

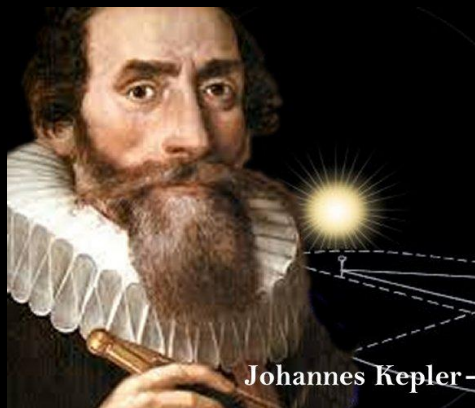
Hogyan vizsgálják a fizikusok a városokat?

—
Bokányi Eszter

ELTE TTK Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék

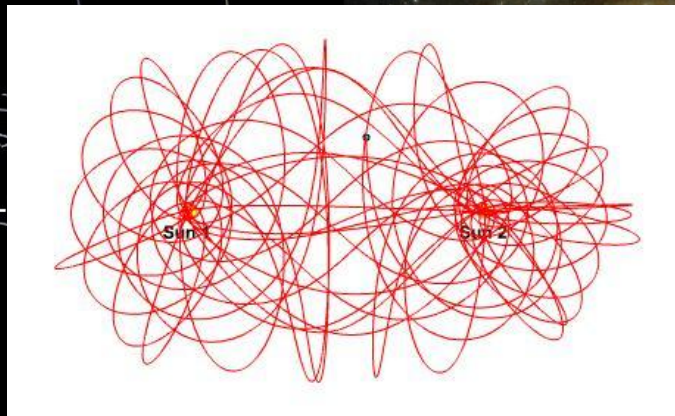


Haladás a sok összetevő felé

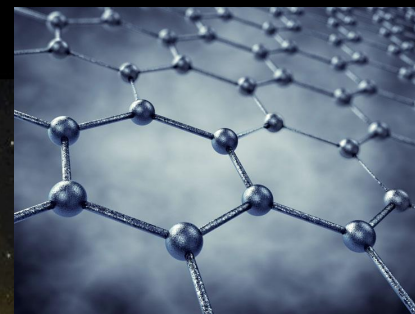


Johannes Kepler

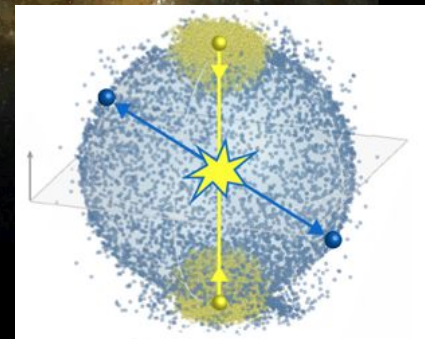
kéttest-probléma



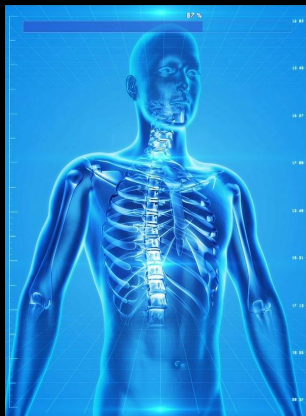
háromtest-probléma



statisztikus fizika
soktestprobléma



Komplex rendszerek

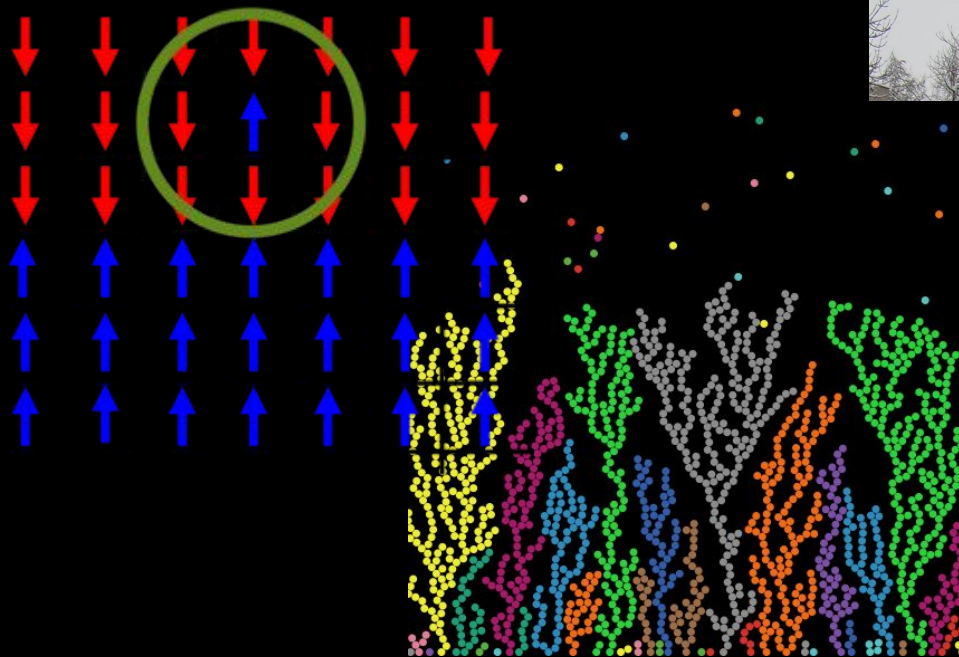


ÖNSZERVEZŐDÉS, NEMLINEÁRIS FOLYAMATOK,
KOLLEKTÍV JELENSÉGEK,
ADAPTIVITÁS, ALKALMAZKODÁS, STATISZTIKUS
LEÍRÁS



- KLÍMA
- ÉLŐ SZERVEZETEK
- AZ EMBERI AGY
- ÖKOSZISZTÉMÁK
- ÉLŐ SEJT
- TÁRSADALMI ÉS
GAZDASÁGI
SZERVEZŐDÉSEK

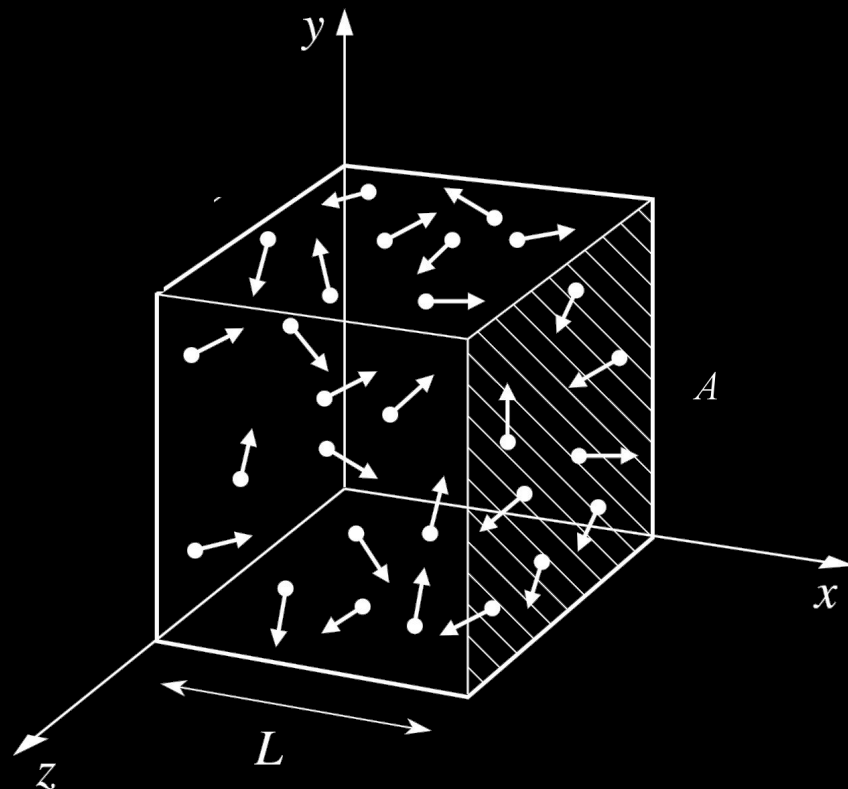
Elemi döntések, kis alkotók



Ismert példa

ideális gázcsecské

- tökéletesen rugalmasan ütköznek egymással és az edény falával, különben nincs köztük kölcsönhatás
- a részecskék mérete elhanyagolható a köztük levő távolsághoz (és az edény méretéhez) képest
- állandóan mozgásban vannak véletlenszerű irányokban

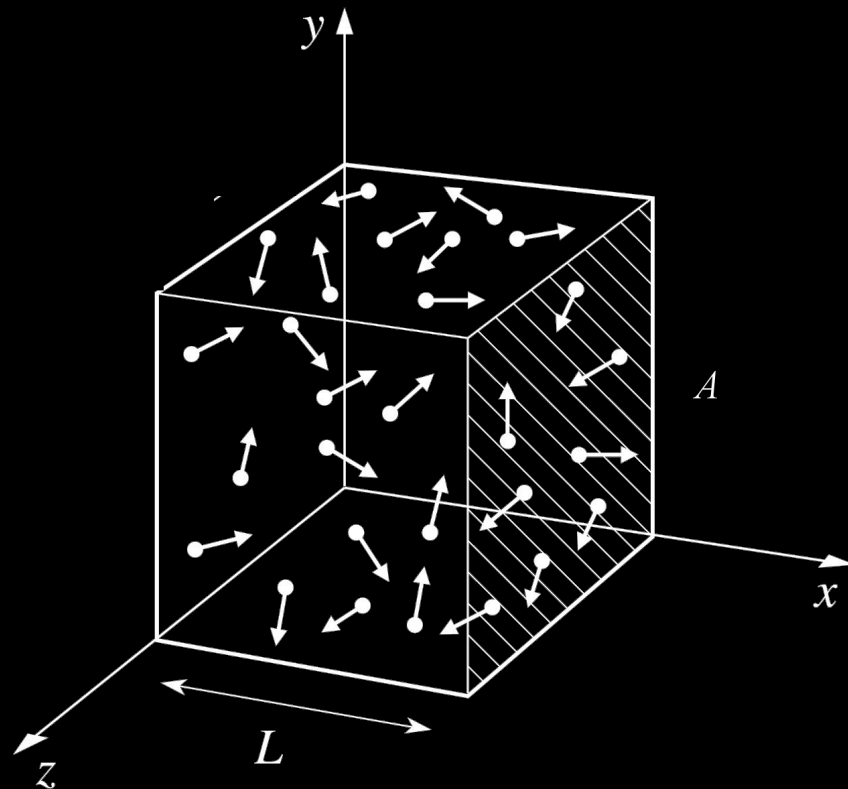


Ismert példa

A vonalkázott falra ható nyomás:

$$p = \frac{F}{A}$$

Az erő a részecskék fallal való ütközéséből
származik.



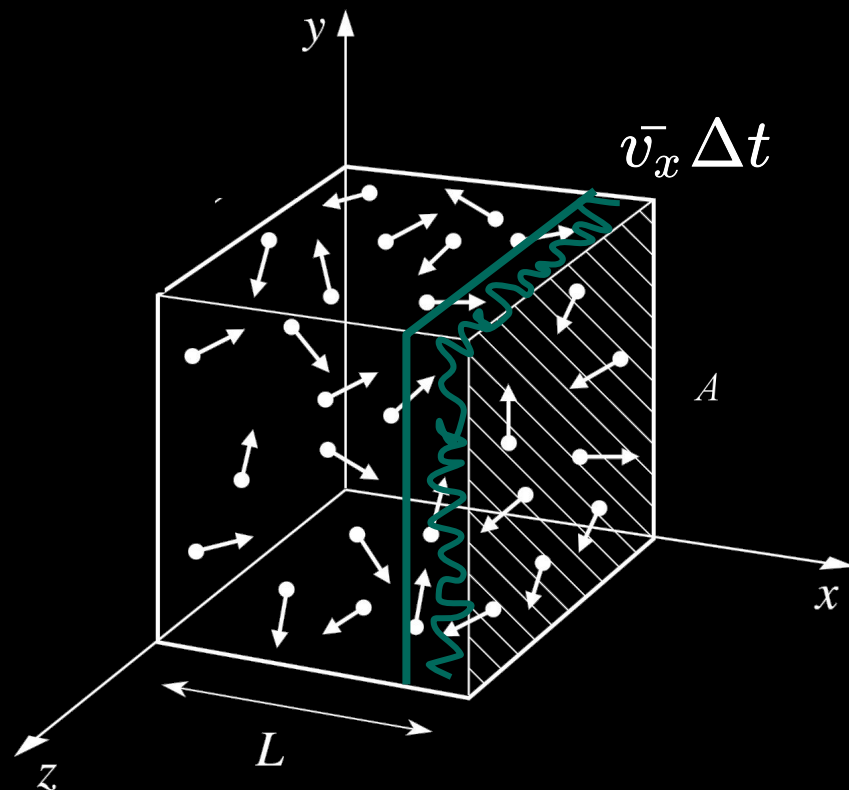
Ismert példa

Newton II. törvényéből:

$$F_r = m \cdot a = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2m\bar{v}_x}{\Delta t}$$

Már csak azt kellene tudnunk, hányan
ütköznek Δt idő alatt ezzel a fallal.

$$N_r = \frac{A\bar{v}_x\Delta t}{V} N \frac{1}{2}$$



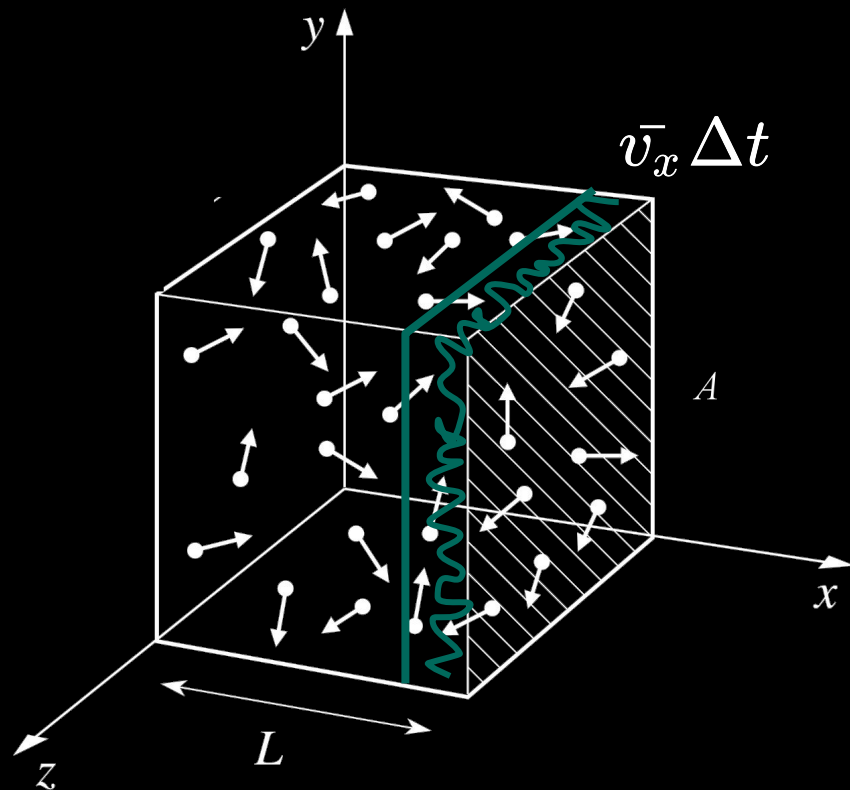
Ismert példa

Szükséges még az ekvipartíció tétele:

$$\varepsilon = \frac{1}{2}kT = \frac{1}{2}m\bar{v}_x^2 \rightarrow m\bar{v}_x^2 = kT$$

Már csak össze kell pakolnunk az ismereteket!

$$F = N_r \cdot F_r = \frac{A\bar{v}_x\Delta t}{V} N \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2m\bar{v}_x}{\Delta t}$$



