Intenzionální sémantika, reprezentace znalostí a pragmatika

Aleš Horák

E-mail: hales@fi.muni.cz
http://nlp.fi.muni.cz/poc_lingv/

Obsah:

- Intenzionální sémantika
- Reprezentace znalostí
- Pragmatika

Logická analýza přirozeného jazyka

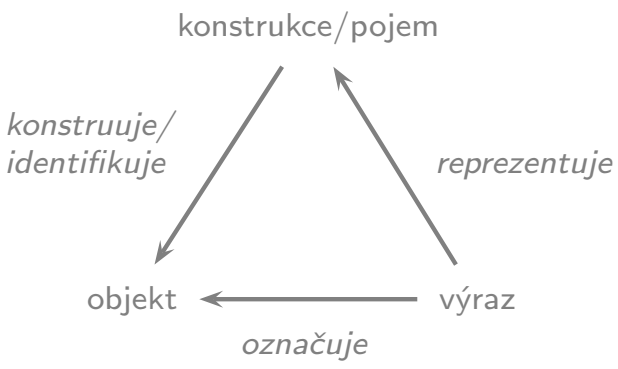
logická analýza PJ – analýza **významu** výrazů (vět) PJ
přirozený **jazyk** = nástroj *pojmového* uchopení reality
pojem – kritéria/procedury umožňující identifikovat různé konkrétní a abstraktní objekty

např. "planeta" – třída nebeských těles s určitými charakteristikami – obíhá po oběžné dráze kolem stálice, není zdrojem světla, ...

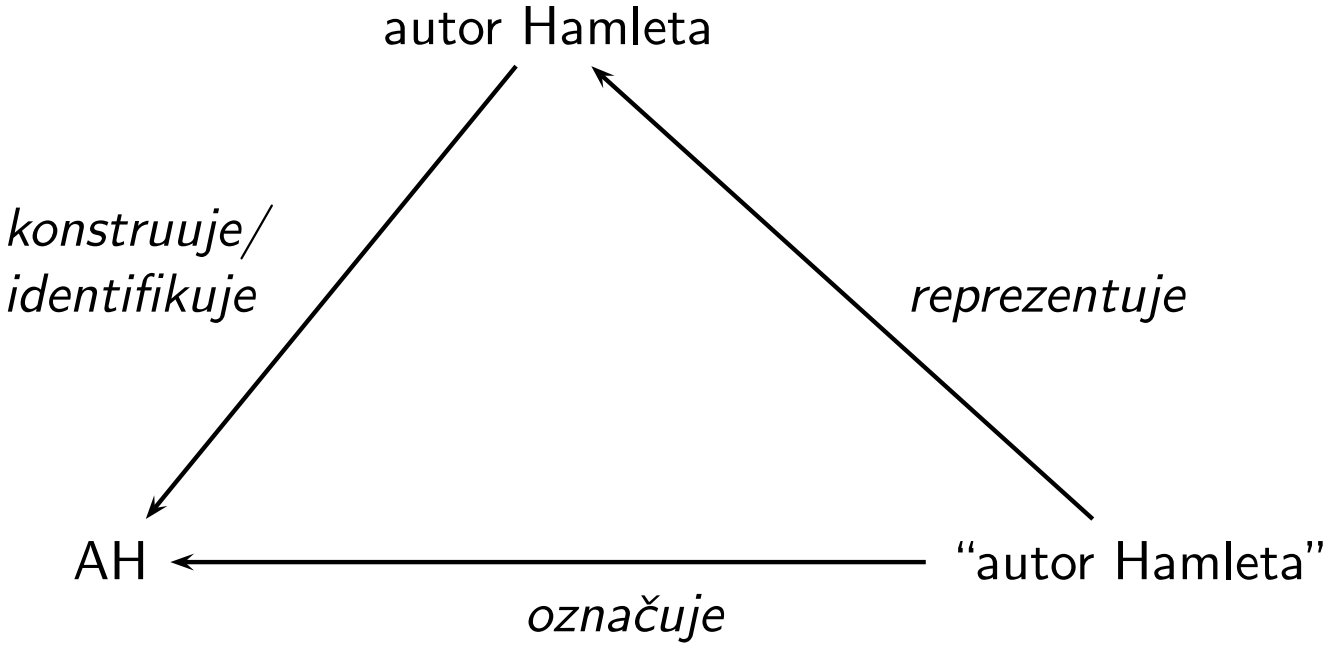
- **pojem** $\neq$ **výraz** – např. výrazy v různých jazycích často reprezentují stejný pojem (pojem("prvočíslo") $\equiv$ pojem("prime number"))
- **pojem** $\neq$ **představa** – představa je *subjektivní*, pojem je **objektivní**
- pojmy mohou identifikovat různé objekty:
  - jedno individuum – **individuální pojmy** (např. Petr, Pegas, prezident ČR)
  - třídu objektů – **vlastnost** (např. červený, šelma, hora)
  - *n*-člennou relaci – **vztah** (např. otec (někoho), křivdit (někdo někomu))
  - pravdivostní hodnotu – **propozice** (např. v Brně prší)
  - funkcionální přiřazení – **empirické funkce** (např. rychlost)
  - číslo – (fyzikální) **veličiny** (např. rychlost světla)

