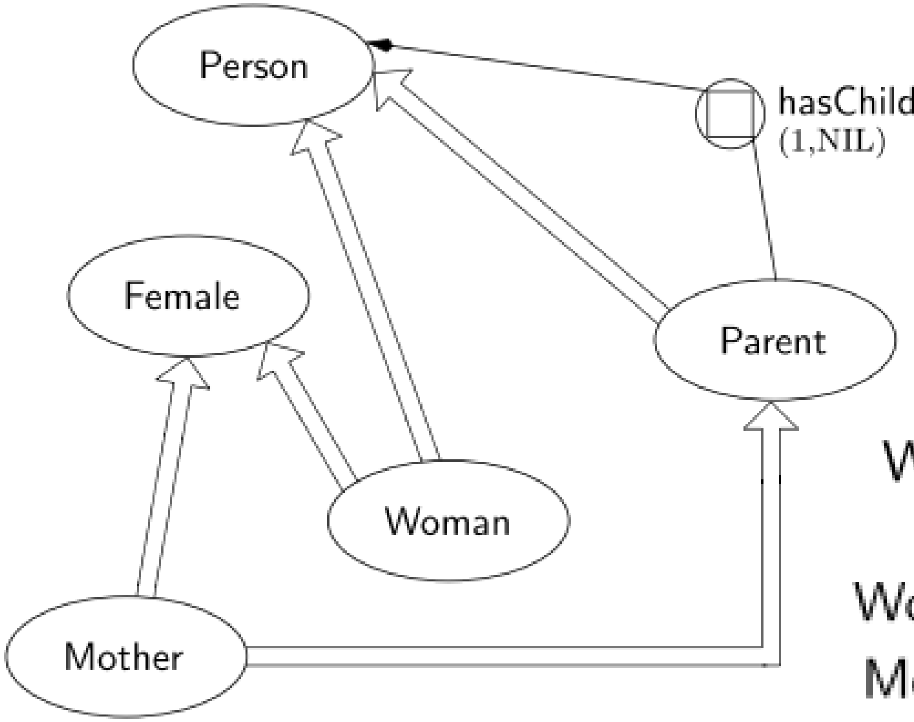
"Every dog has a tail"



ANIMAL
can
Breathe
has
Skin
can
Move
is a
BIRD
can
Fly
has
Wings
has
Feathers
FISH
is a
CANARY
OSTRICH
can
Sing
is
Yellow
cannot
Fly
is
Tall

KHUNG KHÁI NIỆM (frame)

- Mỗi frame mô tả một đối tượng (object).
- Một frame bao gồm 2 thành phần cơ bản là slot và facet. (thuộc tính, kiểu)
- Một slot là một thuộc tính đặc tả đối tượng được biểu diễn bởi frame. Ví dụ : trong frame mô tả xe hơi, có hai slot là trọng lượng và loại máy.
- Mỗi slot có thể chứa một hoặc nhiều facet.
- Các facet đặc tả một số thông tin hoặc thủ tục liên quan đến thuộc tính được mô tả bởi slot. Facet có nhiều loại khác nhau, như: giá trị (value), giá trị mặc định (default value), miền (range), …



$$\mathsf{Female} \sqcap \mathsf{Person}(\mathsf{ANNA})$$

$$\mathsf{hasChild}(\mathsf{ANNA}, \mathsf{JACOPO})$$

$$\mathsf{Woman} \sqsubseteq \mathsf{Person}$$

$$\begin{aligned}
\mathsf{Woman} &\equiv \mathsf{Person} \sqcap \mathsf{Female} \\
\mathsf{Mother} &\equiv \mathsf{Woman} \sqcap \exists \mathsf{hasChild}.\mathsf{Person}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mathsf{Man} &\equiv \mathsf{Person} \sqcap \neg \mathsf{Woman} \\
\mathsf{Father} &\equiv \mathsf{Man} \sqcap \exists \mathsf{hasChild}.\mathsf{Person} \\
\mathsf{Parent} &\equiv \mathsf{Father} \sqcup \mathsf{Mother} \\
\mathsf{Grandmother} &\equiv \mathsf{Mother} \sqcap \exists \mathsf{hasChild}.\mathsf{Parent} \\
\mathsf{MotherWithManyChildren} &\equiv \mathsf{Mother} \sqcap \geqslant 3\ \mathsf{hasChild} \\
\mathsf{MotherWithoutDaughter} &\equiv \mathsf{Mother} \sqcap \forall \mathsf{hasChild}.\neg \mathsf{Woman} \\
\mathsf{Wife} &\equiv \mathsf{Woman} \sqcap \exists \mathsf{hasHusband}.\mathsf{Man}
\end{aligned}$$

LOGIC

- Logic trong giải quyết vấn đề:

  Nhận thức (người): $KB \cup K_0 \models_{cog} K_1$

  Logic (biểu diễn hình thức): $KB \cup K_0 \models K_1$

  Dẫn xuất (xử lý): $KB \cup K_0 \vdash K_1$
- Các vấn đề:

  cú pháp, ngữ nghĩa, các phép toán, suy diễn
- Logic mô tả: biểu diễn các khái niệm, quan hệ (theo cấu trúc), gán ngữ nghĩa và xử lý tựa logic

4.2. LOGIC MỆNH ĐỀ

Cú pháp

Ngữ nghĩa

Quan hệ dẫn xuất

Phương pháp Hợp giải

Suy diễn tiến, suy diễn lùi

CÚ PHÁP

- Ngôn ngữ: L

  Tập thành tố A_R,

  các kết nối $\{\neg, \wedge, \vee, \rightarrow, \leftrightarrow\}$, ký hiệu {(,)},

  Tập các biểu thức L bao gồm:

  - thành tố, nếu $p \in A_R$ thì $p \in L$, hoặc

  - kết hợp các biểu thức: nếu $F, G \in L$ thì cũng có $\neg F$, $F \wedge G$, $F \vee G$, $F \rightarrow G$, $F \leftrightarrow G \in L$
- Nguyên lý quy nạp: nếu F, G có tính chất E thì biểu thức kết hợp từ F, G cũng có tính chất E
- Nguyên lý đệ quy: hàm f xác định trên L có thể tính được từ hàm f_0 xác định trên A_R

$$h(F)=\begin{cases} h(G)+h(H) & F=G\otimes H \quad \otimes\epsilon\{\wedge,\vee,\rightarrow,\leftrightarrow\} \\ h(G)+1 & F=\neg G \\ 0 & F\epsilon A_R \end{cases}$$

NGỮ NGHĨA

- cho $F \in L$, ngữ nghĩa của F ?
- Diễn dịch $I : A_R \rightarrow \{0,1\}$

  Có thể viết $p \in I$ iff $I(p)=1$ ➔ mô hình $I \subset A_R$

  $I \models p$ (I suy ra p), nếu $I(p)=1$

- Thế nào là: $I \models F$?

