

Reprezentácia neúplných a nekonzistentných znalostí

Ján Šefránek

Katedra aplikovanej informatiky,
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského, Bratislava
sefranek@fmph.uniba.sk

reprezentácia – zápis, s ktorým sa dá počítať

aby sa dalo počítať: zápis vo **formálnom jazyku**

výpočty s neúplnými a nekonzistentnými znalosťami

logika

- historická perspektíva
- nemonotónne pravidlá
- abdukcia
- **answer set programming**
- revízie nemonotónnych báz znalostí

historická perspektíva

vízie Johna Mc Carthyho

- Programs with common sense, 1959
- jumping to conclusions, koniec 70. rokov
- elaboration tolerance, koniec 90. rokov

nemonotónnosť usudzovania:

operátor odvodenia C^n je nemonotónny, ak

$$(\exists A, B) (A \subseteq B \wedge C^n(A) \not\subseteq C^n(B))$$

koniec 70. (začiatok 80.) rokov:

cirkumskripcia (Mc Carthy), defaultová logika (Reiter),

autoepistemická logika (Moore)

80.roky:

logické programovanie, deduktívne databázy, nemonotónne
usudzovanie

LoP – deklaratívnosť

DedDB – efektívna DB technológia

NMR – vyjadrovacia sila

nemonotónnosť spoločnou črtou

nemonotónne pravičlá

Marek, Nerode, Remmel, A theory of nonmonotonic rule systems

nonmonotonic reasoning:

“... we deduce a statement based on the **absence of any evidence against** the statement. Such a statement is in the category of **beliefs** rather than in category of truths. Modern science offers statistics as a tool for establishing provisional beliefs, but in many instances we have no basis for applying statistics, due to a lack of governing distributions or samples for the problem at hand.”

K. Popper – princíp falzifikácie
(hypotetické usudzovanie)

$$\frac{\alpha_1, \dots, \alpha_k : \beta_1, \dots, \beta_m}{\gamma}$$

dôkaz, závislý na kontexte

nonmonotonic rule systems – zovšeobecnenie viacerých
systémov nemonotónneho usudzovania

dominantné: defaultová logika, logické programovanie
(charakterizované sémantikou stabilných modelov)

naivné defaultové usudzovanie:

ak nepoznám argumenty proti, akceptujem defaultovú hodnotu atribútu A ($A = d$)

defaultové pravidlo $\frac{A = d}{A = d}$

defaulty však vyžadujú globálnu kontrolu: dávajú všetky defaulty **dohromady** zmysel ?

Gelfond: a substantial part of our education consists in learning various **defaults**, **exceptions** to those defaults, and the ways of using this information to draw **reasonable conclusions**

$E = \{weekend\}$

$D = \left\{ \frac{\neg skying_Bill}{\neg skying_Bill}, \frac{weekend : \neg snowing}{skying_Bill}, \frac{}{\neg snowing} \right\}$

jediná množina hypotéz, čo dáva zmysel:

$S = \{weekend, \neg snowing, skying_Bill\}$

extenzia:

- obsahuje E
- je uzavretá na dedukciu
- obsahuje dôsledok každého aplikovateľného (vzhlľadom na extenziu) defaultového pravidla

abdukcja

(hypotetické) usudzovanie z pozorovaní (symptómov)
na príčiny (vysvetlenia, diagnózy),

nie je k dispozícii úplné poznanie príčin (a ich vzťahov
k možným pozorovaniam)

diagnostikovanie, plánovanie

pozorovania Δ , relevantné poznatky Γ

Φ je abduktívnym vysvetlením pozorovaní Δ , ak

- $\Gamma \not\models \Delta$,
- $\Gamma \cup \Phi \models \Delta$,
- $\Gamma \cup \Phi$ je konzistentné.

väčší dôraz na neúplnosť a zvládnutie nekonzistentnosti

Lang, Znalosti 2005

Eiter, Gottlob, Leone – abdukcia z defaultových teórií:

$$E = \{weekend\}$$
$$D = \left\{ \frac{\neg skying_Bill}{\neg skying_Bill}, \frac{weekend : \neg snowing}{skying_Bill}, \frac{\neg snowing}{\neg snowing} \right\}$$
$$S = \{weekend, \neg snowing, skying_Bill\}$$
$$\Delta = \neg skying_Bill, \Phi = snowing$$

answer set programming

na ASP možno nazerať ako na hybrid LoP, DedDB a NMR:

kombinuje deklaratívnu, efektívnu DB techniku a expresivitu

jeho **sémantika**: stabilné modely (answer sets)

logický program

$$r = L \leftarrow L_1, \dots, L_k$$

$$\text{head}(r) = L, \text{body}(r) = \{L_1, \dots, L_k\}$$

L, L_i – literály (atómy alebo ich defaultové negácie)

defaultové negácie – reprezentácia neúplnej informácie

defaultové negácie

negácia ako konečné zlyhanie: ak a nie je dokázateľný
v konečnom čase, tak príjmi *not a*

not a ako $B\neg a$ (verím, prijímam, že platí $\neg a$ ako default dovtedy, kým sa nepreukáže, že platí a)

nemonotónnosť defaultovej negácie:

$P =$

$a \leftarrow$

$b \leftarrow c$

? *not b* – **yes**

$P' = P \cup \{c \leftarrow\}$? *not b* – **no**

rozšírenia jazyka (zvýšenie expressivity):

- explicitná negácia $\neg a$
- disjunkcia v hlavách pravidiel
- defaultová negácia v hlavách pravidiel
- preferencie na pravidlách (na programoch)
- epistemické operátory
- ľubovoľné formuly v hlavách i v tele

stabilné modely (answer sets)

$$P = \{a \leftarrow \text{not } b \\ b \leftarrow \text{not } a\}$$

$$\text{modely: } M_1 = \{a, b\}, M_2 = \{a\}, M_3 = \{b\}$$

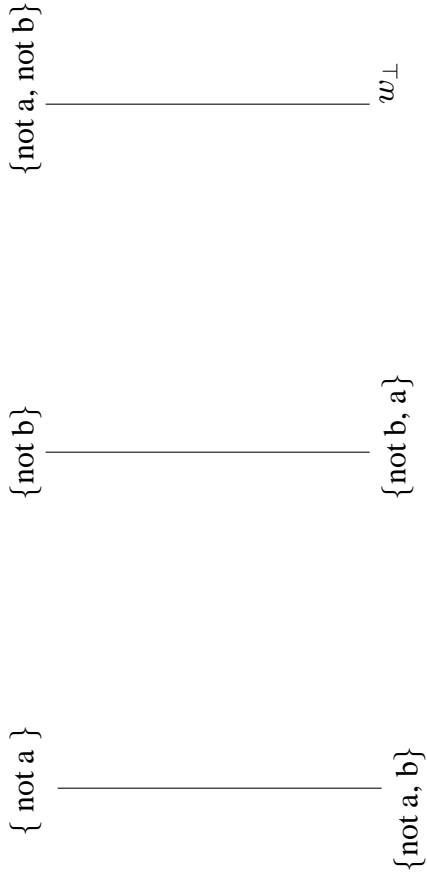
$$O(P, M) = \{\text{head}(r) \mid r \in P, M \models \text{body}(r)\}$$

stabilný model (answer set) programu P : pevný bod operátora O (**stabilita** modelu vzhľadom na program)

$$O(P, M_1) \neq M_1, O(P, M_2) = M_2, O(P, M_3) = M_3$$

Kripkeho štruktúra asociovaná k programu P

$$P = \{a \leftarrow \text{not } b \\ b \leftarrow \text{not } a\}$$



závislosti medzi množinami literálov sú zakódované v Kripkeho štruktúre

svety – čiastočné interpretácie (konzistentné množiny literálov) + w_{\perp}

relácia dostupnosti: $(w, w') \in \rho$, pričom $w \neq w'$,
 $\exists r \in P (w \models \text{body}(r))$ a w' spĺňa presne jednu z podmienok:

$$w' = w \cup \{\text{head}(r)\},$$

$$w' = w_{\perp} \text{ iff } \text{not } \text{head}(r) \in w$$

dobrý svet – totálna interpretácia, ktorá terminuje cestu, zakorenenú v nejakej podmnožine všetkých defaultových literálov

dobré svety v \mathcal{K}^P sú presne stabilnými modelmi P

Gelfond - Lifschitzova konštrukcia:

zvoľme interpretáciu S a transformujme program P :

$$GL(P, S) = \{head(r) \leftarrow body^+(r) \mid r \in P, body^-(r) \subseteq S^-\}$$

v našom prípade: $P = \{a \leftarrow not\ b, b \leftarrow not\ a\}$

$$S = \{not\ b, a\}, GL(P, S) = \{a \leftarrow\}$$

S je stabilným modelom akk $S^+ = least(GL(P, S))$;
ekvivalentne: $S = least(P \cup S^-)$

logický program: báza znalostí ($P = KB$)

stabilný model (answer set) – množina všetkých hypotéz a faktov, ktoré dohromady dávajú zmysel (vzhľadom na danú bázu znalostí)

