

Modelování: obecné principy

Radek Pelánek

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Model

model = zjednodušená reprezentace skutečnosti

Přirovnání...

... learning about modeling is a lot like learning about sex: despite its importance, most people do not want to discuss it, and no matter how much you read about it, it just doesn't seem the same when you actually get around to doing it.
(J. H. Miller, S. E. Page, Complex adaptive systems)

(Připisováno autorům: George Box, Edwards Deming)

Všechny modely jsou špatně ...

model:

- **vždy** zjednodušením, abstrakcí reality
(jinak by to nebyl model)
- **nikdy** nemůže být úplně dobře, vždy se něčím od reality liší

... Některé modely jsou užitečné.

- **užitečnost** díky zjednodušení
 - *Umění je lež, která nám pomáhá uvědomit si pravdu.*
(Picasso)
 - Model je lež, která nám pomáhá pochopit realitu.
- jen **některé** modely jsou užitečné

Příklad: Mapa



Příklad: Mapa

- mapa = model prostoru
- špatně – neobsahuje všechny detaily, dochází u ní ke zkreslením, ...
- užitečná:
 - pochopení reality: mapa jako výuková pomůcka
 - plánování akcí: kterou cestou se mám vydat
 - usnadnění komunikace, sdílení myšlenek
- (ne každá mapa je užitečná)

Příklady modelů

Zkuste vymyslet co nejvíce rozmanitých typů modelů.

Příklady modelů

- matematické a výpočetní modely
- fyzické modely (dopravní prostředky, stavby, ...)
- mapy, plány, návrhy
- fyzikální zákony
- karikatury
- hry (v přírodě, deskové, počítačové)
- metafory, analogie, mentální strategie
- příběhy

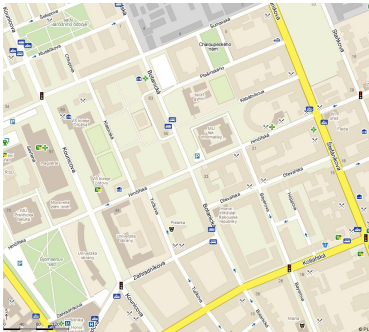
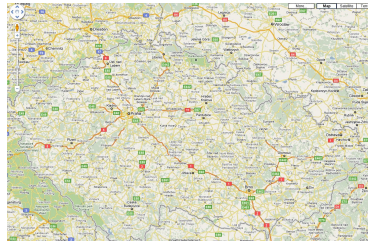
Jednoduchost

Hledej jednoduchost a nevěř jí. (A. N. Whitehead)

Všechno by mělo být tak jednoduché, jak je to jen možné, ale ne jednodušší. (A. Einstein)

Myšlenky o modelování

Political Map of Europe



Zaměření

Nemodelovat systém. Modelovat problém.

- kritérium hodnocení modelů: užitečnost (pro daný účel), nikoliv míra reálnosti
- mapy:
 - automapy, cyklomapy, turistické mapy, vodácké mapy
 - „univerzální mapa“ = nesmysl; byla by k ničemu
- příklad projektu: menzy

Model a realita

Neplést si prst ukazující na měsíc s měsícem samotným.

- nezaměňovat model a realitu
- zdánlivě triviální fakt, zdrojem mnohých problémů a nedorozumění
 - na horách: na mapě nejsou bouřky
 - v politice: HDP
 - ekonomie: finanční deriváty, modely, krize
 - ve výzkumu

Myšlení jako modelování

- myšlení – (podvědomé) použití mentálních modelů
- v hlavě nemáme realitu, ale její (velmi zjednodušený) model
- rozhodnutí – „analýzy“, „simulace“ mentálních modelů

Nezbytnost použití modelů

Otázka není, jestli budeme používat modely.
Otázka je, jaké modely budeme používat.

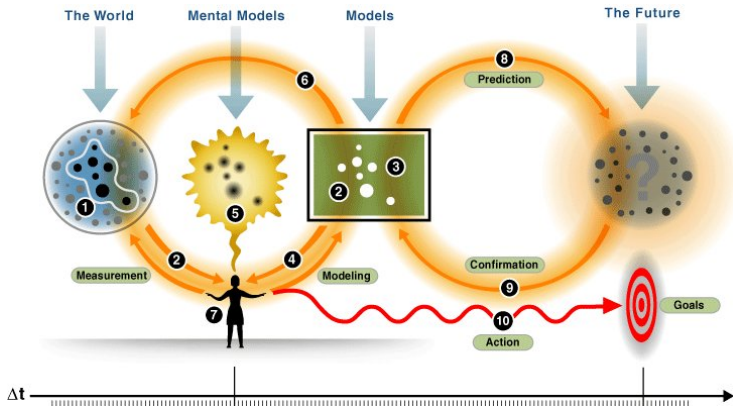
Vyhodnocení užitečnosti modelů

modely:

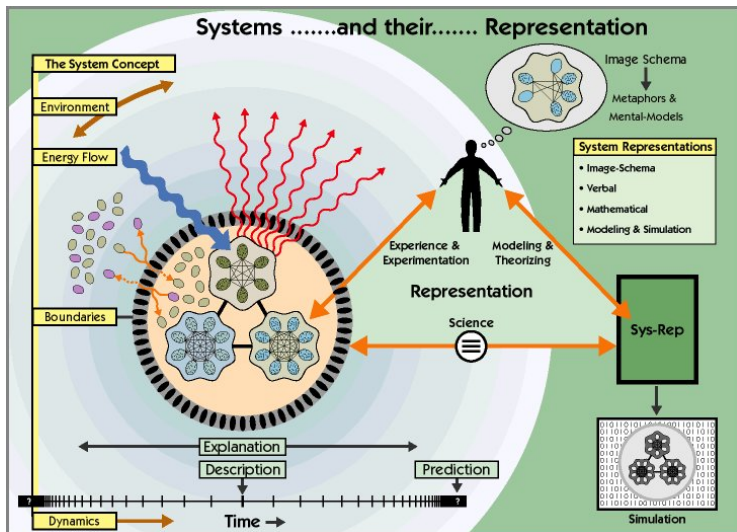
- srovnávat s jinými **modely**, ne s **realitou**
- vyhodnocovat vzhledem k danému **účelu**

Modelování jako umění

- ve většině případů není modelování exaktně daný postup
- modelování je kreativní
- hodnocení (užitečnosti) modelů je subjektivní



<http://necsi.edu/projects/mclemens/viscss.html>



Výpočetní modely

- model = matematický zápis (např. soustava rovnic) nebo program
- simulace = chování modelu = řešení rovnic, spuštění programu
- **abstraktní** – pouze symbolické entity (čísla, řetězce někde v paměti), srovnej fyzické modely
- **konkrétní** – počítač je velmi tupý ... nutný přesný zápis instrukcí, srovnej mentální modely

Využití počítačů pro analýzu

- výpočetní modely – lze uvažovat i bez počítačů
- simulace tužka & papír
- (výkonné) počítače prakticky nezbytné
- většina probíraných modelů:
 - jednoduché principy
 - mnoho interagujících prvků nebo iterací
 - \Rightarrow zkoumány až v posledních letech

Účel výpočetních modelů a simulací

Zkuste vymyslet co nejvíce různých příkladů použití výpočetních modelů a simulací.
K čemu to může být?

Účel výpočetních modelů a simulací

- ① porozumění, objevování, formalizace a testování hypotéz
 - organizace mraveniště, dynamika sociální skupiny, fungování buňky

Účel výpočetních modelů a simulací

- ① porozumění, objevování, formalizace a testování hypotéz
 - organizace mraveniště, dynamika sociální skupiny, fungování buňky
- ② předpovídání
 - počasí, odhad spotřeby, vývoj cen, doprava

Účel výpočetních modelů a simulací

- ① porozumění, objevování, formalizace a testování hypotéz
 - organizace mraveniště, dynamika sociální skupiny, fungování buňky
- ② předpovídání
 - počasí, odhad spotřeby, vývoj cen, doprava
- ③ návrh systémů, zkoušení zásahů do systému „na nečisto“
 - technické obory

Účel výpočetních modelů a simulací

- ① porozumění, objevování, formalizace a testování hypotéz
 - organizace mraveniště, dynamika sociální skupiny, fungování buňky
- ② předpovídání
 - počasí, odhad spotřeby, vývoj cen, doprava
- ③ návrh systémů, zkoušení zásahů do systému „na nečisto“
 - technické obory
- ④ učení, trénink, zábava
 - výuka, letecké simulátory, SimCity

Simulace jako třetí cesta vědy

Teorie	Simulace	Experiment
Dedukce		Indukce
modely malé problémy exaktní	modely středně velké zejména popisné	realita velké systémy popisné

Srovnání matematických a výpočetních modelů

Je daleko lepší mít přibližnou odpověď na správnou otázku než přesnou odpověď na špatnou otázku. (J. W. Tukey)

