



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
FUNDAMENTALIŲJŲ MOKSLŲ FAKULTETAS
TAIKOMOSIOS MATEMATIKOS KATEDRA

Rasa Šmidaitė

NETIESINIŲ STATISTIKŲ TAIKYMAS
ATSITIKTINIŲ VEKTORIŲ
PASISIKIRSTYMO TANKIŲ VERTINIME

Magistro darbas

Vadovas
dr. T. Ruzgas

KAUNAS, 2008



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
FUNDAMENTALIŲJŲ MOKSLŲ FAKULTETAS
TAIKOMOSIOS MATEMATIKOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
prof. dr. J.Rimas

2008 06 08

NETIESINIŲ STATISTIKŲ TAIKYMAS
ATSITIKTINIŲ VEKTORIŲ
PASISIKIRSTYMO TANKIŲ VERTINIME

Taikomosios matematikos magistro baigiamasis darbas

Vadovas
dr. T. Ruzgas
2008 06 06

Recenzentas
prof. dr. K. Dučinskas
2008 06 06

Atliko
FMMM 6 gr. stud.
R. Šmidtaitė
2008 06 06

KAUNAS, 2008

KVALIFIKACINĖ KOMISIJA

Pirmininkas: Leonas Saulis, profesorius (VGTU)

Sekretorius: Eimutis Valakevičius, docentas (KTU)

Nariai: Algimantas Jonas Aksomaitis, profesorius (KTU)

Vytautas Janilionis, docentas (KTU)

Vidmantas Povilas Pekarskas, profesorius (KTU)

Rimantas Rudzkis, habil. dr., valdybos pirmininko pavaduotojas (DnB NORD Bankas)

Zenonas Navickas, profesorius (KTU)

Arūnas Barauskas, dr., vice-prezidentas projektams (UAB „Baltic Amadeus“)

Šmidtaitė R. Application of nonlinear statistics for distribution density estimation of random vectors: Master's work in applied mathematics / supervisor PhD T. Ruzgas; Department of Applied mathematics, Faculty of Fundamental Sciences, Kaunas University of Technology. – Kaunas, 2008. – 149 p.

SUMMARY

Most algorithms work properly if the probability densities of the multivariate vectors are known. Unfortunately, in reality these densities are usually not available, and parametric or non-parametric estimation of the densities becomes critically needed.

In parametric estimation one assumes that the density f underlying the data $\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ belongs to some rather restricted family of functions $f(\cdot; \theta)$ indexed by a small number of parameters $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$. An example is the family of multivariate normal densities which is parameterized by the mean vector and the covariance matrix. A density estimate in the parametric approach is obtained by computing from the data an estimate $\hat{\theta}$ of θ and setting $\hat{f} = f(\cdot; \hat{\theta})$. Such an approach is statistically and computationally very efficient but can lead poor results if none of the family members $f(\cdot; \theta)$ is close to f .

In nonparametric density estimation no parametric assumptions about f are made and one assumes instead that f , for example, has some smoothness properties (e.g. two continuous derivatives) or that it is square integrable. The shape of the density estimate is determined by the data and, in principle, given enough data, arbitrary densities f can be estimated accurately. Most popular methods are the kernel estimator based on local smoothing of the data. Quite popular are histospline, semiparametric and projection pursuit algorithms. While constructing various probability density estimation methods the most difficult task is to find optimal parameters, e.g. for kernel algorithm it is a problem to find smoothing parameter, for histospline method difficulty is to produce the points with estimated densities, etc. Even though many papers are written related to this subject and offer various methods for parameters determination but those procedures are not very suitable for small size data. In this case it would be effective to use data projections because the task to choose best fitting parameters becomes more complicated when the dimension of data grows.

One of the ways to improve the accuracy of probability density estimation is multi-mode density treating as the mixture of single-mode one. In this paper we offer to use data clustering in the first place and to estimate density in every cluster separately.

To objectively compare the performance, Monte Carlo approximation is used for ten types Gaussian mixtures. While using various methods to evaluate the accuracy of probability density estimations we tried to use clustered and not clustered data. In this paper we also tried to reveal the usefulness of cluster preprocessing.

TURINYS

Ivadas.....	8
1. Teorinė dalis.....	11
1.1. Neparametriniai tankių vertinimo metodai	11
1.1.1. Branduoliniai įvertiniai.....	11
1.1.2. Tikslinio projektavimo įvertinys.....	14
1.1.3. K-artimiausio kaimyno įvertinys	19
1.1.4. Histoharo įvertinys	19
1.2. Klasterinės analizės metodai	21
1.2.1. Hierarchiniai klasterizavimo metodai	22
1.2.2. K-vidurkių klasterizavimo metodas	24
1.2.3. K-artimiausių kaimynų klasterizavimo metodas	24
1.3. Klasterių skaičiaus nustatymas	25
1.4. Klasterių sferizavimas.....	26
1.5. Statistikos programinės įrangos lyginamoji analizė	29
2. Tiriamoji dalis	30
2.1. Eksperimentinis tyrimas.....	30
2.2. Skirstinių mišiniai.....	31
2.3. Pradinių reikšmių parinkimas naudojamuose metoduose.....	33
2.4. Modeliavimo rezultatai	34
2.4.1. Mišinių tankių vertinimo tikslumas nenaudojant klasterizavimo	34
2.4.2. Mišinių tankių vertinimo tikslumas naudojant klasterizavimą.....	34
2.4.3. Mišinių tankių vertinimo tikslumas naudojant sferizavimą	36
3. Sąsaja su vartotoju.....	39
Išvados	42
Padėka.....	43
Literatūra.....	44
1 priedas. Geriausi tankių vertinimo rezultatai	46
2 priedas. Tankių vertinimo rezultatai	74
3 priedas. Dvimačių skirstinių mišinių sklaidos	121
4 priedas. Programų tekstai.....	126

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Klasterių panašumo matai	23
1.2 lentelė. Paketų palyginimas	29
3.1 lentelė. Sukurtos programos ir jų paskirtis	41

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Tankio vertinimas branduoliniu metodu su fiksuotu pločio parametru	12
1.2 pav. Tankio vertinimas branduoliniu metodu su kintamu pločio parametru	13
1.3 pav. Pagrindinių komponentų radimas ir duomenų transformavimas	17
1.4 pav. Klasterizavimo metodų klasės.....	21
1.5 pav. Dendograma	22
1.6 pav. Ward's atstumo tarp klasterių nustatymas.....	23
1.7 pav. Grafinė Šarlio CCC interpretacija	26
1.8 pav. Duomenų transformavimas į sferinius komponentus	27
2.1 pav. Eksperimentinio tyrimo struktūra.....	30
2.2 pav. Dvimačių ir penkiamačių I-o tipo imties tankių paklaidų palyginimas duomenų neklasterizuojant ir klasterizuojant.....	35
2.3 pav. Penkiamačių IX-o tipo imties tankių paklaidų palyginimas duomenų neklasterizuojant ir klasterizuojant	36
2.4 pav. Dvimačių ir penkiamačių III-io tipo imčių tankių paklaidų palyginimas duomenis klasterizuojant ir sferizuojant bei klasterizuojant .	37
2.5 pav. Dvimačių IV-o tipo imčių tankių paklaidų palyginimas duomenų neklasterizuojant ir sferizuojant bei klasterizuojant.....	38
3.1 pav. Vartotojo sąsaja	39
3.2 pav. Imčių generavimo schema	40

IVADAS

Statistikoje ir jos taikyme vienas dažniausiai sprendžiamų uždavinių yra daugiamačių tankių vertinimas. Pagal tai, ar žinoma stebimo atsitiktinio dydžio skirstinio šeima, tankių vertinimas skirstomas į parametrinį ir neparametrinį vertinimą. Parametriniame vertinime daroma prielaida, kad tankio funkcija f , apibūdinanti duomenis $\{y_i, i=1, \dots, n\}$, priklauso tam tikrai gan siaurai funkcijų šeimai $f(\cdot; \theta)$, kuri priklauso nuo nedidelio kiekio parametrų $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$. Pavyzdžiu galėtų būti daugiamačių normaliųjų skirstinių šeima, kurią nusako vidurkis- vektorius ir kovariacinė matrica. Tankis, apskaičiuojamas pagal parametrinį vertinimą, gaunamas iš pradžių apskaičiuotus parametro θ įvertį $\hat{\theta}$ ir $\hat{f} = f(\cdot; \hat{\theta})$. Toks traktavimas statistiniu požiūriu yra labai efektyvus, tačiau jeigu nei vienas šeimos $f(\cdot; \theta)$ narys nėra artimas funkcijai f , rezultatai gali būti gauti labai netikslūs.

Neparametriniam tankio vertinimui jokios parametrinės prielaidos apie f nėra reikalingos, tačiau vietoj to daromos kitos prielaidos, pavyzdžiui, apie funkcijos f tolydumą (pvz., kad funkcija turi antros eilės tolydžią išvestinę) arba, kad f yra integruojama. Tankio funkcijos forma yra nustatoma iš turimų duomenų. Iš esmės, turint dideles imtis, tankis f gali būti apskaičiuotas pakankamai tiksliai.

Šiuolaikinėje duomenų analizėje naudojama daugybė neparametrinių metodų, skirtų daugiamačių atsitiktinių dydžių pasiskirstymo tankio statistiniam vertinimui. Ypač plačiai paplitę branduoliniai įvertiniai, gana populiarūs ir splaininiai bei pusiau parametriniai algoritmai. Taikant daugumą populiarių neparametrinio įvertinimo procedūrų praktikoje susiduriama su jų parametrų optimalaus parinkimo problema. Branduolinių įvertinių konstrukcijos svarbiausiu elementu yra glodinimo plotis, splaininiams įvertiniams nelengva parinkti mazgus ir t.t. Ir nors yra sukurta nemažai adaptyvių minėtų parametrų parinkimo procedūrų, tačiau jos nėra pakankamai efektyvios, kai imties tūris nėra didelis. Pastaruoju atveju tikslinga taikyti duomenų projektavimą, nes parametrų parinkimo uždavinys tuo sunkesnis, kuo didesnė stebimų atsitiktinių vektorių dimensija.

Vienas iš būdų mėginti padidinti įverčių tikslumą yra daugiamodalinio tankio analizės suvedimas į vienamodalinių tankių vertinimą, traktuojant tiriamą tankį kaip vienamodalinių tankių mišinį. Siūlome pirmame tyrimų etape imtį klasterizuoti ir po to kiekvieną klasterį atitinkančius skirstinių mišinio komponentus įvertinti atskirai. Nors klasterizavimas gali būti tiek tikimybinis, tiek geometrinis, tačiau šiame darbe apsiribosime tik pastaruoju. Duomenų klasterizavimui naudojami hierarchiniai (jungimo ir skaidymo) ir nehierarchiniai klasterizavimo metodai. Hierarchinio klasterizavimo algoritmai prastai apdoroja išskirtis bei imtis, kuriose labai skiriasi stebinių išsibarstymas įvairiomis kryptimis (dimensijomis). Dėl šios priežasties rezultatai tampa labai

priklausomi nuo atstumo tarp klasterių skaičiavimo metodo parinkimo. Kad būtų išvengta šių sunkumų taikomas klasterių sferizavimas.

Nors sferizavimas išsprendžia keletą anksčiau minėtų problemų, tačiau jis nesumažina įvertinio jautrumo nuo branduolių skaičiaus, branduolio glodinimo parametrų, imties dydžio parinkimo ir t.t.

Šiame darbe Monte Karlo metodu buvo siekiama atlikti įvairių neparametrinių įvertinių tikslumo lyginamąją analizę tuo atveju, kai stebėjimų skirstinio tankis yra daugiamodalinis, ir nustatyti, ar tikslinga tokio tipo tankių vertinime atlikti preliminarų imties suskaidymą į klasterius.

Tikslas ir uždaviniai.

Darbo tikslas – sukurti ir ištirti daugiamachių tikimybinių tankių neparametrinio vertinimo algoritmus, kurie būtų efektyvūs daugiamodališkumo atveju.

Darbo uždaviniai:

- atlikti populiarių neparametrinių tankių statistinių įverčių tikslumo lyginamąją analizę daugiamodaliiniu atveju;
- ištirti pirminio duomenų klasterizavimo poveikį daugiamodalinio statistinio vertinimo tikslumui;
- palyginti įvairių klasterizavimo procedūrų taikymo efektyvumą pasiskirstymo tankiams vertinti.

Mokslinis naujumas

1. Atlikta skirtingų tipų statistikų, skirtų daugiamachių tankių vertinimui lyginamoji analizė daugiamodaliiniu atveju. Tyrimai atrenkant konkrečias pasiskirstymo tankių vertinimo procedūras, buvo siekiama, kad jos atstovautų populiarių įverčių klasėms ir jau būtų eksperimentiškai tirtos kitų tyrėjų.
2. Ištirti branduolinius, tikslinio projektavimo, pusiau parametrinis, histosplaininis, k -kaimyno bei histoharo tankių vertinimo metodai neklasterizuojant, klasterizuojant bei taikant klasterių sferizavimą.
3. Pasiūlyta daugiamodalinio tankio analizės metodika, paremta tiriamo tankio traktavimu vienamodaliųjų tankių mišiniu. Ištirtas pirminio imties klasterizavimo efektyvumas vertinant tankį.
4. Palyginti rezultatai, gauti vertinant anksčiau minėtu būdu dešimties tipų Gauso skirstinių mišinius taikant įvairias pirminio imties klasterizavimo procedūras.

Raktiniai žodžiai: daugiamatis pasiskirstymo tankis, neparametrinis vertinimas, klasterizavimas, kanoniniai koeficientai, Monte Karlo metodas.

Rezultatų aprobavimas. Magistrinio darbo tematika yra išspausdintas 1 straipsnis 2006 m. studentų konferencijos „Taikomoji matematika“ medžiagoje ir 1 LMD straipsnis. Abiejose mokslinėse konferencijose skaityti pranešimai

Magistrinio darbo struktūra. Darbą sudaro įvadas, trys skyriai, išvados, literatūros sąrašas, publikacijų sąrašas ir priedai.

Pirmas skyrius skirtas tankio vertinimo, klasterizavimo bei sferizavimo, parametrų parinkimo algoritmų aprašymui, antras skyrius- eksperimento schemai bei rezultatų aptarimui, o trečias- programiniam algoritmų įgyvendino aptarimui.

1. TEORINĖ DALIS

1.1. NEPARAMETRINIAI TANKIŲ VERTINIMO METODAI

1.1.1. BRANDUOLINIAI ĮVERTINIAI

Tarkime, kad turime aibę d -mačių stebinių $\{y_i, i = 1, \dots, n\}$, tankio vertinimo metodo tikslas yra surasti skirstinio tankio funkcijos įvertinį $\hat{f}$, kuris pateiktuose taškuose geriausiai aproksimuoja tikrąją funkciją f . Dažniausiai tankio funkcija konstruojama kiekvienam stebiniui y_i priskiriant po Gauso branduolį, pavyzdžiui, fiksuoto pločio branduoliniame tankio vertinime (FKDE) ir kintamo pločio branduoliniame tankio vertinime (AKDE). Nors FKDE formuojamas tankis su fiksuoto pločio branduoliais visuose stebiniuose, tačiau šis metodas yra plačiai naudojamas neparametriniame tankių vertinime. FKDE turi keletą trūkumų (Silverman, 1986). Vienas jų tas, kad metodas blogai veikia, kai imtis yra su išskirtimais, t.y., per daug suglodinama pagrindinė skirstinio dalis. Norint gauti kuo tikslesnius rezultatus, kai didėja stebinių matavimų skaičius (dimensija), eksponentiškai turi didėti ir imties dydis.

Todėl yra siūlomas FKDE patobulinimas- AKDE metodas (Abramson, 1982; Silverman, 1986). Panašiai kaip ir FKDE, AKDE metode tankio funkcija formuojama visiems stebiniams priskiriant po branduolį. Priešingai nei FKDE, kuriame naudojami fiksuoto pločio branduoliai, AKDE parenkami skirtingo pločio branduoliai skirtingiems stebiniams. Nors AKDE šiek tiek pagerina FKDE įverčius, tačiau nesumažina skaičiavimų apimties ir kompiuterio atminties sąnaudų.

Fiksuoto pločio branduolinis tankio vertinimas. Tarkime, jog turime d -mačių vektorių n dydžio imtį $\{y_i, i = 1, \dots, n\}$. Tada daugiamačio tankio vertinimo metodu su fiksuoto pločio branduoliu (FKDE) ir parinkta branduoline funkcija Φ bei fiksuotu, vienodu visiems stebiniams, branduolio pločio parametru h tankio įvertis $\hat{f}(y)$ apskaičiuojamas stebiniams $y \in R^d$ tokiu būdu:

$$\hat{f}(y) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n \Phi\left(\frac{1}{h}(y - y_i)\right). \quad (1.1)$$

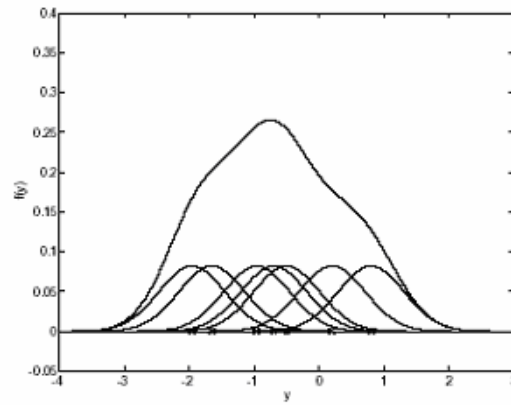
Branduolinė funkcija Φ parenkama tokia, kad tenkintų sąlygas:

$$\Phi(y) \geq 0 \text{ ir } \int_{R^d} \Phi(y) dy = 1 \quad (1.2)$$

Dažniausiai pasirenkama standartinio normaliojo skirstinio tankio funkcija

$$\Phi(y) = (2\pi)^{-d/2} \exp\left(-\frac{1}{2} y^T y\right), \quad (1.3)$$

kuri yra lyginė ir monotoniškai mažėjanti tolstant nuo branduolio centro. FKDE iliustracija naudojant nedidelę, 7 stebinių, imtį pateikta 1.1 paveiksle.



1.1 pav. Tankio vertinimas branduoliniu metodu su fiksuotu pločio parametru.

Tikrovėje stebėti duomenys nebūna tolygiai pasiskirstę, tolygiai išsibarstę visomis kryptimis, todėl patariama duomenis transformuoti, siekiant išvengti didelės sklaidos skirtingomis kryptimis. Vienas tam tinkamų metodų yra duomenų standartizavimas, t.y. imties paveikimas tokia tiesine transformacija, kad transformuotų duomenų vidurkis būtų lygus nuliui, o kovariacinė matrica – vienetinė.

$$z = S^{-1/2}(y - Ey), \quad (1.4)$$

čia Ey yra empirinis imties vidurkis, o $S \in R^{d \times d}$ yra kovariacinė matrica

$$S = E[(y - Ey)(y - Ey)^T] \quad (1.5)$$

Pradinius duomenis transformuojame pagal (1.4) formulę ir jau transformuotų duomenų tankiui įvertinti taikome (1.1) formulę.

Nesunkiai galima parodyti, jog po duomenų standartizavimo $E[z] = 0$ ir $E[zz^T] = I$ (vienetinė d eilės matrica). Taikant FKDE metodą standartizuotiems duomenims gaunami tikslesni tankių įverčiai nei jį taikant nestandartizuotiems duomenims.

$$\hat{f}(z) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n \Phi\left(\frac{1}{h}(z - z_i)\right), \quad (1.6)$$

$$\hat{f}(y) = \frac{(\det S)^{-1/2}}{nh^d} \sum_{i=1}^n \Phi\left(\frac{1}{h}S^{-1/2}(y - y_i)\right) \quad (1.7)$$

Optimalų branduolio plotį h FKDE metode galima apskaičiuoti vienu iš Silverman (1986) pasiūlytų būdų. Tare, jog stebiniai pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį ir kovariacijų matrica yra vienetinė, h Gauso branduoliams apskaičiuojamas tokiu būdu:

$$h = An^{-\frac{1}{d+4}}, \text{ kai } A = \left[\frac{4}{2d+1} \right]^{\frac{1}{d+4}} \quad (1.8)$$

Kintamo pločio branduolinis tankio vertinimas. FKDE patobulinimas yra kintamo pločio branduolinis tankio vertinimas (AKDE) (Silverman, 1986). Panašiai kaip ir FKDE, AKDE formuoja tankio įvertį priskirdamas po branduolį kiekvienam stebiniui, tačiau, priešingai nei FKDE, AKDE metode branduolio plotis atskiriems stebiniams nėra pastovus. Šį metodą sudaro dvi pakopos: apytikslių tankių įverčių radimas FKDE metodu bei tankių vertinimas AKDE metodu, panaudojant gautus apytikslius tankių įverčius.

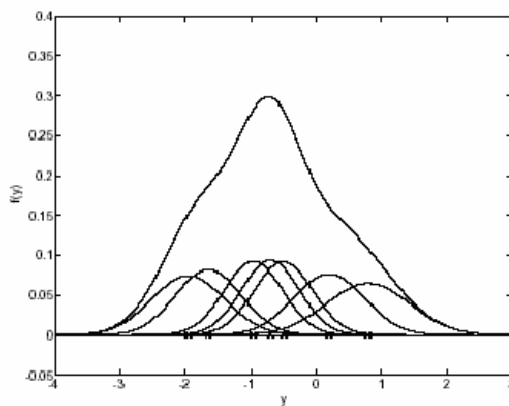
AKDE metodo algoritmo pagrindinės dalys:

1. Turimi duomenys standartizuojami taip, kad $E[z] = 0$, o $E[zz^T] = I$.
2. Randamas FKDE įvertis $\tilde{f}(z)$.
3. Apskaičiuojamas lokalus pločio parametras $\lambda_i = \left(\frac{\tilde{f}(z_i)}{g} \right)^{-\gamma}$, čia g yra geometrinis $\tilde{f}(z)$ vidurkis, t.y., $\log g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log \tilde{f}(z_i)$, o γ - jautrumo parametras, tenkinantis sąlygą $0 \leq \gamma \leq 1$.
4. Sudaromas įvertinimas su kintamo pločio branduoliais $\hat{f}(z)$:

$$\hat{f}(z) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h^{-d} \lambda_i^{-d} \Phi\left\{ \frac{1}{h\lambda_i} (z - z_i) \right\} \quad (1.9)$$

čia h yra tas pats globalus glodumo parametras, naudotas (1.1) formulėje. Kuo didesnis γ , tuo jautresnė bus tankio atranka. Gan dažnai parenkamas $\gamma = \frac{1}{2}$ (Abramson, 1982; Silverman, 1986).

Tankio įvertis mažai, 7 stebinių, imčiai panaudojant AKDE metodą pavaizduotas 1.2 paveiksle.



1.2 pav. Tankio vertinimas branduoliniu metodu su kintamu pločio parametru.

1.1.2. TIKSLINIO PROJEKTAVIMO ĮVERTINYS

Pagrindinė tikslinio projektavimo (PPDE) metodo idėja yra “įdomių” krypčių ieškojimas. Nors “įdomumo” laipsnį nustatyti gali būti labai sunku, tačiau Huber (1985) pateikė euristinį pasiūlymą, kad Gauso (normalusis) skirstinys turėtų būti laikomas mažiausiai įdomiu. Remdamasis šiuo teiginiu, Friedman (1987) pasiūlė neparametrinį tankių vertinimo algoritmą, vadinamą tiksliniu projektavimu. PPDE procedūrą sudaro penkios pakopos:

1. Duomenų standartizavimas: iš $\{y_i\}$ į $\{z_i\}$ taip, kad $E[z] = 0$, o $E[zz^T] = I$.
2. Projektavimo indeksas: nustatomi įvairių krypčių „įdomumo“ laipsniai.
3. Optimizavimo strategija: ieškoma tokia kryptis, kurioje projektavimo indeksas yra pats didžiausias.
4. Duomenų transformavimas: pasirinktoje kryptyje duomenys gaussianizuojami ir apskaičiuojamas vienmatis tankis.
5. Tankio formavimas: daugiatakis tankis formuojamas iš apskaičiuotų vienmačių tankių, t.y., daugiatakis tankis yra vienmačių tankių funkcija.

Projektavimo indeksas. Žinome, kad daugiamačio Gauso skirstinio visos projekcijos yra vienmačiai Gauso skirstiniai, tai, jeigu nors viena kryptimi skirstinys yra ne Gauso, tai ir daugiatakis skirstinys taip pat nėra Gauso. Taigi iš šio teiginio intuityviai galima nusakyti projektavimo indekso $I(\alpha)$ apibrėžimą, kuris parodo, kokia tikimybė, kad vienmatis tankis $f_\alpha(x)$ α kryptimi, $x = \alpha^T z$, yra Gauso, kai z yra standartizuoti duomenys.

$$\tilde{I}(\alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} (f_\alpha(x) - g(x))^2 dx, \text{ kai } g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}. \quad (1.10)$$

Projektavimo kryptis α , maksimizuojanti $\tilde{I}(\alpha)$, projektuojant skirstinį parenkama taip, kad išryškėtų to skirstinio daugiamodalinė ar kita netiesinė struktūra. Jeigu transformuojame duomenis x pagal tokią lygybę:

$$r = 2G(x) - 1 = 2G(\alpha^T z) - 1, r \in [-1, 1] \quad (1.11)$$

čia $G(x)$ yra standartinio normaliojo skirstinio funkcija:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (1.12)$$

o r pasiskirstymo tankis:

$$f_r(r) = \frac{f_\alpha(x)}{\left| \frac{\partial r}{\partial x} \right|} = \frac{f_\alpha(x)}{2g(x)}, \quad (1.13)$$

todėl galime (1.10) lygybę perrašyti pakeisdami kintamąjį x į r :

$$\tilde{I}(\alpha) = \int_{-1}^1 2g(x)(f_r(r) - 1/2)^2 dr = \int_{-1}^1 2g(G^{-1}(\frac{r+1}{2}))(f_r(r) - 1/2)^2 dr \quad (1.14)$$

Friedman (1987) pasiūlė šiek tiek kitokią projektavimo indekso $I(\alpha)$ formą:

$$I(\alpha) = \int_{-1}^1 (f_r(r) - 1/2)^2 dr = \int_{-1}^1 f_r^2(r) dr - 1/2. \quad (1.15)$$

Pastebėsime, kad jeigu x skirstinys yra Gauso, tada $f_r(r) = \frac{1}{2}, \forall r$ ir projektavimo indeksas $I(\alpha)$ lygus nuliui. Kuo daugiau x skirstinys skiriasi nuo normaliojo, tuo $I(\alpha)$ indeksas didesnis. Kadangi $r \in [-1,1]$, tai $f_r(r)$ gali būti išskaidyta į ortogonalius Ležandro polinomus $\{\psi_j(r), j = 0, \dots, J\}$, t.y.,

$$f_r(r) = \sum_{j=0}^J b_j \psi_j(r):$$

$$I(\alpha) = \int_{-1}^1 f_r^2(r) dr - 1/2 = \int_{-1}^1 \left[\sum_{j=0}^J b_j \psi_j(r) \right] f_r(r) dr - 1/2 \quad (1.16)$$

Ortogonalūs Ležandro polinomialai apskaičiuojami pagal rekursinę formulę:

$$\begin{aligned} \psi_0(r) &= 1, & \psi_1(r) &= r \\ \psi_j(r) &= [(2j-1)r\psi_{j-1}(r) - (j-1)\psi_{j-2}(r)]/j, & \text{kai } j \geq 2. \end{aligned} \quad (1.17)$$

Iš ortogonalumo savybės išplaukia, jog koeficientai $\{b_j\}$ gali būti apskaičiuoti pagal imties vidurkį:

$$\begin{aligned} b_j &= \frac{2j+1}{2} \int_{-1}^1 \psi_j(r) f_r(r) dr = \frac{2j+1}{2} E_r[\psi_j(r)] \\ &= \frac{(2j+1)}{2} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \psi_j(2G(x_i) - 1) \end{aligned} \quad (1.18)$$

čia $\int_{-1}^1 \psi_j(r) f_r(r) dr = E_r[\psi_j(r)]$ yra aproksimuota pagal imties vidurkį. Taigi (1.16) lygybė gali būti perrašyta:

$$I(\alpha) = \int_{-1}^1 f_r^2(r) dr - 1/2 = \sum_{j=1}^J \frac{2j+1}{2} E_r^2[\psi_j(r)] \quad (1.19)$$

Geriausios projekcijos parinkimas. Kadangi galutinis tankis formuojamas iš vienmačių tankių „įdomiomis“ kryptimis, todėl viena iš problemų yra tų krypčių radimas (PCA, 2006). „Įdomioms“ projekcijoms ieškoti literatūroje siūloma daug metodų. Vienas jų yra pagrindinių komponentų metodas. Šio metodo esmė yra ta, jog duomenų informatyvumo rodikliu laikoma jų sklaida. Jeigu sklaidos nėra, tai toks stebimas dydis yra konstanta ir nėra informatyvus nes visada bus žinoma, kokią reikšmę šis dydis įgis. Taigi kuo dydžio sklaida didesnė, tuo daugiau informacijos šis dydis gali

pateikti. Pirmąją komponentę vadiname tokią kryptį, kuria duomenų sklaida yra didžiausia, antroji pagrindinė komponentė parenkama taip, kad jos kryptimi sklaida būtų taip pat didžiausia, tačiau jos kryptis būtų statmena pirmajai pagrindinei komponentei, trečioji parenkama taip pat, kad sklaida būtų didžiausia ir kryptis būtų statmena tiek pirmajai, tiek antrajai pagrindinėms komponentėms. Atliekant duomenų pasukimą pagrindinių komponentių kryptimis, panaikinama koreliacija. Taigi transformuoti kintamieji nebebus koreliuoti. Pirmasis naujas kintamasis telkia savyje didžiausią sklaidą, antras – didžiausią sklaidą, kurios nepaaiškina pirmasis, ir yra ortogonalus pirmajam ir t.t.

Taigi galiausiai pradinių koreliuotų duomenų seka (d -matis vektorius) išskaidoma į nekoreliuotų dydžių seką, kurioje elementai išdėstyti sklaidos mažėjimo tvarka. Pagrindinių komponentių skaičius gali būti lygus matavimų skaičiui arba mažesnis. Pradinis vektorius yra nekoreliuotų komponentių tiesinis darinys, todėl paskutinius, mažiausią sklaidą turinčius elementus, galime pašalinti nesibaimindami, jog stipriai pakeisime pradinius duomenis.

Matematiškai PCA metodas įgyvendinamas ieškant tikrinių reikšmių ir tikrinių vektorių kovariacijų matricai. Tarkime, kad turime aibę d -mačių stebinių $\{z_i, i = 1, \dots, n\}$ imtį, kai kiekvienas stebinis $z_i = (z_i^1, z_i^2, \dots, z_i^d)$ yra d -matis vektorius. Taigi pirmiausia, kad PCA veiktų gerai, reikia pertvarkyti pradinius duomenis: iš kiekvienos koordinatės atimant tos koordinatės vidurkį, t.y.,

$$\bar{z}^j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i^j, \text{ čia } j = \overline{1, d}. \quad (1.20)$$

Tada naujieji pataisyti duomenys bus gauti tokiu būdu:

$$v_i = z_i - (\bar{z}^1, \bar{z}^2, \dots, \bar{z}^d). \quad (1.21)$$

Tolimesni veiksmai atliekami jau su pataisytais duomenimis $\{v_i, i = 1, \dots, n\}$. Apskaičiuojame kovariacinę matricą:

$$\text{cov}(v^k, v^j) = \sum_{i=1}^n \frac{(v_i^k - \bar{v}^k)(v_i^j - \bar{v}^j)}{n-1}, \text{ čia } k, j = \overline{1, d}, \quad (1.22)$$

o dispersija apskaičiuojama analogiškai: $DV^k = \text{cov}(v^k, v^k)$. Sudarome kovariacijų matricą A_{dx} . Tuomet šiai matricai randame tikrines reikšmes λ išsprendę tokią lygtį:

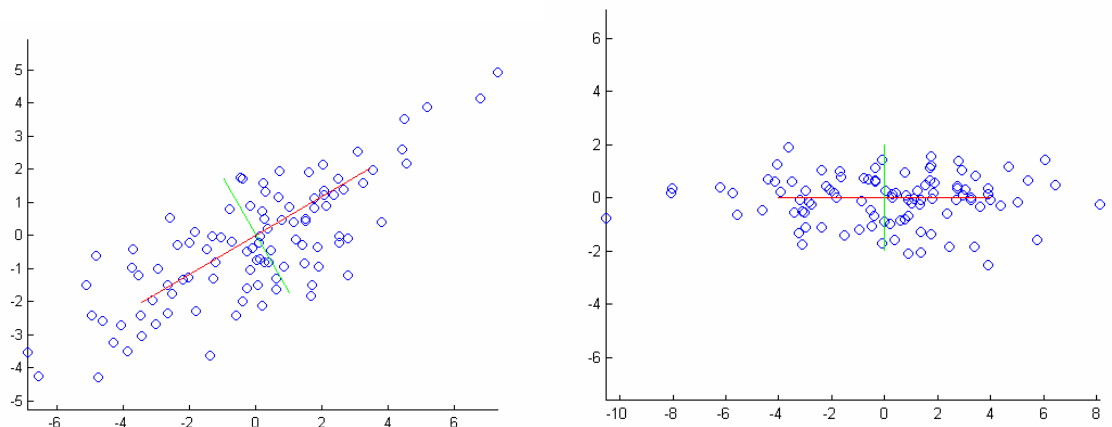
$$\det(A - \lambda I) = 0. \quad (1.23)$$

Tada visoms tikrinėms reikšmėms λ randame tikrinius vektorius x ir juos normuojame:

$$(A - \lambda I)x = 0. \quad (1.24)$$

Šie gauti tikriniai vektoriai x ir yra mūsų pagrindinės komponentės, t.y., jos tarpusavyje statmenos. Daugindami pataisytus duomenis v iš kiekvieno tikrinio vektoriaus gauname naujus nekoreliuotus tarpusavyje kintamuosius ir tuo pačiu ašis pasukame taip, kad jos sutaptų su koordinačių ašimis. Norėdami gauti pradinius duomenis, paveikiame atvirkštine transformacija.

Pagrindinių komponentių radimas ir pradinių duomenų transformavimas 2D atveju iliustruotas 1.3 paveiksle.



1.3 pav. Pagrindinių komponentių radimas ir duomenų transformavimas.

(Esminė pagrindinių komponentių metodo užduotis yra sumažinti stebėjimų dimensiją išsaugant pagrindinę informaciją apie juos.)

Struktūros šalinimas: gaussianizavimas pasirinkta kryptimi. Kad būtų galima apskaičiuoti PPDE tankio įvertį, reikalingos kelios „įdomios“ projekcijos. Po to, kai randama įdomi projekcija α , pašalinama mažiausiai gausiška struktūra (α kryptimi), kad ateityje nebūtų ieškoma ta pati projekcija, kitaip tariant, gaussianizuojami duomenys α kryptimi nepakeičiant tankio kitomis kryptimis.

Pažymėkime vienmatį dydį prieš ir po gaussianizavimo atitinkamai x ir $\tilde{x}$. Vienmačio dydžio gaussianizavimas atliekamas taip:

$$\tilde{x} = G^{-1}(F_{\alpha}(x)), \quad (1.25)$$

čia G^{-1} atvirkštinė standartinio normaliojo skirstinio funkcija, pateiktai (1.13) lygybei, o $F_{\alpha}(x)$ yra skirstinio funkcijos reikšmė taške x . Friedman (1987) pasiūlė empirinį tankio įvertį skaičiuoti

$$\hat{F}_{\alpha}(x) = \text{rank}(x)/n - \frac{1}{2n}, \quad \text{čia } \text{rank}(x) \text{ yra } x \text{ rangas visoje } n \text{ dydžio imtyje. Deja šis įvertis nėra}$$

tikslus ir dažnai gauna labai netolygią tankio funkciją. $F_{\alpha}(x)$ apskaičiuojama integruojant $f_{\alpha}(x)$.

Remiantis šia modifikacija, sukonstruojama daugiamatė struktūra $\tilde{z}$ iš z . Tegu U ortogonalioji matrica, $U = [\alpha, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{d-1}]^T$, čia $\{\beta_i\}$ randami Gram-Schmidt algoritmu.

$$Uz = [\alpha^T z, \beta_1^T z, \beta_2^T z, \dots, \beta_{d-1}^T z]^T$$

$$\Theta(Uz) = [\tilde{x}, \beta_1^T z, \beta_2^T z, \dots, \beta_{d-1}^T z]^T$$

$$\tilde{z} = U^T \Theta(Uz) \quad (1.26)$$

Tokia pati „įdomiausias“ projekcijos ieškojimo procedūra atliekama su $\tilde{z}$ ir ieškoma nauja kryptis. Tokia veiksmų seka kartojama tol, kol daugiamatis skirstinys tampa artimas Gauso skirstiniui visomis kryptimis. Buvo pastebėta, kad gaussianizavimas viena kryptimi sutrikdo normalumą anksčiau nagrinėtomis kryptimis, taigi jų projekcijos indeksas $I(\alpha)$ jau nebebūna lygus nuliui. Tačiau tyrimai rodo, kad sukelti pakitimai yra labai nedideli.

