

# Úvod do umělé inteligence, jazyk Prolog

Aleš Horák

E-mail: [hales@fi.muni.cz](mailto:hales@fi.muni.cz)  
<http://nlp.fi.muni.cz/uui/>

Obsah:

- ▶ Organizace předmětu PB016
- ▶ Co je “umělá inteligence”
- ▶ Stručné shrnutí Prologu

## Organizace předmětu PB016

### Hodnocení předmětu:

- ▶ **průběžná písemka** (max 32 bodů)
  - v 1/2 semestru – v rámci 6. přednášky, pro všechny jediný termín
- ▶ **závěrečná písemka** (max 96 bodů)
  - dva řádné a jeden opravný termín
- ▶ hodnocení – součet bodů za obě písemky (max 128 bodů)
- ▶ známka A za více než 115 bodů známka E za více než 63 bodů
- ▶ rozdíl **zk, k, z** – různé limity
- ▶ někteří mohou získat body za **studentské referáty**
  - až 20 bodů – za kvalitní text (cca 5 stran) + 10–20 minut referát
  - nutné *před průběžnou písemkou* domluvit **téma** – projekt/program, algoritmus z Náplně předmětu
  - domluva *e-mailem* – návrh tématu, který musí projít schválením
- ▶ kdo opraví chybu nebo vylepší **demo příklady**, může dostat 1–5 bodů (celkem max 5)
- ▶ až 20 bodů za přepis všech *demo příkladů* do funkční podoby v **Pythonu**

## Základní informace

- ▶ cvičení – samostudium, v rámci “třetího kreditu”
- ▶ web stránka předmětu – <http://nlp.fi.muni.cz/uui/>
- ▶ <http://nlp.fi.muni.cz/uui/priklady/> – **demo příklady**
- ▶ slajdy – průběžně doplňovány na webu předmětu
- ▶ kontakt na přednášejícího – Aleš Horák <[hales@fi.muni.cz](mailto:hales@fi.muni.cz)> (**Subject: PB016 ...**)
- ▶ literatura:
  - Russell, S. a Norvig, P.: **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, 3rd ed., Prentice Hall, 2010. (prezenčně v knihovně)
  - Bratko, I.: **Prolog Programming for Artificial Intelligence**, Addison-Wesley, 2001. (prezenčně v knihovně)
  - slajdy na webu předmětu
  - Jirků, Petr: **Programování v jazyku Prolog**, Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1991.

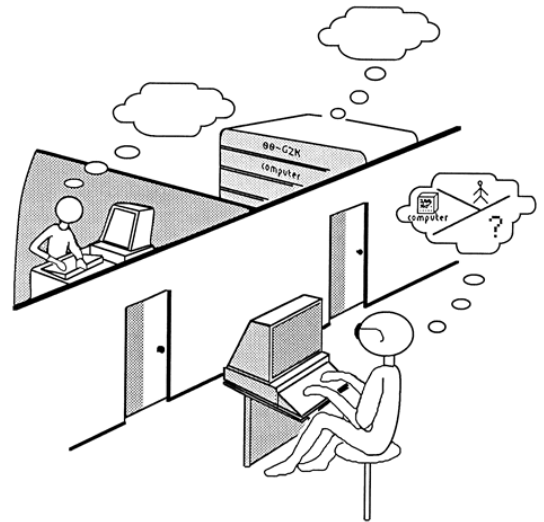
## Náplň předmětu

- ① úvod do UI, jazyk Prolog (20.9.)
- ② operace na datových strukturách (27.9.)
- ③ prohledávání stavového prostoru (4.10.)
- ④ heuristiky, best-first search, A\* search (11.10.)
- ⑤ dekompozice problému, AND/OR grafy (18.10.)
- ⑥ problémy s omezujícími podmínkami, **průběžná písemka** (25.10.)
- ⑦ hry a základní herní strategie (1.11.)
- ⑧ logický agent, výroková logika (8.11.)
- ⑨ logika prvního řádu a transparentní intenzionální logika (15.11.)
- ⑩ reprezentace a vyvozování znalostí (22.11.)
- ⑪ učení, rozhodovací stromy, neuronové sítě (29.11.)
- ⑫ zpracování přirozeného jazyka (6.12.)

