Aleš Horák

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

Obsah:

- Intenzionální sémantika
- Reprezentace znalostí

Logická analýza přirozeného jazyka

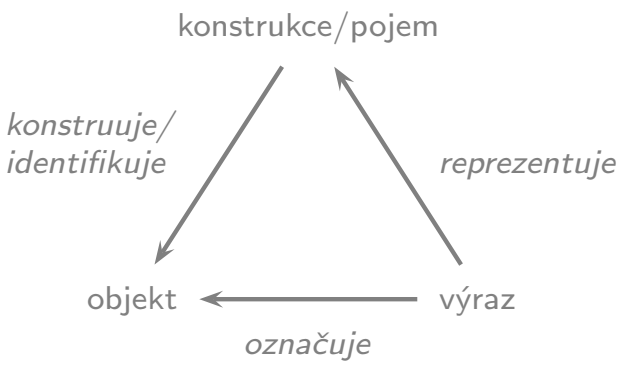
logická analýza PJ – analýza **významu** výrazů (vět) PJ
přirozený **jazyk** = nástroj *pojmového* uchopení reality
pojem – kritéria/procedury umožňující identifikovat různé konkrétní a abstraktní objekty

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

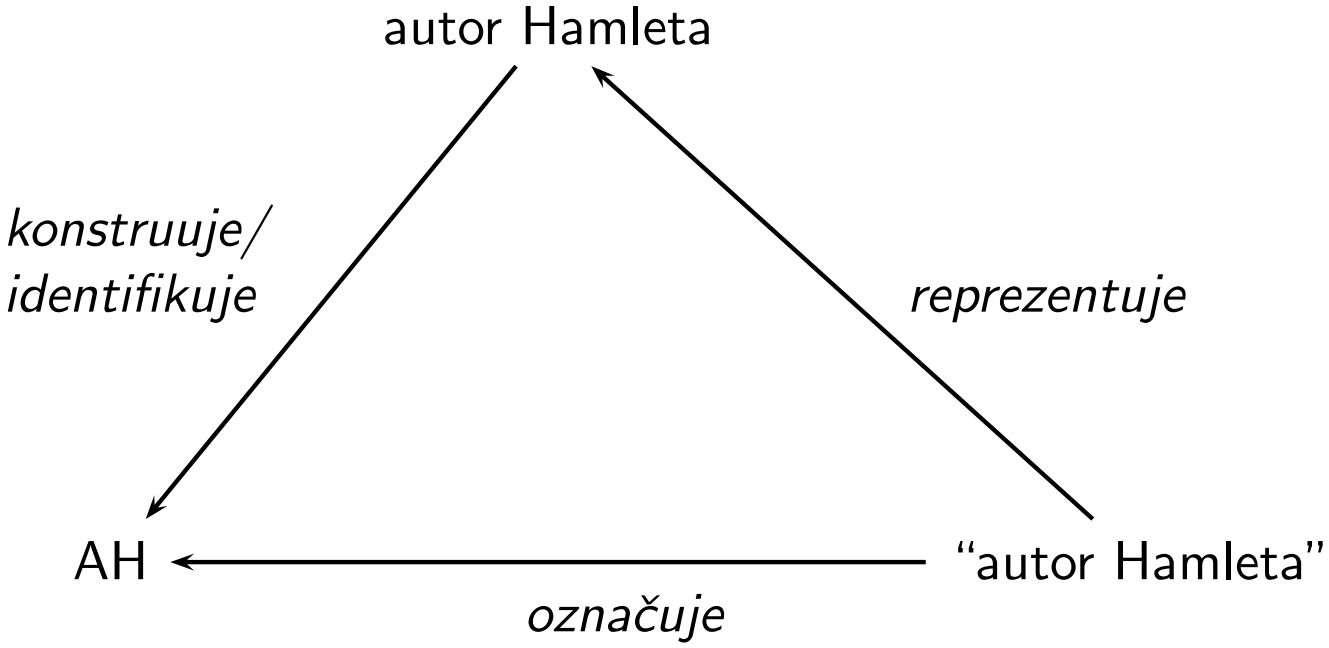
- **pojem** $\neq$ **výraz** – např. výrazy v různých jazycích často reprezentují stejný pojem (pojem("prvočíslo") $\equiv$ pojem("prime number"))
- **pojem** $\neq$ **představa** – představa je *subjektivní*, pojem je **objektivní**
- pojmy mohou identifikovat různé objekty:
  - jedno individuum – **individuální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