Tankio formavimas: nuo projekcijų iki tankio. Daugiamatis tankis apskaičiuojamas iš vienmačių tankių įverčių. Sąsaja tarp daugiamatinių $z^{(m)}$ ir $z^{(m-1)}$ tankių (kai $z^{(m)}$ yra gaussianizuotas $z^{(m-1)}$ m^{tos} projekcijos α_m kryptimi):

$$f_{\alpha_m}(z^{(m)}) = \frac{f_{\alpha_{m-1}}(z^{(m-1)})}{|J_m(z^{(m-1)})|}$$

$$f_{\alpha_{m-1}}(z^{(m-1)}) = f_{\alpha_m}(z^{(m)})|J_m(z^{(m-1)})|, \quad (1.27)$$

čia Jakobiano polinomialai

$$J_m(z^{(m-1)}) = \frac{\partial z^{(m)}}{\partial z^{(m-1)}} = \frac{\partial(Uz^{(m)})}{\partial(Uz^{(m-1)})} = \frac{\partial x^{(m)}}{\partial x^{(m-1)}} = \frac{f_{\alpha_m}(x^{(m-1)})}{g(x^{(m)})} = \frac{f_{\alpha_m}(\alpha_m^T z^{(m-1)})}{g(\alpha_m^T z^{(m)})} \geq 0. \quad (1.28)$$

Pradedant daugiamatiais pradiniais duomenimis $z^{(0)}$, gaussianizavimo procedūra atliekama kiekvienai „įdomiai“ projekcijai, rastai pagal $I(\alpha)$. Po tam tikro skaičiaus, tarkime po m^* projekcijų, daugiamatiai duomenys $z^{(m^*)}$ nedaug tesiskiria nuo normaliojo skirstinio, t.y., $f_{\alpha_m}(z^{(m^*)}) \approx g(z^{(m^*)})$,

čia $g(z) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2}} \exp(-z^T z / 2)$ yra standartinis daugiamatis Gauso skirstinys. $z^{(0)}$ tankis gali būti apskaičiuotas

$$f(z^{(0)}) = f_{\alpha_1}(z^{(1)})J_1(z^{(0)}) = f_{\alpha_2}(z^{(2)})J_2(z^{(1)})J_1(z^{(0)}) = f_{\alpha_{m^*}}(z^{(m^*)}) \prod_{m=1}^{m^*} J_m(z^{(m-1)})$$

$$\approx g(z^{(m^*)}) \prod_{m=1}^{m^*} J_m(z^{(m-1)}) \approx g(z^{(m^*)}) \prod_{m=1}^{m^*} \frac{f_{\alpha_m}(\alpha_m^T z^{(m-1)})}{g(\alpha_m^T z^{(m)})} \quad (1.29)$$

Vienmatis projektuotų duomenų tankis $f_{\alpha_m}(\alpha_m^T z^{(m-1)})$ apskaičiuojamas pagal (1.13) formulę, t.y.,

$f_\alpha = 2g(x)f_r(r)$ arba dar tiksliau

$$f_{\alpha_m}(\alpha_m^T z^{(m-1)}) = g(\alpha_m^T z^{(m-1)}) \sum_{j=0}^{j^*} (2j+1) E_{m-1}[\psi_j(r^{(m-1)})] \psi_j(r^{(m-1)}). \quad (1.30)$$

Dėl polinominės projekcijos indekso formos ir rekursinio sąryšio tarp polinomų, PPDE skaičiuojamas greitai.

1.1.3. K-ARTIMIAUSIO KAIMYNO ĮVERTINYS

Tarkime, kad turime d -mačių stebinių imtį $\{y_i, i = 1, \dots, n\}$. Tegu $y_1, y_2, \dots, y_n$ bus nepriklausomi ir vienodai pasiskirstę atsitiktiniai vektoriai, o jų tankis $f(y)$. Fix ir Hodges (1951) bei Loftsgaarden ir Quesenberry (1965) pasiūlyto k -artimiausio kaimyno metodo pagrindinę idėją atskleidžia formulė:

$$f_{k,n}(y) = \frac{k}{nV_d \|y - y_{(k,y)}\|^d}, \quad (1.31)$$

čia V_d - vienetinio rutulio tūris, $y_{(k,n)}$ - k -asis artimiausias stebinio y kaimynas iš visos imties stebinių $\{y_i, i = 1, \dots, n\}$. Šio įvertio savybes tyrinėjo Moore ir Yackel (1977), Devroye ir Wagner (1977) ir kt. Viena iš svarbesnių savybių yra ta, kad beveik visoms y reikšmėms $f_{k,n}(y) \rightarrow f(y)$, kai $n \rightarrow \infty$, jei tik $k = o(n)$ ir $k \rightarrow \infty$. k -artimiausio kaimyno tankio įvertinys priklauso nuo koordinačių sistemos, nes ją pakeitus pakinta ir atstumai tarp stebinių $\|y - y_i\|$, $1 \leq i \leq n$. Norint išvengti šios priklausomybės įvedami pakeitimai:

$$f_{k,n}(y) = \frac{k(d-1)!}{n \log^{d-1}(n/k(d-1)!) 2^d \prod_{j=1}^d |y^j - y_{(k)}^j|}, \quad (1.32)$$

čia $y = (y^1, y^2, \dots, y^d)$, o y^j d -mačio vektoriaus projekcija į j -ąją ašį. $y_{(1)}, y_{(2)}, \dots, y_{(n)}$ yra $y_1, y_2, \dots, y_n$ imties perstatinys sandaugos $\prod_{j=1}^d |y^j - y_{(k)}^j|$ didėjimo tvarka. Šis perstatinys yra invariantiškas koordinačių ašims atliekamoms tiesinėms transformacijoms (bet ne posūkiams). Įdomu ir tai, jog šis įvertis nebuvo nagrinėjamas anksčiau (Devroye ir Krzyżak, 1991), išskyrus trivialius vienmačius atvejus ($d = 1$), kai gaunamas standartinis k -artimiausio kaimyno įvertinys. Kadangi koordinačių sistemos parinkimas skaičiavimuose yra labai svarbus, todėl šiuo aspektu k -artimiausio kaimyno įvertinys labai naudingas.

1.1.4. HISTOHARO ĮVERTINYS

Histoharo įvertinys- tai histograma, paremta Haro „bangelių“ sistema (Todd Ogden, 1997). Kadangi Haro „bangelių“ sistema yra vienmačių funkcijų rinkinys, todėl daugiamačių dydžių tankiams vertinti pasinaudosime nepriklausomų atsitiktinių dydžių tankių savybe:

$$f(y_1, y_2, \dots, y_k, \dots, y_d) = f(y_1) \cdot f(y_2) \cdot \dots \cdot f(y_k) \cdot \dots \cdot f(y_d). \quad (1.33)$$

Norint taikyti (1.33) formulę pirmiausia duomenis reikia standartizuoti: imtis centruojama ir normuojama (aprašyta 1.1.1 skyriuje):

$$z = S^{-1/2}(y - Ey), \quad (1.34)$$

čia Ey - empirinis imties vidurkis, o $S \in R^{d \times d}$ - kovariacinė matrica:

$$S = E[(y - Ey)(y - Ey)^T] \quad (1.35)$$

Histoharo įvertinį skaičiuosime kiekvienai koordinatei atskirai, o daugiamačio atsitiktinio dydžio histoharo įvertinys bus jų sandauga.

Tarkime turime vienmačių atsitiktinių dydžių imtį $\{z_i, i = 1, \dots, n\}$ (iš turimos d -matės imties imama j -oji koordinatė, $j = \overline{1, d}$). Norėdami įvertinti tankį turėsime sudaryti histogramą. Pirmiausia randama atkarpa, į kurią patenka visi stebiniai, t.y., randamas z svyravimo intervalas, kuris apskaičiuojamas:

$$z \in [\min_{1 \leq i \leq n}(z_i); \max_{1 \leq i \leq n}(z_i)] \quad (1.36)$$

Stebinių užimama atkarpa suskirstoma į 2^{-k} ilgio intervalus ir apskaičiuojamos Haro funkcijos:

$$\phi_{k,m}(z) = \begin{cases} 2^{k/2}, & 2^{-k}m \leq z < 2^{-k}(m+1) \\ 0 & z \notin [2^{-k}m; 2^{-k}(m+1)) \end{cases}, \text{ čia } k, m \in Z. \quad (1.37)$$

Intervale $[2^{-k}m; 2^{-k}(m+1))$ esančių stebinių skaičius būtų:

$$2^{-k/2} \sum_{i=1}^n \phi_{k,m}(z_i). \quad (1.38)$$

Tada bet kokiam $z \in R$ ir $k \in Z$,

$$2^{-k} \lfloor 2^k z \rfloor \leq z < 2^{-k} (\lfloor 2^k z \rfloor + 1), \quad (1.39)$$

čia $\lfloor \cdot \rfloor$ apibrėžia sveikąją dalį. Taigi stebinių skaičius anksčiau minėtame intervale gali būti apskaičiuotas

$$2^{-k/2} \sum_{i=1}^n \phi_{k, \lfloor 2^k z \rfloor}(z_i) = \sum_{i=1}^n \phi(2^k z_i - \lfloor 2^k z \rfloor). \quad (1.40)$$

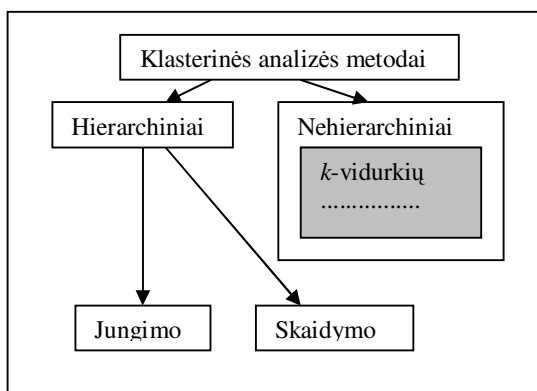
Taigi histoharo įvertinys yra

$$f(z) = \frac{1}{n} 2^{k/2} \sum_{i=1}^n \phi_{k, \lfloor 2^k z \rfloor}(z_i). \quad (1.41)$$

Pasinaudojame (1.7) savybe, kad suformuotumėm stebėtos imties $\{y_i, i = 1, \dots, n\}$ tankių įvertinius. Histogramų formavimas naudojant Haro bazes yra labiau suvaržytas nei histogramų formavimas įprastiniu būdu, tačiau šis būdas pateikia įdomų Haro bazių interpretaciją bei veda prie bendresnių „bangelių“ įvertinių.

1.2. KLAŠTERINĖS ANALIZĖS METODAI

Klasterių sudarymo metodų yra daug (Čekanavičius ir Murauskas, 2004). Jie skiriami pagal tai, kaip parenkami panašumo matai, atstumo tarp klasterių nustatymo kriterijai bei kokia skirstymo į klasterius strategija. Pagrindines klasterinės analizės metodų klases galima pavaizduoti schema, parodyta 1.4 paveiksle.



1.4 pav. Klasterizavimo metodų klasės

Skiriamos dvi pagrindinės klasterinės analizės metodų klasės- hierarchiniai ir nehierarchiniai metodai. Hierarchinių metodų rezultatai nusako klasterių tarpusavio hierarchiją, t.y., visi objektai laikomi vienu dideliu klasteriu, kurį sudaro mažesni klasteriai, šiuos savo ruožtu dar mažesni ir t.t. taikydami hierarchinius metodus, nustatome bendrą visų klasterių tarpusavio priklausomybių struktūrą ir tik po to sprendžiame, koks klasterių skaičius yra optimalus. Hierarchiniai metodai skirstomi į jungimo ir skaidymo metodus. Jungimo metodai smulkius klasterius jungia į stambesnius, kol galų gale lieka vienas. Skaidymo metodai yra loginė jungimo metodų priešingybė. Vienintelis klasteris nuosekliai skaidomas į dalis.

Nehierarchiniai metodai paprastai taikomi tada, kai iš anksto žinomas (pasirenkamas) klasterių skaičius ir norima tiriamus objektus klasterizuoti.

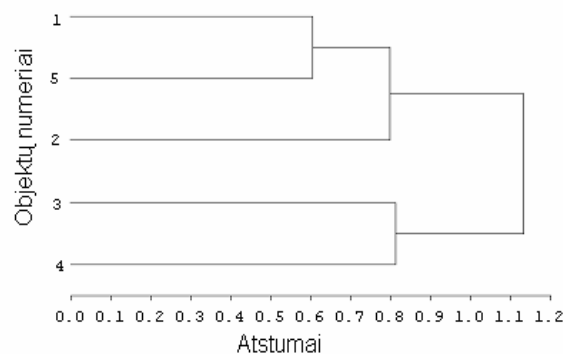
Šiame darbe naudosime hierarchinių metodų klasę- jungimo metodus, dažniausiai naudojamų nehierarchinių metodų- k -vidurkių bei k -artimiausių kaimynų metodus.

1.2.1. HIERARCHINIAI KLASTERIZAVIMO METODAI

Hierarchinių jungimo metodų strategiją (bendrąją klasterizavimo schemą) galima apibrėžti taip:

1. Turime n klasterių po 1 objektą ir $n \times n$ simetrinę atstumų matricą $(d_{ij})_{i,j}$.
2. Pagal atstumų matricą nustatome du klasterius, tarp kurių atstumas yra mažiausias (kurie yra panašiausi). Tarkime, kad tai klasteriai K ir L .
3. Sujungiamo klasterius K ir L . Naują klasterį pavadiname (KL) . Tada atstumų matricą pakeičiame taip:
 - a) Išbraukiame stulpelius ir eilutes, atitinkančius klasterius K ir L
 - b) Prijungiame eilutę ir stulpelį su atstumais tarp (KL) ir likusių klasterių.
4. Kartojame 2 ir 3 žingsnius $(n-1)$ kartų. Procesą baigiame, kai visi objektai yra viename klasteryje.

Šio proceso schema vaizduojama grafiku, vadinama *dendrograma*. Tyrėjas pats sprendžia (dažniausiai žiūrėdamas į dendogramą bei klasterizavimo eigos schemą), kuriuo etapu objektų paskirstymas į klasterius yra optimalus.



1.5 pav. Dendrograma

Vienoje dendogramos ašyje (žr. 1.5 paveikslą) atidedami objektų numeriai, kitoje – atstumai. Objektus jungianti laužtė (jos aukštis) parodo, kada objektai sujungti į klasterius ir koks atstumas tarp jų.

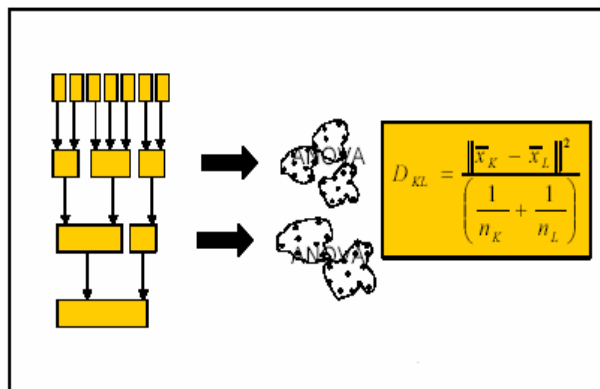
Klasterių panašumo matai ir jungimo metodai. Tarkime, turime du klasterius K ir L (SAS dokumentacija, 2003). Atstumas $d(X_i, Y_j)$ tarp $X_i \in K$ ir $Y_j \in L$ dažniausiai matuojamas vienu iš 1.1 lentelėje apibrėžtų matų.

1.1 lentelė

Klasterių panašumo matai

Panašumo mato pavadinimas	$d(K, L)$ formulė
Artimiausio kaimyno	$d(K, L) = \min_{X_i \in K, Y_j \in L} d(X_i, Y_j),$ X_i -i-tasis K objektas, Y_j -j-asis L objektas
Tolimiausio kaimyno	$d(K, L) = \max_{X_i \in K, Y_j \in L} d(X_i, Y_j)$
Vidutinio atstumo	$d(K, L) = \sum_{X_i \in K} \sum_{Y_j \in L} \frac{d(X_i, Y_j)}{n_K \cdot n_L},$ n_K, n_L - klasterių objektų skaičius
Centroidų	$d(K, L) = d(\bar{K}, \bar{L}),$ $\bar{K}, \bar{L}$ - klasterius sudarančių objektų požymių vektorių vidurkiai
Ward's	$d(K, L) = \frac{\ \bar{K} - \bar{L}\ ^2}{\frac{1}{n_K} + \frac{1}{n_L}}$

Savo tyrime hierarchiniam klasterizavimui naudosime Ward atstumą. Ward's metode, atstumas tarp dviejų klasterių apibrėžiamas kaip Euklido atstumų tarp visų įmanomų klasterių porų kvadratų suma. Tiesą sakant, Ward's metode atliekama dispersinė analizė kiekviename hierarchinio klasterizavimo etape.



1.6 pav. Ward's atstumo tarp klasterių nustatymas.

1.2.2. K-VIDURKIŲ KLASTERIZAVIMO METODAS

Vienas iš hierarchinių klasterinės analizės metodų trūkumų- skaičiavimams naudojama atstumų matrica. Pavyzdžiui, jei yra n objektų, kuriuos norima suskirstyti į klasterius, atstumų matricą sudaro n^2 elementų. Atstumų matricai apskaičiuoti bei jos elementams išsaugoti reikia daug resursų. Tad dideliems (>300) objektų masyvams klasterizuoti dažnai naudojami nehierarchiniai klasterizavimo metodai. Čia pateiksime vieną iš jų- k -vidurkių metodą.

Pateiksime paprasčiausią šio metodo variantą. Klasterizavimo procedūrą sudaro trys žingsniai:

1. Objektai suskirstomi į k pradinių klasterių.
2. Paeiliui apskaičiuojamas kiekvieno objekto atstumas iki klasterių centrų (atstumas paprastai skaičiuojamas naudojantis Euklido metrika arba jos kvadratu). Objektas skiriamas į artimiausią klasterį. Klasterių centrai perskaičiuojami.
3. 2 žingsnis kartojamas tol, kol klasteriai stabilizuojasi.

1.2.3. K-ARTIMIAUSIŲ KAIMYNŲ KLASTERIZAVIMO METODAS

Egzistuoja keletas k -artimiausių kaimynų klasterizavimo metodo atmainų. Pateiksime vieną jų. Klasterizavimas pradedamas taip, jog kiekvienas stebinis priklauso atskiram klasteriui. Toliau jungiami du klasteriai į vieną:

- 1) sudaromos visos įmanomos poros iš dviejų elementų,
- 2) skaičiuojamas tankis kiekvienai porai:

$$f_i(x) = \frac{n_i(x)}{n \cdot V(x)}, \quad (1.42)$$

čia $n_i(x)$ – i -tojo klasterio kaimynų skaičius kartu priskaičiuojant ir patį stebinį x , $V(x)$ - $n_i(x)$ sudarančių stebinių užimamas hipertūris.

- 3) sujungiami du klasteriai, kurių tankis didžiausias.

Vėl formuojamos įmanomos klasterių poros ir taip pagal ankčiau minėtą veiksmų seką stebiniai suskirstomi į pradinius klasterius. Toliau atliekamas klasterių patikslinimas. Kiekvienam stebiniui randami jo k artimiausių kaimynų ir tas stebinis priskiriamas tam klasteriui, kurio klasterio narių jis turi daugiausiai. Minėti k artimiausių kaimynų randami skaičiuojant tankį, kad stebinis priklausytų vienam ar kitam klasteriui, t.y. tariama, kad tiriamas stebinis gali priklausyti bet kuriam klasteriui ir skaičiuojamas tankis, kai stebinis priklauso pirmam, antram ir t.t. klasteriui, ir su kuriuo klasteriu tankis yra didžiausias, tam klasteriui jį ir priskiria.

Tikslinimas baigiamas, kai klasteriai nusistovi ir jų struktūra nebesikeičia.

1.3. KLASTERIŲ SKAIČIAUS NUSTATYMAS

Viena iš problemų, su kuria dažnai susiduriama klasterinėje analizėje, – tai klasterių skaičiaus nustatymas. Iš populiariausių kriterijų labiausiai informatyviu laikomas Šarlio kubinis klasterizavimo kriterijus CCC. Taikant šį kriterijų tikrinamos tokios hipotezės:

H_0 : turimi stebiniai yra pasiskirstę pagal daugiamatį tolygųjį skirstinį.

H_1 : turimi stebiniai yra pasiskirstę pagal daugiamatį normalųjį skirstinį, kai visų projekcijų skirstiniai yra su vienodom dispersijom.

Teigiami CCC dydžiai reiškia, kad H_0 yra atmesta.

Norint apskaičiuoti CCC, pirmiausia turi būti apskaičiuota dispersija:

$$E(R^2) \cong 1 - \left[\frac{\sum_{j=1}^{d^*} \frac{1}{n + u_j} + \sum_{j=d^*+1}^d \frac{u_j^2}{n + u_j}}{\sum_{j=1}^d u_j^2} \right] \left[\frac{(n - q)^2}{n} \right] \left[1 + \frac{4}{n} \right], \quad (1.43)$$

čia n - stebinių skaičius, q - klasterių skaičius, s_j hiperkubo ilgis j -tos projekcijos kryptimi ir $u_j = s_j / c$, kai

$$c = \left(\frac{v}{q} \right)^{\frac{1}{d}} \text{ ir } v = \prod_{i=1}^d s_i, \quad (1.44)$$

d^* parenkamas didžiausias sveikasis skaičius mažesnis už q , bet toks, kad u_{d^*} būtų nemažesnis už vienetą.

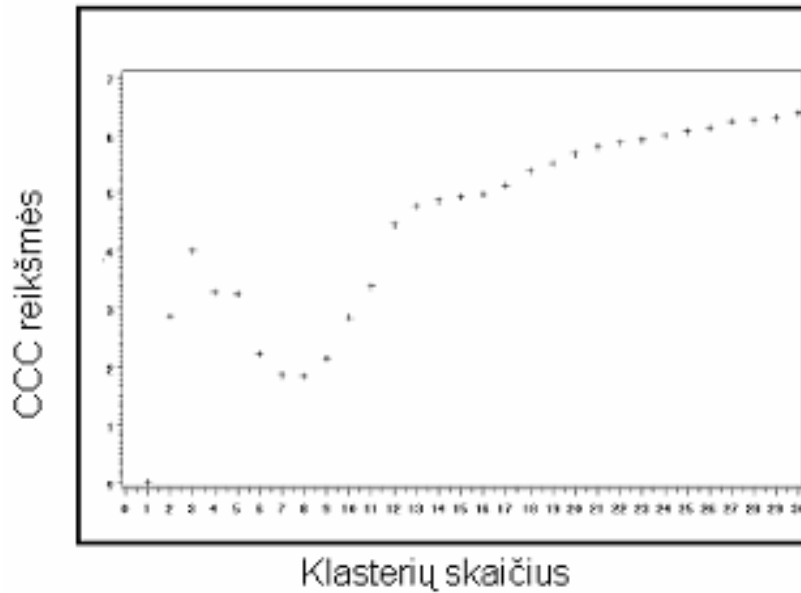
CCC yra apskaičiuojamas:

$$CCC = \ln \left[\frac{1 - E(R^2)}{1 - R^2} \right] \frac{\sqrt{\frac{nd^*}{2}}}{(0.001 + E(R^2))^{1.2}}, \quad (1.45)$$

$$\text{čia } R^2 = 1 - \frac{d^* + \sum_{j=d^*+1}^d u_j^2}{\sum_{j=1}^d u_j^2}.$$

Jei CCC reikšmės yra tarp 0 ir 2, tai galima klasterinė struktūra. Jei reikšmės yra didesnės už 2, tai nurodo gerą klasterizavimą- parinktas tinkamas klasterių skaičius. Didelės neigiamos CCC reikšmės, pavyzdžiui, -30 gali būti gautos dėl išskirčių.

Vis dėlto optimalų klasterių skaičių parenkame ieškodami CCC maksimumo visų klasterių aibėje. 1.7 paveiksle matome, jog atliktame tyrime ekstremumas yra taške 3, taigi turimus duomenis siūloma suskaidyti į 3 klasterius.



1.7 pav. Grafinė Šarlio CCC interpretacija.

1.4. KLASTERIŲ SFERIZAVIMAS

Daugelis klasterizavimo metodų gerai apdoroja sferinius klasterius. Jeigu klasteriui priklausančių stebinių kovariacijų matrica yra žinoma, tuomet galima šį klasterį transformuoti iš elipsės formos į sferą. Todėl pirmiausia duomenims atliekama kanoninė diskriminantinė analizė.

Pagrindinių komponentų analizei (žr. 1.1.2 skyrių) ekvivalenti kanoninė diskriminantinė analizė (KDA). KDA išskiria tiesines kintamųjų, kurie apibūdina didžiausius išsibarstymus tarp klasterių, struktūras. Taigi KDA randa tiesines kombinacijas tų kintamųjų, kurie apibūdina dispersiją tarp klasių taip, kaip pagrindinių komponentų analizė apibūdina visą imties dispersiją. Be to, kanoninėje diskriminantinėje analizėje kiekybiniam kintamiesiems turi būti suteikti klasifikavimo kintamieji.

Tarkime, turime eilę vidurkių M_c , kai $c = 1, \dots, q$, kiekvienam klasteriui atstovauja d -matis vektorius-vidurkis, tada kvadratų sumų tarp klasterių matrica apskaičiuojama

$$B = \sum_{c=1}^q (M_c - M_t)(M_c - M_t)^T, \quad (1.46)$$

čia $M_t = \frac{1}{n} \sum_{c=1}^q n_c M_c$, $n = \sum_{c=1}^q n_c$, o n_c - klasterio c stebinių skaičius, o n - imties tūris.

Vidinė klasterio kvadratų sumų matrica apibrėžiama panašiai:

$$W = \sum_{c=1}^q \sum_{i=1}^n (y_{ic} - M_c)(y_{ic} - M_c)^T, \quad (1.47)$$

čia y_{ic} yra i -asis imties stebiny, kuris priklauso klasteriui c .

Kai šios matricos žinomos, skaičiuojamos matricos U tikrinės reikšmės ir vektoriai

$$U = (B_c + W)^{-1} B \quad (1.48)$$

Tegu b_1 yra didžiausią matricos U tikrinę reikšmę atitinkantis tikrinis vektorius, b_2 - antrą pagal dydį tikrinę reikšmę atitinkantis tikrinis vektorius ir t.t. Tiesinė diskriminantinė funkcija, kuri nusako didžiausią sklaidą tarp q grupių (klasterių), apibrėžiama pagal b_1 ir y

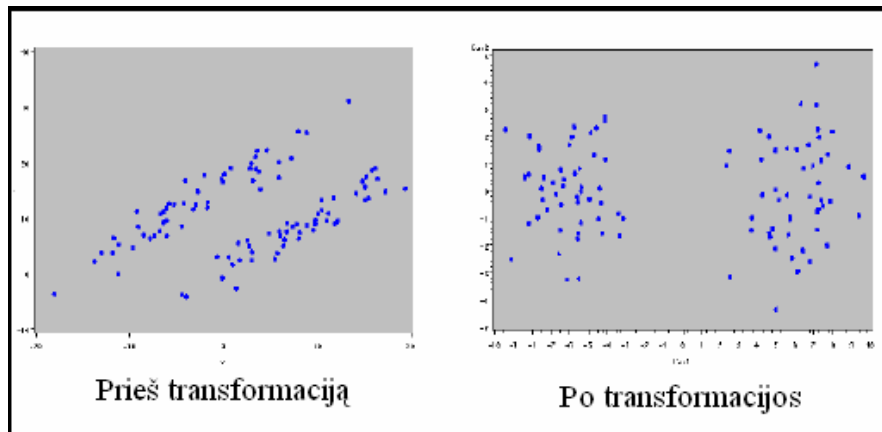
$$Can1 = b_1^T y \quad (1.49)$$

Kitas kanoninis koeficientas generuojamas tokiu pat principu kaip pirmasis, t.y., turint antrą pagal dydį tikrinę reikšmę b_2 ir stebinį y

$$Can2 = b_2^T y \quad (1.50)$$

Procesas gali būti tęsiamas $Can3$, $Can4$ ir t.t. (tiek, kiek yra tikrinių reikšmių) radimui.

1.8 paveiksle matome imties paruošimą klasterizavimui.



1.8 pav. Duomenų transformavimas į sferinius komponentus

Bendru atveju tikrasis stebinių skaidymas į klasterius nėra žinomas, taigi kovariacijų matrica negali būti apskaičiuota tiesiogiai.

Kaip jau buvo minėta, jeigu žinoma klasteriui priklausančių stebinių kovariacijų matrica, tuomet galima šį klasterį transformuoti iš elipsės formos į sferą. Dažniausiai kovariacijų matrica W apskaičiuojama taip:

$$w_{jk} = \frac{1}{n-q} \sum_{c=1}^q \sum_{i=1}^n d''_{ic} (y_{ij} - \bar{y}_{cj})(y_{ik} - \bar{y}_{ck}), \quad (1.51)$$

čia identifikatorius d_{ic}'' įgyja reikšmes:

- 1, jeigu stebiny i priklauso klasteriui c ,
- 0, priešingu atveju.

W taip pat gali būti apskaičiuota kitu būdu (nenaudojant atitinkamų dydžių vidurkių)

$$w_{jk} = \frac{1}{n-q} \sum_{i=2}^n \sum_{h=1}^{i-1} d_{ih}' (y_{ij} - y_{hj})(y_{ik} - y_{hk}) \quad (1.52)$$

šiuo atveju identifikatorius d_{ih}' apibrėžiamas tokiu būdu

- $\frac{1}{n_c}$, jeigu stebėjimai i ir h priklauso tam pačiam klasteriui c ,
- 0, priešingu atveju.

Deja naudojantis paskutiniąja formule susiduriama su problema: nėra žinomas n_c , stebinių, priklausančių klasteriui c , skaičius. Skaičius n_c sužinomas tik nustatius duomenų skaidymą į klasterius.

Taigi šiai problemai spręsti galima taikyti tokią veiksmų seką:

1. Nustatomas pradinis matricos A įvertis. Dažniausiai imama vienetinė matrica.
2. Randama matricos A atvirkštinė matrica U , t.y., $U = A^{-1}$.
3. Matrica A perskaičiuojama, naudojant formulę

$$a_{jk} = \frac{\sum_{i=2}^n \sum_{h=1}^{i-1} d_{ih}' (y_{ij} - y_{hj})(y_{ik} - y_{hk})}{2 \sum_{i=2}^n \sum_{h=1}^{i-1} d_{ih}'} \quad (1.53)$$

4. Kartojami 2 ir 3 žingsniai kol įvertis stabilizuojasi.

Panaudosime procedūrą, kuri sprendama šią problemą aproksimuoja d_{ih}' naudodama d_{ih} :

- 1, jeigu $\sum_{j=1}^v \sum_{k=1}^v u_{jk} (y_{ij} - y_{kj})(y_{ik} - y_{hk}) \leq s^2$,
- 0, priešingu atveju.

Iš pirmo žvilgsnio atrodo, jog vieną nežinomą klasifikatorių matricą D pakeisdami kita nežinoma matrica U užduoties nepalengviname, tačiau taip nėra. Taikant anksčiau minėtą veiksmų seką matrica U gali būti apskaičiuota.

Kita užduotis yra kaip pasirinkti tinkamą s , tačiau į šį klausimą vienareikšmio atsakymo nėra. Praktikoje parenkamos kelios s reikšmės ir nustatoma geresnė.

1.5. STATISTIKOS PROGRAMINĖS ĮRANGOS LYGINAMOJI ANALIZĖ

Šiuo metu SAS sistema yra viena iš galingiausių duomenų analizės sistemų, ji yra naudojama dideliame duomenų kiekiui apdoroti. SAS sistema turi privalumų prieš kitus paketus. SAS kalboje yra įmanomas duomenų importas ir eksportas iš tokių paketų kaip: *Oracle*, *DB2*, *Lotus*, *Sybase*, *Access* ir kitų, ko negalima būtų pasakyti apie kai kuriuos kitus paketus. SAS kalba turi gerai išvystytą makro kalbą, matricų kalbą, kurių net neturi kai kurie paketai.

1.2 lentelė

Paketų palyginimas

Galimybės	<u>Mathematica</u>	<u>MiniTab</u>	<u>SAS</u>	<u>S-Plus</u>	<u>SPSS</u>	<u>Statistica</u>
MANIPULIAVIMAS DUOMENIMIS:						
Jungimas	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Skaidymas	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Pjūvių formavimai	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Įterpimas į duomenų failus	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Išsaugojimas HTML formatu	Taip	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne
Metodinis pastabų pridėjimas	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Ne
Disponavimas vartotojo suprogramuotomis procedūromis	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Makro kalba	Ne	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Matricų kalba	Taip	Ne	Taip	Taip	Taip	Taip
Trumpas išvedimas	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Ataskaitų pateikimas	Taip	Ne	Taip	Ne	Taip	Taip
Ataskaitų formavimas	Taip	Ne	Taip	Ne	Taip	Taip
Apribojimai duomenų įrašų skaičiui	Ne	Taip	Ne	Ne	Taip	Ne
Apribojimai kintamųjų skaičiui	Ne	Ne	Ne	Ne	Taip	Taip

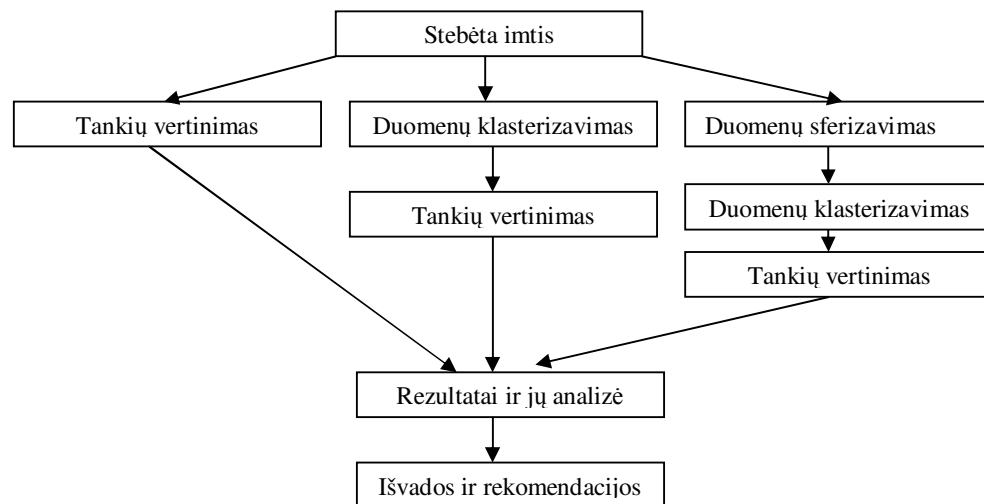
SAS sistema gali būti valdoma komandų ir meniu pagalba. SAS programavimo kalba turi daug įvairių komandų, funkcijų, operatorių ir kitokių programavimo priemonių, kurios užtikrina norimo rezultato pasiekimą. Sistemos SAS programavimo kalba nėra sudėtinga, jos sintaksė yra labai panaši į kitų algoritminių kalbų sintaksę.

2. TIRIAMOJI DALIS

2.1. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Ankstesnėje dalyje aprašytų neparametrinių tankių vertinimo algoritmų efektyvumo tyrimas atliktas Monte Karlo metodu. Toks algoritmų palyginimo būdas sudarė galimybes išmatuoti tikrąsias tankių reikšmes kiekviename stebimame taške ir taip įvertinti algoritmų efektyvumą. Tyrimą sudaro trys dalys (žr. 2.1 paveikslą):

- 1) tankių vertinimas, kai duomenys nėra klasterizuojami.
- 2) atliekamas pradinis duomenų suskaidymas į klasterius ir tuomet jau šiems klasteriams įvertinamas tankis.
- 3) antroje dalyje gauti tankio įverčiai panaudojami duomenų perklasterezavimui. Duomenys perklasterezuojami tam, kad būtų patikslintas pradinis suskaidymas ir dar kartą, iš naujo, atliekamas tankio vertinimas (ši klasterizavimo procedūra rekurentiškai atliekama keletą kartų).



2.1 pav. Eksperimentinio tyrimo struktūra.

Tankių vertinimo tikslumui įvertinti skaičiuojama vidutinė kvadratinė paklaida tarp tankio įverčio ir tikrosios jo reikšmės stebėtuose taškuose

$$\sigma = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{f}(y_i) - f(y_i))^2 \quad (2.1)$$

čia $\hat{f}(y_i)$ - apskaičiuotas tankio įvertis taške y_i , $f(y_i)$ - tikroji skirstinio tankio reikšmė taške.

2.2. SKIRSTINIŲ MIŠINIAI

Šiame tyrime naudojami dešimties tipų daugiamačiai (2D ir 5D) Gauso skirstinių mišiniai. Duomenų skirstinių tankių mišiniai aprašomi taip:

$$\sum_{k=1}^q p_k f(y, M_k, R_k) \quad (2.2)$$

čia q dedamųjų mišinio komponentų skaičius, M_k - k -tosios mišinio dedamosios komponento vidurkis, R_k - k -tosios mišinio dedamosios komponento kovariacijų matrica. Apribojimas $\sum_{k=1}^q p_k = 1$

$$\text{ir} \quad f(y, M_k, R_k) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2} |R_k|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(y-M_k)' R_k^{-1} (y-M_k)}, \quad y = (y^1, \dots, y^d)' \quad (2.3)$$

Mūsų atveju $q = 2$ ir visų tipų mišiniams $p_1 = 0,5$ ir $p_2 = 0,5$ sutampa.

I-III tipo imtys. Pirmo, antro ir trečio tipo Gauso hipersferiniai mišiniai buvo naudoti autorių K. Fukunaga (1990), O.J. Dunn (Marks ir Dunn, 1974). Šių tipų mišiniai generuojami su duotais parametrais. Pastebėsime, kad 2D ir 5D skirstiniams mes paimame atitinkamai pirmus 2 ir 5 elementus iš 5D parametų.

