

Modelování výukových dat

Radek Pelánek

Kontext a účel přednášky

- odlišné od zbytku předmětu – nikoliv „standardní pojmy“, ale aktuální výzkum na FI
- ilustrace různých přístupů v jedné oblasti:
 - výpočetní
 - statistické
- ilustrace praktického kontextu modelování:
 - sběr dat
 - volby při návrhu modelů, parametry
 - evaluace
 - aplikace

- Co ovlivňuje obtížnost problémů?
- Jak predikovat obtížnost problémů?
- Jak detekovat schopnosti studentů?

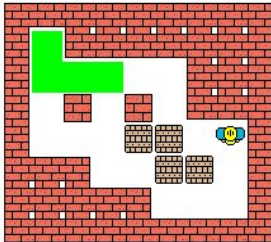
Obtížnost a výpočetní modelování

případové studie Sokoban, Sudoku:

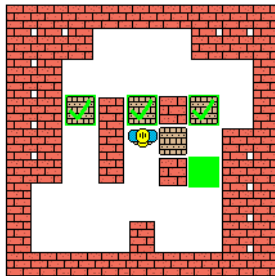
- sběr dat
- analýzy dat, hledání metrik obtížnosti
- výpočetní modely

Sokoban

4 min



49 min

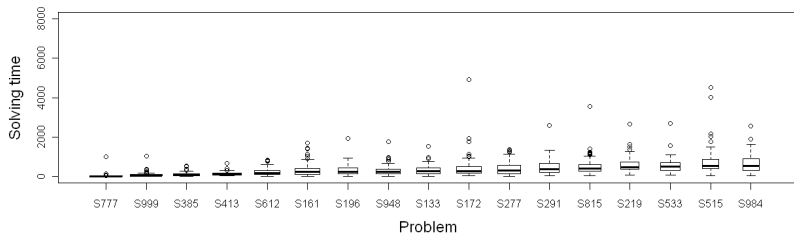


Sběr dat

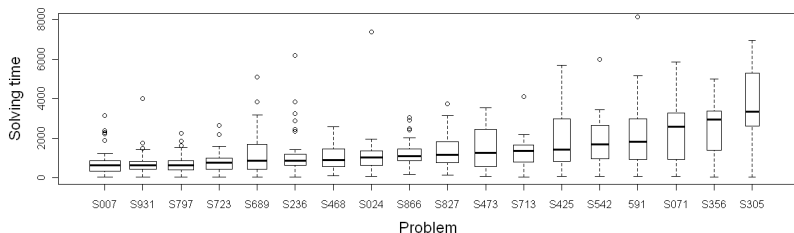
- vlastní web
- logování všech tahů
- 35 levelů, vždy 4 bedny
- cca 2000 odehraných her, data robustní

Výsledky – čas

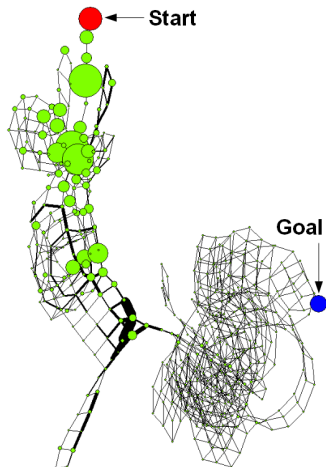
Sokoban solving time (problems 1-17)



Sokoban solving time (problems 18-35)



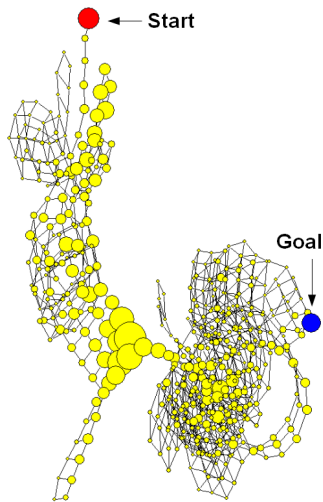
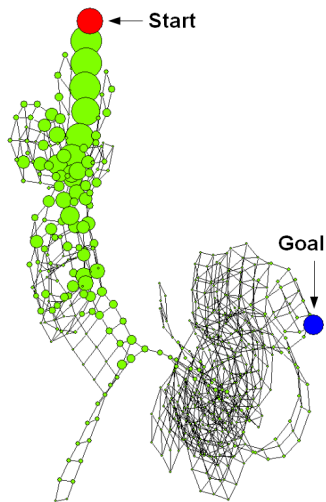
Stavový prostor – čas strávený lidmi



