

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 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

- ▶ 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](#), 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

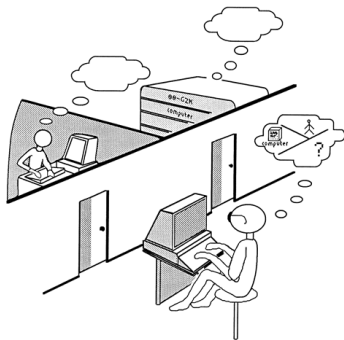
- 1 úvod do UI, jazyk Prolog (26.9.)
- 2 operace na datových strukturách (3.10.)
- 3 prohledávání stavového prostoru (10.10.)
- 4 heuristiky, best-first search, A* search (17.10.)
- 5 dekompozice problému, AND/OR grafy (24.10.)
- 6 hry a základní herní strategie, [průběžná písemka](#) (31.10.)
- 7 problémy s omezujícími podmínkami (7.11.)
- 8 logický agent, výroková logika (14.11.)
- 9 logika prvního řádu a transparentní intenzionální logika (21.11.)
- 10 reprezentace a vyvozování znalostí (28.11.)
- 11 učení, rozhodovací stromy, neuronové sítě (5.12.)
- 12 zpracování přirozeného jazyka (12.12.)

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)

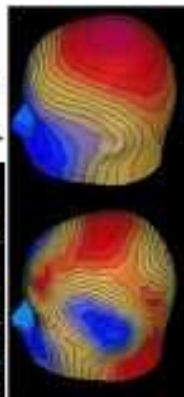
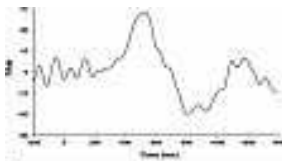
od 1991 – **Loebnerova**
cena (*Loebner Prize*) → každý
rok \$4.000 za “nejlidštější” program,
nabízí \$100.000 a zlatá medaile
za složení celého Turingova testu



- ▶ 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

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).`

Příklad

jednoduchý příklad – DB rodinných vztahů:

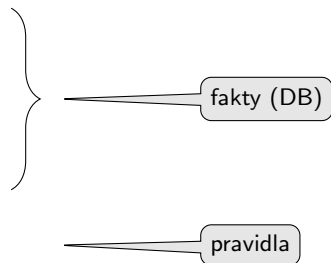
otec(milan,dana).
otec(milan,petr).
otec(jan,david).

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 ;



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,
 - $\text{tělo1} \wedge \text{tělo2} \wedge \dots \Rightarrow \text{hlava}$
 - *Pokud je splněno tělo1 a současně tělo2 a současně ..., pak platí také hlava.*
 - ▶ 3 možné typy klauzulí:
 - fakt: hlava bez těla. Zápis v Prologu: $\mathbf{p(X,Y)}$. (ekv. $p(X,Y):-true.$)
 - pravidlo: hlava i tělo. Prolog: $\mathbf{p(Z,X) :- p(X,Y), p(Y,Z)}$.
 - cíl: tělo bez hlavy. Prolog: $\mathbf{?- p(g,f)}$.
- ▶ 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

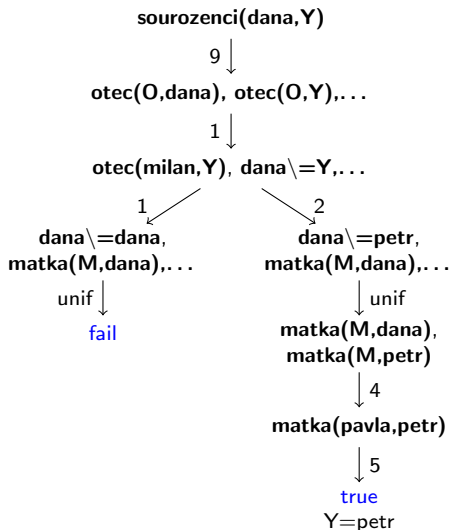
Strom výpočtu

```

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).

```

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
 - 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. % 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)).
```