# Sémantika a intenzionální sémantika

Aleš Horák

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

Obsah:

- Sémantika
- Intenzionální sémantika

# 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 konkrét a abstrakt se 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, slovotvorba
- **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

# Princip kompozicionality

*Význam složeného tvrzení je funkcí významu jednotlivých komponent.*

(je určován, je odhadnutelný, každá složka hraje význam?)
omezení PK: 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.

# 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."

# 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?"

# 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."

# Nekompozicionalita

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

# Logická analýza přirozeného jazyka

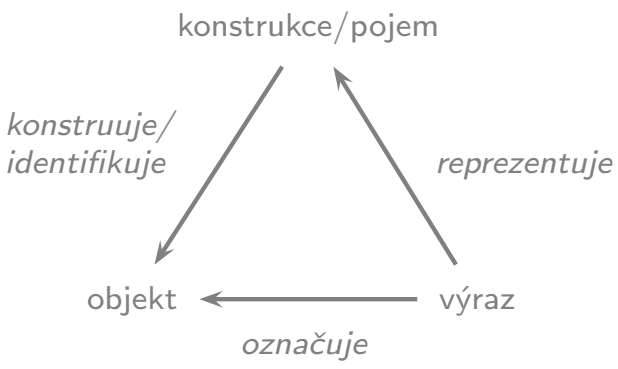
**logická analýza PJ** – analýza **významu** výrazů (vět) PJ
přirozený **jazyk** = nástroj *pojmového* uchopení reality
**pojem** – kritéria/procedury umožňující identifikovat různé konkrétní a abstraktní objekty

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

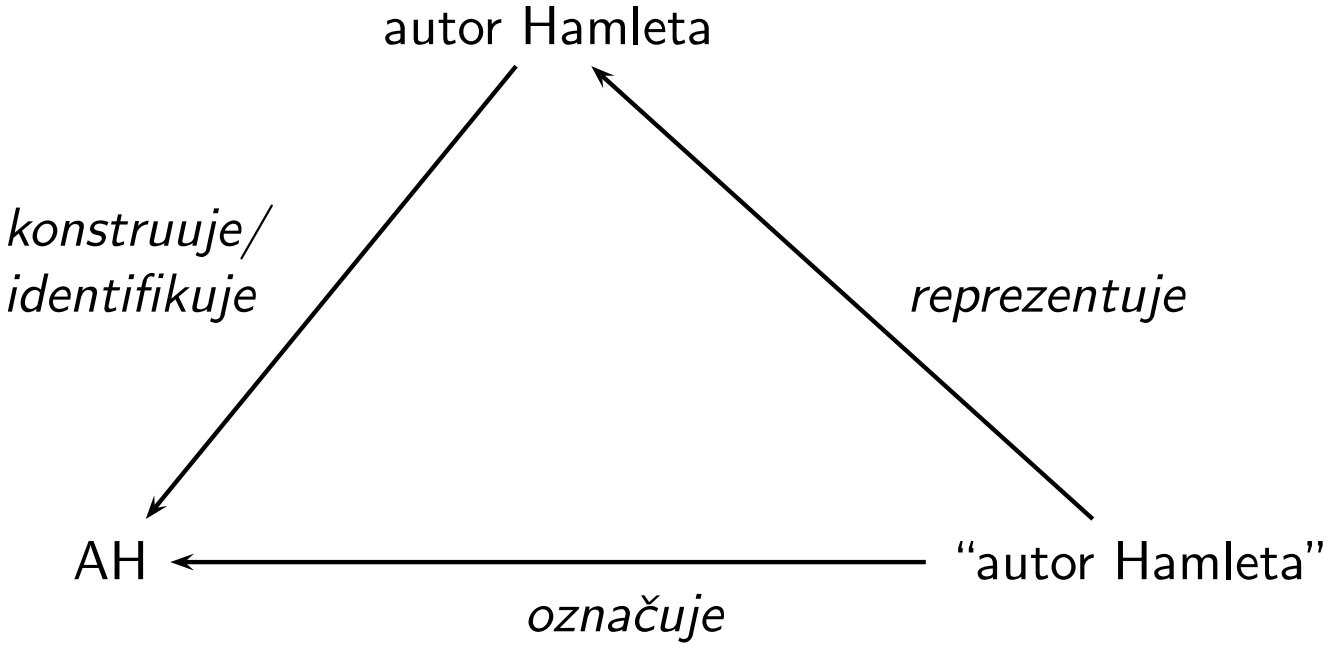
- **pojem** $\neq$ **výraz** – např. výrazy v různých jazycích často reprezentují stejný pojem (pojem("prvočíslo") $\equiv$ pojem("prime number"))
- **pojem** $\neq$ **představa** – představa je *subjektivní*, pojem je **objektivní**
- pojmy mohou identifikovat různé objekty:
  - jedno individuum – **individuální 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 je 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

