

Kuo fizikams įdomios socialinės sistemos?

Aleksejus Kononovičius

Vilniaus universitetas Fizikos fakultetas Teorinės fizikos ir astronomijos institutas

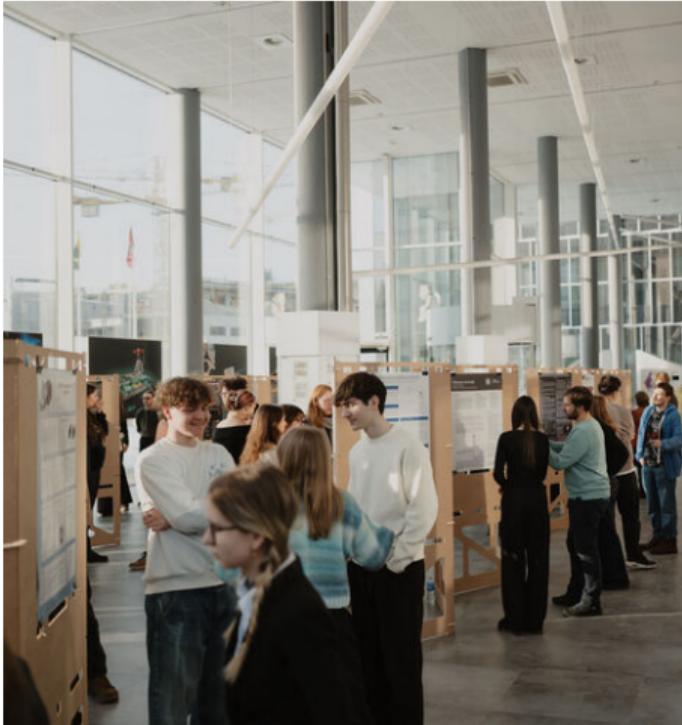
✉ aleksejus.kononovicius@tfai.vu.lt
☞ kononovicius.lt ☞ rf.mokslasplius.lt



Fizikos
fakultetas



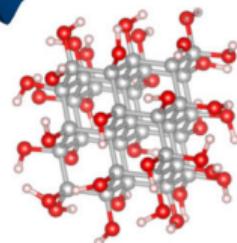
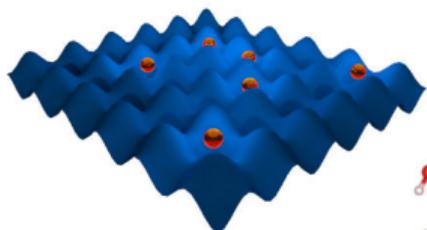
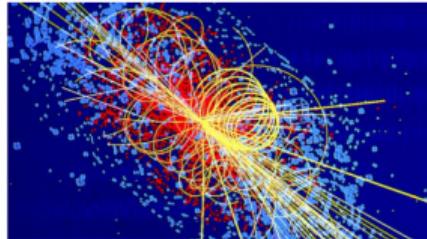
Fizikos fakultetas



- Seniausio rytų Europos universiteto fakultetas.
- Visų pakopų studijų programos.
- Nuo teorinės fizikos iki medžiagų mokslo ir technologijų vadybos.
- Virš pusės šimto laboratorijų.
- Aktyvus studentų gyvenimas: OpenReadings, FiDi, energetikų ir astronomų klubai.
- Moksleiviams: “Studentas vienai dienai”, “Fotono” dienos stovykla.

Teorinės fizikos ir astronomijos institutas

Nuo labai mažų ($10^{-18} - 10^{-8}$ m) iki labai didelių ($10^8 - 10^{21}$ m)



Kompleksinių fizinių ir socialinių sistemų grupė

Socialinės sistemos

Žmonės yra:

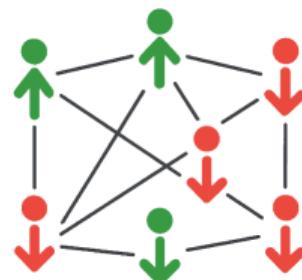
- Išradingi
- Savanaudžiai
- Racionalūs



Tikrai taip ir niekaip kitaip.

Atomai:

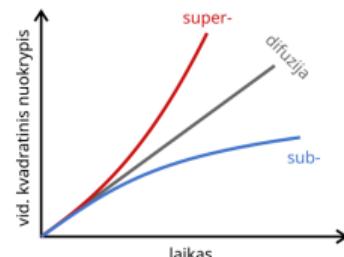
- fantazijos trūkumas
- universalūs dėsniai



Netokie jau mes kitokie...

Kitos temos:

- Ilga atmintis
- Anomali difuzija
- Kvantinių grupių įvaizdžių teorija
- Netiesinės sistemos

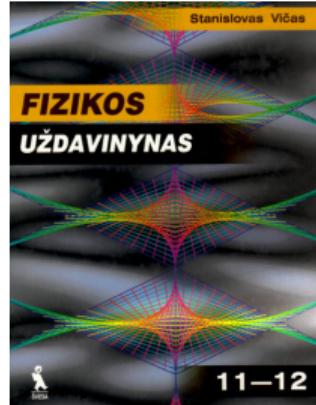


☞ KAL's cartoons, ChatGPT įkvėptas "spinson" minties (K. Sznajd-Weron group)



Mano kelias į fiziką

Mokykla



MicroProse Soft., Sausio 13-osios prog., Leidykla "Šviesa", GT Interactive Soft., Eidos Interactive

Programavimas

The screenshot shows the Turbo Pascal 7.0 IDE interface. The menu bar includes File, Edit, Search, Run, Compile, Debug, Tools, Options, Window, and Help. The title bar says "PRNFLTR.PAS". The code editor contains the following Pascal code:

```
File Edit Search Run Compile Debug Tools Options Window Help
PRNFLTR.PAS
1-[+]-[?]-[X]
const
  MaxAttributes = 8;

type
  TPCharArray = array[0..MaxAttributes-1] of Char;
  PPCharArray = ^TPCharArray;

  PPrinterCodes = ^TPrinterCodes;
  TPrinterCodes = record
    Number of printer codes
    PreambleCount: Byte;
    { Pointer to a
      this printer }
    Preamble: PPChar;
    { Pointer to a
      changing the
      CodeArray }
    CodeArray: PPChar;
    { Array of indexes into the CodeArray corresponding to attributes
      supported for this printer. }
    Attributes: array[0..MaxAttributes - 1] of Byte;
    { Codes sent at the start of a page. }
  end;
  75:1
```

An "About" dialog box is displayed in the foreground, containing the following information:

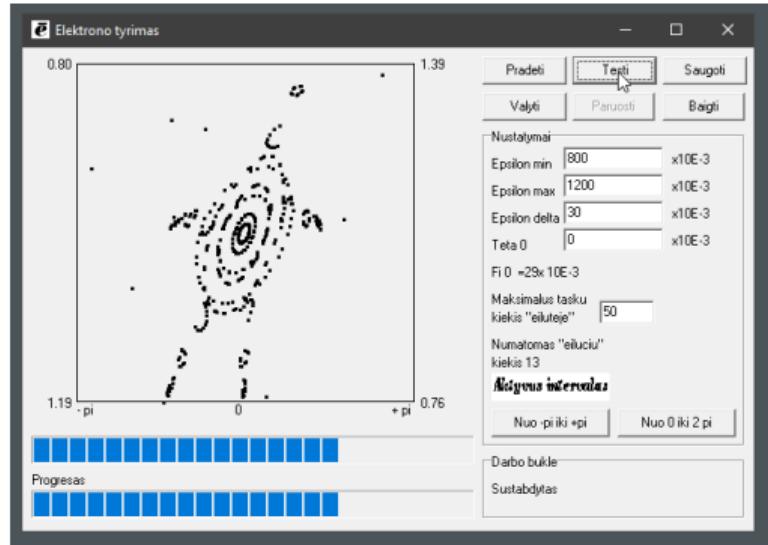
About
Turbo Pascal
Version 7.0
Copyright (c) 1983,92 by Borland International, Inc.

The status bar at the bottom of the IDE displays: F1 Help | Welcome to Turbo Pascal. Press Enter to close this dialog box.



Borland Int., Borland Int.

Atsitiktinumas



(koliažas) Saulius Kazlauskas + Lietuvos jaunųjų mokslininkų sąjunga

Rizikos fizika

Physics of Risk About Students Search using Google

Boundary conditions and zealotry in the noisy voter model

January 13, 2026 Aleksejus Kononovicius #interactive #agent-based models #opinion dynamics #voter model
#boundary conditions #zealots #birth-death process

When writing our recent article [1], we (I and Rytis) had argued about the relationship between having stable voter base ([zealots](#)) and imposing [boundary conditions](#) on the [noisy voter model](#). This post explores the subtle differences between these notions.

The noisy voter model

Let us assume that we have N agents. Each of the agents can be in state 0 or in state 1. In general, the labeling of the chosen such labels to emphasize that we observe the number of agents in state 1, let it will either increase or decrease by a single unit. I.e., one agent will either move all this transition "death", or the agent will move $0 \rightarrow 1$ (let us call this transition "birth"). We give strange names for the rates to emphasize that we can use continuous time [birth-death](#) processes independently (with rate ϵ_0 or ϵ_1), or due to peer interaction (let the interaction rate be $\lambda(X)$). The birth rate of the model is given by,

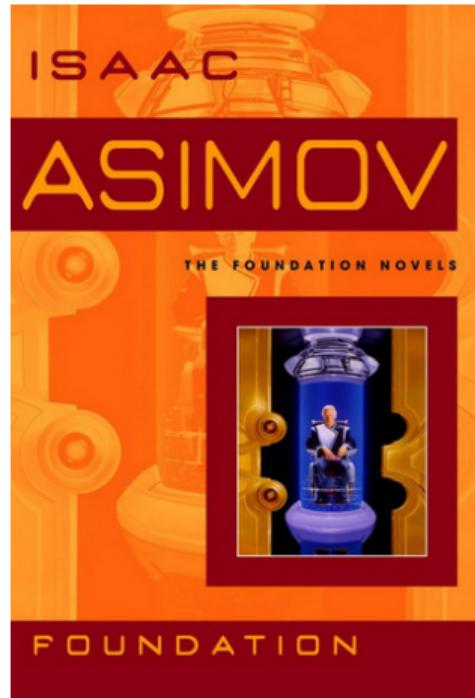
$$\lambda(X) = (N - X)(\epsilon_1 + X). \quad (1)$$


Risk Physics
Physics of risk, complexity and socio-economic systems.
► Subscribe via RSS feed
► Follow on Facebook
► Content @ GitHub
► Theme @ GitHub

► Vilnius University
► Faculty of Physics
► Institute of Theoretical Physics and Astronomy
► COST P10 meeting in Vilnius (2006)
► DPG Physics of Socio-

Planas

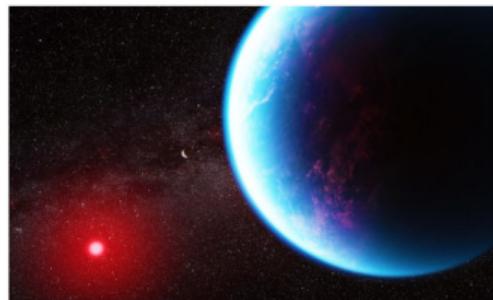
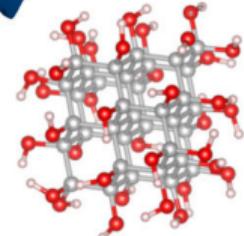
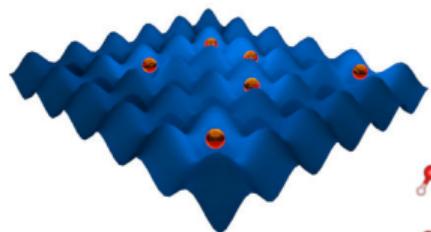
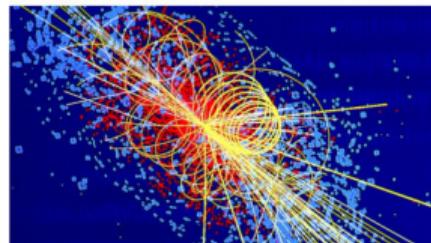
- ① Mano kelias į fiziką
- ② Mastelio klausimas
- ③ Laipsniniai skirstiniai
- ④ Rinktiniai modeliai



Bantam Books, Apple TV+

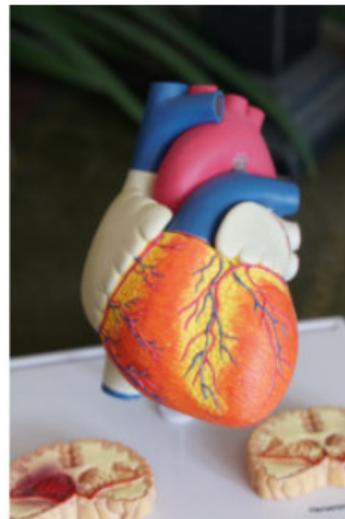
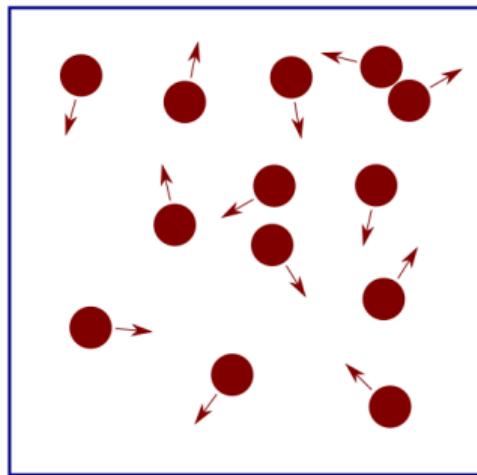
Mastelio klausimas