Vztah pojmu a výrazu

ve zjednodušené podobě: pojem odpovídá **logické konstrukci**



složený z pojmů ‘autor’
a ‘Hamlet’



funkce ukazující v našem světě
na Williama Shakespeara

Omezenost predikátové logiky 1. řádu

dva omezující rysy:

- nedostatečná expresivita
- extenzionalismus

Expresivita: vyjadřovací síla jazyka

"*Je-li barva stropu pokoje č. 3 uklidňující, je pokoj č. 3 vhodný pro pacienta X a není vhodný pro pacienta Y.*"

analýza ve **výrokové logice**:

$P \Rightarrow (Q \wedge \neg R)$	P	"Barva stropu pokoje č. 3 je uklidňující."
	Q	"Pokoj č. 3 je vhodný pro pacienta X."
	R	"Pokoj č. 3 není vhodný pro pacienta Y."

analýza v **PL1**:

$U(B) \Rightarrow (V(P, X) \wedge \neg V(P, Y))$	U	třída uklidňujících objektů
	B	individuum 'barva stropu pokoje č. 3'
	V	relace mezi individuy 'být vhodný pro'
	P	individuum 'pokoj č. 3'
	X, Y	individua 'pacient X' a 'pacient Y'

Nedostatečná expresivita PL1 – pokrač.

Červená barva je krásnější než hnědá barva. *Kostka je červená.*

analýza v **PL1**:

$$Kr(\check{C}_1, H) \qquad \check{C}_2(Ko)$$

$\check{C}_1$ individuum ‘červená barva’
$\check{C}_2$ vlastnost individuí ‘být červený’ (třída červených objektů)

nelze vyjádřit $\check{C}_1 \equiv \check{C}_2$

Extenzionalismus PL1

Varšava *hlavní město Polska*

Varšava	–	**jméno individua**, jasně identifikovatelné a odlišitelné
hlavní město Polska	–	**individuová role**, momentálně identifikuje Varšavu, ale dříve to byl i Krakov

'hlavní město Polska':

- závisí na světě a čase
- pochopení významu, ale není vázané na znalost obsahu – tj. **význam** na světě a čase **nezávisí**

číslo X je větší než číslo Y *budova X je větší než budova Y*

matematické větší než	–	**relace** dvojic čísel, pevně daná
empirické větší než	–	**vztah** dvou individuí, který se může měnit v čase (otec a syn)

Extenzionalismus PL1 – pokrač.

ano *V Brně prší*

ano	–	**pravdivostní hodnota** *true*
V Brně prší	–	**propozice** – označuje pravdivostní hodnotu, která se mění (alespoň) v čase

i když hodnota někdy závisí na světě a čase, samotný význam na nich nezávisí

Extenze a intenze

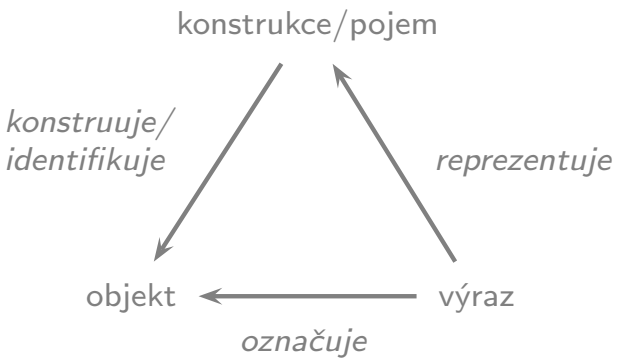
Definujeme:

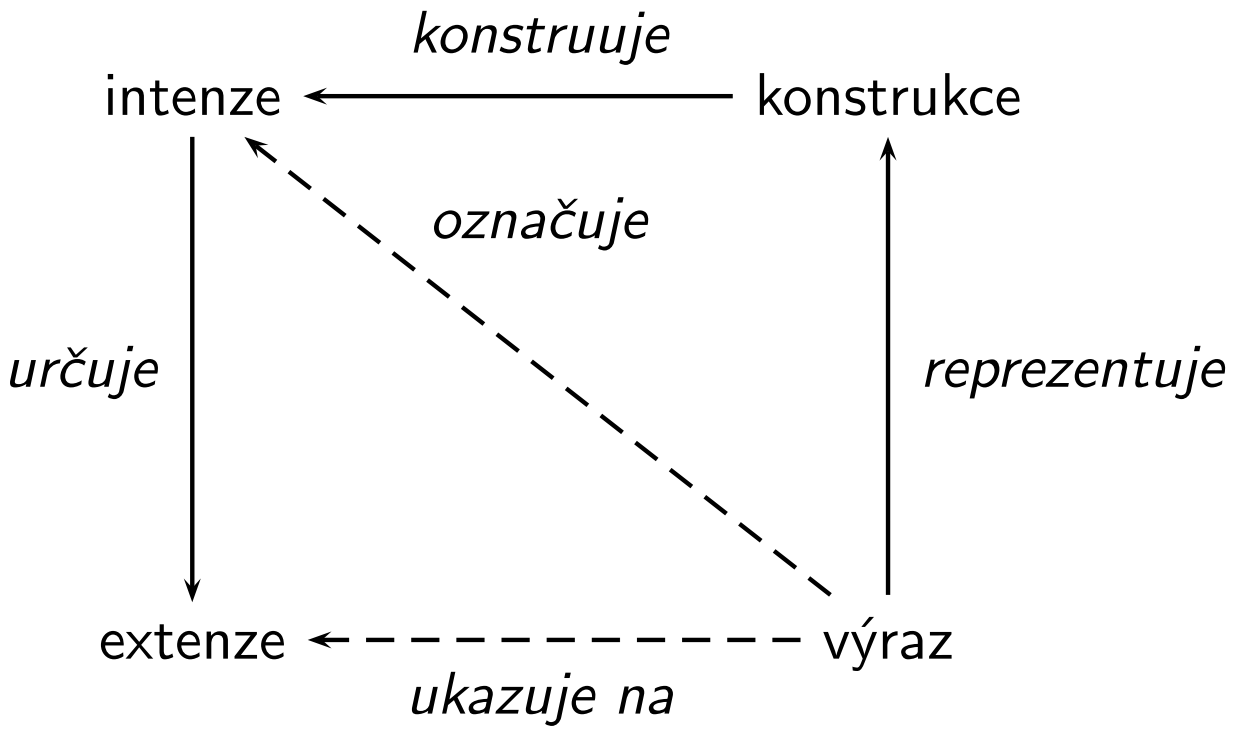
- intenze – objekty typu funkcí, jejichž hodnoty závisí na světě a čase
- extenze – ostatní objekty (na světě a čase nezávislé)

časté extenze a intenze:

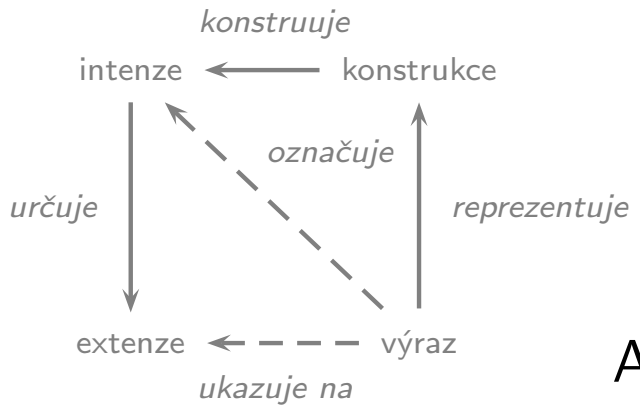
extenze	*intenze*
individua	individuové role
třídy	vlastnosti
relace	vztahy
pravdivostní hodnoty	propozice
funkce	empirické funkce
čísla	veličiny

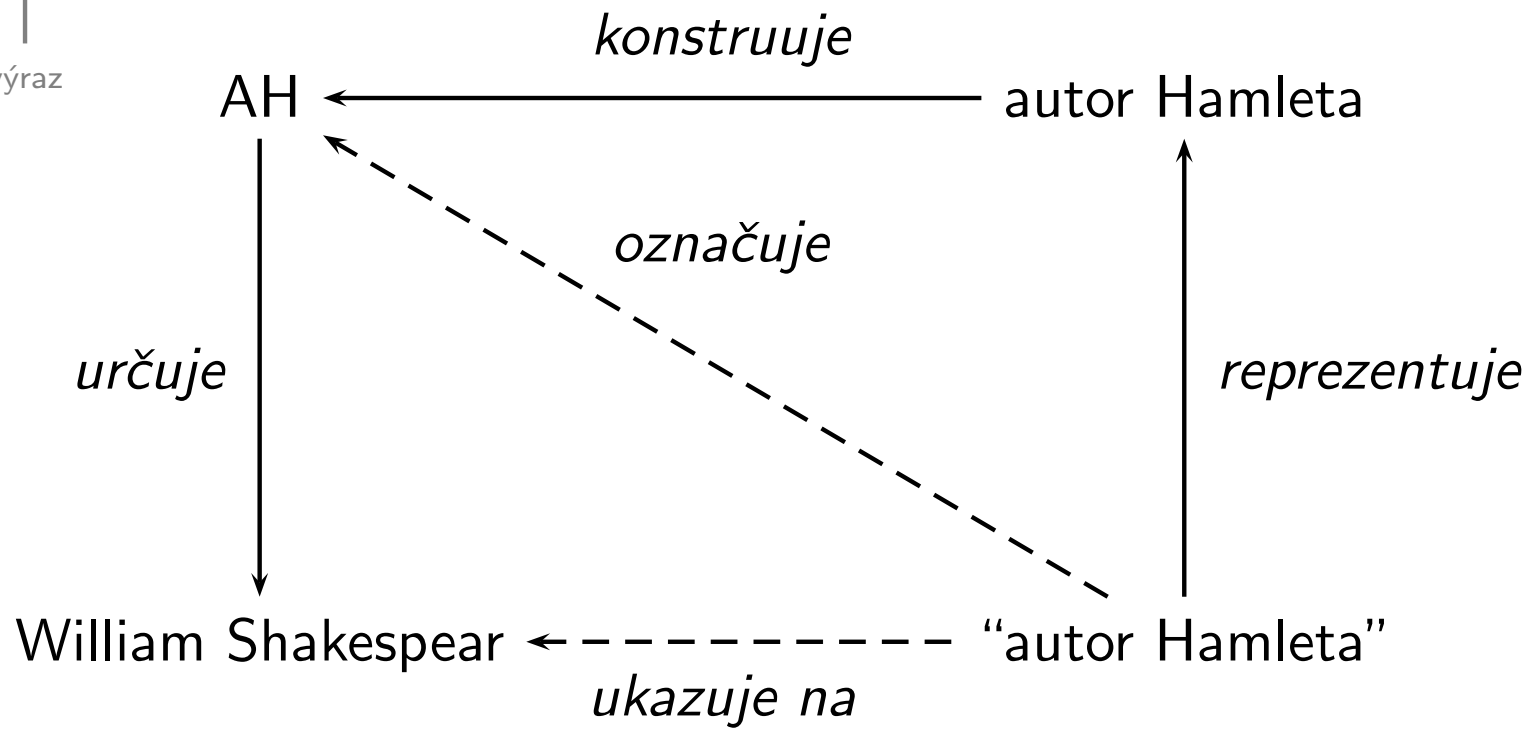
Rozšířený vztah výrazu a významu u intenzí