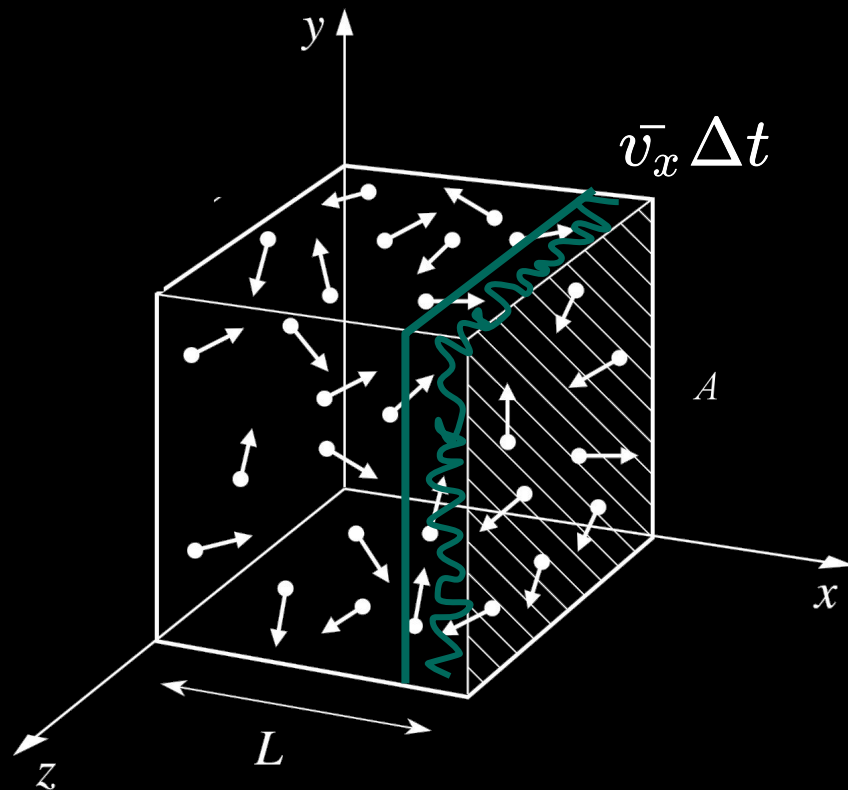
Ismert példa

Tehát a nyomás

$$p = \frac{F}{A} = \frac{\frac{A}{V} N \cdot m \bar{v}^2}{A} = \frac{NkT}{V}$$

Kijött a gáztörvény!

$$pV = NkT$$



Motiváció

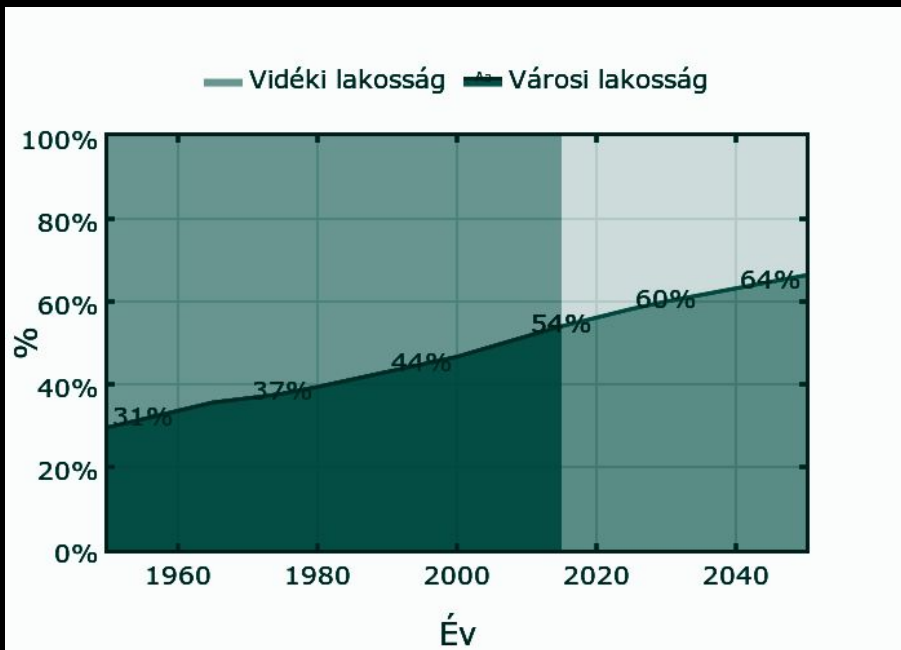
TÁVOLRÓL



KÖZELEBBRŐL



Miért fontos megértenünk a városokat?



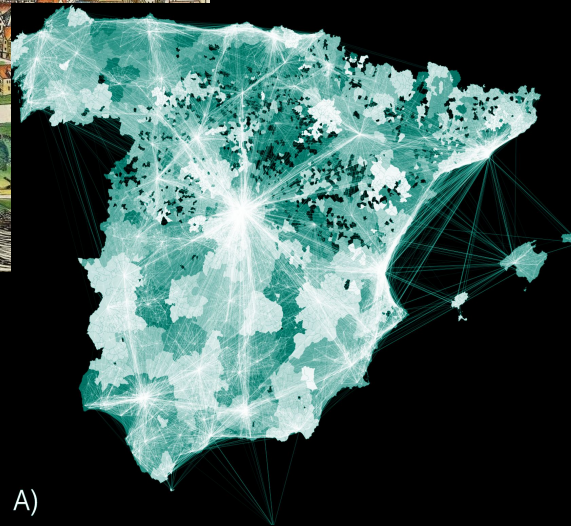
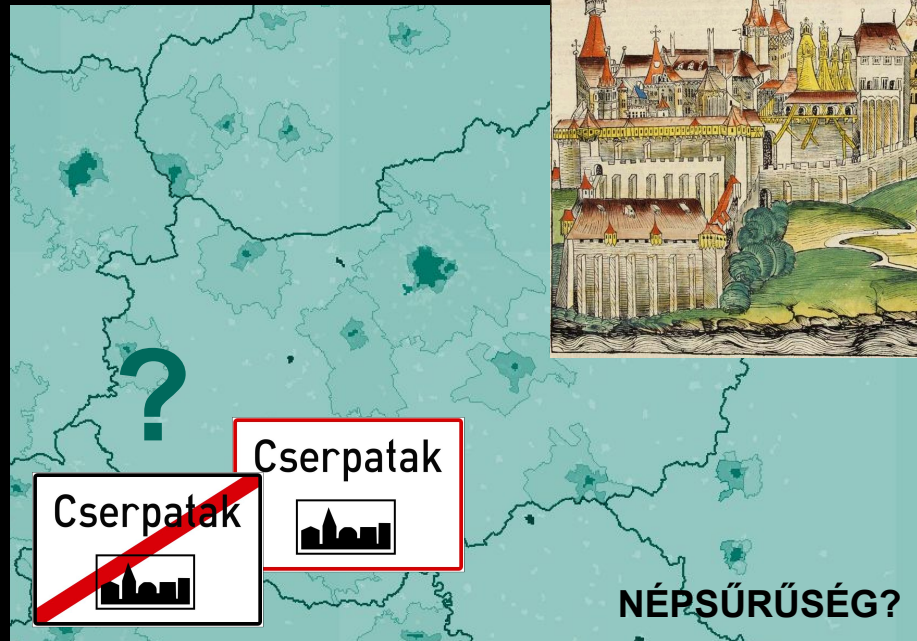
- **TECHNOLÓGIA**
- **ÖSSZEKÖTÖTTSÉG**
- **KOMMUNKÁCIÓ**
- **KÖZLEKEDÉS**
- **ADATOK**

**TERVEZÉS
DÖNTÉSHOZATAL
SZERVEZÉS
HATÉKONYSÁG**

Határok

FUNKCIONALITÁS?

KAPCSOLATOK?



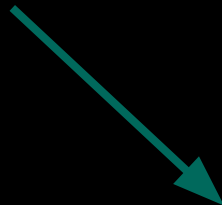
A városok gáztörvénye

makroszkopikus megfigyelések a
méret függvényében



A városok gáztörvénye

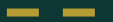
makroszkopikus megfigyelések a
méret függvényében



mikroszkopikus modell?

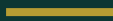
Skálázás - a hatványfüggvény

N darab



$$L \sim N$$

hossz



$$A \sim N^2$$

felület



térfogat

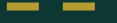
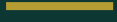


$$V \sim N^3$$

$$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$

$$x \mapsto c \cdot x^n$$

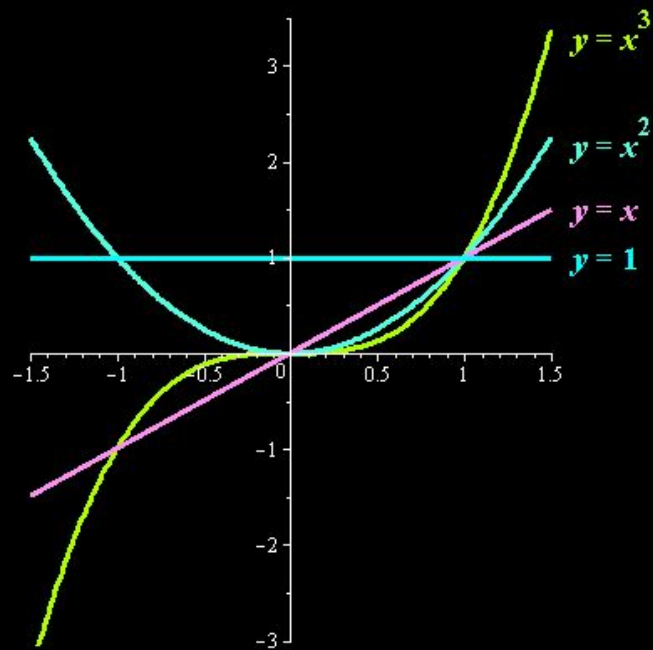
Skálázás - a hatványfüggvény

N darab		$L \sim N$
hossz		
felület		$A \sim N^2$
térfogat		$V \sim N^3$

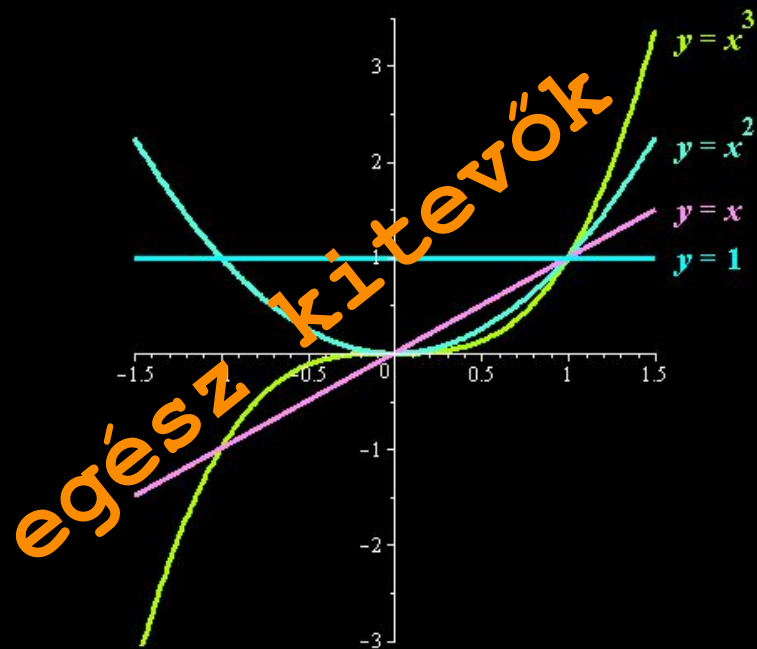
hatványfüggvények

$$f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$$
$$x \mapsto c \cdot x^n$$

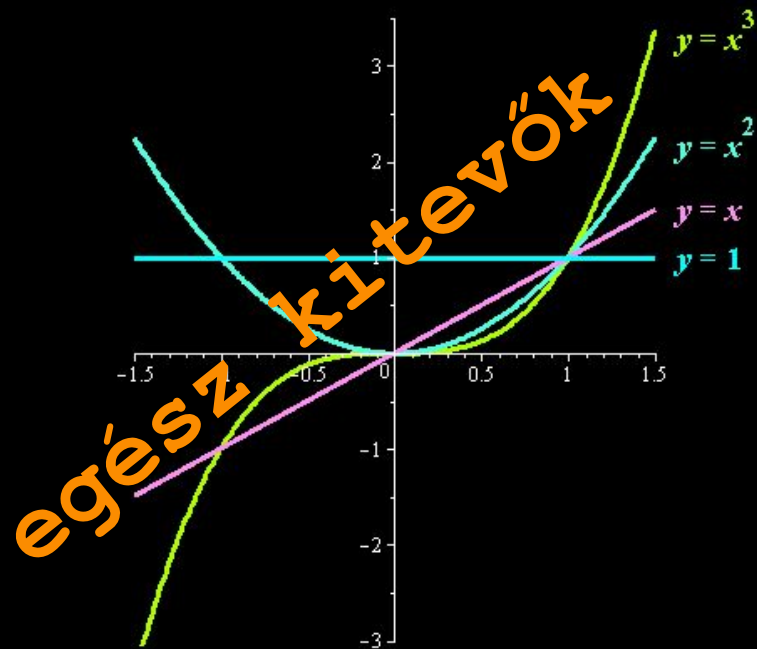
Skálázás - a kitevő



Skálázás - a kitevő



Skálázás - a kitevő



FIZIKAI PÉLDÁK (MÁGNESÉG)

Külső mágneses tér nélkül

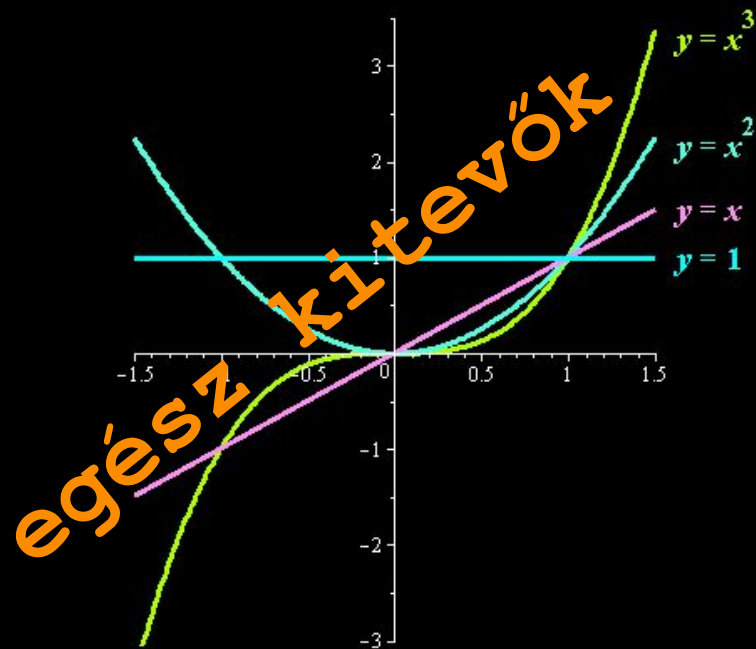
$$M \sim (T_c - T)^\beta$$

$$\xi \sim (T - T_c)^{-\nu}$$

Curie-hőmérsékleten, külső térrel

$$M \sim H^{1/\delta}$$

Skálázás - a kitevő



FIZIKAI PÉLDÁK (MÁGNESÉG)