“Paprastos” sistemos



■ CERN, dr. Mažena Mackoit-Sinkevičienė, [Masys et al. (2025)], sun.org, earth.com, ESA Hubble

Sudėtingos sistemos

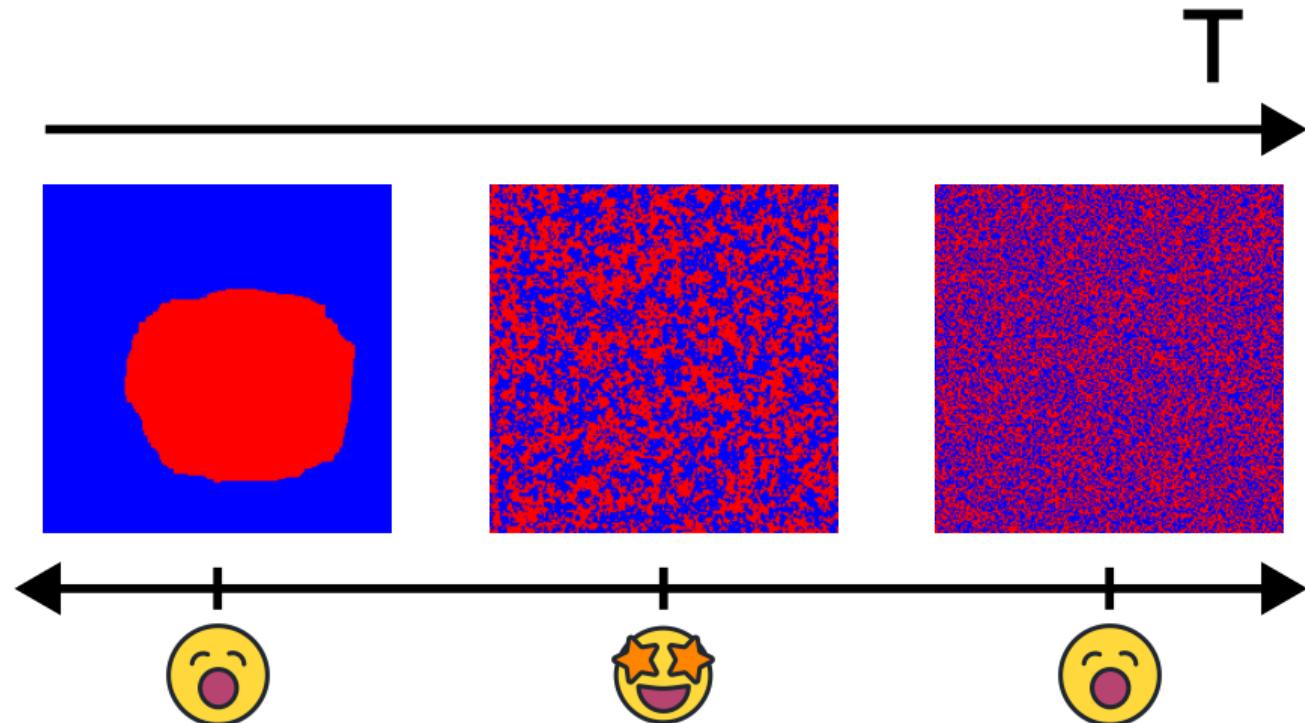


“Visuma yra šis tas daugiau nei atskirų dalių suma” (Kurtas Kofka*)

✉ Robina Weermeijer, KAL's cartoons

* nors dažnai sakoma, kad Aristotelis ar Euklidias

Kritinio taško keistenybės



Kaip suvokti “mastelį”?

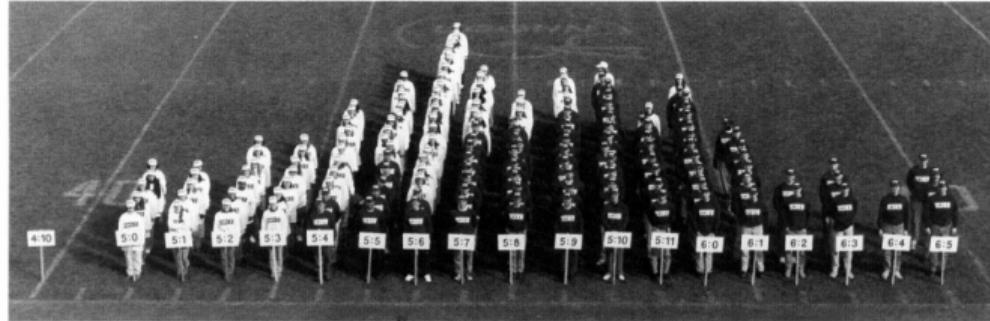
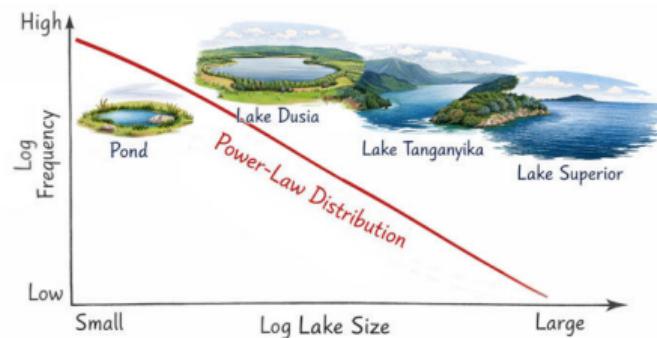


Figure 7. Living histogram of 143 student heights at University of Connecticut.



▣ [Schilling et al.(2012)], ChatGPT remiantis [Cael and Seekell (2016)]

Kokio ūgio yra
“tipinis” žmogus?

Kokio ploto yra
“tipinis” ežeras?

Pakrantės ilgio paradoksas

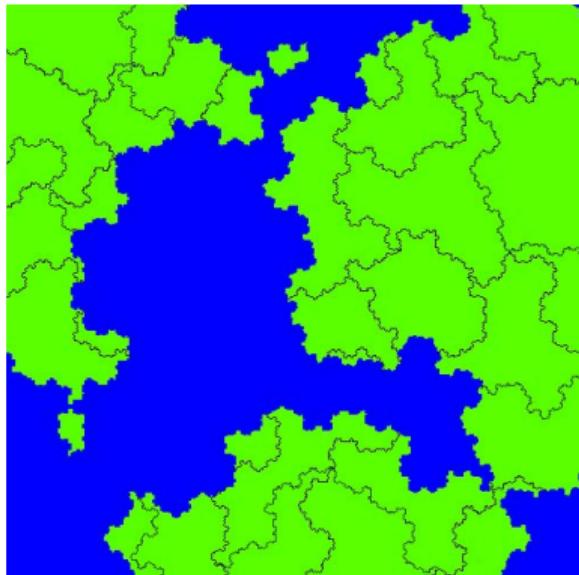
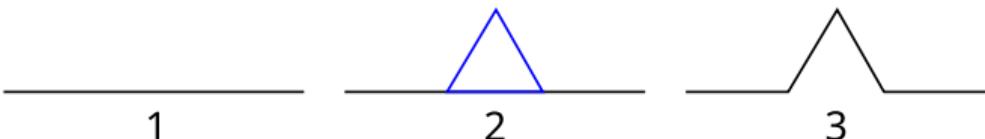


- Liniuotė – 200 km.
Ilgis – 2400 km.
- Liniuotė – 100 km.
Ilgis – 2800 km.
- Liniuotė – 50 km.
Ilgis – 3450 km.

