

Modelování a výukové systémy

Radek Pelánek

- odlišné od zbytku předmětu – nikoliv „standardní pojmy“, ale aktuální výzkum na FI
- osobní zkušenosti, ilustrace postupného vývoje (cca 15 let)
- rozmanité způsoby využití modelů, simulací
- výzkumná skupina Adaptive Learning
<http://www.fi.muni.cz/adaptivelearning/>

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

aplikační doména: online (adaptabilní) výukové systémy

- Co ovlivňuje obtížnost problémů?
- Jak predikovat obtížnost problémů?
- Jak detekovat schopnosti studentů?
- Jak ovlivňují zpětné vazby sběr dat a vyhodnocování modelů?

Úvodní zamyšlení

Jaký je rozdíl mezi „obtížností“ a „složitostí“? K čemu se hodí umět je měřit?

Jakým způsobem odhadovat obtížnost?

- logické úlohy (Sudoku, Sokoban)
- státy světa
- slovíčka v cizím jazyce
- slovní úlohy v matematice
- programátorské úlohy v Pythonu

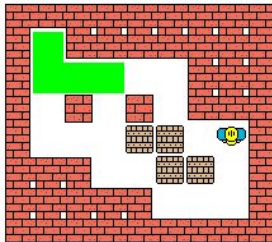
Obtížnost a výpočetní modelování

případové studie Sokoban, Sudoku:

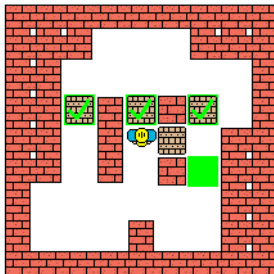
- sběr dat
- analýzy dat, hledání metrik obtížnosti
- výpočetní modely

Sokoban

4 min

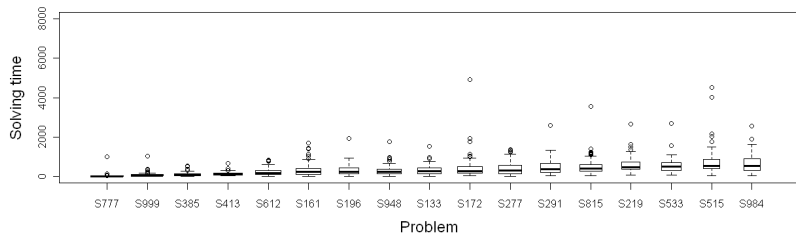


49 min

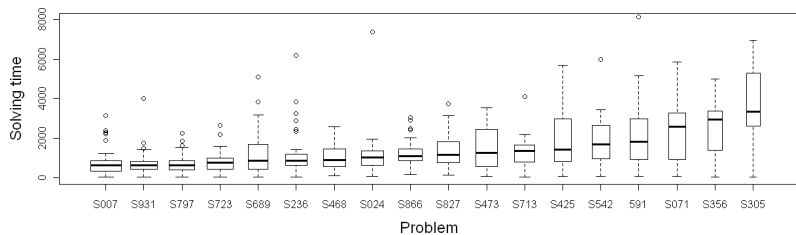


- vlastní web
- logování všech tahů
- 35 levelů, vždy 4 bedny
- cca 2000 odehraných her, data robustní

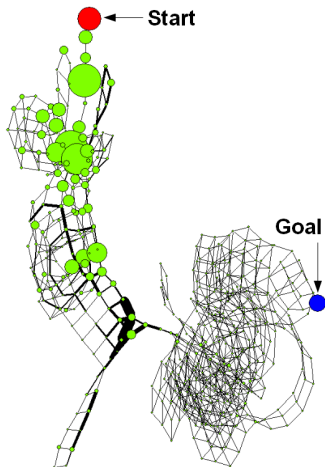
Sokoban solving time (problems 1-17)



Sokoban solving time (problems 18-35)

