

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

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

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

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.

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

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>
```

# Problémy při analýze přirozeného jazyka


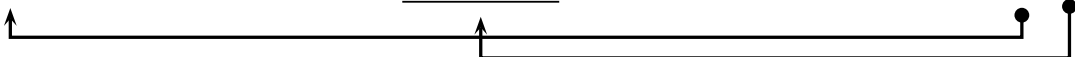
- víceznačnost
- anaforické výrazy
- indexické výrazy
- nejasnost
- nekompozicionalita
- struktura promluvy
- metonymie
- metafory

## 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:


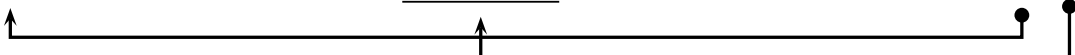
- *anaphora*
- používají **zájmena** pro odkazování na objekty zmíněné **dříve**
- “Poté co se Honza s Marií rozhodli se vzít, (**oni**) vyhledali kněze, aby **je** oddal.”  

- “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?”

# 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.”

# 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”

## Obsah

- 1 Sémantika
  - Význam v jazyce
  - Problémy při analýze přirozeného jazyka
- 2 Intenzionální sémantika
  - Logická analýza přirozeného jazyka
  - Nedostatečná expresivita PL1
  - Extenzionalismus PL1
  - Extenze a intenze
  - Transparentní intenzionální logika



# 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  $\neq$  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)

# 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  $\neq$  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)

# 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**  $\neq$  **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)

# 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**  $\neq$  **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)

# Logická analýza přirozeného jazyka

**logická analýza PJ** – analýza **významu** výrazů (vět) PJ

přirozený **jazyk** = nástroj *pojmového* uchopení reality

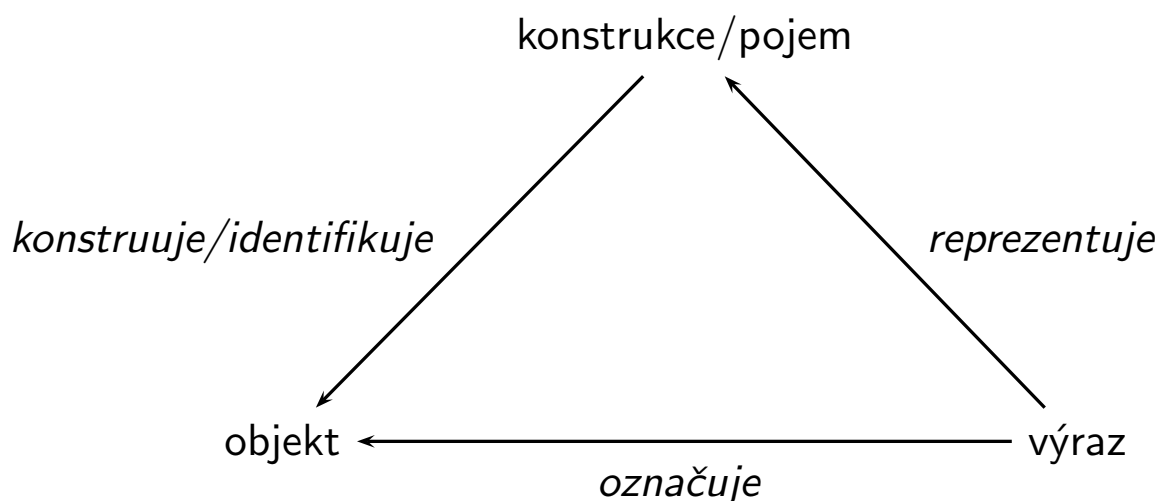
**pojem** – kritéria/procedury umožňující identifikovat různé konkrétní a abstraktní objekty

např. “**planeta**” – třída nebeských těles s určitými charakteristikami – obíhá po oběžné dráze kolem slunce, není zdrojem světla, ...

