

Úvod do umělé inteligence, jazyk Prolog

Aleš Horák

E-mail: 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)

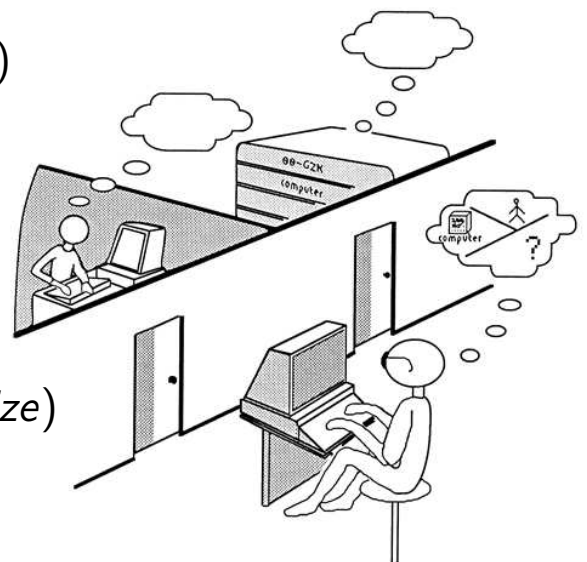
od 1991 – **Loebnerova cena** (*Loebner Prize*)

→ každý rok

\$4.000 za “nejlidštější” program, nabízí

\$100.000 a zlatá medaile za složení celého

Turingova testu (od 2019 bez odměn)





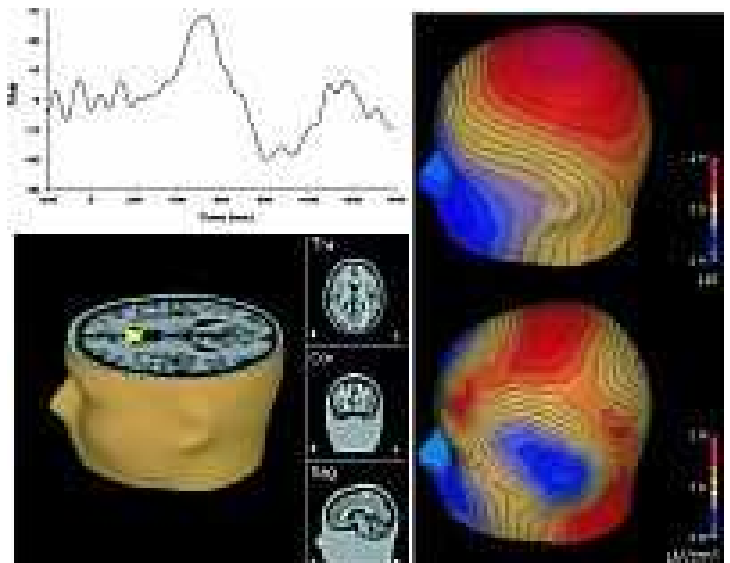
Co je "umělá inteligence"

► 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

- ▶ 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

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** 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 ≥ 115 bodů známka E za ≥ 63 bodů
- ▶ rozdíly [zk](#), [k](#), [z](#) – různé limity
- ▶ 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
- ▶ 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:

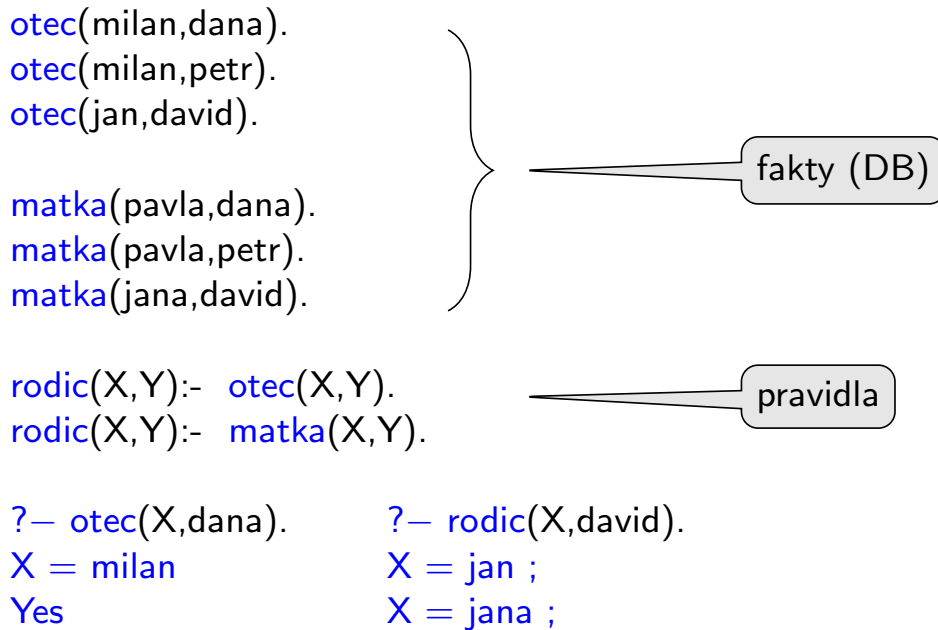
- ▶ 70. I. Colmerauer, Kowalski; D.H.D. Warren (WAM); → CLP, paralelní systémy
- ▶ PROgramování v LOGice; část predikátové logiky prvního řádu (logika Hornových klauzulí)
- ▶ deklarativnost (specifikace programu je přímo programem)
- ▶ řešení problémů týkajících se objektů a vztahů mezi nimi

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:



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(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
```

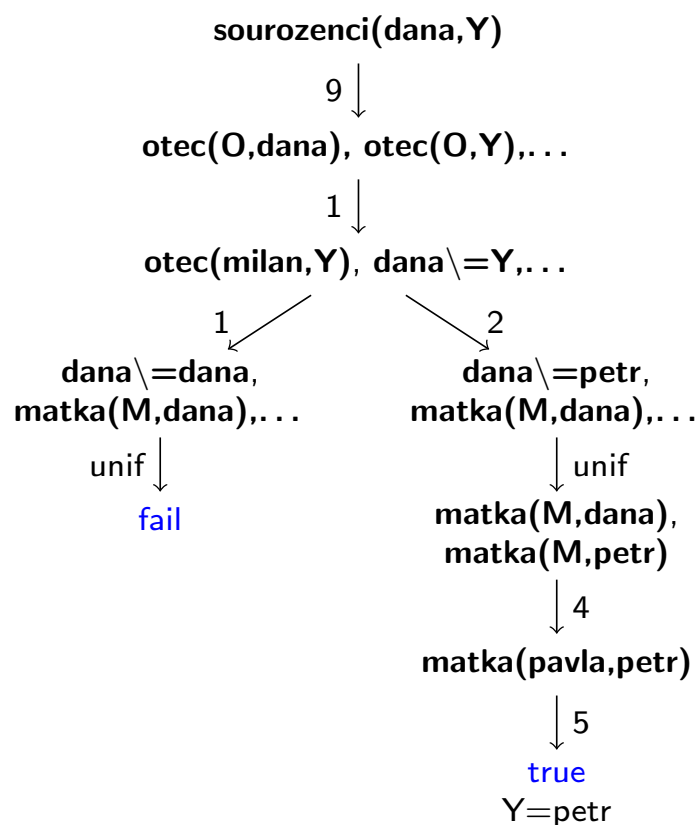
Y = petr

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),
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 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)).
```