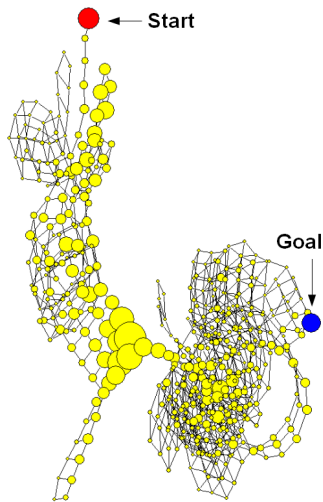
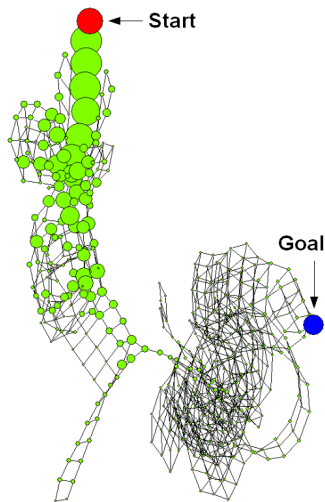


Stavový prostor – čas strávený lidmi



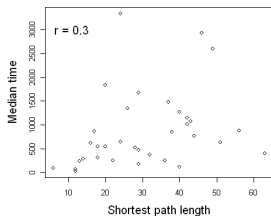
- dynamické procházení stavového prostoru
- snaha simulovat chování člověka (nikoliv myšlení)
- jednoduchý model, kombinace dvou tendencí
 - „dobrý nápad“ – ideální posun směrem k cíli
 - bloudění – náhoda
- čím blíže k cíli, tím méně náhody

Lidé a model

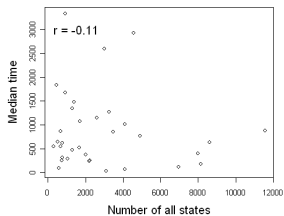


Metriky obtížnosti

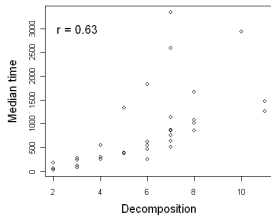
Shortest path length and median time



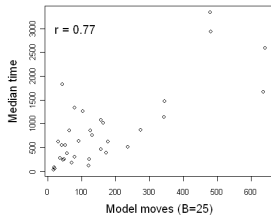
Number of all states and median time



Decomposition



Model moves and median time (B=25)

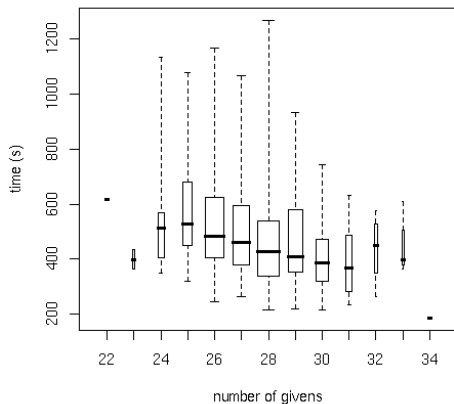


Sudoku

	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	

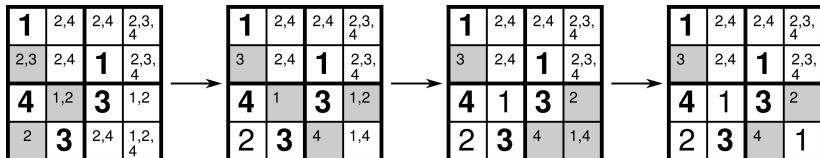
- `fed-sudoku.eu`:
 - cca 1000 zadání, časy pro 100 řešitelů
 - data od webmastera
- `sudoku.org.uk`:
 - cca 1000 zadání, cca 1000 řešitelů, jen průměrný čas
 - stažené skriptem z webu
- `czech-sudoku.com`:
 - použito cca 20 zadání
 - logy her (každý tah)
 - stažené z webu / od webmastera

