

## Sémantika a intenzionální sémantika

Aleš Horák

E-mail: [hales@fi.muni.cz](mailto:hales@fi.muni.cz)  
[http://nlp.fi.muni.cz/poc\\_lingv/](http://nlp.fi.muni.cz/poc_lingv/)

Obsah:

- ▶ Sémantika
- ▶ Intenzionální sémantika

### Princip kompozicionality

*Význam složeného tvrzení je funkcí významu jednotlivých komponent.*

(je určován, je odhadnutelný, každá složka hraje význam?)

**nekompozicionalita**: idiomy, ustrnulé metafory, kolokace, klišé

**listém** je jazykový výraz, jehož význam není určen významy jeho částí (pokud existují), a který si tedy uživatel jazyka musí zapamatovat jako kombinaci formy a významu.

## Sémantika

**studium významu** – rozdílné, i když překrývající se přístupy různých vědeckých disciplín:

- ▶ **filosofie** – Jak je možné, že něco vůbec něco znamená?  
Jaký typ relace musí být mezi X a Y, aby X znamenalo Y? (filosofie jazyka)
- ▶ **psychologie** – psycholingvistika – experimentální studie, jak jsou významy reprezentovány v mysli a jaké mechanismy ovlivňují při kódování a dekódování zpráv (délka odezvy u konkrétní a abstraktní liší)
- ▶ **neurologie** – jak jsou psychologické stavy a procesy *implementovány* na úrovni neuronů v mozku

### Význam v jazyce

Rozdělení studia významu v jazyce:

- ▶ **lexikální sémantika**
- ▶ **gramatická sémantika** – větné fráze, slovtvorba
- ▶ **logická sémantika** – výroková, predikátová a vyšší logiky
- ▶ **lingvistická pragmatika**

*entail* = znamenat, vyplývat; nutnost a očekávanost

1. X přestal zpívat ?→? X nepokračoval ve zpěvu
2. X je kočka ?→? je zvíře
3. X je v jiném stavu ?→? X je žena
4. X je fyzikální objekt ?→? X má hmotnost
5. X je čtyřnožec ?→? X má čtyři nohy
6. X je žena Y ?→? X není dcera Y

## Textové vyplývání

**Textové vyplývání** = po přečtení *t* lidé usoudí, že nejspíš platí *h*

soutěž **Recognizing Textual Entailment**, od roku 2004

- ▶ úkol – dostaneme dva úseky textu a musíme (strojově) **rozhodnout**, jestli **význam** jednoho (*hypotéza*) **vyplývá** (je odvoditelný) z druhého (*text*)
- ▶ 

```
<pair id="59" value="FALSE" task="IR">
  <t>Two Turkish engineers and an Afghan translator kidnapped
  in December were freed Friday.</t>
  <h>translator kidnapped in Iraq</h>
</pair>
<pair id="64" value="TRUE" task="IR">
  <t>The wait time for a green card has risen from 21 months
  to 33 months in those same regions.</t>
  <h>It takes longer to get green card.</h>
</pair>
```

## Výzva Winograd Schema

**Winograd Schema Challenge (WSC):**

- ▶ vyhlásila firma **Nuance** v roce 2015, má se konat každý rok
- ▶ pojmenovaná po **Terrym Winogradovi**, autorovi dialogového systému **SHRDLU** v roce 1968
- ▶ řeší problém **rozpoznávání anafor**
- ▶ příklady
  - The trophy would not fit in the brown suitcase because it was too big (small). What was too big (small)?  
Answer 0: the trophy  
Answer 1: the suitcase
  - The town councilors refused to give the demonstrators a permit because they feared (advocated) violence. Who feared (advocated) violence?  
Answer 0: the town councilors  
Answer 1: the angry demonstrators

## RTE výzvy – výsledky

soutěže **RTE Challenge**:

- ▶ nejlepší úspěšnost 70–80%, lepší na krátkých textech
- ▶ techniky založené na **sumarizaci** a **extrakci informací**
- ▶ vstupy a (některé) výstupy jsou k dispozici na **Textual Entailment Resource Pool** (na [aclweb.org](http://aclweb.org)):
  - datové sady
  - jazykové zdroje využitě v nástrojích
  - nástroje pro **syntaktickou analýzu**, **rozpoznávání entit**, **určování podobnosti**, ...