Vztah pojmu a výrazu

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



složený z pojmů ‘autor’
a ‘Hamlet’



funkce ukazující v našem světě
na Williama Shakespeara

Omezenost predikátové logiky 1. řádu

dva omezující rysy:

- nedostatečná expresivita
- extenzionalismus

Expresivita: vyjadřovací síla jazyka

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

analýza ve **výrokové logice**:

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

analýza v **PL1**:

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

Nedostatečná expresivita PL1 – pokrač.

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

analýza v **PL1**:

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

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

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

Extenzionalismus PL1

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

'hlavní město Polska':

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

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

Extenzionalismus PL1 – pokrač.

ano *V Brně prší*

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

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

Extenze a intenze

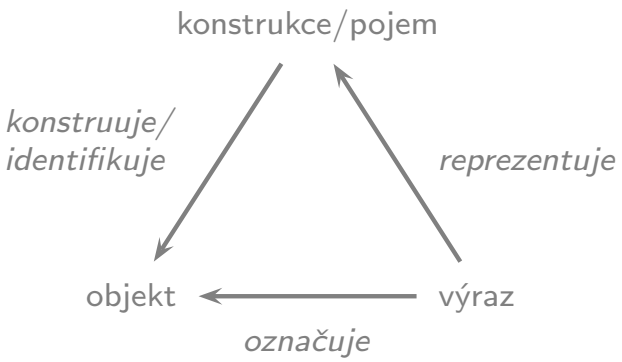
Definujeme:

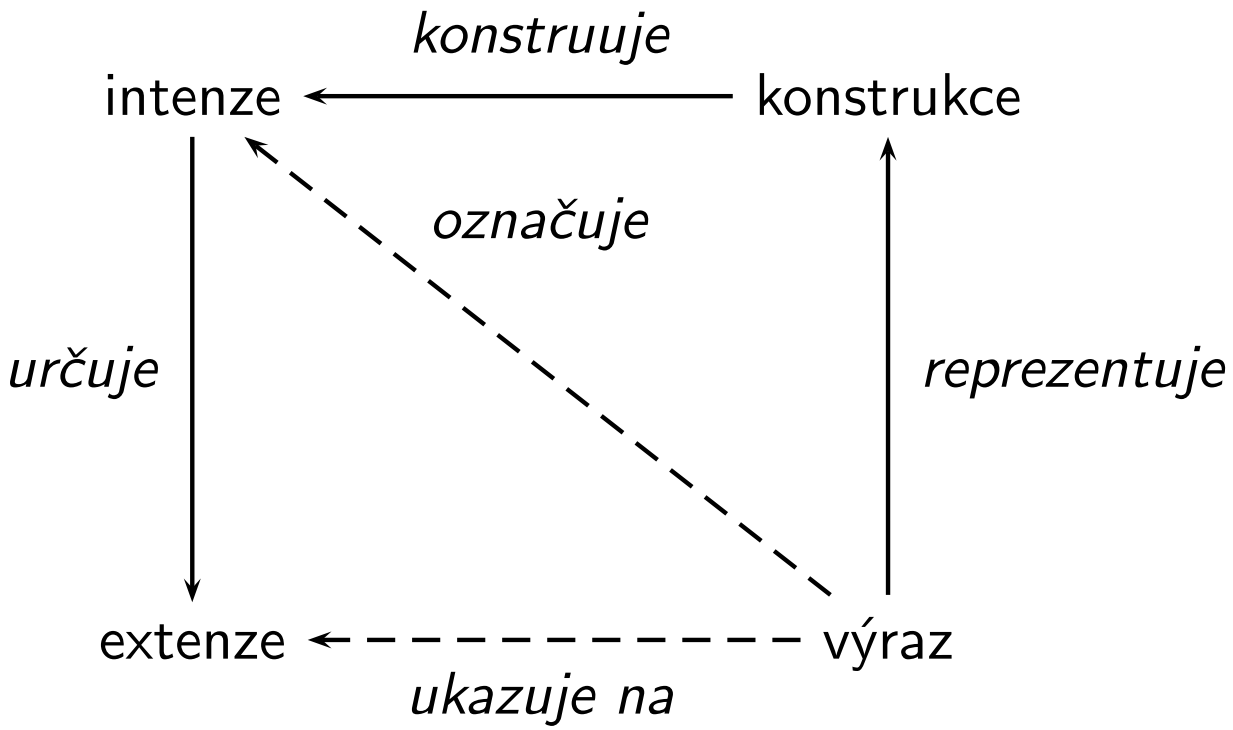
- intenze – objekty typu funkcí, jejichž hodnoty závisí na světě a čase
- extenze – ostatní objekty (na světě a čase nezávislé)