Výpočetní model

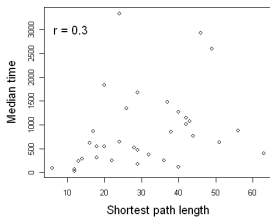
- dynamické procházení stavového prostoru
- snaha simulovat chování člověka (nikoliv myšlení)
- jednoduchý model, kombinace dvou tendencí
 - „dobrý nápad“ – ideální posun směrem k cíli
 - bloudění – náhoda
- čím blíže k cíli, tím méně náhody

Lidé a model

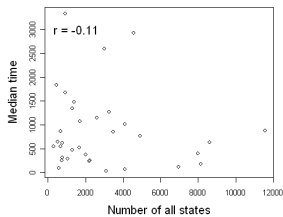


Metriky obtížnosti

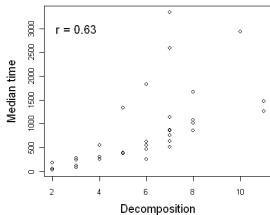
Shortest path length and median time



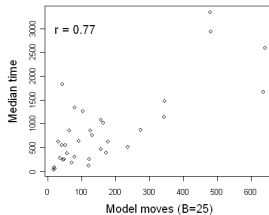
Number of all states and median time



Decomposition



Model moves and median time (B=25)

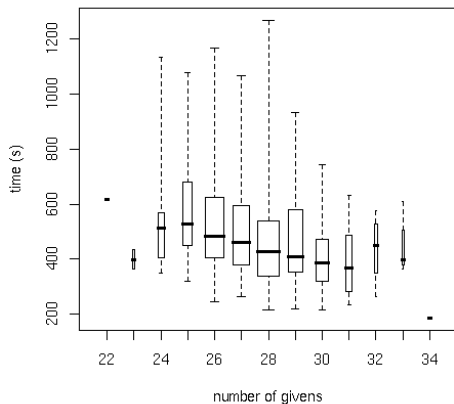


Sudoku

	7	5			1	8		4
		9						3
					5	1	2	
		4			8	6	3	
	2	3	1			4		
	4	7	9					
1						9		
3		6	4			2	8	

- `fed-sudoku.eu`:
 - cca 1000 zadání, časy pro 100 řešitelů
 - data od webmastera
- `sudoku.org.uk`:
 - cca 1000 zadání, cca 1000 řešitelů, jen průměrný čas
 - stažené skriptem z webu
- `czech-sudoku.com`:
 - použito cca 20 zadání
 - logy her (každý tah)
 - stažené z webu / od webmastera

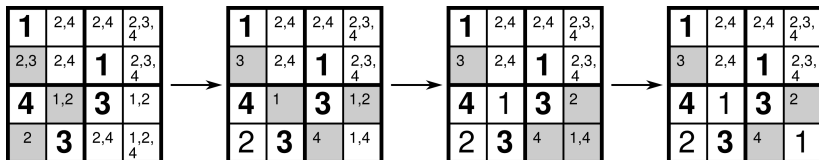
Naivní metrika: počet čísel v zadání



Výpočetní model

- „logické techniky“ pro odvození další pozice (hidden single, naked single, hidden pair, X-wing, ...)
- náhodně vybere jedno z možných doplnění a pak pokračuje

Výpočetní model: příklad



Výpočetní modely: principy

- běžný přístup: hodně logických technik, mnoho parametrů
- náš model: málo technik, málo parametrů
 - snazší vyhodnocení
 - lepší přenositelnost
 - lepší „vhled“