## Problémy při analýze přirozeného jazyka

- ▶ víceznačnost
- ▶ anaforické výrazy
- ▶ indexické výrazy
- ▶ nejasnost
- ▶ nekompozicionalita
- ▶ struktura promluvy
- ▶ metonymie
- ▶ metafory

## Víceznačnost

- ▶ *ambiguity*
- ▶ **víceznačnost** může být **lexikální, syntaktická, sémantická a referenční**
- ▶ lexikální – “stát,” “žena,” “hnát”
- ▶ syntaktická – “Jím špagety s masem.”  
“Jím špagety se salátem.”  
“Jím špagety s použitím vidličky.”  
“Jím špagety se sebezapřením.”  
“Jím špagety s přítelem.”
- ▶ sémantická – “Jeřáb je vysoký.” “Viděli jsme veliké oko.”
- ▶ referenční – “Oni přišli pozdě.” “Můžeš mi půjčit knihu?”  
“Ředitel vyhodil dělníka, protože (on) byl agresivní.”

## Metafora a metonymie

### metafora:


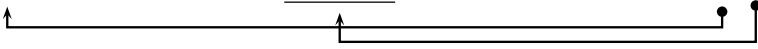
- ▶ *metaphor*
- ▶ použití slov v **přeneseném významu** (na základě podobnosti), často systematicky
- ▶ “Zkoušel jsem ten proces zabít, ale nešlo to.”
- ▶ “Bouře se vzteká.”

### metonymie:

- ▶ *metonymy*
- ▶ používání **jména** jedné **věci** pro (často zkrácené) označení **věci jiné**
- ▶ “Čtu Shakespeara.”
- ▶ “Chrysler oznámil rekordní zisk.”
- ▶ “Ten pstruh na másle u stolu 3 chce další pivo.”

## Anaforické a indexické výrazy

### anaforické výrazy:

- ▶ *anaphora*
- ▶ používají **zájmena** pro odkazování na objekty zmíněné **dříve**
- ▶ “Poté co se Honza s Marií rozhodli se vzít, (oni) vyhledali kněze, aby je oddal.”  

- ▶ “Marie uviděla ve výloze prstýnek a požádala Honzu, aby jí ho koupil.”  


### indexické výrazy:

- ▶ *indexicals*
- ▶ **odkazují** se na údaje v **jiných částech** promluvy a **mimo** promluvu
- ▶ “Já jsem tady.”
- ▶ “Proč jsi to udělal?”

## Nekompozicionalita

- ▶ *noncompositionality*
- ▶ příklady **porušení pravidla kompozicionality** u ustálených termínů nebo přednost jiného možného významu při určitých spojeních
- ▶ “aligátří boty,” “basketbalové boty,” “dětské boty”
- ▶ “pata sloupu”
- ▶ “červená kniha,” “červené pero”
- ▶ “bílý trpaslík”
- ▶ “dřevěný pes,” “umělá tráva”
- ▶ “velká molekula”

## 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 slunce, není zdrojem světla, ...

- ▶ **pojem** ≠ **výraz** – např. výrazy v různých jazycích často reprezentují stejný pojem (pojem (“prvočíslo”) ≡ pojem (“prime number”))
- ▶ **pojem** ≠ **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)

## 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:**

$P \Rightarrow (Q \wedge \neg R)$

<i>P</i>	“Barva stropu pokoje č. 3 je uklidňující.”
<i>Q</i>	“Pokoj č. 3 je vhodný pro pacienta X.”
<i>R</i>	“Pokoj č. 3 je vhodný pro pacienta Y.”

