Znalosti
a reálné úlohy

laboratory Gerstner

Znalostní báze

- je systém, který *dostává fakta o prostředí a dotazy* o něm.

  - ***Znalostní báze ZB*** *je jedním z agentů ve větším systému*, který nutně obsahuje následující agenty a případně i nějaké další:

  - *Prostředí* je agent, který představuje model vnějšího světa.

  - *Správce* je agent, který ukládá do znalostní báze fakta o prostředí.

Chceme, aby *stav prostředí* poskytoval úplný popis (relevantních rysů) vnějšího světa.

- *Lokální stav znalostní báze* popisuje informace, které báze má o světě (posloupnost informací, které se báze dosud dozvěděla)

- *Lokální stav správce* obsahuje to, co „on ví o vnějším světě“ + „informace, které předal ***ZB***“ ...

Tento neformální popis poskytuje ještě hodně volnosti, jak modelovat globální stavy.

V nejjednodušším případě přijímáme tato omezení

• *Vnější svět lze popsat výrokově* pomocí výroků z konečné množiny Φ.

• Vnější svět *je stabilní*, tj. pravdivostní hodnoty výroků popisujících vnější svět se s časem nemění.

• *Správce* má úplnou informaci o vnějším světě.

• Vše, *co je uloženo* ve znalostní bázi *je pravdivé*.

• Nejsou *žádné předběžné (a priori) znalosti* o vnějším světě nebo o tom, co bude do znalostní báze uloženo.

Pro jednoduchost reprezentace systému předpokládejme, že

• **Vnější svět** lze popsat pravdivostním ohodnocením α prvotních formulí z množiny Φ (α se v průběhu práce s databází **nemění**!).

• **Stav správce** obsahuje ohodnocení α a posloupnost faktů, která do báze až dosud uložil.

• **Lokální stav** znalostní báze obsahuje posloupnost $A_1, \ldots, A_n$ údajů, které do ní dosud byly uloženy (může jít *o **výrokové** nebo o **modální** **formule***).

• **Globální stav** označujeme $(\alpha, \langle A_1, \ldots, A_n \rangle, .)$

1. Databáze uchovávající **jen výroková tvrzení**

- *Do znalostní báze* se ukládají a jsou dotazovány *jen* ***informace o vnějším světě vyjádřitelné prostřednictvím výrokových formulích***, nikoliv fakta o bázi samé.

- Vše, *co je uloženo* ve znalostní bázi, *je pravdivé*.

- Nejsou *žádné předběžné (a priori) znalosti* o vnějším světě nebo o tom, co bude do znalostní báze uloženo.

Tyto předpoklady představují omezující podmínky pro konstrukci odpovídajících Kripkeho struktur I^{kb}. I^{kb} popisuje postupné doplňování informací do KB jako posloupnost r globálních stavů. Definujeme $(I^{kb}, r, m) \models K_{KB}\varphi$, pokud φ platí v každém dalším časovém bodu.

Jak má báze odpovědět na dotaz *B* ?

Možnost **a)**

Předpokládejme, že v nějakém okamžiku (r,m) je bázi položen dotaz ***B***, kde ***B*** je výroková formule. Protože báze nemá přímý přístup ke všem informacím o stavu prostředí, ***B*** nemůže být interpretováno jako dotaz na stav vnějšího světa, ale **jen na to, co o něm báze ví K_{KB} (*B*)**.

Znalostní báze by měla odpovědět

$$
\begin{cases}
\text{ANO} & \text{jestliže } (I^{kb}, r, m) \models K_{KB} B \\
\text{NE} & \text{jestliže } (I^{kb}, r, m) \models K_{KB} \neg B \\
\text{NEVÍM} & \text{jinak}
\end{cases}
$$

Možnost b)

Většinou si znalostní báze pamatuje konjunkci toho, co do ní bylo uloženo.

Předpokládejme, že báze je v lokálním stavu $\langle A_1,\ldots,A_k\rangle$, že $\kappa = A_1 \wedge \ldots \wedge A_k$ a znalostní báze ví jenom to, co plyne z κ.

Potom můžeme na dotaz ***B*** odpovědět kladně ve dvou případech:

$$\text{ANO právě když} \begin{cases} B \text{ je důsledkem } \kappa \\ \text{nebo} \\ K_{KB}B \text{ je důsledkem } K_{KB}\kappa \end{cases}$$

Když se do znalostní báze se ukládají *jen fakta o vnějším světě* (vyjádřitelná ve výrokových formulích) a nikoliv fakta o bázi samé, pak odpovědi na dotazy formulované jako výrokové formule jsou totožné pro obě uvažované možnosti a) i b):

Věta KB1.

Předpokládejme, že do databáze jsou ukládány jen výrokové formule

$$r_{KB}(m) = \langle A_1, \ldots, A_k \rangle, \quad \kappa = A_1 \wedge \ldots \wedge A_k$$

a B je výroková formule.