I-o tipo	$M_1 = [0,0,0,0,0],$	$R_1 = I = \text{diag}([1,1,1,1,1]),$
	$M_2 = [1,68,0,0,0],$	$R_2 = I = \text{diag}([1,1,1,1,1]).$
II-o tipo	$M_1 = [0,0,0,0,0],$	$R_1 = I = \text{diag}([1,1,1,1,1]),$
	$M_2 = [2,56,0,0,0],$	$R_2 = I = \text{diag}([1,1,1,1,1]).$
III-o tipo	$M_1 = [0,0,0,0,0],$	$R_1 = I = \text{diag}([1,1,1,1,1]),$
	$M_2 = [4,65,0,0,0],$	$R_2 = I = \text{diag}([1,1,1,1,1]).$

IV tipo imtis. Duin mišinys buvo naudotas R.P.W. Duin (Jain, Duin ir Mao, 2000), M. Skurichina (2000). Šio tipo mišinys generuojamas su duotais parametrais. 2D ir 5D skirstiniams mes paimame atitinkamai pirmus 2 ir 5 elementus iš 5D parametų.

IV-o tipo $M_1 = [0,0,0,0,0],$ $M_2 = [3\sqrt{2},0,0,0,0],$

$$R_1 = R_2 = \begin{pmatrix} \frac{41}{80} & -\frac{39}{80} & 0 & \dots & 0 \\ -\frac{39}{80} & \frac{41}{80} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

V-VI tipo imtys. J. Van Ness (1980) mišiniai. Šių tipų mišiniai generuojami su duotais parametrais. Dvimatis vektorius M sudaromas iš penkiamačio vektoriaus M pirmo ir paskutinio elementų, o matrica $R_{2 \times 2}$ yra diagonalioji matrica, kurios pagrindinės įstrižainės elementai paimti iš penkiamačių duomenų (atitinkamai pirmasis ir paskutinis diagonalės elementai).

$$\text{V-o tipo} \quad M_1 = [-\frac{2}{2\sqrt{2}}, 0, 0, 0, -\frac{2}{4\sqrt{2}}], \quad R_1 = I = \text{diag}([1, 1, 1, 1, 1]),$$

$$M_2 = [\frac{2}{2\sqrt{2}}, 0, 0, 0, \frac{2}{4\sqrt{2}}], \quad R_2 = \text{diag}([1, 1, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}]).$$

$$\text{VI-o tipo} \quad M_1 = [-\frac{4}{2\sqrt{2}}, 0, 0, 0, -\frac{4}{4\sqrt{2}}], \quad R_1 = I = \text{diag}([1, 1, 1, 1, 1]),$$

$$M_2 = [\frac{4}{2\sqrt{2}}, 0, 0, 0, \frac{4}{4\sqrt{2}}], \quad R_2 = \text{diag}([1, 1, 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}]).$$

VII-IX tipo imtys. S. Marks ir O.J. Dunn (1974) mišiniai. Šių tipų mišiniai generuojami su duotais parametrais. Dvimatis vektorius M sudaromas iš penkiamačio vektoriaus M pirmo ir paskutinio elementų, o matrica $R_{2 \times 2}$ yra diagonalioji matrica, kurios pagrindinės įstrižainės elementai paimti iš penkiamačių duomenų (atitinkamai pirmasis ir paskutinis diagonalės elementai).

$$\text{VII-o tipo} \quad M_1 = [0, 0, 0, 0, 0], \quad R_1 = I = \text{diag}([1, 1, 1, 1, 1]),$$

$$M_2 = [0, 0, 0, 0, 1], \quad R_2 = \text{diag}([8, 8, 8, 1, 1]).$$

$$\text{VIII-o tipo} \quad M_1 = [0, 0, 0, 0, 0], \quad R_1 = I = \text{diag}([1, 1, 1, 1, 1]),$$

$$M_2 = [0, 0, 0, 0, 2], \quad R_2 = \text{diag}([8, 8, 8, 1, 1]).$$

$$\text{IX-o tipo} \quad M_1 = [0, 0, 0, 0, 0], \quad R_1 = I = \text{diag}([1, 1, 1, 1, 1]),$$

$$M_2 = [0, 0, 0, 0, 4], \quad R_2 = \text{diag}([8, 8, 8, 1, 1]).$$

X tipo imtis. W. Highleyman (1962) mišinys. Šio tipo mišinys generuojamas su duotais parametrais. Pastebėsime, kad dvimačiam skirstiniui imami pirmi 2 elementai iš penkiamačio skirstinio parametrų.

$$\text{X-o tipo} \quad M_1 = [1, 1, 0, 0, 0], \quad R_1 = \text{diag}([1, \frac{1}{4}, 1, 1, 1]),$$

$$M_2 = [2, 0, 0, 0, 0], \quad R_2 = \text{diag}([\frac{1}{100}, 4, 1, 1, 1]).$$

Kiekvienos rūšies mišinio tyrimui (2D ir 5D) tyrimui generuojamos skirtingų dydžių imtys: 500, 1000, 2000. Trečiame priede pateiktos naudotų dvimačių Gauso skirstinių mišinių taškų sklaidas iliustruojantys grafikai, kai generuotų imčių tūriai 1000.

2.3. PRADINIŲ REIKŠMIŲ PARINKIMAS NAUDOJAMUOSE METODUOSE

Įvairiuose metoduose dominuoja skirtingi parametrai, todėl pradines reikšmes apibrėšime kiekvienam metodui atskirai.

Branduoliniai įvertiniai:

1. Jautrumo parametras γ , tenkinanti sąlygą $0 \leq \gamma \leq 1$, Abramson (1982) bei Silverman (1986) siūlo parinkti $\gamma = \frac{1}{2}$, tačiau savo tyrime mes atliekame bandymą su keturiomis skirtingomis γ reikšmėmis kiekvienai imčiai: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8.
2. Kai imties duomenys yra standartizuoti, t.y. $E[z] = 0$, o $E[zz^T] = I$, ir branduoliai yra Gauso, Silverman (1986) siūlo optimalų h apskaičiuoti tokiu būdu (1.9 formulė):

$$h = An^{-\frac{1}{d+4}}, \text{ čia } A = \left[\frac{4}{2d+1} \right]^{\frac{1}{d+4}}$$

Kai duomenys nėra standartizuoti, tuomet parametras h visomis kryptimis skirtingas ir priklauso nuo stebinių sklaidos ta kryptimi.

Tikslinio projektavimo įvertinys:

Ležandro polinomo eilė gali būti bet koks natūrinis skaičius, tačiau tyrime naudosime tik keleto skirtingų eilių polinomus, būtent 4, 5 ir 6 eilės Ležandro polinomus kiekvienai imčiai.

Projektavimo indekso tikslumui apibrėžti parenkame konstantą 0,001, kuri parodo, kaip stipriai skirstinys „įdomia“ kryptimi skiriasi nuo Gauso skirstinio. Nustojama ieškoti „įdomių“ krypčių, kai α kryptimi projektavimo indeksas $I(\alpha) \leq 0,001$.

k-artimiausio kaimyno įvertinys:

Šiame metode svarbu parinkti parametras k . Būtent remiantis duomenimis apie k -ąjį kaimyną bus atliekami skaičiavimai. Devroye ir Krzyżak (1991) siūlo rinkti:

$$k = \log(n),$$

čia n - imties tūris.

2.4. MODELIAVIMO REZULTATAI

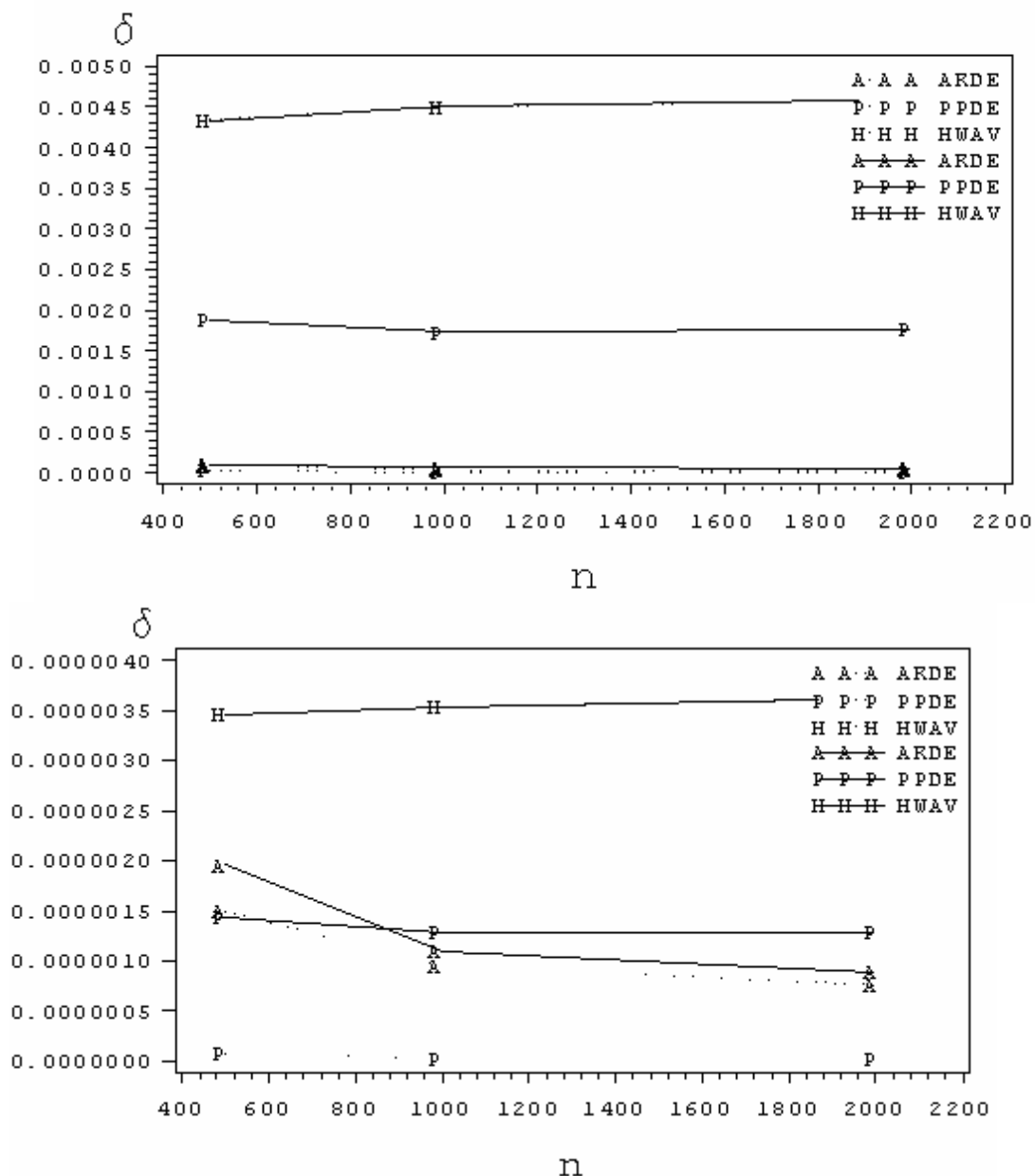
2.4.1. MIŠINIŲ TANKIŲ VERTINIMO TIKSLUMAS NENAUDOJANT KLASTERIZAVIMO

Dvimačiu atveju paklaidos $10^{-4} - 10^{-5}$, o penkiamačiu $10^{-7} - 10^{-8}$ eilės. Geriausius rezultatus kaip ir bakalauriniame darbe (Šmidtaitė, 2006) davė branduoliniai ir tikslinio projektavimo metodai. Tik kai kurių tipų imtims histoharo metodo paklaidos eile prilygsta branduoliniams ir tikslinio projektavimo metodams, tačiau nėra mažesnės, o k -artimiausio kaimyno įvertinys dėl didelių paklaidų išvis nėra tinkamas penkiamačių atsitiktinių vektorių tankiams vertinti. Didėjant stebinių dimensijai, paklaidos mažėja (išskyrus k -artimiausio kaimyno metodą). Neklasterizuojant duomenų pagal gautus rezultatus pastebime, kad beveik kiekvieno tipo imčiai galima pasirinkti tinkamiausią metodą tiek dvimačiu, tiek penkiamačiu atveju: PPDE metodas I, IV, V, X tipų, o AKDE- III, VII-IX tipų imtims (II ir VI tipo imtims šių metodų paklaidos skiriasi nežymiai ir konkuruoja tarpusavyje). Pastebima tai, jog didėjant imties tūriui paklaidos tolygiai mažėja, išskyrus histoharo metodą, kurio paklaidos nežymiai, tačiau didėja, didėjant stebinių skaičiui imtyje. Pastebėsime ir tai, jog visos dešimt generuotų imčių yra Gauso skirstinių mišiniai, kurių komponentės tarpusavyje nepriklausomi atsitiktiniai dydžiai, o IV-o tipo imtis iš likusių išsiskiria tuo, kad jos d -mačio vektoriaus pirmos dvi komponentės yra tarpusavyje priklausomos. Pagal gautus rezultatus pastebime, kad būtent šio tipo imties paklaidos išsiskiria iš visų kitų: dvimačiu atveju padidėja iki $10^{-3} - 10^{-4}$, o penkiamačiu $10^{-4} - 10^{-5}$ eilės. Ši imtis mažiausiai iškraipė tikslinio projektavimo rezultatus- šis metodas davė mažiausias paklaidas: penkiamačiu atveju jos mažesnės dešimt, o dvimačiu net šimtu kartų nei visų trijų likusių metodų paklaidos šiai imčiai.

2.4.2. MIŠINIŲ TANKIŲ VERTINIMO TIKSLUMAS NAUDOJANT KLASTERIZAVIMĄ

Dvimačiu atveju paklaidos $10^{-3} - 10^{-4}$, o penkiamačių $10^{-5} - 10^{-6}$ eilės. Apskritai naudotas klasterizavimas tik pablogino rezultatus dešimtis kartų. Hierarchinis klasterizavimas tinkamesnis dvimačiams duomenims, o penkiamačiams – k -artimiausių kaimynų. Pastebėsime, kad hierarchiniais klasterizavimo metodais imtis buvo skaidoma į 1-3 klasterius, o k -artimiausių kaimynų į 5-8 klasterius. Klasterizavimas pagerino rezultatus tik histoharo metodui, tačiau tik 10^{-5} eile, kai pačios paklaidos žymiai siekia net 10^{-3} . Nagrinėjant rezultatus atskiroms imtims buvo pastebėta, kad visi klasterizavimo metodai vienodai elgėsi su tam tikro tipo imtimis. Dvimačiu atveju išsiskyrė III ir IX-o

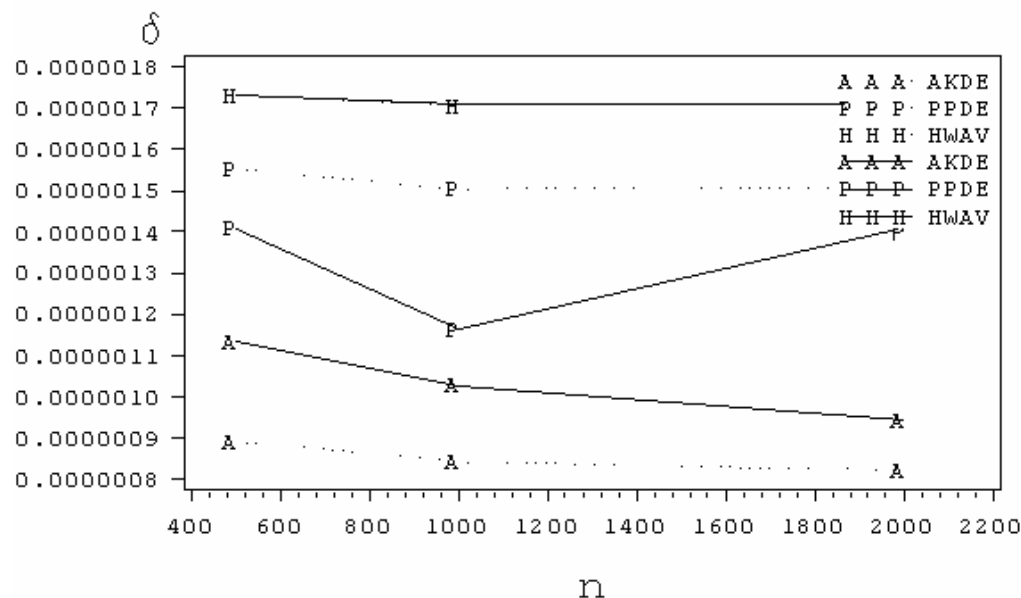
tipo imtys. Abiem dvimatėms imtims visi klasterizavimo metodai AKDE rezultatus pagerino, o PPDE pablogino. Labiausiai klasterizavimas pablogino IV-o tipo dvimatės imties rezultatus, tuo tarpu penkiamačiams duomenims klasterizavimas netgi sumažino AKDE paklaidas. Penkiamačiu atveju taip išsiskyrė ir VIII bei IX imtys. Šiuo atveju VIII-o tipo imčiai klasterizavimas pagerino AKDE, o IX-o tipo imčiai- PPDE rezultatus.



2.2 pav. Dvimačių ir penkiamačių I-o tipo imties tankių paklaidų palyginimas duomenų neklasterizuojant ir klasterizuojant (pirmas paveikslas- dvimačiu, antras- penkiamačiu atveju).

2.2 paveiksle pateikiamos dvimačių ir penkiamačių I-o tipo įvairaus tūrio imčių tankių paklaidos, kai duomenys neklasterizuojami ir klasterizuojami k -vidurkių klasterizavimo metodu. Čia punktyrine linija (...) žymima neklasterizuotų duomenų paklaidos, o ištisine (—) - klasterizuotų. K -artimiausio

kaimyno metodui paklaidos didesnės dešimtis kartų nei kitų metodų, tačiau savybė, jog klasterizavimas pablogino rezultatus taip pat išlieka kaip ir kitiems metodams. Grafike šio metodo paklaidų nevaizduosime, nes jos daug didesnės lyginant su kitomis. Kaip matome, tiek dvimačiams, tiek penkiamačiams, tiek visiems metodams, tiek įvairaus tūrio imtims rezultatai pablogėjo panaudojus duomenų klasterizavimą.



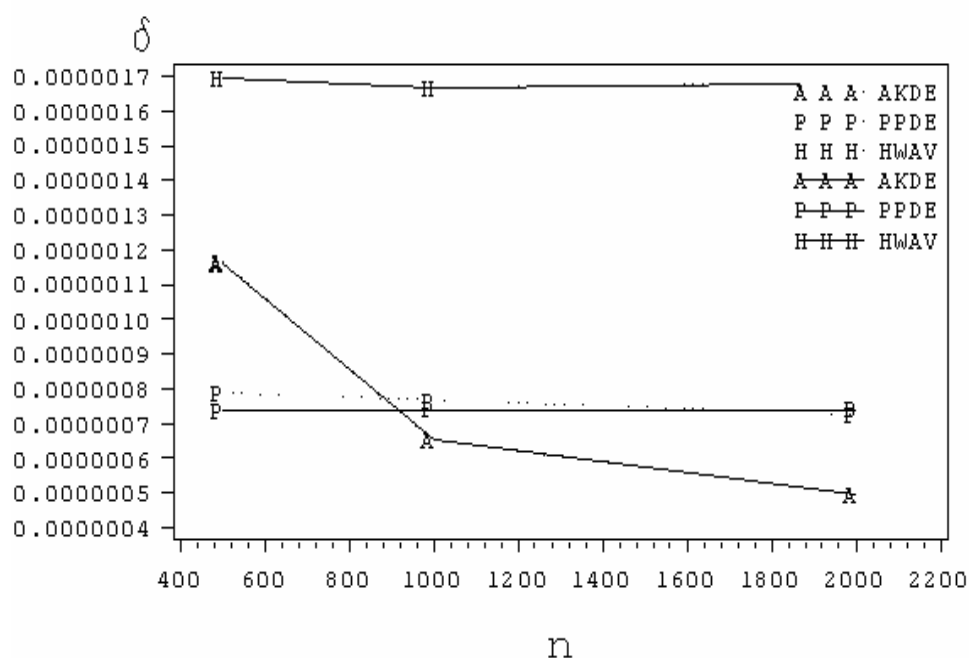
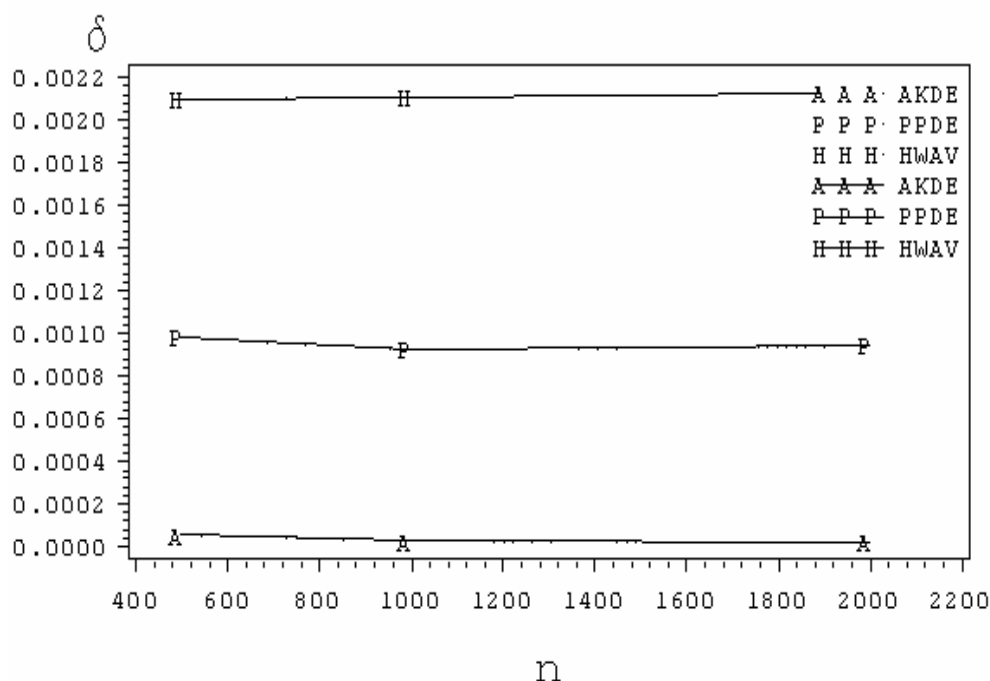
2.3 pav. Penkiamačių IX-o tipo imties tankių paklaidų palyginimas duomenų neklasterizuojant ir klasterizuojant.

2.3 paveiksle pateikiamos penkiamačių IX tipo įvairaus tūrio imčių tankių paklaidos, kai duomenys neklasterizuojami ir klasterizuojami hierarchiniu klasterizavimo metodu, panaudojant Ward'o atstumą. Čia punktyrine linija (...) žymima neklasterizuotų duomenų paklaidos, o ištisine (—) - klasterizuotų. Kaip minėta, penkiamačiu atveju klasterizavimas pagerino - PPDE rezultatus, o visiems kitiems pablogino.

2.4.3. MIŠINIŲ TANKIŲ VERTINIMO TIKSLUMAS NAUDOJANT SFERIZAVIMĄ

Duomenų sferizavimas daugiausia keitė rezultatus tik kai kuriems metodams, pvz., tikslinio projektavimo ir kintamo pločio branduoliniams: vienoms imtims sferizavimas pagerino AKDE rezultatus, kitoms PPDE lyginant su tik klasterizuotais duomenimis. Sferizavimas labiausiai pablogino mažo tūrio imčių rezultatus. Bendrai pasakyti negalėtume nei kokio tipo, nei kokio tūrio imtims reikėtų duomenis sferizuoti, nes apskritai geometrinis klasterizavimas įvertinių rezultatus tik pablogino, ir nors

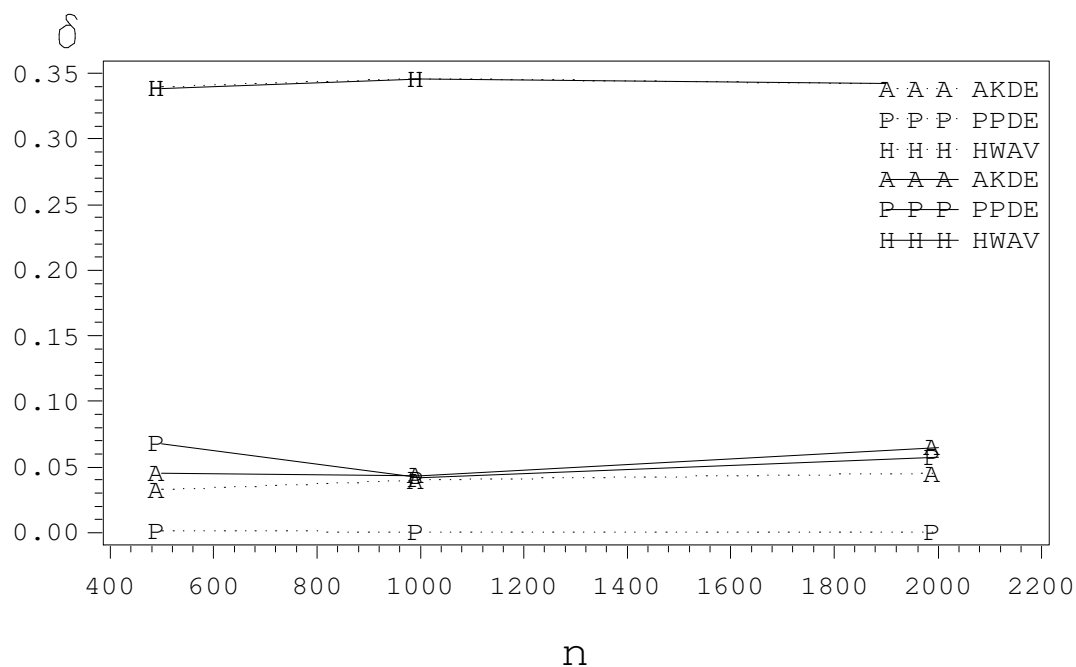
sferizavimas šiek tiek rezultatus pagerino, tačiau paklaidų nesumažino iki pradinio neklasterizuotų duomenų paklaidų lygio.



2.4 pav. Dvimačių ir penkiamačių III-io tipo imčių tankių paklaidų palyginimas duomenis klasterizuojant ir sferizuojant bei klasterizuojant (pirmas paveikslas- dvimačiu, antras- penkiamačiu atveju).

2.4 paveiksle pateikiami dvimačių ir penkiamačių III-o tipo įvairaus tūrio imčių tankių paklaidos, kai duomenys klasterizuojami ir sferizuojami bei po to klasterizuojami. Abiem atvejais

klasterizavimas k -vidurkių metodu. Čia punktyrine linija (...) žymima klasterizuotų duomenų paklaidos, o ištisine (—) – sferizuotų ir klasterizuotų. Sferizavimas pagerino rezultatus tik tikslinio projektavimo metodui 500 ir 1000 stebinių tūrio imtims penkiamačiu atveju, o dvimačiu atveju rezultatų beveik nepakeitė.



2.5 pav. Dvimačių IV-o tipo imčių tankių paklaidų palyginimas duomenų neklasterizuojant ir sferizuojant bei klasterizuojant.

2.5 paveiksle pateikiami dvimačių IV-o tipo įvairaus tūrio imčių tankių paklaidos, kai duomenys neklasterizuojami ir sferizuojami bei klasterizuojami hierarchiniu klasterizavimo metodu panaudojant Ward'o atstumą. Čia punktyrine linija (...) žymima neklasterizuotų duomenų paklaidos, o ištisine (—) – sferizuotų ir tada klasterizuotų. Sferizavimas kartu su klasterizavimu nedavė tokių pat gerų rezultatų kaip išvis neklasterizuotų duomenų įvertiniai. Penkiamačiams stebiniams situacija analogiška.

3. SĄSAJA SU VARTOTOJU

Sąsaja su vartotoju apjungia ir valdo tyrimui naudojamas SAS makro programos. Kadangi darbo tikslas buvo ištirti tankių vertinimo metodus, todėl didelę darbo dalį sudarė šiam tikslui skirtų SAS makro programų realizavimas. Tačiau ne mažiau svarbu yra pateikti interaktyvią vartotojo sąsają tokiam vartotojui, kuris nemoka programuoti SAS. Nors sukurta sąsaja su vartotoju yra nesudėtinga, tačiau ji atlieka visas reikalingas funkcijas.



3.1 pav. Vartotojo sąsaja

Neparametrinių tankių tyrimas atliekamas pagal anksčiau minėtą schemą (žr. 2.1 pav). Taigi vartotojas norėdamas atlikti tyrimą turi pasirinkti keletą tyrimo parametrų:

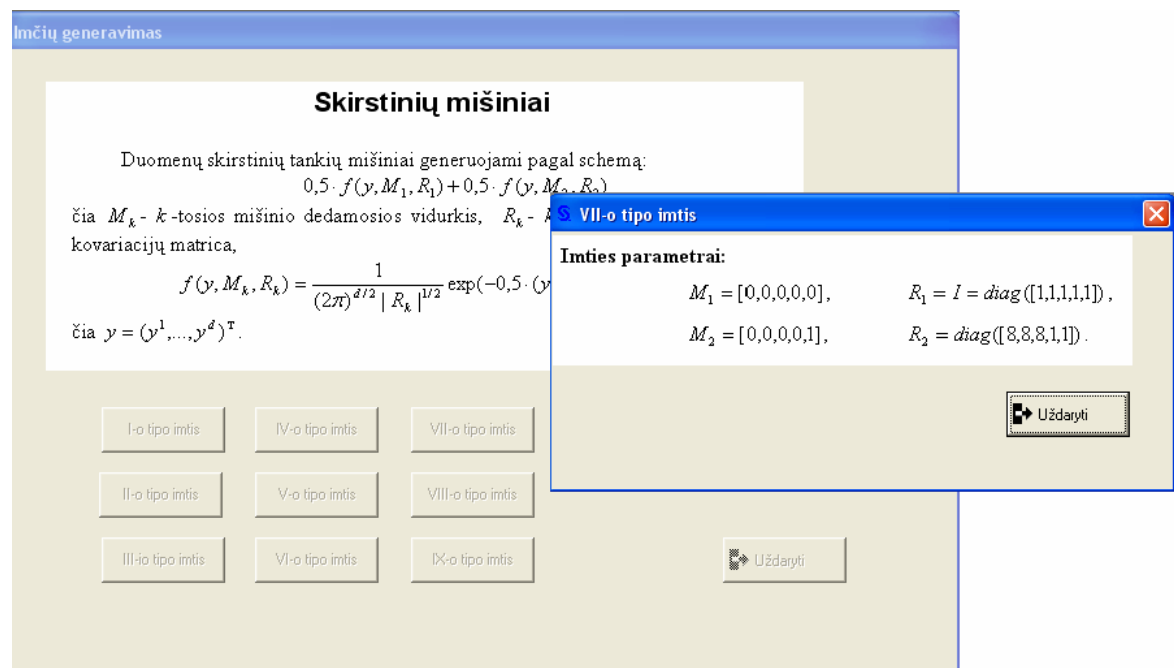
- 1) matavimų skaičius- darbas vyks su dvimačiais ar penkiamačiais duomenimis;
- 2) imties tūris- vartotojas nurodo kokio dydžio imtys bus generuojamos;
- 3) duomenų apdorojimas:
 - 1) be klasterizavimo,
 - 2) klasterizavimas k -vidurkių metodu,
 - 3) klasterizavimas hierarchiniu klasterizavimo metodu, panaudojant Ward atstumą,
 - 4) klasterizavimas k -artimiausių kaimynų metodu,
 - 5) sferizavimas ir klasterizavimas k -vidurkių metodu,

- 6) sferizavimas ir klasterizavimas hierarchiniu klasterizavimo metodu, panaudojant Ward atstumą,
 - 7) sferizavimas ir klasterizavimas k -artimiausių kaimynų metodu.
- 4) tankių vertinimo metodas:
- 1) kintamo pločio branduolinis,
 - 2) tikslinio projektavimo,
 - 3) k -artimiausio kaimyno,
 - 4) histoharo.

Duomenų vaizdavimui ekrane vartotojas turi papildomai pasirinkti imtį, kurios rezultatus nori matyti, ir tankio vertinimo metodo parametraž: AKDE – dydis γ (0,2; 0,4; 0,6 ar 0,8), o PPDE-polinomo eilę (4, 5 ar 6).

Jei vartotojas nori atlikti skaičiavimus nepasirinkęs parametraž, tuomet į ekraną išvedami pranešimai informuojantys, kad vartotojas privalo pasirinkti parametrus.

Kad vartotojui būtų patogiau, programoje aprašytos generuojamos imtys atskirame lange. VII-o tipo imties aprašymo pavyzdys pateiktas 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Imčių generavimo schema

Visas programas, sudarančias „Neparametrinių tankių vertinimo“ sistemą galima suskirstyti į tris grupes: sisteminiai failai, užtikrinantys programinės įrangos funkcionavimą, programos skirtos interaktyviai sąsajai su vartotoju ir duomenų analizės programos, atliekančios duomenų tankių vertinimus pagal vartotojo pasirinktus parametrus.

3.1 lentelė

Sukurtos programos ir jų paskirtis

Programos vardas	Paskirtis
<i>NTV.</i>	Valdo visas kitas posistemas ir užtikrina vartotojo sąveiką su jomis.
<i>apie</i>	Informuoja vartotoją apie autorių ir sistemą.
<i>Imtys</i>	Generuojamų imčių bendra schema ir parametrai
<i>Tankiai Gauso 2D.sas</i>	Generuojami dvimačiai vektoriai: Gauso skirstinių mišiniai su nustatytais parametrais (žr. 2.2 skyrių)
<i>Tankiai Gauso 5D.sas</i>	Generuojami penkiamačiai vektoriai: Gauso skirstinių mišiniai su nustatytais parametrais (žr. 2.2 skyrių)
<i>AKDE.sas</i>	Realizuojamas branduolinis kintamo pločio tankio vertinimo metodas.
<i>PPDE.sas</i>	Įgyvendinamas tikslinio projektavimo tankio vertinimo metodas.
<i>NEIG.sas</i>	Realizuojamas k -artimiausio kaimyno tankio vertinimo algoritmas.
<i>HWAV.sas</i>	Vertinamas atsitiktinių vektorių tikimybinis tankis sudarant histogramą, paremtą Haro „bangelių“ sistema.
<i>K1.sas</i>	Realizuojamas imties griežtas klasterizavimas k -vidurkių klasterizavimo metodu.
<i>K2.sas</i>	Atliekamas geometrinis imties klasterizavimas hierarchiniu klasterizavimo metodu, panaudojant Ward atstumą.
<i>K3.sas</i>	Klasterizuojamos imtys k -artimiausių kaimynų metodu.
<i>*K1.sas</i>	Realizuojamas imties sferizavimas kartu su k -vidurkių klasterizavimo metodu.
<i>*K2.sas</i>	Atliekamas sferizavimas kartu su hierarchiniu klasterizavimo metodu, panaudojant Ward atstumą.
<i>*K3.sas</i>	Imtis transformuojama į sferinius komponentus ir klasterizuojama k -artimiausių kaimynų metodu.
<i>Tankio vertinimo tikslumas Lippman.sas</i>	Atliekamas tankių vertinimas anksčiau minėtais metodais bei paklaidų vertinimas.

Pastaba. * reiškia, kad failai yra tokio paties pavadinimo, tik kitam kataloge.

Programos paleidimas. Programos „NTV“ („Neparametrinis tankių vertinimas“) katalogą nukopijuoti į C diską. Programa paleidžiama iš *ntv.lnk* failo. Šio failo savybių „Properties“ lange nukreipties „Target“ laukelyje nurodytas programos paleidimas:

"C:\Program Files\SAS\SAS System\9.0\sas.exe" -initcmd "afa

c=NTV.sasaja.NTV.frame" -config "C:\NTV_config.cfg"

t.y., *SAS.exe* su konfiguracioniu failu, tuo pačiu ir įvykdoma pradinė komanda, iškviečianti vartotojo sąsają

(-initcmd "afa c=biblioteka.SasKatalogas.Sasajos_langas.frame").

Sąsajos vieta nurodoma bibliotekos pagalba, kuri priskiriama įvykdžius *.sas failą apibrėžtą konfigūraciniame faile.

IŠVADOS

1. Atliekant populiarių neparametrinių tankio įverčių tikslumo lyginamąją analizę daugiamodaliskumo atveju parodyta, kad efektyviausi yra branduoliniai ir tikslinio projektavimo metodai: tikslinio projektavimo – smarkiai persidengiantiems arba beveik nepersidengiantiems dviejų modų skirstiniams, o branduolinis – lengvai persidengiantiems dviejų modų skirstiniams. Vidutiniškai persidengiančių komponentų skirstinių mišiniams šių metodų paklaidos skiriasi nežymiai ir konkuruoja tarpusavyje.
2. Skirstinių mišiniui, kurio komponentai tarpusavyje lygiagretūs ir beveik nepersidengiantys, o juos sudarantys stebiniai labai koreliuoti, paklaidos įvertintos ženkliai didesnės nei visais kitais tirtų skirstinių mišinių atvejais.
3. Atlikta lyginamoji kelių populiarių neparametrinių įvertinių tikslumo analizė parodė, kad daugiamodalinio neparametrinio tankio vertinimo algoritmas gautas apjungiant pirminę imties klasterizaciją (taikant geometrines klasterizavimo procedūras) su tankio vertinimo metodu, yra efektyvesnis dvimačiu atveju lengvai persidengiantiems dviejų modų skirstiniams naudojant branduolinį metodą, o penkiamačiu panašių daugiamodalinių skirstinių atveju – tikslinio projektavimo metodas.
4. Parodyta, kad duomenų paruošimas klasterizavimui, transformuojant juos į sferinius komponentus, bei naujoje koordinačių sistemoje atliekamas pirminis imties suskaidymas į klasterius, o tankių vertinimo metodų taikymas kiekvienam klasteriui atskirai (traktuojant daugiamodalinį tankį kaip vienamodalinių tankių mišinį) nepagerino pasiskirstymo tankių statistinio vertinimo rezultatų.
5. Pasiūlyta naudotų neparametrinio tankių vertinimo ir klasterizavimo procedūrų interaktyvios sąsajos struktūra, kuri realizuota programiškai panaudojus SAS objektinio programavimo technologiją.
6. Sukurtos sistemos testavimas, atliktas naudojant įvairius daugiamodus Gauso skirstinių mišinius, parodė, kad sistema yra pajėgi spręsti tankių vertinimo užduotis esant saikingo dydžio imtims.