Kocho snaigė

Kiekviename žingsnyje kiekvienai tiesei:

- ① Padalijame į tris dalis.
- ② Įterpiame lygiakraštį trikampį.
- ③ Pašaliname trikampio pagrindą.



Mano senas bandymas kurti kompiuterinį žaidimą.

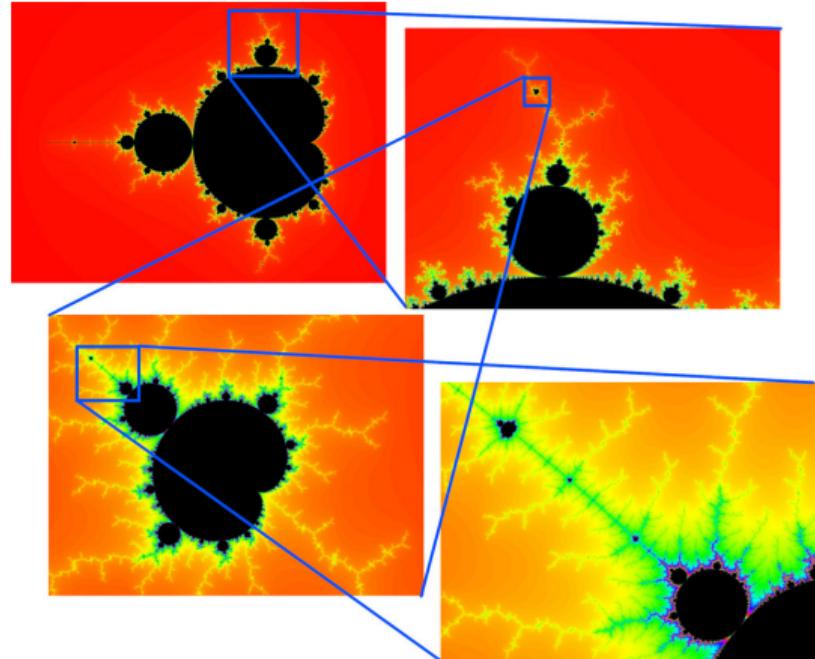
Ką reiškia neturėti mastelio?

Matematiškai funkcija $f(x)$ neturi mastelio, jei kiekvienam $b > 0$ ir $x > 0$ galioja

$$f(bx) = g(b) \cdot f(x).$$

Kitais tariant, artinant ar tolinant

- $f(x)$ forma nekinta,
- kinta tik amplitudė.



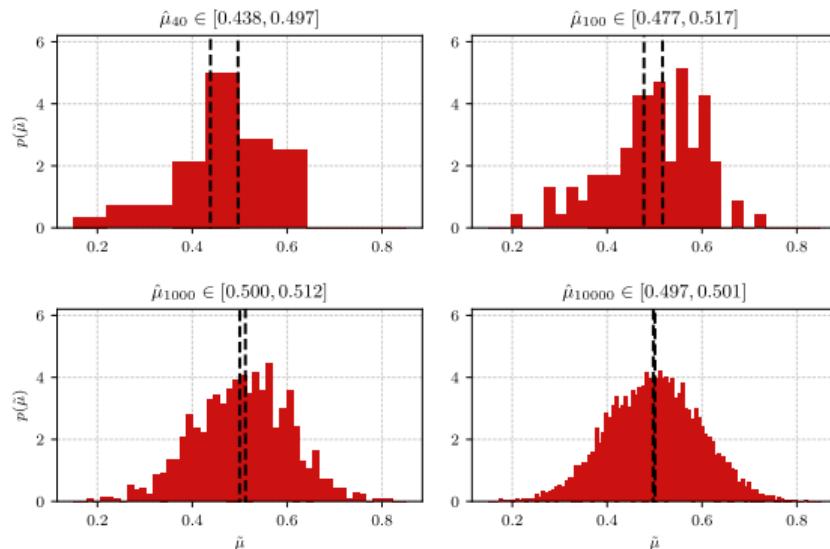
Mandelbroto aibės fragmentai

Laipsniniai skirstiniai

Kam fizikams statistika?



Daugiau matavimų – tikslesnis rezultatas



Stulpeliai – atliktų matavimų tankio histograma.
Punktyru – įverčio pasikliauties intervalo ribos.

Įverčis:

$$\tilde{\mu}_N = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_i}{N}.$$

Matematinė viltis:

$$\mathbb{E} [\tilde{\mu}_N] = \frac{\sum_{i=1}^N \mathbb{E} [\mu_i]}{N} = \mathbb{E} [\mu].$$

Įverčio dispersija*:

$$\text{Var} [\tilde{\mu}_N] = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \text{Var} [\mu_i] = \frac{\text{Var} [\mu]}{N}.$$

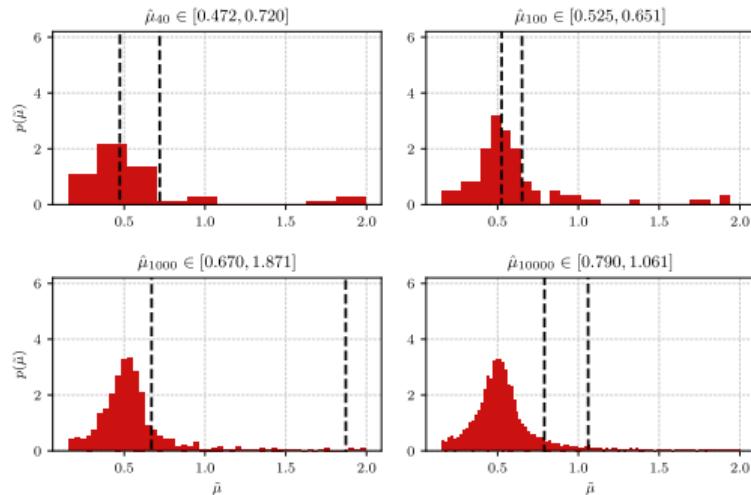
* – išraiška galioja tik nepriklausomiems eksperimentams.

O jei nėra mastelio*?