NGỮ NGHĨA

- Định nghĩa: Cho diễn dịch I: $A_R \to \{0,1\}$, cho F, G, H $\in$ L, ta có ngữ nghĩa của F:

I $\models$ F khi và chỉ khi

I(F)=1 với $F \in A_R$, hoặc

I $\not\models$ G với $F = \neg G$, hoặc

I $\models$ G và I $\models$ H với $F = G \wedge H$, hoặc

I $\models$ G hoặc I $\models$ H với $F = G \vee H$, hoặc

I $\not\models$ G hoặc I $\models$ H với $F = G \to H$, hoặc

I $\models$ $G \to H$ và I $\models$ $H \to G$ với $F = G \leftrightarrow H$

BIỂU THỨC LUÔN ĐÚNG

- Biểu thức F luôn đúng, nếu $\forall$I: I $\models$ F, biểu thức F thoả nếu $\exists$I: I $\models$ F, biểu thức F có thể sai nếu $\exists$I: I $\not\models$ F, biểu thức F (luôn) không thoả nếu $\forall$I: I $\not\models$ F
- Quan hệ suy ra: $\models : L \times L \rightarrow \{0,1\}$, với L là tập các biểu thức.
- Cho Σ là tập các biểu thức, F là một biểu thức, $\Sigma \models$ F, nếu mọi mô hình của Σ (*các* I *làm cho mọi biểu thức trong Σ đều đúng*) cũng là mô hình của F $M(\Sigma) \subset M(F)$

BIỂU THỨC TƯƠNG ĐƯƠNG. DẠNG CHUẨN

- Hai biểu thức F và G là tương đương (về ngữ nghĩa) ($F \equiv G$), nếu $\forall I$, $I \models F$ khi và chỉ khi $I \models G$
- Biểu thức ở dạng chuẩn PHỦ ĐỊNH chỉ chứa các phép toán $\neg$, $\wedge$, v, và $\neg$ chỉ đứng trước các thành tố.
- dạng chuẩn HỘI, có dạng $L_1 \wedge L_2 \wedge \ldots \wedge L_n$, các L_i có dạng $\alpha_{i1} \vee \ldots \vee \alpha_{ik}$, với α_{ik} là thành tố hoặc phủ định của thành tố.
- dạng chuẩn TUYỂN, có dạng $L_1 \vee L_2 \vee \ldots \vee L_n$, các L_i có dạng $\alpha_{i1} \wedge \ldots \wedge \alpha_{ik}$, với α_{ik} là thành tố hoặc phủ định của thành tố.

P	Q	¬ P	P ∧ Q	P ∨ Q	P → Q	Q → P	P ↔ 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

$$\left.\begin{array}{rcl}(\alpha \wedge \beta) & \equiv & (\beta \wedge \alpha) \\ (\alpha \vee \beta) & \equiv & (\beta \vee \alpha)\end{array}\right\} \text{giao hoán}$$

$$\left.\begin{array}{rcl}((\alpha \wedge \beta) \wedge \gamma) & \equiv & (\alpha \wedge (\beta \wedge \gamma)) \\ ((\alpha \vee \beta) \vee \gamma) & \equiv & (\alpha \vee (\beta \vee \gamma))\end{array}\right\} \text{kết hợp}$$

$$\neg(\neg\alpha) \equiv \alpha \quad \text{phủ định kép}$$

$$(\alpha \rightarrow \beta) \equiv (\neg\beta \rightarrow \neg\alpha) \quad \text{tương phản}$$

$$(\alpha \rightarrow \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \beta)$$

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

$$\left.\begin{array}{rcl}\neg(\alpha \wedge \beta) & \equiv & (\neg\alpha \vee \neg\beta) \\ \neg(\alpha \vee \beta) & \equiv & (\neg\alpha \wedge \neg\beta)\end{array}\right\} \text{de Morgan}$$

$$\left.\begin{array}{rcl}(\alpha \wedge (\beta \vee \gamma)) & \equiv & ((\alpha \wedge \beta) \vee (\alpha \wedge \gamma)) \\ (\alpha \vee (\beta \wedge \gamma)) & \equiv & ((\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma))\end{array}\right\} \text{phân phối}$$

hấp thu

$$(\alpha \vee (\alpha \wedge \beta) \equiv \alpha$$

$$(\alpha \wedge (\alpha \vee \beta) \equiv \alpha$$

liên quan đến 0, 1

$$\alpha \wedge 0 \equiv 0$$

$$\alpha \vee 0 \equiv \alpha$$

$$\alpha \vee 1 \equiv 1$$

$$\alpha \wedge 1 \equiv \alpha$$

$$\neg 1 \equiv 0$$

$$\neg 0 \equiv 1$$

$$\neg\alpha \vee \alpha \equiv 1$$

$$\neg\alpha \wedge \alpha \equiv 0$$

DẠNG CHUẨN HỘI (CNF)

Phương pháp chuyển một biểu thức về dạng chuẩn HỘI, ví dụ với biểu thức: $A \leftrightarrow (B \vee C)$

1. Loại bỏ phép $\leftrightarrow$, thay $\alpha \leftrightarrow \beta$ bằng $(\alpha \rightarrow \beta) \wedge (\beta \rightarrow \alpha)$

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

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

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

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

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

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

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

Ví dụ: $A_R = \{p, q, r\}$,

$\Sigma = \{(p \wedge q) \rightarrow r, p \vee q, r \rightarrow q\}$ có các mô hình nào ?

