Doktorantūros metinė ataskaita
2018 m. spalio mėn. 1 d. – 2019 m. rugsėjo mėn. 30 d.

Informatikos studijų programos doktorantas
Vytautas Dulskis

Vilniaus universiteto Duomenų mokslo ir skaitmeninių technologijų institutas

2019 m. spalio 30 d.

- **Disertacijos tema:**
  Stochastinių dinaminių sistemų, stebimų su triukšmu, filtravimo, identifikavimo ir valdymo realiu laiku algoritmų sudarymas ir taikymas
- **Vadovas:**
  Prof. habil. dr. Leonidas Sakalauskas
- **Doktorantūros pradžios ir pabaigos metai:**
  2018 m. spalio mėn. 1 d. – 2022 m. rugsėjo mėn. 30 d.

- **Tyrimo objektas:**
    - Stochastinės dinaminės sistemos, stebimos su triukšmu.
- **Tyrimo tikslas:**
    - Sudaryti ir pritaikyti rekursyvinius algoritmus stochastinių dinaminių sistemų filtravimui, identifikavimui ir valdymui realiu laiku, esant adityviniam sistemų stebėjimo triukšmui.

- **Tyrimo uždaviniai:**
  - Analitiškai apžvelgti su triukšmu stebimų stochastinių dinaminių sistemų filtravimo, identifikavimo ir valdymo realiu laiku uždavinių sprendimo metodus;
  - Sudaryti rekursyvinius algoritmus tiesinių ir netiesinių stochastinių dinaminių sistemų, stebimų su triukšmu, filtravimui, identifikavimui ir valdymui realiu laiku;
  - Sudarytus algoritmus ištirti statistinio modeliavimo būdu, įrodyti jų konvergavimą ir palyginti su esamais algoritmais;
  - Sudarytus algoritmus pritaikyti praktiniams uždaviniams spręsti.
- **Planuojami rezultatai:**
  - Sudaryti korektiški ir konkurencingi rekursyviniai algoritmai, skirti stochastinių dinaminių sistemų, stebimų su triukšmu, filtravimui, identifikavimui ir valdymui realiu laiku;
  - Sudarytų algoritmų pritaikymas 1) judančių objektų sekimui ir valdymui realiu laiku bei 2) sensorių ir stebėjimo kamerų duomenų, stebimų realiu laiku, apdorojimui.

2018/2019 m. m. darbo planas

- Išlaikyti egzaminą „*Informatikos ir informatikos inžinerijos tyrimo metodai ir metodika*“.
- Išklausyti doktorantų bendrųjų gebėjimų kursus „*Įvadas į R*“, „*Darbas su LaTeX (Įvadas)*“ ir „*Akademinė etika*“.
- Atlikti mokslinių tyrimų disertacijos tema apžvalgą.
- Parengti vieną publikaciją.

2018/2019 m. m. atlikti darbai

- Išlaikytas dalyko *„Informatikos ir informatikos inžinerijos tyrimo metodai ir metodika“* egzaminas.
- Išklausyti doktorantų bendrųjų gebėjimų kursai *„Įvadas į R“*, *„Darbas su LaTeX (Įvadas)“* ir *„Akademinė etika“*.
- Atlikta mokslinių tyrimų disertacijos tema apžvalga.

2018/2019 m. m. atlikti darbai

- Įteikta publikacija recenzavimui CA WoS žurnale „*The Journal of Mathematical Sociology*“. Pavadinimas: „*A Probabilistic Model of the Impact of Cultural Participation on Social Capital*“.
- Įteikta publikacija recenzavimui CA WoS žurnale „*SAGE Open*“. Pavadinimas: „*Systematic Overview of Relationships Between Cultural Participation and Social Capital*“.
- Išspausdintas straipsnis konferencijos „*IntelliSys*“ darbų rinkinyje „*Intelligent Systems and Applications. Proceedings of the 2019 Intelligent Systems Conference (IntelliSys) Volume 1*“. Pavadinimas: „*Agent-Based Simulation of Cultural Events Impact on Social Capital Dynamics*“.