stabilné modely a extenzie defaultových teórií

vo všeobecnosti existuje viac stabilných modelov daného programu – alternatívne riešenia

inferencia (odpovedanie na otázky, riešenie problémov):
sémantická špecifikácia $KB \models \phi$ akk ϕ je pravdivé v každom stabilnom modeli bázy znalostí

abdukcia z logických programov

$$\begin{aligned} P = \{ & \textit{weekend} \leftarrow \\ & \neg \textit{skying_Bill} \leftarrow \textit{not skying_Bill} \\ & \textit{skying_Bill} \leftarrow \textit{weekend, not snowing} \\ & \neg \textit{snowing} \leftarrow \textit{not snowing} \} \end{aligned}$$

$$S = \{ \textit{weekend, not snowing, } \neg \textit{snowing, skying_Bill} \}$$

snowing nemožno odvodiť, a preto je nutné odvodiť
teľné *skying_Bill*

$$\Delta = \{ \neg \textit{skying_Bill} \}, \Phi = \textit{snowing}$$

všimnime si, že $P \cup \{ \Phi \} \not\models \Delta$

jediným stabilným modelom rozšírenej bázy znalostí

$P \cup \{ \Phi \}$ je

$$\{ \textit{weekend, snowing, not } \neg \textit{snowing, not skying_Bill, } \neg \textit{skying_Bill} \}$$

implementácie (ASP-solver): dlv, smodels

aplikácie:

Gelfond, USA-Advisor (decision support system for Space Shuttle; NASA; United Space Alliance), WASP (európsky projekt),

<http://www.kr.tuwien.ac.at/projects/WASP/report.html>

<http://www.kr.tuwien.ac.at/projects/WASP/showcase.html>

sľubné aplikačné oblasti:

- plánovanie,
- sémantický web (preferenčné usudzovanie, ontológia, deskripčné logiky)
- konfiguračné úlohy
- diagnostické usudzovanie,
- integrácia informácií,
- multiagentové systémy,

USA-Advisor

modelovanie RCS (Reaction Control System);
RCS má hlavnú zodpovednosť za manévrovanie rakety
toplánu počas letu

objekty a ich spojenia:

nádrže, ventily, spojovacie trubice ...

$link(ffh, ff, ffha)$ – nádrž s tekutým héliom ffh je spojená s nádržou s pohonnou hmotou ff ventilom $ffha$

stavy:

$in_state(v, p)$ – ventil v je v pozícii p

akcie:

$flip(sw, p)$ – preklop vypínač sw do polohy p

dynamické kauzálné zákony:

$holds(f, T + 1) \leftarrow holds(p, T), occurs(a, T)$

statické kauzálné zákony:

$holds(f, T) \leftarrow holds(p, T)$

program \mathcal{I}

plánovací modul (program \mathcal{P}):

occurs(A, T) $\leftarrow T < lasttime$,

subsystem(R),

not goal(T, R),

goal_of(A, R)

pre každý časový okamih T : ak cieľ nebol dosiahnutý
v nejakom podsystéme R a A je akcia, riadiaca R ,
potom vykonaj A v čase T

plánovací modul obsahuje aj formuláciu cieľa

nech program \mathcal{I} opisuje množinu nameraných (zistených) porúch

nájdenie plánu na dosiahnutie cieľa – vypočítanie stabilného modelu programu $\mathcal{I} \cup \mathcal{I} \cup \mathcal{P}$

optimalizácie – napr. formalizácia znalostí, umožňujúcich zefektívniť a skvalitniť plány

porovnanie s tradičným plánovaním:
v tom istom jazyku všetky relevantné informácie (vrátane takých, čo sa tradične nereprezentujú)
nepoužívajú sa špecializované plánovacie algoritmy (hľadá sa answer set)

ani výrokovologické formalizácie nepoužívajú špeciálne plánovacie algoritmy, avšak preklad (zachovávajúci ekvivalenciu vzhľadom na stabilnú sémantiku) niektorých logických programov do výrokovej logiky vyžaduje exponenciálny nárast priestoru

uvádzané výkony: počet pravidiel 80 256, trvanie 2.44 sek. (testovacia úloha)

Smart Planner schopný nájsť plán za menej ako 22 sek.

ďalšie, ťažšie testy – zámer zhavarovať systém: priemerne 160 000 pravdiel, max. čas (pre najťažšie úlohy) 465.42 sek., priemer (pre najťažšie) 20.478 sek.

USA požadovalo čas kratší ako 15 min.