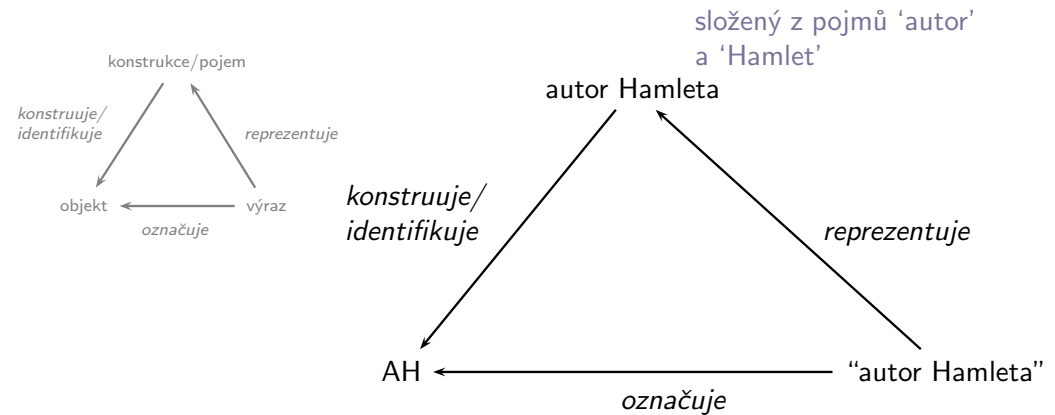
analýza v **PL1:**

$U(B) \Rightarrow (V(P, X) \wedge \neg V(P, Y))$

<i>U</i>	třída uklidňujících objektů
<i>B</i>	individuum ‘barva stropu pokoje č. 3’
<i>V</i>	relace mezi individuy ‘být vhodný pro’
<i>P</i>	individuum ‘pokoj č. 3’
<i>X, Y</i>	individua ‘pacient X’ a ‘pacient Y’

## Vztah pojmu a výrazu

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



funkce ukazující v našem světě  
na Williama Shakespeara

## Nedostatečná expresivita PL1 – pokrač.

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

analýza v **PL1:**

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

$\check{C}_1$  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)

## 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:

<i>extenze</i>	<i>intenze</i>
individua	individuové role
třídy	vlastnosti
relace	vztahy
pravdivostní hodnoty	propozice
funkce	empirické funkce
čísla	veličiny

## Extenzionalismus PL1 – pokrač.

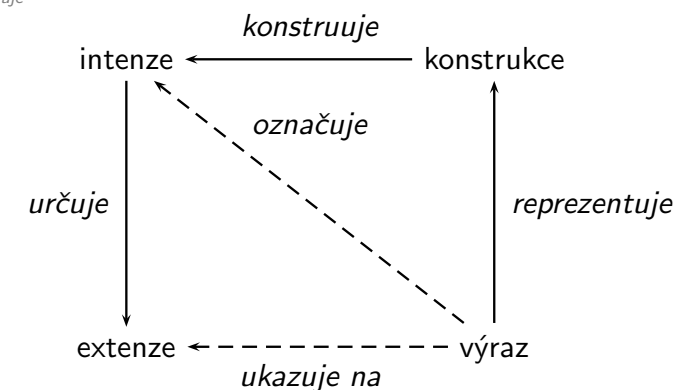
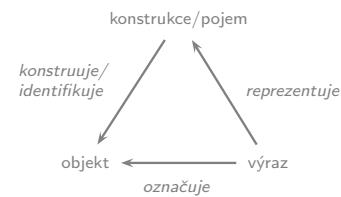
ano

V Brně prší

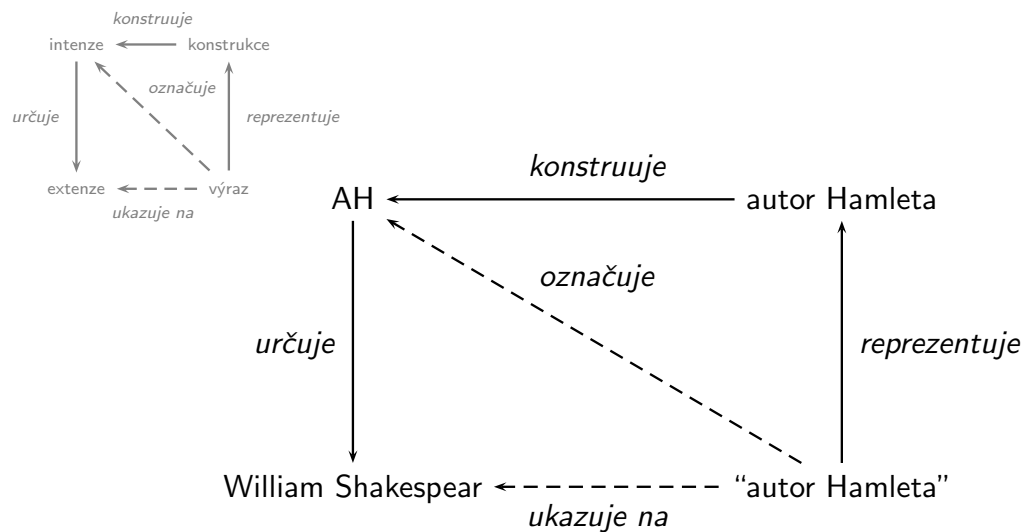
- ano – **pravdivostní hodnota** *true*
- V Brně prší – **propozice** – označuje pravdivostní hodnotu, která se mění (alespoň) v čase