có $\boldsymbol{\Sigma \models (p \wedge r) \rightarrow q}$

	$(p \wedge q) \rightarrow r$	$p \vee q$	$r \rightarrow q$	Σ
$\varnothing$	x	o	x	o
{p}	x	x	x	x
{q}	x	x	x	x
{r}	x	o	o	o
{p,q}	o	x	x	o
{p,r}	x	x	o	o
{q,r}	x	x	x	x
{p,q,r}	x	x	x	x

BÀI TOÁN $\Sigma \models G$

- $\{F_1, F_2, ..., F_n\} \models G$, nghĩa là với mọi diễn dịch I làm cho tất cả các F_i đúng thì cũng làm cho G đúng.
- $\{F_1, F_2, ..., F_n\} \models G$ khi và chỉ khi $\{F_1, F_2, ..., F_{n-1}\} \models F_n \rightarrow G$ (hay là $\{F_1, F_2, ..., F_{n-1}\} \models \neg F_n \vee G$)

Chứng minh:

"$\Rightarrow$": Xét các I làm cho $F_1, F_2, ..., F_{n-1}$ đúng, thì có 2 khả năng xảy ra: (i) F_n đúng, suy ra G đúng (theo giả thiết), suy ra $F_n \rightarrow G$ đúng; (ii) F_n sai, suy ra $F_n \rightarrow G$ đúng.

"$\Leftarrow$": Xét các I làm cho $F_1, F_2, ..., F_n$ đúng, vì $F_1, F_2, ..., F_{n-1}$ đúng, suy ra $F_n \rightarrow G$ đúng (theo giả thiết), vì F_n đúng cho nên G không thể sai (gây mâu thuẫn), suy ra G đúng.

- $\{F_1, F_2, ..., F_n\} \models G$ khi và chỉ khi $\varnothing \models \neg F_1 \vee \ldots \vee \neg F_n \vee G$ khi và chỉ khi $\varnothing \not\models F_1 \wedge \ldots \wedge F_n \wedge \neg G$

DẪN XUẤT

- Cho logic (A, L, $\models$), tập các luật dẫn xuất Π, và tập các tiên đề Γ thì có thể xác định được một quan hệ dẫn xuất $\vdash$

  $\Sigma \vdash$ F nghĩa là tồn tại một chuỗi dẫn xuất

  $\Sigma \vdash_r \Sigma_1 \vdash_r \Sigma_2 \vdash_r \ldots \vdash_r \Sigma_n$, $F \in \Sigma_n$, các $r \in \Pi$

- Luật hợp giải: $$\Pi = \{\frac{p \vee q, \neg p \vee r}{q \vee r}\}$$

- Luật modus ponens $$\Pi = \{ \frac{p \to q, p}{q} \}$$

...

HỢP GIẢI

- Luật hợp giải:

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

- Bài toán: Cho tập biểu thức (cơ sở tri thức) Σ, cần chứng minh KL
- Phương pháp:

  - Thêm $\neg$KL vào Σ → tập biểu thức S
  - Chuyển các biểu thức trong S về dạng chuẩn HỘI
  - Áp dụng hợp giải cho đến khi xuất hiện mâu thuẫn

THỦ TỤC HỢP GIẢI

function PL-RESOLUTION(KB, α) **returns** *true* or *false*

    clauses ← the set of clauses in the CNF representation of $KB \wedge \neg\alpha$
    new ← { }
    loop do
        for each C_i, C_j **in** *clauses* **do**
            resolvents ← PL-RESOLVE(C_i, C_j)
            if *resolvents* contains the empty clause **then return** *true*
            new ← *new* ∪ *resolvents*
        if *new* ⊆ *clauses* **then return** *false*
        clauses ← *clauses* ∪ *new*

VÍ DỤ

- Cho $\Sigma = \{p \rightarrow q, q \wedge r \wedge s \rightarrow t, q \wedge r \rightarrow s, r, p\}$, chứng minh t

1. $\neg p \vee q$ 2. $\neg q \vee \neg r \vee \neg s \vee t$ 3. $\neg q \vee \neg r \vee s$ 4. r 5. p 6. $\neg t$	7. q HG 1,5 8. $\neg r \vee s$ HG 3,7 9. s HG 4,8 10. $\neg q \vee \neg r \vee t$ HG 2,9 11. $\neg r \vee t$ HG 7,10 12. $\neg r$ HG 6,11 13. $\varnothing$ HG 4,12 → mâu thuẫn

- Cho $\Sigma = \{((a \vee b) \wedge c) \rightarrow (c \wedge d), (a \wedge m \wedge d) \rightarrow f, m \rightarrow (b \wedge c), a \rightarrow (c \wedge m), a, (m \wedge f) \rightarrow g\}$, chứng minh g

  Chuẩn hóa

  Hợp giải

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
  - …
- Thuật giải Robinson được áp dụng trong CM định lý tự động, nhược điểm:
  - con người không tư duy theo cách này
  - mất ngữ nghĩa và nội dung thông tin khi chuyển về dạng câu CNF

CÂU DẠNG HORN

- Câu dạng Horn: có dạng tuyển của các literals, trong đó nhiều nhất chỉ có một positive literal. (*literal: thành tố (positive), phủ định của thành tố (negative)*)

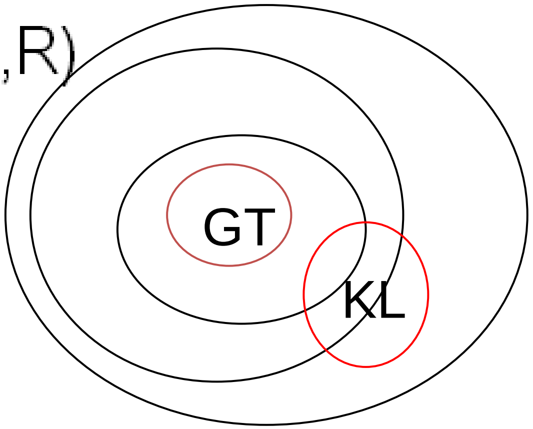
  Ví dụ: $\neg a \vee \neg b \vee c$, a
- Có thể biểu diễn thành dạng kéo theo: $a \wedge b \rightarrow c$
- Kết hợp với luật Modus ponens, Modus tollens
- Lập trình logic, ngôn ngữ PROLOG