Jednoduchý výpočetní model

- jen dvě základní logické techniky (hidden single, naked single)
- selže jednoduchá logika \Rightarrow prohledávání
 - hledá pole, kde je potřeba nejmenší počet kroků k vyvrácení špatných kandidátů
 - aproximace složitějších logických technik

Model vs lidé: srovnání pro konkrétní hru

lidé

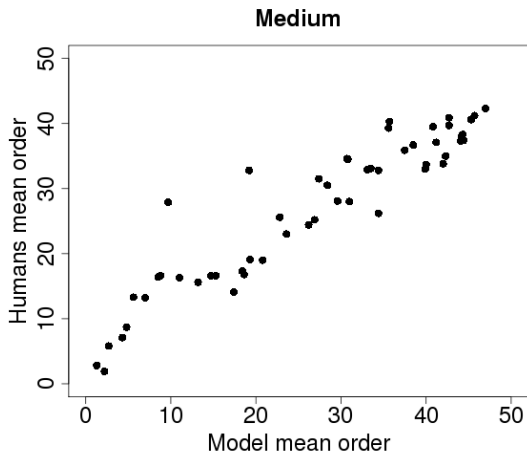
6		1			2		8	
9				4		1		7
	8							
	2		9					
		5	6		8	3		
					4		5	
							3	
5		8		2				1
	4		7			8		6

model

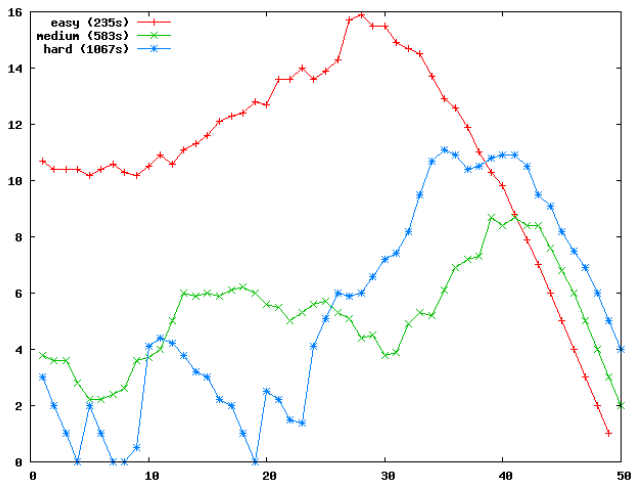
6		1			2		8	
9				4		1		7
	8							
	2		9					
		5	6		8	3		
					4		5	
							3	
5		8		2				1
	4		7			8		6

Pozn. Možná aplikace – usnadnění řešení, generování nápověd (aplikace tohoto principu na výukové úlohy – DP Martin Vardan)

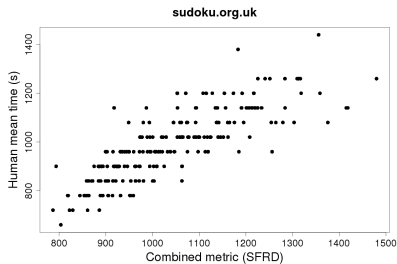
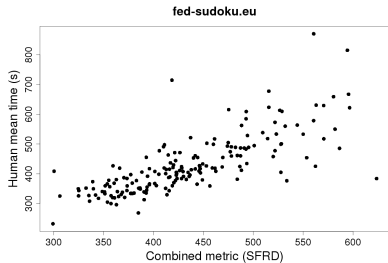
Model vs lidé: srovnání pro konkrétní hru



Počet možných „tahů“ a obtížnost



Výsledky: kombinovaná metrika



koeficient determinace r^2

metric	fed-sudoku.eu		sudoku.org.uk	
	all	simple	all	simple
number of givens	6%	5%	2%	12%
Serate	49%	30%	74%	28%
Serate LM	61%	36%	75%	43%
Fowler's	47%	28%	76%	41%
Refutation sum	47%	–	70%	–
Dependency	45%	54%	49%	62%
Combined (RD)	54%	–	78%	–
Combined (SFRD)	66%	57%	91%	66%