# Co je "umělá inteligence"

- ▶ systém, který se chová jako člověk **Turingův test (1950)** zahrnuje:

- ▶ zpracování přirozeného jazyka (NLP)
- ▶ reprezentaci znalostí (KRepresentation)
- ▶ vyvozování znalostí (KReasoning)
- ▶ strojové učení
- ▶ (počítačové vidění)
- ▶ (robotiku)



od 1991 – **Loebnerova cena (Loebner Prize)** → každý rok \$4.000 za "nejlidštější" program, nabízí \$100.000 a zlatá medaile za složení celého Turingova testu



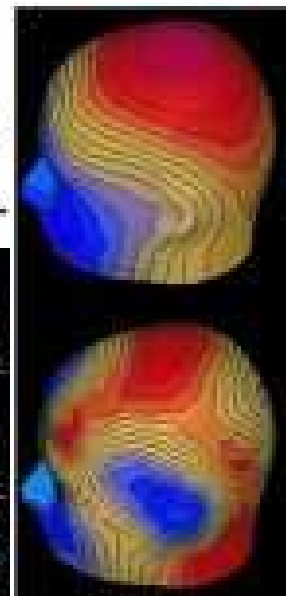
## ▶ systém, který myslí jako člověk

- ▶ snaha porozumět postupům lidského myšlení – **kognitivní (poznávací) věda**
- ▶ využívá poznatků neurologie, neurochirurgie, ... např.

*COLING 2000 – Angela Friederici: Language Processing in the Human Brain*

*Max Planck Institute of Cognitive Neuroscience, Leipzig*

měření "Event Related Potentials" (ERP) v mozku – jako potvrzení oddělení syntaxe a sémantiky při zpracování věty



## ▶ systém, který myslí rozumně od dob Aristotela (350 př.n.l.)

- ▶ náplň studia **logiky**
- ▶ problém – umět najít řešení teoreticky × prakticky (složitost a vyčísitelnost)
- ▶ problém – neúplnost a nejistota vstupních dat

▶ systém, který se chová rozumně inteligentní **agent** – systém, který

- ▶ jedná za nějakým účelem
- ▶ jedná samostatně
- ▶ jedná na základě vstupů ze svého prostředí
- ▶ pracuje delší dobu
- ▶ adaptuje se na změny

# Čím se budeme zabývat?

- ▶ základní **struktury** a **algoritmy** běžně používané při technikách **programování pro inteligentní agenty**
- ▶ **strategie** řešení, **prohledávání** stavového prostoru, **heuristiky**, ...
- ▶ s příklady v jazyce **Prolog**

## Stručné shrnutí Prologu

### Historie:

- ▶ 70. I. Colmerauer, Kowalski; D.H.D. Warren (WAM); → CLP, paralelní systémy
- ▶ PROgramování v LOGice; část predikátové logiky prvního řádu (logika Hornových klauzulí)
- ▶ deklarativnost (specifikace programu je přímo programem)
- ▶ řešení problémů týkajících se objektů a vztahů mezi nimi

### Prology na FI:

- ▶ SICStus Prolog (modul sicstus)
- ▶ SWI (modul pl)
- ▶ ECLiPSe (modul eclipse)
- ▶ stroje aisa, erinys, oreias, nymfe
- ▶ verze

## Příklad

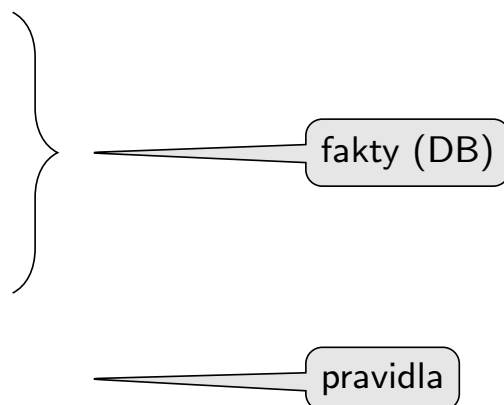
jednoduchý příklad – DB rodinných vztahů:

otec(milan,dana).  
otec(milan,petr).  
otec(jan,david).

matka(pavla,dana).  
matka(pavla,petr).  
matka(jana,david).

rodic(X,Y):- otec(X,Y).  
rodic(X,Y):- matka(X,Y).