SUY DIỄN TIẾN

Vào: tập các mệnh đề GT (giả thiết), KL (kết luận), tập luật R, dạng Horn,

Ra: thông báo "thành công" hoặc "không thành công"

```
{1  Tgian = GT;                          /* Tgian: tập mệnh đề trung gian */
    Thoa = Loc(Tgian,R);                 /* Thoa: tập luật có thể áp dụng */
    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
```



VÍ DỤ

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

R = { (r1) $a \wedge b \wedge m_a \rightarrow c$; (r2) $a \wedge b \wedge c \rightarrow A$; (r3) $b \wedge A \rightarrow h_c$;
(r4) $a \wedge b \wedge c \rightarrow B$; (r5) $a \wedge b \wedge c \rightarrow C$; (r6) $a \wedge B \rightarrow h_c$;
(r7) $A \wedge B \rightarrow C$; (r8) $B \wedge C \rightarrow A$; (r9) $A \wedge C \rightarrow B$ }

Bước	Tgian	Thỏa	r	Vết
1	a, b, m_a	r1	r1	r1
2	a, b, m_a, c	r2, r4, r5	r2	r1, r2
3	a, b, m_a, c, A	r3, r4, r5	r3	r1, r2, r3
	a, b, m_a, c, A, h_c			

SUY DIỄN LÙI

Ý tưởng:

suy diễn lùi từ kết luận KL

kiểm tra xem KL đã được biết chưa, nếu không thì chứng minh bằng quay lui sử dụng các luật dẫn đến q

Tránh lặp vô hạn:

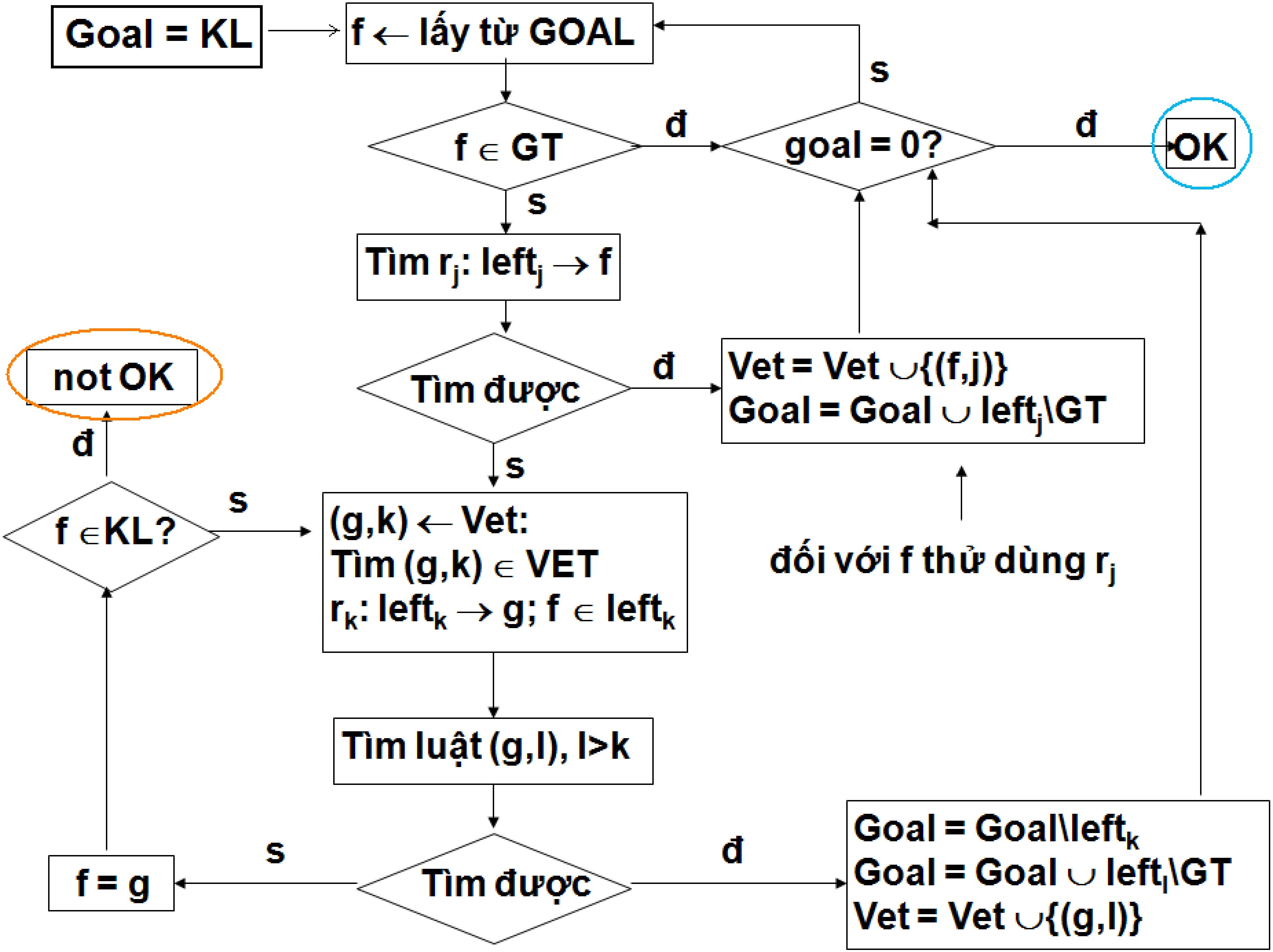
- lưu trữ các đích đã được chứng minh
- trước khi chứng minh kiểm tra xem đích cần chứng minh đã có trong goal stack chưa ?

