

Modelování výukových dat, obtížnosti problémů

Radek Pelánek

Kontext

- odlišné od zbytku předmětu – nikoliv „standardní pojmy“, ale aktuální výzkum na FI
- osobní zkušenosti
- výzkumná skupina Adaptive Learning
<http://www.fi.muni.cz/adaptivelearning/>

Účel přednášky

- ilustrace různých přístupů v jedné oblasti:
 - výpočetní
 - statistické
- ilustrace praktického kontextu modelování:
 - sběr dat
 - volby při návrhu modelů, parametry
 - evaluace
 - aplikace

Otázky

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

aplikace: výukové systémy

Obtížnost a výpočetní modelování

případové studie Sokoban, Sudoku:

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

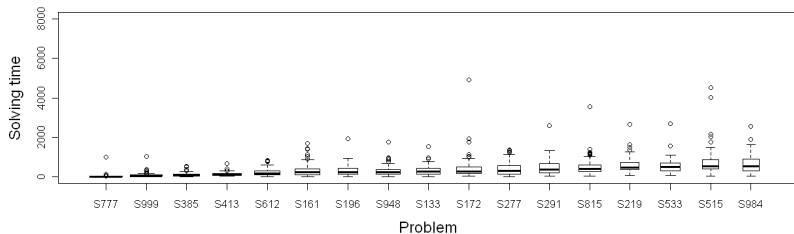
Sběr dat

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

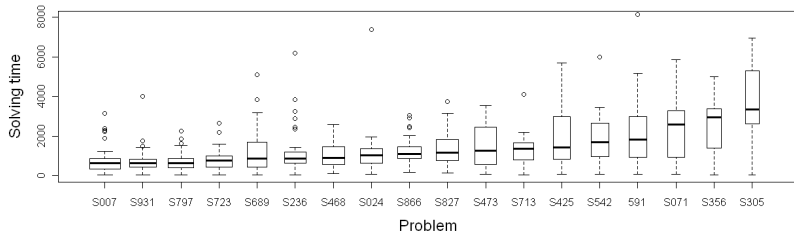
Sokoban

Výsledky – čas

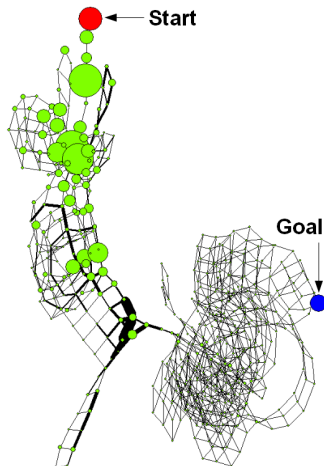
Sokoban solving time (problems 1-17)



Sokoban solving time (problems 18-35)



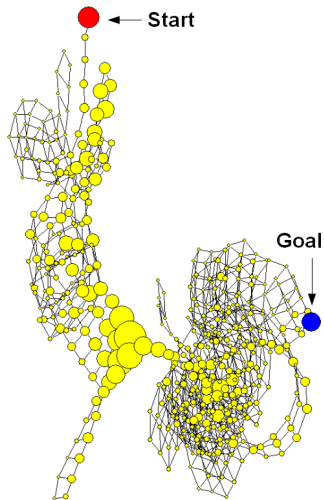
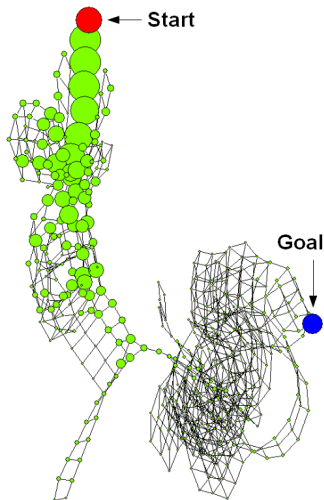
Stavový prostor – čas strávený lidmi



Výpočetní model

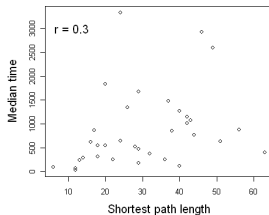
- dynamické procházení stavového prostoru
- snaha simulovat chování člověka (nikoliv myšlení)
- jednoduchý model, kombinace dvou tendencí
 - „dobrý nápad“ – ideální posun směrem k cíli
 - bloudění – náhoda
- čím blíže k cíli, tím méně náhody

Lidé a model

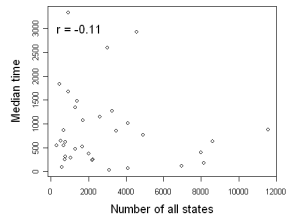


Metriky obtížnosti

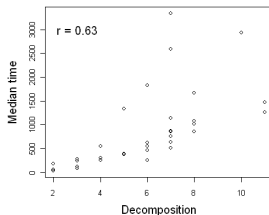
Shortest path length and median time



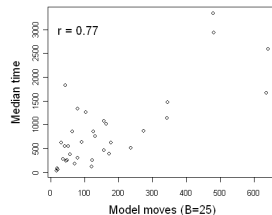
Number of all states and median time



Decomposition



Model moves and median time (B=25)