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

## Rozšířený vztah výrazu a významu u intenzí



## Rozšířený vztah výrazu a významu u intenzí



## Typy v TILu

typ objektu:

- ▶ základní typy – **typová báze** =  $\{o, \iota, \tau, \omega\}$
- ▶ funkční typy – **funkce** nad typovou bází  
např.  $\iota$ ,  $((\iota\tau)\omega)$ ,  $(o\iota)$ ,  $((o\iota)\tau)\omega$ ,  $((o\tau)\omega)$ , ...  
 $((\alpha\tau)\omega)$  ... závislost na světě a čase, vyjadřuje **intenze** – zápis  $\alpha_{\tau\omega}$
- ▶ typy **vyšších řádů** – obsahují i třídy konstrukcí řádu  $n - *n$

## 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  $\times$  extenze)
- ▶ **transparentost**:
  1. nositel významu (**konstrukce**) není prvek formálního aparátu, tento aparát pouze *studuje* konstrukce
  2. zachycení intenzionalit je přesně popsáno z matematického hlediska

## Základní typy TILu

umožňují přiřadit typ objektům z **intenzionální báze** jazyka – třída **základních vlastností** (barvy, rozměry, postoje, ...) popisujících stav světa

- ▶ **o** (omikron, o) ... **pravdivostní hodnoty** Pravda (*true*, T) a Nepravda (*false*, F)  
přesně odpovídají běžným logikám, typy **logických operátorů** –  $(oo)$ ,  $(ooo)$
- ▶  **$\iota$**  (jota) ... třída **individuí**  
individua ovšem ne jako kompletní objekty, ale jako **numerická identifikace** nestrukturované entity
- ▶  **$\tau$**  (tau) ... třída **časových okamžiků** (jako časového kontinua)  
zachycení závislosti na čase; současně třída **reálných čísel**
- ▶  **$\omega$**  (omega) ... třída **možných světů**  
zachycení empirické závislosti na stavu světa

## Možné světy

termín **možný svět** – Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646 – 1716, filozof a matematik)

požadavky na definici “možného světa:”

- ▶ soubor **myslitelných faktů**
- ▶ je **konzistentní** a **maximální** ze všech takových souborů
- ▶ je **objektivní** (nezávislý na individuálním názoru)

mezi možnými světy existuje právě jeden **aktuální svět** – jeho znalost  $\equiv$  vševědoucnost

## Princip intenzí v TILu

**být hubený** ... objekt typu  $(o\iota)_{\tau\omega}$ , funkce z možných světů a času do tříd individuí

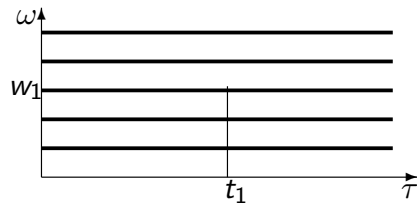
$w$  ... proměnná typu  $\omega$ , možný svět

$t$  ... proměnná typu  $\tau$ , časový okamžik

[**být hubený**  $w t$ ] ... konstruuje  $(o\iota)$ -objekt, třídu individuí, kteří mají ve světě  $w$  a čase  $t$  vlastnost **být hubený** (značíme **být hubený** $_{wt}$ )

pokud aplikujeme jen **Americký prezident** $_{w_{act}}$  (zkr.  $P_{w_{act}}$ ) ...  $l_{\tau}$   $P_{w_{act}t_0} \dots l:$   
 $t_0 \dots \tau:$  1789    1797    1801  
*ndef*    G.Washington    J.Adams    T.Jefferson

**intenzionální sestup** – identifikace extenze pomocí intenze, světa  $w_1$  a času  $t_1$



## Možné světy v TILu

**možný svět v TILu** = *rozhodovací systém*, pro  $\forall$  prvek intenzionální báze obsahuje **konzistentní přiřazení** hodnot

příklad – realita s 2 objekty a 2 vlastnostmi (9 možných světů):

být hubený	být tlustý			$\emptyset$
	{Laurel, Hardy}	{Laurel}	{Hardy}	
{Laurel, Hardy}	×	×	×	$w_1$
{Laurel}	×	×	$w_2$	$w_3$
{Hardy}	×	$w_4$	×	$w_5$
$\emptyset$	$w_6$	$w_7$	$w_8$	$w_9$