?- otec(X,dana).	?- rodic(X,david).
X = milan	X = jan ;
Yes	X = jana ;



## Principy

- ▶ **backtracking** řízený **unifikací**, hojně využívá **rekurzi**
- ▶ spojitost s **logikou**:
  - důkaz pravdivosti cíle; cíl je dokázán, unifikuje-li s hlavou nějaké klauzule a všechny podcíle v těle této klauzule jsou rovněž dokázány. Strategie výběru podcíle: shora dolů, zleva doprava.
- ▶ **unifikace**:
  - řídicí mechanismus, hledání nejobecnějšího unifikátoru dvou termů.  
`info(Manzel,dana,Deti,svatba('20.12.1940')) = info(petr,dana,[jan,pavel],Info).`  
 po unifikaci: **Manzel=petr**, **Deti=[jan,pavel]**, **Info=svatba('20.12.1940')**
- ▶ **backtracking**:
  - standardní metoda prohledávání stavového prostoru do hloubky (průchod stromem → nesplnitelný cíl → návrat k nejbližšímu minulému bodu s alternativní volbou)
- ▶ **rekurze**
  - `potomek(X,Y):- rodic(Y,X).`
  - `potomek(X,Y):- rodic(Z,X), potomek(Z,Y).`

# Syntax jazyka Prolog

- ▶ logický (prologovský) program – seznam klauzulí (pravidel a faktů) – nikoli množina
- ▶ klauzule – seznam literálů
  - ▶ Literál před :- je hlava, ostatní literály tvoří tělo klauzule.
  - ▶ Význam klauzule je implikace:
    - hlava:-tělo1, tělo2, ....
    - tělo1  $\wedge$  tělo2  $\wedge$  ...  $\Rightarrow$  hlava
    - Pokud je splněno tělo1 a současně tělo2 a současně ..., pak platí také hlava.
  - ▶ 3 možné typy klauzulí:
    - fakt: hlava bez těla. Zápis v Prologu:  $p(\mathbf{X}, \mathbf{Y})$ . (ekv.  $p(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) :- true.$ )
    - pravidlo: hlava i tělo. Prolog:  $p(\mathbf{Z}, \mathbf{X}) :- p(\mathbf{X}, \mathbf{Y}), p(\mathbf{Y}, \mathbf{Z})$ .
    - cíl: tělo bez hlavy. Prolog:  $?- p(\mathbf{g}, \mathbf{f})$ .
- ▶ predikát – seznam (všech) klauzulí se stejným funktorem a aritou v hlavovém literálu.
  - ▶ Zapisuje se ve tvaru *funktor/arita* – **potomek/2**.

- ▶ literál – atomická formule, nebo její negace
- ▶ atomická formule – v Prologu zcela odpovídá složenému termu (syntaktický rozdíl neexistuje)
- ▶ term:
  - ▶ konstanta:  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{1}$ ,  $\mathbf{'.'}$ ,  $\mathbf{[]}$ ,  $\mathbf{sc2}$   
**atomic/1** (metalogické testování na konstantu)  
**atom/1**, **number/1**
  - ▶ proměnná:  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{Vys}$ ,  $\mathbf{-}$   
**var/1** (metalogické testování na proměnnou)
  - ▶ složený term:  $\mathbf{f(\mathbf{a}, \mathbf{X})}$   
 funktor, argumenty, arita  
**functor/3** dává funktor termu, **arg/3** dává  $n$ -tý argument  
 zkratka pro zápis seznamů:  
**[1, a, b3]** odpovídá struktuře  $\mathbf{'.'(1, \mathbf{'.'(a, \mathbf{'.'(b3, \mathbf{[]}))})}$

## Příklad

predikát **sourozenci(X,Y)** – je **true**, když **X** a **Y** jsou (vlastní) sourozenci.

```
sourozenci(X,Y):- otec(O,X), otec(O,Y), X\=Y, matka(M,X), matka(M,Y).
```

```
1 otec(milan,dana).
2 otec(milan,petr).
3 otec(jan,david).
4 matka(pavla,dana).
5 matka(pavla,petr).
6 matka(jana,david).
7 rodic(X,Y):- otec(X,Y).
8 rodic(X,Y):- matka(X,Y).
```

```
?- sourozenci(dana,Y).
1, otec(O,dana) % O = milan
2, otec(milan,Y) % Y = dana
3, dana \= dana % fail → backtracking
2*, otec(milan,Y) % Y = petr
3, dana \= petr % true
4, matka(M,dana) % M = pavla
5, matka(pavla,petr) % true
```