Srovnání matematických a výpočetních modelů

	matematické modely	výpočetní modely
předmět zájmu	rovnováha	dynamika
přesnost výsledků	vysoká	podle okolností
flexibilita modelů	nízká	vysoká
počet částí	1, 2, ∞	středně velký
struktura	fixní	proměnlivá
heterogenita	nízká	vysoká
centralizace	vysoká	nízká

příklad: trh

Hlavní fáze modelování

- 1 *výběr* aspektů reality, které budeme modelovat
- 2 *reprezentace* těchto aspektů

Detailnější rozpis fází

- 1 Formulace problému
- 2 Základní návrh modelu
- 3 Budování modelu
- 4 Verifikace a validace
- 5 Simulace a analýza
- 6 Sumarizace výsledků

Modelování je iterativní proces.

Formulace problému

- Nemodelovat systém. Modelovat problém.
- referenční vzor chování – co se snažíme modelem zachytit (nejlépe i numericky)
- zvolit časový horizont

příklady: klima, Sudoku obtížnost, ropa

Základní návrh modelu

- výběr základního modelovacího přístupu
- udržovat model co **nejjednodušší**
- určit **okraje modelu**, tj. výběr toho, co budeme modelovat; okraje extenzivní (do šíře), intenzivní (do hloubky)
- **hlavní prvky modelu**, subsystémy a vztahy mezi nimi
- **kvalitativní** vztahy, nikoliv kvantitativní

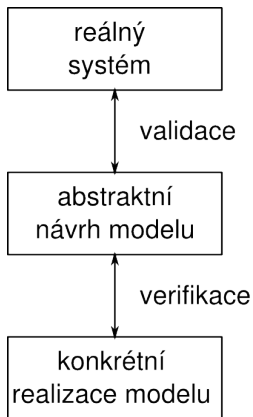
příklady: klima, Sudoku

Budování modelu

- **reprezentace** klíčových prvků
- **uzavřít model** – doplnit chybějící části modelu, okolí
- **hodnoty** parametrů (dle pozorování, statistických měření, odhadu, ...).
- doplňujeme **kvantitativní** informace, budujeme simulovatelný model

příklady: klima, Sudoku

Verifikace a validace



Verifikace a validace modelu: otázky

- Reprodukuje model chování reálného systému?
- Chová se model realisticky při extrémních podmínkách?
- Odpovídá struktura modelu struktuře reálného systému?
- Jsou jednotky konzistentní?

Simulace a analýza

- spustit model, pozorovat, opravovat
- experimentovat s parametry
- analyzovat model
- zkoušet zásahy do systému a vyhodnocovat jejich efekt
- často iterativní návrat do předchozích fází

Ukázky výstupů analýz

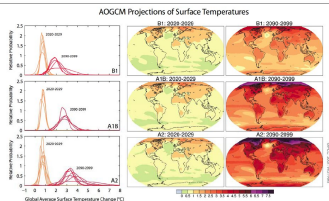
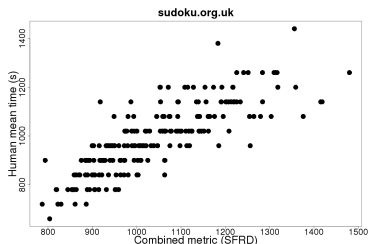


FIGURE SPM 4: Projected surface temperature changes for the early and late 21st century relative to the period 1980–1999. The central and right panels show the Atmosphere–Ocean General Circulation multi-Model average projections for the B1 (top), A1B (middle) and A2 (bottom) SRES scenarios averaged over decades 2020–2029 (center) and 2090–2099 (right). The left panel shows corresponding uncertainties as the relative probabilities of estimated global average warming from several different AOGCM and EMICs studies for the same periods. Some studies present results only for a subset of the SRES scenarios, or for various model versions. Therefore the difference in the number of curves, shown in the left-hand panels, is due only to differences in the availability of results. (Figures 10.8 and 10.28)



Sumarizace výsledků

studium výsledků, pokus o formulaci odpovědi

Otázky:

- Podařilo se najít odpověď na původní problém?
- Plynou z modelování a simulace nějaké závěry/poučení?
Jaké?
- Je potřeba model rozšířit? Proč? Jak by to bylo možné?

Shrnutí

- Otázka není, jestli budeme modely používat. Otázka je, jaké modely budeme používat.
- Všechny modely jsou špatně. Některé modely jsou užitečné.
- Nemodelovat systém. Modelovat problém.