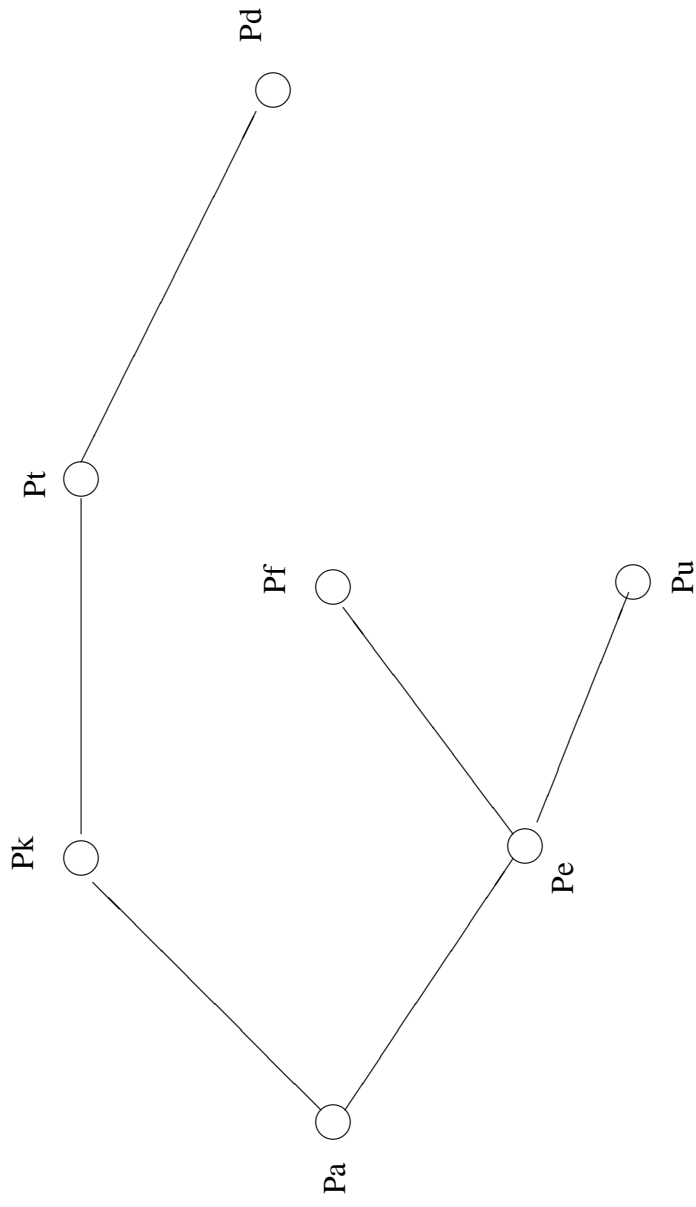
revízie nemonotónnych báz znalostí

dynamický logický program – postupnosť logických programov



zovšeobecnenie (relácia preferencie)

multidimensionálny dynamický logický program



klasický prístup – konflikty medzi hlavami pravidiel,
odmietanie menej preferovaných pravidiel

causal rejection principle

$$P = \textit{it_is_cloudy} \leftarrow \textit{it_is_raining}$$
$$\textit{it_is_raining} \leftarrow$$
$$U = \textit{not_it_is_raining} \leftarrow \textit{not_it_is_cloudy}$$
$$M = \{\textit{not_it_is_raining}, \textit{not_it_is_cloudy}\}$$
$$\textit{Rejected}(\langle P, U \rangle, M) = \{r \in P \mid \exists r' \in U \ M \models \textit{body}(r'), (\textit{head}(r), \textit{head}(r')) \in \textit{CON}\}$$

vady:

- irelevantné updaty
- neúplnosť
- nemožnosť nachádzať alternatívne riešenia
- bariéra voči oblastiam ako belief revision alebo prioritized logic programming

$P = \{obedient \leftarrow punish\}$
 $U = \{punish \leftarrow not\ obedient\}.$

$$P = \{a \leftrightarrow b\} \quad U = \{\text{not } a \leftrightarrow b\}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \{c \leftarrow \text{not } b\}, \\ P_2 &= \{a \leftarrow\}, \\ P_3 &= \{b \leftarrow a, \text{not } c\} \end{aligned}$$

$$P_1 \prec P_3, P_1 \parallel P_2 \parallel P_3.$$

návrh na riešenie:

úloha nemonotónnych predpokladov (nonmonotonic assumptions), závislostí na nich

konflikty medzi závislosťami a predpokladmi

vzťah k stabilnej sémantike

odstránenie spomínaných väd

výskumný program:

- koherentný pohľad na množinu závislostí
- nemonotónne integritné obmedzenia
- logické programovanie s preferenciami
- irelevantné updaty
- charakteristické črty updatov nemonotónnych báz znalostí

záver