

Úvod do umělé inteligence, jazyk Prolog

Aleš Horák

E-mail: 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 každého 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
- rozdíly **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).

ZÁKLADNÍ INFORMACE

- přednáška je nepovinná
- 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> (**Subject: PB016 ...**)
- literatura:
 - Russell, S. a Norvig, P.: **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, 2nd.ed., Prentice Hall, 2003. (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.

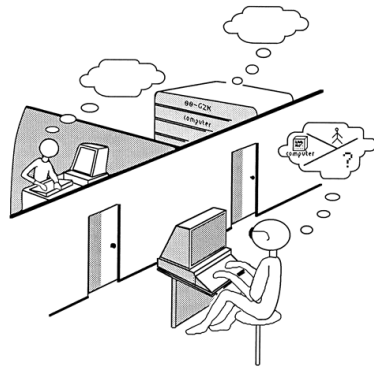
NÁPLŇ PŘEDMĚTU

- 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 hry a základní herní strategie (25.10.)
- ⑦ problémy s omezujícími podmínkami, **průběžná písemka** (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 INTELIENCE”

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

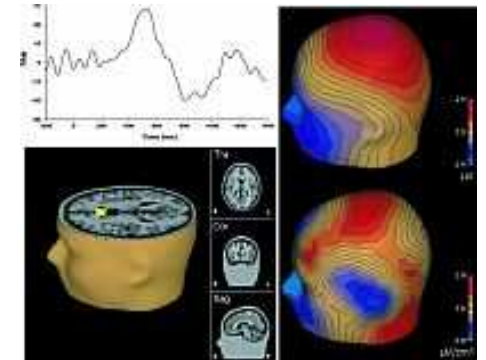
systém, který myslí jako člověk

- 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 vyčíslitelnost)
 → 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

PRINCIPY

- backtracking řízený unifikací, hojně využívá rekurzi
- spojitost s **logikou**: snaha dokázat pravdivost daného 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. Např.

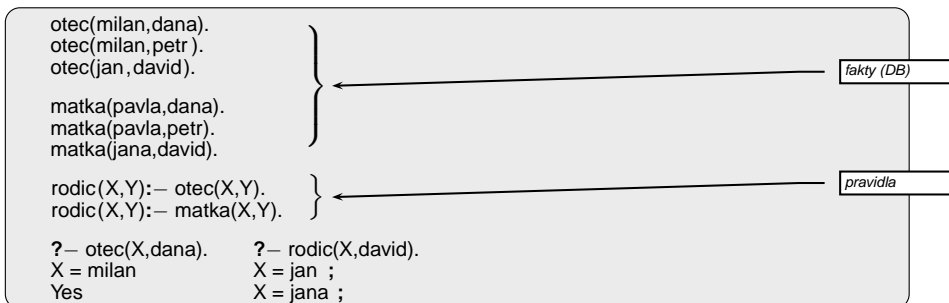
informace(Manzel,dana,Deti,svatba('20.12.1940')) = informace(petr,dana,[jan,pavel], Info).

 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).
```

PŘÍKLAD

jednoduchý příklad – DB rodinných vztahů:



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 ∧ tělo2 ∧ ... ⇒ 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 **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: **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
```

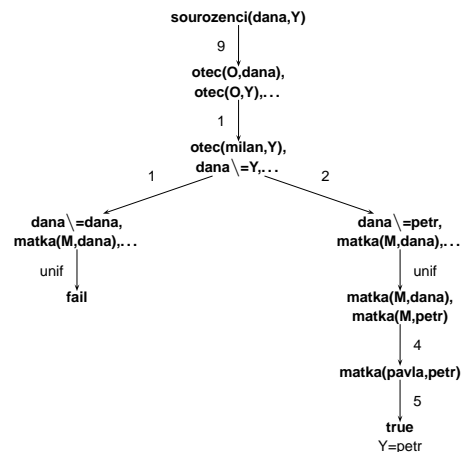
Y = petr

Yes

STROM VÝPOČTU

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

```
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), X\=Y,
10 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

```
tisknizeznam(S) :- write('seznam=[',nl,tisknizeznam(S,1).
tisknizeznam([],_) :- write(']'),nl.
tisknizeznam([H|T],N):- tab(4),write(N),write(':'),write(H),nl,N1 is N+1,tisknizeznam(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.                     % ukončí 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: $fib_0 = 0$

$$fib_1 = 1$$

$$fib_i = fib_{i-1} + fib_{i-2}, \text{ pro } i \geq 2$$

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)).
```