Paprasčiausiu atveju ($x_0 = 0$, $\gamma = 1$),
Koši (angl. Cauchy) skirstinio
tikimybės tankio funkcija,

$$p(x) = \frac{1}{\pi(1+x^2)}.$$

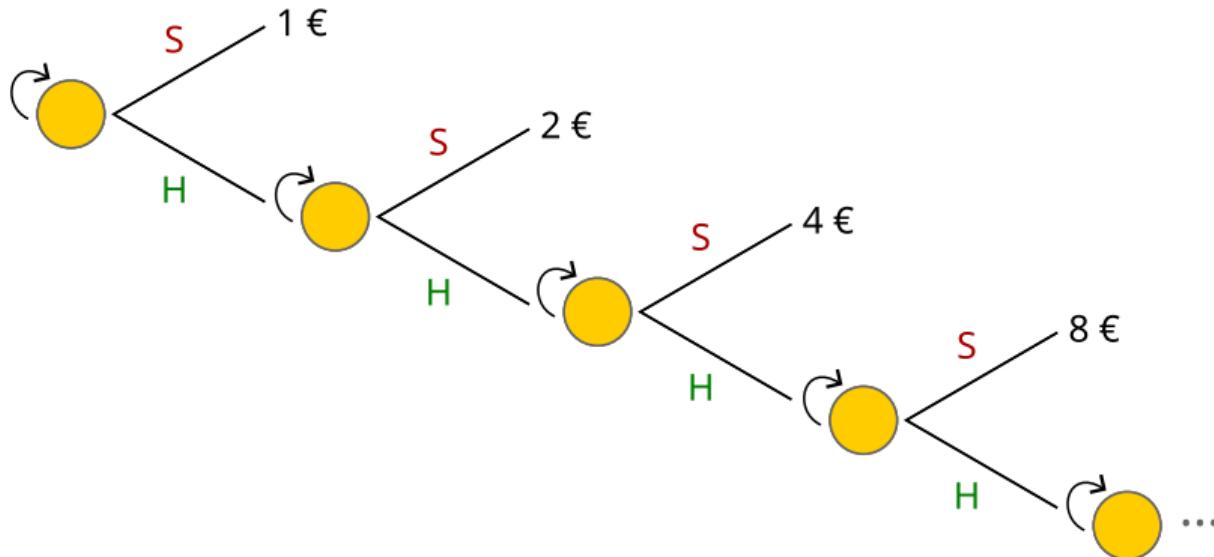
Šio skirstinio statistiniai momentai
yra neapibrėžti.



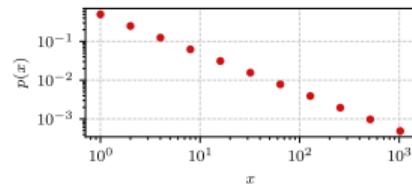
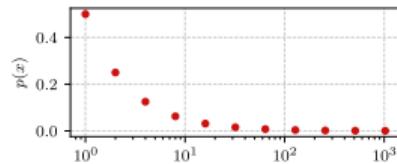
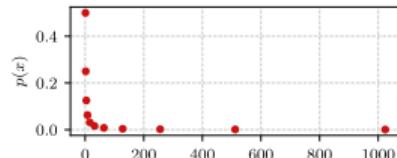
Stulpeliai – atlikų matavimų tankio histograma.
Punktyru – įverčio pasikliauties intervalo ribos.

* – Koši skirstinys turi parametrą vadinančią masteliu, bet neturi dispersijos.

Sankt Peterburgo paradoksas



Kiek tikėtumėtis laimėti tokiaame žaidime? Kaip pavaizduotumėte tikimybes laimėti tam tikras sumas?



Pareto skirstinys

Pareto skirstinio, vertėms $x \in [1, \infty)$, tikimybės tankio funkcija

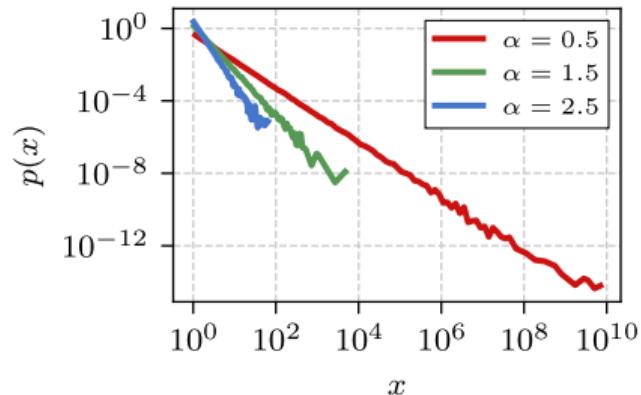
$$p(x) = \alpha x^{-\alpha-1}.$$

Koši skirstinys turi uodegas panašias į Pareto skirstinį su $\alpha = 1$.

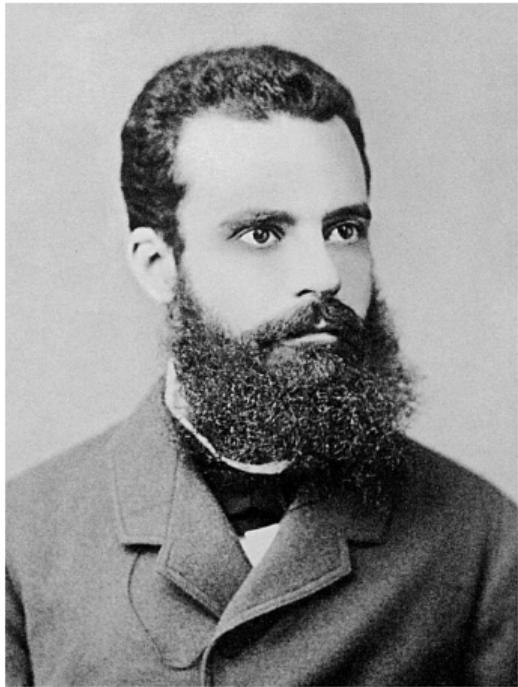
Pareto skirstinio k -tasis momentas,

$$\mathbb{E}[x^k] = \int_0^\infty x^k p(x) dx = \alpha \int_1^\infty x^{k-\alpha-1} dx = \frac{\alpha}{k-\alpha} x^{k-\alpha} \Big|_1^\infty.$$

