

# Modelování: obecné principy

Radek Pelánek

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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ







# 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

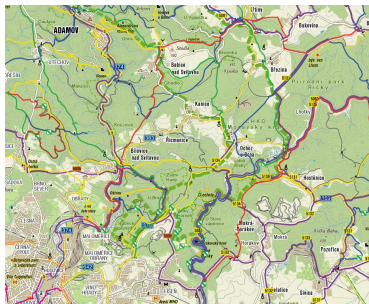
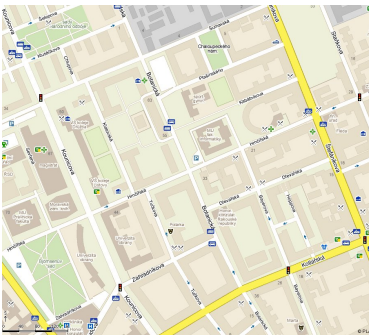
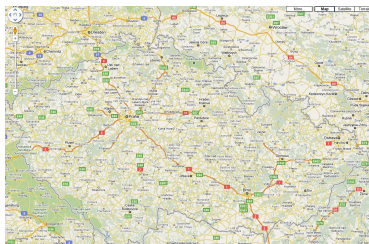
- matematické a výpočetní modely
- fyzické modely (dopravní prostředky, stavby, ...)
- mapy, plány, návrhy
- fyzikální zákony
- karikatury
- hry (v přírodě, deskové, počítačové)
- metafory, analogie, mentální strategie
- příběhy

# 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



# 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
  - ekonomii: 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.

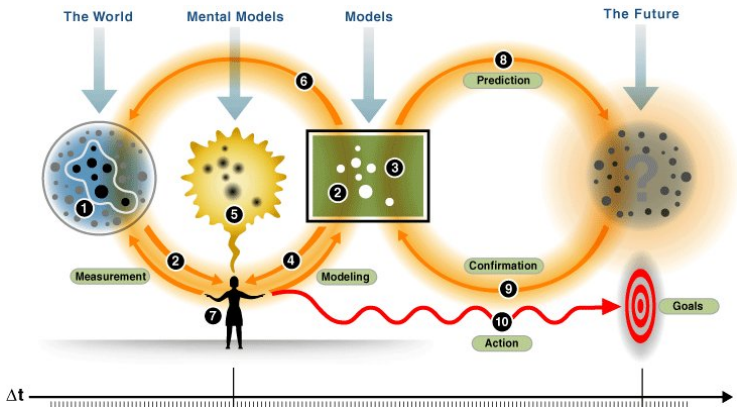


# Vyhodnocení užitečnosti modelů

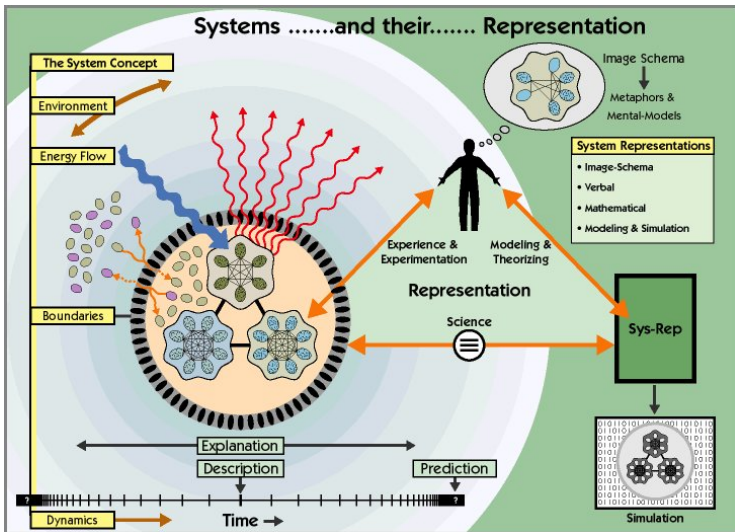
modely:

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





<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
  - ⇒ 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 Dedukce	Simulace	Experiment 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)



# Výpočetní vs. statistické modely

(obzvláště zjednodušeně)

- výpočetní modely – modelujeme „procesy“
- statistické modely (strojové učení) – modelujeme „výsledky“

příklad – výukové systémy:

- výpočetní modely: modelujeme, jak student uvažuje při řešení problému
- statistický model: predikujeme šanci na úspěch na základě historických dat

# 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**, subsystemy a vztahy mezi nimi
- **kvalitativní** vztahy, nikoliv kvantitativní

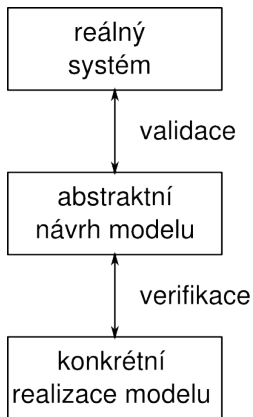
příklady: klima, Sudoku

# Budování modelu

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

příklady: klima, Sudoku

# Verifikace a validace



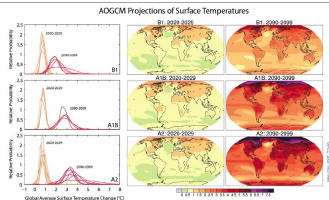
# Verifikace a validace modelu: otázky

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

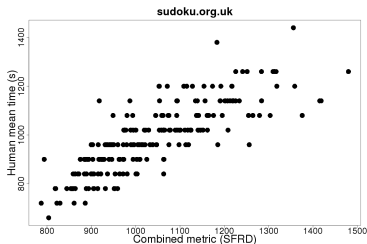
# Simulace a analýza

- 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.