Rozšířený vztah výrazu a významu u intenzí





Transparentní intenzionální logika

- *Transparent Intensional Logic*, TIL
- **logický systém** speciálně navržený pro zachycení **významu výrazů PJ**
- autor **Pavel Tichý**: *The Foundations of Frege's Logic*, de Gruyter, Berlin, New York, 1988.
- obdobná teorie – *Montagueho intenzionální logika* – Tichý ukazuje její nedostatky
- Tichý vychází z myšlenek – *Gottlob Frege* (1848 – 1925, logik) a *Alonzo Church* (1903 – 1995, teorie typů)
- vlastnosti:
  - rozvětvená **typová hierarchie** (s typy **vyšších řádů**)
  - **temporální**
  - **intenzionální** (intenze × extenze)
- **transparentost**:
  1. nositel významu (**konstrukce**) není prvek formálního aparátu, tento aparát pouze *studuje* konstrukce
  2. zachycení intenzionality je přesně popsáno z matematického hlediska

otázka:

Jak zapíšeme znalosti o problému/doméně?
Když je zapíšeme, můžeme z nich mechanicky odvodit nová fakta?

- **reprezentace znalostí** (*knowledge representation*) – hledá způsob vyjádření znalostí počítačově zpracovatelnou formou (za účelem odvozování)
- **vyvozování znalostí** (*reasoning*) – zpracovává znalosti uložené v **bázi znalostí** (*knowledge base, KB*) a provádí **odvození** (inference) nových závěrů:
  - odpovědi na dotazy
  - zjištění faktů, které vyplývají z faktů a pravidel v KB
  - odvodit akci, která vyplývá z dodaných znalostí, ...

Reprezentace znalostí

proč je potřeba speciální **reprezentace znalostí**?

vnímání lidí × *vnímání počítačů*

- člověk
  - když dostane novou věc (třeba pomeranč) – **prozkoumá** a **zapamatuje** si ho (a třeba sni)
  - během tohoto procesu člověk zjistí a uloží všechny základní vlastnosti
  - později, když se **zmíní** daná věc, vyhledají se a připomenou uložené informace
- počítač
  - musí se spolehnout na informace od lidí
  - jednodušší informace – přímé *programování*
  - složité informace – zadané v **symbolickém jazyce**

Volba reprezentace znalostí

která **reprezentace znalostí** je **nejlepší**?

> *Pro řešení skutečně obtížných problémů musíme použít několik různých reprezentací. Důvodem pro to je to, že každý typ datových struktur má své přínosy i nedostatky a žádná z nich není adekvátní pro všechny různé funkce používané v tom, čemu říkáme "zdravý rozum" (common sense).*
>
> *– Marvin Minsky*

Reprezentace znalostí pomocí logiky nebo datových struktur

Logika:

- znalosti uloženy ve formě **logických formulí**
- vyvozování nových znalostí = hledání **důkazu**

Specializované datové struktury:

- sémantické sítě
- rámce
- pravidlové systémy
- struktury pro práci s nejistotou a pravděpodobností

Sémantické sítě

- reprezentace faktových znalostí (pojmy + vztahy)
- znalosti jsou uloženy ve formě grafu
- nejdůležitější vztahy:
  - **podtřída** (*subclass*) – vztah mezi třídami
  - **instance** – vztah mezi konkrétním objektem a jeho rodičovskou třídou

jiné vztahy – část (has-part), barva, ...

