

2021

**Kaip paskiepyti 2 milijonus tautiečių:**

**skaidrus eilės sudarymo algoritmas**

(jei „rankom“ nepavyktų ar pernelyg brangu/neskaidru)



Raimondas Kuodis

LB, VU

[Versija 1.3, 2021.03.11, pastaboms]

# Turinys

Kur problema: mastas, skaidrumas, transakcijų kaštai.....	2
Ekon-sveikatos link.....	5
Modelis.....	6
Programinis realizavimas .....	14

## Kur problema: mastas, skaidrumas, transakcijų kaštai

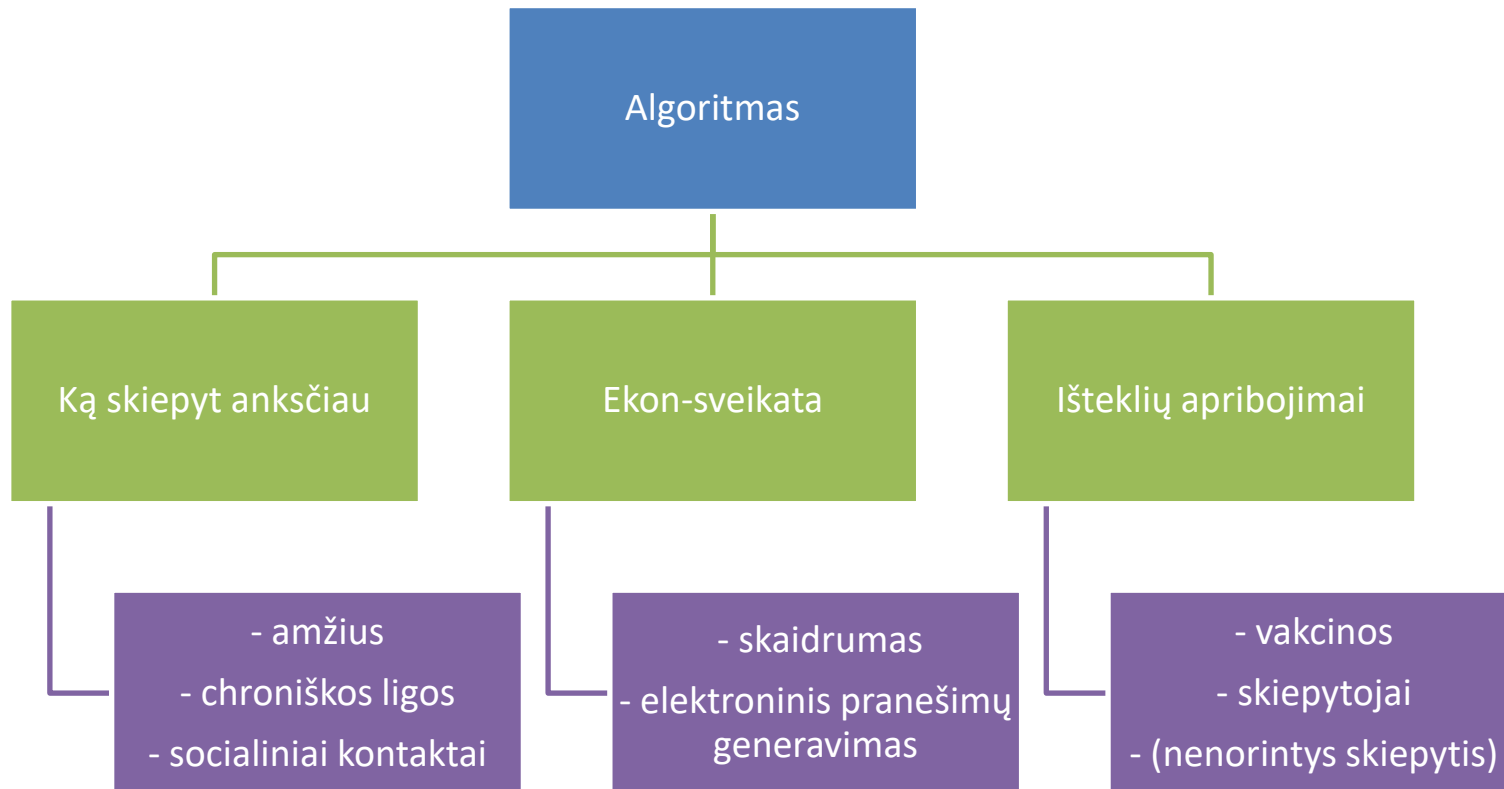
- **2 milijonai** tautiečių – **didelis skaičius**. Skiepų dozių – dar daugiau (beveik 4 mln.).
- Kol kas:
  - žmonėms **fiziškai skambinama** „dėl skiepo“ – kokio masto „**transakcijų kaštai**“!;
  - **nelabai aiški ir skaidri “skambinimo” tvarka** – vienur jau skiepijami 65+, kitur dar nepaskiepyti 80+. Tai rodo skiepų padalijimo tarp įstaigų **fragmentaciją**.

