Úvod do umělé inteligence, jazyk Prolog

Aleš Horák

E-mail: hales@fi.muni.cz

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

Obsah:

ORGANIZACE PŘEDMĚTU PB016

Hodnocení předmětu:

➜ **průběžná písemka** (max 32 bodů)
  - v první 1/2 semestru – **25. října** v rámci 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

➜ *nově* – někteří můžou 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

ZÁKLADNÍ INFORMACE

➜ přednáška je nepovinná

➜ cvičení – samostudium, v rámci "třetího kreditu"

➜ web stránka předmětu – `http://nlp.fi.muni.cz/uui/`

➜ 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.

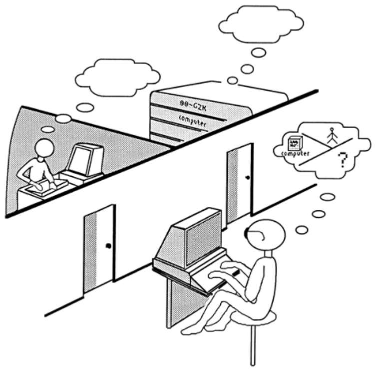
NÁPLŇ PŘEDMĚTU

1. 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. inteligentní agenti, výroková logika, predikátová logika prvního řádu **(8.11.)**
9. TIL – transparentní intenzionální logika **(15.11.)**
10. reprezentace a vyvozování znalostí **(22.11.)**
11. **studentské referáty (29.11.)**
12. učení, rozhodovací stromy, neuronové sítě **(6.12.)**
13. zpracování přirozeného jazyka **(13.12.)**
14. **předtermín (20.12.)**

Co je “umělá inteligence”

systém, který se chová jako člověk Turingův test (1950)

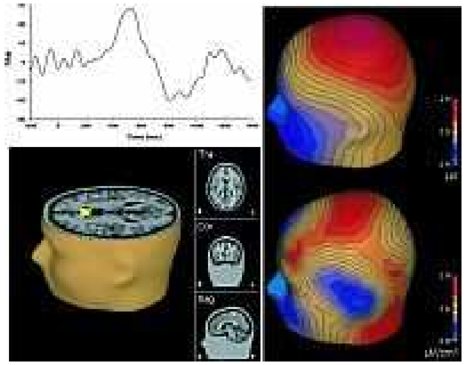
zahrnuje:
- zpracování přirozeného jazyka (NLP)
- reprezentaci znalostí (KRepresentation)
- vyvozování znalostí (KReasoning)
- strojové učení
- (počítačové vidění)
- (robotiku)



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
- 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 programovaní pro inteligentní agenty
- strategie řešení, prohledávání stavového prostoru, heuristiky, . . .
- s příklady v jazyce Prolog

Stručné shrnutí Prologu

Historie:

- 70. l. 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).
```


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 **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

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 ;
```

fakty (DB) (otec, matka)

pravidla (rodic)

PŘÍKLAD

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

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

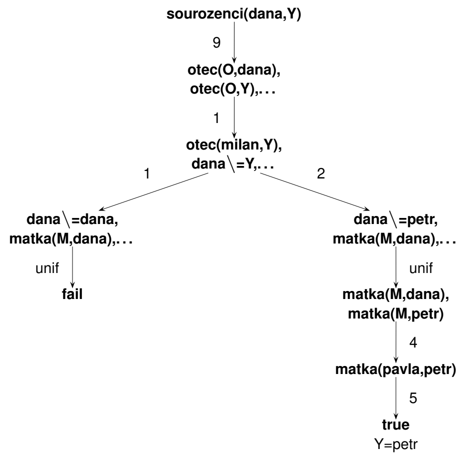
```
1 otec(milan,dana).
2 otec(milan,petr).
3 otec(jan,david).
4 matka(pavla,dana).
5 matka(pavla,petr).
6 matka(jana,david).
7 rodic(X,Y):− otec(X,Y).
8 rodic(X,Y):− matka(X,Y).
```

```
?− 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, matka(M,dana)        % M = pavla
4, 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,
                     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:

$$\mathrm{fib}_0 = 0$$
$$\mathrm{fib}_1 = 1$$
$$\mathrm{fib}_i = \mathrm{fib}_{i-1} + \mathrm{fib}_{i-2}, \mathrm{pro}\ i \geq 2$$

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)).
```