

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ A JEHO LIMITY V DOBĚ EPIDEMIE

TOMÁŠ FÜRST



Pavel Kantorek, Vesmír 6. 11. 2017

Sdružení mikrobiologů, imunologů a statistiků



Centrum bayesovské inference



Univerzita Palackého v Olomouci



MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ MĚNÍ BĚH DĚJIN

Benjamin Robins

- Dal dohromady Newtonův zákon a Boyleův zákon
- Spočítal úst'ovou rychlost projektilu (včetně rotace a odporu vzduchu)
- 1742 *New Principles of Gunnery*, přeloženo a doplněno Leonardem Eulerem
- Fridrich Velký na tomto základě reorganizoval armádu, a prohnal se celou Evropou
- Napoleonův úspěch byl založen na mobilním dělostřelectvu podle tohoto principu

Zdroj: Niall Ferguson – *Civilization. The West and the Rest.*



MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ MĚNÍ BĚH DĚJIN

David X Li: Gaussian copula models

- Collateralized debt obligation (CDO) \$4.7 trilionů v roce 2006
- Credit default swap (CDS) \$62 trilionů v roce 2007
- Vše založeno na matematickém modelu, který odhadoval korelace nesplácení hypoték na základě historických dat

$$\Pr[T_A < 1, T_B < 1] = \Phi_2(\Phi^{-1}(F_A(1)), \Phi^{-1}(F_B(1)), \gamma)$$

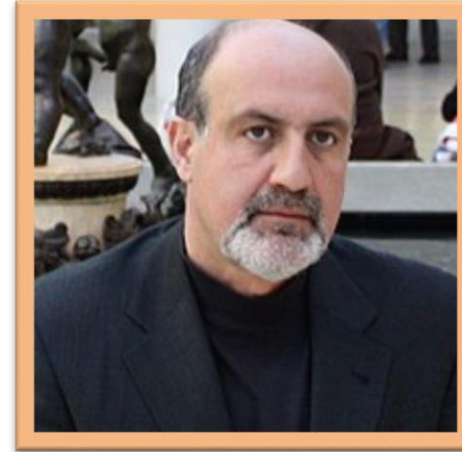
CO UMÍME A CO NEUMÍME

- Umíme **dlouhodobě** předvídat chování **jednoduchých** systémů **neživé** přírody, jejichž mechanismům dobře rozumíme
 - kyvadlo, sluneční soustava, průmyslové procesy, technologie, ...
- Umíme **krátkodobě** předvídat chování **komplexních** systémů **neživé** přírody, jejichž mechanismům docela dobře rozumíme
 - počasí, turbulence, ...
- **NE**umíme předvídat chování **komplexních** systémů **živé** přírody, jejichž mechanismům dobře nerozumíme
 - kočka, interakce viru a lidské společnosti, ...
- Mnoho autorů matematických modelů dynamiky epidemie jsou **FYZICI**
 - Neil Ferguson, Jan Kulveit, BISO, ...

George Box: „Všechny modely jsou špatně, ale některé jsou užitečné.“

Nicolas Nassim Taleb:

Za špatného počasí přistáváte ve Vídni.
Ovšem pilot nemá mapu.
Chcete, aby přistával bez mapy
nebo raději použil mapu letiště v Bratislavě?