■ Todėl prašosi **algoritminis proceso sutvarkymas**. Pavyzdžiui, **Danijoje** žmonės per savo oficialų **e-paštą bendravimui su valdžia** jau gavo pranešimus apie jiems priskirtą **numatomą skiepavimo laiką**.

■ Apie kodėl vietoj akcento į **Elektron-sveikatą** reikia perėjimo į **Ekon-sveikatą**:  
[http://ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk\\_health\\_2018.pdf](http://ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk_health_2018.pdf)

The screenshot shows a PDF viewer displaying a slide from a presentation. The slide is titled "Sveikatos apsaugos ekonomika: finansavimas/draudimas/paskatos/technologijos/KNA/e-sveikata/ateitis + Lietuvos specifinė problematika + sistemos reformos gairės". The slide features a word cloud on the left with terms like "health", "insurance", "system", "care", "people", "companies", "doctors", "need", "One", "make", "ago", "not", "also", "doctor", "policy", "New", "key", "Government", "costs", "pay", "many", "coverage", "patients", "Medicare", "cost", "years", "plan", "time", "medical", "healthcare", "work", "patient", "years", "plan", "time". To the right of the word cloud are two images: a nurse examining an elderly patient and a doctor writing "Health Care Reform?" on a whiteboard. The slide also includes the text "I. SVEIKATOS APSAUGOS SISTEMOS ELEMENTAI" and "II. SVEIKATOS APSAUGOS SISTEMOS TIKSLAS IR POTENCIALAS LT". At the bottom, it says "R.K. Versija: 1.1 2018 m. sausis", "www.ekonomika.org", and "1". The PDF viewer interface shows the title "The Institutions" and their modeling/policy framework: a critique + how to solve "puzzles", page 1 of 65, and a zoom level of 125%. The browser address bar shows "ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk\_health\_2018.pdf". The Windows taskbar at the bottom shows the time as 12:45 on 2021-03-12.

## Ekon-sveikatos link



## Modelis

**Aibės.** Turim:

- gyventojų aibę  $i$
- dienų aibę  $t$
- vakcinų gamintojų/tipų aibę  $v$ .

**Duomenų poreikis/parametrai.** Kiekvienas gyventojas  $i$  turi:

- amžių  $age_i$  ir
- kitas charakteristikas, svarbias procesui, tarkim, jei turi **chroniškų ligų** ar priklauso grupei, turinčiai **daug socialinių kontaktų** (gydytojai, mokytojai etc.).

$x_{st}$  yra  $t$  dieną **turimas/prognozuojamas turėti vakcinų dozių skaičius.**

$xj_t$  yra  $t$  dieną **galimas suleisti** vakcinų dozių skaičius – dozių gali būti, bet skiepytojų skaičius gali ribot.

Todėl dieną  $t$  vakcinavimo procesą riboja  $\min(x_{st}; x_{jt})$

Turimų **dozių dinamika:**

$$x_{st+1} = x_{st} + x_{flow_t} - \sum_{i=1}^n x_{it}$$

t.y. kiek dozių turėjom, plus kiek gavom, minus kiek išskiepijom.