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

- Goal = { f | f cần chứng minh cho đến thời điểm hiện tại}; ban đầu: Goal = KL
- Vet ={ (f,j) | để chứng minh f thì dùng luật j: $left_j \rightarrow f$}
- Cờ Back = true khi quay lui; = false khi không quay lui


Goal = KL
f ← lấy từ GOAL
f ∈ GT
đ
s
goal = 0?
s
đ
OK
Tìm r_j: $left_j \rightarrow f$
Tìm được
đ
Vet = Vet ∪{(f,j)}
Goal = Goal ∪ $left_j$\GT
s
not OK
đ
f ∈KL?
s
(g,k) ← Vet:
Tìm (g,k) ∈ VET
r_k: $left_k \rightarrow g$; f ∈ $left_k$
đối với f thử dùng r_j
Tìm luật (g,l), l>k
f = g
s
Tìm được
đ
Goal = Goal\$left_k$
Goal = Goal ∪ $left_l$\GT
Vet = Vet ∪{(g,l)}

VÍ DỤ

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

R = { (r1) $a \wedge b \wedge m_a \rightarrow c$; (r2) $a \wedge b \wedge c \rightarrow A$; (r3) $a \wedge B \rightarrow h_c$;
(r4) $b \wedge A \rightarrow h_c$; (r5) $a \wedge b \wedge c \rightarrow C$; (r6) $B \wedge C \rightarrow A$;
(r7) $A \wedge B \rightarrow C$; }

Bước	f	r, back	Goal	Vết
1	h_c	r3, false	B	$(h_c,3)$
2	B	true		$\varnothing$
3	h_c	r4	A	$(h_c,4)$
4	A	r2, false	c	$(A,2), (h_c,4)$
5	c	r1, false	$\varnothing$	$(c,1), (A,2), (h_c,4)$

Cho GT = {a,b}. Tìm KL ={g}

R = { (r1) $a \wedge b \rightarrow c$; (r2) $b \wedge c \rightarrow d$; (r3) $h \wedge e \rightarrow g$;
(r4) $a \wedge d \rightarrow h$; (r5) $a \wedge h \rightarrow g$; (r6) $b \wedge e \rightarrow h$}

	f	r, back	goal	vết
1	g	r3, false	h, e	(g, 3)
2	h	r4, false	d, e	(g,3), (h,4)
3	d	r2, false	c, e	(g,3), (h,4), (d,2)
4	c	r1, false	e	(g,3), (h,4), (d,2), (c,1)
5	e	true	g	$\varnothing$
6	g	r5, false	h	(g,5)
7	h	r4, false	d	(g,5), (h,4)
8	d	r2, false	c	(g,5), (h,4), (d,2)
9	c	r1, false	$\varnothing$	(g,5), (h,4), (d,2), (c,1)

4.3. LOGIC VỊ TỪ

- Biểu diễn được sự kiện, đối tượng, quan hệ
- Cú pháp: bổ sung biến (variable), hàm (function), hằng (constant), vị từ (predicate), lượng từ (quantifier)
- Vị từ p(x,…y) là một phát biểu chứa các biến x,…y sao cho khi x,…y được gán các giá trị cụ thể thì p(x,…y) nhận giá trị đúng hoặc sai
- Ngữ nghĩa: {đúng, sai}, cần gán hằng cho các biến
- Dẫn xuất: hợp giải, suy diễn tiến, suy diễn lùi, …

Cú pháp

$$
\begin{array}{rcl}
\mathit{Sentence} & \rightarrow & \mathit{AtomicSentence} \mid \mathit{ComplexSentence} \\
\mathit{AtomicSentence} & \rightarrow & \mathit{Predicate} \mid \mathit{Predicate}(\mathit{Term},\ldots) \mid \mathit{Term} = \mathit{Term} \\
\mathit{ComplexSentence} & \rightarrow & (\ \mathit{Sentence}\ ) \mid [\ \mathit{Sentence}\ ] \\
& \mid & \neg\ \mathit{Sentence} \\
& \mid & \mathit{Sentence} \land \mathit{Sentence} \\
& \mid & \mathit{Sentence} \lor \mathit{Sentence} \\
& \mid & \mathit{Sentence} \Rightarrow \mathit{Sentence} \\
& \mid & \mathit{Sentence} \Leftrightarrow \mathit{Sentence} \\
& \mid & \mathit{Quantifier}\ \mathit{Variable},\ldots\ \mathit{Sentence} \\
\\
\mathit{Term} & \rightarrow & \mathit{Function}(\mathit{Term},\ldots) \\
& \mid & \mathit{Constant} \\
& \mid & \mathit{Variable} \\
\\
\mathit{Quantifier} & \rightarrow & \forall \mid \exists \\
\mathit{Constant} & \rightarrow & A \mid X_1 \mid \mathit{John} \mid \cdots \\
\mathit{Variable} & \rightarrow & a \mid x \mid s \mid \cdots \\
\mathit{Predicate} & \rightarrow & \mathit{True} \mid \mathit{False} \mid \mathit{After} \mid \mathit{Loves} \mid \mathit{Raining} \mid \cdots \\
\mathit{Function} & \rightarrow & \mathit{Mother} \mid \mathit{LeftLeg} \mid \cdots \\
\textsc{Operator Precedence} & : & \neg, =, \land, \lor, \Rightarrow, \Leftrightarrow
\end{array}
$$

VÍ DỤ

a. John owns a dog
$\exists$ x. D(x) $\wedge$ O(J,x)
D(Fido) $\wedge$ O(J, Fido)

