

Doktorantūros pusmetinė ataskaita

2020 m. spalio – 2021 m. kovas

Informatikos studijų programos doktorantas
Vytautas Dulskis

Vilniaus universiteto Duomenų mokslo ir skaitmeninių technologijų institutas

2021 m. kovo 26 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. (einamieji mokslo metai yra tretieji studijų metai)

Visų studijų planas ir jo vykdymo suvestinė

Studijų metai	Egzaminai ¹		Dalyvavimas konferencijose ²		Publikacijos ³		
	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Būklė ⁴
I (2018/2019)	1	1			1		
II (2019/2020)	1	1	1	1		1	Publikuota
III (2020/2021)	2	2			1		
IV (2021/2022)			1				

Ataskaitinio pusmečio darbo planas ir jo įvykdymas

Egzaminai		Dalyvavimas konferencijose		Publikacijos	
Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta	Planas	Įvykdyta
<u>Skaitinis intelektas investuojant į vertybinius popierius</u>	<u>Išlaikyta: Skaitinis intelektas investuojant į vertybinius popierius</u>		<u>Planuojama dalyvauti 31st European Conference on Operational Research, 11-14 July 2021, Athens, Greece, https://euro2021athens.com/</u>	<i>Journal of Statistical Planning and Inference</i>	Planuojama įvykdyti antrajame semestre
<u>Statistinis modeliavimas ir stochastinis optimizavimas</u>	<u>Išlaikyta: Statistinis modeliavimas ir stochastinis optimizavimas</u>				

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai (1)

	Darbo pavadinimas	Atlikimo terminai	Pastabos
1	<p>Mokslinių tyrimų disertacijos tema apžvalga ir analizė (Lietuvoje ir užsienyje):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Atlikti stochastinių dinaminių sistemų analitinę apžvalgą; 2. Apžvelgti su stochastinėmis dinaminėmis sistemomis susijusių uždavinių sprendimo metodikas. 	<p>2018 m. spalio mėn. – 2019 m. rugsėjo mėn.</p>	<p>Apžvelgta dinaminių sistemų samprata, klasifikacija, aktualūs uždaviniai. Detaliau panagrinėtas šių uždavinių sprendimas tiesinės dinaminės sistemos modelio atveju. Išsiaiškinta motyvacija šios srities tyrimams.</p>
2	<p>Mokslinio tyrimo vykdymas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Tyrimo metodikos sudarymas: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tyrimo metodikos iškeltiems uždaviniams spręsti parinkimas; 2. Teorinio ir empirinio tyrimų suplanavimas pagal pasirinktą metodiką. 2.2. Teorinis tyrimas: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tiesinių stochastinių dinaminių sistemų, stebimų su triukšmu, <u>rekurentinių</u> filtravimo, identifikavimo ir valdymo algoritmų pasirinkta metodika sudarymas; 2. Sudarytų algoritmų adaptavimas netiesinėms stochastinėms dinaminėms sistemoms. 	<p>2019 m. spalio mėn.</p> <p>2019 m. lapkričio mėn. – 2020 m. rugsėjo mėn.</p>	<p>Atsitiktinio Gauso klaidžiojimo, stebimo su triukšmu, modeliui sukonstruotas <u>palaiapsnis</u> didžiausio tikėtino parametru vertinimo algoritmas, kuriame įverčiai yra gaunami per išreikštinę taisyklę. Algoritmo veikimas yra išnagrinėtas eksperimentiškai, užsiimama jo teoriniu nagrinėjimu.</p>

Visų mokslinių tyrimų ir disertacijos rengimo etapai (2)

	<p>2.3. Empirinis tyrimas:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sudarytų algoritmų pritaikymas praktinių uždavinių sprendimui.2.4. Gautų duomenų analizė, apibendrinimas, išvadų parengimas:<ol style="list-style-type: none">1. Gautų rezultatų analizė;2. Rezultatų apibendrinimas, esminių rezultatų išskyrimas;3. Išvadų parengimas.	<p>2020 m. spalio mėn. – 2021 m. gegužės mėn.</p> <p>2021 m. birželio mėn. – 2021 m. rugsėjo mėn.</p>	<p>Sukonstruotas kultūros poveikio socialiniam kapitalui tikimybinis modelis bei kompiuterinės simuliacijos algoritmas. Tuo būdu kuriami algoritmai su stochastinėmis dinaminėmis sistemomis susijusių uždavinių sprendimui bus pritaikyti socialinių sistemų modeliavimui ir simuliacijai.</p>
3.	<p>Atskirų daktaro disertacijos dalių (tyrimo metodikos, rezultatų, ginamų teiginių, išvadų, ir kt.) parengimas:</p>	<p>2021 m. spalio mėn. – 2022 m. balandžio mėn.</p>	

- **Tyrimo objektas:**

- Stochastinės dinaminės sistemos, stebimos su triukšmu.

