

VISUOTINIO ATŠILIMO DUOMENŲ TYRIMAS IR JUO PAGRĮSTOS STATISTINĖS IŠVADOS

Julija Vaznevičiūtė¹, Nerutė Kligienė²

¹ Lietuvos statistikos departamentas. Adresas: Gedimino pr. 29, LT-10222 Vilnius, Lietuva

² VU Matematikos ir informatikos institutas. Adresas: Akademijos g. 4, LT-08663 Vilnius, Lietuva

E-paštas: ¹ julija.vazneviute@stat.gov.lt

Gauta: 2011 m. birželio mėn.

Pataisyta: 2011 m. rugpjūčio mėn.

Paskelbta: 2011 m. lapkričio mėn.

Santrauka. Visuotinio atšilimo problema, anksčiau tirta daugiausia tik mokslininkų-klimatologų [6–8], dabar tapo tarpdisciplininių tyrimų objektu, nes klimato pokyčiai visiems kelia nerimą. Straipsnyje pateikiami rezultatai, gauti taikant atsitiktinių procesų būsimų reikšmių prognozavimo metodus, naudojant Nacionalinės aeronautikos ir kosmoso administracijos (angl. NASA – *National Aeronautics and Space Administration*) Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros svyravimų bei 5 metų vidurkio Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros svyravimų duomenis, atspindinčius temperatūros pokyčius nuo 1880 m. Duomenys analizuojami kaip laiko eilutės – jiems parinkti tinkamiausi autoregresijos ir slenkančiojo vidurkio statistiniai modeliai, įvertintos kiekvieno modelio statistinės charakteristikos ir sudarytos reikšmių prognozės naudojant parinktus vienmačius ir daugiamačius modelius.

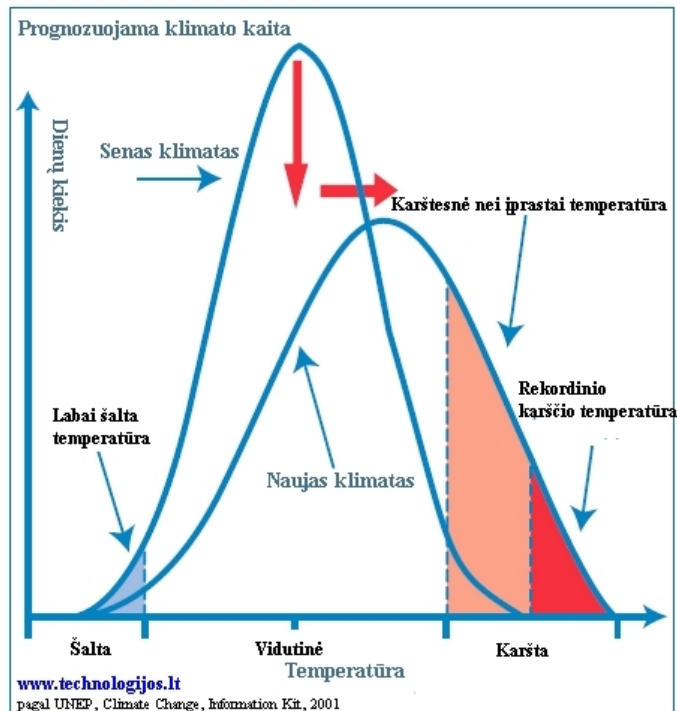
Modelių tinkamumas buvo tiriamas tikrinant kaip jie atspindi tiriamąją duomenų seką, analizuojant liekanų funkcijas, skaičiuojant AICC informacinio kriterijaus reikšmes ir vertinant modeliais remiantis prognozuotas reikšmes. Modelių prognozės buvo lyginamos su realiomis laiko eilutės reikšmėmis. Atlikus tyrimą buvo parinkti tinkamiausi modeliai, padaryta išvada, kad naudoti laiko eilučių modeliai gana gerai atspindi visuotinio atšilimo duomenis.

Reikšminiai žodžiai: visuotinio atšilimo duomenys, ARMA modeliai, prognozės, vertinimai.

1. Įvadas

Pasaulio visuomenę kasdien pasiekia faktai ir prognozės apie šylantį Žemės klimatą ir šio reiškinio pasekmes. Įvairius su tuo susijusius samprotavimus, hipotezes patvirtinti ar paneigti įmanoma tik išanalizavus visuotinės temperatūros duomenis ir jiems parinkus tam tikrą statistinį modelį, kuris padėtų atlikti ateities temperatūros pokyčių prognozę.

Visų pirma vertėtų atkreipti dėmesį, kad didėjanti vidutinė temperatūra labai keičia klimato sandarą. Tuo galima įsitikinti panagrinėjus 1 pav., atspindintį klimato kaitos ypatumus. Vidutinei temperatūrai pakilus tik keliais laipsniais, iš karto sumažėja šaltų dienų skaičius ir išauga karštų dienų skaičius. Žvelgiant į 1 pav. akivaizdu, kad vidutinei temperatūrai bent kiek pasikeitus pasaulyje viskas apsiverčia „aukštyn kojomis“, todėl labai svarbu gebėti prognozuoti temperatūros pokyčius. Šio darbo tikslas yra parodyti, kad laiko eilučių statistiniai metodai gali padėti efektyviai prognozuoti klimato pokyčius, veikiamus vidutinės metinės temperatūros kitimo.