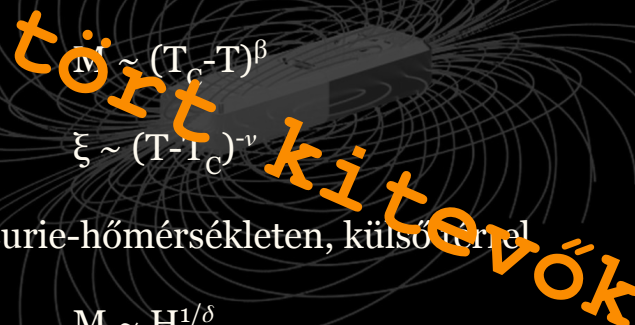
Külső mágneses tér nélkül

$$M \sim (T_c - T)^\beta$$

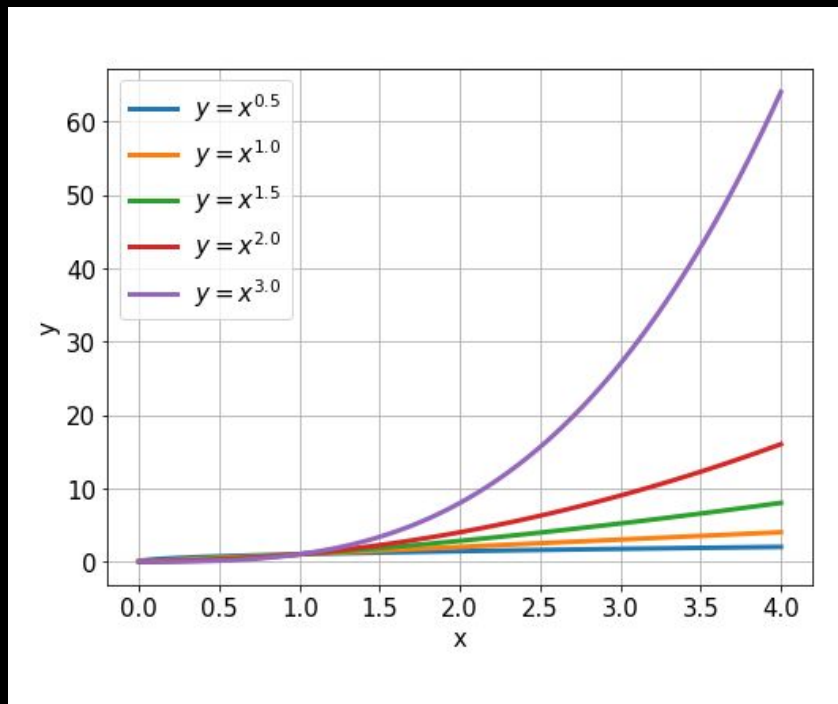
$$\xi \sim (T - T_c)^{-\nu}$$

Curie-hőmérsékleten, külső térrel

$$M \sim H^{1/\delta}$$



Skálázás - a kitevő mérése

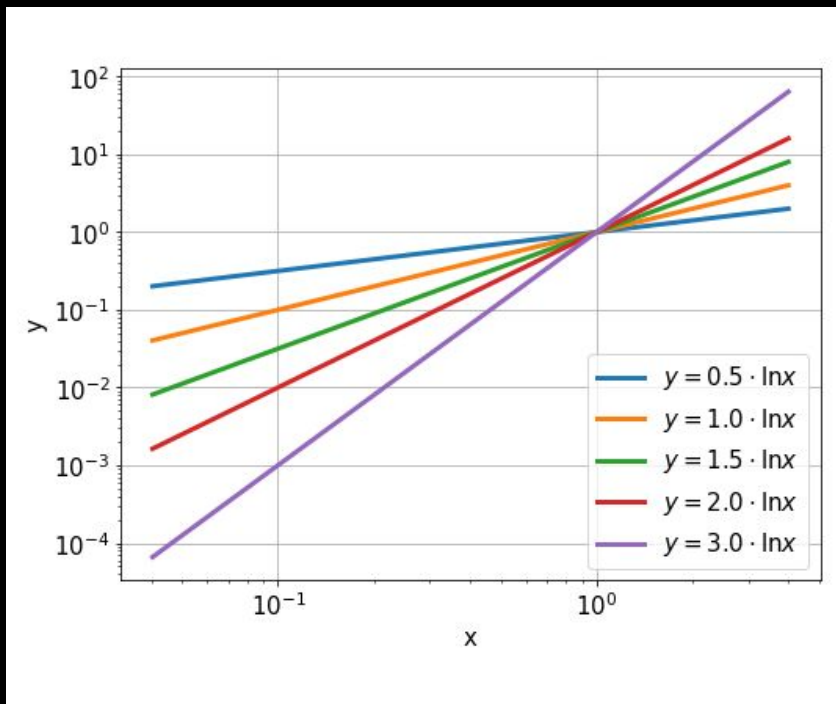


$$y = c \cdot x^m$$

a logaritmus azonosságaival

$$\ln y = \ln c + m \cdot \ln x$$

Skálázás - a kitevő mérése



$$y = c \cdot x^m$$

a logaritmus azonosságaival

$$\ln y = \ln c + m \cdot \ln x$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ y' & = & b + m \cdot x' \end{array}$$

egyenes egyenlete!

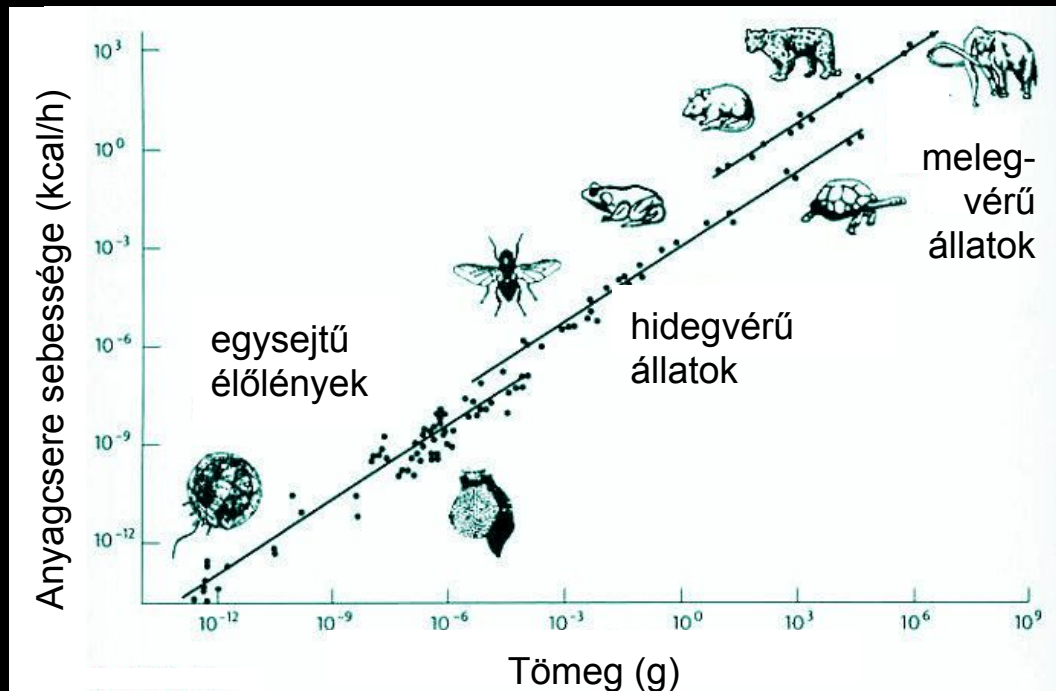
Skálázás - egy egyenes

BIOLÓGIAI PÉLDA

Kleiber-törvény

anyagcsere gyorsasága $\sim$ testtömeg?

Sok nagyságrenden keresztül!



Városi skálázás

$$Y = Y_0 \cdot N^\beta$$

mért mennyiség

szorzófaktor

városméret

kitevő

The diagram shows the equation $Y = Y_0 \cdot N^\beta$ in white text on a black background. Four teal arrows point from labels to parts of the equation: one from 'mért mennyiség' to Y , one from 'szorzófaktor' to Y_0 , one from 'városméret' to N , and one from 'kitevő' to β .

Városi skálázás

$$Y = Y_0 \cdot N^\beta$$

mért
mennyiség

városméret

tengelymetszet

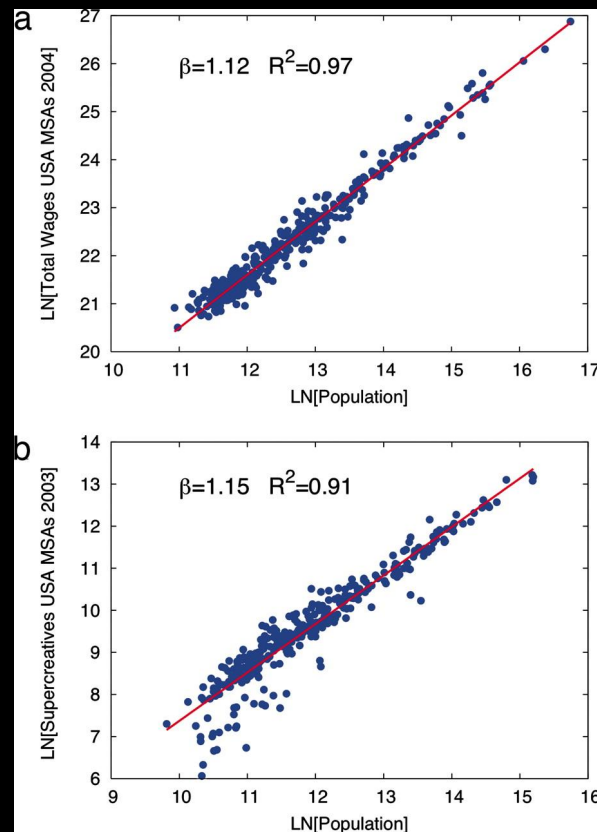
szorzófaktor

meredekség

elő

Városi skálázás - mi lehet Y?

R&D fogl.	1.34	US (2002)	$\beta > 1$ szuperlineáris
Szabadalmak	1.27	US (2001)	
GDP	1.15	Kína (2002)	
Elektromosság	1.00	Németo. (2002)	$\beta = 1$ lineáris
Vízfogyasztás	1.01	Kína (2002)	
Úthálózat	0.83	Németo. (2002)	$\beta < 1$ szublineáris
Benzinkutak	0.77	US (2001)	



Mit jelentenek a kitevők?



$$\beta = 1.1$$



2.15x



$$\beta = 1$$



2x



$$\beta = 0.9$$

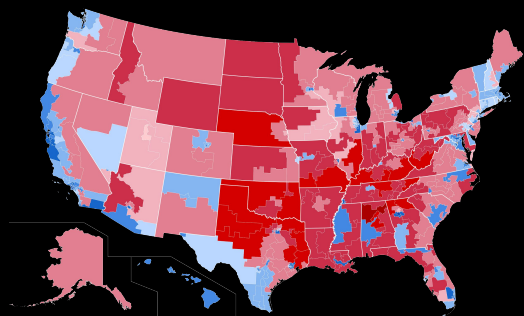


1.86x



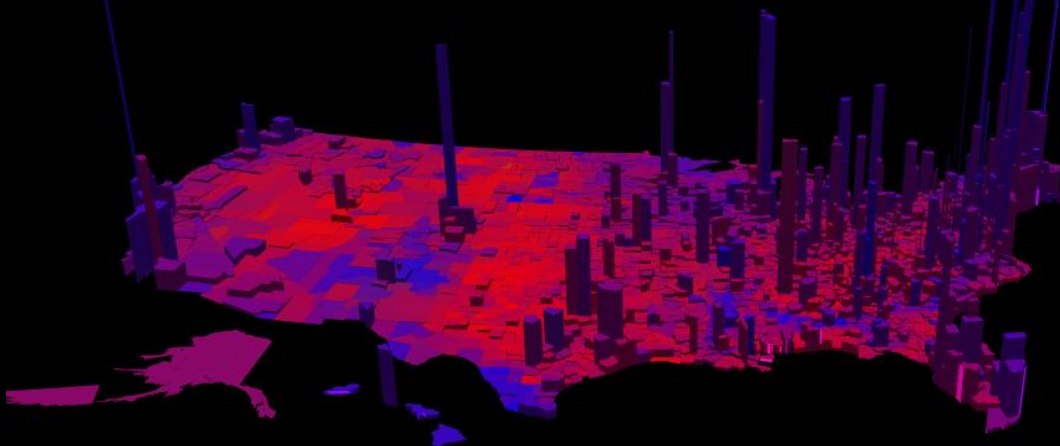
Sejtés I.

2016 november
Trump / Clinton?



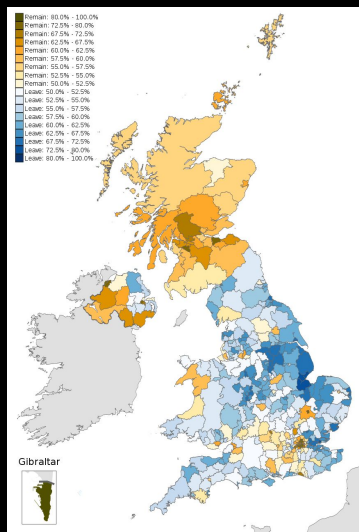
"The voting data suggest that people don't make cities liberal -- cities make people liberal."

Josh Kron - The Atlantic

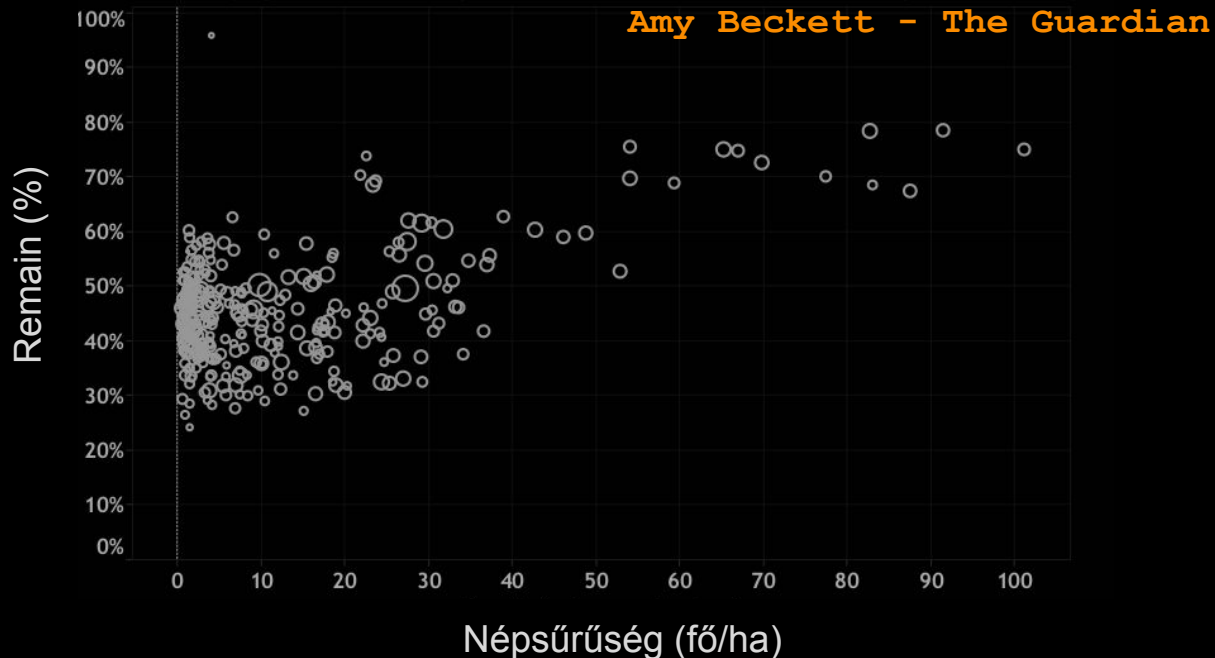


Sejtés II.