2018/2019 m. m. atlikti darbai

- Padarytas pranešimas tarptautinėje EURO Mini konferencijoje „*Modelling and Simulation of Social-Behavioural Phenomena in Creative Societies*“ *(MSBC-2019)*. Pavadinimas: „*Probabilistic Model Of Cultural Participation Impact On Social Capital*“.
- Dalyvavimas mokslininkų grupių projekte „*Kultūros procesų socialinio poveikio metrikos, konceptualaus bei imitacinio modelio kūrimas*“. Projekto registracijos numeris: P-MIP-17-368.

Rezultatai

- Sudarytas diskretaus laiko nepriklausomų normaliųjų atsitiktinių dydžių sumų proceso, stebimo su triukšmu, parametrų vertinimo algoritmas (pateikiama toliau einančiose skaidrėse).
- Sudarytas socialinės dinaminės sistemos kompiuterinio imitavimo algoritmas.

Nagrinėtas modelis

Diskretaus laiko nepriklausomų normaliųjų atsitiktinių dydžių sumų proceso, stebimo su triukšmu, modelis

Vykstantis procesas yra Y, o jo stebėjimo su triukšmu rezultatas – X:

$$\begin{aligned} Y_0 &= 0, & X_0 = \nu_0, \\ Y_i &= Y_{i-1} + \epsilon_i, & X_i = Y_i + \nu_i, \end{aligned}$$

$i = 1, \ldots, n$, $n \in \mathbb{N}$. Čia ϵ_i yra nepriklausomi $\mathcal{N}(0, \sigma^2)$ atsitiktiniai dydžiai, o ν_0 ir ν_i – nepriklausomi $\mathcal{N}(0, \sigma_o^2)$ atsitiktiniai dydžiai.

Skirtumai tarp stebėjimų

Nežinomų dispersijų σ^2 ir σ_o^2 vertinimui naudojami stebėjimų skirtumai Z_k, kur $Z_k := X_{k+1} - X_k$, $k = 0, \ldots, n-1$, $n \in \mathbb{N}$.

Z'tų kovariacija

Gauname

$$\mathrm{E} Z_k = 0$$

ir

$$\mathrm{Cov}(Z_k, Z_l) = \mathrm{E}(Z_k Z_l) = \begin{cases} \sigma^2 + 2\sigma_o^2, & k = l \\ -\sigma_o^2, & |k-l| = 1 \\ 0, & |k-l| \geq 2 \end{cases},$$

čia $k, l = 0, \ldots, n-1$, $n \in \mathbb{N}$.

Didžiausio tikėtinumo metodas

$$\mathcal{L}(\sigma^2, \sigma_o^2) = -\frac{1}{2}\Big(\ln(|\boldsymbol{\Sigma}|) + \mathbf{Z}^\top \boldsymbol{\Sigma}^{-1}\mathbf{Z} + n\ln(2\pi)\Big),$$

čia $\boldsymbol{\Sigma} := [\mathrm{Cov}(Z_k, Z_l); 0 \le k, l \le n-1]$ ir $\mathbf{Z} = \begin{pmatrix} Z_0, & Z_1, & \cdots, & Z_{n-1} \end{pmatrix}^\top$.

Kadangi

$$\arg\max_{\sigma^2, \sigma_o^2} \mathcal{L}(\sigma^2, \sigma_o^2) = \arg\min_{\sigma^2, \sigma_o^2} \Big[\ln(|\boldsymbol{\Sigma}|) + \mathbf{Z}^\top \boldsymbol{\Sigma}^{-1}\mathbf{Z}\Big],$$

tai, dėl paprastumo,

$$\mathcal{L}(\sigma^2, \sigma_o^2) = \ln(|\boldsymbol{\Sigma}|) + \mathbf{Z}^\top \boldsymbol{\Sigma}^{-1}\mathbf{Z}. \tag{0.1}$$

Parametrizacija

Įsivedami parametrai:

$$
\begin{aligned}
p &:= \sigma^2 + 2\sigma_o^2 + \sqrt{(\sigma^2 + 2\sigma_o^2)^2 - (2\sigma_o^2)^2}, \\
r &:= \sigma^2 + 2\sigma_o^2 - \sqrt{(\sigma^2 + 2\sigma_o^2)^2 - (2\sigma_o^2)^2}, \\
s &:= \ln\left(\frac{p}{r}\right).
\end{aligned}
\tag{0.2}
$$