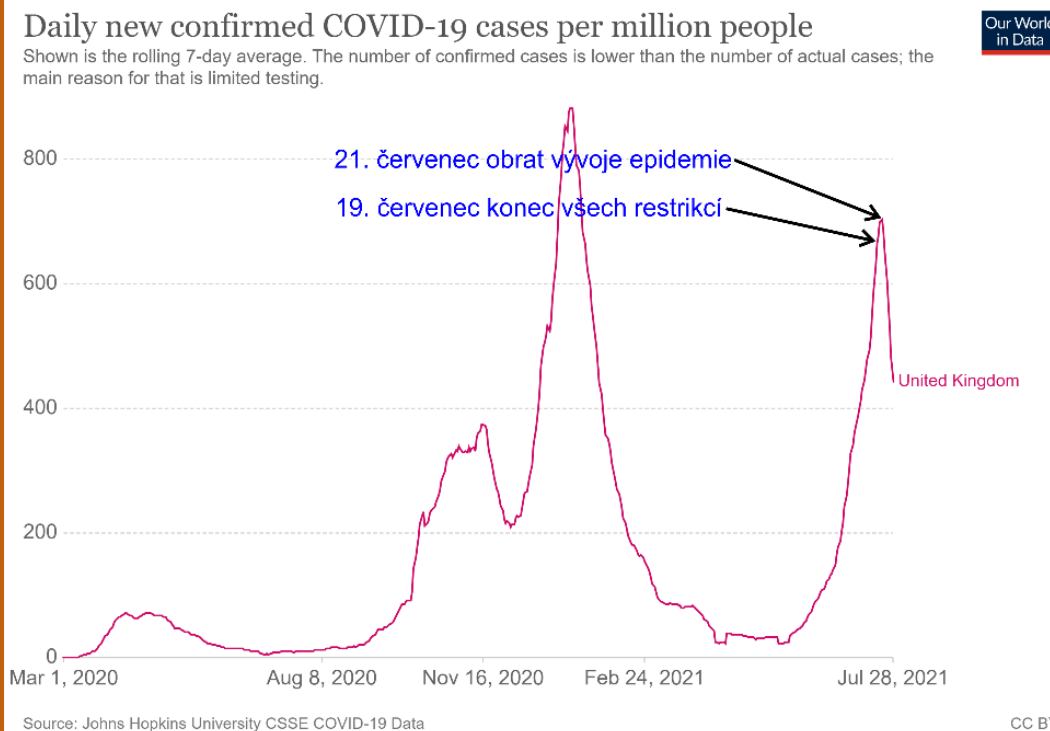


- Tyto dva citáty shrnují podstatu světové debaty o matematickém modelování během epidemie
- Nevíme, proč epidemie chodí ve vlnách
- Žádný model (ani český ani světový) nezvládl správně předpovědět ani bod obratu probíhající vlny ani nástup další vlny.

UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA K MATEMATICKÝM MODELŮM EPIDEMIE

I. OVERCONFIDENCE OF EXPERTS

I samotná londýnská vláda veřejně připustila, že po tzv. „dni svobody“ pravděpodobně dojde k výrazným nárůstům počtu nakažených covidem-19, které se mohou vyšplhat až na 100 000 denně, protože nemalá část populace ještě nebude očkovaná. Za „nebezpečné a neetické“ označilo v otevřeném dopise rozhodnutí 19. července zrušit téměř veškerá opatření víc jak 4000 vědců, lékařů a dalšího zdravotnického personálu. Britská vláda ale nakonec přesto rozvolnila a světe, div se, nárůst počtů nakažených se nekonal.



Seznam zprávy 20. 8. 2021

TF: Kauzální smysl pro humor, smis-lab.cz

UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA K MATEMATICKÝM MODELŮM EPIDEMIE