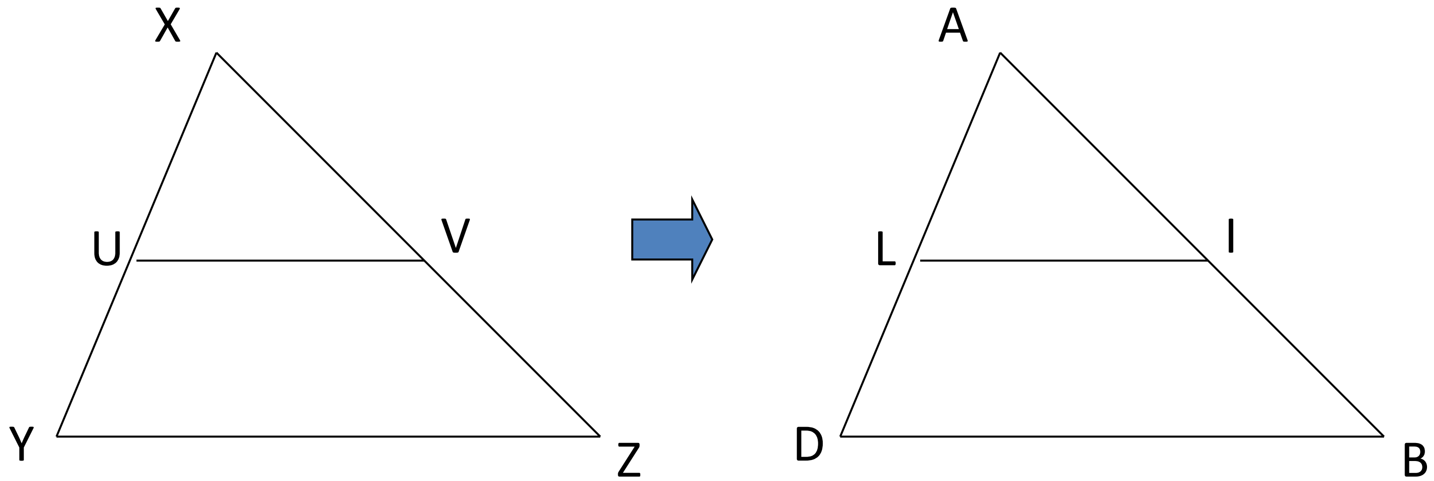
b. Anyone who owns a dog is a lover-of-animals
$\forall$ x. ($\exists$ y. D(y) $\wedge$ O(x,y)) $\rightarrow$ L(x)
$\forall$ x. ($\neg\exists$ y. (D(y) $\wedge$ O(x,y)) $\vee$ L(x)
$\forall$ x. $\forall$ y. $\neg$(D(y) $\wedge$ O(x,y)) $\vee$ L(x)
$\forall$ x. $\forall$ y. $\neg$ D(y) $\vee$ $\neg$ O(x,y) $\vee$ 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)

phép gán trị

VD: Định lý đường trung bình:

r_1: trungđiểm(U,XY) $\wedge$ trungđiểm(V,XZ) $\rightarrow$ ss(UV,YZ)

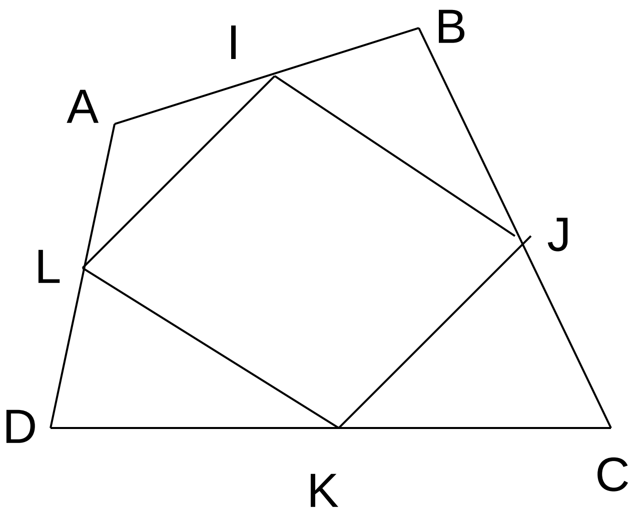


Phép gán trị θ ={A/X, B/Z, D/Y, L/U, I/V}:

- $r_1\theta$: trungđiểm(L,AD) $\wedge$ trungđiểm(I,AB) $\rightarrow$ ss(LI,DB)

VÍ DỤ

Bài toán chứng minh hình học



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

BIỂU DIỄN BIỂU THỨC LOGIC VỊ TỪ

1. trungđiểm(U,XY) → trungđiểm(U,YX)
2. trungđiểm(U,XY) ∧ trungđiểm(V,XZ) → ss(UV,YZ)
3. ss(XY,UV) ∧ ss(UV,ST) → ss(XY,ST)
4. ss(XY,VU) ∧ ss(XV,YU) → hbh(XYUV)
5. ss(XY,UV) → ss(XY,VU)
6. ss(XY,UV) → ss(UV,XY)

GT:

trungđiểm(I,AB), trungđiểm(J,BC),
trungđiểm(K,CD), trungđiểm(L,DA)

KL: hbh(IJKL)

Các phép biến đổi tương đương

1. Loại bỏ dấu suy ra

$P \leftrightarrow Q \equiv (P \rightarrow Q) \wedge (Q \rightarrow P)$

$P \rightarrow Q \equiv \neg P \vee Q$

2. Xử lý phủ định, lượng từ

$$
\begin{aligned}
\forall x \ \neg P &\equiv \neg\exists x \ P \qquad & \neg(P \vee Q) &\equiv \neg P \wedge \neg Q \\
\neg\forall x \ P &\equiv \exists x \ \neg P & \neg(P \wedge Q) &\equiv \neg P \vee \neg Q \\
\forall x \ P &\equiv \neg\exists x \ \neg P & P \wedge Q &\equiv \neg(\neg P \vee \neg Q) \\
\exists x \ P &\equiv \neg\forall x \ \neg P & P \vee Q &\equiv \neg(\neg P \wedge \neg Q) .
\end{aligned}
$$

3. Đặt tên các biến khác nhau

$\forall x, \exists y, (\neg P(x) \vee \exists x, Q(x,y)) \Rightarrow$

$\forall x_1, \cancel{\exists} y_2, (\neg P(x_1) \vee \cancel{\exists} x_3, Q(x_3,y_2))$

Hợp giải Robinson cho logic vị từ

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

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

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

$\cancel{\forall x_1 \forall x_2 \ldots \forall x_n}\ [p_1(\ldots) \vee \ldots \vee p_n(\ldots)]$

$\cancel{\forall x_1 \forall x_2 \ldots \forall x_n}\ [q_1(\ldots) \vee \ldots \vee q_m(\ldots)]$

tất cả đều với $\forall$

4. Hợp giải:

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

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

5. Mâu thuẫn xảy ra khi

$\neg p(x_1,x_2,\ldots,x_n)$

$p(y_1,y_2,\ldots,y_n)$

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

Ví dụ

- Sử dụng phép gán trị nào để hợp giải

  $P(a,x,x,b)$ và $\neg P(y,y,z,b)$ a/x, a/y, a/z

- Cho các sự kiện p(a,b), p(c,d), q(d,c,c) đúng

  Cho luật $p(x,y) \wedge q(y,x,x) \Rightarrow r(x,y)$ d/y, c/x

  Sử dụng các phép gán trị với luật trên, hãy đưa ra các sự kiện mới đúng.