Potom následující tvrzení jsou **ekvivalentní**

$(i)\ (\mathcal{I}^{kb}, r, m) \models K_{KB} B$

$(ii)\ \kappa \rightarrow B$ je výroková tautologie

$(iii)\ M_n^{rst} \models K_{KB}\kappa \rightarrow K_{KB} B$

Dotazy formulované **NEJEN pomocí výrokových tvrzení**

Jak ma odpovídat na dotazy, které nejsou výrokové?

Uvažujme dotaz $B \equiv (p \rightarrow K_{KB}\, p)$ "Je pravda, že pokud platí p, ví to znalostní báze?"

Zde bychom také rádi měli odpovědi na dotaz *B*:

$$\begin{cases} \text{ANO} & \text{jestliže } (\mathcal{I}^{kb}, r, m) \models K_{KB} B \\ \text{NE} & \text{jestliže } (\mathcal{I}^{kb}, r, m) \models K_{KB} \neg B \\ \text{NEVÍM} & \text{jinak} \end{cases}$$

Kdy platí formule $K_{KB}(p \rightarrow K_{KB}\, p)$? (1)

Platí (viz **Mod_T8 a, Mod_T8b**), že $K_{KB}\,(p \rightarrow K_{KB}\, p\,)$ je dokazatelné právě když je dokazatelná formule

$$K_{KB}\, p \;\vee\; K_{KB} \neg\, p \qquad (2)$$

Odpověď na dotaz $\boldsymbol{B = (p \rightarrow K_{KB}\, p)}$ bude díky ekvivalentnímu vyjádření $\boldsymbol{K_{KB}(p \rightarrow K_{KB}\, p)} = K_{KB}\, p \vee K_{KB} \neg p$

ANO, pokud p nebo $\neg p$ plyne z toho,

co bylo do báze uloženo a

NEVÍM jinak.

Pozor! Odpověď NE není možná, neboť pro dotaz ***B***

$$B \equiv (p \rightarrow K_{KB}\, p)$$

platí

$$K_{KB} \neg B \quad \leftrightarrow \quad K_{KB}(p \wedge \neg K_{KB}\, p)$$

Ovšem tato formule podle **Mod_T7** (viz sam. práce) nemůže být dokazatelná!

$$Ax3: K_i A \rightarrow A$$

Mod_T7: V (K_n + Ax3) nemůže být dokazatelné $K_i \neg (\boldsymbol{p} \rightarrow K_i \boldsymbol{p})$

Kdyby $K_i \neg (\boldsymbol{p} \rightarrow K_i \boldsymbol{p})$ bylo dokazatelné, bylo by podle **Mod_T6 b** dokazatelné i $K_i \boldsymbol{p} \wedge K_i (\neg K_i \boldsymbol{p})$. Předpokládejme, že tomu tak je:

1. $K_i \boldsymbol{p} \wedge K_i (\neg K_i \boldsymbol{p})$ [předpoklad]
2. $K_i \boldsymbol{p}$ [řádek 1 a vlastnost konjunkce $(\alpha \wedge \beta) \rightarrow \alpha$]
3. $K_i (\neg K_i \boldsymbol{p})$ [řádek 1 a vlastnost konjunkce $(\alpha \wedge \beta) \rightarrow \beta$]
4. $K_i (\neg K_i \boldsymbol{p}) \rightarrow \neg K_i \boldsymbol{p}$ **[Ax3]**
5. $\neg K_i \boldsymbol{p}$ [řádky 4, 3 a Modus ponens]
6. ***false*** [definice ***false*** a řádky 2 a 5]

Vzhledem k tomu, že systém axiomů (K_n + Ax3) není sporný, nemůže v něm být dokazatelná formule ***false***.

Tedy nemůže platit předpoklad „formule $K_i \neg (\boldsymbol{p} \rightarrow K_i \boldsymbol{p})$ je dokazatelná“.

Má smysl vkládat do znalostní báze informace, které nejsou reprezentovány výrokovými formulemi?

Například předpokládejme, že do znalostní báze, jejíž veškeré informace reprezentuje posloupnost formulí $<F_1, \ldots, F_i>$ je vložena další informace $\boldsymbol{F_{i+1} = (p \rightarrow K_{KB}\, p)}$, která říká „je-li pravdivé $\boldsymbol{p}$, potom báze o tom ví“.

Taková informace může být velmi užitečná, pokud báze umí ověřit, co ví a co neví. Pokud například $<F_1, \ldots, F_i> \vdash \neg K_{KB}\, p$, pak z informace $\boldsymbol{F_{i+1}}$ může *DB* odvodit, že p není pravdivé.

Tento příklad ukazuje, že když báze získává informace o své znalosti vnějšího světa, pak ona sama **může** prostřednictvím introspekce **odvodit důsledky o vnějším světě**.