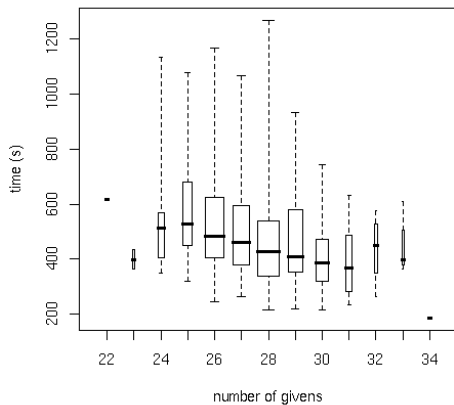
Sudoku

	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	

Sběr dat

- 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

1	2,4	2,4	2,3,4
2,3	2,4	1	2,3,4
4	1,2	3	1,2
2	3	2,4	1,2,4



1	2,4	2,4	2,3,4
3	2,4	1	2,3,4
4	1	3	1,2
2	3	4	1,4



1	2,4	2,4	2,3,4
3	2,4	1	2,3,4
4	1	3	2
2	3	4	1,4



1	2,4	2,4	2,3,4
3	2,4	1	2,3,4
4	1	3	2
2	3	4	1

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

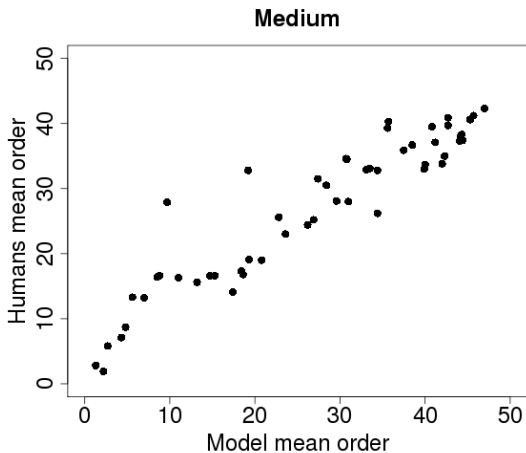
6		1			2		8	
9				4		1		7
	8							
	2		9					
		5	6		8	3		
					4		5	
							3	
5		8		2				1
	4		7			8		6

model

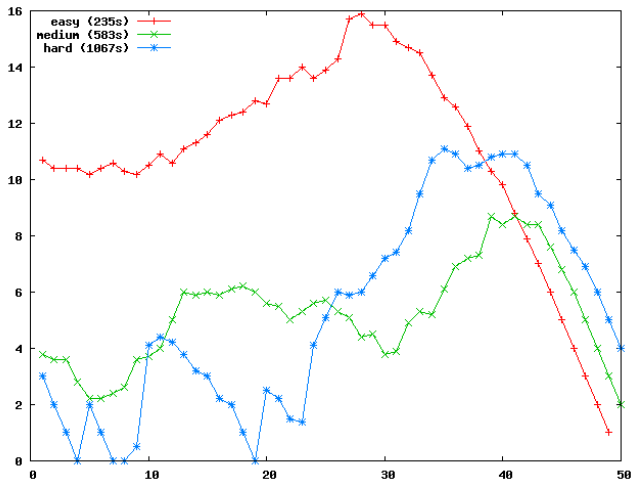
6		1			2		8	
9				4		1		7
	8							
	2		9					
		5	6		8	3		
					4		5	
							3	
5		8		2				1
	4		7			8		6

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

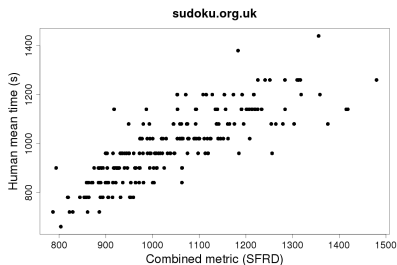
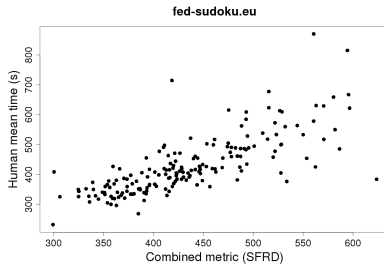
Model vs lidé: srovnání pro konkrétní hru



Počet možných „tahů“ a obtížnost



Výsledky: kombinovaná metrika



Výsledky

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 web

- `tutor.fi.muni.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, infromatické)

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

```
1 def foo(n):
2   if n > 10:
3     r = n / 5
4   else:
5     r = n % 5
6   return r
```

Interaktivní Python



Konečné automaty

```
#include <stdio.h>
#define N 8
main() {
  int x, y;
  printf(" ");
  for (x = 1; x <= N;
  printf("%3d ", x));
  printf("\n");
}
```