Naivní metrika: počet čísel v zadání



- „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

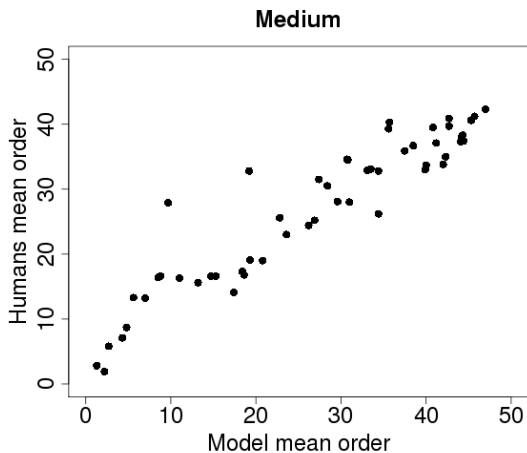
6		1			2		8	
9				4		1		7
	8							
	2		9					
		5	6		8	3		
					4		5	
							3	
5		8		2				1
	4		7			8		6

model

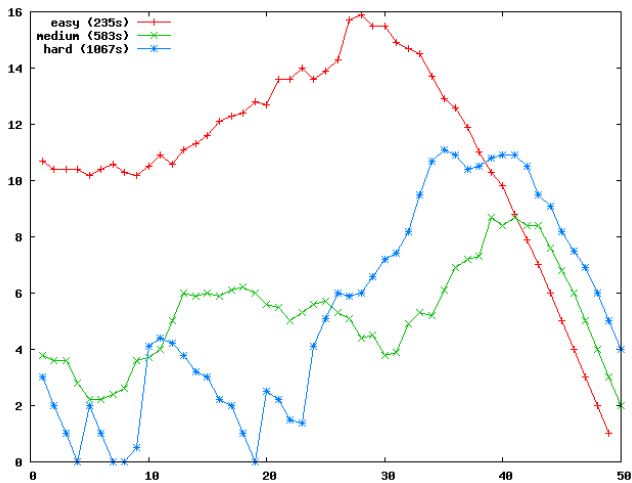
6		1			2		8	
9				4		1		7
	8							
	2		9					
		5	6		8	3		
					4		5	
							3	
5		8		2				1
	4		7			8		6

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

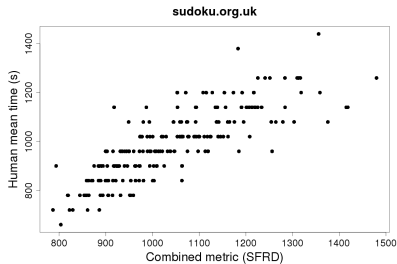
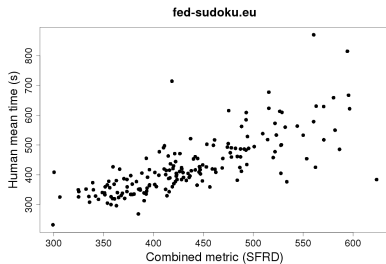
Model vs lidé: srovnání pro konkrétní hru



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%

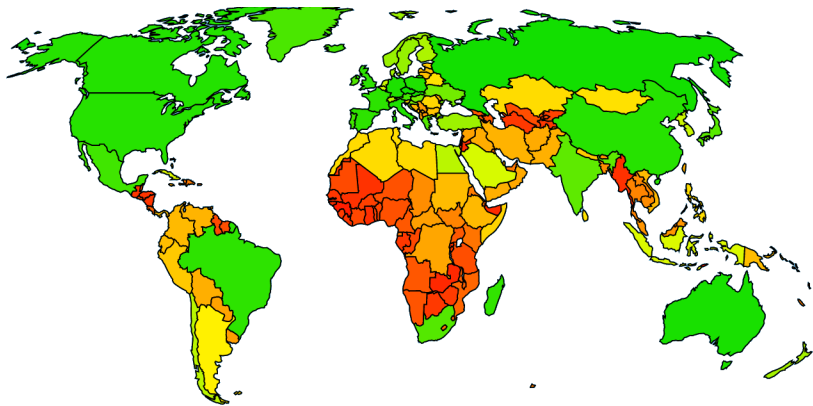
Shrnutí zkušeností – Sokoban, Sudoku

- „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

- státy, města, pohoří, . . .
- základní data: uživatel, místo, správnost odpovědi
- adaptabilní chování na základě predikcí modelu
- model:
 - predikce pomocí **statistického** modelu – model, který není vůbec specifický pro konkrétní úlohu
 - inspirace: doporučující systémy (recommender systems), např. Amazon, Netflix
 - predikuje pravděpodobnost správné odpovědi
 - variace na Elo systém (hodnocení hráčů, šachy)