- **pojem**  $\neq$  **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)

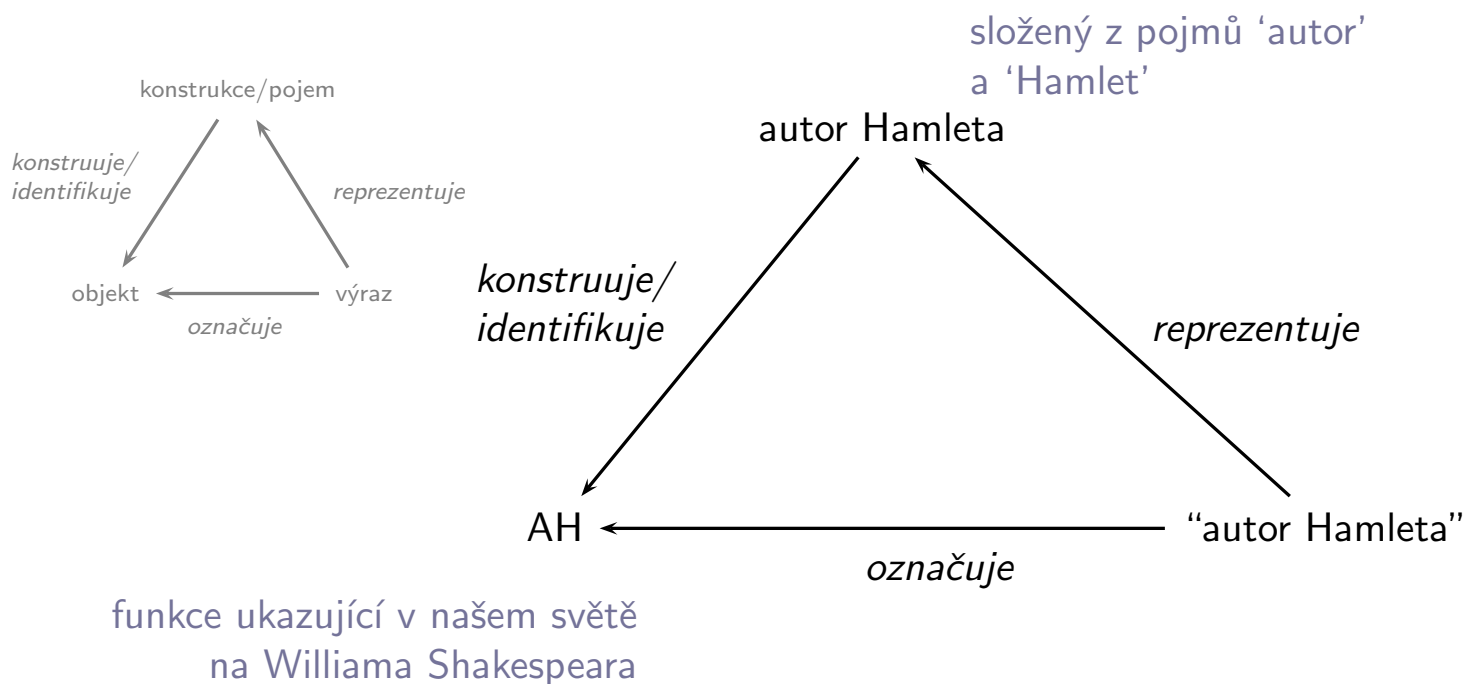
## Vztah pojmu a výrazu

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



# Vztah pojmu a výrazu

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



## 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’

# 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’

# 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’

# 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**:

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

$\check{C}_1$  individuum ‘červená barva’

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

nelze vyjádřit

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

## 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)

# 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

*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

*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:

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

# Extenze a intenze

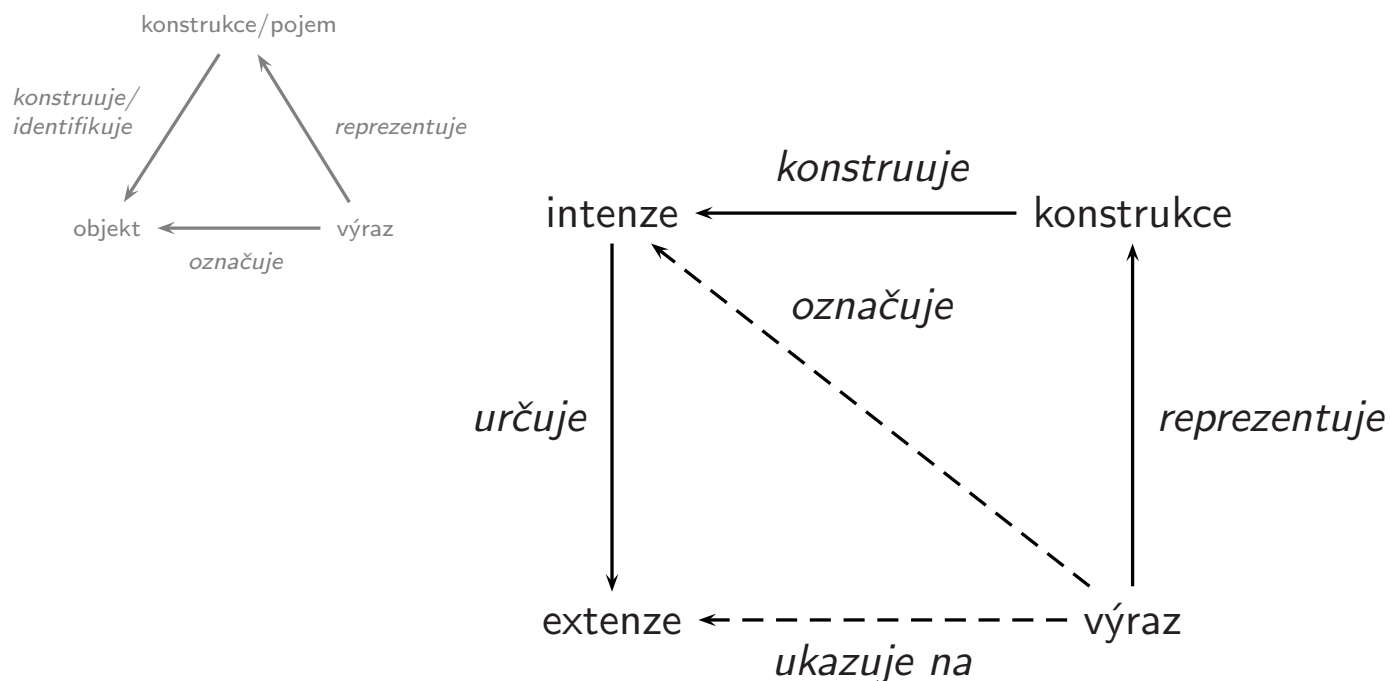
Definujeme:

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

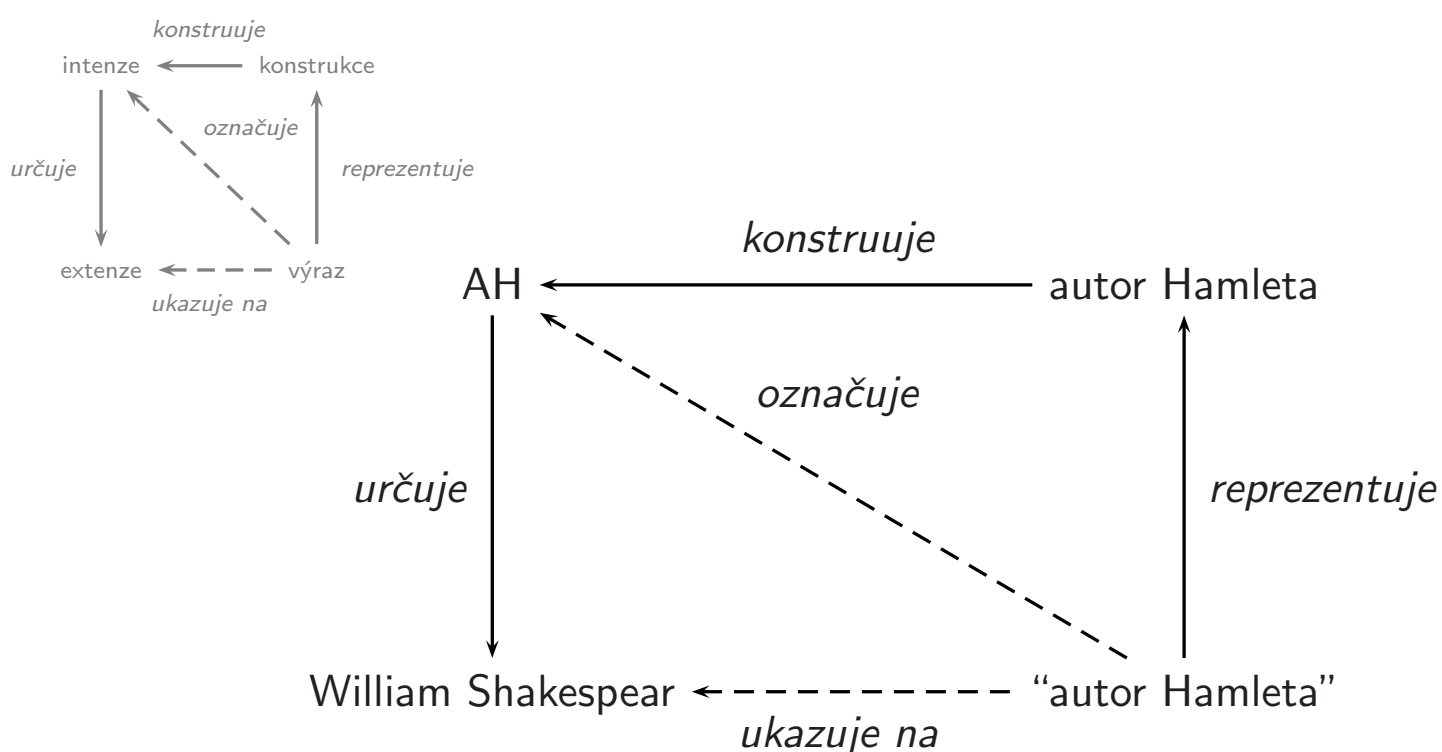
časté extenze a intenze:

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