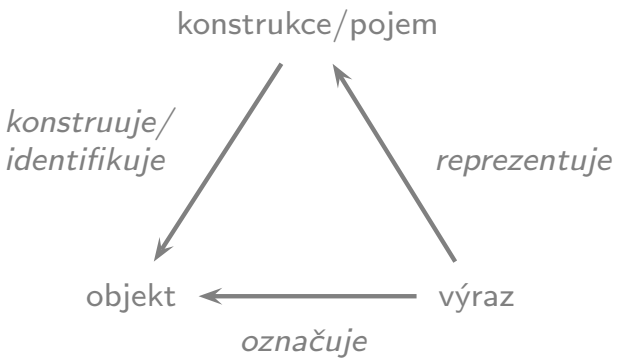
Definujeme:

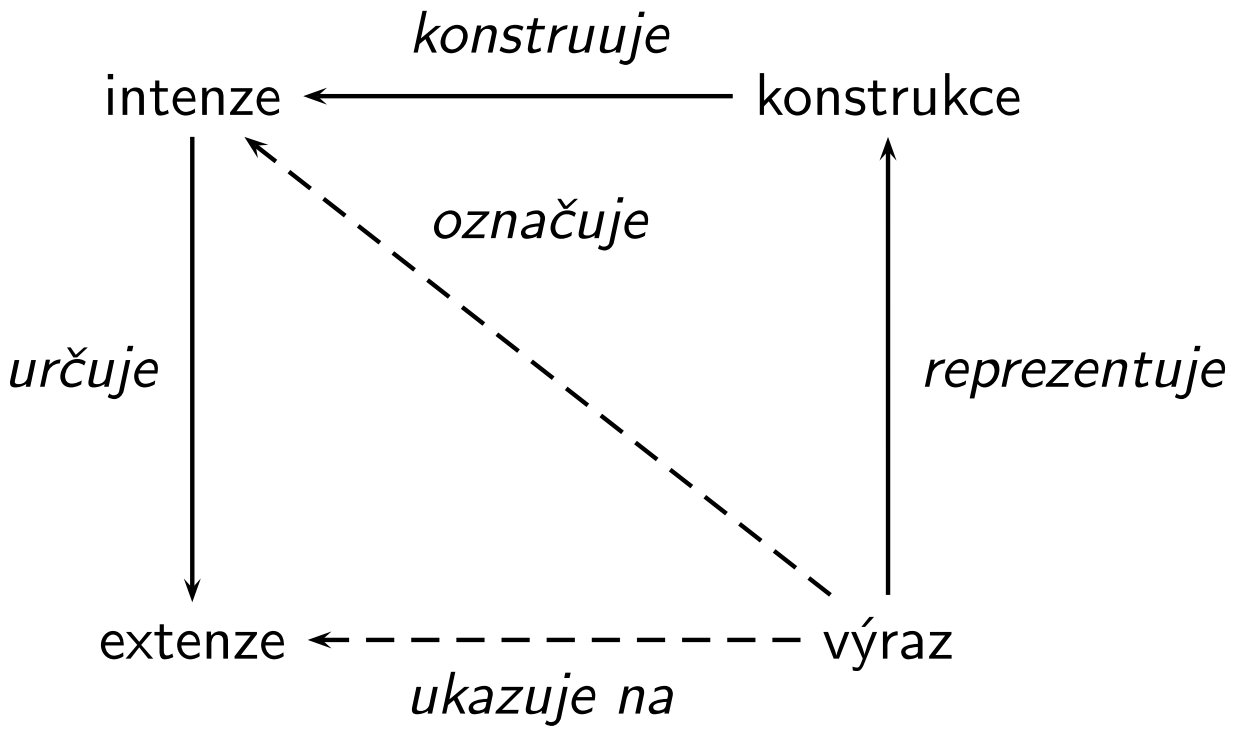
- intenze – objekty typu funkcí, jejichž hodnoty závisí na světě a čase
- extenze – ostatní objekty (na světě a čase nezávislé)