časté extenze a intenze:

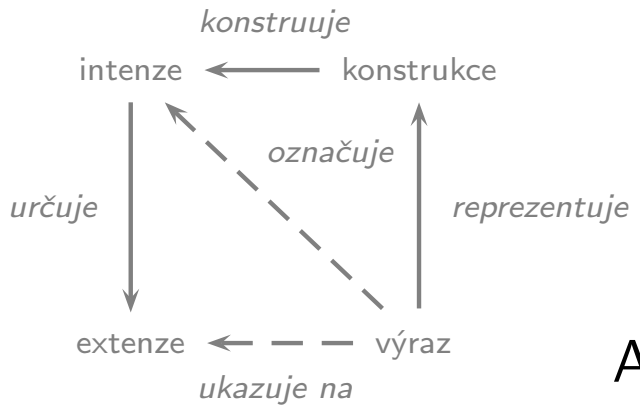
extenze	*intenze*
individua	individuové role
třídy	vlastnosti
relace	vztahy
pravdivostní hodnoty	propozice
funkce	empirické funkce
čísla	veličiny

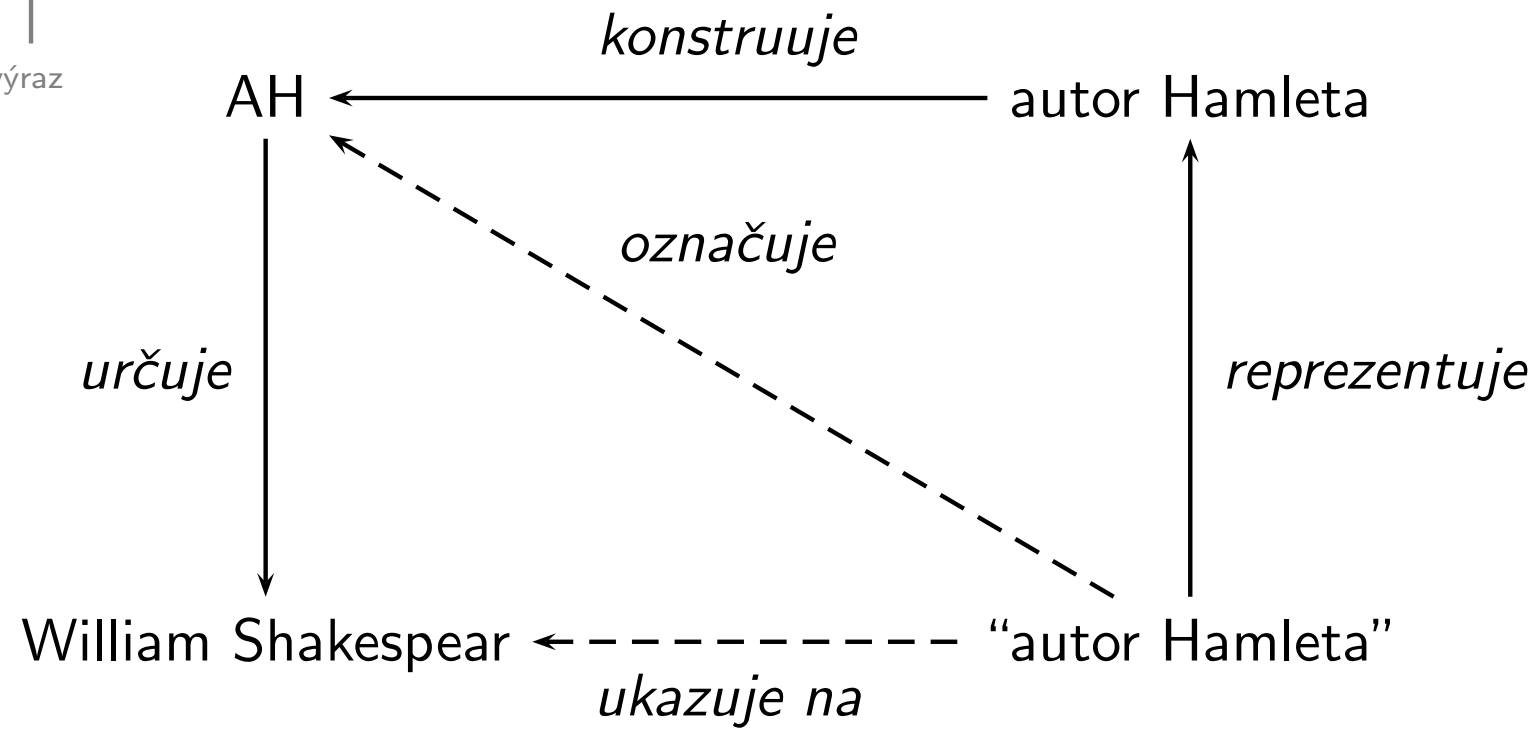
Rozšířený vztah výrazu a významu u intenzí