1 pav. Hipotetinis vidutinės temperatūros skirstinio pasikeitimas pagal [10].

Klimato kaita yra viena iš didžiausių aplinkosaugos, socialinių ir ekonominių grėsmių. Siekiant sumažinti šiltnamio efektą kuriami įvairūs planai, vykdomi projektai, organizuojami susitikimai. Dauguma šalių vykdo nacionalines programas, skirtas išmetamų teršalų kiekiui mažinti. Europos Sąjunga pagal Europos klimato kaitos programą imasi įvairių politinių priemonių, siekdama skatinti atsinaujinančios energijos naudojimą, mažinti naujų lengvųjų automobilių išmetamo anglies dvideginio kiekį, plačiau taikyti taršos mažinimo priemones gamybos pramonėje ir kt. Kopenhagoje 2009 m. gruodį vykusioje Jungtinių Tautų klimato kaitos konferencijoje buvo siekta priimti nutarimą, įpareigojantį šalis sumažinti taršą, kad Žemės vidutinė metinė temperatūra nebūtų aukštesnė nei 2 °C. Deja, vieningas susitarimas taip ir nebuvo pasiektas [2].

Tyrimas, atliktas J. Važnevičiūtės [9], parodė, kad visuotinio atšilimo duomenims gana gerai tinka laiko eilučių statistiniai modeliai. Straipsnyje aprašomi autoregresijos ir slenkančio vidurkio (ARMA tipo) statistiniai modeliai, atspindintys visuotinės temperatūros duomenų seką, kartais vadinamų visuotinės temperatūros anomalijomis, pobūdį bei leidžiantys atlikti prognozę, kurios rezultatai turi mažiausias paklaidas, lyginant su stebėjimais.

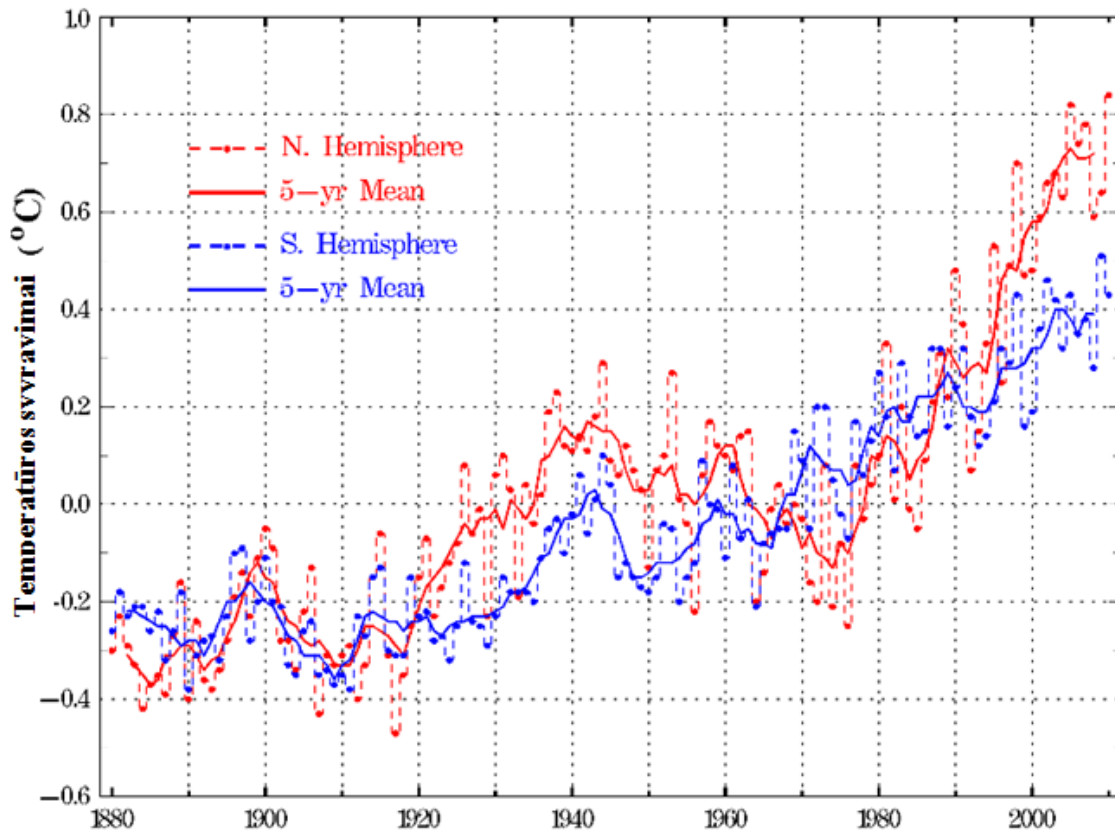
Atliekant tyrimą naudotasi NASA duomenimis apie Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros svyravimus bei Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros svyravimų 5 metų vidurkį, atspindinčiais temperatūros pokyčius nuo 1880 m.

2. Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros svyravimų duomenys

Tyrimui naudoti duomenys iš NASA Godardo kosmoso studijų instituto (GISS – *Goddard Institute for Space Studies*) tinklalapio. Duomenų įrašų laiko eilutė – nuo 1880 iki 2010 m. Pagrindinis temperatūros analizės planas Džeimso Hanseno (J. E. Hansen) buvo apibrėžtas 1970-ųjų pabaigoje. Analizės metodas buvo dokumentuotas Hanseno ir Lebedefo (S. Lebedeff) ir 1987 m. paskelbtas geofizinių tyrimų žurnale [11]. Šie mokslininkai parodė, kad itin stipri temperatūros kitimo koreliacija buvo pastebėta temperatūrų registravimo stotyse, nutolusiose iki 1200 km. Įvesties duomenys, kuriuos Hansenas ir kt. naudoja analizei, yra surinkti iš įvairių meteorologijos paslaugas teikiančių stočių visame pasaulyje – Globalaus istorinio klimatologijos tinklo (GHCN – *Global Historical Climatology Network*), Jungtinių Valstijų istorinio klimatologijos tinklo (USHCN – *United States Historical Climatology Network*), Mokslinio antarktinio tyrinėjimo komiteto (SCAR – *Scientific Committee on Antarctic Research*) antarktinių stočių. GISS analizė atnaujinama kas mėnesį. Atliekdami analizę Hansenas ir kt. pakeičia iš GHCN/USHCN/SCAR gautus duomenis dviem etapais:

1 etapu, jei yra daugialypių parinktos stoties įrašų, jie sukombinuojami į vieną įrašą; 2 etapu reguliuojamos miesto stotys, stebint, kad ilgalaikė metinių vidurkių tendencija sutaptų su kaimyninių mažesnių stočių duomenimis.

Šiaurės pusrutulyje pastebimas šiek tiek spartesnis šilimo procesas negu Pietų. Šiaurės pusrutulyje aukščiausia temperatūra užfiksuota 2010 m., o 2009 m. buvo šilčiausi Pietų pusrutulyje. Temperatūros duomenų grafikas pateiktas 2 pav. (mėlyna punktyrinė linija pažymėti Pietų pusrutulio temperatūros stebiniai, raudona – Šiaurės pusrutulio, mėlynos spalvos linija žymi Pietų pusrutulio 5 metų vidutinės temperatūros stebinius, raudonos – Šiaurės pusrutulio).



Šaltinis: NASA Godardo kosmoso studijų institutas

2 pav. Temperatūros kitimas 1880–2010 m. [4]

Temperatūros kitimo duomenims analizuoti buvo naudojamas statistinis programinis paketas ITSM2000 (angl. *Interactive Time Series Modelling*). Šiuo programiniu paketu galima parinkti geriausiai duomenis atspindintį statistinį modelį tiek vienmatėms, tiek daugiamatėms sekoms, remiantis Brukvelo (J. Brockwell) ir Deiviso (A. Davis) išvystytais metodais [1].

3. ARMA statistiniai modeliai

Statistiniai metodai padeda nuspręsti, kuris iš tikimybinių skirstinių geriausiai tinka nepriklausomai atsitiktinių dydžių sekai $\{e_t\}$, iš kurios formuojama priklausomųjų dydžių seka $\{X_t\}$, kurios realizaciją x_1, x_2, \dots, x_N (temperatūros kitimo reikšmes) stebime. Daugiausia ištyrinėti atvejai, kai pradinei sekai tinka Gauso (normalusis) skirstinys, o dažniausiai vartojami modeliai yra: p eilės autoregresijos AR(p), q eilės slenkamojo vidurkio – MA(q) ir ARMA(p, q) – autoregresijos ir slenkamojo vidurkio tiesiniai statistiniai modeliai. Jie aprašomi tiesinėmis skirtuminėmis lygtimis.

Baigtinės p eilės autoregresijos modelis, žymimas AR(p), aprašomas skirtumine lygtimi:

$$X_t + a_1 X_{t-1} + \dots + a_p X_{t-p} = e_t \quad (1)$$

kai koeficientai $a_i, i = 1, 2, \dots, p$ tenkina stabilumo sąlygas.