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

# Typy v TILu

typ objektu:

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

# Typy v TILu

typ objektu:

- základní typy – **typová báze** =  $\{o, \iota, \tau, \omega\}$
- funcionální typy – **funkce** nad typovou bází  
např.  $\iota, ((\iota\tau)\omega), (o\iota), (((o\iota)\tau)\omega), ((o\tau)\omega), \dots$   
 $((\alpha\tau)\omega) \dots$  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)
- **ι** (jota) ... třída **individuí**  
individua ovšem ne jako kompletní objekty, ale jako **numerická identifikace** nestrukturované entity
- **τ** (tau) ... třída **časových okamžiků** (jako časového kontinua)  
zachycení závislosti na čase; současně třída **reálných čísel**
- **ω** (omega) ... třída **možných světů**  
zachycení empirické závislosti na stavu světa

# 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)
- **ι** (jota) ... třída **individuí**  
individua ovšem ne jako kompletní objekty, ale jako **numerická identifikace** nestrukturované entity
- **τ** (tau) ... třída **časových okamžiků** (jako časového kontinua)  
zachycení závislosti na čase; současně třída **reálných čísel**
- **ω** (omega) ... třída **možných světů**  
zachycení empirické závislosti na stavu světa

# 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)
- **l** (jota) ... třída **individuí**  
individua ovšem ne jako kompletní objekty, ale jako **numerická identifikace** nestrukturované entity
- **τ** (tau) ... třída **časových okamžiků** (jako časového kontinua)  
zachycení závislosti na čase; současně třída **reálných čísel**
- **ω** (omega) ... třída **možných světů**  
zachycení empirické závislosti na stavu světa

# 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)
- **l** (jota) ... třída **individuí**  
individua ovšem ne jako kompletní objekty, ale jako **numerická identifikace** nestrukturované entity
- **τ** (tau) ... třída **časových okamžiků** (jako časového kontinua)  
zachycení závislosti na čase; současně třída **reálných čísel**
- **ω** (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

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

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

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

## Princip intenzí v TILu

**být hubený** ... objekt typu  $(ol)_{\tau\omega}$ , 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  $(ol)$ -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.  $\mathbf{P}_{w_{act}}$ ) ...  $l_{\tau}$   $\mathbf{P}_{w_{act} t_0 \dots t_l}$

$t_0 \dots \tau$ :  
 .....  