Atitinkama tikėtinumo funkcija (1)

$$
\begin{aligned}
L_n(s,r) = \ln\left(\frac{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)}\right) + \frac{n}{2}\left(s + 2\ln\left(\frac{r}{2}\right)\right) \\
+ \frac{2}{r}\frac{\zeta_n^\top C_n(s) A_n B_n(s)\zeta_n}{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)e^{\frac{s}{2}}},
\end{aligned}
\tag{0.3}
$$

čia

$$
\begin{aligned}
\zeta_n &= \begin{pmatrix} Z_0, & Z_1, & \cdots, & Z_{n-1}\end{pmatrix}^\top, \\
A_n &= \left[\begin{cases} 2, & i > j \\ 1, & i = j \,; 0 \le i, j \le n-1 \\ 0, & i < j \end{cases}\right],
\end{aligned}
$$

Atitinkama tikėtinumo funkcija (2)

$$\begin{aligned} B_n(s) &= \left[\begin{cases} \sinh\left(s^{\frac{i+1}{2}}\right), & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} ; 0 \leq i, j \leq n-1 \right], \\ C_n(s) &= \left[\begin{cases} \sinh\left(s^{\frac{n-i}{2}}\right), & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} ; 0 \leq i, j \leq n-1 \right]. \end{aligned}$$

Parametras r

Iš lygties $(L_n(s,r))'_r = 0$ randamas parametras r:

$$r_n(s) = 2e^{-\frac{s}{2}} h_n(s), \tag{0.4}$$

čia

$$h_n(s) = \frac{\zeta_n^\top C_n(s) A_n B_n(s) \zeta_n}{n \sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right) \sinh\left(s\frac{1}{2}\right)}.$$

Vieno kintamojo tikėtinumo funkcija

Gautąją r išraišką įstačius į (0.3), toliau dirbama su vieno kintamojo funkcija $\tilde{L}_n(s)$:

$$\tilde{L}_n(s) = \ln\left(\frac{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)}\right) + n\left(1 + \ln h_n(s)\right). \tag{0.5}$$

$h_n(s)$ išraiška

$$
\begin{aligned}
h_n(s) = \frac{1}{n}\Bigg(& \frac{b_{n-1}(s)}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)}\left(1+\frac{\sinh\left(s\frac{n-1}{2}\right)}{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)}\right) \\
& - \frac{b_{n-2}(s)}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)}\left(\frac{\sinh\left(s\frac{n-1}{2}\right)}{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)}\right) \\
& + \frac{\sinh\left(s\frac{n}{2}\right)}{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)}\left(2Z_{n-1}c_{n-1}(s)+Z_{n-1}^2\right)\Bigg),
\end{aligned}
$$

čia

$$
b_n(s) = \frac{\zeta_n^\top C_n(s) A_n B_n(s) \zeta_n}{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)}, \tag{0.6}
$$

$$
c_n(s) = \frac{\zeta_n^\top \operatorname{diag}\left(B_n(s)\right)}{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)}. \tag{0.7}
$$

Galutinė tikėtinumo funkcija (1)

$$\bar{L}_n(s;v) \approx \frac{1}{n} \ln\left(\frac{1-e^{-s(n+1)}}{1-e^{-s}}\right) + \frac{s}{2} + 1 + \ln h_n(s;v), \tag{0.8}$$

čia

$$\begin{aligned} h_n(s;v) \approx \; & \frac{\overline{b}_{n-1}(v) + (s-v)\overline{b}'_{n-1}(v)}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \left(1 + e^{-s} \frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}}\right) \\ & - \frac{\overline{b}_{n-2}(v) + (s-v)\overline{b}'_{n-2}(v)}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)} \left(1 - \frac{2}{n}\right) e^{-s} \frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}} \\ & + \frac{1}{n} e^{-\frac{s}{2}} \frac{1-e^{-sn}}{1-e^{-s(n+1)}} \left(2Z_{n-1}\left(c_{n-1}(v) + (s-v)c'_{n-1}(v)\right) + Z_{n-1}^2\right) \end{aligned}$$

