

# 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:

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

## Co je "umělá inteligence"

- ▶ systém, který se chová jako člověk

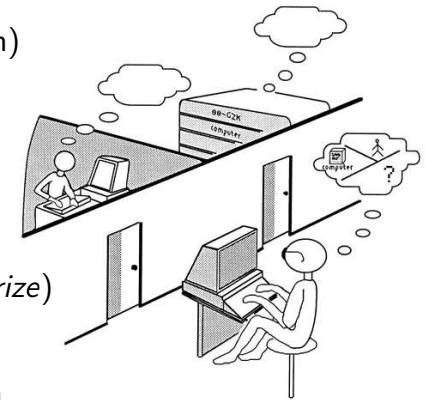
**Turingův test** (1950) zahrnuje:

- ▶ 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 (od 2019 bez odměn)



- ▶ systém, který myslí jako člověk

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

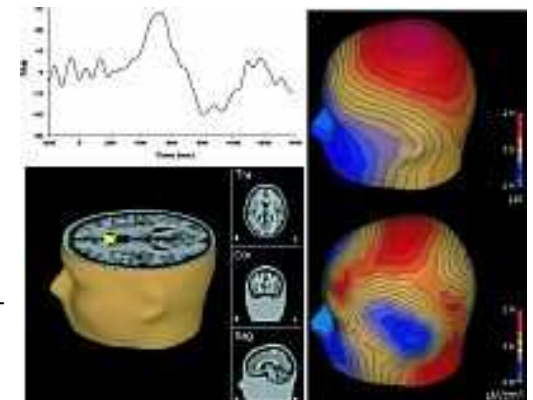
*Angela Friederici:*

*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

- ▶ 2013–2023 **Human Brain Project**, Geneva, Švýcarsko



## Čím se budeme zabývat?

- ▶ systém, který myslí rozumně od dob Aristotela (350 př.n.l.)
  - ▶ náplň studia **logiky**
  - ▶ problém – umět najít řešení teoreticky × prakticky (složitost a vyčíslitelnost)
  - ▶ problém – neúplnost a nejistota vstupních dat
- ▶ systém, který se chová rozumně (inteligentně)
  - ▶ inteligentní **agent** – systém, který
    - ▶ jedná za nějakým účelem
    - ▶ jedná samostatně
    - ▶ jedná na základě vstupů ze svého prostředí
    - ▶ pracuje delší dobu
    - ▶ adaptuje se na změny

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

## Náplň předmětu

- 1 úvod do UI, jazyk Prolog (18.9.)
- 2 operace na datových strukturách (25.9.)
- 3 prohledávání stavového prostoru (2.10.)
- 4 heuristiky, best-first search, A\* search (9.10.)
- 5 dekompozice problému, AND/OR grafy (16.10.)
- 6 problémy s omezujícími podmínkami, **průběžná písemka** (23.10.)
- 7 hry a základní herní strategie (30.10.)
- 8 logický agent, výroková logika (6.11.)
- 9 logika prvního řádu a transparentní intenzionální logika (13.11.)
- 10 reprezentace a vyvozování znalostí (20.11.)
- 11 učení, rozhodovací stromy, neuronové sítě (27.11.)
- 12 zpracování přirozeného jazyka (4.12.)

## 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  $\geq 115$  bodů známka E za  $\geq 63$  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 **příklady z přednášek**, může dostat 1–5 bodů (celkem max 5)

## Základní informace

- ▶ cvičení – samostudium, v rámci “třetího kreditu”
- ▶ web stránka předmětu – <http://nlp.fi.muni.cz/uui/>
- ▶ <http://nlp.fi.muni.cz/uui/priklady/> – [příklady z přednášek](#)
- ▶ slajdy – průběžně doplňovány na webu předmětu
- ▶ kontakt na přednášejícího – Aleš Horák <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.

