

A koronavírus terjedését előrejelző matematikai-statisztikai modellek tanulságai

Dusek Tamás

egyetemi tanár

Széchenyi István Egyetem

Az életet átszövő statisztika – Miben változik/változott az életünk

Óbudai Egyetem

2021. november 9.

- Előrejelzés, mint a tudományosság kritériuma: a módszertani monizmus egyik dogmája
- A tudomány által vizsgált rendszerek típusai, az egyszerűbbektől a bonyolultabbakig
- Előrejelzés helyett okság, időbeliség és okság

Járvánnyal kapcsolatos felmérések, elemzések és előrejelzések

- Járványdinamika, előrejelzéssel (új esetszám, kórházban kezelték száma, lélegeztetőgépen lévők száma, elhunytak száma, egyéb (orvosi eszközök, orvosok, ápolók száma))
- Környezeti hatások (időjárás, légszennyezettség stb.)
- Közlekedés
- Energiafelhasználás
- Munkaerőpiac
- Demográfia
- Gazdasági-társadalmi élet bármely részterülete

Modeling the epidemic dynamics and control of COVID-19 outbreak in China (Quantitative Biologyhoz benyújtva: 2020. február 29., elfogadva: március 4.)
A járvány vége (zéró új fertőzés) Vuhanban: 2020. március vége, Kínában: március közepe

The COVID-19 pandemic: prediction study based on machine learning models
c. tanulmány előrejelzése: 2021 szeptemberében drasztikusan csökkennek az esetszámok, novemberre megszűnnek mindenhol (egyedül egyes országokban hamarabb) (benyújtva- megjelent: Environmental Science and Pollution Research, 2020. május 27 - 2021. április 10.)

Forecast predictions for the COVID-19 pandemic in Brazil by statistical modeling using the Weibull distribution for daily new cases and deaths (megjelent: Brazilian Journal of Microbiology, 2020. május 25., augusztus 18.) 4
scenárió, a legrosszabb szerint a csúcson napi 2000 halálozás, 42 ezer új eset, 6 hónap múlva zéró új eset

Egyszerű problémák: az élettelen természet tanulmányozása

Kétváltozós kapcsolatok, linearitás, egyirányú okság – klasszikus fizika

Egy kicsit bonyolultabb problémák:

Szervezetlen komplexitás: nagyon sok részecske, egymáshoz kapcsolódásuk jellege véletlen – valószínűségszámítás, statisztikus fizika

A rendszerek időbelisége nem érdekes, a természeti állandók nem változnak.

Az előrejelzés a megfigyelhetőségtől és a komplexitástól függ

Jól előrejelezhető, mert megfigyelhető, könnyen mérhető: napfogyatkozás előrejelzése; árapály előrejelzése, híd teherbírásának előrejelzése

Korlátozottan megfigyelhető és komplex rendszerek jövője korlátozottan jelezhető előre: légkörfizika, időjárás, napkitörés, földrengés, vulkánkitörés, szeizmikus szökőárak – előrejelezhetőek, de vannak korlátok

Bonyolultabb problémák: az élő természet tanulmányozása

Szervezett komplexitás:

- sokváltozós kapcsolatok;
- okok és okozatok nem egyértelmű elkülöníthetősége, okok és okozatok közötti egyirányú kapcsolat ritka;
- atomi szintű állandók,
- de makroszinten nincsenek állandók;
- a változók közötti kapcsolatok változnak;
- a rendszereknek van története, fontos az idő

Még bonyolultabb problémák: társadalmi rendszerek

- Mint a biológiai rendszerek, plusz ráakódik az emberek és emberek közössége tanulása és tudatossága, döntése (az atomok nem viselkednek tudatosan, az élőlények alkalmazkodnak környezetükhöz, az emberek tudatosan viselkednek és a tanulás révén vagy más okok miatt változhat a viselkedésük)

Egy járvány terjedését a mikrobiológiai, biológiai és társadalmi rendszerek együttesen határozzák meg

Az előrejelzés korlátai:

- A vírus tulajdonságaira vonatkozó adatok nem teljeskörűek
- Megfigyelhetőség korlátai
- Nincsenek járványállandók, a modellek paraméterei részben biológiaiak (lappangási idő, fertőzési periódus hossza) részben társadalmiak (kontaktusok száma, megelőzési eljárások alkalmazása) részben vegyesek (átadás valószínűsége)
- A paraméterek maguk is időben változók és nem előrejelezhetők (vírusmutációk és a társadalmi viselkedés változásai)
- A figyelembe vett változók száma, elérhetősége különböző (pl. életkor, nem, komorbiditás, gyulladás, LDH, ALC, cukorbetegség, magas vérnyomás, elhízás, vesebetegség, mint egyéni szintű tulajdonságok; ezen kívül környezeti jellemzők, mint időjárás, népsűrűség)