- **Tyrimo tikslas:**

- Sudaryti ir pritaikyti rekursinius algoritmus stochastinių dinaminių sistemų filtravimui, identifikavimui ir valdymui realiu laiku, esant adityviajam sistemų stebėjimo triukšmui.

- **Tyrimo uždaviniai:**

- Analitiškai apžvelgti su triukšmu stebimų stochastinių dinaminių sistemų filtravimo, identifikavimo ir valdymo realiu laiku uždavinių sprendimo metodus;
- Sudaryti rekursinius algoritmus tiesinių ir netiesinių stochastinių dinaminių sistemų, stebimų su triukšmu, filtravimui, identifikavimui ir valdymui realiu laiku;
- Sudarytus algoritmus iširti statistinio modeliavimo būdu, įrodyti jų konvergavimą ir palyginti su esamais algoritmais;
- Sudarytus algoritmus pritaikyti praktiniams uždaviniams spręsti.

- **Planuojami rezultatai:**

- Sudaryti korektiški ir konkurencingi rekursiniai algoritmai, skirti stochastinių dinaminių sistemų, stebimų su triukšmu, filtravimui, identifikavimui ir valdymui realiu laiku;
- Sudaryti algoritmai pritaikyti socialinių, verslo ir/ar technikos procesų/sistemų modeliavimui bei simuliacijai.

Trumpas per pusmetį gautų mokslinių rezultatų pristatymas

- Toliau dirbta su užtriukšminto atsitiktinio Gauso klaidžiojimo identifikavimo uždaviniu;
- Ištobulintas anksčiau gautas palaipsnis didžiausio tikėtimumo algoritmas: dabar nauji įverčiai yra gaunami per kompaktišką išreikštinę taisyklę (nereikia spręsti optimizavimo uždavinio).

Gauso atsitiktinio klaidžiojimo, stebimo su triukšmu, modelis

Vykstantis procesas (Gauso atsitiktinis klaidžiojimas) yra X , o jo stebėjimo su triukšmu rezultatas – Y :

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

$i = 1, \dots, n$, $n \in \mathbb{N}$. Čia ϵ_i yra nepriklausomi $\mathcal{N}(0, Q)$ atsitiktiniai dydžiai, o ν_0 ir ν_i – nepriklausomi $\mathcal{N}(0, R)$ atsitiktiniai dydžiai.

Sprendžiamas identifikavimo uždavinys

Iš stebimų proceso reikšmių realiu laiku įvertinti nežinomas modelio dispersijas Q ir R .

Palaišnis didžiausio tikėtimumo užtriukšminto atsitiktinio Gauso klaidžiojimo identifikavimo algoritmas

Input: 1) A sequence z_1, z_2, \dots, z_n ($n \in \mathbb{N}$) generated with model variances Q and R ; 2) initial guess of the true parameter u value, denoted by \hat{u} .

Output: Estimates of Q and R at different sample sizes (iterations), i.e. \hat{Q}_i and \hat{R}_i , here $i = 1, 2, \dots, n$.

-
- 1: $\tilde{h} \leftarrow (z_1)^2, \tilde{g} \leftarrow (z_1)^2 \frac{\hat{u}}{\hat{u}^2 + 1}, \tilde{c} \leftarrow z_1, \tilde{d} \leftarrow z_1$
 - 2: $\hat{Q}_1 \leftarrow (1 - \hat{u})^2 \tilde{h}, \hat{R}_1 \leftarrow \hat{u} \tilde{h}$
 - 3: **for** $i = 2, \dots, n$ **do**
 - 4: $\hat{u} \leftarrow \min \left(1, \max \left(\left(1 - \frac{1}{i} \right) \frac{\tilde{g}}{\tilde{h}}, 0 \right) \right)$
 - 5: $\tilde{c} \leftarrow \tilde{c} \hat{u} + z_i, \tilde{g} \leftarrow \tilde{g} \left(1 - \frac{1}{i} \right) + \frac{1}{i} \left(\hat{u} \tilde{c}^2 - (1 - \hat{u}^2) \tilde{d} \tilde{c} \right), \tilde{d} \leftarrow \tilde{d} \hat{u} + \tilde{c}, \tilde{h} \leftarrow \tilde{h} \left(1 - \frac{1}{i} \right) + \frac{\tilde{c}^2}{i}$
 - 6: $\hat{Q}_i \leftarrow (1 - \hat{u})^2 \tilde{h}, \hat{R}_i \leftarrow \hat{u} \tilde{h}$
 - 7: **end for**