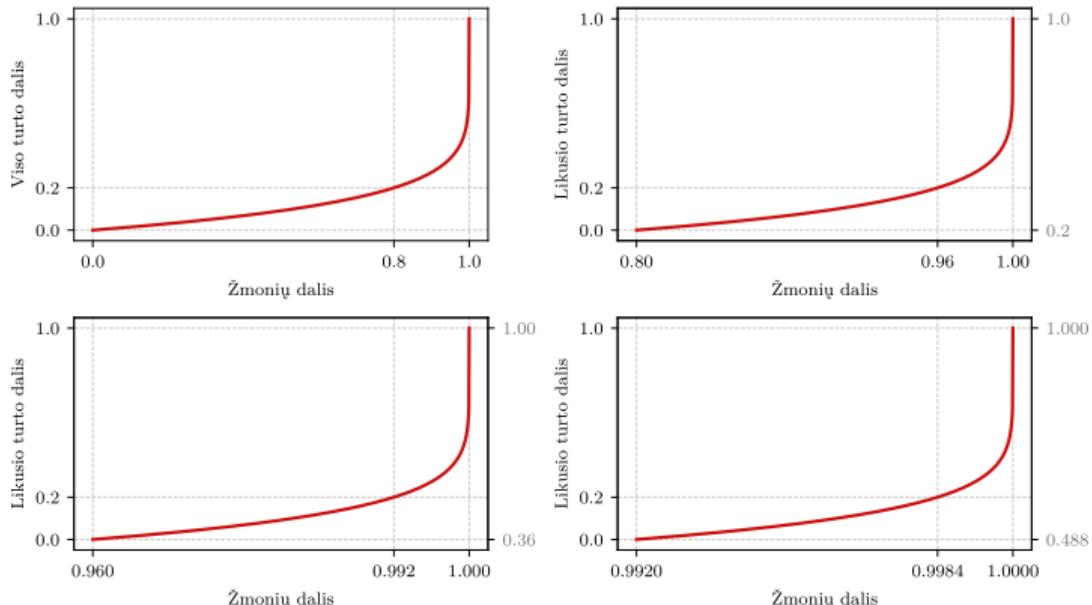
Kad k -tasis momentas būtų baigtinis, turime reikalauti, kad $\alpha > k$.



Pareto (80–20) principas neturi mastelio

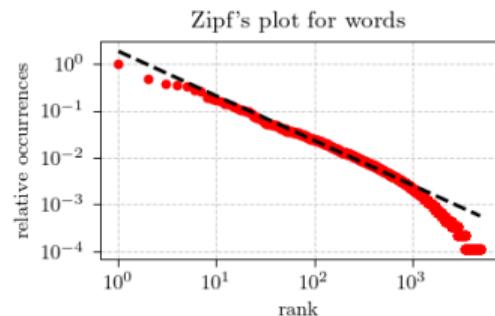
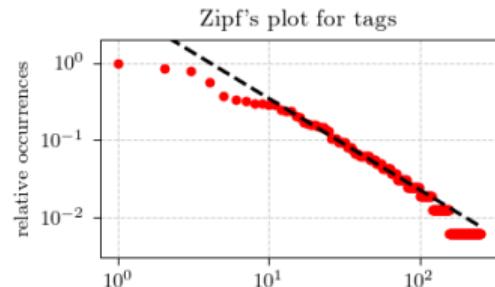
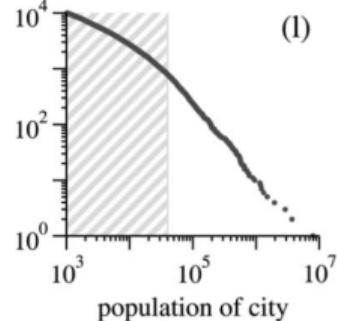
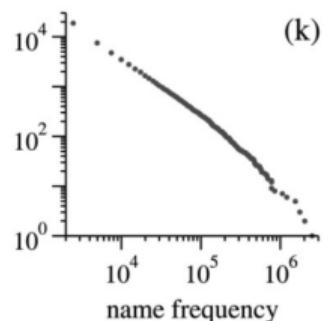
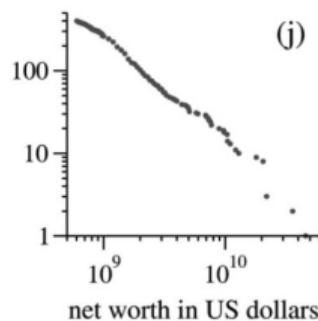
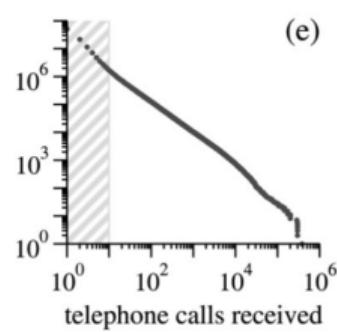
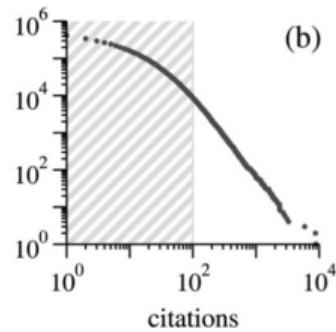
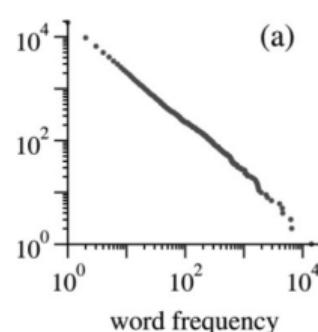


Vilfredo Pareto (1848–1923)



Principo atkūrimas ($\alpha = 1.16$): 1% turtingiausių valdo 50% turto

Laipsniniai skirtiniai yra visur



Rinktiniai modeliai

Stebimo dydžio transformacijos

Tegu:

- y nestebimas ir yra pasiskirstęs

$$p_y(y) = \lambda \exp(-\lambda y).$$

- x yra stebimas ir priklauso nuo y ,

$$x = \exp(y).$$

Tuomet, x bus pasiskirstęs

$$p_x(x) = p_y(\ln(x)) \left| \frac{dy}{dx} \right| = \lambda x^{-1-\lambda}.$$

```
[1]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

from stats.pdf import make_pdf, make_log_pdf

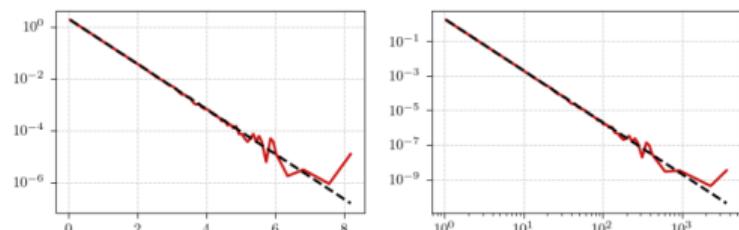
[2]: np.random.seed(5258)

la = 2.0
n_points = 1000000

y = np.random.exponential(scale=1/la, size=n_points)
x = np.exp(y)

pdf_y = make_pdf(y) # mano funkcija
pdf_x = make_log_pdf(x) # mano funkcija
```

```
[3]: ...
```



[Newman (2005)]; Apie eksponentinį (Physics of Risk)

Finansiniai svyravimai = ...