Rozšířený vztah výrazu a významu u intenzí





Transparentní intenzionální logika

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

otázka:

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

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

Reprezentace znalostí

proč je potřeba speciální **reprezentace znalostí**?

vnímání lidí × *vnímání počítačů*

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

Volba reprezentace znalostí

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

> *To solve really hard problems, we'll have to use several different representations. This is because each particular kind of data structure has its own virtues and deficiencies, and none by itself would seem adequate for all the different functions involved with what we call common sense.*
>
> – *Marvin Minsky*

Reprezentace znalostí pomocí logiky nebo sém. sítí

Logika:

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

Sémantické sítě:

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

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

Rámce

Rámce (*frames*):

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

Rámce – příklad

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

příklady rámců:

savec:

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

slon:

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

Nellie:

instance:	slon
mít_rád:	jablka

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

Sémantické sítě × rámce

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

deskripční logika – logický systém, který manipuluje přímo s rámci

Pravidlové systémy

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

  IF *podmínka*
  THEN *akce*

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

Pravidlová báze znalostí – příklad

pravidla pro **oblékání**:

pravidlo 1
IF X je seriózní
AND X bydlí ve městě
THEN X by měl nosit sako

pravidlo 2
IF X je akademik
AND X je společensky aktivní
AND X je seriózní
THEN X by měl nosit sako a kravatu

pravidlo 3
IF X bydlí ve městě
AND X je akademik
THEN X by měl nosit kravatu

pravidlo 4
IF X je podnikatel
AND X je společensky aktivní
AND X je seriózní
THEN X by měl nosit sako, ale ne kravatu

společenská pravidla:

pravidlo 5
IF X je podnikatel
AND X je ženatý
THEN X je společensky aktivní

pravidlo 6
IF X je akademik
AND X je ženatý
THEN X je seriózní

profesní pravidla:

pravidlo 7
IF X učí na univerzitě
OR X učí na vysoké škole
THEN X je akademik

pravidlo 8
IF X vlastní firmu
OR X je OSVČ
THEN X je podnikatel

Expertní systémy

- aplikace pravidlových systémů
- zaměřeny na specifické oblasti – medicínská diagnóza, návrh konfigurace počítače, expertíza pro těžbu nafty, ...
- snaha zachytit **znalosti experta** pomocí pravidel
  ale znalosti experta zahrnují – postupy, strategie, odhady, ...
- expertní systém musí pracovat s procedurami, nejistými znalostmi, různými formami vstupu
- vhodné oblasti pro nasazení expertního systému:
  - **diagnóza** – hledání řešení podle symptomů
  - **návrh konfigurace** – složení prvků splňujících podmínky
  - **plánování** – posloupnost akcí splňujících podmínky
  - **monitorování** – porovnání chování s očekávaným chování, reakce na změny
  - **řízení** – ovládání složitého komplexu
  - **předpovědi** – projekce pravěpodobných závěrů z daných skutečností
  - **instruktáž** – inteligentní vyučování a zkoušení studentů

