

Aplikace: Znalostní báze



Znalostní báze

- je systém, který *dostává fakta o prostředí a dotazy* o něm.
- *Znalostní báze je agentem ve větším systému*, který obsahuje prostředí (také agent), správce (agent), popřípadě další agenty.
- *Správce* ukládá do znalostní báze fakta o prostředí.
- *Prostředí* používáme jako model vnějšího světa.
- Chceme, aby *stav prostředí* poskytoval úplný popis (relevantních rysů) vnějšího světa.
- *Lokální stav znalostní báze* popisuje informace, které báze má o světě a o lokálním stavu správce.

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 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 reprezentaci systému plyne

- **Vnější svět** lze popsat pravdivostním ohodnocením α prvotních formulí z množiny Φ , které se v průběhu práce s databází nemění.
- **Stav správce** obsahuje ohodnocení α a posloupnost faktů, která do báze uložil.
- **Lokální stav** znalostní báze obsahuje posloupnost A_1, \dots, A_n faktů, které dosud byly uloženy. Jsou to výrokové formule.
- **Globální stav** označujeme $(\alpha, \langle A_1, \dots, A_n \rangle, \dots)$

1. Databáze uchovávající jen výroková tvrzení

- *Do znalostní báze* se ukládají a jsou dotazovány *jen fakta o vnějším světě* (vyjádřitelná ve výrokových formulích) a ne 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

VZ 2009



Jak má báze odpovědět na dotaz B ? Možnost a)

Předpokládáme, že v bodu (r, m) je bázi položen dotaz B , kde B je výroková formule. Protože báze nemá přímý přístup ke stavu prostředí, B *nemůže být interpretováno jako dotaz na stav vnějšího světa, ale jen na to, co o něm báze ví.*

Znalostní báze by měla odpovědět

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

VZ 2009



Možnost b)

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

Předpokládáme, že báze je v lokálním stavu $\langle A_1, \dots, A_k \rangle$, že $k = A_1 \wedge \dots \wedge A_k$ a znalostní báze ví jenom to, co plyne z k .

Potom báze může odpovědět dvojím způsobem

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

VZ 2009



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.

Předpokládáme, že

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

a B je výroková formule.

Potom následující tvrzení jsou **ekvivalentní**

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

$$(ii) k \rightarrow B \text{ je výroková tautologie}$$

$$(iii) M_n^{rs} \models K_{KB} k \rightarrow K_{KB} B$$

VZ 2009



Dotazy formulované **NEJEN** pomocí výrokových tvrzení

Jak by měl 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 :

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

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

$$K_{KB} p \vee K_{KB} \neg p \quad (2)$$

Odpověď na dotaz B odpovídající formuli (1) bude díky (2)

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

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

Ovšem tato formule podle **Mod_T7** nemůže být dokazatelná!

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

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

Taková informace může být velmi užitečná, pokud báze umí ověřit co ví a co neví. Pokud například $\langle F_1, \dots, F_i \rangle \vdash \neg K_{KB} p$, pak může 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 nemůžeme reprezentovat její znalosti jako dosud **konjunkční tvrzení**, která do ní byla vložena.

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

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

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

Příklad: Můžeme totiž do báze vložit fakt, který

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

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

$$p \ \& \ \neg \ K_{KB} p \quad (3)$$

Tuto pravdivou formuli tedy může správce v taktu $j+1$ 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 $K_{KB}(p \ \& \ \neg \ K_{KB} p)$, což není možné, neboť tato formule je ve sporu s S5.

VZ 2009



$$p \ \& \ \neg \ K_{KB} p \quad (3)$$

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

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

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. Tento postup se opírá právě o modální logiku!**

VZ 2009



Temporální logika 1

- Temporální logika poskytuje rámec a prostředky pro analýzu dynamických (imperativních) stavových systémů a hraje zde stejnou úlohu jakou má klasická logika pro matematické systémy.
- V intuitivním smyslu stavové systémy zahrnují „stavy“ a vykazují „chování“ při průchodu posloupnostmi takových stavů podobně jako „znalostní báze“.
- Máme na mysli například, programové moduly, komunikační protokoly, databázové systémy, logické obvody, čipy a obecně výpočetní procesy, které při provádění procházejí určitými stavy a vykazují specifické chování.

VZ 2009



Temporální logika 2

- Zavádějí se **temporální operátory** \circ , \square , \diamond , které se nazývají *nexttime* nebo jen *next*, *always* nebo *henceforth* a *sometime*.
- Formule $\circ A$, $\square A$ a $\diamond A$ se (anglicky) čtou *nextA*, *alwaysA* a *sometimeA*. Česky *příště A*, *vždy A* a *někdy A*.
- **Tyto operátory mají podobné vlastnosti operátory znalostí!**

Další doporučené zdroje informací o modálních logikách :

Fagin R., Halpern J.Y., Moses Y., Vardi M.Y.: Reasoning about Knowledge, MIT Press 2003, 2nd edition

VZ 2009