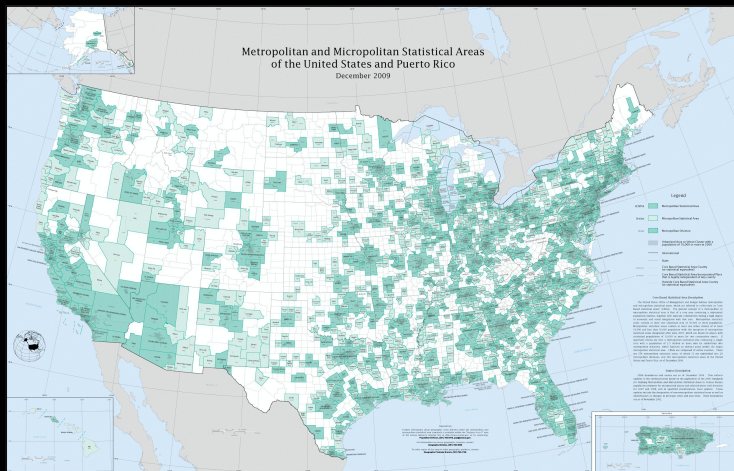
2016 június
EU Referendum, UK



Cities may dominate our culture, but a backlash against liberal values and multiculturalism has been led by rural and small-town voters.



Városi területek



USA városi területek - MSA definíciók

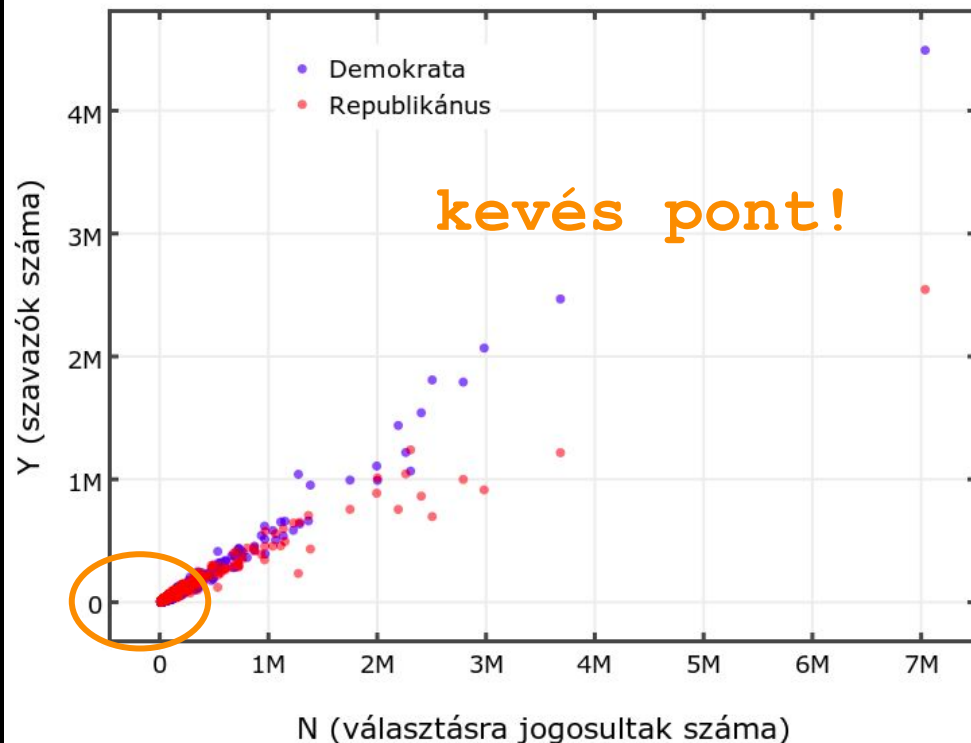
UK - városok/választóközetek



USA 2016

Vajon igaz-e a
skálatörvény?

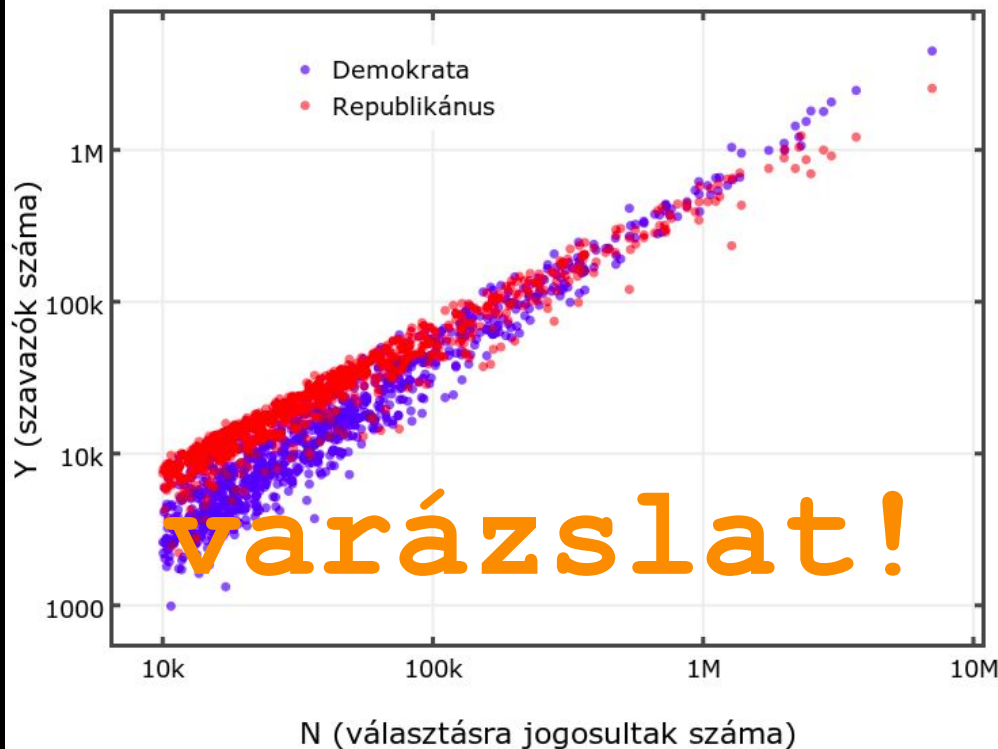
$$Y = Y_0 \cdot N^\beta$$



USA 2016

Vajon igaz-e a
skálatörvény?

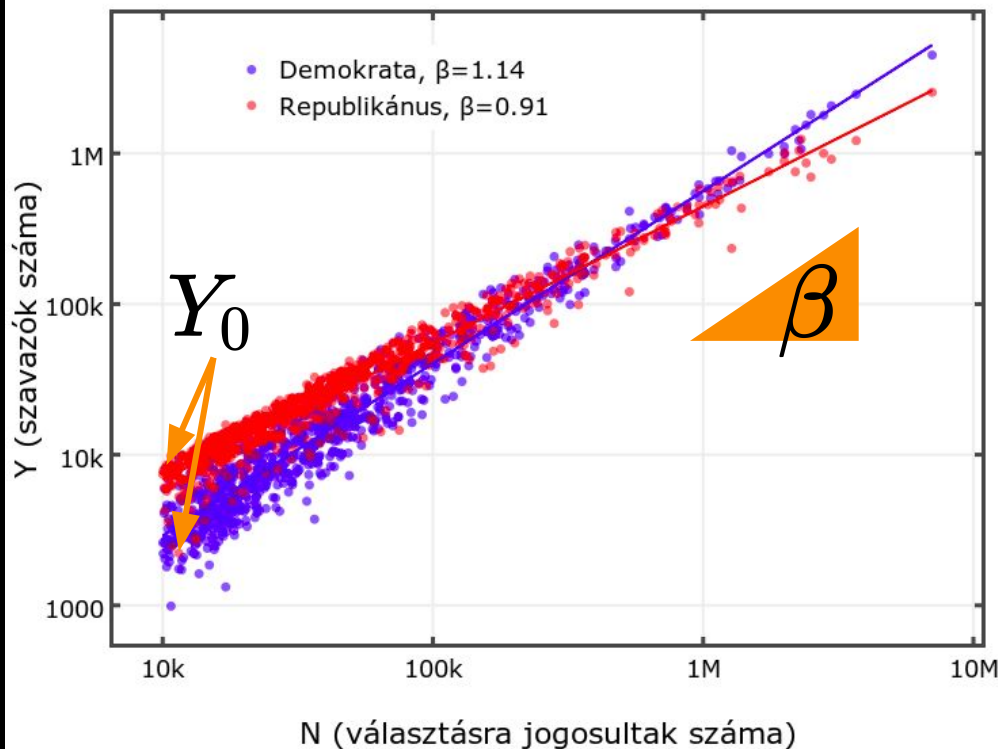
$$Y = Y_0 \cdot N^\beta$$



USA 2016

Vajon igaz-e a
skálatörvény?

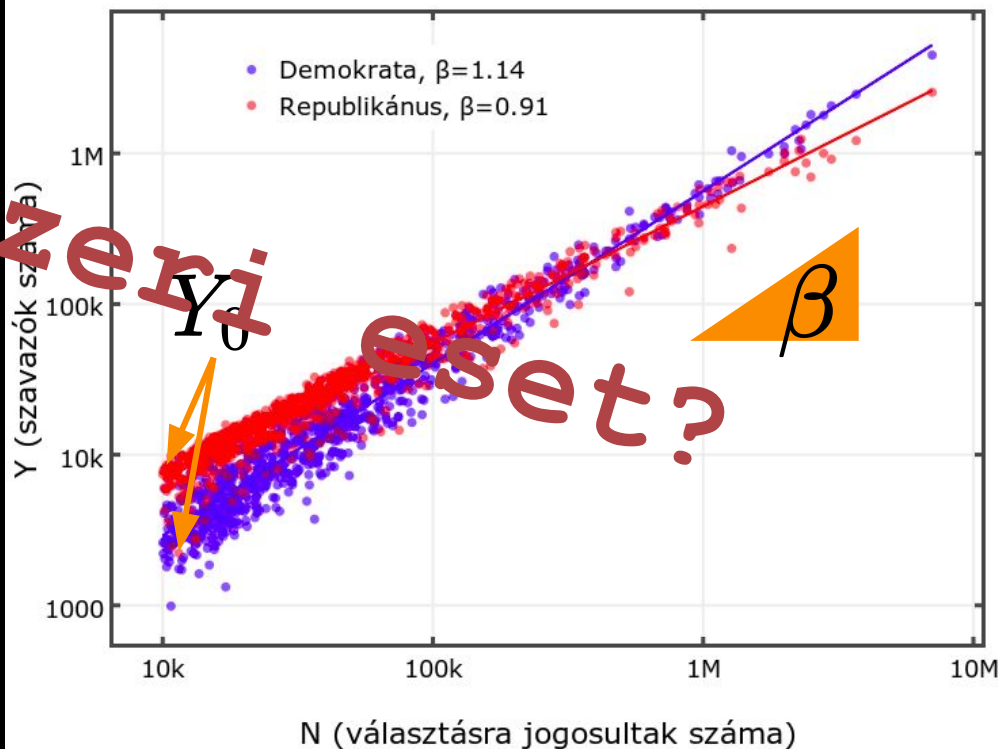
$$Y = Y_0 \cdot N^\beta$$



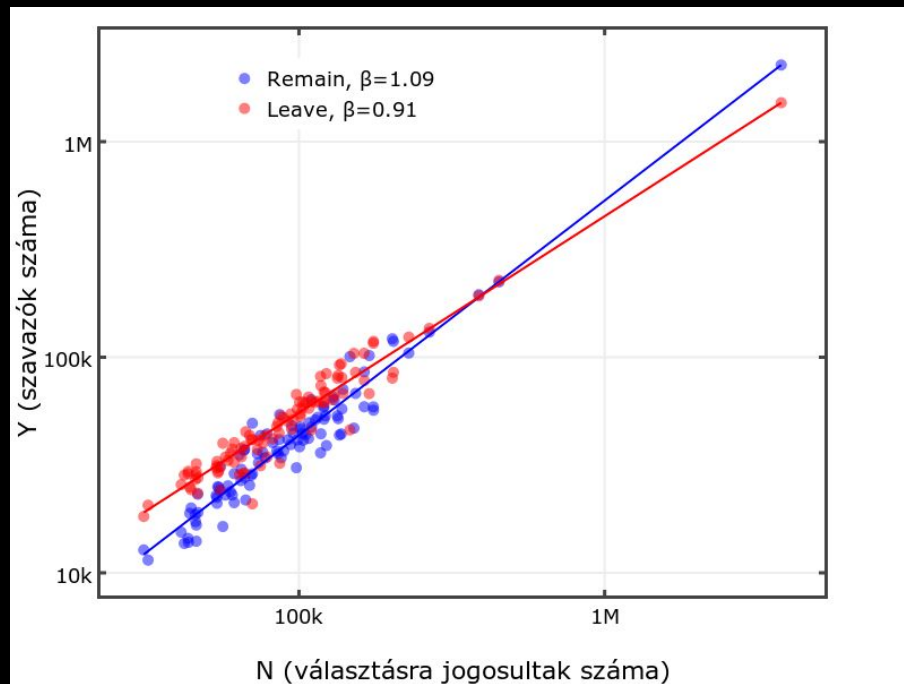
USA 2016

Vajon igaz-e a
skálatörvény?

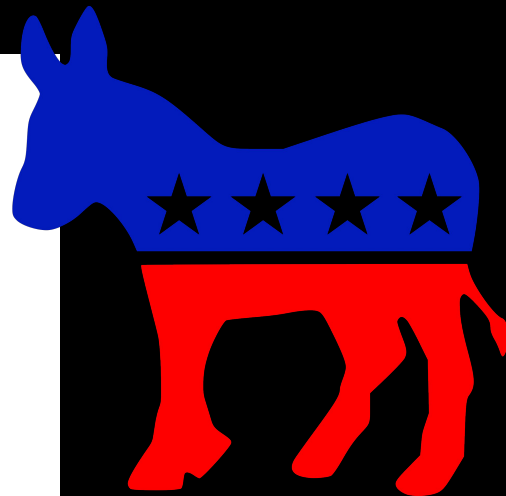
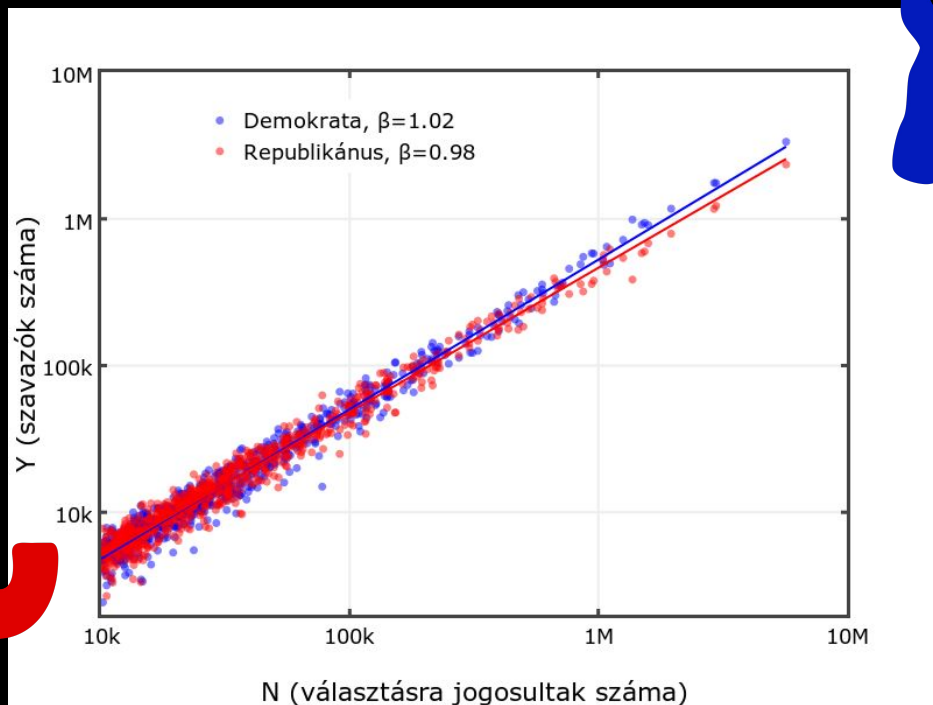
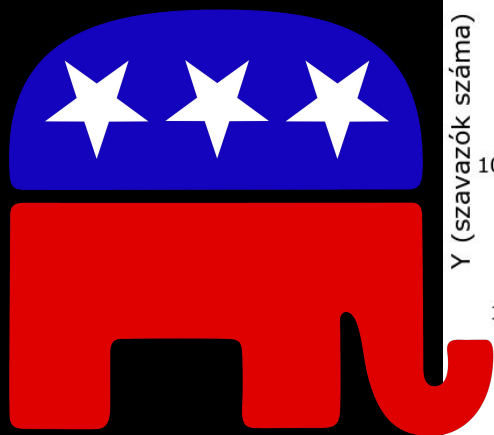
$$Y = Y_0 \cdot N^\beta$$