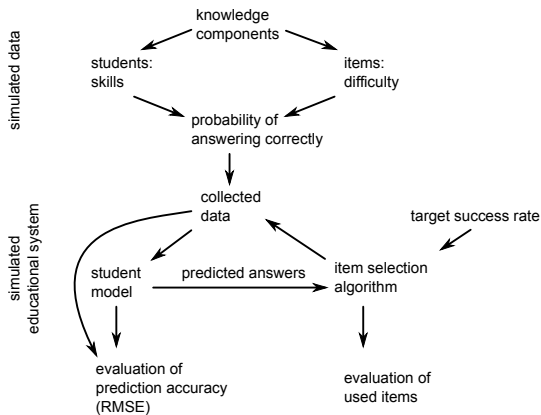
Slepé mapy – obtížnost států

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



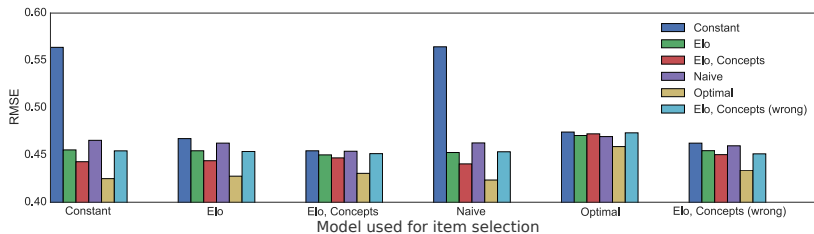
- adaptivní výukový systém:
 - model pro predikci úspěšnosti
 - algoritmus pro výběr otázky
 - studenti
- zpětné vazby, netriviální chování
 - rozdíl oproti „předpověď počasí“
- využití simulace (simulování studenti)
 - dopad různých nastavení systému
 - zkoumání zpětné vazby mezi modelem a algoritmem
 - analýza zkruslení způsobených sběrem dat

Simulace zpětných vazeb při sběru dat



Exploring the Role of Small Differences in Predictive Accuracy using Simulated Data

Zpětné vazby při sběru dat: dopad



Exploring the Role of Small Differences in Predictive Accuracy using Simulated Data

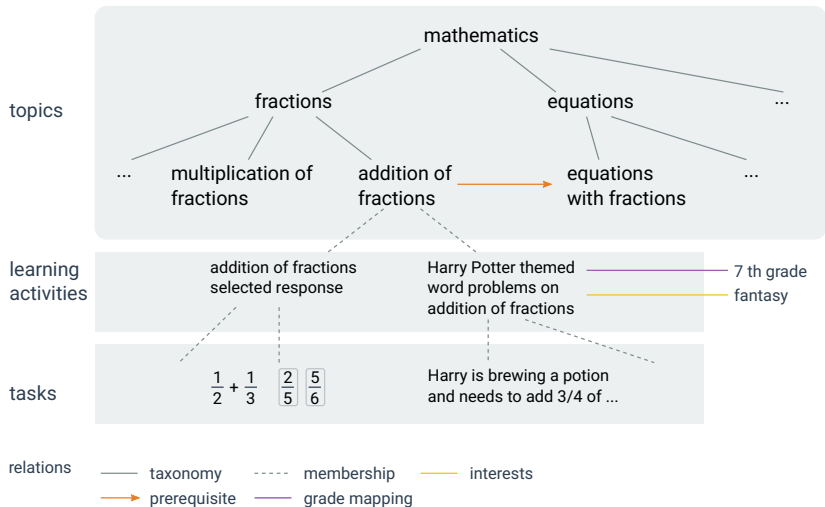
- umimeto.org
- původně čeština, nyní rozsáhlé pokrytí výuky na ZŠ, SŠ
- důraz na:
 - model domény – členění obsahu do jemných konceptů (za využití analýzy dat)
 - **mastery learning**
 - doporučování