Shrnutí zkušeností – Sokoban, Sudoku

- „statické“ metriky nefungují
- „dynamické“ výpočetní modely
 - jednoduché, abstraktní modely, málo parametrů, fungují docela dobře
 - nejsou úplně přímočaré – spousta „dobrých nápadů“ nefungovala
- metrika „vzorek lidí“ – i pro úlohy s jednoduchými pravidly těžké překonat

- `tutor.fi.muni.cz` dočasně kvůli technickému výpadku na `tutor.thran.cz`
- současně:
 - sběr dat o řešení
 - využití dat pro predikce, doporučování úloh
- predikce pomocí **statistického** modelu – model, který není vůbec specifický pro konkrétní úlohu
- inspirace: doporučující systémy (recommender systems), např. Amazon, Netflix
- asi 30 úloh (logické, matematické, informatické)

Tutor: úlohy

tutor.fi.muni.cz

PROBLEM SOLVING

TUTOR



Body: 4464



Jste přihlášen jako **radek** v individuálním módu

Můj účet

přepnout na Výukový mód

Odhlásit

PROBLÉMY

STATISTIKY

VÝSLEDKOVKA

Informatické



Interaktivní
Python



Konečné
automaty

```
#include <stdio.h>
#define N 5

main() {
    int s, y;

    printf(" ");
    for (s = 1; s <= N;
        printf("???", " ");
        printf("%u\n", s);
    }
```

Programování
v C

pes zajíc
kočka rys
husa kozel

$^*[a-z](3,4)^*$

Regulární
výrazy



Robot Karel



Robotanik



Želví grafika

Matematické

	X	Y	Z
A	1	1	1
B	0	0	
C		1	1

Binární
křížovka



Grafář (nová
verze)



Matematické
pexeso 2



Obrazce



Rozbitá
kalkulačka



Transformace



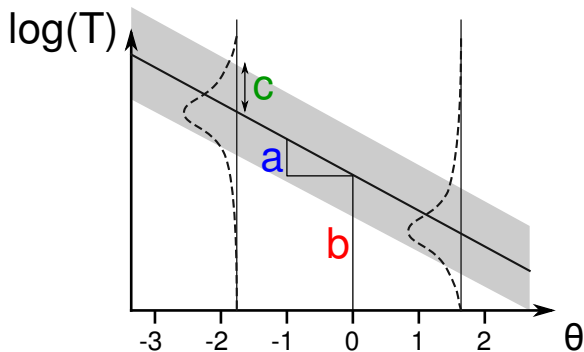
Výpočetní
stromy

Tutor: předpovědi

tutor.fi.muni.cz

Kuželosečky - hyperboly Neřešeno Předpověď 1:12	Komplexní čísla - násobení Vyřešeno Čas 0:58	Logaritmy a mocniny - vzorečky Neřešeno Předpověď 1:14	Komplexní čísla - mocniny i Vyřešeno Čas 1:24	Vlastnosti funkcí Neřešeno Předpověď 1:17	Kuželosečky 2 Vyřešeno Čas 1:05	Zlomky Neřešeno Předpověď 1:19	Komplexní čísla - absolutní hodnoty Vyřešeno Čas 0:45	Logaritmy - hodnoty 2 Neřešeno Předpověď 1:23
Kvadratické rovnice - řešení Vyřešeno Čas 1:45	Vzdálenosti Vyřešeno Čas 1:16	Kuželosečky Neřešeno Předpověď 1:35	Množiny - základní operace Neřešeno Předpověď 1:42	Kombinační čísla Neřešeno Předpověď 1:42	Kvadratická funkce 2 Neřešeno Předpověď 1:44	Definiční obory a obory hodnot Neřešeno Předpověď 1:46	Logaritmy - vzorečky Vyřešeno Čas 2:42	Množiny Neřešeno Předpověď 1:56
Směs Neřešeno Předpověď 2:02	Derivace - goniometrické funkce Vyřešeno Čas 2:15	Součty Vyřešeno Čas 1:10	Kombinační čísla - vzorečky Neřešeno Předpověď 2:17	Komplexní čísla Neřešeno Předpověď 2:17	Úhly 2 Neřešeno Předpověď 2:29	Nerovnosti Neřešeno Předpověď 2:39	Kuželosečky - kružnice Neřešeno Předpověď 2:56	Limity funkcí Vyřešeno Čas 2:36