Programování v C

pes	zajíc
kočka	rys
husa	kozol
[a-z]{3,4}	

Regulární výrazy



Robot Karel



Robotanik



Želvi 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



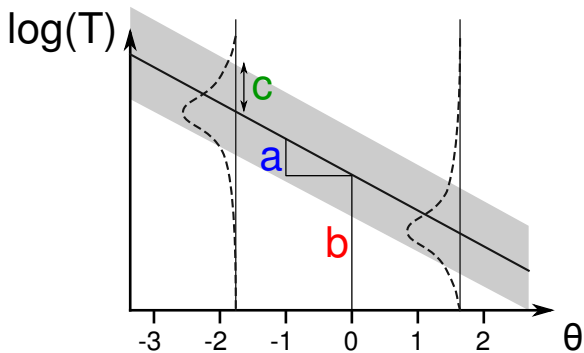
Výpočetní stromy

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

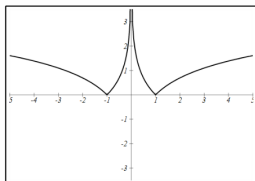
- dostupná data: uživatel i vyřešil úlohu j v čase t_{ij}
- potřebujeme současně odhadnout:
 - schopnosti uživatelů θ
 - parametry problémů a, b, c
- metody strojového učení (stochastic gradient descent)
- analogické doporučujícím systémům (např. Netflix – hodnocení filmů)
- vyhodnocení: úspěšnost predikcí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

stejná základní obtížnost

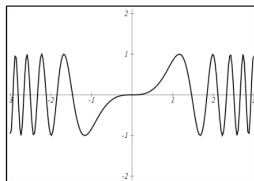
vysoká diskriminace

vysoká náhodnost

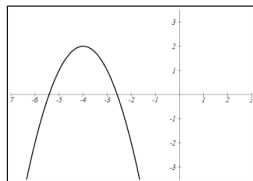
"na jistotu"



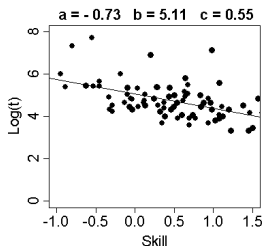
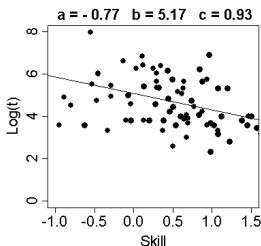
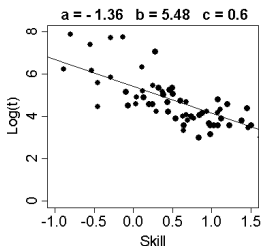
$abs(log(abs(x)))$



$sin(x^3)$



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

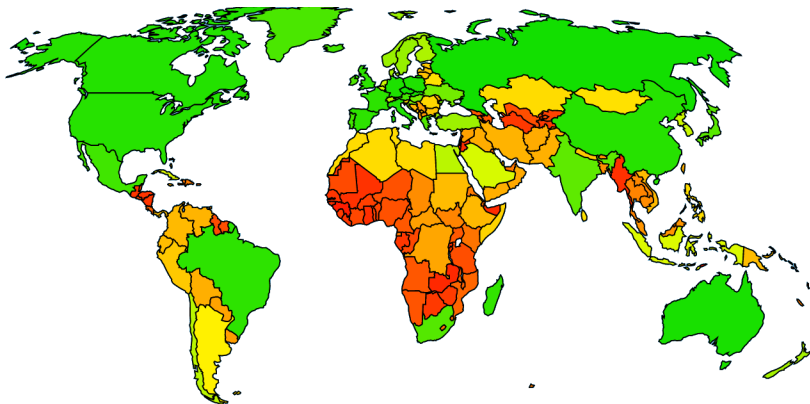


Slepé mapy

- slepemapy.cz
- státy, města, pohoří, ...
- základní data: uživatel, místo, správnost odpovědi
- model:
 - predikuje pravděpodobnost správné odpovědi
 - variace na Elo systém (hodnocení hráčů, šachy)
- adaptabilní chování na základě predikcí modelu
- podobné principy použity u: anatom.cz, matmat.cz, poznavaackaprirody.cz a dalších

Slepé mapy – obtížnost států

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



Výukové systémy – simulace

- adaptivní výukový systém:
 - model pro predikci úspěšnosti
 - algoritmus pro výběr otázky
 - studenti
- zpětné vazby, netriviální chování
- využití simulace (simulování studentů)
 - dopad různých nastavení systému
 - zkoumání zpětné vazby mezi modelem a algoritmem

Výpočetní vs statistické modely

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

Úvaha o technikách a problémech

Když máte v ruce kladivo, všechno na světě vám připadá jako hřebík . . .

- „technika → problém“
- „problém → technika“

Shrnutí

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

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