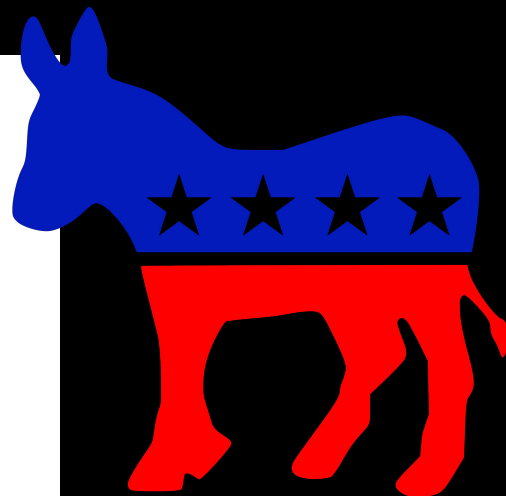
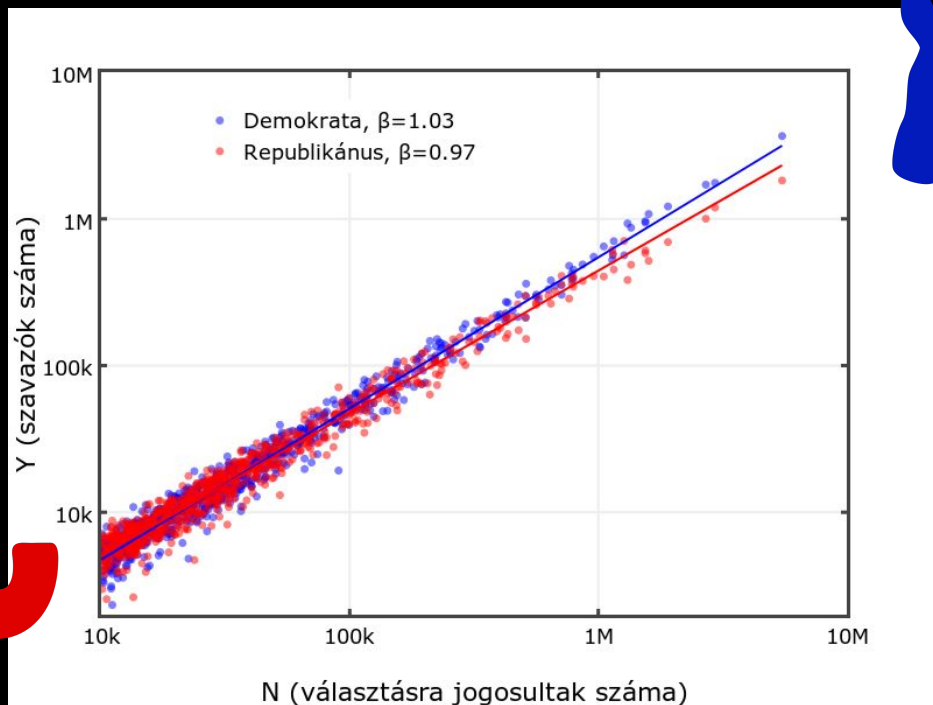
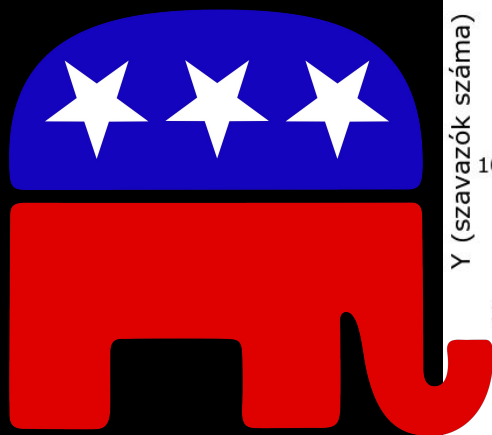
UK 2016 (térben máshol)



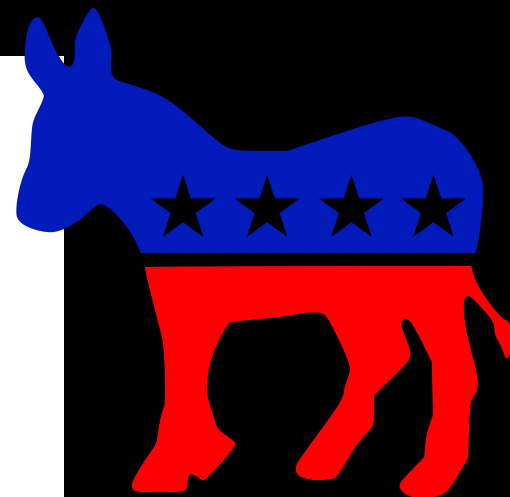
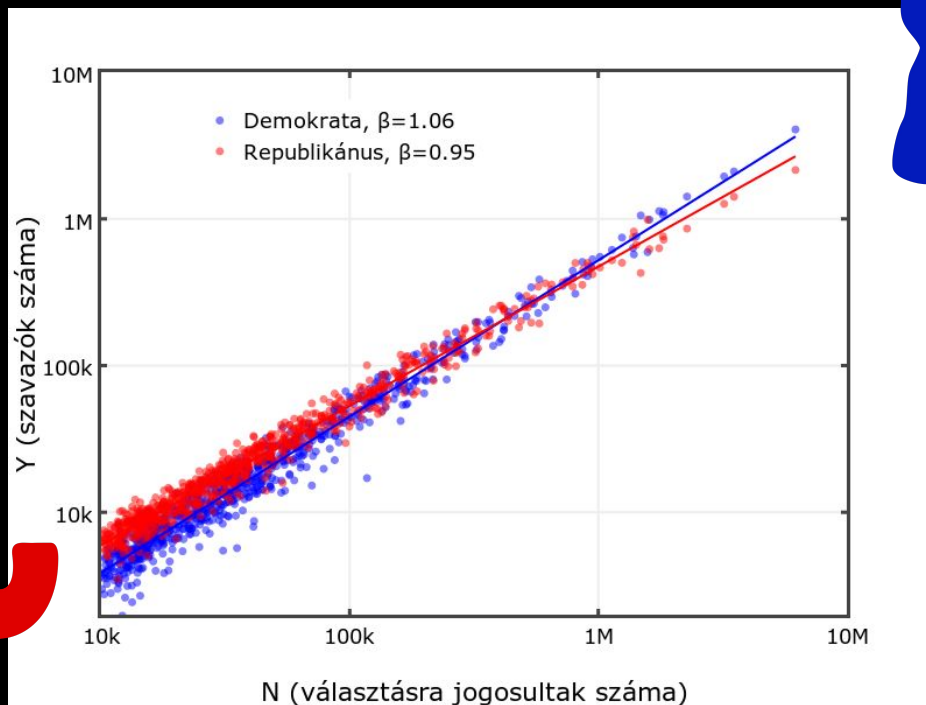
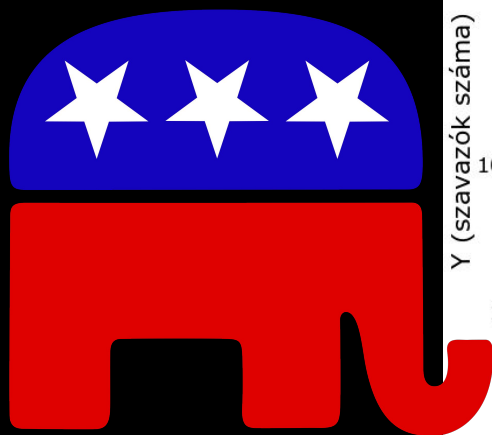
USA 1992 (időben máshol)



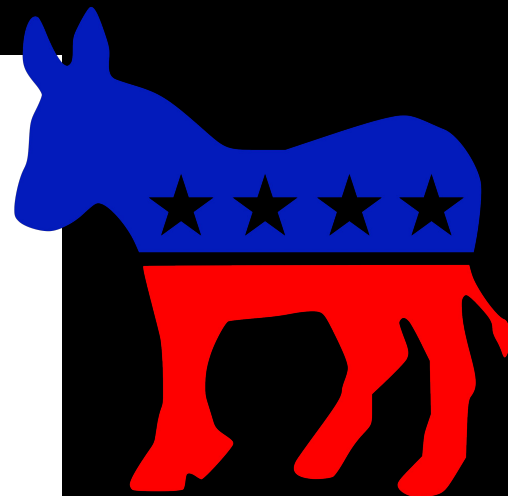
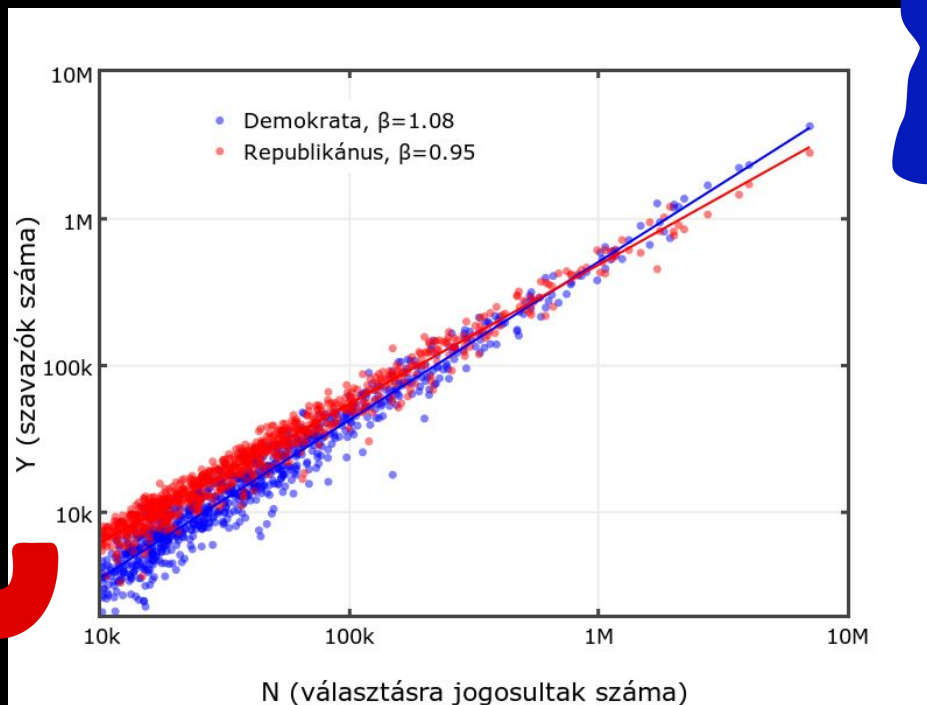
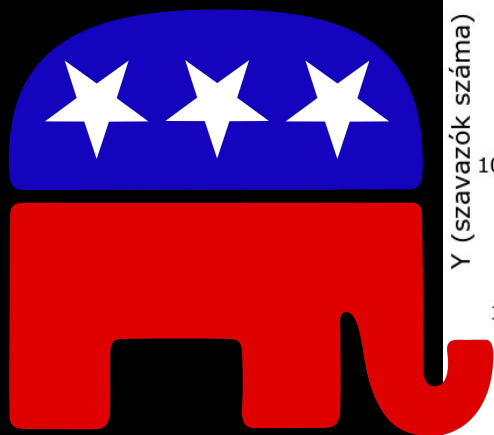
USA 1996



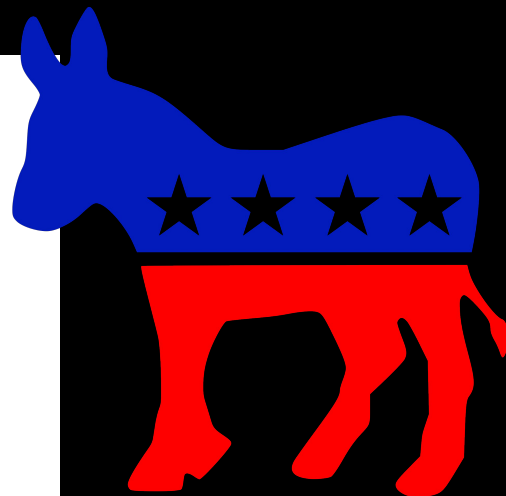
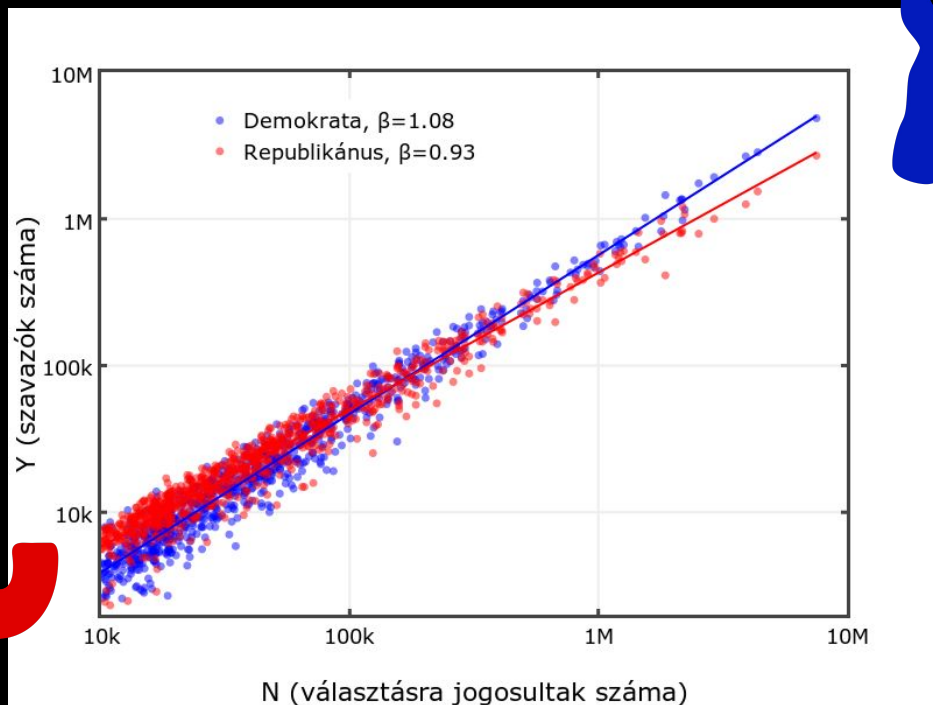
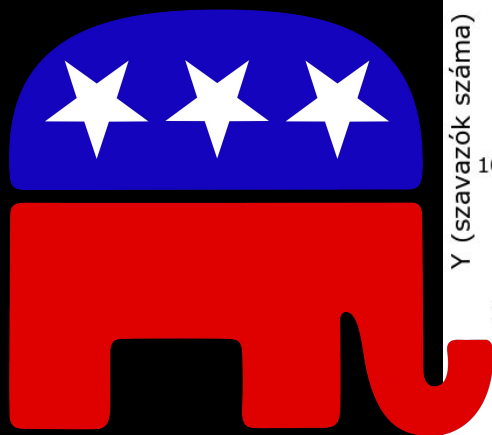
USA 2000