## Nejčastější typy

extenze		intenze	
individua	... $l$	individuové role	... $l_{\tau\omega}$
třídy	... $(o\iota)$	vlastnosti	... $(o\iota)_{\tau\omega}$
relace	... $(o\alpha\beta)$	vztahy	... $(o\alpha\beta)_{\tau\omega}$
pravdivostní hodnoty	... $o$	propozice	... $o_{\tau\omega}, \pi$
funkce	... $(\alpha\beta)$	empirické funkce	... $(\alpha\beta)_{\tau\omega}$
čísla	... $\tau$	veličiny	... $\tau_{\tau\omega}$

## Konstrukce

## konstrukce v TILu:

- ▶ **proměnná** typu  $\alpha$ , v závislosti na **valuaci** konstruuje  $\alpha$ -objekt  $x \dots t$
- ▶ **trivializace** objektu **A** typu  $\alpha$ , konstruuje právě objekt **A**  ${}^0A \dots \alpha \quad A \dots \alpha$
- ▶ **aplikace** konstrukce  $X \dots (\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$  na konstrukce  $Y_1, \dots, Y_n$  typů  $\beta_1, \dots, \beta_n$ , konstruuje objekt typu  $\alpha$   $[XY_1 \dots Y_n] \dots \alpha$
- ▶ **abstrakce** konstrukce  $Y \dots \alpha$  na proměnných  $x_1, \dots, x_n$  typů  $\beta_1, \dots, \beta_n$ , konstruuje objekt/funkci typu  $(\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$   $\lambda x_1 \dots x_n [Y] \dots (\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$

## Příklady analýzy podstatných jmen

pes, člověk	$x \dots t$ : <b>pes</b> <sub>wtX</sub> , <b>pes</b> / $(ol)_{\tau\omega}$	individuum z dané třídy individuů
prezident volitelnost výška výrok, tvrzení	<b>prezident</b> / $l_{\tau\omega}$ <b>volitelnost</b> / $(ol_{\tau\omega})_{\tau\omega}$ <b>výška</b> / $(\tau l)_{\tau\omega}$ $p \dots *n$ : <b>výrok</b> <sub>wtP</sub> , <b>výrok</b> / $(o*n)_{\tau\omega}$	individuová role vlastnost individuové role empirická funkce konstrukce propozice z dané třídy konstrukcí propozic
válka, smích, zvonění	<b>válka</b> / $(o(o\pi))_{\omega}$	třída epizod – aktivita, která koresponduje se slo- vesem
leden, podzim	<b>leden</b> / $(o(o\tau))$	třída časových okamžiků — časové intervaly

## Příklady přínosu TILu

▶ **propoziční postoje**

Petr říká, že Tom věří, že Země je kulatá.

$$\lambda w \lambda t \left[ \text{ř} \text{í} \text{k} \text{á} \text{w} \text{t} \text{P} \text{e} \text{t} \text{r} \text{ } ^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{v} \text{ě} \text{ř} \text{í} \text{w} \text{t} \text{ } \text{T} \text{o} \text{m} \text{ } ^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{k} \text{u} \text{l} \text{a} \text{t} \text{á} \text{w} \text{t} \text{ } \text{Z} \text{e} \text{m} \text{ě} \right] \right] \right] \right] \right]$$
▶ **existence neexistujícího**

Pes existuje.      Jednorožec neexistuje.

v PL1:       $\exists x(x = \text{pes})$        $\neg \exists x(x = \text{jednorožec})$   
(jednorožec = jednorožec)  $\Rightarrow$  ( $\exists x(x = \text{jednorožec})$ )

v TILu:

(\*)  $\lambda w \lambda t \left[ {}^0 \neg [E x \text{w} \text{t} \text{j} \text{e} \text{d} \text{n} \text{o} \text{ř} \text{e} \text{c}] \right]$ ,     $E x \stackrel{df}{=} \lambda w \lambda t \lambda p \left[ {}^0 \sum_l \left[ \lambda x \left[ p \text{w} \text{t} x \right] \right] \right]$   
 $E x \dots (o(ol)_{\tau\omega})_{\tau\omega}$

(\*) ... "třída všech individuů s vlastností 'být jednorožcem' je v daném světě a čase prázdná."

▶ **intenzionalita, vlastnosti vlastností**, analýza **epizod**, analýza **gramatického času**