## Kintamieji.

$$x_{it} = \begin{cases} 1, & \text{jei } i \text{ žmogus paskiepytas } t \text{ dieną} \\ 0, & \text{jei ne} \end{cases}$$

*Obj* – tikslo funkcijos kintamasis

*W* – skiepijamos visuomenės „gerovė“ (welfare)

## Lygtys.

### Tikslo funkcija:

$$\min Obj = W$$

kur:

$W$  – dviguba suma binarinių kintamųjų  $x_{it}$ , „diskontuotų“ laiku ir „efektyviuoju“ amžiumi.

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T x_{it} \text{ord}_t \text{age}_i$$

Kas yra „efektyvus amžius“<sup>1</sup>? Jei jums 30 metų ir esate medikas, dauginam faktinį amžių iš mediko koeficiento (tarkim, 5). Tada jūsų efektyvus amžius bus 150 metų, kas jus skiepijimo eilėje perstums į prioritetų viršų. Jei esat mokytojas, dauginam iš 4 etc.

---

<sup>1</sup> Analogija su „efektyviu darbuotoju“ ekonominio augimo modeliuose – tarkim, ekskavatorininkas lygu 10 grioviakasių su kastuvais.

Tas pats su lėtinėmis ligomis – joms irgi įvedam koeficientą.

Funkcija  $ord(t)$  duoda vietą aibėje  $t$  (tarkim, kad turim 365 dienas skiepavimo procesui: tai jei  $i$  žmogų paskiepia 1-ą dieną,  $ord() = 1$ , jei 365-ą –  $ord() = 365$ ).

**Dvigubo diskontavimo logika:** senesnius skiepyt kuo anksčiau, ir aplamai skiepyt kuo anksčiau (jei leidžia skiepų/skiepytojų apribojimai) – kad išgelbėt kuo daugiau **gyvybių**, atvert anksčiau **ekonomiką** etc.

### Apribojimai:

Dieną  $t$  paskiepytų ne daugiau nei minėtos galimybės:

$$\sum_{i=1}^n x_{it} \leq \min(x_{s_t}; x_{j_t})$$

Žmogus  $i$  turi gauti tiek skiepų, kiek gamintojas sako reikia imunitetui, tarkim, du:

$$\sum_{t=1}^T x_{it} = n(v)$$

Pavyzdys su vieno skiepo vakcinoms: aibėje  $i$  išskiriam poaibius gyventojų (tarkim  $i_y$  ir  $i_o$ , jauni/seni). Tada seniems ir jauniems bus:

$$\sum_{t=1}^T x_{iot} = 1$$

$$\sum_{t=1}^T x_{iyt} = 2$$

Dar vienas modelio apribojimas susijęs su tuo, kad **tarpai dienomis tarp skiepijimų** turi atitikti gamintojo liepiamus: tarkim, Astra Zeneca atveju antra vakcina suleidžiama po 3 mėn. Tam sudaroma speciali funkcija  $gap(x_{it} = 1) \geq d(v)$ , ją rasite modelio kode.

Be to, modelis leidžia lanksčiai valdyt situacijas, kai koks **žmogus negali ateit** skiepytis modelio priskirtą dieną. Tada tiesiog įvedam naują apribojimą  $x_{it} = 0$ .

## Modelis

$$\min Obj = W$$

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T x_{it} ord_t age_i$$

$$\sum_{i=1}^n x_{it} \leq \min(x_{st}; x_{jt})$$

$$\sum_{t=1}^T x_{it} = n(v)$$

$$gap(x_{it} = 1) \geq d(v)$$

$$x_{st+1} = x_{st} + x_{flow_t} - \sum_{i=1}^n x_{it}$$

## Programinis realizavimas

- Kodas autoriaus parašytas **GAMS** kalba, modelis veikia su bandomaisiais duomenimis.
- Modelis sprendžiamas su **MINLP** (mixed integer non-linear programming) tipo optimizatorium (solver).



# THE GENERAL ALGEBRAIC MODELING SYSTEM

The one stop solution for your mathematical programming needs

[> DISCOVER GAMS](#)

[> TRY GAMS](#)

[> BUY GAMS](#)