PADĖKA

Gerb. dr. **TOMUI RUZGUI**

Nuoširdžiai dėkoju magistrinio darbo vadovui dr. Tomui Ruzgui, kuris ne tik puikus vadovas, bet ir geras bei supratingas žmogus. Žinodamas, kad auginu sūnų ir ne visada galiu atvykti į universitetą, intensyviai konsultuodavo elektroniniu paštu ar kartais net telefonu. Kadangi esu maksimalistė ir darbą visada noriu atlikti kuo geriau, tačiau ne visada žinau kaip tai realizuoti, nuoširdžiai dėkoju darbo vadovui už patarimus ir pagalbą įgyvendinant kai kurias baigiamojo magistrinio darbo idėjas.

Su didžiausia pagarba,

Rasa Šmidtaitė

LITERATŪRA

1. Abramson, I.S. On bandwidth variation in kernel estimates – a square root law / *The Annals of Statistics*, Vol. 10, Institute of Mathematical Statistics, Michigan, 1982, p. 1217-1223.
2. Čekanavičius, V. ir G. Murauskas, Statistika ir jos taikymai II, Vilnius, TEV, 2004, p. 196-214.
3. Devroye, L. and A. Krzyżak, New multivariate product density estimators, Montreal, Canada, 1991, p. 1-18.
4. Devroye, L. P. and T. J. Wagner. The strong uniform consistency of nearest neighbor density estimates / *The Annals of Statistics*, Vol. 5, Institute of Mathematical Statistics, Michigan, 1977, p. 536-540.
5. Fukunaga, K. Pattern Recognitions, Second Edition Academic Press, Boston, 1990, 591, p. 49-50.
6. Fix, E. and J. L. Hodges, Discriminatory analysis, nonparametric discrimination, consistency properties / *International Statistical Review*, Vol. 57, International Statistical Institute, The Netherlands, 1989, p. 238-247.
7. Friedman, J.H. Exploratory projection pursuit / *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 82, American Statistical Association, Virginia, 1987, p. 249-266.
8. Highleyman, W. The Design and Analysis of Pattern Recognition Experiments / *Bell System Technical Journal*, Vol. 41, 1962, p. 723-744.
9. Huber, P.J. Projection pursuit / *The Annals of Statistics*, Vol. 13, Institute of Mathematical Statistics, Michigan, 1985, p. 435-475.
10. Jain, A.K., R.P.W. Duin and J. Mao. Statistical Pattern recognition: A Review / *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, 2000, p. 4-37.
11. Loftsgaarden, D. O. and C. P. Quesenberry, A nonparametric estimate of a multivariate density function / *The Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 36, Institute of Mathematical Statistics, Michigan, 1965, p. 1049-1051.
12. Marks, S. and O.J. Dunn. Discriminant Functions When the Covariance matrices are unequal / *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 69, American Statistical Association, Virginia, 1974, p. 555-559.
13. Moore, D. S. and J. W. Yackel. Consistency properties of nearest neighbor density function estimators / *The Annals of Statistics*, Vol. 5, Institute of Mathematical Statistics, Michigan, 1977, p. 143-154.
14. PCA - principal Component Analysis (paskutinį kartą žiūrėta 2006 05 15):
<http://www.eng.man.ac.uk/mech/merg/Research/datafusion.org.uk/pca.html>
15. SAS dokumentacija, Applied Clustering Techniques, Course Notes: SAS Institute Inc., 2003, p 35-322.

16. SAS dokumentacija (paskutinį kartą žiūrėta 2008 05 20):
http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index_913.html
17. SAS/IML 9.1 User's Guide, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004.
18. SAS/STAT 9.1 User's Guide, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004.
19. Silverman, B.W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman and Hall, New York, 1986, 175.
20. Skurichina, M. and R.P.W. Duin. Boosting in Linear Discriminant analysis. Multiple Classifier Systems / *Lecture notes in Computer Science*, Vol. 1857, 2000, p. 190-199.
21. Šmidkaitė, R. Neparametrinių tankių vertinimo algoritmų tyrimas panaudojant klasterizavimo metodus, Bakalauro darbas, vadovas dr. T. Ruzgas, Kauno technologijos universitetas, taikomosios matematikos katedra, 2006, p. 120.
22. Todd Ogden, R. Essential Wavelets for Statistical Applications and Data Analysis. Birkhäuser, Boston, 1997, 206, p. 49-53.
23. Van Ness, J. On the Dominance of non-parametric Bayes Rule Discriminant Algorithms in High Dimensions / *Pattern Recognition*, Vol. 12, 1980, p. 355-368.

1 PRIEDAS. GERIAUSI TANKIŲ VERTINIMO REZULTATAI

Penkiamačiai stebėjimai (5D):

Be klasterizavimo:

1 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001498459	0.000000954533	0.000000757672
PPDE	0.000000079612	0.000000028923	0.000000019370
NEIG	937.437635134917	111.531292715577	13.544103455088
HWA V	0.000003459151	0.000003527374	0.000003619038

2 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000000917610	0.000000529494	0.000000426898
PPDE	0.000000171782	0.000000098646	0.000000044590
NEIG	550.261109801489	66.618159943908	8.203339044844
HWA V	0.000002170973	0.000002181285	0.000002262279

3 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000000318503	0.000000207556	0.000000175192
PPDE	0.000000349246	0.000000302176	0.000000292320
NEIG	303.597307814417	43.351199073423	5.040965343149
HWA V	0.000001694823	0.000001666806	0.000001681453

4 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000188875081	0.000097427452	0.000053969673
PPDE	0.000012729037	0.000006005213	0.000002951310
NEIG	31278.009632844300	3734.043559188970	560.157296215622
HWA V	0.000308639386	0.000287959830	0.000283636570

5 lentelė

V-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000005932786	0.000003919906	0.000003472014
PPDE	0.000000155728	0.000000268457	0.000000183749
NEIG	2576.107636576600	267.544761544319	27.395234780908
HWA V	0.000003817929	0.000003759524	0.000003763156

6 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000003066488	0.000002089982	0.000001882883
PPDE	0.000000234444	0.000000215237	0.000000204306
NEIG	894.731011308857	131.750619202665	12.491964214916
HWAV	0.000001822770	0.000001808143	0.000001816596

7 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000002115518	0.000002018426	0.000002164127
PPDE	0.000005039486	0.000004791999	0.000004789657
NEIG	109.799942634241	14.844798872533	2.916558285111
HWAV	0.000006188974	0.000005927979	0.000006042739

8 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001571764	0.000001653663	0.000001584050
PPDE	0.000002930261	0.000002671161	0.000002706076
NEIG	100.049711454072	13.338912879855	2.448864168379
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

9 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000000891265	0.000000842481	0.000000821933
PPDE	0.000001552244	0.000001504078	0.000001506202
NEIG	66.712173973268	12.267265363609	2.168343647550
HWAV	0.000001731583	0.000001707030	0.000001710570

10 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000006416438	0.000006355707	0.000006793735
PPDE	0.000000394812	0.000000566297	0.000000596642
NEIG	7854.416103326130	857.834150965877	96.358721967043
HWAV	0.000002463208	0.000002397738	0.000002419165

Su klasterizavimu:**Klasterizavimas k-vidurkių:****11 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001955786	0.000001098581	0.000000891420
PPDE	0.000001432436	0.000001278961	0.000001279651
NEIG	48206.783037579600	1549.368016637320	103.291998767855
HWAV	0.000003459149	0.000003527374	0.000003619038

12 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001750274	0.000000853375	0.000000656217
PPDE	0.000000951928	0.000000904410	0.000000919712
NEIG	37757.338744296200	1040.362415221170	66.889623478908
HWAV	0.000002170972	0.000002181285	0.000002262279

13 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001164239	0.000000653891	0.000000497516
PPDE	0.000000789993	0.000000767432	0.000000728149
NEIG	29323.677927012800	728.325349883267	47.348458591139
HWAV	0.000001694822	0.000001666806	0.000001681453

14 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000175142584	0.000098451008	0.000054533482
PPDE	0.000101420776	0.000125317820	0.000048946853
NEIG	69463.571142045100	22288.520719479200	3802.548656146820
HWAV	0.000308639269	0.000287959825	0.000283636570

15 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000006889857	0.000004123507	0.000003750498
PPDE	0.000001433783	0.000001021405	0.000001295105
NEIG	68450.854975904900	2892.978934622230	202.181901218897
HWAV	0.000003817926	0.000003759524	0.000003763156

16 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000006072494	0.000003778338	0.000003084851
PPDE	0.000001008522	0.000000836815	0.000001051833
NEIG	41978.717223601500	1672.541823341540	112.343197279319
HWAV	0.000001822769	0.000001808143	0.000001816596

17 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000002320021	0.000002207721	0.000002185605
PPDE	0.000005349797	0.000005053457	0.000005112002
NEIG	13898.157492055000	244.770746702312	20.542370139520
HWAV	0.000006188973	0.000005927979	0.000006042739

18 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001491017	0.000001586292	0.000001617882
PPDE	0.000003058782	0.000002850978	0.000002814870
NEIG	10250.072897993000	184.308036520389	15.837360081224
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

19 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001042086	0.000000956116	0.000000984084
PPDE	0.000001389757	0.000001390570	0.000001176777
NEIG	30745.425581623000	440.136353066922	26.536568400097
HWAV	0.000001731581	0.000001707030	0.000001710570

20 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000025291617	0.000018530598	0.000016095640
PPDE	0.000000597250	0.000000963566	0.000000738218
NEIG	17540.932171625900	7487.763442521180	1768.582049464740
HWAV	0.000002463161	0.000002397737	0.000002419165

Klasterizavimas hierarchinis Ward:**21 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001668880	0.000000942284	0.000000771850
PPDE	0.000001231106	0.000000767887	0.000000519657
NEIG	49472.892287643700	3751.444642561340	93.734184090076
HWA V	0.000003459149	0.000003527373	0.000003619038

22 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001404729	0.000000728052	0.000000534950
PPDE	0.000000954839	0.000000892545	0.000000816187
NEIG	41981.447381821200	1000.758660152780	72.371699103756
HWA V	0.000002170971	0.000002181285	0.000002262279

23 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001082487	0.000000625801	0.000000481668
PPDE	0.000000840053	0.000000705996	0.000000736422
NEIG	26284.720118826100	731.293430455653	47.447916309347
HWA V	0.000001694821	0.000001666806	0.000001681453

24 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000239626884	0.000079227272	0.000049521838
PPDE	0.000118233515	0.000048962124	0.000019858486
NEIG	46968.652671513100	22433.302636800400	3464.071127844510
HWA V	0.000308638442	0.000287959822	0.000283636570

25 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000005989709	0.000003514959	0.000003086035
PPDE	0.000000680485	0.000000460046	0.000000489749
NEIG	56869.204789149400	3204.552725989440	202.857184519554
HWA V	0.000003817924	0.000003759524	0.000003763156

26 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000005095493	0.000003553532	0.000002627379
PPDE	0.000000967535	0.000000864469	0.000000716100
NEIG	37654.634941984400	1569.084348439360	125.211228269940
HWAV	0.000001822768	0.000001808143	0.000001816596

27 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000002154609	0.000002129229	0.000002260589
PPDE	0.000004841530	0.000004567143	0.000004721848
NEIG	333.137573573484	668.320504692739	7.087989041650
HWAV	0.000006188965	0.000005927979	0.000006042739

28 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001535706	0.000001621550	0.000001573237
PPDE	0.000002944255	0.000002692988	0.000002695183
NEIG	9257.663665287190	1117.405634078890	7.661927607549
HWAV	0.000003446212	0.000003335468	0.000003323883

29 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001133445	0.000001027551	0.000000941068
PPDE	0.000001409006	0.000001163257	0.000001407490
NEIG	10263.099286224600	388.532264229741	21.499785829711
HWAV	0.000001731581	0.000001707030	0.000001710570

30 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000018669233	0.000016265594	0.000010382579
PPDE	0.000000841971	0.000000705990	0.000000579128
NEIG	17767.536551197100	3687.224890556350	1223.653840019350
HWAV	0.000002463146	0.000002397731	0.000002419164

Klasterizavimas k-artimiausių kaimynų:**31 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001498459	0.000000954533	0.000000757672
PPDE	0.000000079612	0.000000028923	0.000000019370
NEIG	937.437635134917	111.531292715577	13.544103455088
HWAV	0.000003459151	0.000003527374	0.000003619038

32 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001549796	0.000000586045	0.000000573543
PPDE	0.000001021401	0.000001000874	0.000000840808
NEIG	36145.788465998700	9025.404476127100	74.880639328852
HWAV	0.000002170972	0.000002181284	0.000002262279

33 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001143385	0.000000634995	0.000000488630
PPDE	0.000000890882	0.000000702449	0.000000735334
NEIG	26308.356825303500	740.598502096067	48.264611624109
HWAV	0.000001694822	0.000001666806	0.000001681453

34 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000188875081	0.000083610750	0.000053969673
PPDE	0.000012729037	0.000043665295	0.000002951310
NEIG	31278.009632844300	17962.042511381200	560.157296215622
HWAV	0.000308639386	0.000287959822	0.000283636570

35 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000006113849	0.000003919906	0.000003472014
PPDE	0.000000435864	0.000000268457	0.000000183749
NEIG	7672.292000363260	267.544761544319	27.395234780908
HWAV	0.000003817907	0.000003759524	0.000003763156

36 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000005141477	0.000002827725	0.000002808207
PPDE	0.000001134624	0.000000731090	0.000000868512
NEIG	28148.494136465500	10648.304035760400	105.792154746320
HWAV	0.000001822754	0.000001808142	0.000001816596

37 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000002115518	0.000002018426	0.000002164127
PPDE	0.000005039486	0.000004791999	0.000004789657
NEIG	109.799942634241	14.844798872533	2.916558285111
HWAV	0.000006188974	0.000005927979	0.000006042739

38 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001571764	0.000001653663	0.000001584050
PPDE	0.000002930261	0.000002671161	0.000002706076
NEIG	100.049711454072	13.338912879855	2.448864168379
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

39 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000000891265	0.000000839729	0.000000821933
PPDE	0.000001552244	0.000001523608	0.000001506202
NEIG	66.712173973268	14.060696207585	2.168343647550
HWAV	0.000001731583	0.000001706985	0.000001710570

40 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000032676257	0.000009073342	0.000009442942
PPDE	0.000000735001	0.000000694579	0.000000763491
NEIG	46564.646416383800	3128.465745069810	1223.653840019350
HWAV	0.000002458529	0.000002397735	0.000002419165

Su transformavimu ir klasterizavimu:**Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas k-vidurkių:****41 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001900368	0.000001126104	0.000000842612
PPDE	0.000001464974	0.000001379453	0.000000888472
NEIG	55241.901741294900	1399.833621073920	97.027853516223
HWAV	0.000003459149	0.000003527374	0.000003619038

42 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001240816	0.000000653611	0.000000492661
PPDE	0.000001126825	0.000000513692	0.000000608059
NEIG	58052.294543221500	949.913483933314	64.447611987474
HWAV	0.000002170972	0.000002181285	0.000002262279

43 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001160762	0.000000655604	0.000000496315
PPDE	0.000000736871	0.000000741100	0.000000740282
NEIG	27648.482973716100	726.386248712629	47.237350482886
HWAV	0.000001694822	0.000001666806	0.000001681453

44 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000174559366	0.000091115430	0.000057180008
PPDE	0.000097182614	0.000046589729	0.000055356488
NEIG	79727.132113873800	24099.212497901400	3079.638921138390
HWAV	0.000308639258	0.000287959827	0.000283636570

45 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000006382508	0.000004451001	0.000003704749
PPDE	0.000000973534	0.000000529504	0.000000317291
NEIG	64294.021777806700	3086.486451860150	174.975084705378
HWAV	0.000003817927	0.000003759524	0.000003763156

46 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000005974817	0.000003537672	0.000002929392
PPDE	0.000001151629	0.000001087925	0.000000879205
NEIG	40303.410869004000	1716.815228075940	105.504233175751
HWAV	0.000001822769	0.000001808143	0.000001816596

47 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000002356791	0.000002181695	0.000002294411
PPDE	0.000005049757	0.000004881969	0.000004913431
NEIG	14990.733449042400	233.472551741840	16.907268975287
HWAV	0.000006188973	0.000005927979	0.000006042739

48 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001663744	0.000001578992	0.000001624526
PPDE	0.000002794917	0.000002760754	0.000002738589
NEIG	14517.518776349000	175.165084651460	13.478427603965
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

49 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000000887787	0.000000843207	0.000000838887
PPDE	0.000001503261	0.000001491358	0.000001536805
NEIG	8509.731121913700	127.280990097269	13.803390987621
HWAV	0.000001731582	0.000001707030	0.000001710570

50 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000026840833	0.000019627147	0.000019494799
PPDE	0.000001670666	0.000001374303	0.000001680155
NEIG	43332.778914995400	9512.196672956210	674.607269011708
HWAV	0.000002463193	0.000002397737	0.000002419165

Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas hierarchinis Ward:**51 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001686386	0.000000938298	0.000000776868
PPDE	0.000001047084	0.000000622925	0.000000371131
NEIG	28170.672231692500	5598.986139079510	211.164391827150
HWAV	0.000003459147	0.000003527373	0.000003619038

52 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001193146	0.000000562177	0.000000426381
PPDE	0.000000793845	0.000000281949	0.000000304404
NEIG	25618.849279422300	3965.810838957280	76.248055740615
HWAV	0.000002170968	0.000002181285	0.000002262279

53 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001112624	0.000000626103	0.000000483909
PPDE	0.000000793632	0.000000768129	0.000000714253
NEIG	27126.085334272700	745.543033564833	47.489179270357
HWAV	0.000001694821	0.000001666806	0.000001681453

54 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000237128871	0.000085217065	0.000050790114
PPDE	0.000056937813	0.000056844889	0.000025207412
NEIG	81998.835599887900	27055.453422108400	2890.687309626750
HWAV	0.000308639164	0.000287959805	0.000283636570

55 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000006378938	0.000003952441	0.000003432570
PPDE	0.000000465891	0.000000250505	0.000000305800
NEIG	9935.908813987720	7934.054751333960	289.408898746581
HWAV	0.000003817902	0.000003759523	0.000003763156

56 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000005653870	0.000003562593	0.000002663326
PPDE	0.000000761136	0.000000971366	0.000000882750
NEIG	58972.780684422300	1663.465034909500	100.518213662141
HWAV	0.000001822768	0.000001808143	0.000001816596

57 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000002176146	0.000002151737	0.000002287834
PPDE	0.000004976796	0.000004634834	0.000004832194
NEIG	336.035867497194	2309.784639112020	31.614004088258
HWAV	0.000006188962	0.000005927979	0.000006042739

58 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001656839	0.000001617382	0.000001582090
PPDE	0.000002738949	0.000002653490	0.000002689963
NEIG	210.695091512148	464.304407222223	37.170564758417
HWAV	0.000003446195	0.000003335468	0.000003323883

59 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000000860337	0.000001037343	0.000000973214
PPDE	0.000001514493	0.000001224342	0.000001477226
NEIG	2288.878016992680	421.553865146452	24.070731281291
HWAV	0.000001731582	0.000001707030	0.000001710570

60 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000029832685	0.000023300824	0.000022207953
PPDE	0.000001620280	0.000001018527	0.000001196904
NEIG	57729.778607665200	7244.827738406820	712.649065408004
HWAV	0.000002463192	0.000002397738	0.000002419165

Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas k-artimiausių kaimynų:**61 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001990983	0.000000954533	0.000000757672
PPDE	0.000000618539	0.000000028923	0.000000019370
NEIG	4678.060894107000	111.531292715577	13.544103455088
HWAV	0.000003459033	0.000003527374	0.000003619038

62 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001239089	0.000000529494	0.000000412814
PPDE	0.000000778288	0.000000098646	0.000000447597
NEIG	34081.899597198200	66.618159943908	61.389133939905
HWAV	0.000002170971	0.000002181285	0.000002262279

63 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001067624	0.000000636819	0.000000488614
PPDE	0.000000973601	0.000000755230	0.000000736750
NEIG	34141.240198700600	738.380866243154	47.613114589570
HWAV	0.000001694781	0.000001666806	0.000001681453

64 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000123765825	0.000069375589	0.000053969673
PPDE	0.000057689576	0.000003689222	0.000002951310
NEIG	94339.490156942800	24809.056497705600	560.157296215622
HWAV	0.000308639272	0.000287959828	0.000283636570

65 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000005932786	0.000003919906	0.000003472014
PPDE	0.000000155728	0.000000268457	0.000000183749
NEIG	2576.107636576600	267.544761544319	27.395234780908
HWAV	0.000003817929	0.000003759524	0.000003763156

66 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000004346397	0.000002738517	0.000002412794
PPDE	0.000000825484	0.000000517418	0.000000428325
NEIG	34324.125961859100	2146.886236688950	105.853777600200
HWAV	0.000001822768	0.000001808143	0.000001816596

67 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000002115518	0.000002018426	0.000002164127
PPDE	0.000005039486	0.000004791999	0.000004789657
NEIG	109.799942634241	14.844798872533	2.916558285111
HWAV	0.000006188974	0.000005927979	0.000006042739

68 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001593518	0.000001653663	0.000001645429
PPDE	0.000002905419	0.000002671161	0.000002705652
NEIG	10952.634261503100	13.338912879855	25.941545036670
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

69 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000001539335	0.000001478279	0.000001500963
PPDE	10498.276588088000	13.635043082851	79.756013247292
NEIG	0.000001731583	0.000001706931	0.000001710570
HWAV	0.000001539335	0.000001478279	0.000001500963

70 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000029298504	0.000023592061	0.000025239977
PPDE	0.000001650380	0.000001263157	0.000001478302
NEIG	55901.862121556600	10438.789079576200	2904.070769876450
HWAV	0.000002463196	0.000002397726	0.000002417277

Dvimačiai stebėjimai (2D):

Be klasterizavimo:

71 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000094707437	0.000043993975	0.000043349115
PPDE	0.000036570538	0.000012072035	0.000012003137
NEIG	0.021038882502	0.012586689743	0.012096987028
HWAV	0.004336989681	0.004505602318	0.004580530123

72 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000055797553	0.000024261354	0.000023444265
PPDE	0.000092824146	0.000060574102	0.000063000290
NEIG	0.014927467731	0.008785944919	0.006898853564
HWAV	0.002730921440	0.002778156151	0.002819398405

73 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000066548561	0.000026512401	0.000023252466
PPDE	0.000428444769	0.000395022368	0.000406957802
NEIG	0.012175403997	0.005517990335	0.004678362550
HWAV	0.002108670297	0.002109266389	0.002127613823

74 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.032910407515	0.040305915839	0.045290075023
PPDE	0.001507293031	0.000653708939	0.000969952375
NEIG	0.721126545723	0.870140719403	0.559795756090
HWAV	0.339816188097	0.346092237355	0.341539884283

75 lentelė

V-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000194173706	0.000223219001	0.000240147065
PPDE	0.000088857502	0.000128536207	0.000163865408
NEIG	0.043890932397	0.020178713856	0.018230154700
HWAV	0.004515405882	0.004633512364	0.004698800570

76 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000091417991	0.000115316505	0.000142620883
PPDE	0.000126971504	0.000144277702	0.000157496625
NEIG	0.018100224445	0.009744010948	0.008731921560
HWAV	0.002273708901	0.002273737003	0.002302138607

77 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000846753594	0.000877521495	0.000838166307
PPDE	0.001795660575	0.001685499572	0.001728161154
NEIG	0.013931706225	0.004213389026	0.003978260477
HWAV	0.006248505983	0.006128327453	0.006263176088

78 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000617692626	0.000608514197	0.000594898699
PPDE	0.001099110593	0.001116995584	0.001128575176
NEIG	0.009537692819	0.003518449757	0.003013937403
HWAV	0.003606596524	0.003555279056	0.003655888284

79 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000502693955	0.000479645872	0.000475216641
PPDE	0.001070604009	0.001093276234	0.001104019087
NEIG	0.008009019891	0.002647358545	0.002393296037
HWAV	0.002127047631	0.002126666765	0.002147836937

80 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.002866215053	0.004281735923	0.005664864971
PPDE	0.000691321958	0.000737980390	0.000787160350
NEIG	0.249061013795	0.201976168864	0.174735459412
HWAV	0.003022214776	0.003048734574	0.003082370670

Su klasterizavimu:**Klasterizavimas k-vidurkių:****81 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000116680117	0.000068212090	0.000061513760
PPDE	0.001886937606	0.001733621260	0.001774000561
NEIG	0.029761994805	0.022197706523	0.018125934103
HWAV	0.004324577007	0.004502714636	0.004579754456

82 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000077808604	0.000030948828	0.000031416152
PPDE	0.001240398565	0.001169830632	0.001186562975
NEIG	0.024314441812	0.013731381023	0.011123260936
HWAV	0.002721531021	0.002775907660	0.002818830311

83 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000053337686	0.000025051146	0.000021106859
PPDE	0.000978845219	0.000923230475	0.000942523284
NEIG	0.020076295806	0.009830287422	0.008517160433
HWAV	0.002100604146	0.002107371997	0.002127141185

84 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.021374460515	0.038798137663	0.054899375359
PPDE	0.113894241978	0.118185025335	0.105627866970
NEIG	1.502280644237	2.094034739789	1.022478167388
HWAV	0.339047376149	0.345889341362	0.341490360324

85 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000258620025	0.000267455769	0.000276845216
PPDE	0.001640575200	0.001670079417	0.001644972142
NEIG	0.048175215454	0.031163547749	0.026289867976
HWAV	0.004500737057	0.004630191225	0.004697924496

86 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000186707638	0.000193528794	0.000208074351
PPDE	0.001204616254	0.001007572512	0.001022629107
NEIG	0.031095037001	0.017458180377	0.015468926575
HWAV	0.002263885426	0.002271348899	0.002301501882

87 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000894101976	0.000915453339	0.000874654500
PPDE	0.001996533950	0.002205616574	0.002414076901
NEIG	0.016111853000	0.007583343320	0.006272228230
HWAV	0.006242937474	0.006126844141	0.006262822256

88 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000624368893	0.000625134341	0.000616380286
PPDE	0.001165625602	0.001358888061	0.001316879705
NEIG	0.010826105493	0.005695311342	0.004458847650
HWAV	0.003602784492	0.003554298475	0.003655643502

89 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000472999812	0.000418805436	0.000437095102
PPDE	0.001286581434	0.001362933685	0.001562133373
NEIG	0.011783036199	0.004873542131	0.004152562998
HWAV	0.002117226614	0.002124203518	0.002147219602

90 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.015325274993	0.015953851217	0.018365328672
PPDE	0.003303185845	0.003065393763	0.003876764111
NEIG	1.141114553379	0.599545514448	0.536904277609
HWAV	0.002761026710	0.002945638662	0.003043783418

Klasterizavimas hierarchinis Ward:**91 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000109871473	0.000064817208	0.000056519249
PPDE	0.001784627935	0.001455297587	0.001376295709
NEIG	0.030350995631	0.021826705128	0.017168106444
HWAV	0.004321156177	0.004501748295	0.004579583213

92 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000075085315	0.000036848170	0.000028810076
PPDE	0.001222051561	0.001032062356	0.001076377236
NEIG	0.024239840998	0.013570250507	0.010922206295
HWAV	0.002719978403	0.002775217410	0.002818765560

93 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000053125844	0.000024752865	0.000020920549
PPDE	0.000978996128	0.000934083442	0.000940137192
NEIG	0.020077652281	0.009826352532	0.008472870932
HWAV	0.002098518380	0.002106770057	0.002127008226

94 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.036161968967	0.039622448833	0.052640172176
PPDE	0.095763795499	0.099717423016	0.038324886545
NEIG	1.570578575391	2.118588395074	0.950768840347
HWAV	0.338736474363	0.345826992873	0.341469477204

95 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000267801452	0.000266411898	0.000274335362
PPDE	0.000834879978	0.001387044870	0.000750082286
NEIG	0.059258859885	0.032387856112	0.027401449614
HWAV	0.004494445191	0.004628605345	0.004697639486

96 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000181978540	0.000188400327	0.000205020738
PPDE	0.001106702397	0.001158244817	0.001073561853
NEIG	0.031100791920	0.017515053870	0.015464918854
HWAV	0.002261830580	0.002270709784	0.002301415106

97 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000859508153	0.000906852175	0.000880110118
PPDE	0.001665846851	0.002165726561	0.002231452575
NEIG	0.014489268319	0.005369890935	0.005767944317
HWAV	0.006237091017	0.006125929878	0.006262637410

98 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000642423559	0.000615723554	0.000605488477
PPDE	0.001375505565	0.001204253419	0.001086574945
NEIG	0.015687551424	0.005471294781	0.004174935993
HWAV	0.003600990107	0.003553766792	0.003655536107

99 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000480643111	0.000425070940	0.000431846291
PPDE	0.001371221656	0.001280052160	0.001246129054
NEIG	0.011686125414	0.004703285513	0.003995495588
HWAV	0.002119370612	0.002124882043	0.002147430288

100 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.012109035179	0.008348894978	0.015040881357
PPDE	0.001307766535	0.001607541402	0.001715445427
NEIG	0.371213250023	0.280082552995	0.272494174681
HWAV	0.002964408846	0.003030202339	0.003079729560

Klasterizavimas k-artimiausių kaimynų:**101 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000622749299	0.000334641783	0.000141003402
PPDE	0.002511643519	0.002839637816	0.002572652517
NEIG	0.111509517629	0.057390162079	0.039161635563
HWAV	0.004102752355	0.004413128276	0.004565895550

102 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000125335117	0.000154299177	0.000123308192
PPDE	0.001433195975	0.001480480763	0.001600494481
NEIG	0.055006258296	0.044735485618	0.030648246891
HWAV	0.002659991645	0.002711968727	0.002790421665

103 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000110278251	0.000183628242	0.000051649895
PPDE	0.001262210658	0.001364910103	0.001110508741
NEIG	0.050433791659	0.031649335105	0.015815446967
HWAV	0.002038578926	0.002054309738	0.002121583437

104 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.108050222805	0.120695918068	0.086381523972
PPDE	0.222429863253	0.253489394726	0.267349227933
NEIG	4.550269877119	7.185446346973	4.669832961803
HWAV	0.325635090207	0.340540022578	0.338861857404

105 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000810466487	0.000567141635	0.000697606568
PPDE	0.000856993877	0.002693078306	0.002874253253
NEIG	0.296505707766	0.078761310379	0.095245259869
HWAV	0.004369320464	0.004569971795	0.004661245505

106 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000295613263	0.000491718083	0.000335016396
PPDE	0.001455937177	0.001496719080	0.001525093037
NEIG	0.067047377019	0.075730088817	0.037660894877
HWAV	0.002182437701	0.002216352364	0.002289969140

107 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000963049756	0.000938876809	0.001081480823
PPDE	0.003758212606	0.004061774654	0.003639122078
NEIG	0.046363438929	0.023421584180	0.050368504514
HWAV	0.006134712553	0.006067186939	0.006279300850

108 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000652557780	0.000597453459	0.000602571557
PPDE	0.002205390506	0.002401428065	0.002619288746
NEIG	0.033802556801	0.018146910273	0.012871972342
HWAV	0.003553981338	0.003518709826	0.003635008797

109 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000519896649	0.000460312710	0.000439007763
PPDE	0.001423652511	0.001650382030	0.001432681576
NEIG	0.037871845448	0.014388383196	0.006173296253
HWAV	0.002050036402	0.002100427908	0.002140777372

110 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.019106891034	0.021167062061	0.023973545204
PPDE	0.002059897856	0.004743445193	0.003736829872
NEIG	1.719646426322	1.412500545734	1.236962676933
HWAV	0.003984554236	0.002895072435	0.002978500497

Su transformavimu ir klasterizavimu:**Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas k-vidurkių:****111 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000163949053	0.000052520731	0.000058764638
PPDE	0.001454662531	0.001012634934	0.001343347788
NEIG	0.031699259760	0.021492184121	0.018249094155
HWAV	0.004325549485	0.004502751199	0.004579799831

112 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000073912792	0.000028726277	0.000028650378
PPDE	0.001036001826	0.001097332504	0.001037035908
NEIG	0.024055302465	0.012124252068	0.009939460257
HWAV	0.002723302820	0.002776272989	0.002818897408

113 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000053337686	0.000025051146	0.000021106859
PPDE	0.000978845219	0.000923230475	0.000942523284
NEIG	0.020076295806	0.009830287422	0.008517160433
HWAV	0.002100604146	0.002107371997	0.002127141185

114 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.050098802157	0.053572699977	0.040366108545
PPDE	0.082719187792	0.087173434021	0.084150770662
NEIG	1.518651438743	1.750887902600	0.812575157820
HWAV	0.338988068271	0.345885880608	0.341488242055

115 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000233843220	0.000245573551	0.000249881348
PPDE	0.000936743755	0.000438057728	0.000635895590
NEIG	0.074919717316	0.031453536456	0.025137320558
HWAV	0.004502935560	0.004630482291	0.004697961495

116 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000118903588	0.000124272709	0.000143101776
PPDE	0.000784089384	0.000660627442	0.000748567330
NEIG	0.025279077916	0.015269395431	0.012166005769
HWAV	0.002267236732	0.002272125863	0.002301712813

117 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000896552969	0.000914514658	0.000871058964
PPDE	0.002015831331	0.002287979404	0.002327199079
NEIG	0.016173357262	0.007761492587	0.006365055716
HWAV	0.006243131060	0.006126807556	0.006262825542

118 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000613048134	0.000628898358	0.000610682686
PPDE	0.001189776482	0.001420086131	0.001440144145
NEIG	0.011413514280	0.006560425428	0.004370603988
HWAV	0.003602430070	0.003554298662	0.003655635791

119 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000472191460	0.000418805436	0.000437292825
PPDE	0.001284725062	0.001362933685	0.001378221102
NEIG	0.011655669640	0.004873542131	0.004150271982
HWAV	0.002117371261	0.002124203518	0.002147230238

120 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.025133334747	0.012158604503	0.014827764312
PPDE	0.004764906971	0.001791223637	0.001908448233
NEIG	0.881336786998	0.239329873896	0.257533459529
HWAV	0.002889767457	0.003042942332	0.003080932001

Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas hierarchinis Ward:**121 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000139383062	0.000075336396	0.000056292486
PPDE	0.000580558821	0.000752127859	0.001044554765
NEIG	0.039936425550	0.023004793865	0.018019271430
HWAV	0.004322749350	0.004501793992	0.004579581918

122 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000071658529	0.000030701947	0.000028215985
PPDE	0.000969139457	0.001112242213	0.001081205732
NEIG	0.024055504310	0.013768956312	0.010791142068
HWAV	0.002720496840	0.002775325192	0.002818772735

123 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000053125844	0.000024095826	0.000020768087
PPDE	0.000978996128	0.000934553597	0.000946595092
NEIG	0.020077652281	0.009865310844	0.008511304084
HWAV	0.002098597541	0.002106740404	0.002127010347

124 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.045677108674	0.043239791658	0.065150286959
PPDE	0.067786227841	0.041532110863	0.058004820062
NEIG	1.503271061338	1.193360273742	0.969928062042
HWAV	0.338717862862	0.345763657281	0.341481613674

125 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000281950760	0.000266592810	0.000341617970
PPDE	0.000394855979	0.001272729045	0.001032022476
NEIG	0.073477486491	0.031432449718	0.027776745643
HWAV	0.004500257427	0.004628958186	0.004697760608

126 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000172155084	0.000175470089	0.000212235216
PPDE	0.001142814992	0.001042497215	0.001020599454
NEIG	0.026112408030	0.016538616614	0.015495189111
HWAV	0.002261856645	0.002271015675	0.002301371471

127 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000902282601	0.000900788917	0.000867764818
PPDE	0.002944385355	0.002272889336	0.002557508407
NEIG	0.025792114684	0.006907523555	0.006488601531
HWAV	0.006226684422	0.006125929588	0.006262608271

128 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000630036814	0.000620716694	0.000582434376
PPDE	0.001518053311	0.001827649023	0.001855283049
NEIG	0.013029560472	0.006869074075	0.004772366583
HWAV	0.003598064035	0.003552266620	0.003655326610

129 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000466627176	0.000425070940	0.000436635665
PPDE	0.001189684040	0.001280052160	0.001275232859
NEIG	0.011372014264	0.004703285513	0.004033819857
HWAV	0.002120718671	0.002124879655	0.002147404650