Nejistota a pravděpodobnost

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?*"

problémy:

1. částečná pozorovatelnost (stav vozovky, záměry ostatních řidičů, ...)
2. šum v senzorech (hlášení o dopravní situaci)
3. nejistota výsledků akcí (píchnutí kola, ...)
4. obrovská složitost modelování a předpovědi dopravní situace

čistě logický přístup tedy:

- riskuje chybu – "A_5 mě tam dostane včas."
- vede k závěrům, které jsou příliš slabé pro rozhodování: "A_5 mě tam dostane včas, pokud nebude na dálnici nehoda a pokud nebude pršet a jestli nepíchnu kolo ..."

Metody pro práci s nejistotou

- 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.

Pravděpodobnost

tvrzení o pravděpodobnosti **shrnují** následky

- **lenosti** – nepodařilo se vypočítat všechny výjimky, podmínky, ...
- **hlouposti** – nedostatek relevantních údajů, počátečních podmínek, ...

subjektivní × **Bayesovská** pravděpodobnost:

- pravděpodobnostní vztah mezi tvrzením a jeho pravdivosti vzhledem k podmínkám:

$$P(A_5|\textit{žádné hlášené nehody}) = 0.5$$

  nejedná se o vyjádření **pravděpodobnostní tendence** (ale může se získat ze znalostí podobných případů v minulosti)
- pravděpodobnost tvrzení se může měnit s novými (vstupními) podmínkami:

$$P(A_5|\textit{žádné hlášené nehody},\ \textit{je 4:00 ráno}) = 0.63$$

Vyvozování z nejistých znalostí

- použití **náhodných proměnných** (*random variables*) – funkce, která vzorkům přirazuje hodnoty
  distribuce pravděpodobností náhodné proměnné = (vektor) pravděpodobnost(í), že daná náhodná proměnná bude mít určitou konkrétní hodnotu

  náh. prom. *Odd* – výsledek hodu kostkou bude lichý
  náh. prom. *Weather* – jaké bude počasí (slunce, déšť, mraky, sníh)

  $$Odd(1) = true \qquad Weather(21.11.2005) = \text{déšť}$$

  distribuce pravděpodobností proměnných *Odd* a *Weather*

  $$P(Odd = true) = 1/6 + 1/6 + 1/6 = 1/2$$
  $$P(Odd) = < 1/2, 1/2 >$$
  $$P(Weather) = < 0.72, 0.1, 0.08, 0.1 >$$

- pravidla pro výpočet pravděpodobnosti logicky souvisejících událostí

$$P(a \vee b) = P(a) + P(b) - P(a \wedge b)$$

Bayesovské pravidlo pro vyvozování

pravidlo pro **podmíněnou pravděpodobnost** –
$P(a|b) = \frac{P(a \wedge b)}{P(b)}$ if $P(b) \neq 0$
Bayesovské pravidlo pro určení **diagnostické** pravděpodobnosti ze znalosti **příčinné** pravděpodobnosti:

$$P(\text{Příčina}|\text{Následek}) = \frac{P(\text{Následek}|\text{Příčina})P(\text{Příčina})}{P(\text{Následek})}$$

např. *ZMB* zánět mozkových blan, *ZK* ztuhlý krk:

$$P(zmb|zk) = \frac{P(zk|zmb)P(zmb)}{P(zk)} = \frac{0.8 \times 0.0001}{0.1} = 0.0008$$

vyvozování =

1. rozdělení akce na **atomické události**
2. zjištění pravděpodobností atomických událostí
3. výpočet/odvození pravděpodobností pomocí **složených distribucí pravděpodobností** (*joint probability*