 undef | 1789 | 1797 | 1801 | .....  
 G.Washington | J.Adams | T.Jefferson

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



# Princip intenzí v TILu

<b>být hubený</b>	... objekt typu $(ol)_{\tau\omega}$ , funkce z možných světů a času do tříd individuí
$w$	... proměnná typu $\omega$ , možný svět
$t$	... proměnná typu $\tau$ , časový okamžik
<b>[být hubený <math>w t</math>]</b>	... konstruuje $(ol)$ -objekt, třídu individuí, kteří mají ve světě $w$ a čase $t$ vlastnost <b>být hubený</b> (značíme <b>být hubený</b> <sub><math>wt</math></sub> )

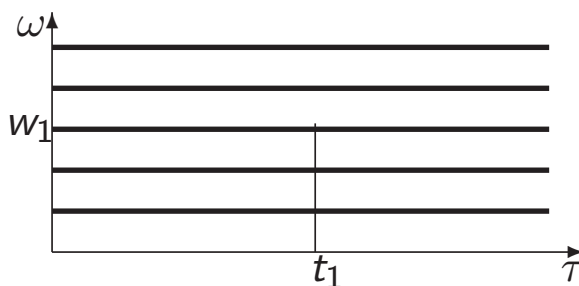
pokud aplikujeme jen  $w$  – získáme **chronologii**

**Americký prezident** <sub>$w_{act}$</sub>  (zkr. **P** <sub>$w_{act}$</sub> ) ...  $l_{\tau}$  **P** <sub>$w_{act} t_0 \dots t_1$</sub> :

$t_0 \dots \tau$ : 1789 | 1797 | 1801 | ...

*ndef* | G.Washington | J.Adams | T.Jefferson

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



## Nejčastější typy

extenze			intenze		
individua	...	$l$	individuové role	...	$l_{\tau\omega}$
třídy	...	$(ol)$	vlastnosti	...	$(ol)_{\tau\omega}$
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	...	$\tau$	veliřiny	...	$\tau_{\tau\omega}$

# 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  $A$   
 ${}^0A \dots \alpha \quad \mathbf{A} \dots \alpha$
- **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  $(\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$   
 $\lambda x_1 \dots x_n [Y] \dots (\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$

# 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  $A$   
 ${}^0A \dots \alpha \quad \mathbf{A} \dots \alpha$
- **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  $(\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$   
 $\lambda x_1 \dots x_n [Y] \dots (\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$

# 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**  
 ${}^0A \dots \alpha \quad \mathbf{A} \dots \alpha$
- **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  $(\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$   
 $\lambda x_1 \dots x_n [Y] \dots (\alpha\beta_1 \dots \beta_n)$

# 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**  
 ${}^0A \dots \alpha \quad \mathbf{A} \dots \alpha$
- **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 přínosu TILu

## • propoziční postoje

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

$$\lambda w \lambda t \left[ \text{ř} \text{í} \text{k} \text{á}_{wt} \text{Petr}^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{v} \text{ě} \text{ř} \text{í}_{wt} \text{Tom}^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{k} \text{u} \text{l} \text{a} \text{t} \text{á}_{wt} \text{Země} \right] \right] \right] \right] \right]$$

## • 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:

(\*)  $\lambda w \lambda t \left[ {}^0 \neg [E x_{wt} \text{jednorožec}] \right], \quad E x \stackrel{df}{=} \lambda w \lambda t \lambda p \left[ {}^0 \sum_{\iota} \left[ \lambda x [p_{wt} x] \right] \right]$   
 $E x \dots (o(o_{\iota})_{TW})_{TW}$

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