Galutinė tikėtinumo funkcija (2)

kur $\bar{b}_n(v) = \frac{b_n(v)}{n}$, $\bar{b}'_n(v) = \frac{b'_n(v)}{n}$,

$$
\begin{aligned}
b'_n(v) = & \frac{\zeta_n^\top C'_n(v) A_n B_n(v) \zeta_n + \zeta_n^\top C_n(v) A_n B'_n(v) \zeta_n}{\sinh\left(v \frac{n+1}{2}\right)} \\
& - \frac{\frac{n+1}{2} \left(\zeta_n^\top C_n(v) A_n B_n(v) \zeta_n\right) \cosh\left(v \frac{n+1}{2}\right)}{\sinh^2\left(v \frac{n+1}{2}\right)},
\end{aligned} \tag{0.9}
$$

$$
c'_n(v) = \frac{\zeta_n^\top \operatorname{diag}\left(B'_n(v)\right)}{\sinh\left(v \frac{n+1}{2}\right)} - \frac{\frac{n+1}{2} \zeta_n^\top \operatorname{diag}\left(B_n(v)\right) \cosh\left(v \frac{n+1}{2}\right)}{\sinh^2\left(v \frac{n+1}{2}\right)}, \tag{0.10}
$$

Galutinė tikėtinumo funkcija (3)

$$
\begin{aligned}
B'_n(v) &= \left[\begin{cases} \cosh\left(v\frac{i+1}{2}\right)\frac{i+1}{2}, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} ; 0 \leq i, j \leq n-1 \right], \\
C'_n(v) &= \left[\begin{cases} \cosh\left(v\frac{n-i}{2}\right)\frac{n-1}{2}, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} ; 0 \leq i, j \leq n-1 \right].
\end{aligned}
$$

Galutinė tikėtinumo funkcija (4)

$$\begin{aligned}
\hat{L}_n = {} & \frac{1}{n}\ln\left(\frac{1-e^{-s(n+1)}}{1-e^{-s}}\right)+\frac{s}{2}+1 \\
& +\ln\left(\frac{b_1+(s-v)b_1'}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)}\left(1-\frac{1}{n}\right)\left(1+e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}}\right)\right. \\
& -\frac{b_2+(s-v)b_2'}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)}\left(1-\frac{2}{n}\right)e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}} \\
& \left.+\frac{1}{n}e^{-\frac{s}{2}}\frac{1-e^{-sn}}{1-e^{-s(n+1)}}\left(2Z_{n-1}\left(c_1+(s-v)c_1'\right)+Z_{n-1}^2\right)\right),
\end{aligned} \tag{0.11}$$

čia $\hat{L}_n := \hat{L}_n(s, v, b_1, b_1', b_2, b_2', c_1, c_1')$.

Rekursyvinės $\bar{b}$, $\bar{b}'$, c ir c' išraiškos (1)

$$c_n(s) = \left(c_{n-1}(s) + Z_{n-1}\right) e^{-\frac{s}{2}} \frac{1 - e^{-sn}}{1 - e^{-s(n+1)}}; \tag{0.12}$$

$$c_n'(s) = n d_n(s) - \frac{n+1}{2} \frac{1 + e^{-s(n+1)}}{1 - e^{-s(n+1)}} c_n(s), \tag{0.13}$$

čia

$$d_n(s) = \frac{\zeta_n^\top \operatorname{diag}\left(B_n'(s)\right)}{\sinh\left(s\frac{n+1}{2}\right)} \tag{0.14}$$

ir

$$d_n(s) = d_{n-1}(s) \left(1 - \frac{1}{n}\right) e^{-\frac{s}{2}} \frac{1 - e^{-sn}}{1 - e^{-s(n+1)}} + \frac{Z_{n-1}}{2} e^{-\frac{s}{2}} \frac{1 + e^{-sn}}{1 - e^{-s(n+1)}} \tag{0.15}$$

Rekursyvinės $\overline{b}$, $\overline{b}'$, c ir c' išraiškos (2)

$$\begin{aligned}\overline{b}_n(s) = {} & \overline{b}_{n-1}(s)\left(1 + e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}}\right) - \overline{b}_{n-2}(s)e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}} \\ & + \frac{1}{n}\left(\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)e^{-\frac{s}{2}}\frac{1-e^{-sn}}{1-e^{-s(n+1)}}\left(2Z_{n-1}c_{n-1}(s) + Z_{n-1}^2\right)\right. \\ & \left. - \overline{b}_{n-1}(s)\left(1 + e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}}\right) + 2\overline{b}_{n-2}(s)e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}}\right);\end{aligned} \tag{0.16}$$