Baigtinės q eilės slenkamojo vidurkio modelis, žymimas MA(q), aprašomas:

$$X_t = e_t + b_1 e_{t-1} + \dots + b_q e_{t-q} \quad (2)$$

Mažiau parametrų reikia vertinti, jeigu sistemos perdavimo funkcija $G(z)$ (transformuojanti $\{e_t\}$ į $\{X_t\}$) aproksimuojama racionaliąja funkcija, išreiškiama:

$$G(z) = \frac{1 + b_1 z + \dots + b_q z^q}{1 + a_1 z + \dots + a_p z^p} \quad (3)$$

Tada tinkamas modelis yra p ir q eilės autoregresijos ir slenkamojo vidurkio modelis, žymimas ARMA(p, q). Jo skirtuminė lygtis yra tokia :

$$X_t + a_1 X_{t-1} + \dots + a_p X_{t-p} = e_t + b_1 e_{t-1} + \dots + b_q e_{t-q} \quad (4)$$

Daugiamačių laiko eilučių metodai dažnai remiasi šiais tiesiniais modeliais:

– vektorinis autoregresinis modelis, VAR(p)

$$X_t = a + \sum_{i=1}^p A_i X_{t-i} + e_t \quad (5)$$

– vektorinis slenkančio vidurkio modelis, VMA(q)

$$X_t = b + \sum_{j=1}^q B_j e_{t-j} + e_t \quad (6)$$

– vektorinis autoregresijos ir slenkančio vidurkio modelis, VARMA(p, q)

$$X_t = a + \sum_{i=1}^p A_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^q B_j e_{t-j} + e_t \quad (7)$$

kur:

a – pastovus poslinkių vektorius;

A_i – $n \times n$ matavimų autoregresijos matrica, tokių matricių yra p ;

B_i – $n \times n$ matavimų slenkamojo vidurkio matrica, tokių matricių yra q ;

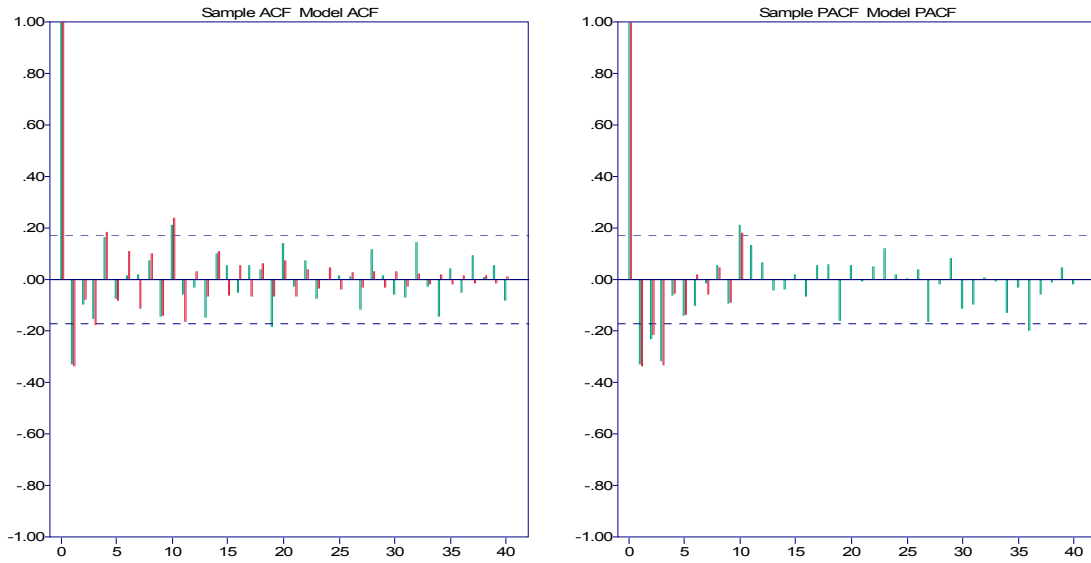
b – pastovus poslinkių vektorius.

Formulėmis (1)–(7) aprašomi modeliai bus naudojami globalaus atšilimo duomenims tirti, jų būsimoms reikšmėms prognozuoti.

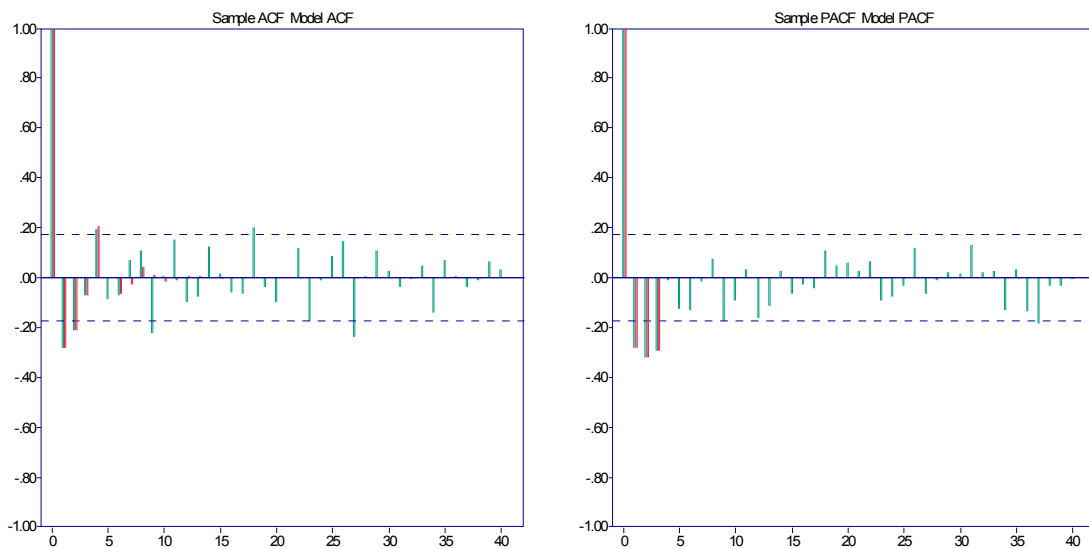
4. Visuotinio atšilimo duomenų tyrimas taikant statistinius metodus