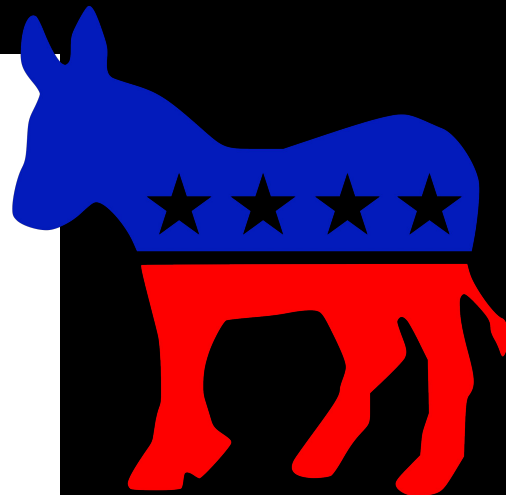
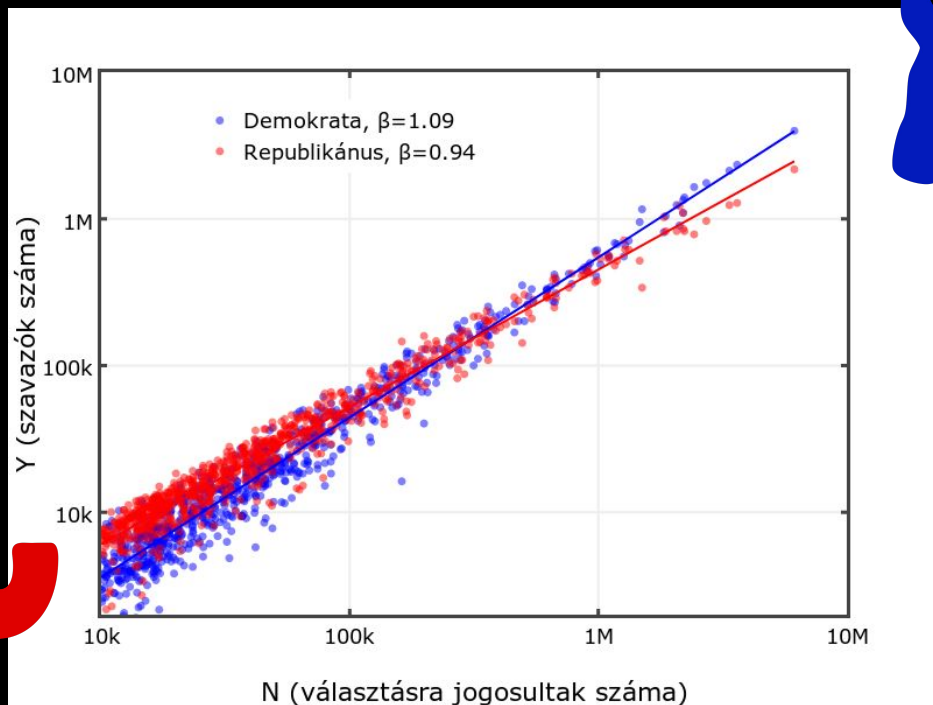
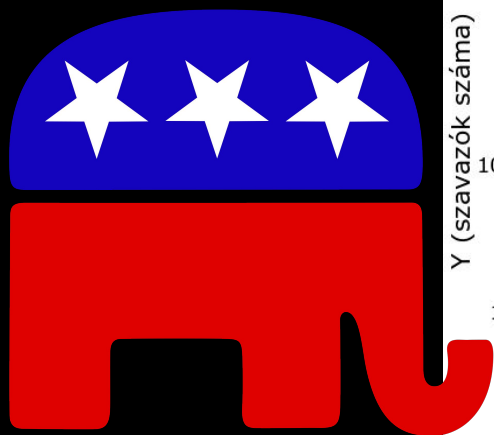
USA 2004



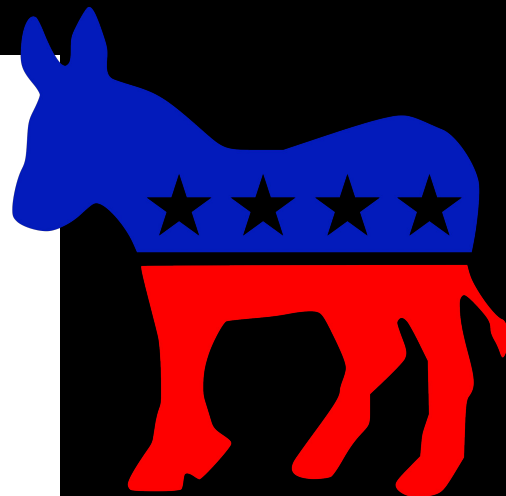
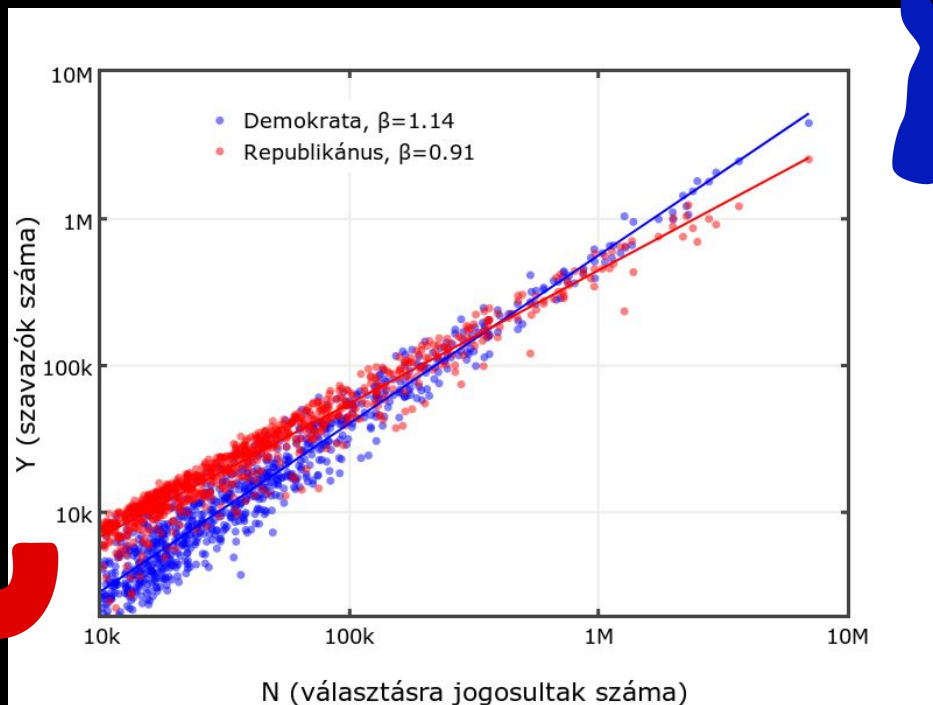
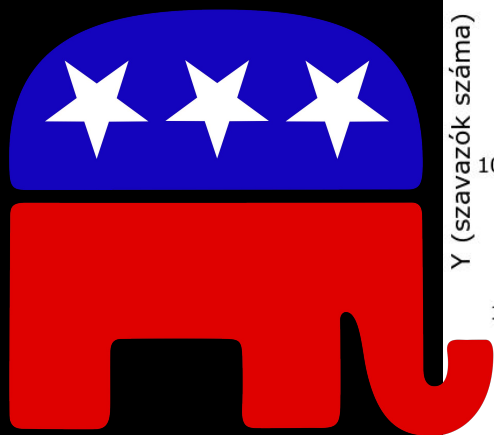
USA 2008



USA 2012



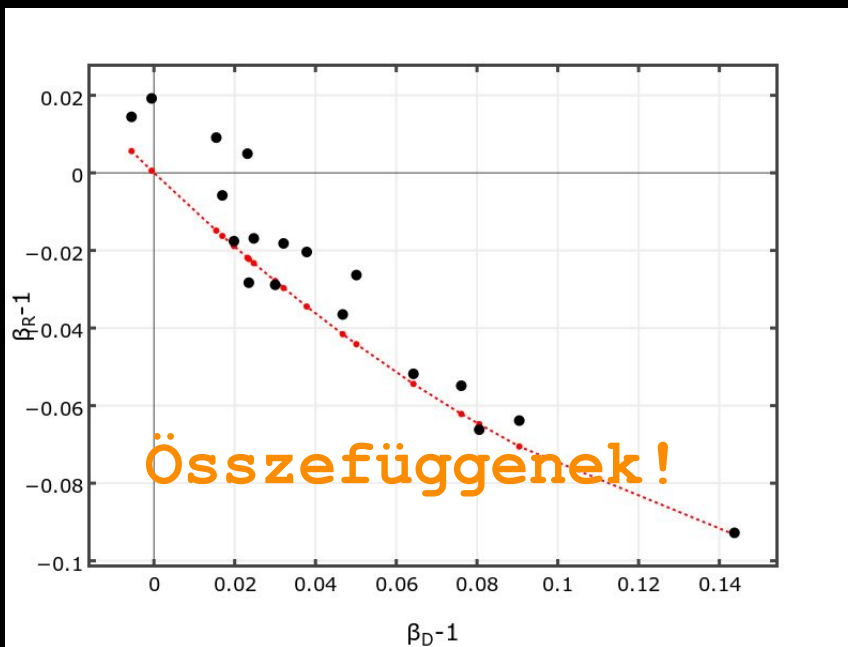
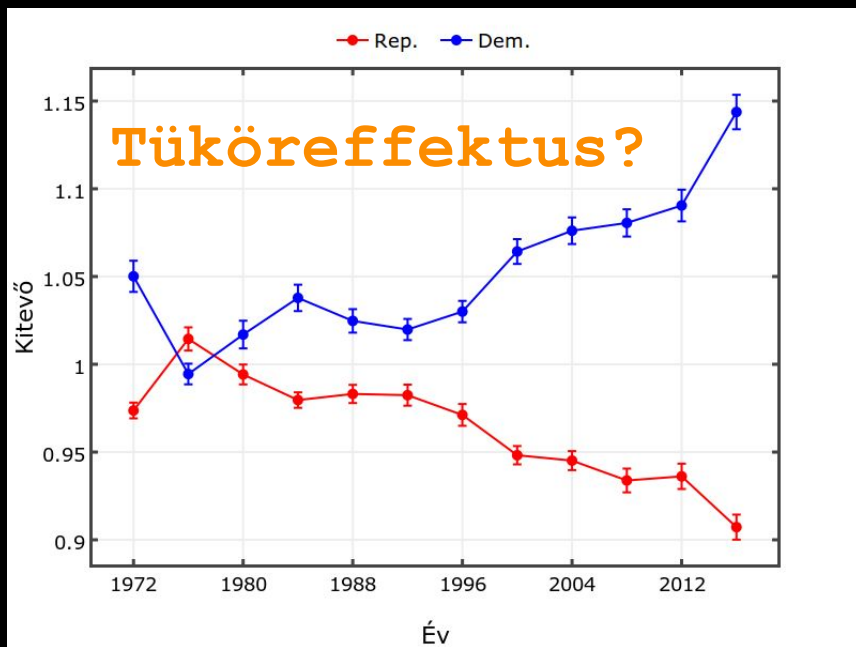
USA 2016



Paramétercsökkentés I.

$N_{\text{Dem}} + N_{\text{Rep}} \cong N$ kb. minden városban!

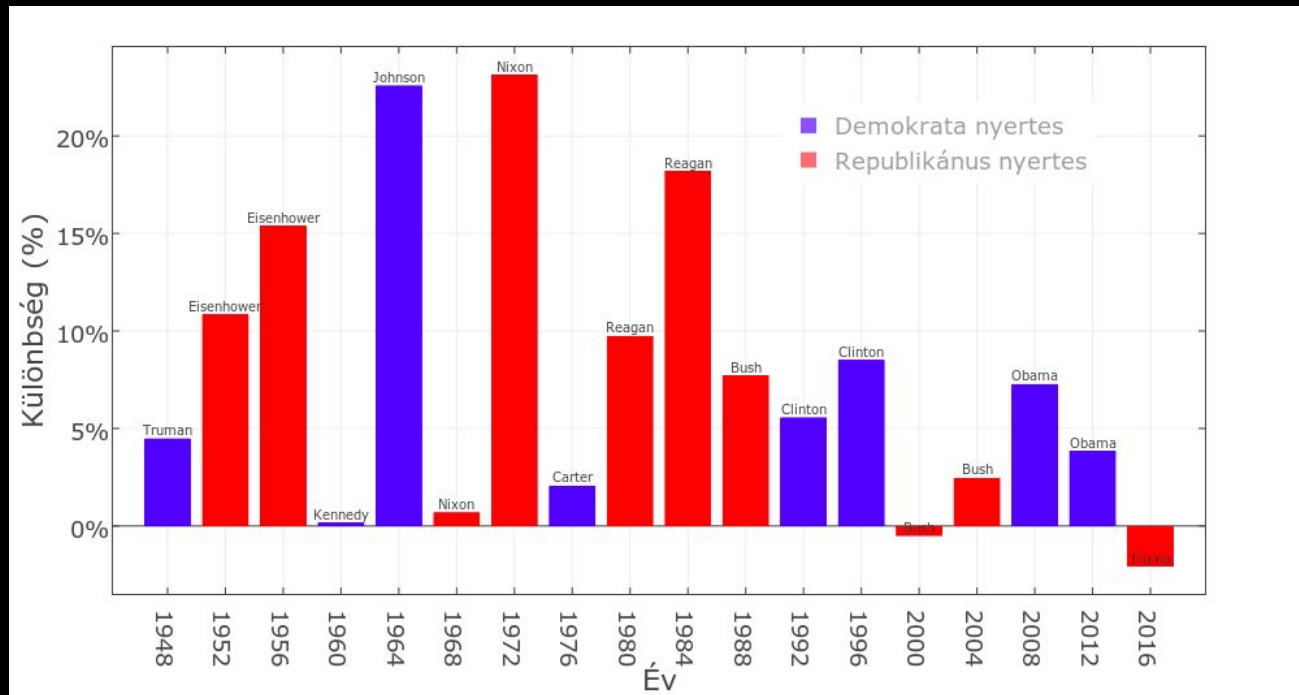
Tehát elég csak az egyik kitevő: β_{Dem} .



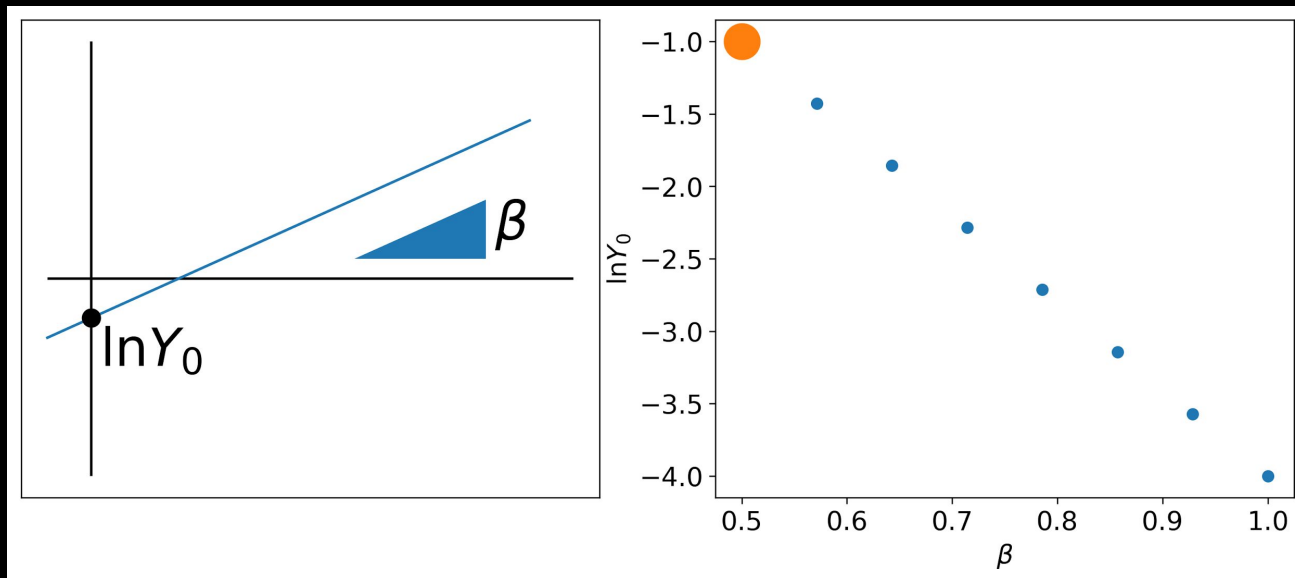
Kérdések, felvetések

- Ki nyer?
- Részvétel (T)?