Tegu yra du prekiautojų tipai:

- Dalis prekiauja pagal savo nuotaiką:

$$D_c(t) = -r_0 X_c(t) \xi(t).$$

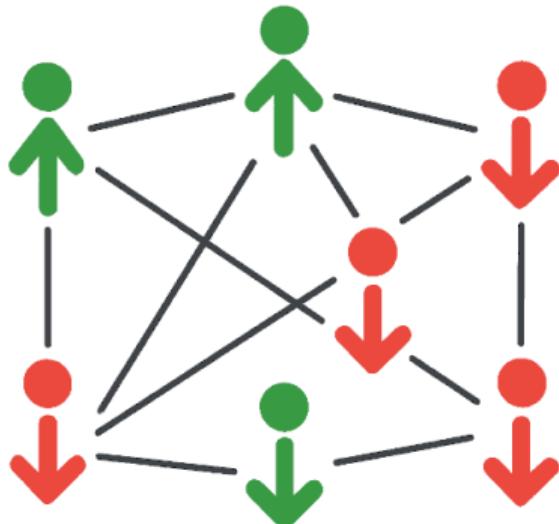
- Dalis pagal tikrają vertę, P_f :

$$D_f(t) = X_f(t) \ln \left[\frac{P_f}{P(t)} \right].$$

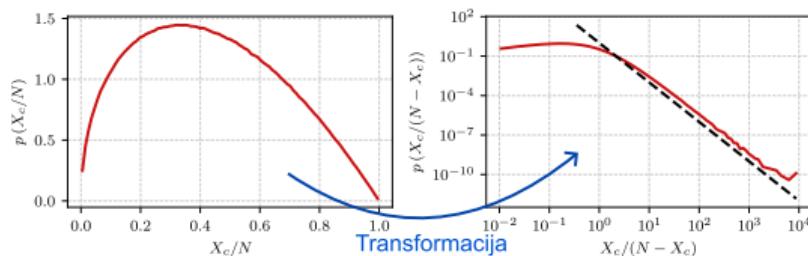
Nesunku parodyti, kad log-pokyčiai finansų rinkose, $|r| \propto X_c/X_f$.

[Kononovicius and Gontis (2012)]; [Jeff Parker (cagle.com)]

... = nuomonių svyravimai



- Prekeiviai gali būti "c" ir "f" būsenose.
- Prekeiviai gali patys keisti būseną.
- Prekeiviai gali kopijuoti kitus prekeivius.



✉ ChatGPT įkvėptas "spinson" minties (K. Sznajd-Weron group)
█ [Kononovicius and Gontis (2012)]; 🗳 Lithuanian elections, Financial markets (Physics of Risk)

“Persiklojantys” procesai

Pabėgimo laikas iš pagavos centro,

$$p(\tau) = \gamma \exp(-\gamma\tau).$$

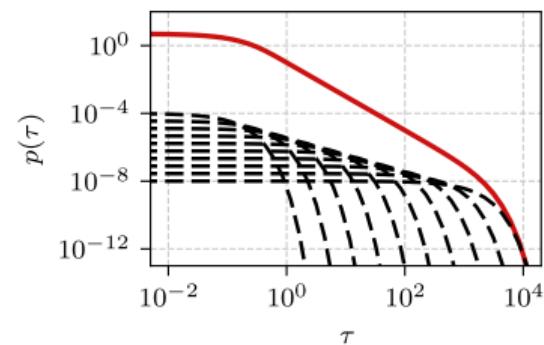
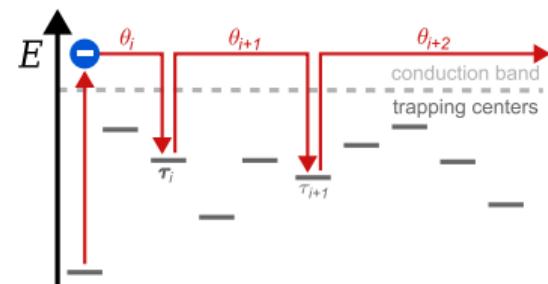
Tegu γ yra unikalūs, o tam tikrame intervale,

$$\gamma_{\min} < \gamma < \gamma_{\max},$$

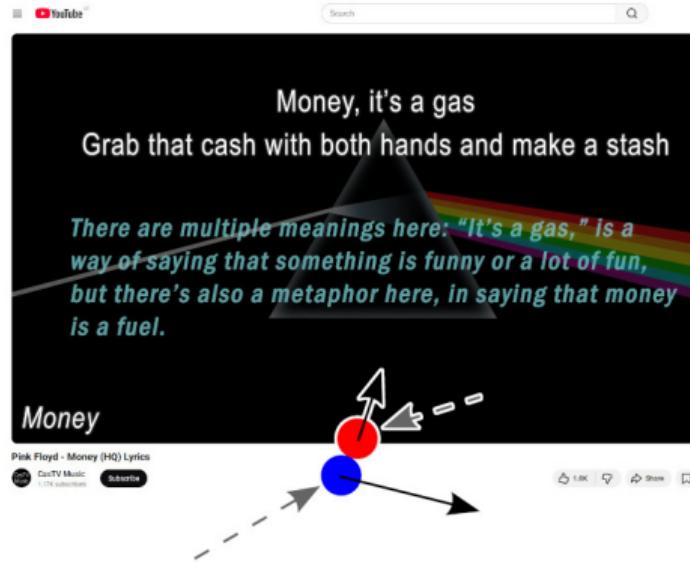
$$p(\gamma) \propto \frac{1}{\gamma^\alpha}.$$

Apjungus:

$$p(\tau) = \int_{\gamma_{\min}}^{\gamma_{\max}} p(\gamma) p(\tau|\gamma) d\gamma \propto \frac{1}{\tau^{2-\alpha}}.$$



“Money is a gas” (Pink Floyd)



Modeliuokime turtą lyg idealias dujas:

- ① Pasirenkame dvi daleles i ir j .
- ② Kiek energijos bus perduota:

$$\Delta w_{ij} = (1 - \varepsilon) w_i - \varepsilon w_j,$$

čia $\varepsilon \sim \mathcal{U}(0, 1)$.