2. Databáze uchovávající **nejen výroková tvrzení**

Jsou-li bázi dávána **tvrzení, která nejsou výroková**, pak už znalosti databáze nemůžeme reprezentovat jako ***konjunkcí tvrzení***, která do ní byla vložena (jak jsme činili ve výrokovém případě).

Příklad (viz další strana): Můžeme totiž do báze vložit fakt, který

- byl pravdivý v okamžiku, kdy byl vložen,
- ale nezůstává platný v žádném dalším časovém bodě.

Za těchto okolností totiž znalost nemůže být popsána ***konjunkcí tvrzení***, která do ní byla vložena. ***Proč?*** Tato konjunkce totiž může být ekvivalentní spornému tvrzení a tudíž by ze znalostí databáze plynulo cokoliv!

Příklad: Předpokládejme, že do báze vložíme fakt, který

- je pravdivý v okamžiku, kdy byl vložen,
- ale nezůstává platný v žádném dalším časovém bodu.

Předpokládejme, že primitivní výrok $\boldsymbol{p}$ je ve vnějším světě pravdivý, ale báze zatím o $\boldsymbol{p}$ (až do taktu $\boldsymbol{j}$) nedostala žádnou informaci. V takové situaci je jistě pravdivá formule

$$\boldsymbol{p} \mathbin{\&} \neg K_{KB}\, \boldsymbol{p} \qquad (3)$$

Tuto pravdivou formuli tedy může správce v taktu $\boldsymbol{j+1}$ poskytnout znalostní bázi jako novou informaci. Ovšem i když báze získala informaci (3), jistě neplatí, že báze ví (3), tj. (3) platí v každém dalším časovém bodu. Kdyby tomu tak bylo, muselo by totiž platit $K_{KB}(p \mathbin{\&} \neg K_{KB}\, p)$, což není možné, neboť tato formule je ve sporu s S5.

$$\boldsymbol{p} \,\&\, \neg\, K_{KB}\, \boldsymbol{p} \qquad (3)$$

Na příkladu formule (3) jsme se už přesvědčili, že dostane-li báze informaci φ, pak **nemusí nutně platit**, že $K_{KB}\, \varphi$ to ví.

Nicméně, znalostní báze by přece jen měla něco získat vložením informace (3) : měla by vědět, že $\boldsymbol{p}$ je pravdivé, tj. po té, co do báze vložíme (3), by mělo platit $K_{KB}\, \boldsymbol{p}$.

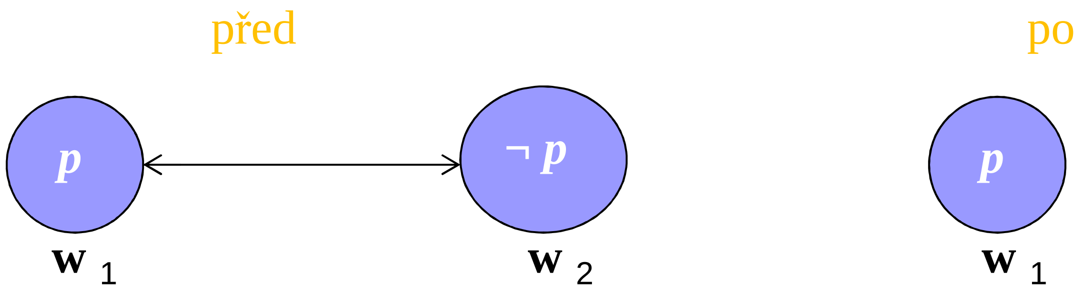
Jak zajistit to, aby s informacemi tohoto typu znalostní báze zacházela tak, jak odpovídá naší intuici? Určitě znalostní báze *nemůže pracovat stejným způsobem* jako v případě výrokovém. Pokud hodláme připustit, aby do báze byla vkládána fakta obsahující tvrzení o jejích znalostech, je třeba popsat jiný postup, který se **musí opírat právě o modální logiku**!

Společná znalost

Může vést veřejné prohlášení ke vzniku společné znalosti?

- Prohlášení směrem k panu i : „*Vy to nevíte, ale máte na zádech nějakého brouka.*“
- Označme **p** tvrzení „*Máte na zádech nějakého brouka.*“

$\neg K_i \boldsymbol{p}$ & $\boldsymbol{p}$ jako γ



Je zřejmé, že ve stavu w_1 neplatí $K_i \gamma$. Nemůže tedy platit ani $C\ \gamma$

Společná znalost v ASMP

Asychronní systém posílání zpráv (ASMP)

- Typická znalost agenta 1 v čase 0: K_1 „*Agent* 2 *ode mne nedostal žádnou zprávu*." (ozn. $K_1\ \alpha$)
- Agent 1 pošle agentu 2 zprávu „*Ahoj*."
- Poslání zprávy vede ke ztrátě znalosti $K_1\ \alpha$

Věta: V ASMP společná znalost nevzniká ani se neztrácí.

Lze ukázat, že společná znalost je úzce spjata se synchronizací práce agentů!