## • intenzionalita, vlastnosti vlastností, analýza epizod, analýza gramatického času

## Příklady přínosu TILu

## • propoziční postoje

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

$$\lambda w \lambda t \left[ \text{ř} \text{í} \text{k} \text{á}_{wt} \text{Petr}^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{v} \text{ě} \text{ř} \text{í}_{wt} \text{Tom}^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{k} \text{u} \text{l} \text{a} \text{t} \text{á}_{wt} \text{Země} \right] \right] \right] \right] \right]$$

## • 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:

(\*)  $\lambda w \lambda t \left[ {}^0 \neg [E x_{wt} \text{jednorožec}] \right], \quad E x \stackrel{df}{=} \lambda w \lambda t \lambda p \left[ {}^0 \sum_{\iota} \left[ \lambda x [p_{wt} x] \right] \right]$   
 $E x \dots (o(o_{\iota})_{TW})_{TW}$

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

## • intenzionalita, vlastnosti vlastností, analýza epizod, analýza gramatického času

## Příklady přínosu TILu

## • propoziční postoje

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

$$\lambda w \lambda t \left[ \text{ř} \text{í} \text{k} \text{á}_{wt} \text{Petr}^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{v} \text{ě} \text{ř} \text{í}_{wt} \text{Tom}^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{k} \text{u} \text{l} \text{a} \text{t} \text{á}_{wt} \text{Země} \right] \right] \right] \right] \right]$$

## • existence neexistujícího

Pes existuje. Jednorožec neexistuje.

$$\begin{aligned} \text{v PL1:} \quad & \exists x(x = \text{pes}) \quad \neg \exists x(x = \text{jednorožec}) \\ & (\text{jednorožec} = \text{jednorožec}) \Rightarrow (\exists x(x = \text{jednorožec})) \end{aligned}$$

v TILu:

$$(*) \quad \lambda w \lambda t \left[ {}^0 \neg [E_{x_{wt}} \text{jednorožec}] \right], \quad E_x \stackrel{df}{=} \lambda w \lambda t \lambda p \left[ {}^0 \sum_{\iota} \left[ \lambda x [p_{wt} x] \right] \right] \\ E_x \dots (o(o_{\iota})_{\tau\omega})_{\tau\omega}$$

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

## • intenzionalita, vlastnosti vlastností, analýza epizod, analýza gramatického času

## Příklady přínosu TILu

## • propoziční postoje

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

$$\lambda w \lambda t \left[ \text{ř} \text{í} \text{k} \text{á}_{wt} \text{Petr}^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{v} \text{ě} \text{ř} \text{í}_{wt} \text{Tom}^0 \left[ \lambda w \lambda t \left[ \text{k} \text{u} \text{l} \text{a} \text{t} \text{á}_{wt} \text{Země} \right] \right] \right] \right] \right]$$

## • existence neexistujícího

Pes existuje. Jednorožec neexistuje.

$$\begin{aligned} \text{v PL1:} \quad & \exists x(x = \text{pes}) \quad \neg \exists x(x = \text{jednorožec}) \\ & (\text{jednorožec} = \text{jednorožec}) \Rightarrow (\exists x(x = \text{jednorožec})) \end{aligned}$$

v TILu:

$$(*) \quad \lambda w \lambda t \left[ {}^0 \neg [E_{x_{wt}} \text{jednorožec}] \right], \quad E_x \stackrel{df}{=} \lambda w \lambda t \lambda p \left[ {}^0 \sum_{\iota} \left[ \lambda x [p_{wt} x] \right] \right] \\ E_x \dots (o(o_{\iota})_{\tau\omega})_{\tau\omega}$$

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

## • intenzionalita, vlastnosti vlastností, analýza epizod, analýza gramatického času