Model domény

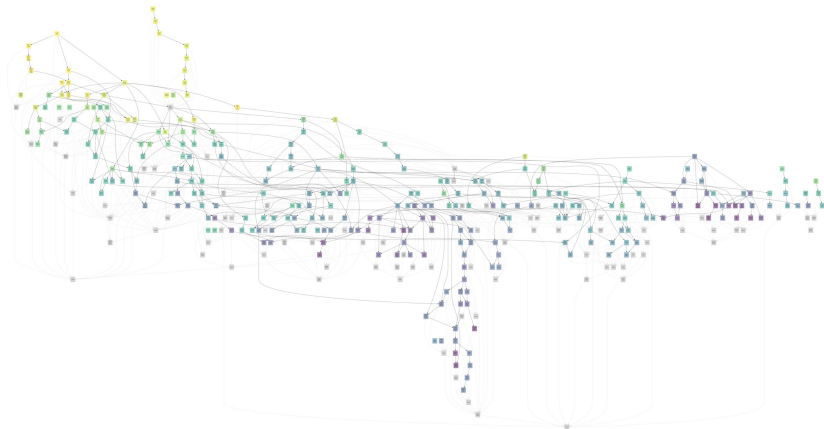
- taxonomie témat (aritmetika, sčítání, sčítání do 10, ...)
- prerekvizity
- mapování témat na školní ročníky
- mapování zadání na témata
- obtížnost zadání

Co je dobrý model matematiky?

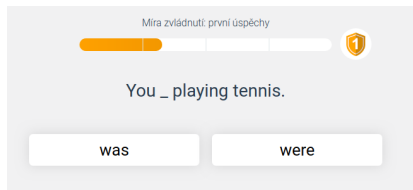
Model domény koncepčně



Model domény prakticky

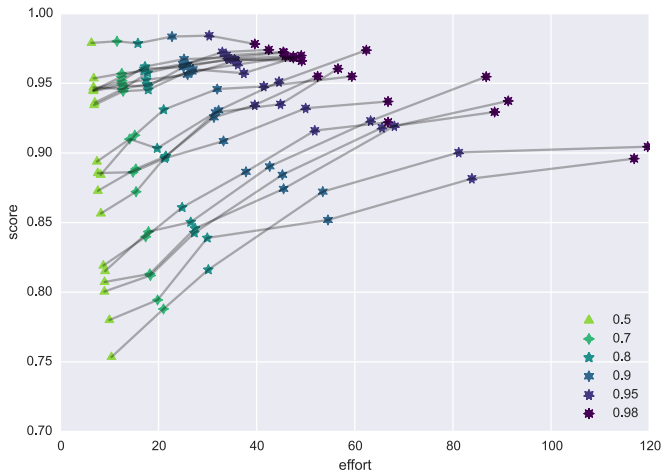


Mastery learning a simulace



- mastery learning – student řeší, dokud téma dostatečně nezvládá
- nastavení kritéria pro mastery learning – komplikované
- využití simulací
 - porovnání různých kritérií ve zjednodušených scénářích
 - analýza citlivosti parametrů

Analýza citlivosti pro mastery kritérium



Experimental Analysis of Mastery Learning Criteria

Doporučující algoritmus

- cíl: doporučit vhodné procvičování pro studenta
- systém založený na IF-THEN pravidlech \sim produkční systémy pro modelování myšlení

Table 4 Examples of rules for recommending learning activity A to a student s .

rule name	condition	priority
follow topic	s mastered B well, $(B, A) \in \text{follow}$	0.9
pred topic	s wheelspining B , $(A, B) \in \text{follow}$	0.8
repetition normal	s mastered A normally, at least 10 days ago	0.5
homework	s has homework A and current time $> 2\text{PM}$	1

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

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

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

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

možnost zapojení (IV127, BP, DP) – spousty zajímavých dat, velký dopad