Norint parinkti modelį, reikia atlikti duomenų statistinę analizę, t. y. sukurti statistinį modelį, geriausiai atvaizduojantį turimus duomenis, išnagrinėti sukurtų modelių parametrus, į juos atsižvelgus atrinkti patį tinkamiausią modelį stebėtiems duomenims ir atlikti to modelio parametrų įverčių tyrimą. Modeliams sudaryti buvo naudota 1880–2007 m. visuotinio atšilimo temperatūros duomenų laiko eilutė.

Nestacionarius duomenis reikia transformuoti į stacionarią laiko eilutę, kuriai taikomi apibrėžtieji ARMA tipo modeliai, kurių parametrai yra stabilūs (charakteringosios šaknys telpa vienetiniame apskritime). Transformacijai naudojame skirtuminį metodą, pašalinantį sezoniskumą ir nuonašą. Atlikus transformaciją, tiriami autokoreliacinės funkcijos (ACF) ir dalinės autokoreliacijos funkcijos (PACF), pavaizduotų 3 ir 4 pav., įverčiai. Atsižvelgiant į šių funkcijų grafikus parenkami ARMA modeliai. Parinktų AR (10) ir AR (3) modelių autokoreliacinių funkcijų (ACF) reikšmės 3 ir 4 paveikslėliuose pažymėtos ryškiau (raudona spalva), o jų įverčiai, skaičiuoti iš realizacijos, – žalia spalva. Punktyrine linija pažymėtas 0,95 pasiklovimo lygmuo, reiškiantis, kad įverčiai reikšmingai skiriasi nuo nulio.



3 pav. Šiaurės pusrutulio temperatūros duomenų ir parinkto modelio AR (10) ACF/PACF grafikai



4 pav. Pietų pusrutulio temperatūros duomenų ir parinkto modelio AR (3) ACF/PACF grafikai

Stebima, kaip parinkti modeliai atspindi tiriamą duomenų seką, skaičiuojamos tikslumo charakteristikos (AICC – Akaike informacinis kriterijus, BIC – Bajeso informacinis kriterijus), stebimi liekanų ACF funkcijos įverčiai ir, atsižvelgiant į minėtus faktorius, parenkami tinkamiausi modeliai.

Ištyrus Šiaurės ir Pietų pusrutulio temperatūros anomalijų duomenis, parinkti modeliai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Duomenims parinkti pagal statistinius kriterijus tinkamiausi modeliai

	Šiaurės pusrutulis	Pietų pusrutulis	Šiaurės pusrutulio 5 metų vidurkis	Pietų pusrutulio 5 metų vidurkis
Parinktas modelis	AR(10)	AR(3)	MA(8)	AR(10)

Šiaurės pusrutulio anomalijų duomenims parinkti AR (10) ir MA (8) modeliai:

$$X_t = -0,4830 X_{t-1} - 0,43 X_{t-2} - 0,3899 X_{t-3} - 0,1401 X_{t-4} - 0,1181 X_{t-5} + 0,07808 X_{t-8} + 0,1803 X_{t-10} + e_t$$

$$X_t = e_t + 0,4788 e_{t-1} + 0,1264 e_{t-2} + 0,3556 e_{t-4} - 0,5177 e_{t-5} + 0,1788 e_{t-7} + 0,41 e_{t-8}$$

Pietų pusrutulio anomalijų duomenims parinkti AR (3) ir AR (10) modeliai:

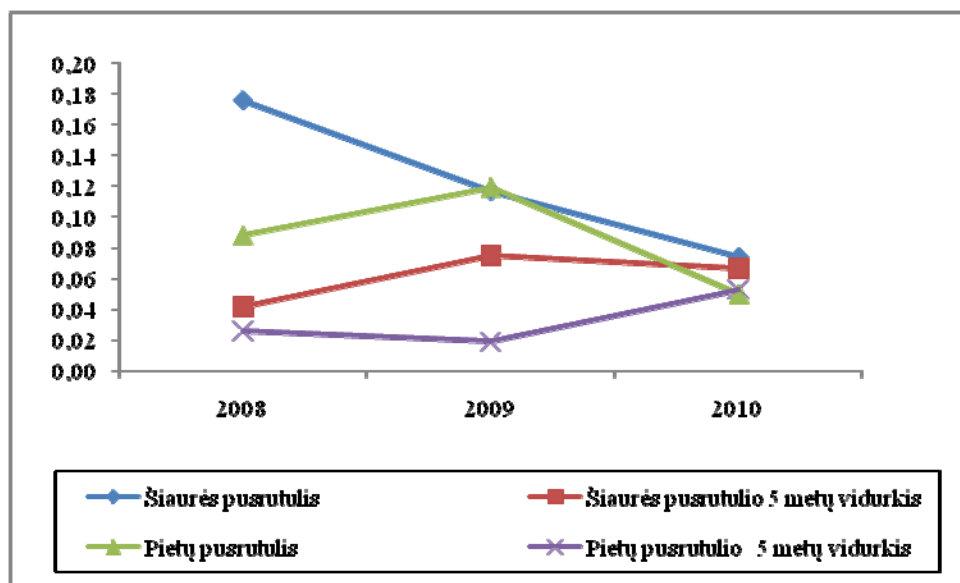
$$X_t = -0,4637 X_{t-1} - 0,4229 X_{t-2} - 0,2885 X_{t-3} + e_t$$

$$X_t = 0,3379 X_{t-1} + 0,2049 X_{t-4} - 0,6246 X_{t-5} + 0,09562 X_{t-6} - 0,1322 X_{t-7} + 0,2446 X_{t-10} + e_t$$

Naudinga palyginti, kaip gautų modelių prognozuotos reikšmės atitinka realius duomenis. Kiekvienam duomenų tipui pagal pasirinktą statistinį modelį skaičiuojamas absoliutus skirtumas tarp stebėtos ir prognozuotos reikšmės. Rezultatai pateikti 2 lentelėje ir 5 pav. Matyti, kad mažiausias prognozės paklaidas turėjo Pietų ir Šiaurės pusrutulių 5 metų vidurkių duomenys, o Šiaurės pusrutulio duomenų paklaida, 2008 m. buvo didžiausia, nuosekliai mažėjo. 2010 m. visos paklaidos yra beveik vienodai mažos.

2 lentelė. Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros prognozių, gautų naudojant vienmačius modelius, palyginimas

	2008 m.	Tikroji reikšmė	Vienmačio modelio prognozuota reikšmė	Skirtumas	2009 m.	Tikroji reikšmė	Vienmačio modelio prognozuota reikšmė	Skirtumas	2010 m.	Tikroji reikšmė	Vienmačio modelio prognozuota reikšmė	Skirtumas
Šiaurės pusrutulis		0,600	0,776	0,176		0,640	0,757	0,117		0,840	0,766	0,074
Šiaurės pusrutulio 5 metų vidurkis		0,720	0,762	0,042		0,710	0,785	0,075		0,720	0,787	0,067
Pietų pusrutulis		0,280	0,368	0,088		0,510	0,391	0,119		0,430	0,380	0,050
Pietų pusrutulio 5 metų vidurkis		0,390	0,364	0,026		0,380	0,361	0,019		0,390	0,337	0,053