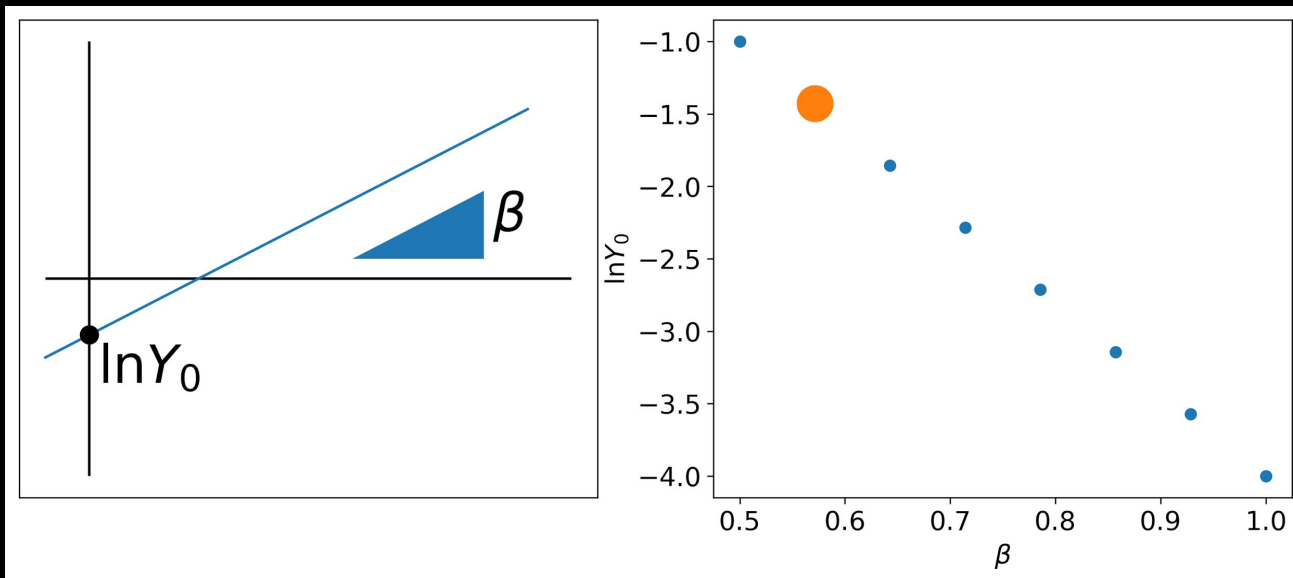
$$T \sim N^1$$



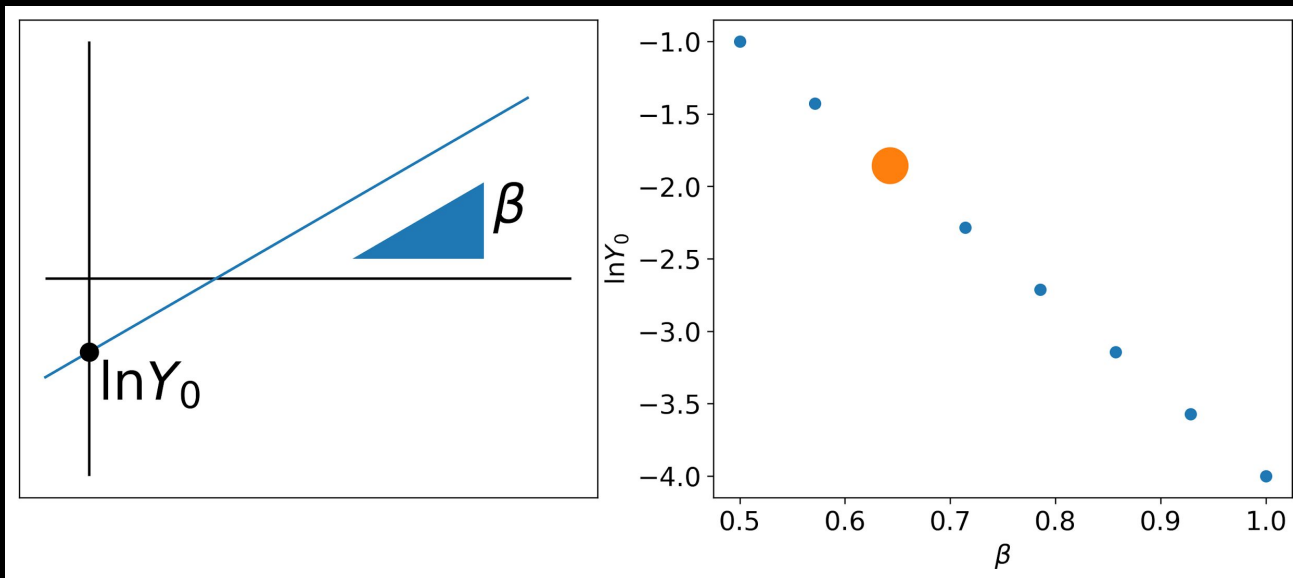
Paramétercsökkentés II.



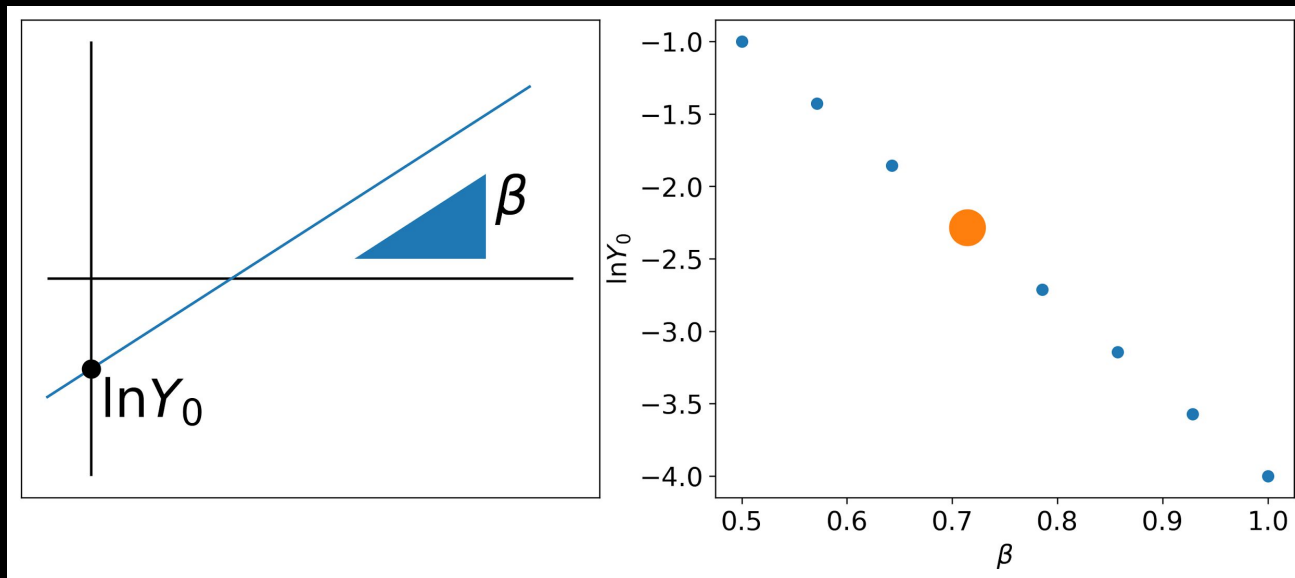
Paramétercsökkentés II.



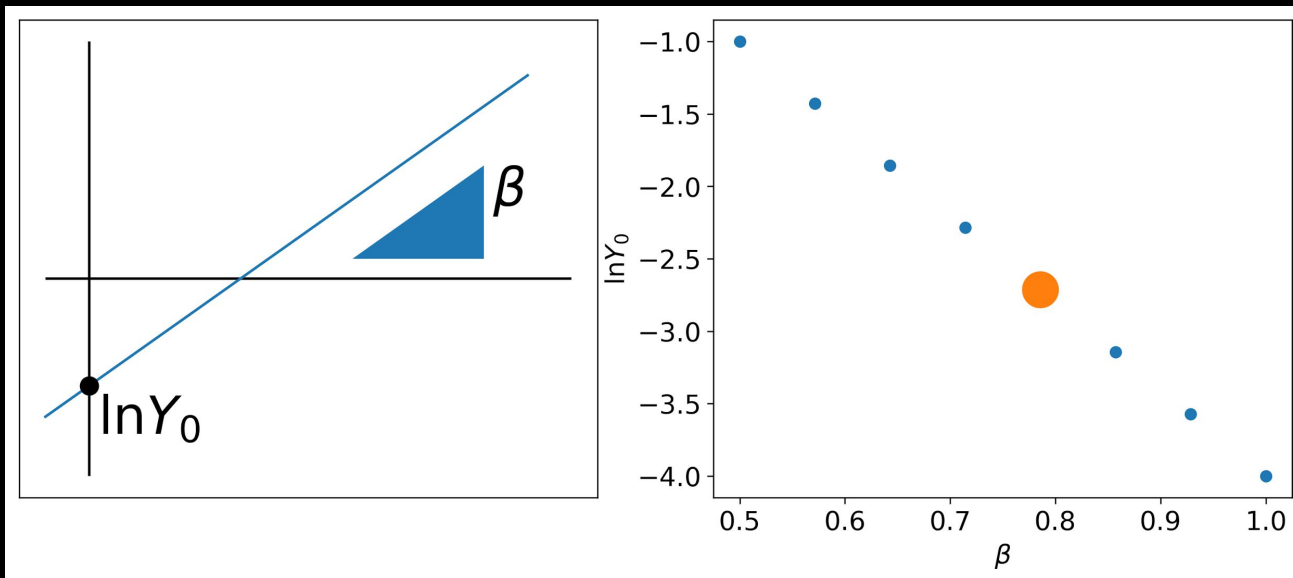
Paramétercsökkentés II.



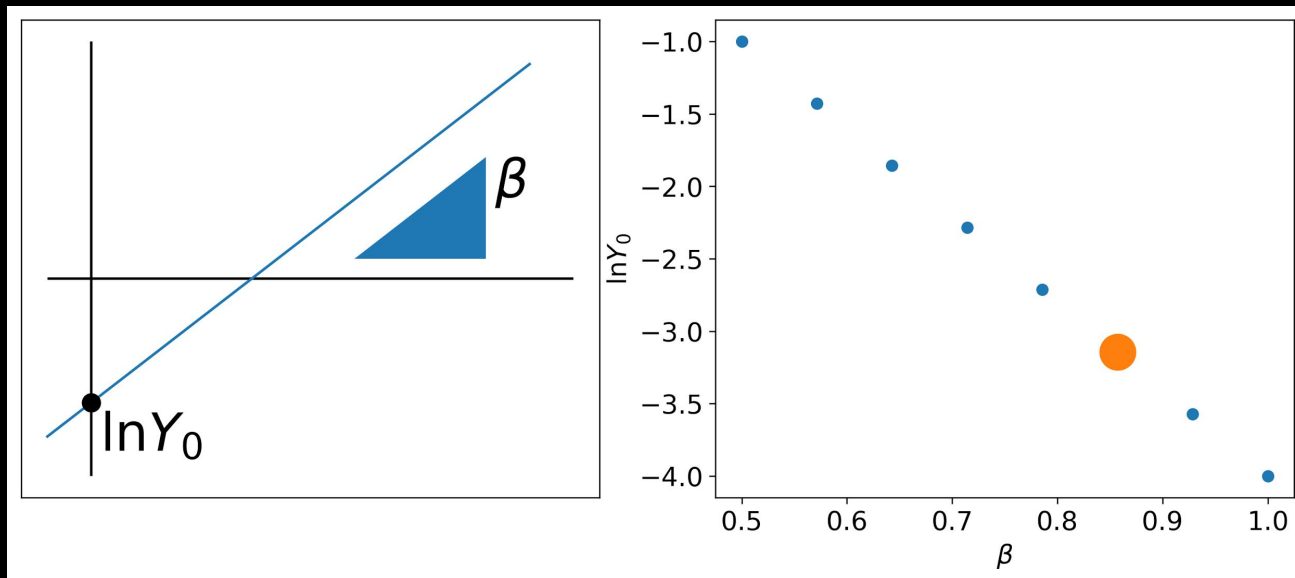
Paramétercsökkentés II.



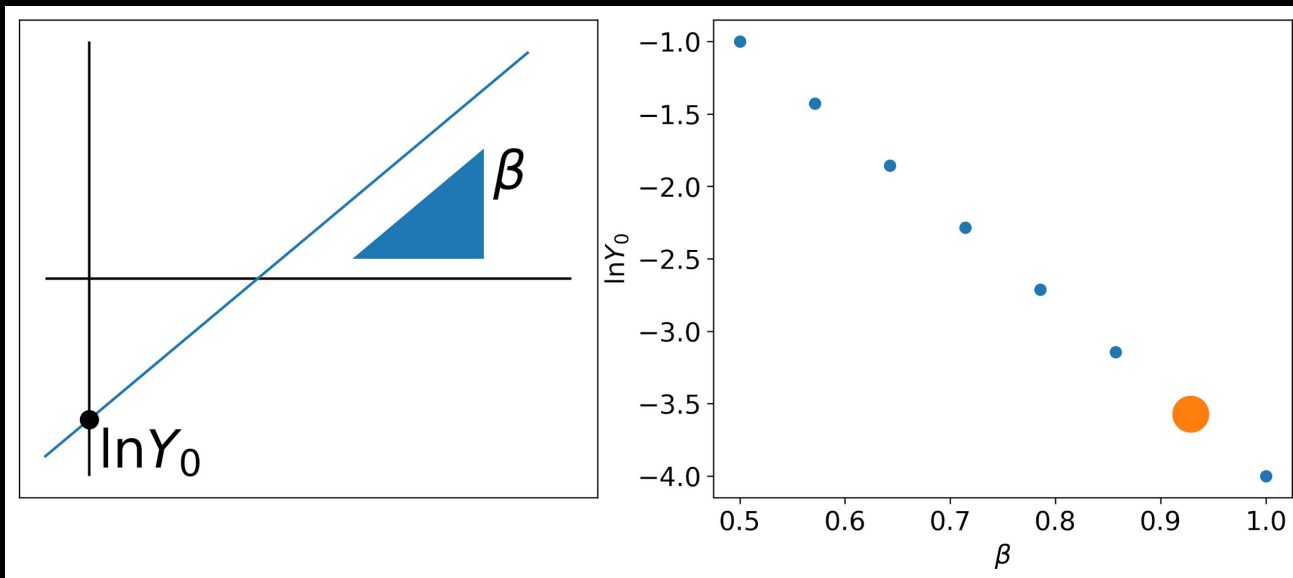
Paramétercsökkentés II.