A járványterjedés matematikai modelljei

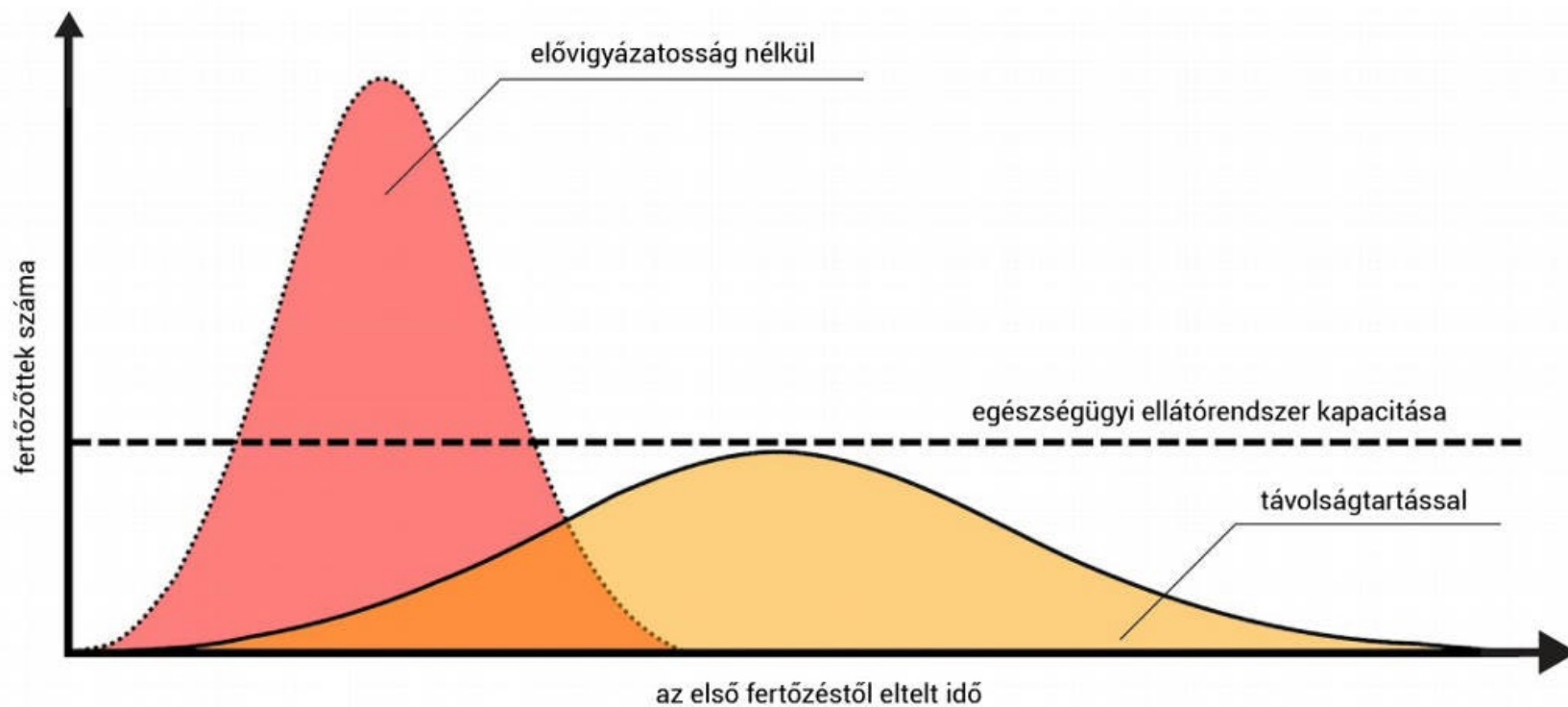
Változók:

- Susceptible (S): Fogékonyak csoportja, akik potenciálisan elkapják a fertőzést
- Exposed (E): Olyan fertőzöttek csoportja, akikben lappang a betegség, de még nem fertőzőképesek
- Infected (I): Olyan fertőzöttek csoportja, akik tovább tudnak fertőzni. Tipikusan tünetekkel rendelkeznek, bár ez is kérdéses, de ez most a modell szempontjából lényegtelen
- Recovered (R): Gyógyultak csoportja, akikről ebben a modellben feltesszük, hogy rezisztensekké válnak, azaz nem tudnak újrafertőződni
- Removed (R): gyógyult vagy elhunyt
- Quarantined (Q): karanténban lévő
- Vaccinated (V): beoltott
- Death (D): elhunyt
- Symptomatic (I): tünet
- Asymptomatic (A): tünetmentes