130 lentelė**X-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.009267866776	0.012151522141	0.016328298951
PPDE	0.001464348994	0.001792951945	0.002041267399
NEIG	0.310403307513	0.239452256269	0.262466526111
HWAV	0.002991392836	0.003041014914	0.003080509336

Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas k-artimiausių kaimynų:**131 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000197637509	0.000351073492	0.000278750680
PPDE	0.002443785366	0.003063946017	0.002757743754
NEIG	0.055627371178	0.146393714607	0.049186849522
HWAV	0.004278310742	0.004404916860	0.004549053732

132 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000143949536	0.000186444776	0.000155190969
PPDE	0.001541976894	0.001916229078	0.001560797591
NEIG	0.063625589318	0.057488894903	0.028950081487
HWAV	0.002685922804	0.002720665754	0.002786068728

133 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000115001680	0.000240410213	0.000049319523
PPDE	0.001288494511	0.001340109850	0.001129429027
NEIG	0.061146650111	0.089327473138	0.015815854120
HWAV	0.002020514799	0.002073270503	0.002121574604

134 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.062593770664	0.125364645365	0.082544713184
PPDE	0.160463161600	0.187067789114	0.188111595690
NEIG	4.188068313207	4.122843337948	3.443913118591
HWAV	0.330975162299	0.340027346309	0.338008822083

135 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000539382008	0.000481081492	0.000951010507
PPDE	0.000555608313	0.001026329314	0.002891963886
NEIG	0.105563300002	0.070590990957	0.107361486362
HWAV	0.004398203416	0.004584700428	0.004636353189

136 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000886944603	0.000422766543	0.000376997052
PPDE	0.001444437061	0.001534288171	0.001436915576
NEIG	0.956529036661	0.060476826812	0.041288794508
HWAV	0.004778743767	0.002202839932	0.002275458819

137 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000939363487	0.000955527865	0.000949613426
PPDE	0.003170698524	0.003865673575	0.003793238690
NEIG	0.048519132240	0.017617053768	0.019331341520
HWAV	0.006583198930	0.006093884729	0.006233597752

138 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000687919417	0.000627706937	0.000596438622
PPDE	0.002293585572	0.002513295778	0.002439749364
NEIG	0.047211323872	0.023756876663	0.012628434350
HWAV	0.003556544252	0.003485960378	0.003639513168

139 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.000522906944	0.000518190845	0.000435090493
PPDE	0.001566895616	0.001624883652	0.001447853824
NEIG	0.036836677792	0.019886043344	0.006028899704
HWAV	0.002043436406	0.002082278618	0.002141701248

140 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE	0.015468090867	0.026495805563	0.023330523088
PPDE	0.001985831187	0.003823508078	0.003194859930
NEIG	0.675755664298	1.553882878463	0.483017631646
HWAV	0.002817745314	0.003156380187	0.003026019936

2 PRIEDAS. TANKIŲ VERTINIMO REZULTATAI

Penkiamačiai stebėjimai (5D):

Be klasterizavimo:

1 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001498459	0.000000954533	0.000000757672
AKDE (0.4)	0.000005455002	0.000004511449	0.000004312557
AKDE (0.6)	0.000024922862	0.000027786899	0.000032416921
AKDE (0.8)	0.000134930305	0.000211177192	0.000324785905
PPDE (4)	0.000000079612	0.000000028923	0.000000021419
PPDE (5)	0.000000097534	0.000000042335	0.000000019370
PPDE (6)	0.000000193603	0.000000231726	0.000000022094
NEIG	937.437635134917	111.531292715577	13.544103455088
HWAV	0.000003459151	0.000003527374	0.000003619038

2 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000000917610	0.000000529494	0.000000426898
AKDE (0.4)	0.000003308216	0.000002292664	0.000002266264
AKDE (0.6)	0.000013827541	0.000011838530	0.000015121452
AKDE (0.8)	0.000063134089	0.000069285746	0.000129380559
PPDE (4)	0.000000171782	0.000000098646	0.000000044590
PPDE (5)	0.000000368534	0.000000112722	0.000000046870
PPDE (6)	0.000000575347	0.000000242772	0.000000076970
NEIG	550.261109801489	66.618159943908	8.203339044844
HWAV	0.000002170973	0.000002181285	0.000002262279

3 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000000318503	0.000000207556	0.000000175192
AKDE (0.4)	0.000001205627	0.000000894145	0.000000969145
AKDE (0.6)	0.000006050566	0.000005606622	0.000007650579
AKDE (0.8)	0.000031435485	0.000037931192	0.000075092099
PPDE (4)	0.000000349246	0.000000302176	0.000000293206
PPDE (5)	0.000000532937	0.000000367448	0.000000295157
PPDE (6)	0.000000820650	0.000000382409	0.000000292320
NEIG	303.597307814417	43.351199073423	5.040965343149
HWAV	0.000001694823	0.000001666806	0.000001681453

4 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000188875081	0.000097427452	0.000053969673
AKDE (0.4)	0.001448370645	0.000689622568	0.000438805902
AKDE (0.6)	0.010399504473	0.006036095271	0.005148612193
AKDE (0.8)	0.014402066830	0.022648483289	0.019114770342
PPDE (4)	0.000012729037	0.000006005213	0.000002951310
PPDE (5)	0.000022980643	0.000007477430	0.000003797182
PPDE (6)	0.000047487262	0.000009281303	0.000004881987
NEIG	31278.009632844300	3734.043559188970	560.157296215622
HWAV	0.000308639386	0.000287959830	0.000283636570

5 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000005932786	0.000003919906	0.000003472014
AKDE (0.4)	0.000019915892	0.000015788818	0.000014553948
AKDE (0.6)	0.000092510449	0.000090880486	0.000099614836
AKDE (0.8)	0.000577360975	0.000692699564	0.001108346586
PPDE (4)	0.000000155728	0.000000815527	0.000000619064
PPDE (5)	0.000000179326	0.000000411574	0.000000326552
PPDE (6)	0.000000197491	0.000000268457	0.000000183749
NEIG	2576.107636576600	267.544761544319	27.395234780908
HWAV	0.000003817929	0.000003759524	0.000003763156

6 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000003066488	0.000002089982	0.000001882883
AKDE (0.4)	0.000010986014	0.000008260105	0.000007533938
AKDE (0.6)	0.000053713382	0.000048439246	0.000051129601
AKDE (0.8)	0.000376294982	0.000424782147	0.000626791584
PPDE (4)	0.000000234444	0.000000226373	0.000000222922
PPDE (5)	0.000000255068	0.000000236179	0.000000216582
PPDE (6)	0.000000238547	0.000000215237	0.000000204306
NEIG	894.731011308857	131.750619202665	12.491964214916
HWAV	0.000001822770	0.000001808143	0.000001816596

7 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000003161200	0.000002941216	0.000002852548
AKDE (0.4)	0.000002115518	0.000002018426	0.000002164127
AKDE (0.6)	0.000010645384	0.000014132249	0.000029877289
AKDE (0.8)	0.000360549782	0.000561508453	0.001779365826
PPDE (4)	0.000005043741	0.000004796879	0.000004789657
PPDE (5)	0.000005039486	0.000004791999	0.000004912792
PPDE (6)	0.000005150551	0.000004801972	0.000004926534
NEIG	109.799942634241	14.844798872533	2.916558285111
HWAV	0.000006188974	0.000005927979	0.000006042739

8 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001736139	0.000001653663	0.000001584050
AKDE (0.4)	0.000001571764	0.000001666141	0.000001825229
AKDE (0.6)	0.000013425299	0.000019655417	0.000032873623
AKDE (0.8)	0.000428441983	0.000808583559	0.001994128029
PPDE (4)	0.000002933139	0.000002688516	0.000002722979
PPDE (5)	0.000002930261	0.000002671161	0.000002706076
PPDE (6)	0.000002940128	0.000002693381	0.000002707093
NEIG	100.049711454072	13.338912879855	2.448864168379
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

9 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000000891265	0.000000842481	0.000000821933
AKDE (0.4)	0.000001120492	0.000001172859	0.000001343402
AKDE (0.6)	0.000014824647	0.000020774106	0.000034859621
AKDE (0.8)	0.000589779813	0.001135851652	0.002848498591
PPDE (4)	0.000001552244	0.000001512580	0.000001513852
PPDE (5)	0.000001552561	0.000001504078	0.000001507785
PPDE (6)	0.000001559886	0.000001507558	0.000001506202
NEIG	66.712173973268	12.267265363609	2.168343647550
HWAV	0.000001731583	0.000001707030	0.000001710570

10 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000006416438	0.000006355707	0.000006793735
AKDE (0.4)	0.000019431831	0.000021556930	0.000023791900
AKDE (0.6)	0.000075266394	0.000105987091	0.000133188590
AKDE (0.8)	0.000380042233	0.000837426036	0.001403756264
PPDE (4)	0.000000574984	0.000000582648	0.000000652116
PPDE (5)	0.000000616548	0.000000626237	0.000000725154
PPDE (6)	0.000000394812	0.000000566297	0.000000596642
NEIG	7854.416103326130	857.834150965877	96.358721967043
HWAV	0.000002463208	0.000002397738	0.000002419165

Su klasterizavimu:Klasterizavimas k-vidurkių:

11 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001955786	0.000001098581	0.000000891420
AKDE (0.4)	0.000005806295	0.000004064912	0.000004268319
AKDE (0.6)	0.000020936616	0.000019485044	0.000026214431
AKDE (0.8)	0.000084621284	0.000110374437	0.000207239967
PPDE (4)	0.000001432436	0.000001282305	0.000001279651
PPDE (5)	0.000001621594	0.000001278961	0.000001300870
PPDE (6)	0.000001920735	0.000001472209	0.000001488346
NEIG	48206.783037579600	1549.368016637320	103.291998767855
HWAV	0.000003459149	0.000003527374	0.000003619038

12 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001750274	0.000000853375	0.000000656217
AKDE (0.4)	0.000005839276	0.000003233309	0.000003192565
AKDE (0.6)	0.000023563318	0.000015247391	0.000019700048
AKDE (0.8)	0.000109210311	0.000083536053	0.000157359083
PPDE (4)	0.000000951928	0.000000904410	0.000000919712
PPDE (5)	0.000000988166	0.000000928585	0.000000969456
PPDE (6)	0.000001300032	0.000001007895	0.000001076031
NEIG	37757.338744296200	1040.362415221170	66.889623478908
HWAV	0.000002170972	0.000002181285	0.000002262279

13 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001164239	0.000000653891	0.000000497516
AKDE (0.4)	0.000004060965	0.000002714053	0.000002685851
AKDE (0.6)	0.000017215631	0.000014181306	0.000018674333
AKDE (0.8)	0.000083848703	0.000086879640	0.000169938731
PPDE (4)	0.000000789993	0.000000767432	0.000000728149
PPDE (5)	0.000000945920	0.000000858985	0.000000828844
PPDE (6)	0.000001045587	0.000000965544	0.000000920820
NEIG	29323.677927012800	728.325349883267	47.348458591139
HWAV	0.000001694822	0.000001666806	0.000001681453

14 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000175142584	0.000098451008	0.000054533482
AKDE (0.4)	0.001020603570	0.000587561244	0.000343330001
AKDE (0.6)	0.007480731641	0.004644487738	0.002757181168
AKDE (0.8)	0.015509249642	0.017686376040	0.016718726292
PPDE (4)	0.000101420776	0.000131551291	0.000048946853
PPDE (5)	0.000112571298	0.000125317820	0.000087964766
PPDE (6)	0.000124114694	0.000130493583	0.000085585878
NEIG	69463.571142045100	22288.520719479200	3802.548656146820
HWAV	0.000308639269	0.000287959825	0.000283636570

15 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000006889857	0.000004123507	0.000003750498
AKDE (0.4)	0.000020103339	0.000013806161	0.000013386142
AKDE (0.6)	0.000076828806	0.000062501993	0.000074253303
AKDE (0.8)	0.000358130058	0.000359429529	0.000658254909
PPDE (4)	0.000001433783	0.000001068873	0.000001321040
PPDE (5)	0.000001479848	0.000001021405	0.000001295105
PPDE (6)	0.000002286653	0.000001169134	0.000001446291
NEIG	68450.854975904900	2892.978934622230	202.181901218897
HWAV	0.000003817926	0.000003759524	0.000003763156

16 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000006072494	0.000003778338	0.000003084851
AKDE (0.4)	0.000015630370	0.000010766619	0.000009677311
AKDE (0.6)	0.000052333358	0.000043207691	0.000046382414
AKDE (0.8)	0.000219429227	0.000231823605	0.000338952964
PPDE (4)	0.000001008522	0.000000939728	0.000001099446
PPDE (5)	0.000001155719	0.000000836815	0.000001051833
PPDE (6)	0.000001229818	0.000000940098	0.000001134250
NEIG	41978.717223601500	1672.541823341540	112.343197279319
HWAV	0.000001822769	0.000001808143	0.000001816596

17 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000003286570	0.000003053925	0.000002957472
AKDE (0.4)	0.000002320021	0.000002207721	0.000002185605
AKDE (0.6)	0.000003906121	0.000005493222	0.000010176072
AKDE (0.8)	0.000074771903	0.000140313569	0.000372691689
PPDE (4)	0.000005360625	0.000005053457	0.000005131505
PPDE (5)	0.000005349797	0.000005059236	0.000005112002
PPDE (6)	0.000005405599	0.000005098320	0.000005127075
NEIG	13898.157492055000	244.770746702312	20.542370139520
HWAV	0.000006188973	0.000005927979	0.000006042739

18 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001780457	0.000001697762	0.000001625488
AKDE (0.4)	0.000001491017	0.000001586292	0.000001617882
AKDE (0.6)	0.000005142874	0.000008106787	0.000011977871
AKDE (0.8)	0.000095859243	0.000193202589	0.000389888943
PPDE (4)	0.000003075924	0.000002850978	0.000002814870
PPDE (5)	0.000003058782	0.000002877041	0.000002832685
PPDE (6)	0.000003099324	0.000002877335	0.000002843425
NEIG	10250.072897993000	184.308036520389	15.837360081224
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

19 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001042086	0.000000956116	0.000000984084
AKDE (0.4)	0.000002063973	0.000001805281	0.000002213993
AKDE (0.6)	0.000007644718	0.000006920472	0.000011806745
AKDE (0.8)	0.000040473922	0.000041518177	0.000107944246
PPDE (4)	0.000001389757	0.000001390570	0.000001176777
PPDE (5)	0.000001434889	0.000001430335	0.000001404287
PPDE (6)	0.000001440151	0.000001432899	0.000001444977
NEIG	30745.425581623000	440.136353066922	26.536568400097
HWAV	0.000001731581	0.000001707030	0.000001710570

20 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000025291617	0.000018530598	0.000016095640
AKDE (0.4)	0.000052406236	0.000046183022	0.000041937860
AKDE (0.6)	0.000145127747	0.000160346413	0.000166391995
AKDE (0.8)	0.000559800580	0.000799245761	0.001122694880
PPDE (4)	0.000000597250	0.000001024881	0.000000738218
PPDE (5)	0.000001080934	0.000000963566	0.000000755334
PPDE (6)	0.000001231961	0.000001118868	0.000000797432
NEIG	17540.932171625900	7487.763442521180	1768.582049464740
HWAV	0.000002463161	0.000002397737	0.000002419165

Klasterizavimas hierarchinis Ward:

21 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001668880	0.000000942284	0.000000771850
AKDE (0.4)	0.000005029060	0.000003921749	0.000003895938
AKDE (0.6)	0.000018441245	0.000021264412	0.000026380326
AKDE (0.8)	0.000075607118	0.000139882586	0.000243381990
PPDE (4)	0.000001231106	0.000000767887	0.000000519657
PPDE (5)	0.000001595935	0.000000854412	0.000000654463
PPDE (6)	0.000001968044	0.000000911595	0.000000686134
NEIG	49472.892287643700	3751.444642561340	93.734184090076
HWAV	0.000003459149	0.000003527373	0.000003619038

22 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001404729	0.000000728052	0.000000534950
AKDE (0.4)	0.000004732620	0.000002974564	0.000002717862
AKDE (0.6)	0.000018930607	0.000014719826	0.000017708770
AKDE (0.8)	0.000084615830	0.000084381826	0.000152241757
PPDE (4)	0.000000954839	0.000000892545	0.000000816187
PPDE (5)	0.000001202360	0.000001026436	0.000000842609
PPDE (6)	0.000001345012	0.000001106750	0.000000932733
NEIG	41981.447381821200	1000.758660152780	72.371699103756
HWAV	0.000002170971	0.000002181285	0.000002262279

23 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001082487	0.000000625801	0.000000481668
AKDE (0.4)	0.000003813687	0.000002608958	0.000002599534
AKDE (0.6)	0.000016229799	0.000013706860	0.000018055766
AKDE (0.8)	0.000079037900	0.000084941242	0.000163959618
PPDE (4)	0.000000840053	0.000000705996	0.000000736422
PPDE (5)	0.000000920841	0.000000782161	0.000000843655
PPDE (6)	0.000001057127	0.000000946018	0.000000904003
NEIG	26284.720118826100	731.293430455653	47.447916309347
HWAV	0.000001694821	0.000001666806	0.000001681453

24 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000239626884	0.000079227272	0.000049521838
AKDE (0.4)	0.001582279350	0.000457361584	0.000347059841
AKDE (0.6)	0.008230981919	0.003036629388	0.003255306822
AKDE (0.8)	0.012961791037	0.018624042614	0.014778747106
PPDE (4)	0.000118233515	0.000048962124	0.000019941775
PPDE (5)	0.000127400242	0.000074331589	0.000019858486
PPDE (6)	0.000147816394	0.000084345699	0.000020402218
NEIG	46968.652671513100	22433.302636800400	3464.071127844510
HWAV	0.000308638442	0.000287959822	0.000283636570

25 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000005989709	0.000003514959	0.000003086035
AKDE (0.4)	0.000018215534	0.000011285498	0.000010996913
AKDE (0.6)	0.000074179848	0.000048486519	0.000057922410
AKDE (0.8)	0.000383419780	0.000273303964	0.000465197484
PPDE (4)	0.000000701648	0.000000460046	0.000000489749
PPDE (5)	0.000000680485	0.000000528704	0.000000604500
PPDE (6)	0.000000951744	0.000000511261	0.000000716385
NEIG	56869.204789149400	3204.552725989440	202.857184519554
HWAV	0.000003817924	0.000003759524	0.000003763156

26 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000005095493	0.000003553532	0.000002627379
AKDE (0.4)	0.000014108893	0.000010347106	0.000008318231
AKDE (0.6)	0.000050898345	0.000042280618	0.000040510692
AKDE (0.8)	0.000232230895	0.000230543688	0.000308902630
PPDE (4)	0.000000967535	0.000000864469	0.000000716100
PPDE (5)	0.000001257544	0.000000889744	0.000000871073
PPDE (6)	0.000001019353	0.000001028271	0.000000912068
NEIG	37654.634941984400	1569.084348439360	125.211228269940
HWAV	0.000001822768	0.000001808143	0.000001816596

27 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000002979608	0.000002868026	0.000002773255
AKDE (0.4)	0.000002154609	0.000002129229	0.000002260589
AKDE (0.6)	0.000010023017	0.000008737029	0.000014019910
AKDE (0.8)	0.000253749308	0.000223578817	0.000473582584
PPDE (4)	0.000004841530	0.000004567143	0.000004757961
PPDE (5)	0.000005271421	0.000004635387	0.000004771150
PPDE (6)	0.000005377609	0.000004648099	0.000004721848
NEIG	333.137573573484	668.320504692739	7.087989041650
HWAV	0.000006188965	0.000005927979	0.000006042739

28 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001820235	0.000001621550	0.000001573237
AKDE (0.4)	0.000001535706	0.000001687133	0.000001742536
AKDE (0.6)	0.000005191270	0.000013336160	0.000015055671
AKDE (0.8)	0.000106065953	0.000369555162	0.000498479754
PPDE (4)	0.000002944255	0.000002702479	0.000002710232
PPDE (5)	0.000002990567	0.000002692988	0.000002695183
PPDE (6)	0.000003002808	0.000002696364	0.000002722329
NEIG	9257.663665287190	1117.405634078890	7.661927607549
HWAV	0.000003446212	0.000003335468	0.000003323883

29 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001133445	0.000001027551	0.000000941068
AKDE (0.4)	0.000002305050	0.000001920874	0.000002136648
AKDE (0.6)	0.000008243814	0.000006650571	0.000012654965
AKDE (0.8)	0.000040992139	0.000034413686	0.000133001707
PPDE (4)	0.000001409006	0.000001163257	0.000001407490
PPDE (5)	0.000001467319	0.000001233818	0.000001516739
PPDE (6)	0.000001576827	0.000001560397	0.000001532461
NEIG	10263.099286224600	388.532264229741	21.499785829711
HWAV	0.000001731581	0.000001707030	0.000001710570

30 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000018669233	0.000016265594	0.000010382579
AKDE (0.4)	0.000044491239	0.000039186566	0.000030277599
AKDE (0.6)	0.000135026672	0.000134972989	0.000141016677
AKDE (0.8)	0.000538436010	0.000735925038	0.001205722203
PPDE (4)	0.000000841971	0.000000705990	0.000000608501
PPDE (5)	0.000000998597	0.000000712338	0.000000651106
PPDE (6)	0.000000989207	0.000000714168	0.000000579128
NEIG	17767.536551197100	3687.224890556350	1223.653840019350
HWAV	0.000002463146	0.000002397731	0.000002419164

Klasterizavimas k-artimiausių kaimynų:**31 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001498459	0.000000954533	0.000000757672
AKDE (0.4)	0.000005455002	0.000004511449	0.000004312557
AKDE (0.6)	0.000024922862	0.000027786899	0.000032416921
AKDE (0.8)	0.000134930305	0.000211177192	0.000324785905
PPDE (4)	0.000000079612	0.000000028923	0.000000021419
PPDE (5)	0.000000097534	0.000000042335	0.000000019370
PPDE (6)	0.000000193603	0.000000231726	0.000000022094
NEIG	937.437635134917	111.531292715577	13.544103455088
HWAV	0.000003459151	0.000003527374	0.000003619038

32 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001549796	0.000000586045	0.000000573543
AKDE (0.4)	0.000005235491	0.000002460274	0.000003016328
AKDE (0.6)	0.000021219471	0.000012581361	0.000020153111
AKDE (0.8)	0.000098666230	0.000076736293	0.000176510498
PPDE (4)	0.000001021401	0.000001000874	0.000000840808
PPDE (5)	0.000001207111	0.000001071718	0.000000901109
PPDE (6)	0.000001388020	0.000001196160	0.000001026400
NEIG	36145.788465998700	9025.404476127100	74.880639328852
HWAV	0.000002170972	0.000002181284	0.000002262279

33 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001143385	0.000000634995	0.000000488630
AKDE (0.4)	0.000003986136	0.000002629233	0.000002650613
AKDE (0.6)	0.000016814512	0.000013760512	0.000018452685
AKDE (0.8)	0.000081262374	0.000085233929	0.000167925185
PPDE (4)	0.000000890882	0.000000702449	0.000000735334
PPDE (5)	0.000001019898	0.000000818381	0.000000832765
PPDE (6)	0.000001166848	0.000000995996	0.000000932491
NEIG	26308.356825303500	740.598502096067	48.264611624109
HWAV	0.000001694822	0.000001666806	0.000001681453

34 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000188875081	0.000083610750	0.000053969673
AKDE (0.4)	0.001448370645	0.000493300099	0.000438805902
AKDE (0.6)	0.010399504473	0.003336353784	0.005148612193
AKDE (0.8)	0.014402066830	0.018072415152	0.019114770342
PPDE (4)	0.000012729037	0.000043665295	0.000002951310
PPDE (5)	0.000022980643	0.000065553811	0.000003797182
PPDE (6)	0.000047487262	0.000081978224	0.000004881987
NEIG	31278.009632844300	17962.042511381200	560.157296215622
HWAV	0.000308639386	0.000287959822	0.000283636570

35 lentelė

V-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000006113849	0.000003919906	0.000003472014
AKDE (0.4)	0.000018580537	0.000015788818	0.000014553948
AKDE (0.6)	0.000078545468	0.000090880486	0.000099614836
AKDE (0.8)	0.000455945686	0.000692699564	0.001108346586
PPDE (4)	0.000000435864	0.000000815527	0.000000619064
PPDE (5)	0.000001033100	0.000000411574	0.000000326552
PPDE (6)	0.000001212559	0.000000268457	0.000000183749
NEIG	7672.292000363260	267.544761544319	27.395234780908
HWAV	0.000003817907	0.000003759524	0.000003763156

36 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000005141477	0.000002827725	0.000002808207
AKDE (0.4)	0.000012950196	0.000007869765	0.000009521730
AKDE (0.6)	0.000041787406	0.000030680487	0.000050370350
AKDE (0.8)	0.000169681511	0.000161520239	0.000413861464
PPDE (4)	0.000001134624	0.000000731090	0.000000868512
PPDE (5)	0.000001363998	0.000000915189	0.000000973569
PPDE (6)	0.000001429980	0.000001138507	0.000000969809
NEIG	28148.494136465500	10648.304035760400	105.792154746320
HWAV	0.000001822754	0.000001808142	0.000001816596

37 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000003161200	0.000002941216	0.000002852548
AKDE (0.4)	0.000002115518	0.000002018426	0.000002164127
AKDE (0.6)	0.000010645384	0.000014132249	0.000029877289
AKDE (0.8)	0.000360549782	0.000561508453	0.001779365826
PPDE (4)	0.000005043741	0.000004796879	0.000004789657
PPDE (5)	0.000005039486	0.000004791999	0.000004912792
PPDE (6)	0.000005150551	0.000004801972	0.000004926534
NEIG	109.799942634241	14.844798872533	2.916558285111
HWAV	0.000006188974	0.000005927979	0.000006042739

38 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001736139	0.000001653663	0.000001584050
AKDE (0.4)	0.000001571764	0.000001666141	0.000001825229
AKDE (0.6)	0.000013425299	0.000019655417	0.000032873623
AKDE (0.8)	0.000428441983	0.000808583559	0.001994128029
PPDE (4)	0.000002933139	0.000002688516	0.000002722979
PPDE (5)	0.000002930261	0.000002671161	0.000002706076
PPDE (6)	0.000002940128	0.000002693381	0.000002707093
NEIG	100.049711454072	13.338912879855	2.448864168379
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

39 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000000891265	0.000000839729	0.000000821933
AKDE (0.4)	0.000001120492	0.000001161773	0.000001343402
AKDE (0.6)	0.000014824647	0.000019478808	0.000034859621
AKDE (0.8)	0.000589779813	0.001012665290	0.002848498591
PPDE (4)	0.000001552244	0.000001528609	0.000001513852
PPDE (5)	0.000001552561	0.000001523608	0.000001507785
PPDE (6)	0.000001559886	0.000001525295	0.000001506202
NEIG	66.712173973268	14.060696207585	2.168343647550
HWAV	0.000001731583	0.000001706985	0.000001710570

40 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000032676257	0.000009073342	0.000009442942
AKDE (0.4)	0.000075101472	0.000029052869	0.000031731316
AKDE (0.6)	0.000224295279	0.000139010037	0.000178548286
AKDE (0.8)	0.000922090913	0.001112115162	0.001998012159
PPDE (4)	0.000000781256	0.000000976387	0.000000864746
PPDE (5)	0.000000735001	0.000000894857	0.000000816844
PPDE (6)	0.000000746765	0.000000694579	0.000000763491
NEIG	46564.646416383800	3128.465745069810	1223.653840019350
HWAV	0.000002458529	0.000002397735	0.000002419165

Su transformavimu ir klasterizavimu:**Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas k-vidurkių:**

41 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001900368	0.000001126104	0.000000842612
AKDE (0.4)	0.000006207844	0.000004257185	0.000004017431
AKDE (0.6)	0.000025083074	0.000020784539	0.000024559887
AKDE (0.8)	0.000119320063	0.000121762277	0.000190978411
PPDE (4)	0.000001306456	0.000001441985	0.000000793460
PPDE (5)	0.000001325695	0.000001481460	0.000000793267
PPDE (6)	0.000001949565	0.000001478955	0.000000963634
NEIG	55241.901741294900	1399.833621073920	97.027853516223
HWAV	0.000003459149	0.000003527374	0.000003619038

42 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001240816	0.000000653611	0.000000492661
AKDE (0.4)	0.000004055050	0.000002386278	0.000002278087
AKDE (0.6)	0.000015889889	0.000010751783	0.000013197744
AKDE (0.8)	0.000071120663	0.000056307984	0.000097264622
PPDE (4)	0.000001121919	0.000000465569	0.000000594346
PPDE (5)	0.000001188111	0.000001024500	0.000000747352
PPDE (6)	0.000001027496	0.000000892292	0.000000585055
NEIG	58052.294543221500	949.913483933314	64.447611987474
HWAV	0.000002170972	0.000002181285	0.000002262279

43 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001160762	0.000000655604	0.000000496315
AKDE (0.4)	0.000004050701	0.000002708496	0.000002677229
AKDE (0.6)	0.000017182323	0.000014105758	0.000018614012
AKDE (0.8)	0.000083787474	0.000086254883	0.000169426899
PPDE (4)	0.000000496361	0.000000385323	0.000000374948
PPDE (5)	0.000000802690	0.000000788953	0.000000753697
PPDE (6)	0.000000928409	0.000000483688	0.000000723580
NEIG	27648.482973716100	726.386248712629	47.237350482886
HWAV	0.000001694822	0.000001666806	0.000001681453

44 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000174559366	0.000091115430	0.000057180008
AKDE (0.4)	0.001032073726	0.000447812082	0.000328034565
AKDE (0.6)	0.006834346782	0.002598635904	0.002382140774
AKDE (0.8)	0.010567654128	0.016837428882	0.013155644604
PPDE (4)	0.000077442028	0.000086887675	0.000069812813
PPDE (5)	0.000114193339	0.000046219171	0.000055977583
PPDE (6)	0.000124688515	0.000054655091	0.000071446884
NEIG	79727.132113873800	24099.212497901400	3079.638921138390
HWAV	0.000308639258	0.000287959827	0.000283636570

45 lentelė

V-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000006382508	0.000004451001	0.000003704749
AKDE (0.4)	0.000016388773	0.000016029323	0.000013893822
AKDE (0.6)	0.000052545319	0.000079482419	0.000079418492
AKDE (0.8)	0.000206115409	0.000528680521	0.000714075657
PPDE (4)	0.000000328561	0.000000343492	0.000000298265
PPDE (5)	0.000000765807	0.000000538810	0.000000326623
PPDE (6)	0.000001382233	0.000000585434	0.000000419111
NEIG	64294.021777806700	3086.486451860150	174.975084705378
HWAV	0.000003817927	0.000003759524	0.000003763156

46 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000005974817	0.000003537672	0.000002929392
AKDE (0.4)	0.000015476498	0.000010640467	0.000009649265
AKDE (0.6)	0.000052082448	0.000045868274	0.000049294216
AKDE (0.8)	0.000219047515	0.000270850332	0.000386442153
PPDE (4)	0.000000344375	0.000000418604	0.000000567079
PPDE (5)	0.000000420028	0.000000429476	0.000000638113
PPDE (6)	0.000000370400	0.000000222617	0.000000441004
NEIG	40303.410869004000	1716.815228075940	105.504233175751
HWAV	0.000001822769	0.000001808143	0.000001816596

47 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000003113513	0.000003013203	0.000002936280
AKDE (0.4)	0.000002356791	0.000002181695	0.000002294411
AKDE (0.6)	0.000006659905	0.000005400357	0.000015059819
AKDE (0.8)	0.000125867606	0.000131772292	0.000623687746
PPDE (4)	0.000005187415	0.000004576223	0.000004841665
PPDE (5)	0.000005066606	0.000004577875	0.000004831060
PPDE (6)	0.000005426101	0.000004780308	0.000004795075
NEIG	14990.733449042400	233.472551741840	16.907268975287
HWAV	0.000006188973	0.000005927979	0.000006042739

48 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001716359	0.000001676174	0.000001624526
AKDE (0.4)	0.000001663744	0.000001578992	0.000001763679
AKDE (0.6)	0.000008670353	0.000008163711	0.000017100705
AKDE (0.8)	0.000167459550	0.000193800193	0.000678821644
PPDE (4)	0.000002766814	0.000002611762	0.000002666032
PPDE (5)	0.000002787220	0.000002575709	0.000002681189
PPDE (6)	0.000002864277	0.000002547269	0.000002765168
NEIG	14517.518776349000	175.165084651460	13.478427603965
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

49 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000000887787	0.000000843207	0.000000838887
AKDE (0.4)	0.000001016774	0.000001073944	0.000001142704
AKDE (0.6)	0.000006642920	0.000009062256	0.000013149002
AKDE (0.8)	0.000134019271	0.000257412691	0.000536428203
PPDE (4)	0.000001494411	0.000001424314	0.000001529563
PPDE (5)	0.000001510168	0.000001444196	0.000001470468
PPDE (6)	0.000001494988	0.000001447321	0.000001507484
NEIG	8509.731121913700	127.280990097269	13.803390987621
HWAV	0.000001731582	0.000001707030	0.000001710570

50 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000026840833	0.000019627147	0.000019494799
AKDE (0.4)	0.000073554067	0.000056482069	0.000059974674
AKDE (0.6)	0.000278014242	0.000257691700	0.000325301345
AKDE (0.8)	0.001485595495	0.002009764770	0.003585788446
PPDE (4)	0.000000685782	0.000000730790	0.000000821375
PPDE (5)	0.000000587945	0.000000613465	0.000000678790
PPDE (6)	0.000000389695	0.000000550643	0.000000602547
NEIG	43332.778914995400	9512.196672956210	674.607269011708
HWAV	0.000002463193	0.000002397737	0.000002419165

Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas hierarchinis Ward:

51 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001686386	0.000000938298	0.000000776868
AKDE (0.4)	0.000005711929	0.000004206007	0.000003834152
AKDE (0.6)	0.000023603547	0.000024831934	0.000025264559
AKDE (0.8)	0.000112475434	0.000182925385	0.000229876895
PPDE (4)	0.000000091494	0.000000028483	0.000000266891
PPDE (5)	0.000000229544	0.000000189067	0.000000276442
PPDE (6)	0.000001658794	0.000000182700	0.000000274225
NEIG	28170.672231692500	5598.986139079510	211.164391827150
HWAV	0.000003459147	0.000003527373	0.000003619038

52 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001193146	0.000000562177	0.000000426381
AKDE (0.4)	0.000004078457	0.000002270121	0.000002079922
AKDE (0.6)	0.000016320559	0.000010826371	0.000013121265
AKDE (0.8)	0.000073561970	0.000057794181	0.000109569816
PPDE (4)	0.000000284239	0.000000117785	0.000000079510
PPDE (5)	0.000000367732	0.000000112368	0.000000163710
PPDE (6)	0.000000787018	0.000000290554	0.000000182023
NEIG	25618.849279422300	3965.810838957280	76.248055740615
HWAV	0.000002170968	0.000002181285	0.000002262279

53 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001112624	0.000000626103	0.000000483909
AKDE (0.4)	0.000003957917	0.000002606741	0.000002610995
AKDE (0.6)	0.000016960417	0.000013728668	0.000018129494
AKDE (0.8)	0.000083885435	0.000085861597	0.000164649169
PPDE (4)	0.000000565550	0.000000359523	0.000000415660
PPDE (5)	0.000000863058	0.000000722397	0.000000767701
PPDE (6)	0.000000804485	0.000000545379	0.000000673153
NEIG	27126.085334272700	745.543033564833	47.489179270357
HWAV	0.000001694821	0.000001666806	0.000001681453

54 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000237128871	0.000085217065	0.000050790114
AKDE (0.4)	0.001467782649	0.000541160795	0.000343502621
AKDE (0.6)	0.008267455676	0.004282492247	0.002949310172
AKDE (0.8)	0.015718749501	0.017876856298	0.012949706338
PPDE (4)	0.000037565883	0.000003956972	0.000052036036
PPDE (5)	0.000073402472	0.000008894170	0.000057092016
PPDE (6)	0.000088062445	0.000013447942	0.000100493176
NEIG	81998.835599887900	27055.453422108400	2890.687309626750
HWAV	0.000308639164	0.000287959805	0.000283636570

55 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000006378938	0.000003952441	0.000003432570
AKDE (0.4)	0.000018324565	0.000015328753	0.000012928220
AKDE (0.6)	0.000069899124	0.000082698580	0.000076030636
AKDE (0.8)	0.000342401661	0.000591258710	0.000719767885
PPDE (4)	0.000000106899	0.000000812186	0.000000714192
PPDE (5)	0.000000134736	0.000000190146	0.000000413137
PPDE (6)	0.000000322186	0.000000116717	0.000000109594
NEIG	9935.908813987720	7934.054751333960	289.408898746581
HWAV	0.000003817902	0.000003759523	0.000003763156

56 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000005653870	0.000003562593	0.000002663326
AKDE (0.4)	0.000014239864	0.000010329913	0.000008806240
AKDE (0.6)	0.000046775774	0.000042394648	0.000045850898
AKDE (0.8)	0.000195945065	0.000235551487	0.000377356076
PPDE (4)	0.000000416153	0.000000486682	0.000000335161
PPDE (5)	0.000000582227	0.000000694383	0.000000364982
PPDE (6)	0.000000381672	0.000000681400	0.000000262227
NEIG	58972.780684422300	1663.465034909500	100.518213662141
HWAV	0.000001822768	0.000001808143	0.000001816596