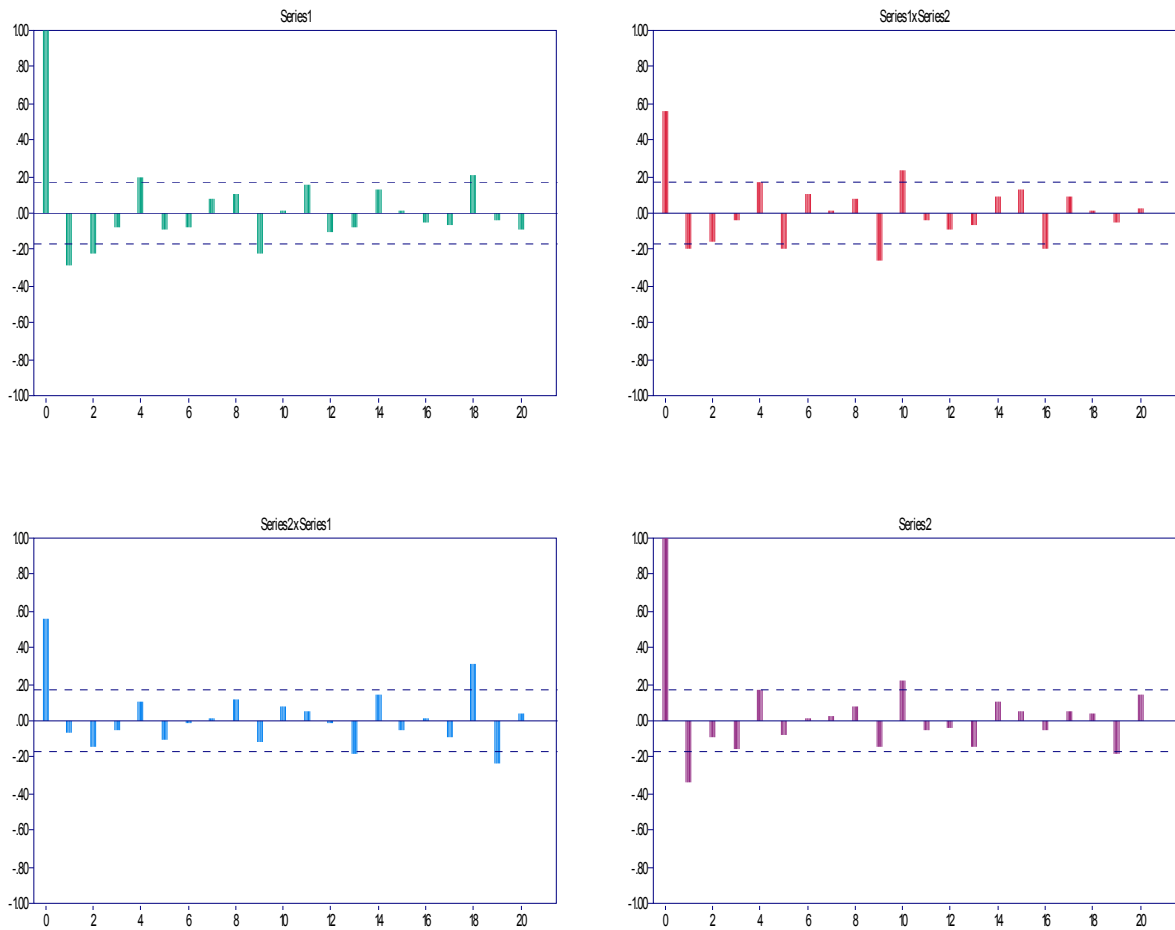


5 pav. Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros svyravimams parinktų vienmačių modelių prognozių bei realių reikšmių skirtumo palyginimas

Tradicinės vienmačių sekų statistinės analizės gali nepakakti, nes nagrinėjami duomenys yra susieti statistine priklausomybe: Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros kitimo kreivės turi panašias kitimo tendencijas, tai patvirtina ir atlikta koreliacijų analizė.

Todėl sprendžiamas bendresnio pobūdžio uždavinys – temperatūros pokyčiai prognozuojami taikant daugiamačių sekų statistinės analizės metodus. Kaip ir vienmačių sekų atveju, reikia atlikti transformaciją. Tik tuomet galima atlikti kryžminių koreliacijų analizę, kuri leidžia stebėti Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros duomenų autokoreliaciją (ste-

bėjimų priklausomybę nuo buvusių šios sekos reikšmių), koreliaciją tarp Šiaurės pusrutulio duomenų laiko momentu $t+H$ ir Pietų pusrutulio duomenų laiko momentu t ir koreliaciją tarp Pietų pusrutulio duomenų laiko momentu $t+H$ ir Šiaurės pusrutulio duomenų t momentu. Šių koreliacijų grafikai pavaizduoti 6 pav.



6 pav. Kryžminių koreliacijų tarp Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros duomenų grafikai

Atlikus šį tyrimą, remiantis tikslumo charakteristikomis (AICC kriterijumi), parinktas tinkamiausias modelis. Daugiamatei sekai buvo parinktas vektorinis trečios eilės autoregresijos modelis VAR (3). Įvertinti dvimačio modelio koeficientai – 2×2 matricos gautos tokios:

A(0)		A(1)	
0.010670		-0.447244	-0.023918
0.016738		0.210684	-0.551754
A(2)		A(3)	
-0.377684	-0.056961	-0.244499	-0.049321
0.034336	-0.371714	0.108776	-0.343037

Kadangi nagrinėjami duomenys yra susieti statistine priklausomybe, nenuostabu, kad daugiamatei sekai parinkto modelio prognozės buvo tikslesnės – mažiau skyrėsi nuo 2008–2010 m. stebėtų reikšmių.

3 lentelė Prognozių, gautų naudojant daugiamačius modelius, palyginimas

	2008 m.	Tikroji reikšmė	Daugiamačio modelio prognozuota reikšmė	Skirtumas	2009 m.	Tikroji reikšmė	Daugiamačio modelio prognozuota reikšmė	Skirtumas	2010 m.	Tikroji reikšmė	Daugiamačio modelio prognozuota reikšmė	Skirtumas
Šiaurės pusrutulis		0,600	0,743	0,170		0,640	0,781	0,141		0,840	0,783	0,057
Pietų pusrutulis		0,280	0,363	0,083		0,510	0,388	0,122		0,430	0,379	0,051

Palyginus parinktų vienmačių ir daugiamačių modelių prognozes, matyti, jog naudojant daugiamačių modelių prognozės yra tikslesnės.

5. Išvados

Visuotinio atšilimo duomenys buvo analizuojami kaip laiko eilutės: jiems parinkti tinkamiausi statistiniai modeliai, įvertintos kiekvieno modelio statistinės charakteristikos ir naudojant parinktus vienmačius ir daugiamačius modelius sudarytos būsimų reikšmių prognozės.