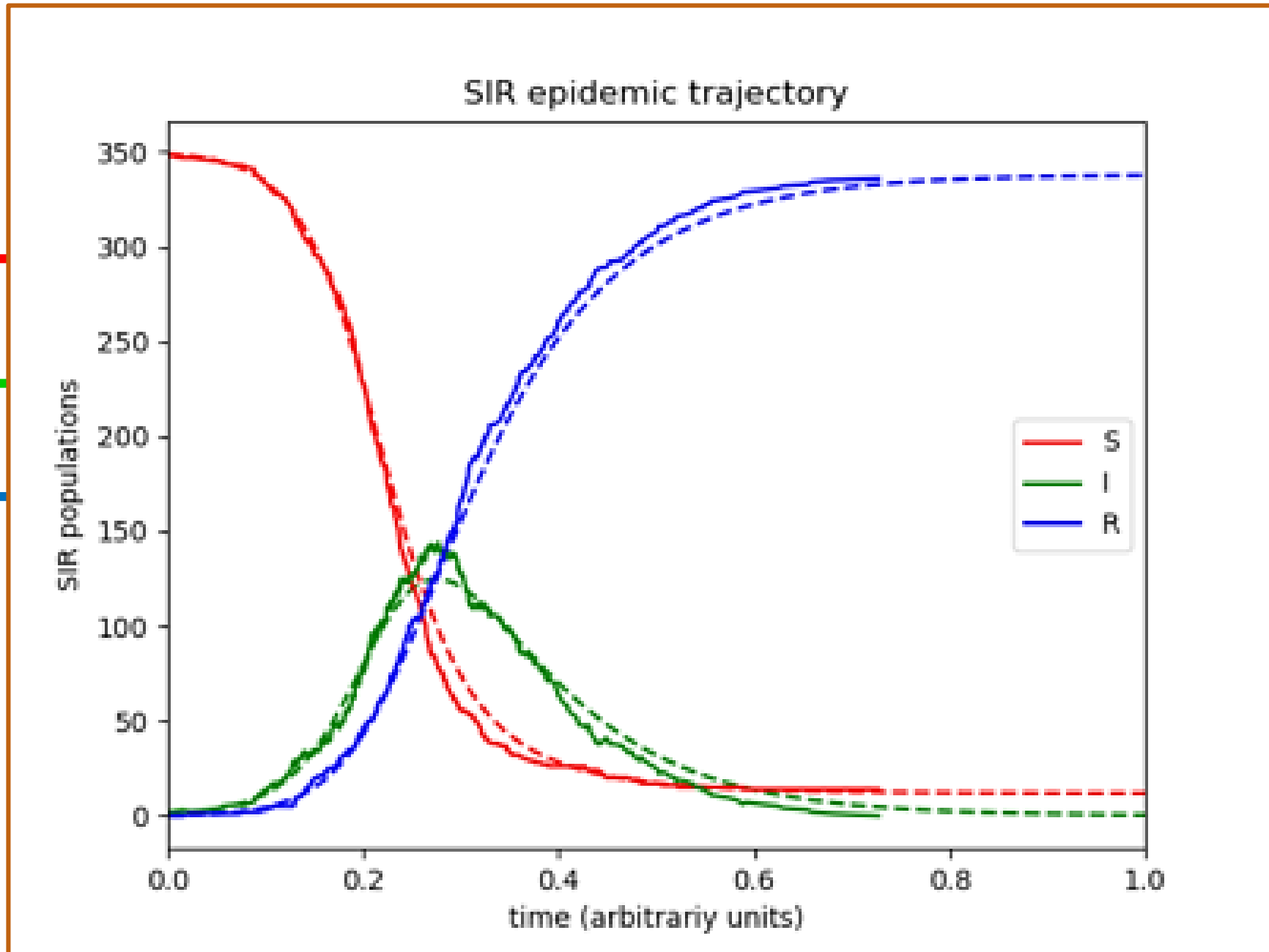
2. SIR MODELY

- **Kompartmentové (šuplíčkové) modely a jejich varianty**
 - **SIR, SEIR, Kermack and McKendrick in 1927**
- **Model chemické reakce: dokonale míchaný plyn. Zcela ignorují prostor.**
- **Vyprodukují vždy **pouze jednu vlnu!****
- **Nebezpečí špatné interpretace:**
 - **Model predikuje jednu vlnu.**
 - **Vidím dvě vlny, tři vlny, ...**
 - **Tedy musí to být důsledek změny parametrů – vládních opatření**