## 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:

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

## Příklad

jednoduchý příklad – DB rodinných vztahů:

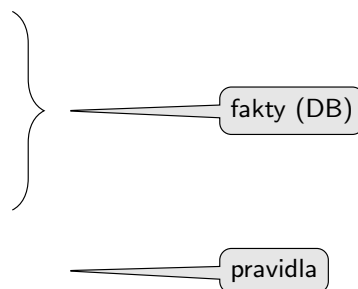
```
otec(milan,dana).
otec(milan,petr).
otec(jan,david).
```

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

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

```
?- otec(X,dana).
X = milan
Yes
```

```
?- rodic(X,david).
X = jan ;
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 (přechod 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(X,Y)**. (ekv.  $p(X,Y):-true$ .)
    - **pravidlo**: hlava i tělo. Prolog: **p(Z,X) :- p(X,Y), p(Y,Z)**.
    - **cíl**: tělo bez hlavy. Prolog: **?- p(g,f)**.
- ▶ **predikát** – seznam (všech) klauzulí se stejným **funktoem** 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: **a, 1, '.', [], sc2**  
**atomic/1** (metalogické testování na konstantu)  
**atom/1, number/1**
  - ▶ proměnná: **X, Vys, \_**  
**var/1** (metalogické testování na proměnnou)
  - ▶ složený term: **f(a,X)**  
funktor, argumenty, arita  
**functor/3** dává funktor termu, **arg/3** dává  $n$ -tý argument  
zkratka pro zápis seznamů:  
**[1,a,b3]** odpovídá struktuře **'(1, '(a, '(b3, []))**

## 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).
```

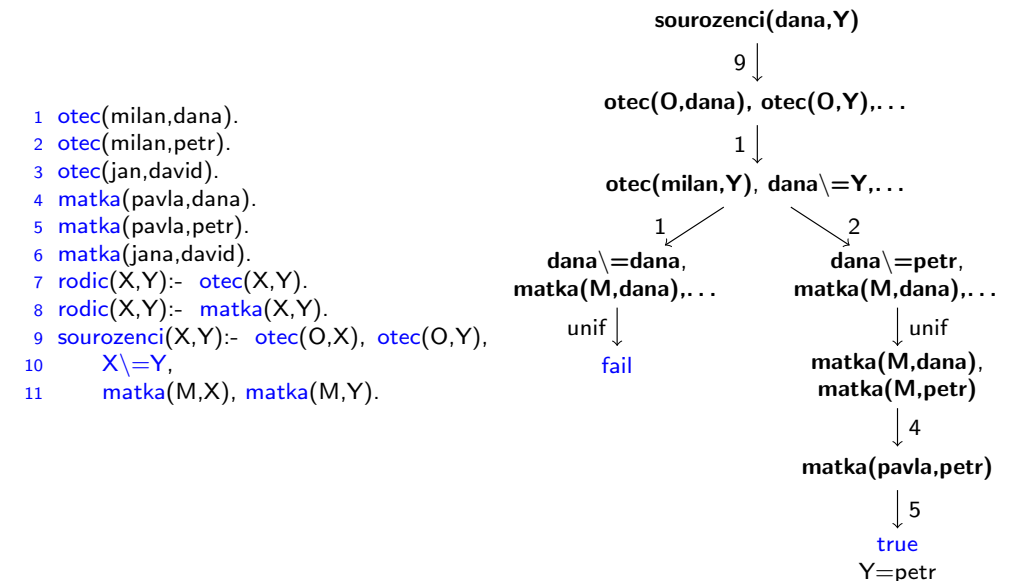
```
?- sourozenci(dana,Y).
1, otec(O,dana) % O = milan
2, otec(milan,Y) % Y = dana
3, dana \= dana % fail -> backtracking
2*, otec(milan,Y) % Y = petr
3, dana \= petr % true
4, matka(M,dana) % M = pavla
5, matka(pavla,petr) % true
```

Y = petr

Yes

## Strom výpočtu

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



## 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:  $fib_0 = 0$

$fib_1 = 1$

$fib_i = fib_{i-1} + fib_{i-2}$ , 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 paměť pro data, lineární pro zásobník)

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)).
```