

Intenzionální sémantika a reprezentace znalostí

Aleš Horák

E-mail: hales@fi.muni.cz

http://nlp.fi.muni.cz/poc_lingv/

Obsah:

- Intenzionální sémantika
- Reprezentace znalostí

Obsah

1 Intenzionální sémantika

- Logická analýza přirozeného jazyka
- Nedostatečná expresivita PL1
- Extenzionalismus PL1
- Extenze a intenze
- Transparentní intenzionální logika

2 Reprezentace znalostí

- Reprezentace znalostí
- Logika a sémantické sítě
- Sémantické sítě
- Rámce
- Pravidlové systémy
- Nejistota a pravděpodobnost

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 slánce, 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

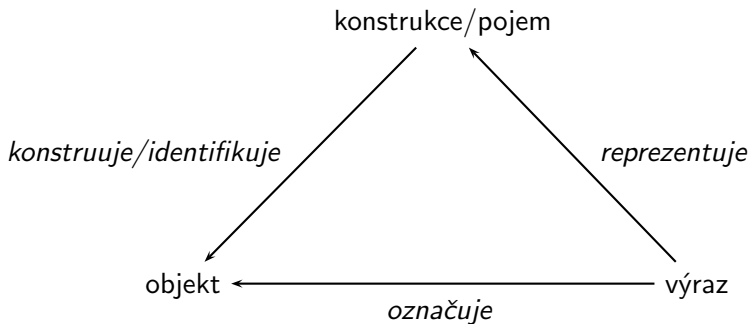
pojem – kritéria/procedury umožňující identifikovat různé konkrétní a abstraktní objekty

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)

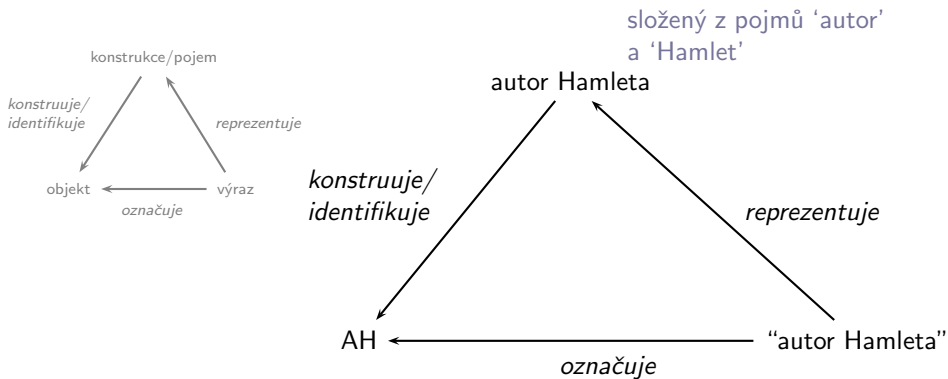
Vztah pojmu a výrazu

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



Vztah pojmu a výrazu

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



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’

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

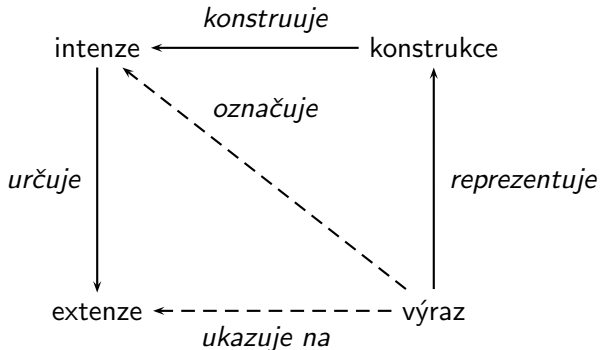
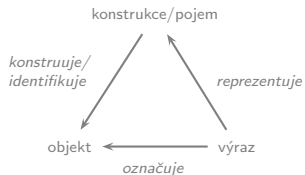
Definujeme:

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

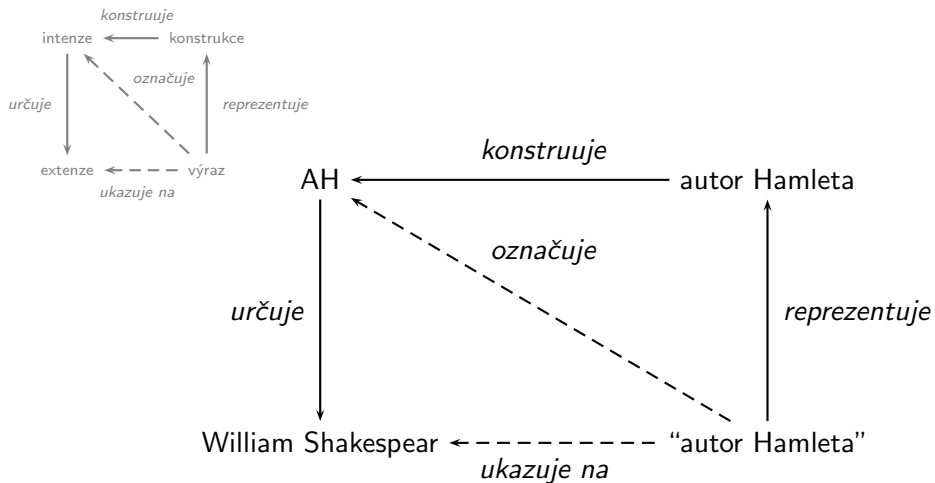
časté extenze a intenze:

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

Typy v TILu

typ objektu:

- základní typy – **typová báze** = $\{o, \iota, \tau, \omega\}$
- funkcionální 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)
- **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)
- **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

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	$\{Laurel, Hardy\}$	$\{Laurel\}$	$\{Hardy\}$	\emptyset
$\{Laurel, Hardy\}$	×	×	×	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 ω , možný svět

t ... proměnná typu τ , 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** _{$w t$})

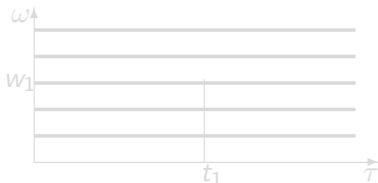
pokud aplikujeme jen
 w – získáme
chronologii

Americký prezident _{w_{act}} (zkr. $P_{w_{act}}$) ... l_{τ} $P_{w_{act} t_0} \dots l_{\tau}$

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

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

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



Princip intenzí v TILu

být hubený

... objekt typu $(ol)_{\tau\omega}$, funkce z možných světů a času do tříd individuí

w ... proměnná typu ω , možný svět

t ... proměnná typu τ , 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** _{$w t$})

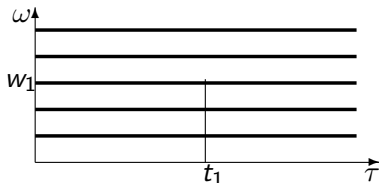
pokud aplikujeme jen
 w – získáme
chronologii

Americký prezident _{w_{act}} (zkr. $P_{w_{act}}$) ... l_{τ} $P_{w_{act} t_0} \dots l_{\tau}$

$t_0 \dots \tau$: 1789 1797 1801

.....
nedef G.Washington J.Adams T.Jefferson.....

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



Nejčastější typy

<i>extenze</i>			<i>intenze</i>		
individua	...	ι	individuové role	...	$\iota_{\mathcal{T}\omega}$
třídy	...	$(o\iota)$	vlastnosti	...	$(o\iota)_{\mathcal{T}\omega}$
relace	...	$(o\alpha\beta)$	vztahy	...	$(o\alpha\beta)_{\mathcal{T}\omega}$
pravdivostní hodnoty	...	o	propozice	...	$o_{\mathcal{T}\omega}, \pi$
funkce	...	$(\alpha\beta)$	empirické funkce	...	$(\alpha\beta)_{\mathcal{T}\omega}$
čísla	...	τ	veličiny	...	$\tau_{\mathcal{T}\omega}$

Konstrukce

konstrukce v TILu:

- **proměnná** typu α , v závislosti na **valuaci** konstruuje α -objekt
 $x \dots \iota$
- **trivializace** objektu A typu α , 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 β_1, \dots, β_n , konstruuje objekt typu α
 $[XY_1 \dots Y_n] \dots \alpha$
- **abstrakce** konstrukce $Y \dots \alpha$ na proměnných x_1, \dots, x_n typů β_1, \dots, β_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 α , v závislosti na **valuaci** konstruuje α -objekt
 $x \dots \iota$
- **trivializace** objektu A typu α , 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 β_1, \dots, β_n , konstruuje objekt typu α
 $[XY_1 \dots Y_n] \dots \alpha$
- **abstrakce** konstrukce $Y \dots \alpha$ na proměnných x_1, \dots, x_n typů β_1, \dots, β_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 α , v závislosti na **valuaci** konstruuje α -objekt
 $x \dots t$
- **trivializace** objektu A typu α , 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 β_1, \dots, β_n , konstruuje objekt typu α
 $[XY_1 \dots Y_n] \dots \alpha$
- **abstrakce** konstrukce $Y \dots \alpha$ na proměnných x_1, \dots, x_n typů β_1, \dots, β_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 α , v závislosti na **valuaci** konstruuje α -objekt
 $x \dots t$
- **trivializace** objektu A typu α , 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 β_1, \dots, β_n , konstruuje objekt typu α
 $[XY_1 \dots Y_n] \dots \alpha$
- **abstrakce** konstrukce $Y \dots \alpha$ na proměnných x_1, \dots, x_n typů β_1, \dots, β_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

 $x \dots l$: **pes**_{wtX},*pes*/(ol)_{TW}

prezident

prezident/l_{TW}

volitelnost

volitelnost/(ol_{TW})_{TW}

výška

výška/(Tl)_{TW}

výrok, tvrzení

 $p \dots *n$: **výrok**_{wtP},*výrok*/(o*n)_{TW}válka, smích,
zvonění*válka*/(o(oπ))_w

leden, podzim

leden/(o(oT))individuum z dané třídy
individuí

individuová role

vlastnost individuové role

empirická funkce

konstrukce propozice z

dané třídy konstrukcí

propozic

třída epizod – aktivita,
která koresponduje se slo-
vesem

třída časových

okamžiků — časové

intervaly

Příklady přínosu TILu

- propoziční postoje

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

$$\lambda w \lambda t \left[\text{říká}_{wt} \text{Petr}^0 \left[\lambda w \lambda t \left[\text{věří}_{wt} \text{Tom}^0 \left[\lambda w \lambda t \left[\text{kulatá}_{wt} \text{Země} \right] \right] \right] \right] \right]$$

- 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:

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

$$E_x \dots (o(o_{\iota})_{\tau w})_{\tau w}$$

(*) ... "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.

$$\lambda w \lambda t \left[\text{říká}_{wt} \text{Petr}^0 \left[\lambda w \lambda t \left[\text{věří}_{wt} \text{Tom}^0 \left[\lambda w \lambda t \left[\text{kulatá}_{wt} \text{Země} \right] \right] \right] \right] \right]$$

- 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:

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

$$E_x \dots (o(o\iota)_{\tau\omega})_{\tau\omega}$$

(*) ... “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.

$$\lambda w \lambda t \left[\text{říká}_{wt} \text{Petr}^0 \left[\lambda w \lambda t \left[\text{věří}_{wt} \text{Tom}^0 \left[\lambda w \lambda t \left[\text{kulatá}_{wt} \text{Země} \right] \right] \right] \right] \right]$$

- 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:

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

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

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

Obsah

- 1 Intenzionální sémantika
 - Logická analýza přirozeného jazyka
 - Nedostatečná expresivita PL1
 - Extenzionalismus PL1
 - Extenze a intenze
 - Transparentní intenzionální logika

- 2 Reprezentace znalostí
 - Reprezentace znalostí
 - Logika a sémantické sítě
 - Sémantické sítě
 - Rámce
 - Pravidlové systémy
 - Nejistota a pravděpodobnost

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, ...

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, ...

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**

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**

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

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

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:

<i>podtřída:</i>	zvíře
<i>část:</i>	hlava
* <i>má_kožich:</i>	ano

slon:

<i>podtřída:</i>	savec
* <i>barva:</i>	šedá
* <i>velikost:</i>	velký

Nellie:

<i>instance:</i>	slon
<i>mít_rád:</i>	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

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, ...)

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, ...)

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, ...)