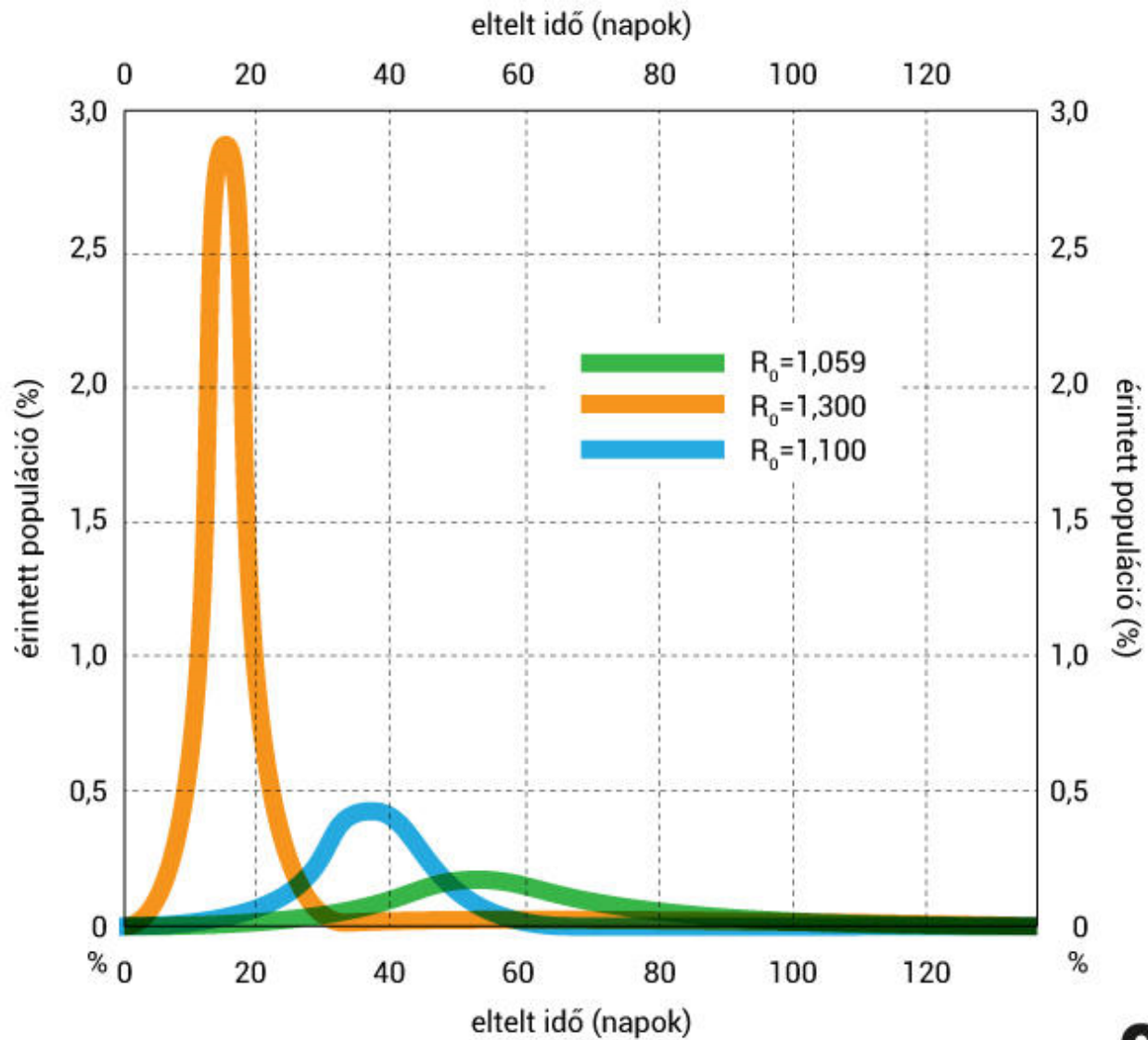
A kezdőbetűk alapján SIR, SEIR, SIQR, SEIQR stb. modellek