57 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000003037858	0.000002916109	0.000002798027
AKDE (0.4)	0.000002176146	0.000002151737	0.000002287834
AKDE (0.6)	0.000008968823	0.000009558542	0.000022345242
AKDE (0.8)	0.000225690863	0.000278603261	0.001001954059
PPDE (4)	0.000005042839	0.000004737893	0.000004866295
PPDE (5)	0.000005131744	0.000004794980	0.000004976870
PPDE (6)	0.000005190485	0.000004768958	0.000004996770
NEIG	336.035867497194	2309.784639112020	31.614004088258
HWAV	0.000006188962	0.000005927979	0.000006042739

58 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001674015	0.000001617382	0.000001582090
AKDE (0.4)	0.000001656839	0.000001691096	0.000001815204
AKDE (0.6)	0.000012497374	0.000013854159	0.000022927960
AKDE (0.8)	0.000318660833	0.000409867319	0.001085790200
PPDE (4)	0.000002950750	0.000002734863	0.000002734423
PPDE (5)	0.000002946127	0.000002689920	0.000002710173
PPDE (6)	0.000002897318	0.000002680504	0.000002697839
NEIG	210.695091512148	464.304407222223	37.170564758417
HWAV	0.000003446195	0.000003335468	0.000003323883

59 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000000860337	0.000001037343	0.000000973214
AKDE (0.4)	0.000001122244	0.000001928999	0.000002192335
AKDE (0.6)	0.000008064073	0.000006550611	0.000012027163
AKDE (0.8)	0.000165297722	0.000033145665	0.000113423578
PPDE (4)	0.000001553211	0.000001377891	0.000001578878
PPDE (5)	0.000001555272	0.000001379628	0.000001545931
PPDE (6)	0.000001576317	0.000001280179	0.000001521839
NEIG	2288.878016992680	421.553865146452	24.070731281291
HWAV	0.000001731582	0.000001707030	0.000001710570

60 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000029832685	0.000023300824	0.000022207953
AKDE (0.4)	0.000079262008	0.000062608348	0.000063725726
AKDE (0.6)	0.000288504104	0.000260719784	0.000315779731
AKDE (0.8)	0.001480901923	0.001804809331	0.003099736124
PPDE (4)	0.000000657863	0.000000628953	0.000000641510
PPDE (5)	0.000000539266	0.000000752218	0.000000920829
PPDE (6)	0.000000444902	0.000000591344	0.000000648524
NEIG	57729.778607665200	7244.827738406820	712.649065408004
HWAV	0.000002463192	0.000002397738	0.000002419165

Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas k-artimiausių kaimynų:**61 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001990983	0.000000954533	0.000000757672
AKDE (0.4)	0.000006595213	0.000004511449	0.000004312557
AKDE (0.6)	0.000027212306	0.000027786899	0.000032416921
AKDE (0.8)	0.000133989533	0.000211177192	0.000324785905
PPDE (4)	0.000000079612	0.000000028923	0.000000021419
PPDE (5)	0.000000112972	0.000000042335	0.000000019370
PPDE (6)	0.000000418208	0.000000231726	0.000000022094
NEIG	4678.060894107000	111.531292715577	13.544103455088
HWAV	0.000003459033	0.000003527374	0.000003619038

62 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001239089	0.000000529494	0.000000412814
AKDE (0.4)	0.000004507019	0.000002292664	0.000002398929
AKDE (0.6)	0.000019680565	0.000011838530	0.000018234986
AKDE (0.8)	0.000099239606	0.000069285746	0.000188204411
PPDE (4)	0.000000303436	0.000000098646	0.000000303082
PPDE (5)	0.000000495151	0.000000112722	0.000000434223
PPDE (6)	0.000000186064	0.000000242772	0.000000411267
NEIG	34081.899597198200	66.618159943908	61.389133939905
HWAV	0.000002170971	0.000002181285	0.000002262279

63 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001067624	0.000000636819	0.000000488614
AKDE (0.4)	0.000003601630	0.000002642282	0.000002649184
AKDE (0.6)	0.000014741726	0.000013847084	0.000018476435
AKDE (0.8)	0.000069397419	0.000085834456	0.000168598329
PPDE (4)	0.000000707315	0.000000356204	0.000000451491
PPDE (5)	0.000000914356	0.000000792254	0.000000804968
PPDE (6)	0.000001016489	0.000000655982	0.000000616448
NEIG	34141.240198700600	738.380866243154	47.613114589570
HWAV	0.000001694781	0.000001666806	0.000001681453

64 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000123765825	0.000069375589	0.000053969673
AKDE (0.4)	0.000931237596	0.000437883694	0.000438805902
AKDE (0.6)	0.007331037188	0.003107224821	0.005148612193
AKDE (0.8)	0.013892461694	0.017666634011	0.019114770342
PPDE (4)	0.000018159888	0.000031238936	0.000002951310
PPDE (5)	0.000055459299	0.000035204396	0.000003797182
PPDE (6)	0.000082738721	0.000027990418	0.000004881987
NEIG	94339.490156942800	24809.056497705600	560.157296215622
HWAV	0.000308639272	0.000287959828	0.000283636570

65 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000005932786	0.000003919906	0.000003472014
AKDE (0.4)	0.000019915892	0.000015788818	0.000014553948
AKDE (0.6)	0.000092510449	0.000090880486	0.000099614836
AKDE (0.8)	0.000577360975	0.000692699564	0.001108346586
PPDE (4)	0.000000155728	0.000000815527	0.000000619064
PPDE (5)	0.000000179326	0.000000411574	0.000000326552
PPDE (6)	0.000000197491	0.000000268457	0.000000183749
NEIG	2576.107636576600	267.544761544319	27.395234780908
HWAV	0.000003817929	0.000003759524	0.000003763156

66 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000004346397	0.000002738517	0.000002412794
AKDE (0.4)	0.000012805716	0.000009387178	0.000008703621
AKDE (0.6)	0.000049581154	0.000046788803	0.000049960405
AKDE (0.8)	0.000248818196	0.000332267038	0.000457647613
PPDE (4)	0.000000343290	0.000000211745	0.000000239212
PPDE (5)	0.000000263760	0.000000249340	0.000000204780
PPDE (6)	0.000000262782	0.000000207430	0.000000205676
NEIG	34324.125961859100	2146.886236688950	105.853777600200
HWAV	0.000001822768	0.000001808143	0.000001816596

67 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000003161200	0.000002941216	0.000002852548
AKDE (0.4)	0.000002115518	0.000002018426	0.000002164127
AKDE (0.6)	0.000010645384	0.000014132249	0.000029877289
AKDE (0.8)	0.000360549782	0.000561508453	0.001779365826
PPDE (4)	0.000005043741	0.000004796879	0.000004789657
PPDE (5)	0.000005039486	0.000004791999	0.000004912792
PPDE (6)	0.000005150551	0.000004801972	0.000004926534
NEIG	109.799942634241	14.844798872533	2.916558285111
HWAV	0.000006188974	0.000005927979	0.000006042739

68 lentelė**VIII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000001785126	0.000001653663	0.000001664531
AKDE (0.4)	0.000001593518	0.000001666141	0.000001645429
AKDE (0.6)	0.000007034896	0.000019655417	0.000012209533
AKDE (0.8)	0.000137131289	0.000808583559	0.000457299280
PPDE (4)	0.000002673876	0.000002688516	0.000002670370
PPDE (5)	0.000002513310	0.000002671161	0.000002740228
PPDE (6)	0.000002607560	0.000002693381	0.000002769660
NEIG	10952.634261503100	13.338912879855	25.941545036670
HWAV	0.000003446212	0.000003335469	0.000003323883

69 lentelė**IX-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000000931951	0.000000838763	0.000000881031
AKDE (0.4)	0.000000960484	0.000001168050	0.000001387975
AKDE (0.6)	0.000004866049	0.000019995787	0.000012476050
AKDE (0.8)	0.000089702827	0.001052931472	0.000605162659
PPDE (4)	0.000001464067	0.000001512580	0.000001490890
PPDE (5)	0.000001465307	0.000001504078	0.000001523991
PPDE (6)	0.000001512761	0.000001507558	0.000001501567
NEIG	0.000001731583	0.000001706931	0.000001710570
HWAV	0.000001539335	0.000001478279	0.000001500963

70 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000029298504	0.000023592061	0.000025239977
AKDE (0.4)	0.000078712788	0.000063512236	0.000068205553
AKDE (0.6)	0.000290047685	0.000269394803	0.000327102308
AKDE (0.8)	0.001506808574	0.001948987975	0.003237283734
PPDE (4)	0.000000613231	0.000001032507	0.000001275500
PPDE (5)	0.000000470551	0.000000773825	0.000000853951
PPDE (6)	0.000000466037	0.000000702180	0.000000752659
NEIG	55901.862121556600	10438.789079576200	2904.070769876450
HWAV	0.000002463196	0.000002397726	0.000002417277

Dvimačiai stebėjimai (2D):

Be klasterizavimo:

71 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000094707437	0.000043993975	0.000043349115
AKDE (0.4)	0.000112664015	0.000058839992	0.000066922844
AKDE (0.6)	0.000150832277	0.000088398896	0.000102736690
AKDE (0.8)	0.000208967240	0.000133323996	0.000149861696
PPDE (4)	0.000036570538	0.000012072035	0.000012003137
PPDE (5)	0.000058617691	0.000021082248	0.000019598937
PPDE (6)	0.000055356084	0.000027621551	0.000023495943
NEIG	0.021038882502	0.012586689743	0.012096987028
HWAV	0.004336989681	0.004505602318	0.004580530123

72 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000055797553	0.000024261354	0.000023444265
AKDE (0.4)	0.000065341656	0.000025864283	0.000031528260
AKDE (0.6)	0.000088491502	0.000036045949	0.000047003981
AKDE (0.8)	0.000124418019	0.000054851759	0.000069126468
PPDE (4)	0.000094075538	0.000060574102	0.000063000290
PPDE (5)	0.000098541611	0.000063297486	0.000065994148
PPDE (6)	0.000092824146	0.000061147937	0.000065310001
NEIG	0.014927467731	0.008785944919	0.006898853564
HWAV	0.002730921440	0.002778156151	0.002819398405

73 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000094178107	0.000055075917	0.000034561233
AKDE (0.4)	0.000071950822	0.000033918174	0.000023252466
AKDE (0.6)	0.000066548561	0.000026512401	0.000026021043
AKDE (0.8)	0.000077203418	0.000031726022	0.000040119977
PPDE (4)	0.000428444769	0.000395022368	0.000406957802
PPDE (5)	0.000435804659	0.000398927687	0.000409364525
PPDE (6)	0.000439475664	0.000395264668	0.000407096660
NEIG	0.012175403997	0.005517990335	0.004678362550
HWAV	0.002108670297	0.002109266389	0.002127613823

74 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.032910407515	0.040305915839	0.045290075023
AKDE (0.4)	0.070210450374	0.079982410915	0.065599013046
AKDE (0.6)	0.089731291018	0.098697855584	0.081057111452
AKDE (0.8)	0.110408430808	0.114750900532	0.101163207168
PPDE (4)	0.001507293031	0.000653708939	0.000969952375
PPDE (5)	0.001811559315	0.000741193941	0.001996508339
PPDE (6)	0.002004154800	0.000952290920	0.002111134629
NEIG	0.721126545723	0.870140719403	0.559795756090
HWAV	0.339816188097	0.346092237355	0.341539884283

75 lentelė

V-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000194173706	0.000223219001	0.000240147065
AKDE (0.4)	0.000288267089	0.000311919037	0.000311919890
AKDE (0.6)	0.000414722810	0.000415067114	0.000396731649
AKDE (0.8)	0.000575996192	0.000531072540	0.000494115261
PPDE (4)	0.000088857502	0.000128662200	0.000163865408
PPDE (5)	0.000110245109	0.000128536207	0.000165707492
PPDE (6)	0.000117191896	0.000134856972	0.000166961805
NEIG	0.043890932397	0.020178713856	0.018230154700
HWAV	0.004515405882	0.004633512364	0.004698800570

76 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000091417991	0.000115316505	0.000142620883
AKDE (0.4)	0.000130448521	0.000157436571	0.000187162554
AKDE (0.6)	0.000189867528	0.000214169835	0.000242557469
AKDE (0.8)	0.000267077729	0.000282594632	0.000304668799
PPDE (4)	0.000132437919	0.000144277702	0.000157496625
PPDE (5)	0.000133592589	0.000148007232	0.000161191964
PPDE (6)	0.000126971504	0.000148772593	0.000162431131
NEIG	0.018100224445	0.009744010948	0.008731921560
HWAV	0.002273708901	0.002273737003	0.002302138607

77 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.001060399895	0.001086171939	0.001017276662
AKDE (0.4)	0.000965247013	0.001002191497	0.000946267472
AKDE (0.6)	0.000891863665	0.000929979743	0.000884778224
AKDE (0.8)	0.000846753594	0.000877521495	0.000838166307
PPDE (4)	0.001837400744	0.001734565721	0.001782315241
PPDE (5)	0.001821034799	0.001710146263	0.001755505038
PPDE (6)	0.001795660575	0.001685499572	0.001728161154
NEIG	0.013931706225	0.004213389026	0.003978260477
HWAV	0.006248505983	0.006128327453	0.006263176088

78 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000671403177	0.000680082509	0.000654211641
AKDE (0.4)	0.000637071194	0.000646635659	0.000627275663
AKDE (0.6)	0.000618307264	0.000621498491	0.000606576104
AKDE (0.8)	0.000617692626	0.000608514197	0.000594898699
PPDE (4)	0.001125546803	0.001133851339	0.001154008533
PPDE (5)	0.001105996317	0.001123884484	0.001139162873
PPDE (6)	0.001099110593	0.001116995584	0.001128575176
NEIG	0.009537692819	0.003518449757	0.003013937403
HWAV	0.003606596524	0.003555279056	0.003655888284

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000523347456	0.000513202248	0.000498197839
AKDE (0.4)	0.000502693955	0.000489377036	0.000480608437
AKDE (0.6)	0.000502736380	0.000479645872	0.000475216641
AKDE (0.8)	0.000518355813	0.000480382712	0.000477932504
PPDE (4)	0.001073315535	0.001096018127	0.001107643542
PPDE (5)	0.001072162086	0.001095852240	0.001107090965
PPDE (6)	0.001070604009	0.001093276234	0.001104019087
NEIG	0.008009019891	0.002647358545	0.002393296037
HWAV	0.002127047631	0.002126666765	0.002147836937

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.002866215053	0.004281735923	0.005664864971
AKDE (0.4)	0.003655692340	0.005469585835	0.007261291560
AKDE (0.6)	0.004620632854	0.006852658534	0.009110743089
AKDE (0.8)	0.005736141905	0.008379433500	0.011105411721
PPDE (4)	0.000691321958	0.000737980390	0.000821106336
PPDE (5)	0.000825575457	0.000843672796	0.000946146377
PPDE (6)	0.000798023450	0.000785912488	0.000787160350
NEIG	0.249061013795	0.201976168864	0.174735459412
HWAV	0.003022214776	0.003048734574	0.003082370670

Su klasterizavimu:**Klasterizavimas k-vidurkių:****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000116680117	0.000068212090	0.000061513760
AKDE (0.4)	0.000152505973	0.000105064022	0.000096147480
AKDE (0.6)	0.000211981386	0.000163823466	0.000145729596
AKDE (0.8)	0.000298131691	0.000245344334	0.000211160875
PPDE (4)	0.001975620553	0.001885431573	0.001841556840
PPDE (5)	0.001886937606	0.001934394863	0.001855025013
PPDE (6)	0.001893010710	0.001733621260	0.001774000561
NEIG	0.029761994805	0.022197706523	0.018125934103
HWAV	0.004324577007	0.004502714636	0.004579754456

82 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000077808604	0.000030948828	0.000031416152
AKDE (0.4)	0.000108750389	0.000043103785	0.000046361316
AKDE (0.6)	0.000157862034	0.000066060739	0.000069059009
AKDE (0.8)	0.000226934400	0.000101036087	0.000100332435
PPDE (4)	0.001249752139	0.001248197577	0.001189550101
PPDE (5)	0.001240398565	0.001169830632	0.001186562975
PPDE (6)	0.001282892165	0.001190280584	0.001211462460
NEIG	0.024314441812	0.013731381023	0.011123260936
HWAV	0.002721531021	0.002775907660	0.002818830311

83 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000053337686	0.000025051146	0.000021106859
AKDE (0.4)	0.000078976154	0.000036010361	0.000032226171
AKDE (0.6)	0.000124720452	0.000058701085	0.000050104275
AKDE (0.8)	0.000191624839	0.000094676216	0.000075297761
PPDE (4)	0.000978845219	0.001014491974	0.000942523284
PPDE (5)	0.000991370471	0.000950694972	0.000968414645
PPDE (6)	0.001029427022	0.000923230475	0.000997383985
NEIG	0.020076295806	0.009830287422	0.008517160433
HWAV	0.002100604146	0.002107371997	0.002127141185

84 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.021374460515	0.038798137663	0.054899375359
AKDE (0.4)	0.065600297060	0.074596331102	0.071027120357
AKDE (0.6)	0.087911645996	0.100511714717	0.084381698361
AKDE (0.8)	0.129439502444	0.121257765583	0.098134350379
PPDE (4)	0.113894241978	0.127127369945	0.114563489054
PPDE (5)	0.119673178149	0.124938980806	0.109144341208
PPDE (6)	0.115147737554	0.118185025335	0.105627866970
NEIG	1.502280644237	2.094034739789	1.022478167388
HWAV	0.339047376149	0.345889341362	0.341490360324

85 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000258620025	0.000267455769	0.000276845216
AKDE (0.4)	0.000356500952	0.000360301398	0.000346024674
AKDE (0.6)	0.000490668627	0.000478683053	0.000432728339
AKDE (0.8)	0.000663725158	0.000622749847	0.000538042041
PPDE (4)	0.001771443065	0.001789996807	0.001742919081
PPDE (5)	0.001640575200	0.001736328752	0.001698792536
PPDE (6)	0.001781251040	0.001670079417	0.001644972142
NEIG	0.048175215454	0.031163547749	0.026289867976
HWAV	0.004500737057	0.004630191225	0.004697924496

86 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000186707638	0.000193528794	0.000208074351
AKDE (0.4)	0.000274355996	0.000256992916	0.000260189514
AKDE (0.6)	0.000395441289	0.000341726889	0.000325590436
AKDE (0.8)	0.000549402562	0.000447126511	0.000402760760
PPDE (4)	0.001206982341	0.001092228577	0.001033309605
PPDE (5)	0.001204616254	0.001007572512	0.001022629107
PPDE (6)	0.001299020825	0.001058180028	0.001071713447
NEIG	0.031095037001	0.017458180377	0.015468926575
HWAV	0.002263885426	0.002271348899	0.002301501882

87 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.001018813636	0.001065190458	0.001001099949
AKDE (0.4)	0.000963983375	0.001008966449	0.000952985721
AKDE (0.6)	0.000920335938	0.000957694367	0.000909775459
AKDE (0.8)	0.000894101976	0.000915453339	0.000874654500
PPDE (4)	0.001996533950	0.002317943017	0.002556715141
PPDE (5)	0.002034628068	0.002214667740	0.002414076901
PPDE (6)	0.002061514592	0.002205616574	0.002418152891
NEIG	0.016111853000	0.007583343320	0.006272228230
HWAV	0.006242937474	0.006126844141	0.006262822256

88 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000644103150	0.000670169297	0.000650029015
AKDE (0.4)	0.000629200820	0.000650106104	0.000634314359
AKDE (0.6)	0.000624368893	0.000634244678	0.000622215029
AKDE (0.8)	0.000632357129	0.000625134341	0.000616380286
PPDE (4)	0.001165625602	0.001425430933	0.001399486400
PPDE (5)	0.001181672218	0.001358888061	0.001319552397
PPDE (6)	0.001176584015	0.001369474656	0.001316879705
NEIG	0.010826105493	0.005695311342	0.004458847650
HWAV	0.003602784492	0.003554298475	0.003655643502

89 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000472999812	0.000448868102	0.000456054022
AKDE (0.4)	0.000473818566	0.000435212035	0.000448419848
AKDE (0.6)	0.000482727867	0.000424778515	0.000441831050
AKDE (0.8)	0.000499488024	0.000418805436	0.000437095102
PPDE (4)	0.001286581434	0.001362933685	0.001562133373
PPDE (5)	0.001433879343	0.001410718553	0.001619090943
PPDE (6)	0.001405772958	0.001406638268	0.001679228290
NEIG	0.011783036199	0.004873542131	0.004152562998
HWAV	0.002117226614	0.002124203518	0.002147219602

90 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.015325274993	0.015953851217	0.018365328672
AKDE (0.4)	0.017752671365	0.018477458595	0.020884006014
AKDE (0.6)	0.020684586298	0.021583186124	0.023821788021
AKDE (0.8)	0.024039081120	0.025147419337	0.026978438018
PPDE (4)	0.003303185845	0.003065393763	0.003876764111
PPDE (5)	0.004356016893	0.003873261836	0.004201656614
PPDE (6)	0.003321883700	0.004171941158	0.004066380264
NEIG	1.141114553379	0.599545514448	0.536904277609
HWAV	0.002761026710	0.002945638662	0.003043783418

Klasterizavimas hierarchinis Ward:**91 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000109871473	0.000064817208	0.000056519249
AKDE (0.4)	0.000144094855	0.000094406232	0.000087409118
AKDE (0.6)	0.000204615085	0.000143448154	0.000132254781
AKDE (0.8)	0.000292633614	0.000213126263	0.000192065532
PPDE (4)	0.001953565238	0.001722436419	0.001484710218
PPDE (5)	0.001784627935	0.001565576642	0.001402643611
PPDE (6)	0.001858421214	0.001455297587	0.001376295709
NEIG	0.030350995631	0.021826705128	0.017168106444
HWAV	0.004321156177	0.004501748295	0.004579583213

92 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000075085315	0.000036848170	0.000028810076
AKDE (0.4)	0.000106060968	0.000051657727	0.000044220381
AKDE (0.6)	0.000155673443	0.000078271126	0.000068218253
AKDE (0.8)	0.000224843090	0.000118098482	0.000100645289
PPDE (4)	0.001227253004	0.001032062356	0.001076377236
PPDE (5)	0.001242590158	0.001079162662	0.001101154058
PPDE (6)	0.001222051561	0.001099388866	0.001188528484
NEIG	0.024239840998	0.013570250507	0.010922206295
HWAV	0.002719978403	0.002775217410	0.002818765560

93 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000053125844	0.000024752865	0.000020920549
AKDE (0.4)	0.000078338908	0.000035564417	0.000031924862
AKDE (0.6)	0.000123730887	0.000058083991	0.000049807551
AKDE (0.8)	0.000190373351	0.000093893036	0.000075099642
PPDE (4)	0.000983019121	0.001014712195	0.000940137192
PPDE (5)	0.000978996128	0.000950168166	0.000948552578
PPDE (6)	0.001029424117	0.000934083442	0.000998977230
NEIG	0.020077652281	0.009826352532	0.008472870932
HWAV	0.002098518380	0.002106770057	0.002127008226

94 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.036161968967	0.039622448833	0.052640172176
AKDE (0.4)	0.071908497542	0.078795982074	0.068959919422
AKDE (0.6)	0.097150868602	0.100412219318	0.084847747203
AKDE (0.8)	0.122335091231	0.124805847542	0.099096381122
PPDE (4)	0.095763795499	0.120377828134	0.041931782565
PPDE (5)	0.097596180322	0.112346496737	0.044484702705
PPDE (6)	0.100596318843	0.099717423016	0.038324886545
NEIG	1.570578575391	2.118588395074	0.950768840347
HWAV	0.338736474363	0.345826992873	0.341469477204

95 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000267801452	0.000266411898	0.000274335362
AKDE (0.4)	0.000389782858	0.000354606826	0.000364242623
AKDE (0.6)	0.000570010001	0.000471667881	0.000470750822
AKDE (0.8)	0.000809302417	0.000618372736	0.000594088793
PPDE (4)	0.000986691607	0.001510844042	0.000996132179
PPDE (5)	0.000920568680	0.001428199794	0.000870597474
PPDE (6)	0.000834879978	0.001387044870	0.000750082286
NEIG	0.059258859885	0.032387856112	0.027401449614
HWAV	0.004494445191	0.004628605345	0.004697639486

96 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000181978540	0.000188400327	0.000205020738
AKDE (0.4)	0.000267670398	0.000250855450	0.000258265847
AKDE (0.6)	0.000384755120	0.000333970696	0.000324486160
AKDE (0.8)	0.000531948153	0.000438059307	0.000402204650
PPDE (4)	0.001106702397	0.001166508941	0.001073561853
PPDE (5)	0.001115769428	0.001158244817	0.001111604383
PPDE (6)	0.001145048099	0.001186175249	0.001172137661
NEIG	0.031100791920	0.017515053870	0.015464918854
HWAV	0.002261830580	0.002270709784	0.002301415106

97 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.001019581422	0.001057940799	0.001006570742
AKDE (0.4)	0.000948957078	0.000997689439	0.000957897170
AKDE (0.6)	0.000892989811	0.000946431417	0.000915144661
AKDE (0.8)	0.000859508153	0.000906852175	0.000880110118
PPDE (4)	0.001792511554	0.002245086414	0.002326770186
PPDE (5)	0.001771562601	0.002165726561	0.002231452575
PPDE (6)	0.001665846851	0.002197556644	0.002258764638
NEIG	0.014489268319	0.005369890935	0.005767944317
HWAV	0.006237091017	0.006125929878	0.006262637410

98 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000672378982	0.000651732477	0.000636586601
AKDE (0.4)	0.000649102639	0.000632758528	0.000621839222
AKDE (0.6)	0.000642423559	0.000620173363	0.000610918336
AKDE (0.8)	0.000652771763	0.000615723554	0.000605488477
PPDE (4)	0.001375505565	0.001227371549	0.001086574945
PPDE (5)	0.001381102051	0.001204253419	0.001104770846
PPDE (6)	0.001445131674	0.001229271905	0.001124183287
NEIG	0.015687551424	0.005471294781	0.004174935993
HWAV	0.003600990107	0.003553766792	0.003655536107

99 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000484189293	0.000460054477	0.000457853037
AKDE (0.4)	0.000480643111	0.000444352168	0.000447094789
AKDE (0.6)	0.000485614397	0.000432074266	0.000437808875
AKDE (0.8)	0.000499232659	0.000425070940	0.000431846291
PPDE (4)	0.001371221656	0.001280052160	0.001246129054
PPDE (5)	0.001514768106	0.001341430799	0.001309722828
PPDE (6)	0.001532379042	0.001327151953	0.001344454982
NEIG	0.011686125414	0.004703285513	0.003995495588
HWAV	0.002119370612	0.002124882043	0.002147430288

100 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.012109035179	0.008348894978	0.015040881357
AKDE (0.4)	0.014143918786	0.009946714516	0.017114290765
AKDE (0.6)	0.016543845521	0.011853888397	0.019358207474
AKDE (0.8)	0.019208698286	0.013986697429	0.021642649750
PPDE (4)	0.001307766535	0.001607541402	0.002443757107
PPDE (5)	0.001343669081	0.001708613778	0.001967177044
PPDE (6)	0.001621242699	0.002047535623	0.001715445427
NEIG	0.371213250023	0.280082552995	0.272494174681
HWAV	0.002964408846	0.003030202339	0.003079729560

Klasterizavimas k-artimiausių kaimynų:

101 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000622749299	0.000334641783	0.000141003402
AKDE (0.4)	0.000829666568	0.000447396551	0.000218875313
AKDE (0.6)	0.001122973850	0.000608641808	0.000318896651
AKDE (0.8)	0.001512746567	0.000822791277	0.000443651087
PPDE (4)	0.002647757108	0.002870300340	0.002722541322
PPDE (5)	0.002559778880	0.002839637816	0.002650764140
PPDE (6)	0.002511643519	0.002844524182	0.002572652517
NEIG	0.111509517629	0.057390162079	0.039161635563
HWAV	0.004102752355	0.004413128276	0.004565895550

102 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000125335117	0.000154299177	0.000123308192
AKDE (0.4)	0.000184432806	0.000214314226	0.000175447499
AKDE (0.6)	0.000270293214	0.000299130834	0.000245941818
AKDE (0.8)	0.000382796919	0.000411230665	0.000335942109
PPDE (4)	0.001433195975	0.001654764850	0.001701269493
PPDE (5)	0.001510062526	0.001625870298	0.001643056089
PPDE (6)	0.001523421735	0.001480480763	0.001600494481
NEIG	0.055006258296	0.044735485618	0.030648246891
HWAV	0.002659991645	0.002711968727	0.002790421665

103 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000110278251	0.000183628242	0.000051649895
AKDE (0.4)	0.000172463135	0.000230815556	0.000080990007
AKDE (0.6)	0.000265720712	0.000303746398	0.000120768236
AKDE (0.8)	0.000391525692	0.000406333650	0.000171742392
PPDE (4)	0.001262210658	0.001413746923	0.001110508741
PPDE (5)	0.001303504314	0.001431497634	0.001134195037
PPDE (6)	0.001304751955	0.001364910103	0.001170532724
NEIG	0.050433791659	0.031649335105	0.015815446967
HWAV	0.002038578926	0.002054309738	0.002121583437

104 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.108050222805	0.120695918068	0.086381523972
AKDE (0.4)	0.118377929633	0.133145819360	0.107449503765
AKDE (0.6)	0.136487020547	0.139973689751	0.120657333167
AKDE (0.8)	0.146728021434	0.147253626637	0.130159617880
PPDE (4)	0.234382472430	0.253489394726	0.280481743810
PPDE (5)	0.222429863253	0.266282000652	0.277413345185
PPDE (6)	0.224219688989	0.260749552329	0.267349227933
NEIG	4.550269877119	7.185446346973	4.669832961803
HWAV	0.325635090207	0.340540022578	0.338861857404

105 lentelė

V-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000810466487	0.000567141635	0.000697606568
AKDE (0.4)	0.001154251830	0.000721009555	0.000847643973
AKDE (0.6)	0.001614409278	0.000937771934	0.001059434137
AKDE (0.8)	0.002192302114	0.001220352467	0.001336970547
PPDE (4)	0.000888704720	0.002693078306	0.002950888863
PPDE (5)	0.000856993877	0.002805188583	0.002903686435
PPDE (6)	0.000911209549	0.002777364006	0.002874253253
NEIG	0.296505707766	0.078761310379	0.095245259869
HWAV	0.004369320464	0.004569971795	0.004661245505

106 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000295613263	0.000491718083	0.000335016396
AKDE (0.4)	0.000428580521	0.000638491804	0.000412539988
AKDE (0.6)	0.000608774709	0.000836572831	0.000514519979
AKDE (0.8)	0.000836538919	0.001093805315	0.000644180493
PPDE (4)	0.001601693290	0.001514263347	0.001525093037
PPDE (5)	0.001631246565	0.001496719080	0.001561223535
PPDE (6)	0.001455937177	0.001559549963	0.001559220958
NEIG	0.067047377019	0.075730088817	0.037660894877
HWAV	0.002182437701	0.002216352364	0.002289969140

107 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.001017010638	0.001009887840	0.001147257158
AKDE (0.4)	0.000978349838	0.000973050220	0.001101878731
AKDE (0.6)	0.000963049756	0.000948892800	0.001081480823
AKDE (0.8)	0.000974508556	0.000938876809	0.001090763242
PPDE (4)	0.003994597407	0.004313493127	0.003684662637
PPDE (5)	0.003894551025	0.004224829989	0.003679843406
PPDE (6)	0.003758212606	0.004061774654	0.003639122078
NEIG	0.046363438929	0.023421584180	0.050368504514
HWAV	0.006134712553	0.006067186939	0.006279300850

108 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000665672843	0.000623946773	0.000604533924
AKDE (0.4)	0.000653108087	0.000606115009	0.000602571557
AKDE (0.6)	0.000652557780	0.000597453459	0.000604220453
AKDE (0.8)	0.000666208221	0.000598124704	0.000609589916
PPDE (4)	0.002387024593	0.002537458483	0.002719689908
PPDE (5)	0.002309435810	0.002478778094	0.002673506413
PPDE (6)	0.002205390506	0.002401428065	0.002619288746
NEIG	0.033802556801	0.018146910273	0.012871972342
HWAV	0.003553981338	0.003518709826	0.003635008797

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000519896649	0.000461995491	0.000445927410
AKDE (0.4)	0.000534724942	0.000460312710	0.000441235850
AKDE (0.6)	0.000560705477	0.000466783667	0.000439007763
AKDE (0.8)	0.000597862196	0.000482790616	0.000439638901
PPDE (4)	0.001527789101	0.001674736805	0.001434648309
PPDE (5)	0.001423652511	0.001674862716	0.001432681576
PPDE (6)	0.001466443969	0.001650382030	0.001511079785
NEIG	0.037871845448	0.014388383196	0.006173296253
HWAV	0.002050036402	0.002100427908	0.002140777372

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.019106891034	0.021167062061	0.023973545204
AKDE (0.4)	0.022590528913	0.024599444254	0.027435525661
AKDE (0.6)	0.027060528550	0.028772943110	0.031263102398
AKDE (0.8)	0.032543792845	0.033604229465	0.034254822172
PPDE (4)	0.002059897856	0.004743445193	0.003736829872
PPDE (5)	0.002628234679	0.005123847995	0.004658274488
PPDE (6)	0.002823249385	0.005197017777	0.004786940368
NEIG	1.719646426322	1.412500545734	1.236962676933
HWAV	0.003984554236	0.002895072435	0.002978500497

Su transformavimu ir klasterizavimu:**Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas k-vidurkių:**

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000163949053	0.000052520731	0.000058764638
AKDE (0.4)	0.000219016595	0.000071969691	0.000095942806
AKDE (0.6)	0.000297343881	0.000106680181	0.000147931124
AKDE (0.8)	0.000398233997	0.000156952695	0.000214450702
PPDE (4)	0.002141041884	0.000116396359	0.000732623173
PPDE (5)	0.001002351334	0.000127106822	0.000151495242
PPDE (6)	0.001331069014	0.000184853153	0.000713059200
NEIG	0.031699259760	0.021492184121	0.018249094155
HWAV	0.004325549485	0.004502751199	0.004579799831

112 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000073912792	0.000028726277	0.000028650378
AKDE (0.4)	0.000094900667	0.000035864632	0.000041095853
AKDE (0.6)	0.000129497578	0.000051636264	0.000060620048
AKDE (0.8)	0.000176941375	0.000076486663	0.000087106450
PPDE (4)	0.000928194330	0.000216574154	0.000504793414
PPDE (5)	0.000400784933	0.000592977240	0.000699871482
PPDE (6)	0.000968889904	0.000329770678	0.000521259837
NEIG	0.024055302465	0.012124252068	0.009939460257
HWAV	0.002723302820	0.002776272989	0.002818897408

113 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000053337686	0.000025051146	0.000021106859
AKDE (0.4)	0.000078976154	0.000036010361	0.000032226171
AKDE (0.6)	0.000124720452	0.000058701085	0.000050104275
AKDE (0.8)	0.000191624839	0.000094676216	0.000075297761
PPDE (4)	0.000575150765	0.000528104774	0.000518209645
PPDE (5)	0.000924227055	0.000905435428	0.000935014215
PPDE (6)	0.000995368317	0.000978588568	0.001033005236
NEIG	0.020076295806	0.009830287422	0.008517160433
HWAV	0.002100604146	0.002107371997	0.002127141185

114 lentelė**IV-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.050098802157	0.053572699977	0.040366108545
AKDE (0.4)	0.074693481776	0.075582389443	0.071808053452
AKDE (0.6)	0.100775066344	0.108744084232	0.097741714191
AKDE (0.8)	0.114337137402	0.135909340623	0.115354019974
PPDE (4)	0.021437564848	0.024988217915	0.035413725884
PPDE (5)	0.011589971330	0.016565681904	0.052784022219
PPDE (6)	0.019009894836	0.021630174277	0.024247615955
NEIG	1.518651438743	1.750887902600	0.812575157820
HWAV	0.338988068271	0.345885880608	0.341488242055

115 lentelė**V-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000233843220	0.000245573551	0.000249881348
AKDE (0.4)	0.000311038924	0.000317006442	0.000315836886
AKDE (0.6)	0.000418215041	0.000405078115	0.000398909567
AKDE (0.8)	0.000563347143	0.000513172253	0.000499211212
PPDE (4)	0.000148761411	0.000101060169	0.000228512383
PPDE (5)	0.000206568887	0.000058754663	0.000477434159
PPDE (6)	0.000127855006	0.000127681380	0.000347349706
NEIG	0.074919717316	0.031453536456	0.025137320558
HWAV	0.004502935560	0.004630482291	0.004697961495

116 lentelė**VI-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000118903588	0.000124272709	0.000143101776
AKDE (0.4)	0.000167271920	0.000157842595	0.000181153753
AKDE (0.6)	0.000235519001	0.000204769622	0.000230170873
AKDE (0.8)	0.000324101832	0.000265671928	0.000289944937
PPDE (4)	0.000680958352	0.000414664496	0.000556468796
PPDE (5)	0.000787339341	0.000323654593	0.000681884672
PPDE (6)	0.000758044978	0.000375304798	0.000536280143
NEIG	0.025279077916	0.015269395431	0.012166005769
HWAV	0.002267236732	0.002272125863	0.002301712813

117 lentelė**VII-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.001019741774	0.001072713761	0.001004737678
AKDE (0.4)	0.000965413607	0.001012864016	0.000954352307
AKDE (0.6)	0.000922253953	0.000958385685	0.000908713430
AKDE (0.8)	0.000896552969	0.000914514658	0.000871058964
PPDE (4)	0.001838396954	0.002291911075	0.002166146901
PPDE (5)	0.001909207250	0.002181752652	0.002067803172
PPDE (6)	0.002038857276	0.002036938540	0.001979744387
NEIG	0.016173357262	0.007761492587	0.006365055716
HWAV	0.006243131060	0.006126807556	0.006262825542