- Sử dụng phép gán trị nào để hợp giải

  $P(a,x,b)$ và $\neg P(y,z,z)$ b/x, a/y, b/z

Ví dụ về hợp giải

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

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

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

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

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 1 và 3

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

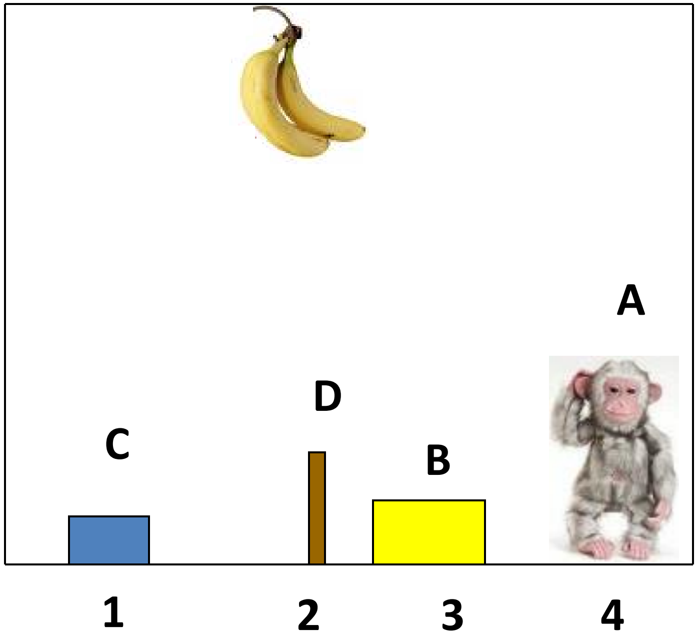
Hợp giải 2 và 5

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

Hợp giải 4 và 6

$$7. S(x)$$

Bài toán con khỉ - nải chuối



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

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

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

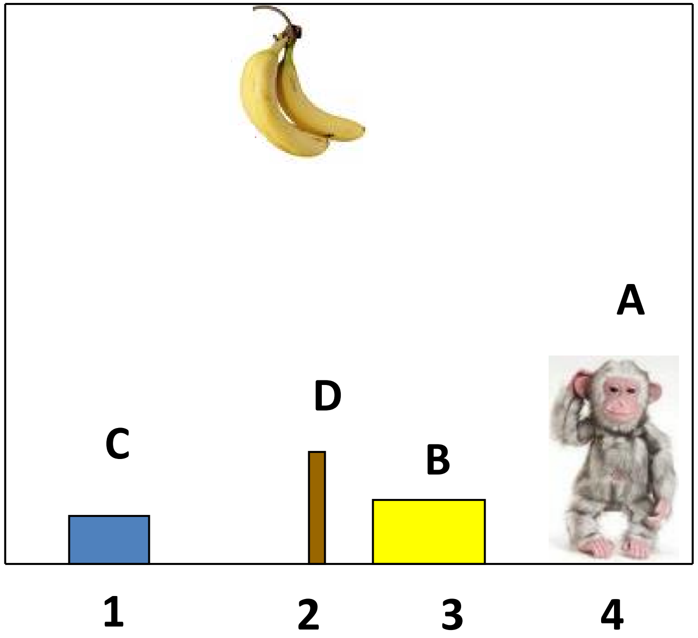
- GT = {tại(C,1), tại(B,3), tại(A,4), tại(D,2)}
- R = {(r1) tại(A,x) $\Rightarrow$ tại (A,y),

  (r2) tại(A,x) $\wedge$ tại(O,x) $\Rightarrow$ tại(A,y)

  (r3) tại(A,x) $\wedge$ tại(O,x) $\Rightarrow$ tại(O,y)

  (r4) tại(A,x) $\wedge$ tại(O,x) $\Rightarrow$ trên(A,O)

  (r5) tại(A,x) $\wedge$ tại(O1,x) $\wedge$ tại(O2,x) $\Rightarrow$ trên(O1,O2) }
- KL = tại(B,2) $\wedge$ trên(C,B) $\wedge$ trên(A,C) $\wedge$ trên(D,A)



SUY DIỄN

- Suy diễn tiến: khi xét Thoa = loc(Tgian,R) để tìm luật áp dụng, cần thêm gán trị θ cho các biến
- Suy diễn lùi: khi tìm luật cho các đích (Goal), cần xét thêm gán trị θ cho các biến và lưu vào Vết

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.

4.4. TRI THỨC KHÔNG CHẮC CHẮN

- Đặc trưng:

  - Các yếu tố mơ hồ, không chính xác, không đầy đủ, không rõ ràng … (khoảng, xấp xỉ, gần, hơn, …)

  Không gian tham chiếu ⟶ X

  - Các yếu tố không chắc chắn, độ tin cậy, nhiễu …(có thể, hầu hết, ít nhất, …)

  Độ tin cậy (đúng, sai) [0,1] ⟶ μ

- Mở rộng:

  biểu diễn tri thức: biến, tập hợp, quan hệ … rõ → mờ

  dẫn xuất … → suy luận xấp xỉ

BIẾN NGÔN NGỮ

- (V, T_V, X, G, M), trong đó:
  - V là tên của biến ngôn ngữ
  - T_V là tập giá trị của biến ngôn ngữ
  - X là không gian tham chiếu
  - G là cú pháp sản sinh ra các phần tử T_V
  - M là tập các luật ngữ nghĩa

TẬP MỜ

- **Tập con (rõ)**: Cho không gian X, tập $A \subset X$ được định nghĩa bởi hàm đặc trưng