Apžvelgus Šiaurės ir Pietų pusrutulių temperatūros kitimą tiriamuoju 1880–2010 metų laikotarpiu, parinkti tinkamiausi ARMA modeliai vienmatėms Šiaurės ir Pietų pusrutulių duomenų eilutėms. Paskaičiuotos meteorologinių stočių stebėtų duomenų statistinės charakteristikos ir atlikta būsimų reikšmių prognozė.

Palyginus vienmačių ir daugiamačio modelio prognozes, buvo gauti tikslesni rezultatai. Gautas rezultatas – daugiamačio modelio teikiamos prognozės yra artimesnės realioms reikšmėms, todėl, kur tik galima, verta naudoti daugiamačius duomenis, teikiančius daugiau informacijos.

Atlikus tyrimą, matyti, kad visuotinio atšilimo duomenis galima puikiai pavaizduoti vienmačiais ir daugiamačiais laiko eilučių (ARMA tipo) modeliais. Tačiau norint sudaryti dar patikimesnius modelius, tiksliau prognozuoti būsimus temperatūros pokyčius, reikėtų atsižvelgti ne tik į turimas temperatūros svyravimų laiko eilutes, tačiau įvertinti ir kitus klimato kaitai įtakos turinčius faktorius – ozono sluoksnio storį, oro taršą ir kt.

6. Bendraautorei prisiminti

2011 m. birželio 18 dieną, neišvydusi šio straipsnio žurnale, žuvo Stanislava Nerutė Kligienė. Taip ir nespėjau straipsnio bendraautorei ir buvusiai dėstytojai padėkoti už pagalbą, bet prisiminsiu ją kaip nuoširdų žmogų, puikią specialistę, visada pasiruošusią patarti, padėti ir pasidalinti savo sukauptomis žiniomis.

Julija Važnevičiūtė

Literatūra

1. Brockwell, P. J., Richard, A. Davis, 2003: *Introduction to Time Series and Forecasting* (includes ITSM 2000), New York: Springer, 430 p.
2. Jungtinių Tautų klimato kaitos konferencijos svetainė, <http://www.erantis.com/events/denmark/copenhagen/climate-conference-2009/index.htm> (žiūrėta 2011-03-14).
3. Kligienė, N., 1998: *Ivadas į atsitiktinių sekų statistinę analizę*, Vilnius: Technika, 140 p.
4. NASA Goddard Institute for Space Studies, <http://www.giss.nasa.gov> (žiūrėta 2011-03-14).
5. *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)*, <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/> (žiūrėta 2011-03-14).
6. Harpham, C. and Wilby, R. L., 2005: Multi-site downscaling of daily precipitation amounts. *Journal of Hydrology*, New York: Elsevier, 312 p.
7. Haylock, M. R., Cawley, G. C., Harpham, C., Wilby, R. L. and Goodess, C. M., 2006: Downscaling heavy precipitation over the United Kingdom: A comparison of dynamical and statistical methods and their future scenarios. *International Journal of Climatology*. Malden: Wiley.
8. Jones, P., Kilsby, C. G., 2009: *Projections of future daily climate for the UK from the Weather Generator*, ISBN 978-1-906360-06-1, London: DEFRA.

9. Vaznevičiūtė, J., 2010: Baigiamasis magistro darbas „Globalaus atšilimo duomenų tyrimas ir juo pagrįstos statistinės išvados“, www.msk.fm.vgtu.lt/49408/ANOTACIJOS/2010.
10. UNEP Climate change, 2007: Globalinis atšilimas ir pasaulinis tvanas – ar tikrai žmonija sukėlė pasaulio pabaigą? www.technologijos.lt/n/mokslas/gamta_ir_biologija/straipsnis?name=straipsnis-3637 (žiūrėta 2010-02-22).
11. Hansen, J.E., and Lebedeff, S., 1987: Global trends of measured surface air temperature. *Journal of geophysical research*, vol. 92, no. d11.

INVESTIGATION OF GLOBAL ANNUAL TEMPERATURE ANOMALIES AND STATISTICAL INFERENCES BASED ON IT

Julija Vaznevičiūtė,

Nerutė Kligienė

Abstract. Global warming problem earlier investigated mostly by scientists in climatology, now attract the attention of many researchers because a changing climate cause a great anxiety. The paper analyses the data of North and South hemisphere temperatures variation and North and South hemisphere temperatures 5 years average variation. The data collected by the National Aeronautics and Space Administration since 1880 year are analyzed as time series in this paper. The ARMA models are fitted, their statistical characteristics evaluated and predictions for future values have been calculated using the fitted models of one dimensional and multi-dimensional autoregressive models. Calculated predicted values were compared to really observed values and the research resulted in the best fitted autoregressive and moving average models well describing the global warming data.

Keywords: global warming data, ARMA models, prediction, evaluation.