Rámce

Rámce (*frames*):

- varianta sémantických sítí
- velice populární pro reprezentaci znalostí v expertních systémech
- všechny informace relevantní pro daný pojem se ukládají do univerzálních struktur – **rámců**
- stejně jako sémantické sítě, rámce podporují dědičnost
- OO programovací jazyky vycházejí z teorie rámců

Rámce – příklad

rámec obsahuje **objekty**, *sloty* a hodnoty slotů

příklady rámců:

savec:

podtřída:	zvíře
část:	hlava
**má_kožich*:	ano

slon:

podtřída:	savec
**barva*:	šedá
**velikost*:	velký

Nellie:

instance:	slon
mít_rád:	jablka

'*' označuje **vzorové hodnoty**, které mohou měnit hodnoty u podtříd a instancí

Sémantické sítě × rámce

sémantické sítě	**rámce**
uzly	objekty
spoje	sloty
uzel na druhém konci spoje	hodnota slotu

deskripční logika – logický systém, který manipuluje přímo s rámci

Pravidlové systémy

- snaha zachytit **produkčními pravidly** znalosti, které má expert
- obecná forma pravidel

  IF *podmínka*
  THEN *akce*

  - podmínky – booleovské výrazy, dotazy na hodnoty **proměnných**
  - akce – nastavení hodnot proměnných, příznaků, ...
- důležité vlastnosti:
  - znalosti mohou být strukturovány do modulů
  - systém může být snadno rozšířen přidáním nových pravidel beze změny zbytku systému

Metody pro práci s nejistotou

definujme akci A_t jako "Vyrazit na letiště t hodin před odletem letadla."
jak najít odpověď na otázku "*Dostanu se akcí A_t na letiště včas?*"

- defaultní/nemonotónní logika

  Předpokládejme, že nepíchnu cestou kolo.
  Předpokládejme, že A_5 bude OK, pokud se nenajde protipříklad.

- pravidla s faktory nejistoty

  $A_5 \mapsto_{0.3}$ dostat se na letiště včas.
  zalévání $\mapsto_{0.99}$ mokrý trávník
  mokrý trávník $\mapsto_{0.7}$ déšť

- pravděpodobnost

  Vzhledem k dostupným informacím, A_3 mě tam dostane včas s pravděpodobností 0.05.
  Použití **náhodných proměnných** a pravidel pro výpočet pravděpodobnosti logicky souvisejících událostí (podmíněná pravděpodobnost, bayesovské pravidlo, ...)

Komunikace v přirozeném jazyce

SITUACE

Mluvčí $\rightarrow$ **Promluva** $\rightarrow$ **Posluchač**

$$KS = \{Ml, Po, Pr, Loc, Tm, Var\}$$

komunikace = cílená výměna informace pomocí produkce a vnímání (sdílených) **pokynů**

přirozený jazyk = **systém strukturovaných pokynů**

průběh promluvy je možné rozdělit na **fáze**: **záměr**, **generování**, **syntéza** a **vnímání**, **analýza**, **zjednoznačnění**, **zahrnutí** (Russell a Norvig, 2003)

Komunikační fáze – příklad

Mluvčí

záměr
$Vědět(Po, \neg Na_živu(Krtek_1, S_3))$

generování
"Krtek je mrtvý."

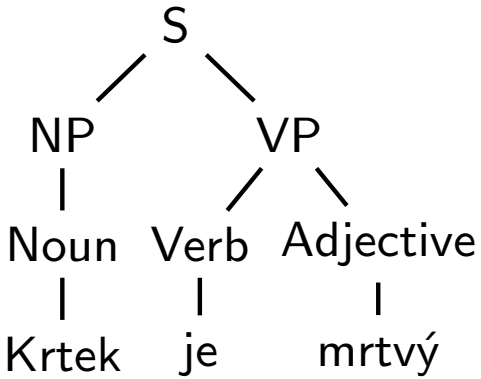
syntéza
[k r t e k j e m r t v i:]

Posluchač

vnímání
"Krtek je mrtvý."

analýza

syntaktická analýza:



sémantická interpretace:
$\neg Na_živu(Krtek, Teď)$
$Unavený(Krtek, Teď)$

pragmatická interpretace:
$\neg Na_živu(Krtek_1, S_3)$
$Unavený(Krtek_1, S_3)$

zjednoznačnění
$\neg Na_živu(Krtek_1, S_3))$

zahrnutí
$Tell(KB, \neg Na_živu(Krtek_1, S_3))$