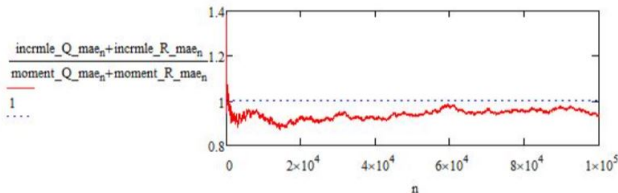
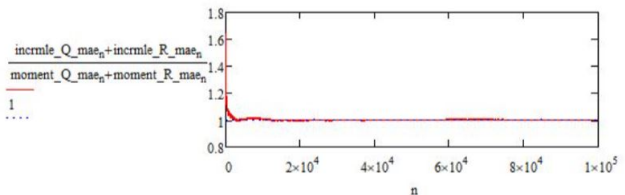
Palyginimui: momentų metodas

Input: A sequence z_1, z_2, \dots, z_n ($n \in \mathbb{N}$) generated with model variances Q and R .

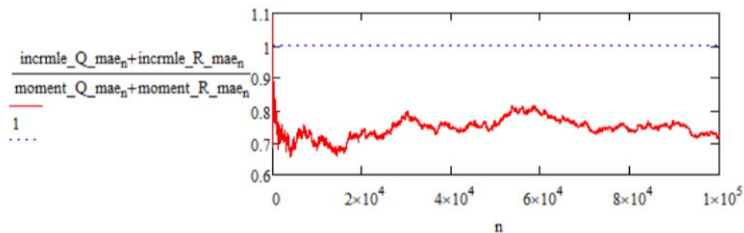
Output: Estimates of Q and R at different sample sizes (iterations), i.e. \hat{Q}_i and \hat{R}_i ,
here $i = 1, \dots, n$.

- 1: $a \leftarrow (z_1)^2, b \leftarrow 0$
- 2: $\hat{Q}_1 \leftarrow a, \hat{R}_1 \leftarrow b$
- 3: **for** $i = 2, \dots, n$ **do**
- 4: $a \leftarrow \left(1 - \frac{1}{i}\right) a + \frac{z_i^2}{i}, b \leftarrow \left(1 - \frac{1}{i-1}\right) b + \frac{z_i z_{i-1}}{i-1}$
- 5: $\hat{Q}_i \leftarrow a + 2b, \hat{R}_i \leftarrow -b$
- 6: **if** $\hat{Q}_i < 0$ **then**
- 7: $\hat{Q}_i \leftarrow 0, \hat{R}_i \leftarrow \frac{a}{2}$
- 8: **else if** $\hat{R}_i < 0$ **then**
- 9: $\hat{Q}_i \leftarrow a, \hat{R}_i \leftarrow 0$
- 10: **end if**
- 11: **end for**

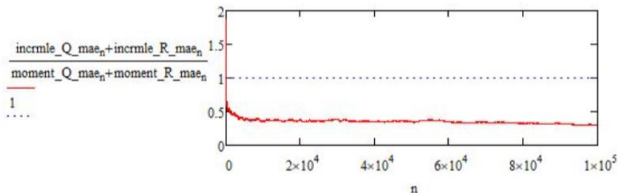
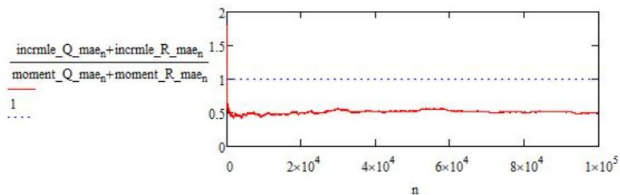
Paklaidų palyginimas priklausomai nuo Q ir R santykio (viršuje lygus 100, apačioje lygus 4)



Paklaidų palyginimas priklausomai nuo Q ir R santykio (lygus 1)



Paklaidų palyginimas priklausomai nuo Q ir R santykio (viršuje lygus 0,25, apačioje lygus 0,01)



Kito pusmečio darbo planas

- Užbaigti rengti straipsnį teorinės mokslinio tyrimo dalies tematika („*Incremental Maximum Likelihood Estimation of Noisy Gaussian Random Walk*“).
- Sudalyvauti tarptautinėje konferencijoje (šiuo metu yra laukiama patvirtinimo apie priėmimą į EURO-2021 konferenciją, vyksiančią 2021 m. liepos mėn. 11–14 d. Atėnuose, Graikijoje, žr. <https://euro2021athens.com/>).
- Pradėti rengti naują straipsnį, skirtą sukurto algoritmo pritaikymui socialinių procesų modeliavimui ir simuliacijai.