SUSCEPTIBLE

INFECTED

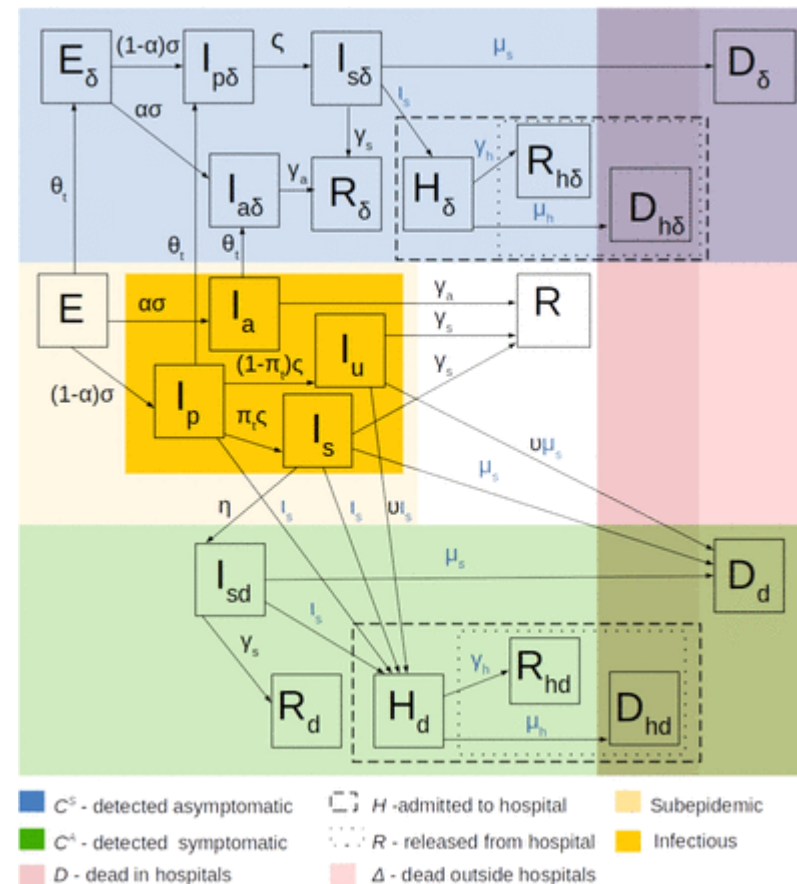
RECOVERED



UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA K MATEMATICKÝM MODELŮM EPIDEMIE

3. OVERFITTING

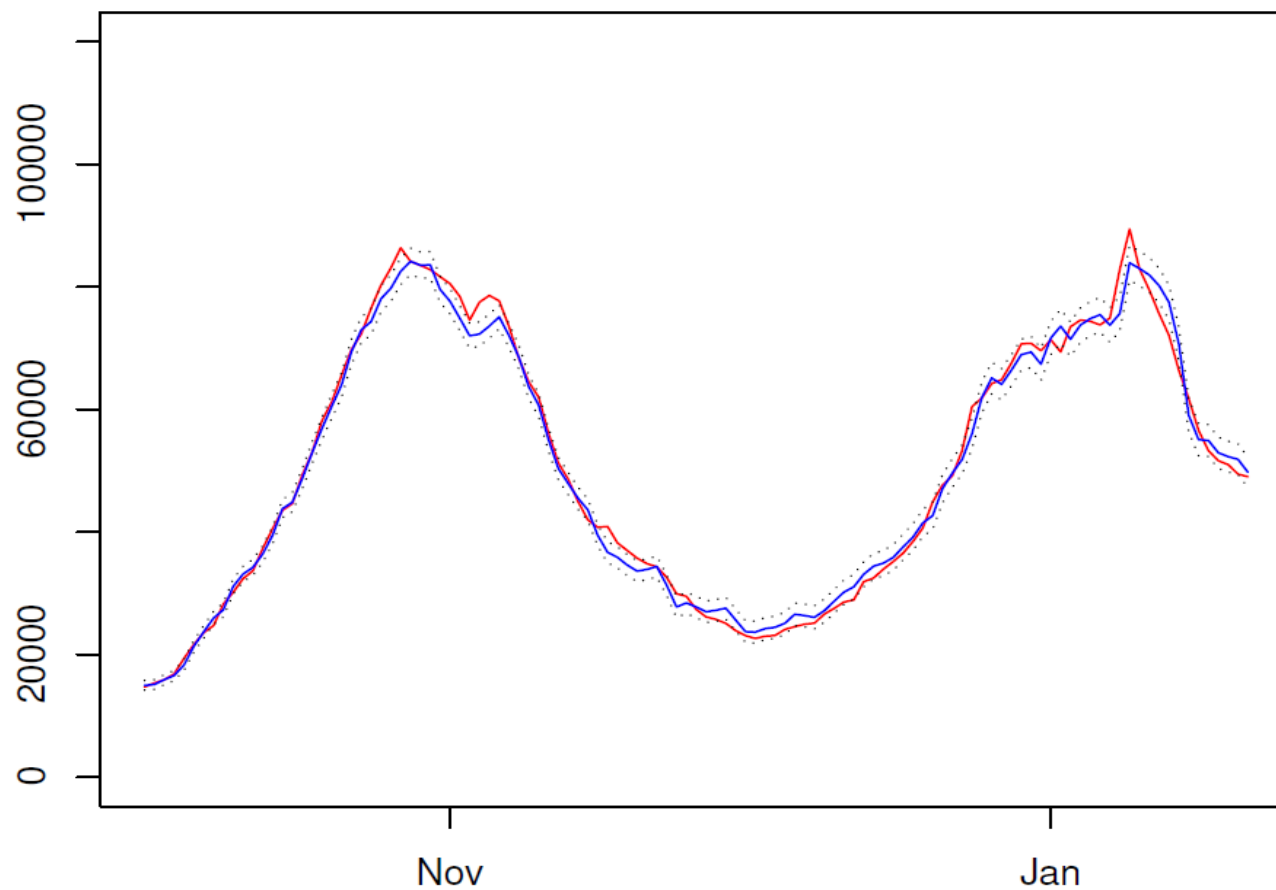
- **Není problém naladit parametry modelu tak, aby model velice přesně kopíroval historická data.**
- **Například model BISOP (podklad pro březnový lockdown) má 41 vstupních parametrů (došla řecká abeceda!) plus nějakých 26 faktorů.**
- **Vytvoří se tím iluze, že model je úžasně přesný, a tedy že jeho predikce jsou velmi relevantní.**
- **Není to pravda, je to spíše naopak.**