  $\chi_A: X \to \{0,1\}$, với $\chi_A(u)=1$, nếu $u \in A$, và

  $\chi_A(u)=0$, nếu $u \notin A$

- **Tập (con) mờ**: Cho không gian X, tập $\tilde{A} \subset X$ được biểu diễn bởi hàm thuộc $\mu_{\tilde{A}}: X \to [0,1]$, với $\mu_{\tilde{A}}(u)$ là độ thuộc của phần tử $u \in X$ vào $\tilde{A}$

  Biểu diễn: $A = \{ (u, \mu_A(u)) \mid u \in X$ và $\mu_A: X \to [0,1] \}$

  Ví dụ: $X = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$,

nhỏ = {(1,1.0), (2,0.6), (3,0.2), (4,0.0), …, (10,0.0) }

CÁC PHÉP TOÁN VỚI TẬP MỜ

Cho các tập mờ A, B cùng xác định trên không gian X

- Hợp: $A \cup B = \{(u, \max\{\mu_A(u), \mu_B(u)\}) \mid u \in X\}$

  $\mu_{A \cup B}(u) = \max\{\mu_A(u), \mu_B(u)\}$

- Giao: $A \cap B = \{(u, \min\{\mu_A(u), \mu_B(u)\}) \mid u \in X\}$

  $\mu_{A \cap B}(u) = \min\{\mu_A(u), \mu_B(u)\}$

- Phần bù: $A^C = \{(u, 1 - \mu_A(u)) \mid u \in X\}$

VÍ DỤ

$$A = \frac{0.5}{x_1} + \frac{0.7}{x_2} + \frac{0.8}{x_3} + \frac{0.1}{x_4} \qquad B = \frac{0.4}{x_1} + \frac{1.0}{x_2} + \frac{0.3}{x_3} + \frac{0.3}{x_4}$$

$$A \cup B = \frac{0.5}{x_1} + \frac{1.0}{x_2} + \frac{0.8}{x_3} + \frac{0.3}{x_4}$$

$$A \cap B = \frac{0.4}{x_1} + \frac{0.7}{x_2} + \frac{0.3}{x_3} + \frac{0.1}{x_4}$$

$$B^C = \frac{0.6}{x_1} + \frac{0.7}{x_3} + \frac{0.7}{x_4}$$

QUAN HỆ MỜ

- Cho các không gian X, Y, quan hệ mờ trên $X \times Y$ là $R = \{((x,y), \mu_R(x,y)) \mid (x,y) \in X \times Y\}$
- Ví dụ: $R \subseteq R^+ \times R^+$

$$\mu_R(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{với } x \leq y; \\ 1, & \text{với } x > 11y; \\ (x-y)/10y, & \text{với } y < x \leq 11y \end{cases}$$

- Phép hợp thành: Cho $R \subseteq X \times Y$, $S \subseteq Y \times Z$, có thể kết hợp R và S tạo thành quan hệ $T = R \circ S \subseteq X \times Z$

$$\mu_T(x,z) = \sup_{y \in Y} \min \{\mu_R(x,y), \mu_S(y,z)\}$$

VÍ DỤ

R	y1	y2	y3	y4	y5
x1	0.1	0.2	0	1	0.7
x2	0.3	0.5	0	0.2	1
x3	0.8	0	1	0.4	0.3

S	z1	z2	z3	z4
y1	0.9	0	0.3	0.4
y2	0.2	1	0.8	0
y3	0.8	0	0.7	1
y4	0.4	0.2	0.3	0
y5	0	1	0	0.8

R∘S	z1	z2	z3	z4
x1	0.4	0.7	0.3	0.7
x2	0.3	1	0.5	0.8
x3	0.8	0.3	0.7	1

PHÉP KÉO THEO MỜ

Quan hệ mờ R(A,B): $\mu_R(u,v) = \varphi(\mu_A(u),\mu_B(v))$,

φ: $[0,1]\times[0,1]\to[0,1]$ là phép kéo theo mờ

- Mamdani (Rc): $\phi(a,b) = \min\{a,b\}$,
- Lukasiewics (Ra): $\phi(a,b) = \min\{1, 1-a+b\}$
- Kleene-Dienes (Rb): $\phi(a,b) = \max\{1-a, b\}$
- Zadeh (Rm): $\phi(a,b) = \max\{1-a, \min\{a,b\}\}$
- Standard (Rs): $\phi_s(a,b) = 1$, nếu $a\le b$, $=0$, nếu $a>b$
- Goedel (Rg): $\phi_g(a,b) = 1$, nếu $a\le b$, $=b$, nếu $a>b$
- Rss: $\phi(a,b) = \min\{\phi_s(a,b), \phi_s(1-a,1-b)\}$
- Rsg: $\phi(a,b) = \min\{\phi_s(a,b), \phi_g(1-a,1-b)\}$
- Rgs: $\phi(a,b) = \min\{\phi_g(a,b), \phi_s(1-a,1-b)\}$,
- Rgg: $\phi(a,b) = \min\{\phi_g(a,b), \phi_g(1-a,1-b)\}$

SUY DIỄN MỜ

- Nếu x là A thì y là B (1)

  Cho x là A’ (2)

  ---

  y là B’ ?

  Trong đó, A, A’ là các tập mờ trên X, B, B’ là các tập mờ trên Y, cần xác định B’

- Cách giải quyết:

  - Từ (1), tính quan hệ mờ R(A,B)

  - Tính B’ = A’ ○ R

VÍ DỤ

- Nếu x là *nhỏ* thì y là *lớn*
  Cho x là *rất nhỏ*

  y là B' ?

Với $nhỏ = \frac{1}{1} + \frac{0.6}{2} + \frac{0.2}{3}$, $lớn = \frac{0.2}{2} + \frac{0.6}{3} + \frac{1}{4}$

$rất\ nhỏ = nhỏ^2 = \frac{1}{1} + \frac{0.36}{2} + \frac{0.04}{3}$

- Tính Rc

Rc	1	2	3	4
1	0	0.2	0.6	1
2	0	0.2	0.6	0.6
3	0	0.2	0.2	0.2
4	0	0	0	0

$$B' = \frac{0.2}{2} + \frac{0.6}{3} + \frac{1}{4}$$