Rekursyvinės $\bar{b}$, $\bar{b}'$, c ir c' išraiškos (3)

$$
\begin{aligned}
\bar{b}'_n(s) = {} & \bar{b}'_{n-1}(s)\left(1 + e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}}\right) - \bar{b}'_{n-2}(s)e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}} \\
& - \left(\bar{b}_{n-1}(s) - \bar{b}_{n-2}(s)\right)e^{-s}\frac{1-e^{-2sn} - ne^{-sn}\left(e^{s}-e^{-s}\right)}{1-2e^{-s(n+1)}+e^{-2s(n+1)}} \\
& + \frac{1}{n}\left(e^{-s}\frac{1-2e^{-sn}+e^{-2sn}+ne^{-sn}\left(e^{s}-2+e^{-s}\right)}{2\left(1-2e^{-s(n+1)}+e^{-2s(n+1)}\right)}\left(2Z_{n-1}c_{n-1}(s)+Z_{n-1}^2\right)\right. \\
& + 2Z_{n-1}\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)e^{-\frac{s}{2}}\frac{1-e^{-sn}}{1-e^{-s(n+1)}}\left(d_{n-1}(s)(n-1) - \frac{n}{2}c_{n-1}(s)\frac{1+e^{-sn}}{1-e^{-sn}}\right) \\
& - \bar{b}'_{n-1}(s)\left(1+e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}}\right) + 2\bar{b}'_{n-2}(s)e^{-s}\frac{1-e^{-s(n-1)}}{1-e^{-s(n+1)}} \\
& \left. + \left(\bar{b}_{n-1}(s) - 2\bar{b}_{n-2}(s)\right)e^{-s}\frac{1-e^{-2sn}-ne^{-sn}\left(e^{s}-e^{-s}\right)}{1-2e^{-s(n+1)}+e^{-2s(n+1)}}\right).
\end{aligned}
\tag{0.17}
$$

Modelio dispersijų σ^2 ir σ_o^2 vertinimo algoritmas (1)

Įvestis. σ_{pr}^2 ir $\sigma_{o,pr}^2$ – spėjamos pradinės nežinomų modelio triukšmo dispersijų σ^2 ir σ_o^2 reikšmės; n_{pr} – imties tūris, kurį naudojant pradedami skaičiuoti σ^2 ir σ_o^2 įverčiai; n_{pb} – imties tūris, iki kurio vyksta σ^2 ir σ_o^2 įverčių skaičiavimas.

Išvestis. Modelio triukšmo dispersijų σ^2 ir σ_o^2 įverčiai prie skirtingų imties tūrių n.

1 žingsnis. Į (0.2) įstatomi σ_{pr}^2 bei $\sigma_{o,pr}^2$ ir randamas s_{pr}.

Modelio dispersijų σ^2 ir σ_o^2 vertinimo algoritmas (2)

2 žingsnis. Naudojant (0.6)–(0.7), (0.9)–(0.10) bei (0.14), apskaičiuojami dydžiai $b_1 = \bar{b}_{n_{pr}-1}(s_{pr})$, $b_2 = \bar{b}_{n_{pr}-2}(s_{pr})$, $b_1' = \bar{b}'_{n_{pr}-1}(s_{pr})$, $b_2' = \bar{b}'_{n_{pr}-2}(s_{pr})$, $c_1 = c_{n_{pr}-1}(s_{pr})$, $d_1 = d_{n_{pr}-1}(s_{pr})$, $c_1' = c'_{n_{pr}-1}(s_{pr})$.

Modelio dispersijų σ^2 ir σ_o^2 vertinimo algoritmas (3)