- ③ Atnaujiname energijas:

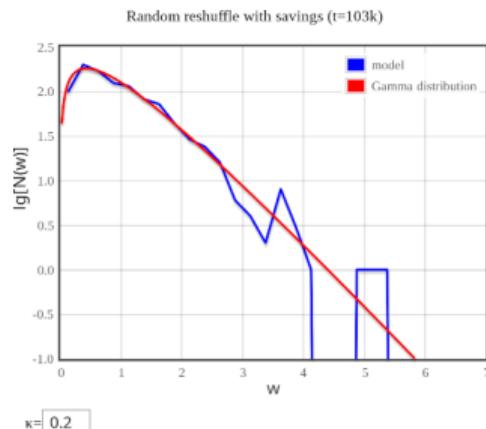
$$w_i(t+1) = w_i(t) - \Delta w_{ij},$$
$$w_j(t+1) = w_j(t) + \Delta w_{ij}.$$

Įvairovė sukuria laipsninį skirtinį

Tegu agentai pasižymi savitu taupumu κ_i :

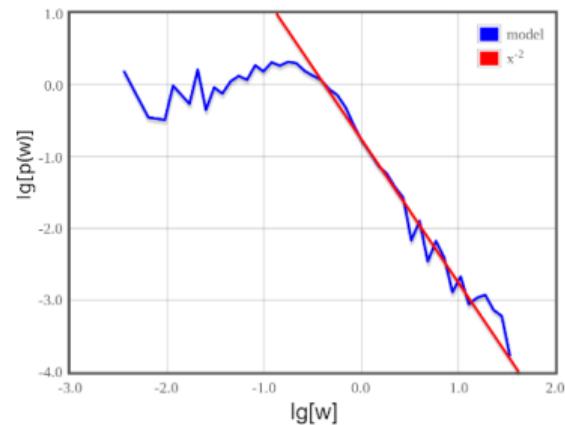
$$\Delta w_{ij} = (1 - \varepsilon) (1 - \kappa_i) w_i - \varepsilon (1 - \kappa_j) w_j$$

Jei $\kappa_i = \kappa$, tai ...

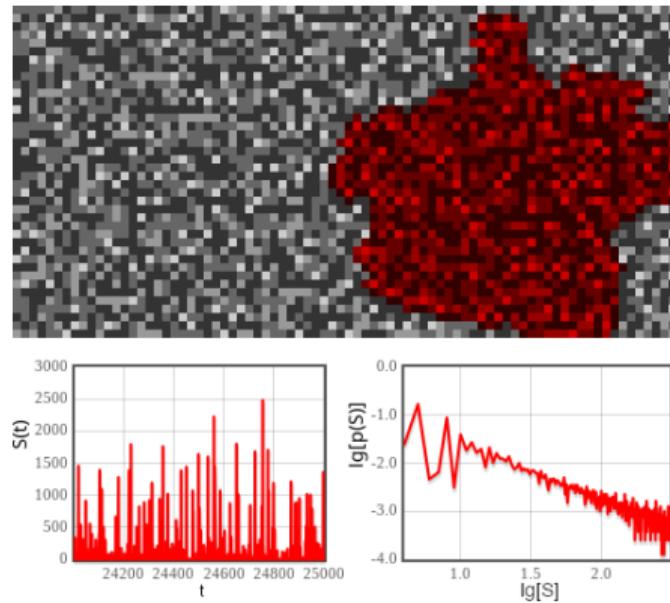
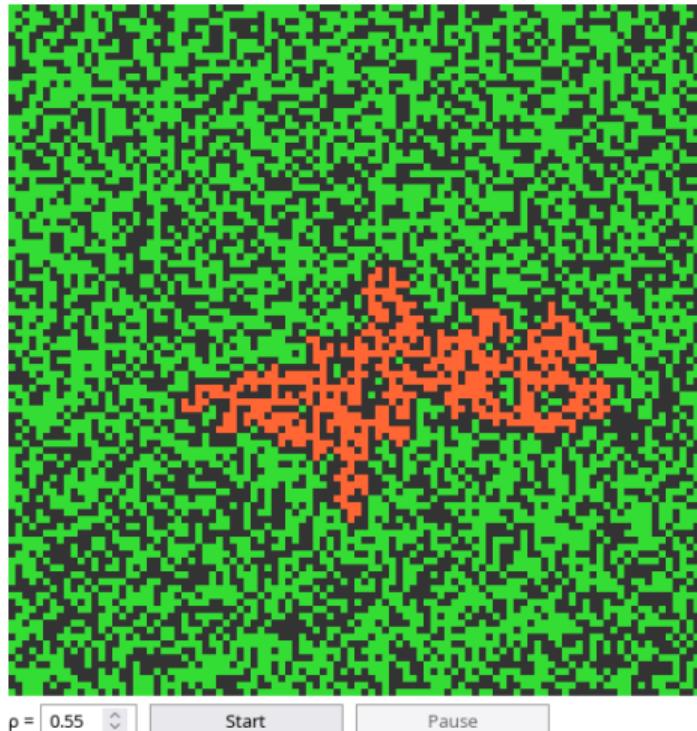


Jeigu $\kappa_i \sim \mathcal{U}(0, 1)$, tai ...

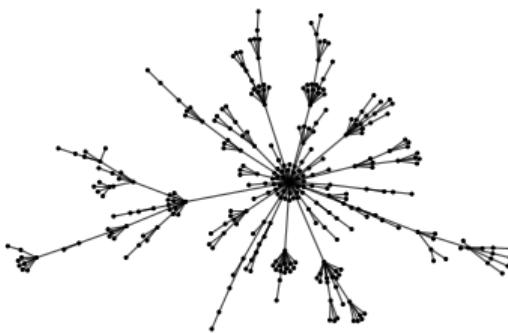
Heterogeneous saving kinetic model (t=144k)



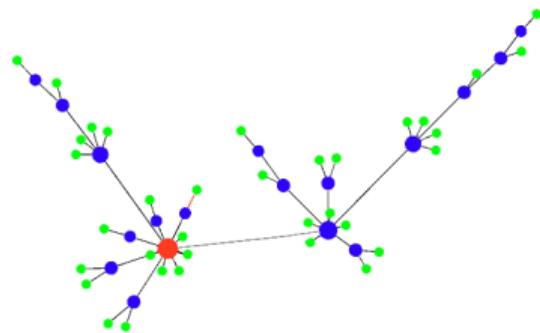
Saviorganizuoto kritiškumo modeliai



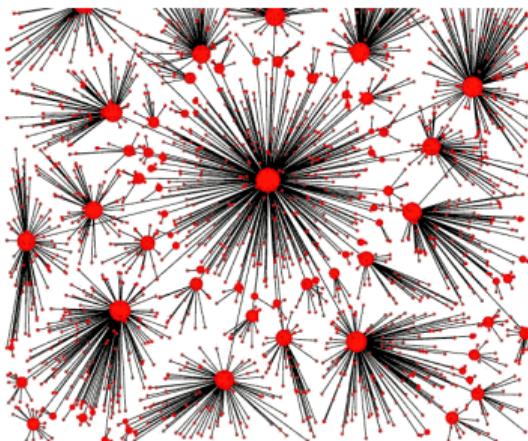
Patys ryšiai gali būti “laipsniški”



Barabasi-Albert



Briaunos nukreipimas



Sékmės ir priežasties

🕒 Barabasi-Albert, Edge redirection, Luck-and-reason (Physics of Risk)

Dėkui už dėmesį!

✉ aleksejus.kononovicius@tfai.vu.lt
👤 kononovicius.lt ⚡ rf.mokslasplius.lt



Fizikos
fakultetas