Zdroj: Šmíd et al.

SEIR Filter: A Stochastic Model of Epidemics

C – 7 day increment (in sample)



Údajně skutečná data (červeně, klouzavé 7denní součty počtu nově nakažených) a údajná 7denní predikce modelu (modře).

Zdroj: Šmíd et al. SEIR Filter: A Stochastic Model of Epidemics

oranžově dosud pozorovaná data, 7denní
klouzávý průměr, časové zpoždění k hlášení 4 dny

— Predikce



	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben
Nově za měsíc	5 000	8 000	46 000	298 000	199 000	198 000	254 000	292 000	828 000	1 077 000
Kumulativně	17 000	25 000	71 000	369 000	568 000	766 000	1 020 000	1 312 000	2 140 000	3 217 000

Prezentace Prof. Duška ve sněmovně před prodloužením nouzového stavu.

Zdroj: TF Úsvit šamanů, dZurnal, 3. 4. 2021

UŽIVATELSKÁ PŘÍRUČKA K MATEMATICKÝM MODELŮM EPIDEMIE

4. OPONENTURA A VALIDACE

- Externí oponentura je zlatý standard vědy a výzkumu.
Žádný z modelů užívaných českou exekutivou oponenturou neprošel.
- Validace: Jak dobře predikoval model v minulosti.
- Naše snaha o validaci BISOP modelu.
- Model, který neprošel odbornou oponenturou a validací, nemůže být brán vážně a **nemůže na něm být založeno rozhodování.**

Scénáře 24.2. - BISOP & PaQ

Null – snížení ze 13 na 12 kontaktů (např. homeoffice),

Lock – snížení na 6.5 kontaktu (zákaz návštěv domácností, zákaz pobytu na neesc. pracovištích)



Poznámky

- scénář **lock teď** počítá se zavedením opatření neprodleně, scénář **za týden** se zavedením příští týden,
- velká míra nejistoty o nakažlivosti varianty B, zde spíše pesimistický odhad
- model počítá s očkováním a přirozenou imunizací (druhý efekt nejistý)
- použitý model <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.02.16.21251834v1> (preprint)
- předpovězené hodnoty jsou nejisté, zejména od měsíčního horizontu, grafy slouží hlavně pro srovnání
- v praxi bude nutno opatření upravovat dle aktuální situace

Prezentace, kterou údajně přinesl ministr Hamáček do sněmovny před hlasováním o březnovém lockdownu. Údajně se jednalo o predikce BISOP modelu.

ZÁVĚR

- **Matematické modely mají moc otočit kolem dějin. K lepšímu i horšímu.**
- **Některé modely jsou užitečné, ale jiné jsou nebezpečné.**
- **Autoři modelů, ale zejména jejich nepoučení uživatelé, mívají přehnanou důvěru v jejich predikce.**
- **Kompartmentové modely jsou příliš triviální a neumějí zachytit skutečnou dynamiku epidemie, které nerozumíme ani kvalitativně.**
- **Overfitting je problém, kterému musíte rozumět.**
- **Žádný z modelů, na základě kterých české orgány rozhodují, neprošel odbornou oponenturou ani validací.**