časté extenze a intenze:

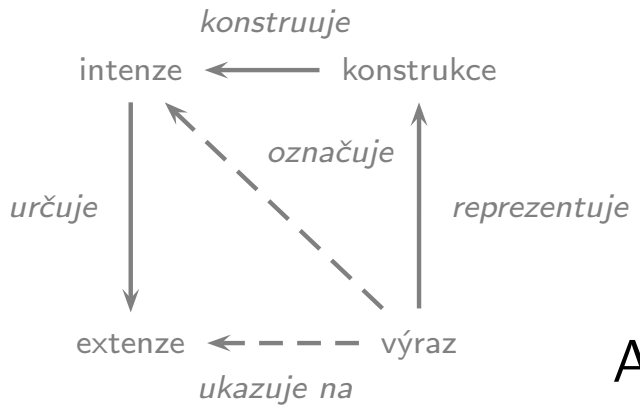
| *extenze* | *intenze* |
|---|---|
| individua | individuové role |
| třídy | vlastnosti |
| relace | vztahy |
| pravdivostní hodnoty | propozice |
| funkce | empirické funkce |
| čísla | veličiny |

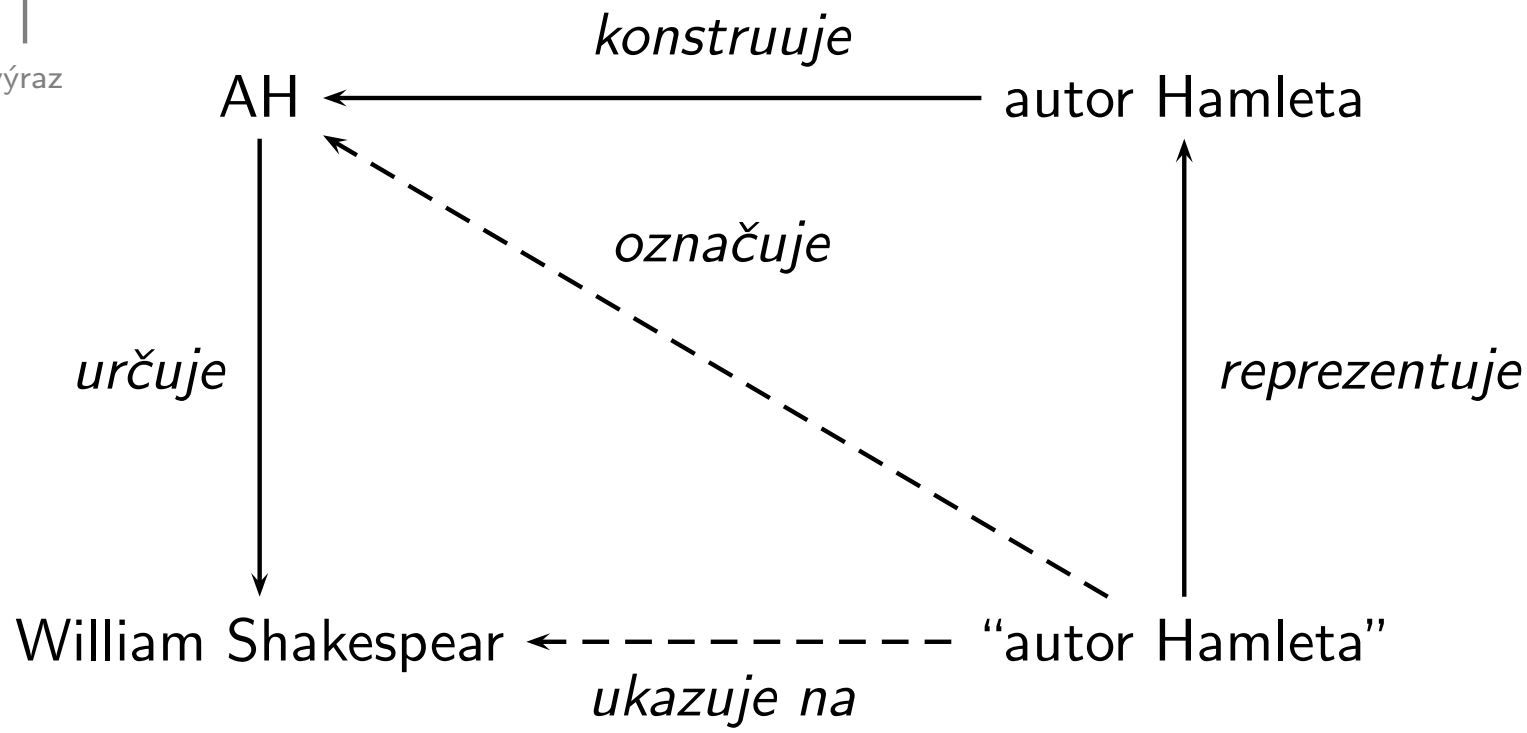
# Rozšířený vztah výrazu a významu u intenzí