118 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000640604086	0.000675531293	0.000651434770
AKDE (0.4)	0.000621184216	0.000654313916	0.000633543072
AKDE (0.6)	0.000613048134	0.000637735311	0.000618958848
AKDE (0.8)	0.000618543345	0.000628898358	0.000610682686
PPDE (4)	0.001195091928	0.001291588096	0.001327510721
PPDE (5)	0.001158388884	0.001294893799	0.001261955830
PPDE (6)	0.001201958392	0.001363323043	0.001323255986
NEIG	0.011413514280	0.006560425428	0.004370603988
HWAV	0.003602430070	0.003554298662	0.003655635791

119 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000472191460	0.000448868102	0.000456049220
AKDE (0.4)	0.000472680218	0.000435212035	0.000448425240
AKDE (0.6)	0.000481322488	0.000424778515	0.000441898138
AKDE (0.8)	0.000498199335	0.000418805436	0.000437292825
PPDE (4)	0.001134764307	0.001230341013	0.001183175601
PPDE (5)	0.001214833631	0.001252245659	0.001262538776
PPDE (6)	0.001205610572	0.001262635403	0.001335908239
NEIG	0.011655669640	0.004873542131	0.004150271982
HWAV	0.002117371261	0.002124203518	0.002147230238

120 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.025133334747	0.012158604503	0.014827764312
AKDE (0.4)	0.028934670753	0.014669101966	0.017669149118
AKDE (0.6)	0.033631957932	0.017385058389	0.020576068617
AKDE (0.8)	0.039237553124	0.020124384636	0.023353184638
PPDE (4)	0.002301036695	0.000677503108	0.000746313492
PPDE (5)	0.001875721456	0.000770848034	0.000766869071
PPDE (6)	0.002583133781	0.000623196689	0.000609282910
NEIG	0.881336786998	0.239329873896	0.257533459529
HWAV	0.002889767457	0.003042942332	0.003080932001

Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas hierarchinis Ward:**121 lentelė****I-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000139383062	0.000075336396	0.000056292486
AKDE (0.4)	0.000195055620	0.000109981521	0.000084879891
AKDE (0.6)	0.000272908016	0.000159412515	0.000127988391
AKDE (0.8)	0.000371728801	0.000223800600	0.000186177268
PPDE (4)	0.000168771889	0.000284431230	0.000071152306
PPDE (5)	0.000307864566	0.000330819096	0.000079226508
PPDE (6)	0.000398222717	0.000373576720	0.000115918277
NEIG	0.039936425550	0.023004793865	0.018019271430
HWAV	0.004322749350	0.004501793992	0.004579581918

122 lentelė**II-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000071658529	0.000030701947	0.000028215985
AKDE (0.4)	0.000102157853	0.000042679939	0.000041958149
AKDE (0.6)	0.000150632978	0.000065691019	0.000063331637
AKDE (0.8)	0.000217498814	0.000100548570	0.000092425947
PPDE (4)	0.000300621072	0.000947089987	0.000913490136
PPDE (5)	0.000409620209	0.000841259934	0.000901396352
PPDE (6)	0.000183893726	0.000862783654	0.000785145356
NEIG	0.024055504310	0.013768956312	0.010791142068
HWAV	0.002720496840	0.002775325192	0.002818772735

123 lentelė**III-o tipo imtis**

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000053125844	0.000024095826	0.000020768087
AKDE (0.4)	0.000078338908	0.000034481325	0.000031940774
AKDE (0.6)	0.000123730887	0.000056697356	0.000050140895
AKDE (0.8)	0.000190373351	0.000092377628	0.000075592529
PPDE (4)	0.000572238167	0.000534780402	0.000513290613
PPDE (5)	0.000933446040	0.000890195211	0.000934438485
PPDE (6)	0.000982897179	0.000991594010	0.001029590708
NEIG	0.020077652281	0.009865310844	0.008511304084
HWAV	0.002098597541	0.002106740404	0.002127010347

124 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.045677108674	0.043239791658	0.065150286959
AKDE (0.4)	0.082996847185	0.082289582992	0.075073587160
AKDE (0.6)	0.106886556557	0.101138359054	0.084262323650
AKDE (0.8)	0.110157254904	0.116830787748	0.099634324501
PPDE (4)	0.010023743380	0.011395517210	0.031980151267
PPDE (5)	0.008466715058	0.002195174888	0.023863788667
PPDE (6)	0.008332217522	0.003378068461	0.026169647618
NEIG	1.503271061338	1.193360273742	0.969928062042
HWAV	0.338717862862	0.345763657281	0.341481613674

125 lentelė

V-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000281950760	0.000266592810	0.000341617970
AKDE (0.4)	0.000392792025	0.000368198923	0.000425606316
AKDE (0.6)	0.000543098033	0.000498250495	0.000532751382
AKDE (0.8)	0.000741812206	0.000655089639	0.000661351127
PPDE (4)	0.000361081527	0.000283571194	0.000721088128
PPDE (5)	0.000385704013	0.000119177728	0.001428903334
PPDE (6)	0.000418720376	0.000374605345	0.000491978176
NEIG	0.073477486491	0.031432449718	0.027776745643
HWAV	0.004500257427	0.004628958186	0.004697760608

126 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000172155084	0.000175470089	0.000212235216
AKDE (0.4)	0.000259062328	0.000237755421	0.000264388430
AKDE (0.6)	0.000380324231	0.000319160327	0.000330640072
AKDE (0.8)	0.000534682682	0.000418587025	0.000409429538
PPDE (4)	0.000302525662	0.000416131950	0.000767520776
PPDE (5)	0.000681898723	0.000436350954	0.001002675781
PPDE (6)	0.000467094433	0.000477399507	0.000898883397
NEIG	0.026112408030	0.016538616614	0.015495189111
HWAV	0.002261856645	0.002271015675	0.002301371471

127 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.001090634453	0.001069442170	0.001015183041
AKDE (0.4)	0.001002329099	0.001001919176	0.000956683836
AKDE (0.6)	0.000937977881	0.000944091980	0.000906689226
AKDE (0.8)	0.000902282601	0.000900788917	0.000867764818
PPDE (4)	0.002061945043	0.002132104297	0.001947834585
PPDE (5)	0.002085516105	0.002148285320	0.001847279929
PPDE (6)	0.002076396362	0.002175406096	0.001948211386
NEIG	0.025792114684	0.006907523555	0.006488601531
HWAV	0.006226684422	0.006125929588	0.006262608271

128 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000672312910	0.000688567340	0.000650326085
AKDE (0.4)	0.000649314237	0.000657857397	0.000623524549
AKDE (0.6)	0.000634655550	0.000634186474	0.000600044022
AKDE (0.8)	0.000630036814	0.000620716694	0.000582434376
PPDE (4)	0.001696625368	0.001305376448	0.001837347648
PPDE (5)	0.001682853359	0.001212381488	0.001705294013
PPDE (6)	0.001415300910	0.001277344800	0.001639073401
NEIG	0.013029560472	0.006869074075	0.004772366583
HWAV	0.003598064035	0.003552266620	0.003655326610

129 lentelė

IX-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000473807004	0.000460054477	0.000459716216
AKDE (0.4)	0.000466627176	0.000444352168	0.000450185422
AKDE (0.6)	0.000468752222	0.000432074266	0.000441945003
AKDE (0.8)	0.000480582620	0.000425070940	0.000436635665
PPDE (4)	0.001013884838	0.001165420892	0.001155117599
PPDE (5)	0.001045793592	0.001202335446	0.001144239950
PPDE (6)	0.001150858326	0.001304364585	0.001207729858
NEIG	0.011372014264	0.004703285513	0.004033819857
HWAV	0.002120718671	0.002124879655	0.002147404650

130 lentelė

X-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.009267866776	0.012151522141	0.016328298951
AKDE (0.4)	0.011508843229	0.014662568313	0.019196175391
AKDE (0.6)	0.014120396398	0.017380125762	0.022078913343
AKDE (0.8)	0.016962048315	0.020121803039	0.024804241925
PPDE (4)	0.000848049457	0.000677897574	0.000666253478
PPDE (5)	0.000761730041	0.000772857462	0.000875624279
PPDE (6)	0.000681559206	0.000636794649	0.000817672033
NEIG	0.310403307513	0.239452256269	0.262466526111
HWAV	0.002991392836	0.003041014914	0.003080509336

Transformavimas į sferinius komponentus ir klasterizavimas k-artimiausių kaimynų:

131 lentelė

I-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000197637509	0.000351073492	0.000278750680
AKDE (0.4)	0.000285159878	0.000516248937	0.000342828742
AKDE (0.6)	0.000411116268	0.000754035373	0.000433320261
AKDE (0.8)	0.000580172884	0.001068355408	0.000552137167
PPDE (4)	0.001906162026	0.002393058759	0.000830712097
PPDE (5)	0.001469150305	0.002267426723	0.001016022495
PPDE (6)	0.001782940963	0.001925553541	0.001804367752
NEIG	0.055627371178	0.146393714607	0.049186849522
HWAV	0.004278310742	0.004404916860	0.004549053732

132 lentelė

II-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000143949536	0.000186444776	0.000155190969
AKDE (0.4)	0.000214949717	0.000244417746	0.000199436593
AKDE (0.6)	0.000316660270	0.000330074133	0.000259544584
AKDE (0.8)	0.000450481950	0.000446043253	0.000335375140
PPDE (4)	0.000710758063	0.001291436686	0.001022559019
PPDE (5)	0.000952140499	0.002432734614	0.001235082910
PPDE (6)	0.000993931423	0.001239021087	0.000956097795
NEIG	0.063625589318	0.057488894903	0.028950081487
HWAV	0.002685922804	0.002720665754	0.002786068728

133 lentelė

III-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000115001680	0.000240410213	0.000049319523
AKDE (0.4)	0.000186697953	0.000297212818	0.000077942143
AKDE (0.6)	0.000294343361	0.000377665251	0.000117164368
AKDE (0.8)	0.000441182682	0.000484687906	0.000167570281
PPDE (4)	0.000765281108	0.000718836022	0.000609075303
PPDE (5)	0.000940052899	0.000762437515	0.000779243948
PPDE (6)	0.000865824403	0.000886479514	0.000702018002
NEIG	0.061146650111	0.089327473138	0.015815854120
HWAV	0.002020514799	0.002073270503	0.002121574604

134 lentelė

IV-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.062593770664	0.125364645365	0.082544713184
AKDE (0.4)	0.084422716450	0.137719743939	0.104090315481
AKDE (0.6)	0.114780794964	0.154299771223	0.117006051558
AKDE (0.8)	0.130525869309	0.165062133116	0.126749109135
PPDE (4)	0.125115762162	0.081226642416	0.073580399595
PPDE (5)	0.106287256150	0.102933217914	0.061281121292
PPDE (6)	0.120877405385	0.084167801843	0.067552730341
NEIG	4.188068313207	4.122843337948	3.443913118591
HWAV	0.330975162299	0.340027346309	0.338008822083

135 lentelė

V-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000539382008	0.000481081492	0.000951010507
AKDE (0.4)	0.000784509071	0.000631189477	0.001095629497
AKDE (0.6)	0.001120360411	0.000811570563	0.001312008935
AKDE (0.8)	0.001548008204	0.001020390402	0.001606436852
PPDE (4)	0.000085414528	0.000087013421	0.000896583339
PPDE (5)	0.000098089978	0.000081550210	0.001263250374
PPDE (6)	0.000113252280	0.000077312734	0.001182030033
NEIG	0.105563300002	0.070590990957	0.107361486362
HWAV	0.004398203416	0.004584700428	0.004636353189

136 lentelė

VI-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000886944603	0.000422766543	0.000376997052
AKDE (0.4)	0.001157029310	0.000538010588	0.000468133917
AKDE (0.6)	0.001528504681	0.000687200435	0.000585040644
AKDE (0.8)	0.002017597714	0.000875913661	0.000729872686
PPDE (4)	0.000760054756	0.000703163081	0.000557244279
PPDE (5)	0.000716353120	0.000759218352	0.000754080303
PPDE (6)	0.000591543312	0.001077233533	0.000780640403
NEIG	0.956529036661	0.060476826812	0.041288794508
HWAV	0.004778743767	0.002202839932	0.002275458819

137 lentelė

VII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.001069295575	0.001049469774	0.001090959788
AKDE (0.4)	0.001006472006	0.001010787089	0.001036826549
AKDE (0.6)	0.000962670835	0.000978865002	0.000989153734
AKDE (0.8)	0.000939363487	0.000955527865	0.000949613426
PPDE (4)	0.002599398786	0.002291742817	0.003190799778
PPDE (5)	0.002545585721	0.002364115893	0.003089055388
PPDE (6)	0.002513041485	0.002367207170	0.002826264002
NEIG	0.048519132240	0.017617053768	0.019331341520
HWAV	0.006583198930	0.006093884729	0.006233597752

138 lentelė

VIII-o tipo imtis

Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000692940724	0.000637246320	0.000612453535
AKDE (0.4)	0.000687919417	0.000627706937	0.000601148515
AKDE (0.6)	0.000695363230	0.000629890054	0.000596438622
AKDE (0.8)	0.000715530274	0.000645528638	0.000598590976
PPDE (4)	0.001529494216	0.001994758288	0.001590431321
PPDE (5)	0.001530496336	0.001739733890	0.001798216546
PPDE (6)	0.001360338284	0.001588773061	0.001765603465
NEIG	0.047211323872	0.023756876663	0.012628434350
HWAV	0.003556544252	0.003485960378	0.003639513168

139 lentelė**IX-o tipo imtis**

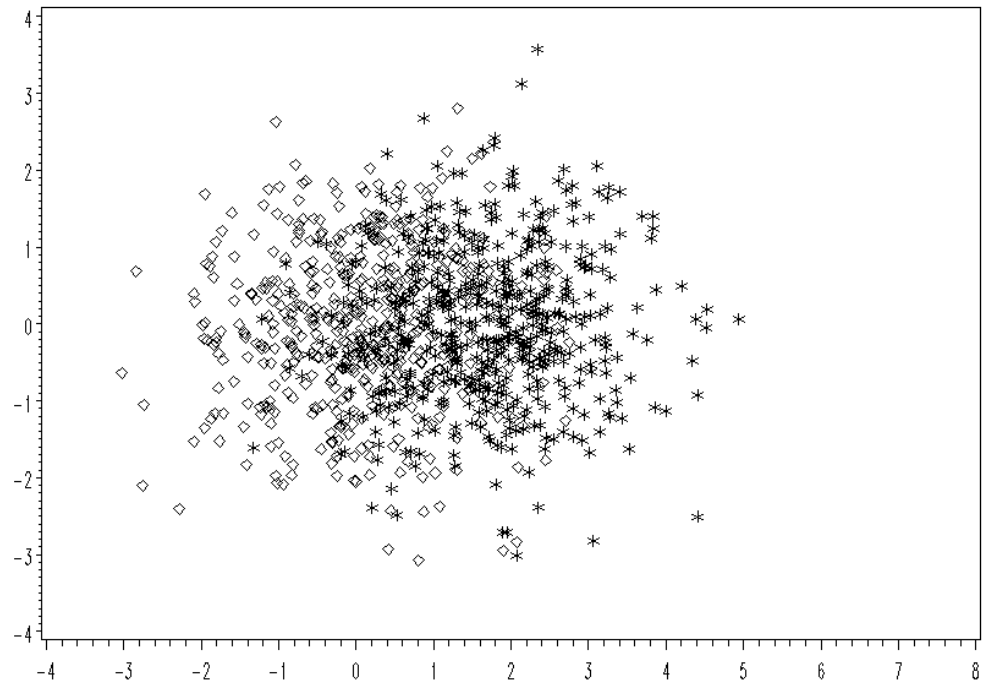
Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.000522906944	0.000518190845	0.000441774789
AKDE (0.4)	0.000539180392	0.000518358141	0.000437327356
AKDE (0.6)	0.000569784653	0.000530217099	0.000435090493
AKDE (0.8)	0.000618171634	0.000555422289	0.000435431775
PPDE (4)	0.001214185649	0.001330467593	0.001183705489
PPDE (5)	0.001232736880	0.001297957581	0.001492010385
PPDE (6)	0.001324319626	0.001354499240	0.001376622797
NEIG	0.036836677792	0.019886043344	0.006028899704
HWAV	0.002043436406	0.002082278618	0.002141701248

140 lentelė**X-o tipo imtis**

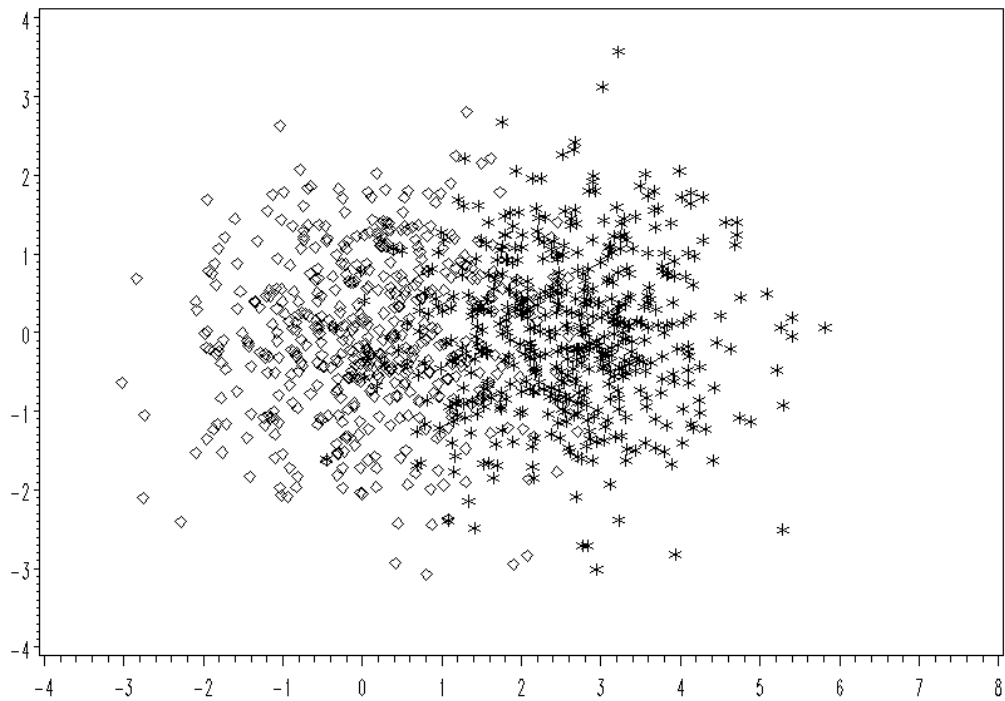
Metodas	500	1000	2000
AKDE (0.2)	0.015468090867	0.026495805563	0.023330523088
AKDE (0.4)	0.018696192336	0.029831359521	0.025734945897
AKDE (0.6)	0.022626543263	0.033915018801	0.028345811156
AKDE (0.8)	0.027141394441	0.037837199222	0.031172153869
PPDE (4)	0.001812934986	0.001590587685	0.002074165184
PPDE (5)	0.001231307611	0.003228595215	0.001473385420
PPDE (6)	0.000883889931	0.003078835252	0.002110638796
NEIG	0.675755664298	1.553882878463	0.483017631646
HWAV	0.002817745314	0.003156380187	0.003026019936

3 PRIEDAS. DVIMAČIŲ SKIRSTINIŲ MIŠINIŲ SKLAIDOS

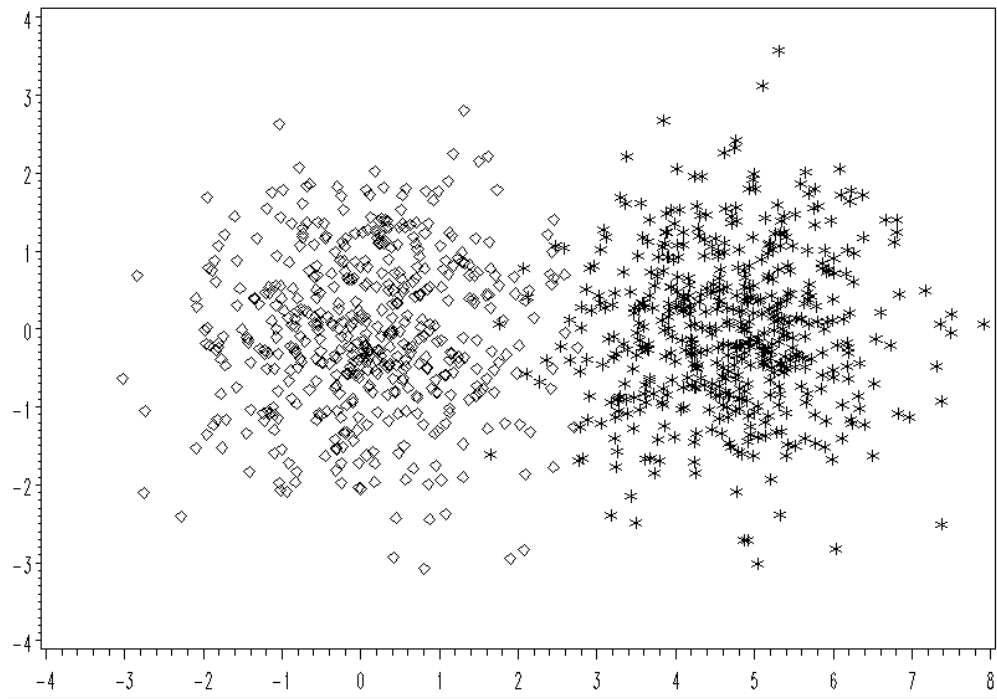
Naudotų dvimačių Gauso skirstinių mišinių taškų sklaidas iliustruojantys grafikai, kai generuotų imčių tūriai 1000.



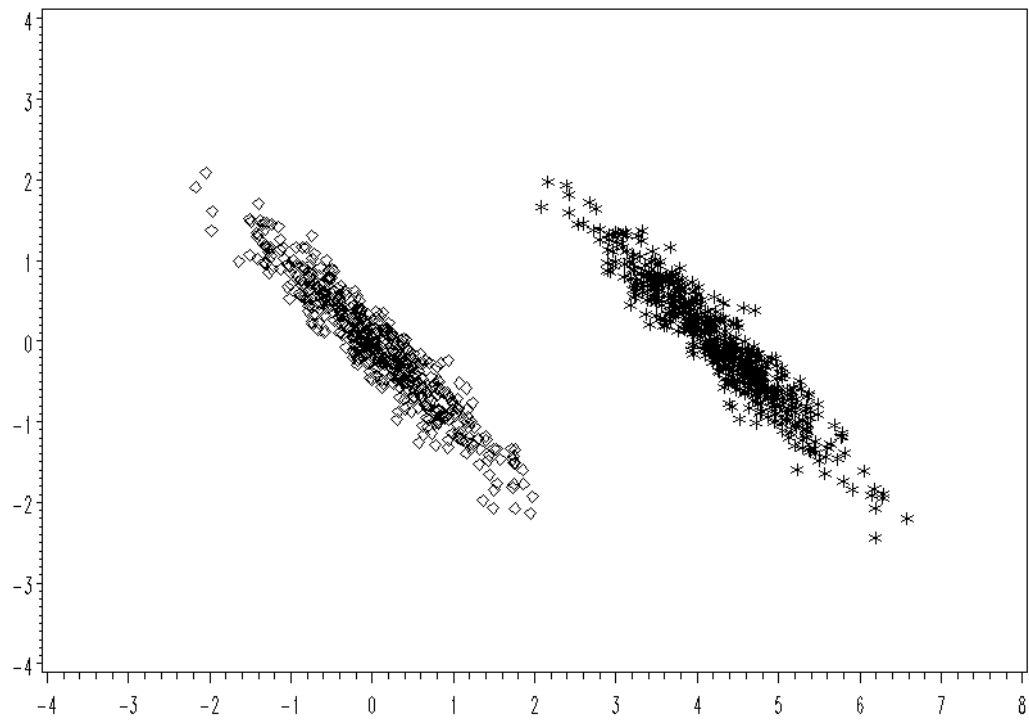
I-o tipo imtis.



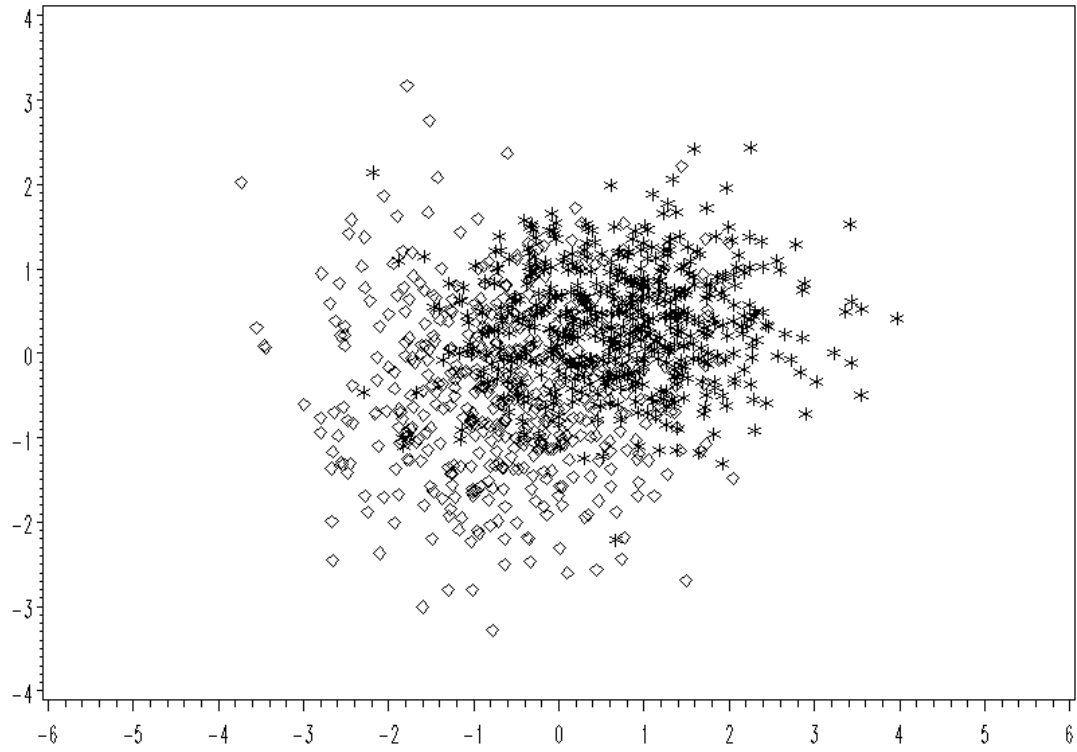
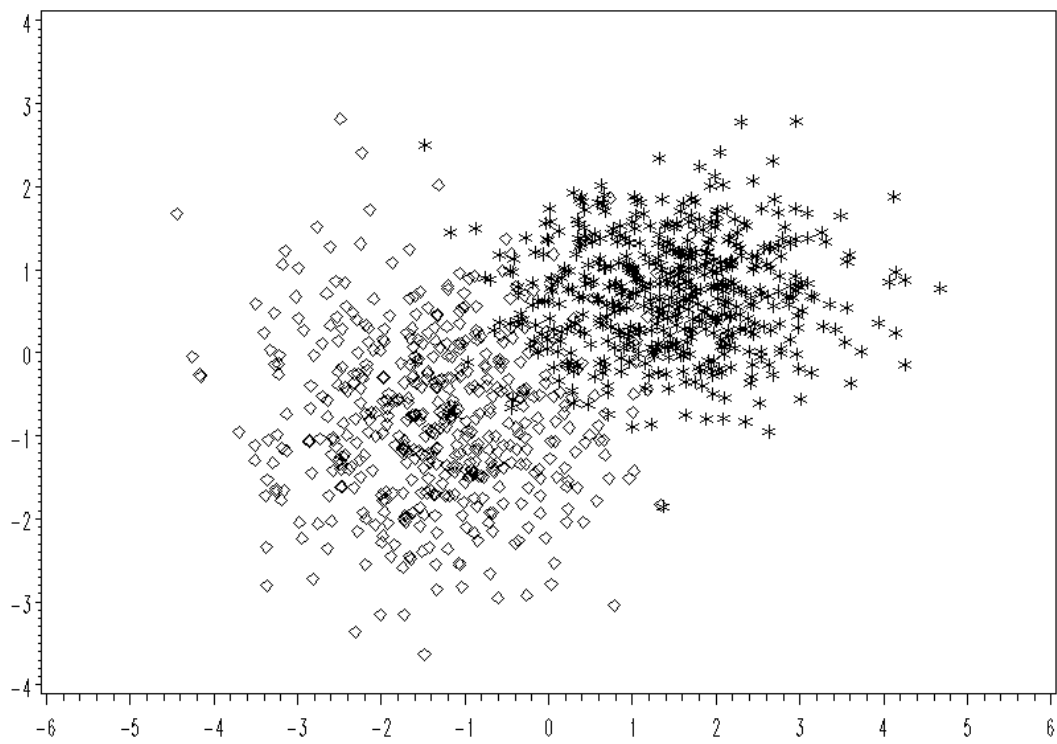
II-o tipo imtis.

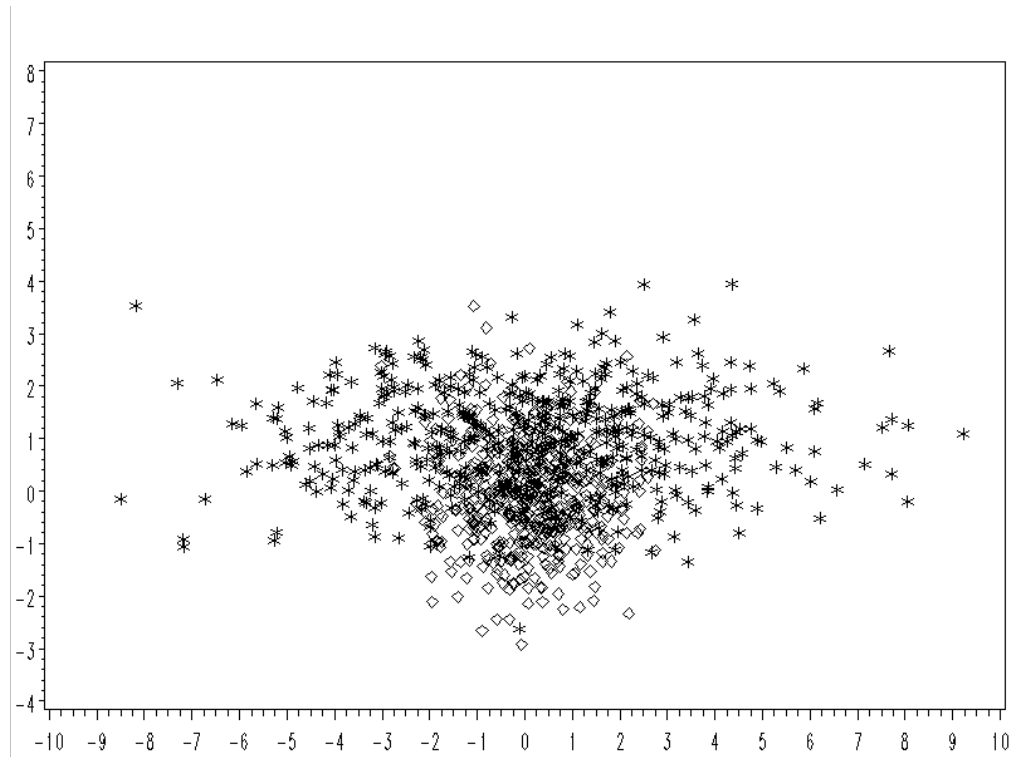
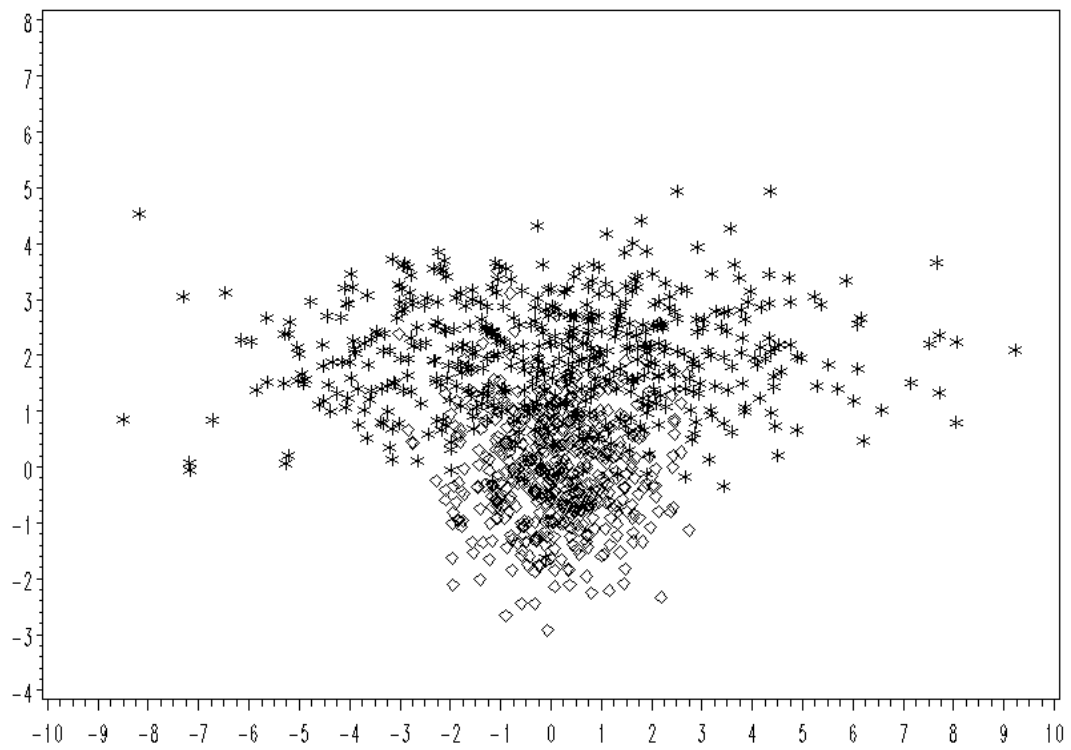


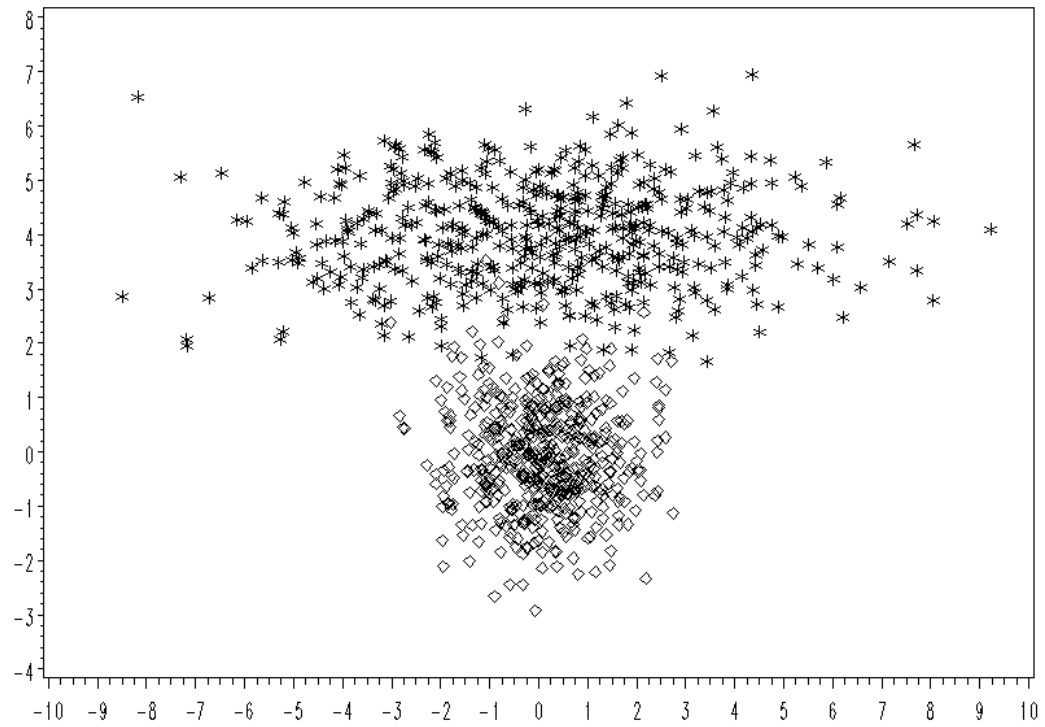
III-io tipo imtis.