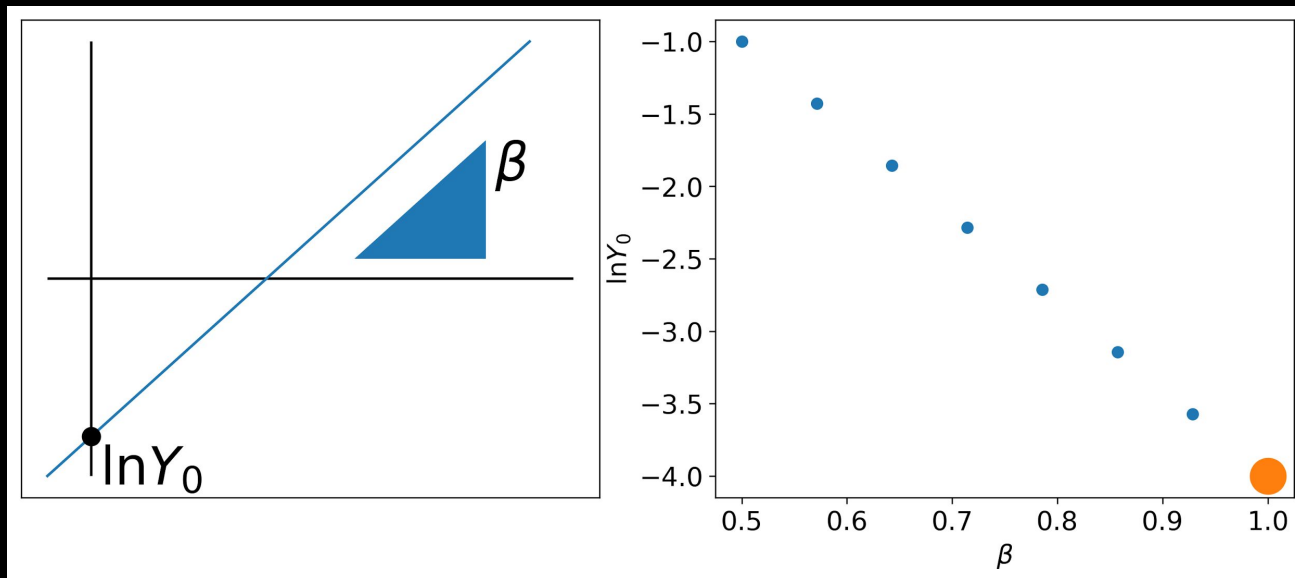
Paramétercsökkentés II.



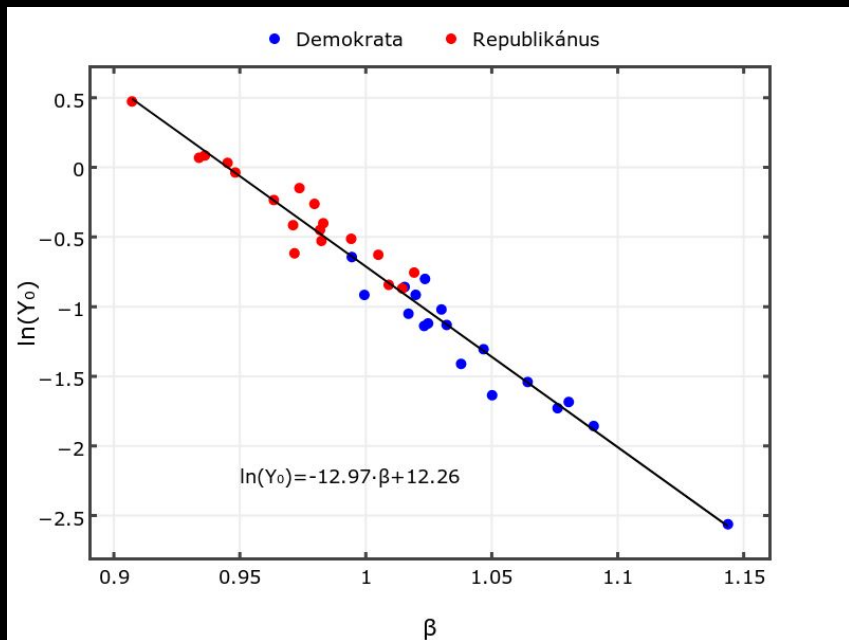
Paramétercsökkentés II.



Paramétercsökkentés II.



Paramétercsökkentés II.



tüköreffektus

$$\beta_{Dem} \rightarrow \beta_{Rep}$$

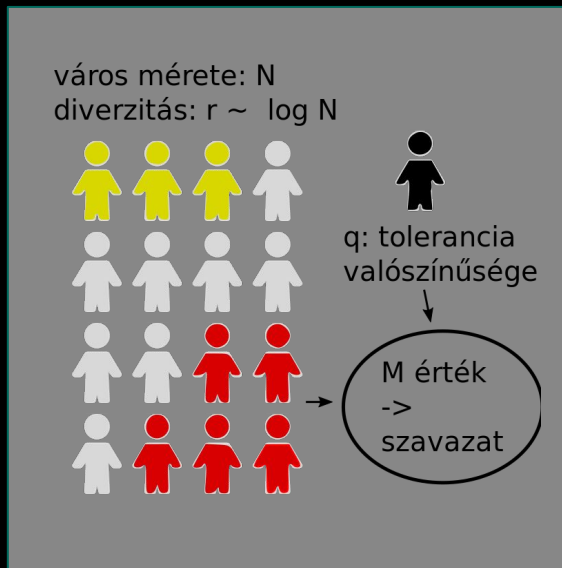
most

$$\beta \rightarrow Y_0$$

Modell

"The voting data suggest that people don't make cities liberal -- cities make people liberal."

Josh Kron - The Atlantic



m darab város által közvetített érték, a többi a saját listámon

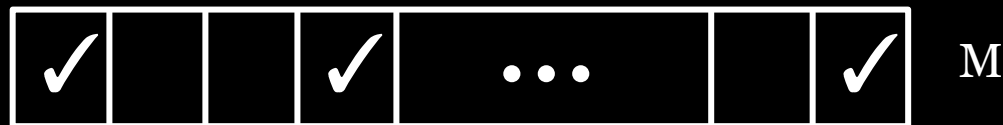
$$p = (1 - q)^{M-m} \rightarrow Y = N \langle p \rangle_N$$

Modell



"The voting data suggest that people don't make cities liberal -- cities make people liberal."

Josh Kron - The Atlantic



$$p = (1 - q)^{M-m} \rightarrow Y = N \langle p \rangle_N$$

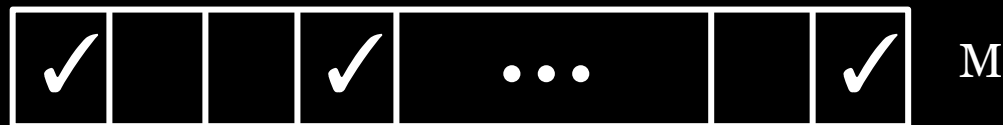
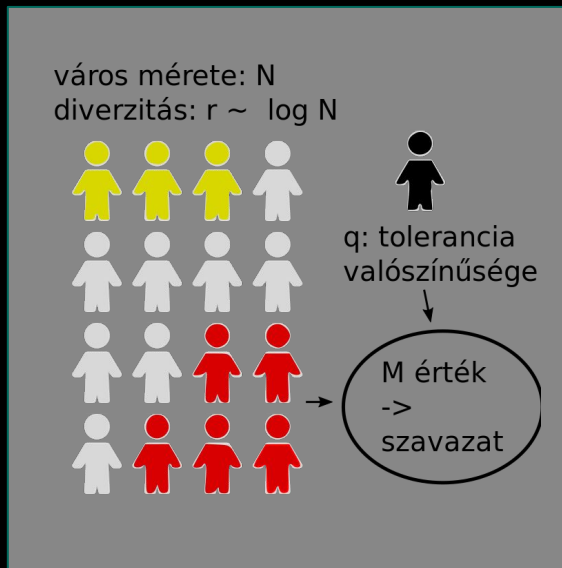
"mikroszkopikus" jelenségek összegzése

$$Y \approx N \cdot e^{qM(1-r(N))} = Y_0 N^\beta$$

Modell

"The voting data suggest that people don't make cities liberal -- cities make people liberal."

Josh Kron - The Atlantic

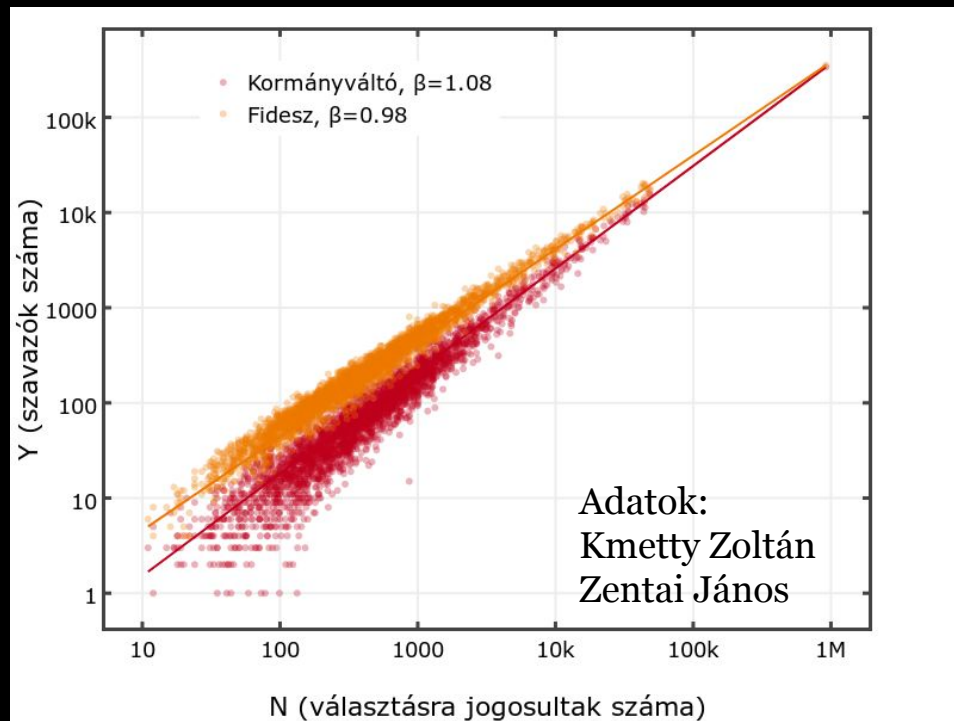


a városok
gáztörvénye

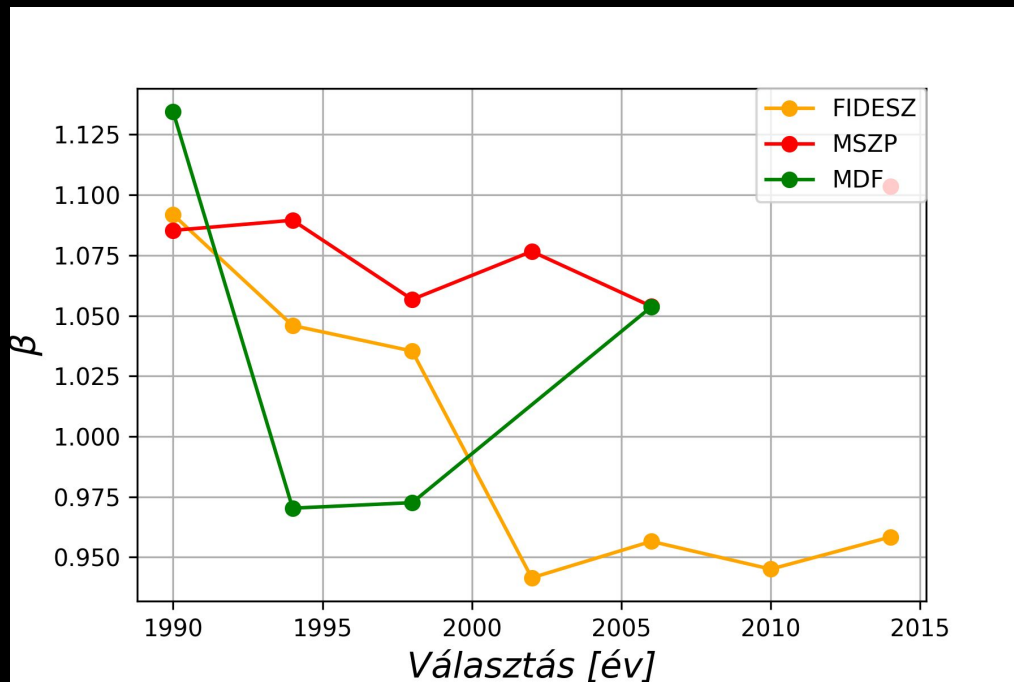
Hazai terepen



- kis települések?
- sok párt?

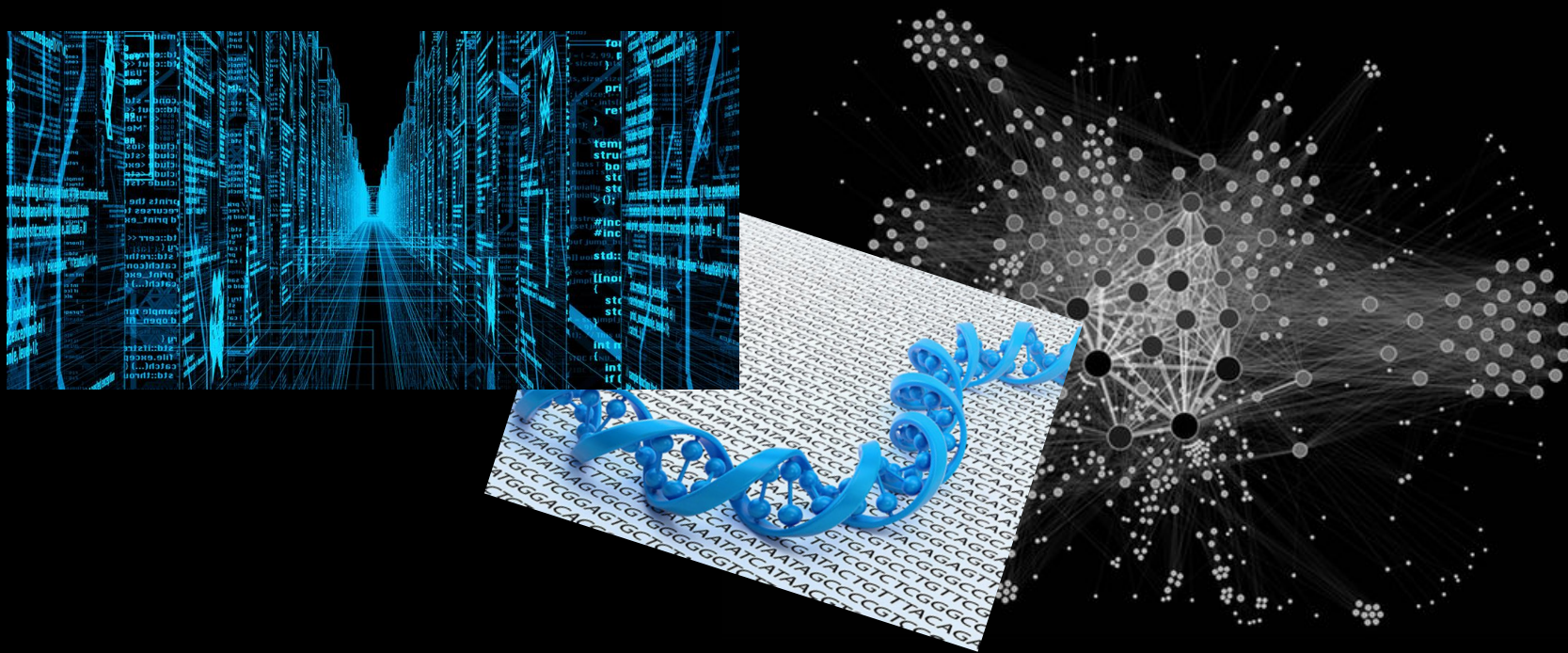


Hazai terepen



Kép:
Zentai János

A fizikai modellezés új kihívásai



Afro-American ethnicity

The collage includes a map of Africa, a stack of Bitcoin coins, a word cloud with terms like 'nigga' and 'bitch', a 3D molecular model, and two 3D surface plots of energy landscapes.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!