# 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

# Typy v TILu

typ objektu:

- základní typy – **typová báze** $= \{o, \iota, \tau, \omega\}$
- funcionální typy – **funkce** nad typovou bází

  např. $\iota, \quad ((\iota\tau)\omega), \quad (o\iota), \quad (((o\iota)\tau)\omega), \quad ((o\tau)\omega), \ldots$

  $((\alpha\tau)\omega) \ldots$ závislost na světě a čase, vyjadřuje **intenze** – zápis $\alpha_{\tau\omega}$
- typy **vyšších řádů** – obsahují i třídy konstrukcí řádu $n$ – $*_n$

# 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

# 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 tlustý** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **být hubený** | $\{$**Laurel**, **Hardy**$\}$ | $\{$**Laurel**$\}$ | $\{$**Hardy**$\}$ | $\emptyset$ |
| $\{$**Laurel**, **Hardy**$\}$ | $\times$ | $\times$ | $\times$ | $w_1$ |
| $\{$**Laurel**$\}$ | $\times$ | $\times$ | $\boxed{w_2}$ | $w_3$ |
| $\{$**Hardy**$\}$ | $\times$ | $w_4$ | $\times$ | $w_5$ |
| $\emptyset$ | $w_6$ | $w_7$ | $w_8$ | $w_9$ |

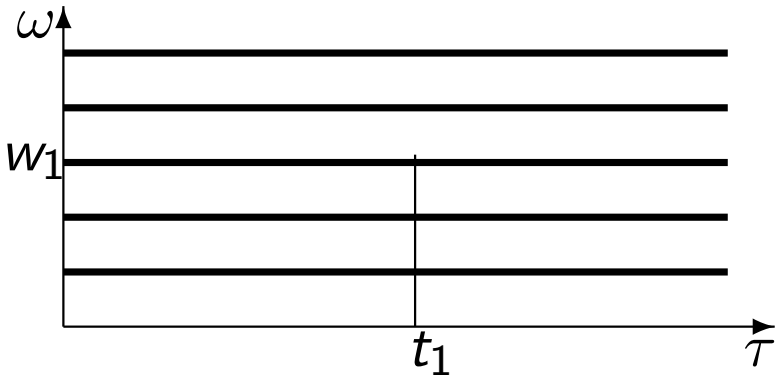
# Princip intenzí v TILu

| | | |
|---|---|---|
| **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 $w$ – získáme **chronologii**