Model obtížnosti úloh



Odhad parametrů

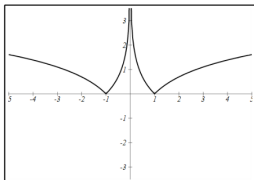
- dostupná data: uživatel i vyřešil úlohu j v čase t_{ij}
- potřebujeme současně odhadnout:
 - schopnosti uživatelů θ
 - parametry problémů a, b, c
- metody strojového učení (stochastic gradient descent)
- analogické doporučujícím systémům (např. Netflix – hodnocení filmů)
- vyhodnocení: úspěšnost predikcí (RMSE)

stejná základní obtížnost

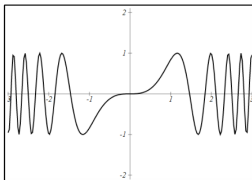
vysoká diskriminace

vysoká náhodnost

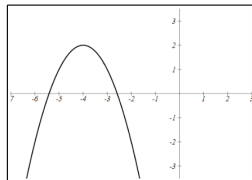
"na jistotu"



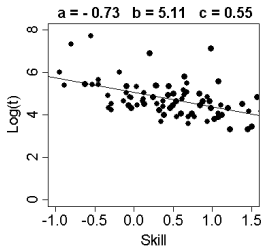
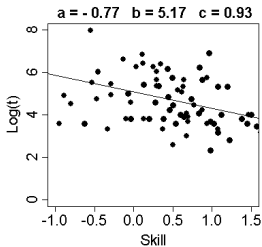
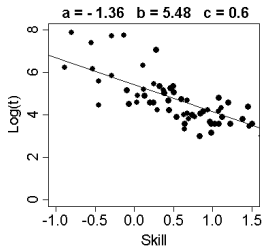
$\text{abs}(\log(\text{abs}(x)))$



$\sin(x^3)$



$-(x+4)^2+2$

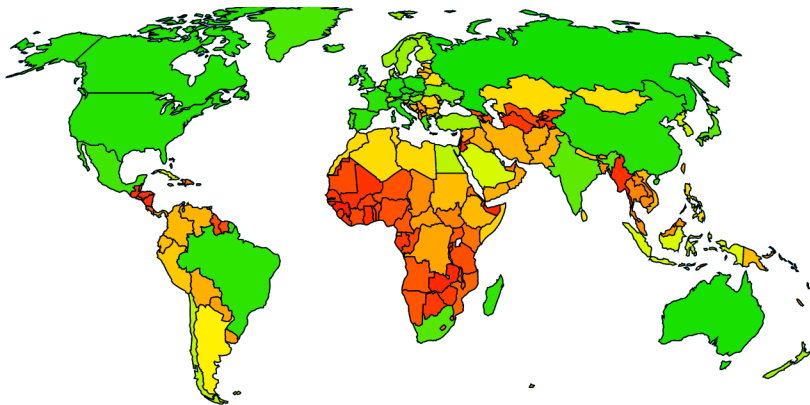


Slepé mapy

- `slepemapy.cz`
- státy, města, pohoří, ...
- základní data: uživatel, místo, správnost odpovědi
- model: predikuje pravděpodobnost správné odpovědi
- adaptabilní chování na základě predikcí modelu

Slepé mapy – obtížnost států

model využívá mimo jiné: „globální znalost studenta“, „obtížnost států“



Výpočetní vs statistické modely

- výpočetní
 - simulace chování člověka
 - specifické pro problém, vhled
 - využitelné pro nápovědy
 - náročná příprava
- statistické
 - popisné
 - metody strojového učení
 - povrchnější, menší vhled
 - snadnější použití, široce aplikovatelné

Úvaha o technikách a problémech

- „technika \rightarrow problém“
- „problém \rightarrow technika“

- modely: výpočetní, statistické
- kvantitativní vyhodnocení nad daty
- aplikace modelů v reálných systémech

možnost zapojení (např. BP, DP) – máme spousty zajímavých dat a nezodpovězených otázek ...