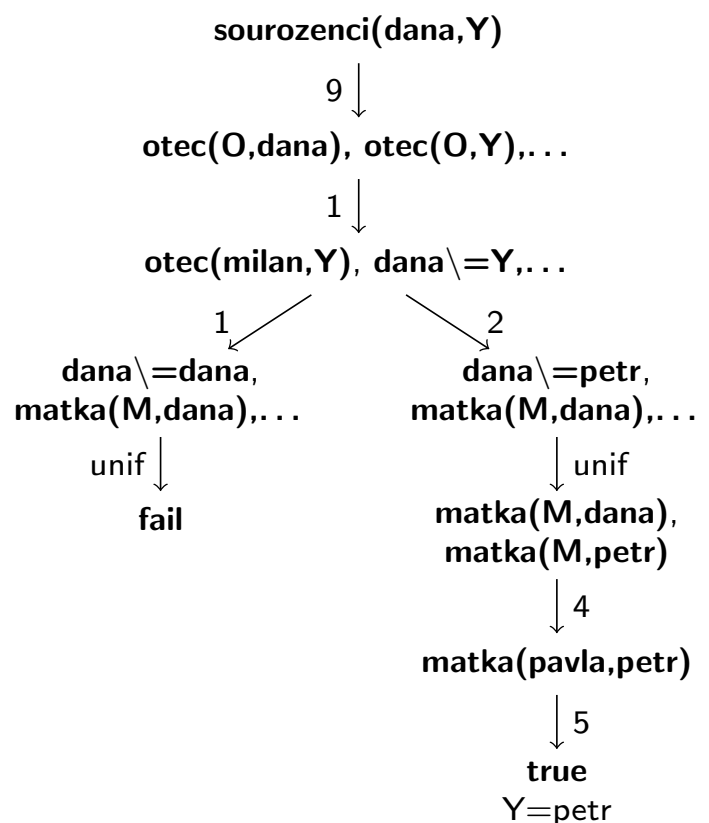
Y = petr

Yes

## Strom výpočtu

Dotaz ?- **sourozenci(dana,Y)**.

```
1 otec(milan,dana).
2 otec(milan,petr).
3 otec(jan,david).
4 matka(pavla,dana).
5 matka(pavla,petr).
6 matka(jana,david).
7 rodic(X,Y):- otec(X,Y).
8 rodic(X,Y):- matka(X,Y).
9 sourozenci(X,Y):- otec(O,X), otec(O,Y),
10   X\=Y,
11   matka(M,X), matka(M,Y).
```





## Rozdíly od procedurálních jazyků

### ▶ single assignment

- ▶ = (unifikace) vs. přiřazovací příkaz, == (identita), is (vyhodnocení aritm. výrazu). rozdíly:

?- A=1, A=B. % B=1 Yes

?- A=1, A==B. % No

?- A=1, B is A+1. % B=2 Yes

- ▶ vícesměrnost predikátů (omezená, obzvláště při použití řezu)

?- otec(X,dana).

?- otec(milan,X).

?- otec(X,Y).

(rozlišení vstupních/výstupních proměnných: + - ?)

- ▶ cykly, podmíněné příkazy

tiskniseznam(S) :- write('seznam='),nl,tiskniseznam(S,1).

tiskniseznam([],\_) :- write(''),nl.

tiskniseznam([H|T],N):- tab(4),write(N),write(': '),write(H),nl,N1 is N+1,  
tiskniseznam(T,N1).

## Programujeme

```
consult('program.pl'). % "kompiluj" program.pl
['program.pl',program2]. % "kompiluj" program.pl, program2.pl
listing. % vypiš programové predikáty
trace, rodic(X,david). % trasuj volání predikátu
notrace. % zruš režim trasování
halt. % ukonči interpret
```

## Fibonacciho čísla

**Fibonacciho čísla** jsou čísla z řady: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, ...

Rekurenční vzorec této řady je:  $\text{fib}_0 = 0$

$$\text{fib}_1 = 1$$

$$\text{fib}_i = \text{fib}_{i-1} + \text{fib}_{i-2}, \text{ pro } i \geq 2$$

Přepis do Prologu je přímočarý:

```
fib(0,0).
```

```
fib(1,1).
```

```
fib(X,Y) :- X1 is X-1, X2 is X-2, fib(X1,Y1), fib(X2,Y2), Y is Y1+Y2.
```

## Fibonacciho čísla II

Předchozí program – **exponenciální** časová **složitost** (konstatní paměťová)

Využití extralogických predikátů – **lineární** časová **složitost** (a lineární paměťová)

```
fib(0,0).
```

```
fib(1,1).
```

```
fib(X,Y) :- X1 is X-1, X2 is X-2, fib(X1,Y1), fib(X2,Y2), Y is Y1+Y2,
           asserta(fib(X,Y)).
```