**Americký prezident**$_{w_{act}}$ (zkr. $\mathbf{P}_{w_{act}}$) ... $\iota_\tau$ $\mathbf{P}_{w_{act}t_0}$ ... $\iota$:

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



# Nejčastější typy

| *extenze* | | | *intenze* | | |
|---|---|---|---|---|---|
| individua | ... | $\iota$ | individuové role | ... | $\iota_{\tau\omega}$ |
| 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
  $x \ldots \iota$
- trivializace objektu **A** typu $\alpha$, konstruuje právě objekt **A**
  ${}^0\mathrm{A} \ldots \alpha \qquad \mathbf{A} \ldots \alpha$
- aplikace konstrukce $X \ldots (\alpha\beta_1 \ldots \beta_n)$ na konstrukce $Y_1, \ldots, Y_n$ typů $\beta_1, \ldots, \beta_n$, konstruuje objekt typu $\alpha$
  $[XY_1 \ldots Y_n] \ldots \alpha$
- abstrakce konstrukce $Y \ldots \alpha$ na proměnných $x_1, \ldots, x_n$ typů $\beta_1, \ldots, \beta_n$, konstruuje objekt/funkci typu $(\alpha\beta_1 \ldots \beta_n)$
  $\lambda x_1 \ldots x_n[Y] \ldots (\alpha\beta_1 \ldots \beta_n)$

# Příklady analýzy podstatných jmen

| | | |
|---|---|---|
| pes, člověk | $x \ldots \iota$: $\mathbf{pes}_{wt}x$, $\mathbf{pes}/(o\iota)_{\tau\omega}$ | individuum z dané třídy individuí |
| prezident | $\mathbf{prezident}/\iota_{\tau\omega}$ | individuová role |
| volitelnost | $\mathbf{volitelnost}/(o\iota_{\tau\omega})_{\tau\omega}$ | vlastnost individuové role |
| výška | $\mathbf{výška}/(\tau\iota)_{\tau\omega}$ | empirická funkce |
| výrok, tvrzení | $p \ldots *_n$: $\mathbf{výrok}_{wt}p$, $\mathbf{výrok}/(o*_n)_{\tau\omega}$ | konstrukce propozice z dané třídy konstrukcí propozic |
| válka, smích, zvonění | $\mathbf{válka}/(o(o\pi))_{\omega}$ | třída epizod – aktivita, která koresponduje se slovesem |
| leden, podzim | $\mathbf{leden}/(o(o\tau))$ | třída časových okamžiků — časové intervaly |

# Příklady přínosu TILu

- **propoziční postoje**

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

  $$\lambda w \lambda t \Big[\textbf{říká}_{wt}\, Petr^0 \Big[\lambda w \lambda t \big[\textbf{věří}_{wt}\, Tom^0 \big[\lambda w \lambda t [\textbf{kulatá}_{wt}\, \textbf{Země}]\big]\big]\Big]\Big]$$

- **existence neexistujícího**

  Pes existuje. Jednorožec neexistuje.

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

  $(\text{jednorožec} = \text{jednorožec}) \Rightarrow (\exists x(x = \text{jednorožec}))$

  v TILu:

  $$(*) \quad \lambda w \lambda t \big[{}^0\neg[Ex_{wt}\, \textbf{jednorožec}]\big], \quad Ex \stackrel{df}{=} \lambda w \lambda t \lambda p \Big[{}^0\textstyle\sum_\iota \big[\lambda x [p_{wt}\, x]\big]\Big]$$

  $$Ex \ldots (o(o\iota)_{\tau\omega})_{\tau\omega}$$

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

- **intenzionalita**, **vlastnosti vlastností**, analýza **epizod**, analýza **gramatického času**, ...