Egypontmodellek és térbeli terjedést beépítő modellek is lehetnek

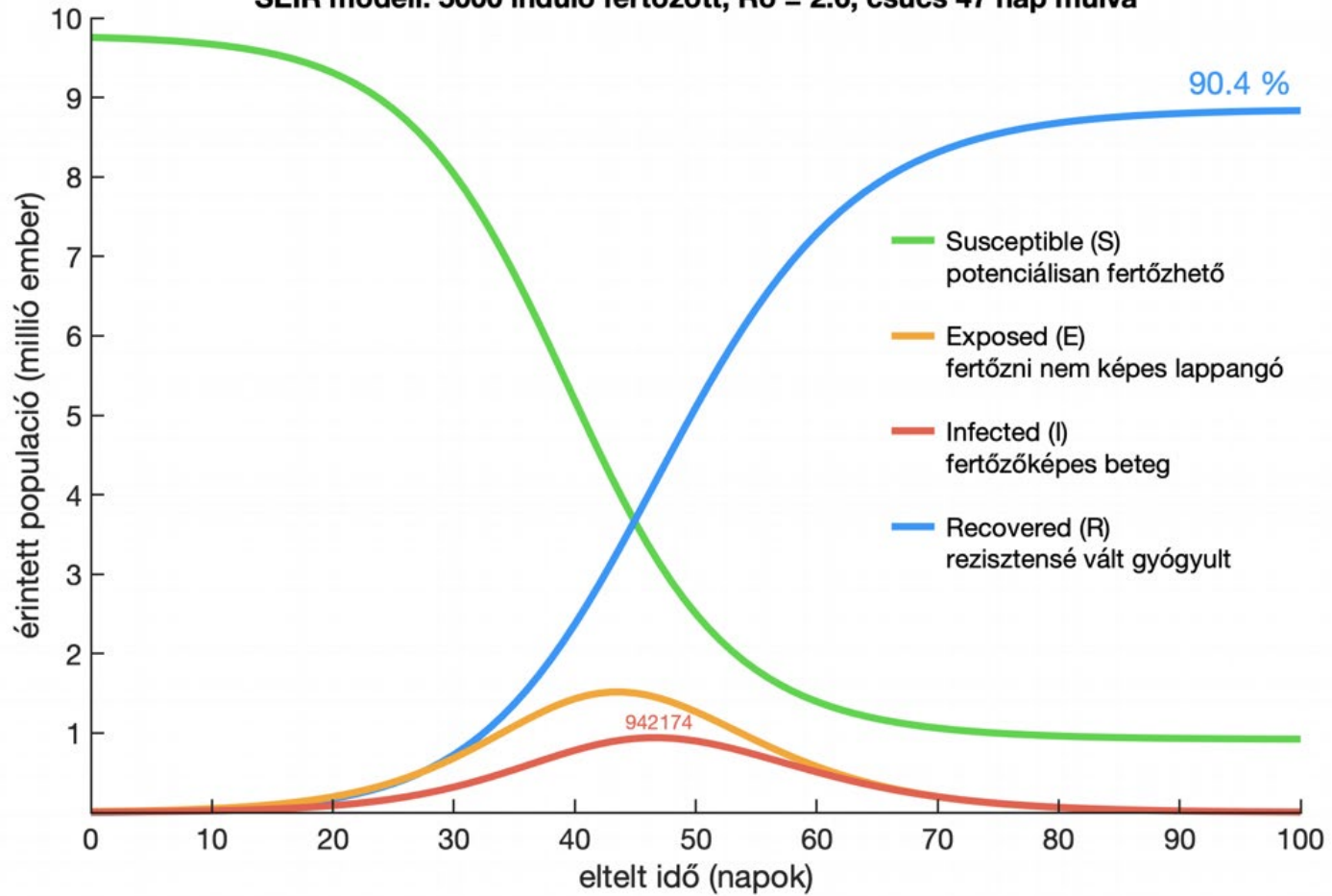
Járványgörbe társadalmi távolságtartással és anélkül



SIR járványdinamika



SEIR modell: 5000 induló fertőzött, $R_0 = 2.6$, csúcs 47 nap múlva



Egyéb módszerek a járványdinamikai előrejelzésekben

- Idősorelemzés
- Korábbi járványokkal összehasonlítás
- Lotka-Volterra modell
- Markov lánc
- Kalman filter
- Véletlen erdők
- Wavelet neurális hálózatok
- Fuzzy nem lineáris rendszerek
- Geostatisztikai módszerek
- Ágens alapú szimuláció
- Gépi tanulás
- Mély gépi tanulás
- Internet megfigyelése, adatbányászat a weben (ez az influenza terjedésének az előrejelzésére már csődöt mondott korábban)

A járványterjedési modellek közös jellemzője:

- az ismert adatok leírására, értékelésére alkalmasak, időbeli előrejelzésre nem
- a vírusterjedés járványtani paraméterei az összes esetszám kis részén alapulnak (korai modellek a Diamond Princess óceánjáró és Vuhan adatain)

Tanulságok:

- Az idő és a tér nem ok, hanem az események kerete
- Időbeli leírásra utólag alkalmas az időszerelemzés, előrejelzésre nem
- Alkalmazhatók **szimulációkra**: X hogyan hat a terjedésre (X lehet bármi, maszkviselés, önkéntes karantén, iskolabezárás...)
- Oksági magyarázat: ha A, akkor B – de „A” nem az idő és nem a tér, hanem valamilyen tartalmi tulajdonság: kontaktusok időegységre jutó száma, átoltottság, vakcinák hatékonysága, maszkviselés stb.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!