3 žingsnis. Randamas $s_{n_{pr}}$:
$s_{n_{pr}} = \operatorname*{minimize}_{s} \hat{L}_{n_{pr}}(s, s_{pr}, b_1, b_1', b_2, b_2', c_1, c_1')$ (žr. (0.11)); pasinaudojant funkcija

$$\hat{r}_n(s, b_1, b_2, c_1) = 2e^{-\frac{s}{2}} \left(\frac{b_1}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \left(1 + e^{-s} \frac{1 - e^{-s(n-1)}}{1 - e^{-s(n+1)}}\right) - \frac{b_2}{\sinh\left(s\frac{1}{2}\right)} \left(1 - \frac{2}{n}\right) e^{-s} \frac{1 - e^{-s(n-1)}}{1 - e^{-s(n+1)}} + \frac{1}{n} e^{-\frac{s}{2}} \frac{1 - e^{-sn}}{1 - e^{-s(n+1)}} \left(2Z_{n-1}c_1 + Z_{n-1}^2\right) \right), \tag{0.18}$$

randamas $r_{n_{pr}}$: $r_{n_{pr}} = \hat{r}_{n_{pr}}(s_{n_{pr}}, b_1, b_2, c_1)$; iš $s_{n_{pr}}$, $r_{n_{pr}}$ ir (0.2) lygčių randami $\sigma^2_{n_{pr}}$ ir $\sigma^2_{o,n_{pr}}$.

Modelio dispersijų σ^2 ir σ_o^2 vertinimo algoritmas (4)

4 žingsnis. Įsivedamas indeksas i: $i = n_{pr}$.

5 žingsnis. Naudojant dydžius b_1, b_2, b'_1, b'_2, c_1, d_1 ir c'_1 bei (0.12) – (0.13) ir (0.15) – (0.17) sąryšius, apskaičiuojami dydžiai $c_0 = c_i(s_i)$, $d_0 = d_i(s_i)$, $c'_0 = c'_i(s_i)$, $b_0 = \bar{b}_i(s_i)$, $b'_0 = \bar{b}'_i(s_i)$.

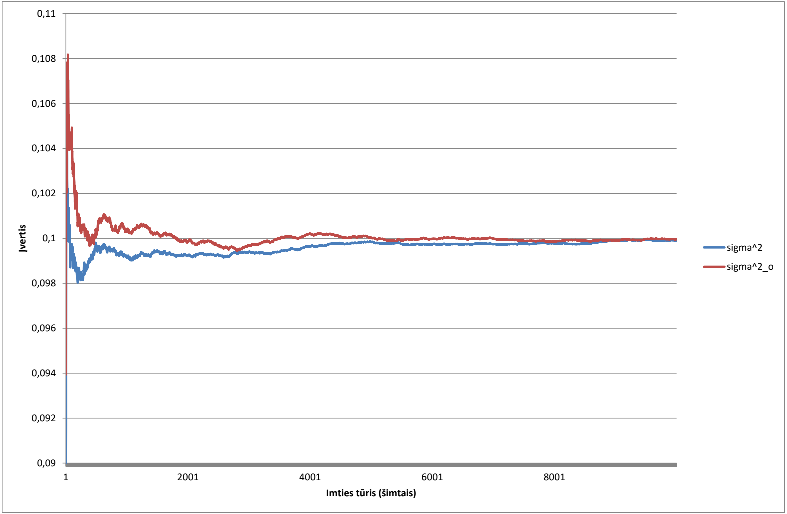
6 žingsnis. Atliekami priskyrimai: $b_2 = b_1$, $b_1 = b_0$, $b'_2 = b'_1$, $b'_1 = b'_0$, $c_1 = c_0$, $d_1 = d_0$, $c'_1 = c'_0$.

7 žingsnis. Analogiškai kaip ir 3-jame žingsnyje, apskaičiuojami s_{i+1}, r_{i+1}, σ^2_{i+1} ir $\sigma^2_{o,i+1}$ (vietoj s_{pr} įstatomas s_i).

8 žingsnis. Atnaujinamas indeksas i: $i = i + 1$.

9 žingsnis. Tikrinama sąlyga: jei $i < n_{pb}$, grįžtama į 5-ąjį žingsnį; priešingu atveju – stop.

Algoritmo veikimo pavyzdys



2019/2020 m. m. darbo planas

- Išlaikyti egzaminą „*Fundamentalieji informatikos ir informatikos inžinerijos metodai*“.
- Išklausyti doktorantų bendrųjų gebėjimų kursą „*Mokslinė informacija: paieška, mokslometrija, duomenų talpyklos*“.
- Vykdyti mokslinį tyrimą:
  - Sudaryti tyrimo metodiką;
  - Atlikti teorinį tyrimą.
- Sudalyvauti tarptautinėje mokslinėje konferencijoje.