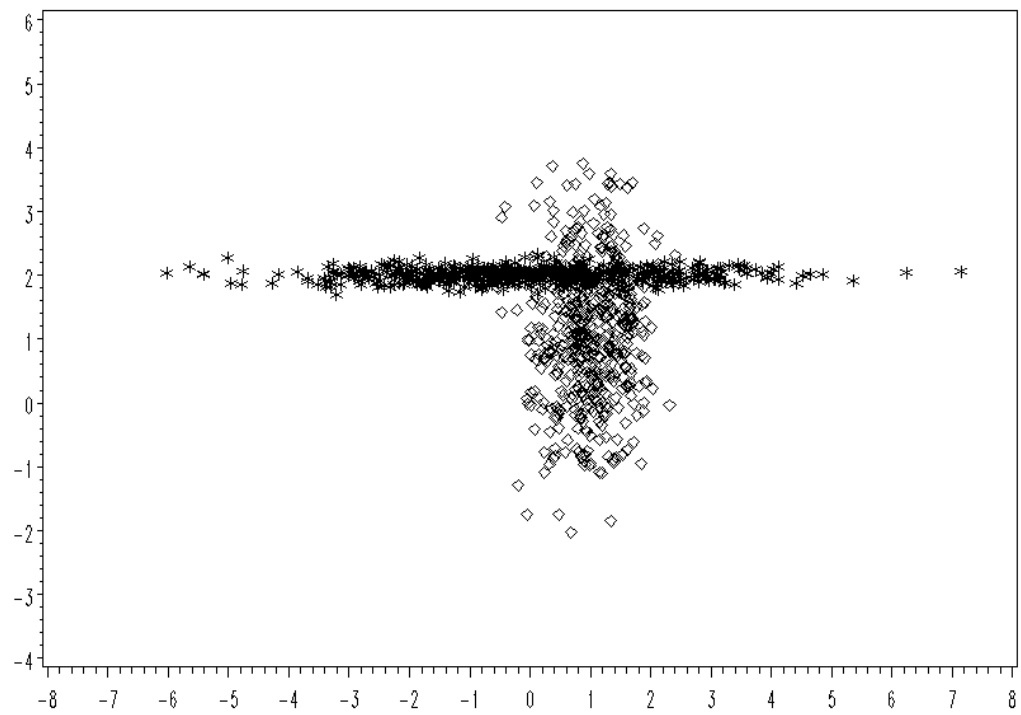
IV-o tipo imtis.

**V-o tipo imtis.****VI-o tipo imtis.**

**VII-o tipo imtis.****VIII-o tipo imtis.**



IX-o tipo imtis.



X-o tipo imtis.

4 PRIEDAS. PROGRAMŲ TEKSTAI

AKDE metoda įgyvendinanti makrofunkcija:

```
%macro AKDE(gamma, XC=X);
  proc corr data=&XC cov noprint outp=S(where=(_TYPE_='COV'));
  run;

  proc iml;
    use X; read all into X; close X;
    use &XC; read all into XC; close &XC;
    use S(keep=X1-X&d); read all into S; close S;
    if nrow(XC)<=&d then S=I(&d);
    ZC=(XC-repeat(XC[:,],nrow(XC),1))*inv(root(S));
    Z=(X-repeat(XC[:,],nrow(X),1))*inv(root(S));
    h=repeat((4/(2*ncol(ZC)+1))** (1/(ncol(ZC)+4))*nrow(ZC)
              **(-1/(ncol(ZC)+4)),nrow(ZC), 1);

    gama=&gamma;
    start kdepont(arg1,ZC,h);
      K=0;
      do i2=1 to nrow(ZC);
        arg2=(arg1-ZC[i2,])/h[i2,];
        K2=(2*constant('PI'))**(-ncol(ZC)/2)*exp(-1/2*arg2*arg2`);
        K=K+K2/(h[i2,]**ncol(ZC));
      end;
      f=K/nrow(ZC);
      return(f);
    finish kdepont;

    do i1=1 to nrow(ZC);
      arg1=ZC[i1,];
      f=kdepont(arg1,ZC,h);
      if i1=1 then FKDE=f;
      else FKDE=FKDE//f;
    end;
    g=exp(log(fkde)[:]);
    lambda=(FKDE/g)##(-gama);
    do i1=1 to nrow(Z);
      arg1=Z[i1,];
      f=kdepont(arg1,ZC,h#lambda);
      if i1=1 then AKDE=f;
      else AKDE=AKDE//f;
    end;
    det=det(S);
    if det=0 then det=det(diag(S));
    FKDE=FKDE*det**(-1/2);
    AKDE=AKDE*det**(-1/2);
    create FKDE from FKDE [colname='f'];
    append from FKDE;
    create AKDE from AKDE [colname='f'];
    append from AKDE;
  quit;
%mend AKDE;
```

PPDE metoda įgyvendinanti makrofunkcija:

```
%macro PPDE(PIndex, lp_n, XC=X);
```

```

%let max_iter=200;
%let I_last=;

proc iml;
  use &XC; read all into XC; close &XC;
  if nrow(XC)=0 then Tuscias=10;
  else Tuscias=-10;
  call symputx('Tuscia', Tuscias);
  %put Tuscias=&Tuscia;
quit;

%if &Tuscia=10 %then
  %do;
  proc iml;
    use X; read all into X; close X;
    PPDE=shape(0,nrow(X),1);
    create PPDE from PPDE[colname='f'];
    append from PPDE;
  quit;
  %end;
%else
  %do;
  proc corr data=&XC cov noprint outp=S(where=(_TYPE_='COV'));
  run;
  proc iml;
    use X; read all into X; close X;
    use &XC; read all into XC; close &XC;
    if nrow(XC)>=2 then t=1;
    else t=-1;
    call symputx('Gerai', t);
    if nrow(XC)<=&d then S=I(&d);
    else do; use S(keep=X1-X&d); read all into S; close S; end;
    ZC=(XC-repeat(XC[:,],nrow(XC),1))*inv(root(S));
    Z=(X-repeat(XC[:,],nrow(X),1))*inv(root(S));
    create ZC from ZC;
    append from ZC;
    create ZZ from Z;
    append from Z;
    varnames="x1":"x&d";
    create S from S[colname=varnames];
    append from S;
  quit;

  %do ii=1 %to &max_iter;
    proc datasets library=work nolist;
    delete Alfa Komponentes;
    quit;

    %if &Gerai=1 %then
      %do;
      proc princomp data=ZC outstat=Alfa(where=(_NAME_='Prin1')) noprint;
      run;
      data Alfa;
      set Alfa(drop=_TYPE_ _NAME_);
      run;
      proc princomp data=ZC
        outstat=komponentes(where=(_NAME_ like('Prin%')))
        noprint;
      run;
      data komponentes;
      set komponentes(drop=_TYPE_ _NAME_);
      run;
      %end;
    %else

```

```

%do;
data Alfa;
do i=1 to 1;
  %do i=1 %to &d;
    uu&i=2*ranuni(1)-1;
    u2u&i=uu&i**2;
  %end;
%do i=1 %to &d;
  t&i=uu&i/sqrt(sum(of u2u1 - u2u&d));
%end;
if sum(of u2u1 - u2u&d) <=1 then output;
else i=i-1;
end;
keep t1-t&d;
run;

proc iml;
  use Alfa;  read all into alfa;  close Alfa;
  U=alfa`;
  v=shape(1,ncol(alfa),1);
  do while(ncol(U)<ncol(alfa));
    call ortvec(w,u1,rho,lindep,v,U);
    if lindep=1 then /* jei lindep=1 nekonverguoja */
      do;
        U=alfa`;
        do j=1 to &d;
          if j=1 then v=ranuni(1); else v=v//ranuni(1);
        end;
      end;
    else U=U||w;
  end;
  Komponentes=U`;
  create Komponentes from Komponentes;
  append from Komponentes;
quit;
%end;

proc iml;
  use ZZ;  read all into Z;  close ZZ;
  use ZZC;  read all into ZC;  close ZZC;
  use Alfa;  read all into alfa;  close Alfa;
  use S(keep=X1-X&d);  read all into S;  close S;
  use komponentes;  read all into komponentes;  close komponentes;
  %if &i>1 %then %str(use FF;  read all into FF;  close FF;);
  J=&lp_n; /* polinomo eile */
  Y=Z*alfa`;
  YC=ZC*alfa`;
  r=2*probnorm(Y)-1;
  rC=2*probnorm(YC)-1;
  do j1=0 to J;
    if j1>=2 then
      do;
        psi=psi||((2*j1-1)*r#psi[,ncol(psi)]-(j1-1)*psi[,ncol(psi)-1])/j1;
        psiC=psiC||((2*j1-1)*rC#psiC[,ncol(psiC)]-(j1-1)*psiC[,ncol(psiC)-
1])/j1;
      end;
    else
      if j1=0 then
        do;
          psi=shape(1,nrow(r),1);
          psiC=shape(1,nrow(rC),1);
        end;
      else
        do;

```

```

        psi=psi||r;
        psiC=psiC||rC;
    end;
    if j1=0 then jj=j1; else jj=jj||j1;
end;

Epsi=psi[:,];
EpsiC=psiC[:,];

f=pdf('normal',Y,0,1)#(((2*jj+1)#Epsi#psi)[,+]>1);
f=f<>(1E-200);

YY=PROBIT(rank(Y)/nrow(Y)-1/(2*nrow(Y)));
YYC=PROBIT(rank(YC)/nrow(YC)-1/(2*nrow(YC)));

U=komponentes`;

tetaUz=YY;
tetaUzC=YYC;
do while(ncol(tetaUz)<ncol(Z));
    tetaUz=tetaUz||(Z*U[,ncol(tetaUz)+1]);
    tetaUzC=tetaUzC||(ZC*U[,ncol(tetaUzC)+1]);
end;
ZZ=tetaUz*U`;
ZZC=tetaUzC*U`;

g=pdf('normal',ZZ*alfa`,0,1);

%if &ii=1 %then %str(FF=f/g);
%else %str(FF=FF||f/g);
PPDE=pdf('normal',zz,0,1)[, #]#FF[, #];

I=((2*jj+1)/2#EpsiC#EpsiC)[+]-0.5;
call symput('I',putn(I,'12.8'));

det=det(S);
if det=0 then det=det(diag(S));
PPDE=PPDE*det**(-1/2);
create PPDE from PPDE [colname='f'];
append from PPDE;
create FF from FF [colname='FF'];
append from FF;
create ZZ from ZZ;
append from ZZ;
create ZC from ZC;
append from ZC;
quit;
%put ii=&ii I=&I;
%if (&I<=&PIndex or &I=&I_last) %then %let ii=&max_iter;
%let I_last=&I;
%end;
%end;
%mend PPDE;

```

K-artimiausio kaimyno metodą igyvendinanti makrofunkcija:

```

%macro NEIG(XC=X);
proc iml;
    use X; read all into X; close X; /* visa imtis */
    use &XC; read all into XC; close &XC; /* klasteriu failiukas */

    k=round(log(nrow(XC))); /* k parinkimas */

```

```

n=nrow(XC);

do i2=1 to nrow(X); /* testuojami taskai */
  skirt=repeat(X[i2,],nrow(XC),1)-XC;
  sand=abs(skirt[,1]);
  do i3=2 to &d;
    sand=sand#abs(skirt[,i3]);
  end;
  call sort(sand,1); /* rusiuoja pagal pirma stulpeli */
  if sand[k,]=0 then kneighbour=kneighbour//sand[k+1,];
  else kneighbour=kneighbour//sand[k,];
end;

faktorialas=1; /* faktorialo skaiciavimas */
do i1=1 to (&d-1);
  faktorialas=faktorialas*i1;
end;

NEIG= repeat(k*faktorialas,nrow(X),1)/
(repeat((2##(&d))*n*((log(n/(k*faktorialas)))##(&d-1)),nrow(X),1)#neighbour);

create NEIG from NEIG [colname='f'];
append from NEIG;

create kneighbour from kneighbour [colname='f'];
append from kneighbour;

quit;
%mend NEIG;

```

Histoharo metodą įgyvendinanti makrofunkcija:

```

%macro HWAV(j,XC=X);

proc corr data=&XC cov noprint outp=CovXC(where=(_TYPE_='COV'));
run;

proc iml;
  use X(keep=X1-X&d); read all into X; close X;
  use &XC(keep=X1-X&d); read all into XC; close &XC;
  use CovXC(keep=X1-X&d); read all into CovXC; close CovXC;
  /* imties taskai nuskaityti i S */
  /* kovariacijų matrica, naudojama imčiai standartizuoti */
  Z=(X -repeat(XC[:,],nrow(X), 1))*inv(root(CovXC));
  /* standartizuojama visa imtis */
  ZC=(XC-repeat(XC[:,],nrow(XC),1))*inv(root(CovXC));
  /* standartizuojamas klasteris */

  h=2**(-1*(&j));
  f=shape(1,nrow(ZC),1);

  do i = 1 to ncol(X);
    K=ceil((max(Z[,i])-min(Z[,i]))/h);
    /* i-tosios koordinatės intervalo skaičius */
    mini=min(Z[,i]); /* i-tosios koordinatės kairysis krantas */

    kiekis=shape(0,K,2);
    num= shape(0,nrow(ZC),2);
    eilNr=shape(1:nrow(ZC),nrow(ZC),1);

    do j1=1 to K;
      do j2=1 to nrow(ZC);

```

```

        if ((mini-0.0000000001<=ZC[j2,i]) & (ZC[j2,i]<=mini+h+0.0000000001))
            then do; kiekis[j1,2]=kiekis[j1,2]+1; kiekis[j1,1]=j1; num[j2,1]=j1;
end;
        end;
        mini=mini+h;
    end;

    do j1=1 to nrow(ZC);
        do j2=1 to K;
            if (num[j1,1]=kiekis[j2,1])
                then num[j1,2]=kiekis[j2,2];
            end;
        end;

        do j1=1 to nrow(ZC);
            num[j1,1]=num[j1,2]*(2**(&j))/(sum(num[,2]));
        end;
    f=f#num[,1];

end;

f=f/sqrt(det(CovXC));

ZC=ZC||f||eilNr;
Z=Z||shape(1:nrow(Z),nrow(Z),1);

varnames1=("x1":"x&d")||"eilNr";
varnames2=("x1":"x&d")||"f"||"eilNr";
create Z from Z[colname=varnames1];
append from Z;
create ZC from ZC[colname=varnames2];
append from ZC;

quit;

proc sort data=Z;
by x1-x&d;
run;

proc sort data=ZC;
by x1-x&d;
run;

data HWAV;
merge Z ZC;
by x1-x&d;
if ^(f) then f=0;
keep f eilNr;
run;

proc sort data=HWAV;
by eilNr;
drop eilNr;
run;

data HWAV;
set HWAV;
drop eilNr;
run;

proc datasets library=work nolist;
delete Z ZC Covxc;
quit;

```

```
%mend HWAV;
```

Sferizavimą atliekanti procedūra (įterpiama į kiekvieną klasterizavimo matrofunkciją):

```
proc aceclus data=XX out=XXX noprint
proportion=.1 maxiter=100;
var x1-x&d;
run;
```

K-vidurkių klasterizavimo metodą įgyvendinanti makrofunkcija:

```
%macro fastclus();
  %do i=1 %to 6;
    data XXX;
    set imtis&i;
    run;
    %do j=1 %to &imciu_sk;
      data klaster;
      klasteris=1;
      ccc=0;
      run;
      %do clus_sk=2 %to 15;
        proc fastclus data=XXX(where=(Imtis=&j))
                                maxclus=&clus_sk
                                maxiter=10
                                noprint
                                outSTAT=KLAS(where=(_type_='CCC'));
          var x1-x&d;
          run;

          data KLASSTER;
          set klaster KLAS(keep=over_all rename=(over_all=ccc) in=antras);
          label ccc='ccc';
          if antras then klasteris=&clus_sk;
          run;
          %end;

          %let clus_sk=1;
          data _null_;
          set klaster;
          if _n_>1 then
            if cccl>0 and cccl>ccc then
              do;
                call symput('clus_sk',klasteris-1);
                stop;
              end;
            if ccc>0 then cccl=ccc;
            retain cccl;
            run;
          %put Klasteriu skaicius &clus_sk;
          proc fastclus data=XXX(where=(Imtis=&j))
                                maxclus=&clus_sk
                                maxiter=10
                                noprint
                                out=Xc(keep=Imtis x1-x&d ff cluster);
          var x1-x&d;
          run;
          proc iml;
            %str(use Xc; read all into rezul; close Xc);
```

```

        %if &j>1
        %then %str(use Imtis&i; read all into TANKIS; close Imtis&i;);
        %if &j>1 %then %str(TANKIS=TANKIS//rezul;);
        %else %str(TANKIS=rezul;);
        varnames="imtis"||("x1":"x&d")||"ff"||"cluster";
        create Imtis&i from TANKIS [colname=varnames];
        append from TANKIS;
        quit;
    %end;
%end;

proc datasets library=work nolist;
    delete klas klaster xc xxx;
quit;

%mend fastclus;
%fastclus();

```

Hierarchini jungimo klasterizavimo metodą įgyvendinanti makrofunkcija:

```

%macro cluster();
    %do i=1 %to 6;
        data XXX;
        set imtis&i;
        run;
        %do j=1 %to &imciu_sk;
            proc cluster data=XXX(where=(Imtis=&j))
                method= ward /* centroid complete */
                noprint
                ccc
                outtree=Klaster;
            copy Imtis x1-x&d ff;
            var x1-x&d;
            run;

            data Klaster1;
            set Klaster(keep=_CCC_ _NCL_ rename=(_CCC_=ccc _NCL_=Klasteris) );
            where Klasteris=1 or Klasteris=2 or Klasteris=3 or Klasteris=4 or
                Klasteris=5 or Klasteris=6 or Klasteris=7 or Klasteris=8 or
                Klasteris=9 or Klasteris=10 or Klasteris=11 or Klasteris=12 or
                Klasteris=13 or Klasteris=14 or Klasteris=15;
            label ccc = 'ccc'
                Klasteris = 'Klasteris';
            run;

            proc sort data=Klaster1;
            by Klasteris;
            run;

            %let clus_sk=1;
            data _null_;
            set klaster1;
            if _n_>1 then
                if cccl>0 and cccl>ccc then
                    do;
                        call symput('clus_sk',klasteris-1);
                        stop;
                    end;
                if ccc>0 then cccl=ccc; retain cccl;
            run;
            %put Klasteriu skaicius &clus_sk;

            proc tree data=Klaster out=Klaster(keep=Imtis x1-x&d ff cluster)

```

```

n=&clus_sk noprint;

copy  Imtis x1-x&d ff;
run;

proc iml;
  %str(use klaster; read all into rezul; close klaster;);
  %if &j>1
  %then %str(use Imtis&i; read all into TANKIS; close Imtis&i;);
  %if &j>1 %then %str(TANKIS=TANKIS//rezul;);
  %else %str(TANKIS=rezul;);
  varnames="imtis"||("x1":"x&d")||"ff"||"cluster";
  create Imtis&i from TANKIS [colname=varnames];
  append from TANKIS;
  quit;
%end;

proc datasets library=work nolist;
  delete klaster1 XXX klaster;
quit;

%end;
%mend cluster;
%cluster();

```

K- artimiausių kaimynų klasterizavimo metodą įgyvendinanti makrofunkcija:

```

%macro modeclus();
  %do i=1 %to 6;
    data XXX;
    set imtis&i;
    run;
    %do j=1 %to &imciu_sk;
      %let neigh=%sysfunc(round(%sysfunc(sqrt(&imties_n))));

      proc modeclus data=XXX(where=(Imtis=&j))
        k=&neigh
        method=1
        noprint
        out=Klaster(keep=Imtis x1-x&d ff CLUSTER);

      var x1-x&d;
      run;

      proc iml;
        %str(use klaster; read all into rezul; close klaster;);
        %if &j>1
        %then %str(use Imtis&i; read all into TANKIS; close Imtis&i;);
        %if &j>1 %then %str(TANKIS=TANKIS//rezul;);
        %else %str(TANKIS=rezul;);
        varnames="imtis"||("x1":"x&d")||"ff"||"cluster";
        create Imtis&i from TANKIS [colname=varnames];
        append from TANKIS;
        quit;
      %end;

      proc datasets library=work nolist;
        delete XXX klaster;
      quit;
    %end;
  %mend modeclus;
%modeclus();

```

Mišinių generavimą įgyvendinanti procedūra, kai matavimų skaičius yra 5:

```

%let imciu_sk=1;
%let imties_n=2000;
%let d=5;

data imtis1;
  do imtis=1 to &imciu_sk;
    do i=1 to &imties_n;
      c=ranuni(1);
      if c<0.5 then do;
        X1=rannor(1);
        X2=rannor(1);
        X3=rannor(1);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1);
      end;
      else do;
        X1=rannor(1)+1.68;
        X2=rannor(1);
        X3=rannor(1);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1);
      end;
      ff=0.5*
        pdf('normal',X1,0,1)*
        pdf('normal',X2,0,1)*
        pdf('normal',X3,0,1)*
        pdf('normal',X4,0,1)*
        pdf('normal',X5,0,1)+
        0.5*
        pdf('normal',X1-1.68,0,1)*
        pdf('normal',X2,0,1)*
        pdf('normal',X3,0,1)*
        pdf('normal',X4,0,1)*
        pdf('normal',X5,0,1);
      if ff > 1E-6 then output;
      else i=i-1;
    end;
  end;
  drop i c;
run;

data imtis2;
  do imtis=1 to &imciu_sk;
    do i=1 to &imties_n;
      c=ranuni(1);
      if c<0.5 then do;
        X1=rannor(1);
        X2=rannor(1);
        X3=rannor(1);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1);
      end;
      else do;
        X1=rannor(1)+2.56;
        X2=rannor(1);
        X3=rannor(1);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1);
      end;
      ff=0.5*
        pdf('normal',X1,0,1)*
        pdf('normal',X2,0,1)*
        pdf('normal',X3,0,1)*

```

```

        pdf('normal',X4,0,1)*
        pdf('normal',X5,0,1)+
        0.5*
        pdf('normal',X1-2.56,0,1)*
        pdf('normal',X2,0,1)*
        pdf('normal',X3,0,1)*
        pdf('normal',X4,0,1)*
        pdf('normal',X5,0,1);
        if ff > 1E-6 then output;
        else i=i-1;
    end;
end;
drop i c;
run;

data imtis3;
do imtis=1 to &imciu_sk;
do i=1 to &imties_n;
c=ranuni(1);
if c<0.5 then do;
X1=rannor(1);
X2=rannor(1);
X3=rannor(1);
X4=rannor(1);
X5=rannor(1);
end;
else do;
X1=rannor(1)+4.65;
X2=rannor(1);
X3=rannor(1);
X4=rannor(1);
X5=rannor(1);
end;
ff=0.5*
pdf('normal',X1,0,1)*
pdf('normal',X2,0,1)*
pdf('normal',X3,0,1)*
pdf('normal',X4,0,1)*
pdf('normal',X5,0,1)+
0.5*
pdf('normal',X1-4.65,0,1)*
pdf('normal',X2,0,1)*
pdf('normal',X3,0,1)*
pdf('normal',X4,0,1)*
pdf('normal',X5,0,1);
if ff > 1E-6 then output;
else i=i-1;
end;
end;
drop i c;
run;

data Ran1;
do i=1 to &imties_n;
X1=rannor(1);
X2=rannor(1);
X3=rannor(1);
X4=rannor(1);
X5=rannor(1);
output;
end;
drop i;
run;

```

```

data Ran2;
    do i=1 to &imties_n;
        X1=rannor(1);
        X2=rannor(1);
        X3=rannor(1);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1);
        output;
    end;
drop i;
run;

proc iml;
    use Ran1;
    read all into Ran1;
    close Ran1;

    use Ran2;
    read all into Ran2;
    close Ran2;

    R={ 0.5125 -0.4875 0 0 0,
        -0.4875 0.5125 0 0 0,
          0      0      1 0 0,
          0      0      0 1 0,
          0      0      0 0 1};
    M1={0 0 0 0 0};
    M2={4.24264068711928514 0 0 0 0};

    f1=pdf('normal',Ran1)[, #];
    f1=f1/sqrt(det(R));

    f2=pdf('normal',Ran2)[, #];
    f2=f2/sqrt(det(R));

    ff = 0.5*(f1+f2);

    XX1=Ran1*root(R)+repeat(M1,nrow(Ran1));
    XX2=Ran2*root(R)+repeat(M2,nrow(Ran2));
    XX = 0.5*(XX1+XX2);

    imtis=repeat(&imciu_sk,&imties_n);

    varnames="imtis"||"X1"||"X2"||"X3"||"X4"||"X5"||"ff";
    imtis4=imtis||XX||ff;
    create imtis4 from imtis4[colname=varnames];
    append from imtis4;
quit;

proc datasets library=work nolist;
    delete Ran1 Ran2;
quit;

data imtis5;
    do imtis=1 to &imciu_sk;
        do i=1 to &imties_n;
            c=ranuni(1);
            if c<0.5 then do;
                X1=rannor(1)-(1/sqrt(2));
                X2=rannor(1);
                X3=rannor(1);
                X4=rannor(1);
                X5=rannor(1)-(1/(2*sqrt(2)));
            end;
        end;
    end;

```

```

end;
else do;
  X1=rannor(1)+(1/sqrt(2));
  X2=rannor(1);
  X3=rannor(1);
  X4=rannor(1)*sqrt(0.5);
  X5=rannor(1)*sqrt(0.5)+(1/(2*sqrt(2)));
end;
ff=0.5*
pdf('normal',X1+(1/sqrt(2)),0,1)*
pdf('normal',X2,0,1)*
pdf('normal',X3,0,1)*
pdf('normal',X4,0,1)*
pdf('normal',X5+(1/(2*sqrt(2))),0,1)+
0.5*
pdf('normal',X1-(1/sqrt(2)),0,1)*
pdf('normal',X2,0,1)*
pdf('normal',X3,0,1)*
pdf('normal',X4/sqrt(0.5),0,1)*
pdf('normal',X5-(1/(2*sqrt(2)))/sqrt(0.5),0,1);
if ff > 1E-6 then output;
else i=i-1;
end;
end;
drop i c;
run;

data imtis6;
do imtis=1 to &imciu_sk;
do i=1 to &imties_n;
c=ranuni(1);
if c<0.5 then do;
  X1=rannor(1)-sqrt(2);
  X2=rannor(1);
  X3=rannor(1);
  X4=rannor(1);
  X5=rannor(1)-(1/sqrt(2));
end;
else do;
  X1=rannor(1)+sqrt(2);
  X2=rannor(1);
  X3=rannor(1);
  X4=rannor(1)*sqrt(0.5);
  X5=rannor(1)*sqrt(0.5)+(1/sqrt(2));
end;
ff=0.5*
pdf('normal',X1+sqrt(2),0,1)*
pdf('normal',X2,0,1)*
pdf('normal',X3,0,1)*
pdf('normal',X4,0,1)*
pdf('normal',X5+(1/sqrt(2)),0,1)+
0.5*
pdf('normal',X1-sqrt(2),0,1)*
pdf('normal',X2,0,1)*
pdf('normal',X3,0,1)*
pdf('normal',X4/sqrt(0.5),0,1)*
pdf('normal',X5-(1/sqrt(2))/sqrt(0.5),0,1);
if ff > 1E-6 then output;
else i=i-1;
end;
end;
drop i c;
run;

```

```

data imtis7;
  do imtis=1 to &imciu_sk;
    do i=1 to &imties_n;
      c=ranuni(1);
      if c<0.5 then do;
        X1=rannor(1);
        X2=rannor(1);
        X3=rannor(1);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1);
      end;
      else do;
        X1=rannor(1)*sqrt(8);
        X2=rannor(1)*sqrt(8);
        X3=rannor(1)*sqrt(8);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1)+1;
      end;
      ff=0.5*
        pdf('normal',X1,0,1)*
        pdf('normal',X2,0,1)*
        pdf('normal',X3,0,1)*
        pdf('normal',X4,0,1)*
        pdf('normal',X5,0,1)+
        0.5*
        pdf('normal',X1/sqrt(8),0,1)*
        pdf('normal',X2/sqrt(8),0,1)*
        pdf('normal',X3/sqrt(8),0,1)*
        pdf('normal',X4,0,1)*
        pdf('normal',X5-1,0,1);
      if ff > 1E-6 then output;
      else i=i-1;
    end;
  end;
  drop i c;
run;

data imtis8;
  do imtis=1 to &imciu_sk;
    do i=1 to &imties_n;
      c=ranuni(1);
      if c<0.5 then do;
        X1=rannor(1);
        X2=rannor(1);
        X3=rannor(1);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1);
      end;
      else do;
        X1=rannor(1)*sqrt(8);
        X2=rannor(1)*sqrt(8);
        X3=rannor(1)*sqrt(8);
        X4=rannor(1);
        X5=rannor(1)+2;
      end;
      ff=0.5*
        pdf('normal',X1,0,1)*
        pdf('normal',X2,0,1)*
        pdf('normal',X3,0,1)*
        pdf('normal',X4,0,1)*
        pdf('normal',X5,0,1)+
        0.5*
        pdf('normal',X1/sqrt(8),0,1)*
        pdf('normal',X2/sqrt(8),0,1)*

```

```

        pdf('normal',X3/sqrt(8),0,1)*
        pdf('normal',X4,0,1)*
        pdf('normal',X5-2,0,1);
    if ff > 1E-6 then output;
    else i=i-1;
end;
end;
drop i c;
run;

data imtis9;
do imtis=1 to &imciu_sk;
do i=1 to &imties_n;
c=ranuni(1);
if c<0.5 then do;
X1=rannor(1);
X2=rannor(1);
X3=rannor(1);
X4=rannor(1);
X5=rannor(1);
end;
else do;
X1=rannor(1)*sqrt(8);
X2=rannor(1)*sqrt(8);
X3=rannor(1)*sqrt(8);
X4=rannor(1);
X5=rannor(1)+4;
end;
ff=0.5*
pdf('normal',X1,0,1)*
pdf('normal',X2,0,1)*
pdf('normal',X3,0,1)*
pdf('normal',X4,0,1)*
pdf('normal',X5,0,1)+
0.5*
pdf('normal',X1/sqrt(8),0,1)*
pdf('normal',X2/sqrt(8),0,1)*
pdf('normal',X3/sqrt(8),0,1)*
pdf('normal',X4,0,1)*
pdf('normal',X5-4,0,1);
if ff > 1E-6 then output;
else i=i-1;
end;
end;
drop i c;
run;

data imtis10;
do imtis=1 to &imciu_sk;
do i=1 to &imties_n;
c=ranuni(1);
if c<0.5 then do;
X1=rannor(1)+1;
X2=rannor(1)*0.5+1;
X3=rannor(1);
X4=rannor(1);
X5=rannor(1);
end;
else do;
X1=rannor(1)*0.1+2;
X2=rannor(1)*2;
X3=rannor(1);
X4=rannor(1);
X5=rannor(1);
end;
end;
end;

```

```

end;
ff=0.5*
  pdf('normal',X1-1,0,1)*
  pdf('normal',(X2-1)/0.5,0,1)*
  pdf('normal',X3,0,1)*
  pdf('normal',X4,0,1)*
  pdf('normal',X5,0,1)+
  0.5*
  pdf('normal',(X1-2)/0.1,0,1)*
  pdf('normal',X2/2,0,1)*
  pdf('normal',X3,0,1)*
  pdf('normal',X4,0,1)*
  pdf('normal',X5,0,1);
  if ff > 1E-6 then output;
  else i=i-1;
end;
end;
drop i c;
run;

```

Tankių vertinimą atliekanti makrofunkcija, kai nenaudojamas klasterizavimas (AKDE):

```

%macro tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis,d,metodas,rezultatai);
  %let starttime=%sysfunc(datetime());

  libname Rasos 'D:\Bakalaurinis\RezultataiAKDE2';

  proc sql noprint;
    select max(imtis)
      into :imciu_sk
    from &imtis;
  quit;

  %if %sysfunc(exist(&rezultatai._f))
  %then %do;
    proc sql noprint;
      select max(imtis)+1
        into :eil_imtis_nuo
      from &rezultatai._f;
    quit;
  %end;
  %else %let eil_imtis_nuo=1;

  %do eil_imtis=&eil_imtis_nuo %to &imciu_sk;
    %put Imtis: &eil_imtis is %sysfunc(left(&imciu_sk));
    %put Taikomas metodas: &metodas %str(;) duomenys: &imtis;

    data X(keep=X1-X&d) f(keep=ff);
      set &imtis;
      where imtis=&eil_imtis;
    run;

    %&metodas;
    %if %index(%substr(&metodas,1,4),AKDE) %then %let f_=AKDE;
  proc iml;
    %if &eil_imtis>1 %then %str(
      use &rezultatai; read all into Delta; close &rezultatai;
      use &rezultatai._f; read all into TANKIS; close
&rezultatai._f);
    use f; read all into f; close f;
    use &f_; read all into f_; close &f_;
    f_=(f_<1000)#f_;
    do i3=1 to nrow(f_);

```

```

        if f_[i3,]>1 then f_[i3,]=0;
    end;
    %if &eil_imtis>1 %then
        %str(
            Delta=Delta//((f-f_)##2)[:];
            TANKIS=TANKIS// (shape(&eil_imtis,nrow(f),1)||f||f_);
        );
    %else
        %str(
            Delta=((f-f_)##2)[:];
            TANKIS=shape(&eil_imtis,nrow(f),1)||f||f_);
        create &rezultatai from Delta [colname='Delta'];
        append from Delta;
        create &rezultatai._f from TANKIS [colname={imtis f f_}];
        append from TANKIS;
    quit;
%end;
%if &eil_imtis > &imciu_sk %then
%do;
    proc means data=&rezultatai noprint;
        var Delta;
        output out=&rezultatai(where=( _STAT_ in('MEAN','STD')) drop=_FREQ_
_TYPE_ ) ;
    run;
%end;

data _null_;
    exectime=datetime()-&starttime;
    put;
    put 'Vykdymo trukme ' exectime time.;
run;
%mend tankiu_vertinimo_tikslumas;

%macro vykdydas_kosi();
options nonotes xmin;
%do darbas=1 %to 3;
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.2),
                                Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._1);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.4),
                                Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._2);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.6),
                                Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._3);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.8),
                                Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._4);
%end;
%mend vykdydas_kosi;
%macro vykdydas_gauso();
options nonotes xmin;
%do darbas=4 %to 6;
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.2),
                                Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._1);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.4),
                                Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._2);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.6),
                                Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._3);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.8),
                                Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._4);
%end;
%mend vykdydas_gauso;
%vykdydas_kosi();
%vykdydas_gauso();

```

Tankių vertinimą atliekanti makrofunkcija, kai naudojamas klasterizavimas (AKDE metodui):

```

%macro tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis,d,metodas,rezultatai);
  %let starttime=%sysfunc(datetime());

  proc sql noprint;
    select max(imtis)
      into :imciu_sk
    from &imtis;
  quit;

  %if %sysfunc(exist(&rezultatai._f))
  %then %do;
    proc sql noprint;
      select max(imtis)+1
        into :eil_imtis_nuo
      from &rezultatai._f;
    quit;
  %end;
  %else %let eil_imtis_nuo=1;

  %do eil_imtis=&eil_imtis_nuo %to &imciu_sk;

    %put Imtis: &eil_imtis is %sysfunc(left(&imciu_sk));
    %put Taikomas metodas: &metodas %str(;) duomenys: &imtis;

    data X(keep=X1-X&d) f(keep=ff);
      set &imtis;
      where imtis=&eil_imtis;
    run;

    proc sql noprint;
      select max(cluster)
        into : klas
      from &imtis where imtis=&eil_imtis;
    quit;

    proc freq data=&imtis(where=(imtis=&eil_imtis)) noprint;
      tables cluster / out=tikimybes;
    run;

    %let klas=&klas;
    %put Klasteriu skaicius &klas;
    %do i=1 %to &klas;

      data XB(keep=X1-X&d);
        set &imtis;
        where cluster=&i and imtis=&eil_imtis;
        %put Klasteris numeriu: &i;
      run;

      proc sql noprint;
        select percent
          into : P
        from tikimybes where cluster=&i;
      quit;
      %put Tikimybe: &P;

      %&metodas;
      %if %index(%substr(&metodas,1,4),AKDE) %then %let f_=AKDE;
      proc iml;
        %if &i>1
        %then %str(use rez; read all into TANKIS; close rez;);
        use f; read all into f; close f;
        use &f_; read all into f_; close &f_;

```

```

f_=(f_<1000)#f_;
f_=f_*&P/100;
%if &i>1 %then
    %str(TANKIS=TANKIS||(shape(f_,nrow(f_),1)););
%else
    %str(TANKIS=shape(&eil_imtis,nrow(f),1)||f||f_);

varnames="imtis"||"f"||("f1":"f&klas");
create rez from TANKIS [colname=varnames];
append from TANKIS;
quit;
%end;

data rez;
    set rez;
    F_=0;
    F_=sum(of f1-f&klas);
    drop f1-f&klas;
    if f_>1 then f_=0;
run;

data f_(keep=F_);
    set rez;
run;
proc iml;
    %str(use rez; read all into rezul; close rez;);
    %if &eil_imtis>1
    %then %str(use &rezultatai; read all into Delta; close &rezultatai;
        use &rezultatai._f; read all into TANKIS; close
&rezultatai._f);
        use f; read all into f; close f;
        use f_; read all into f_; close f_;
        %if &eil_imtis>1 %then
            %str(
                Delta=Delta/((f-f_)##2)[:];
                TANKIS=TANKIS//rezul;
            );
        %else
            %str(
                Delta=((f-f_)##2)[:];
                TANKIS=rezul;
            );
        create &rezultatai from Delta [colname='Delta'];
        append from Delta;
        create &rezultatai._f from TANKIS [colname={imtis f f_}];
        append from TANKIS;
    quit;
%end;

%if &eil_imtis > &imciu_sk %then
%do;
    proc means data=&rezultatai noprint;
        var Delta;
        output out=&rezultatai(where=(_STAT_ in('MEAN','STD')) drop=_FREQ_
_TYPE_) ;
    run;
%end;

data _null_;
    exectime=datetime()-&starttime;
    put;
    put 'Vykdymo trukme ' exectime time.;
run;
%mend tankiu_vertinimo_tikslumas;

```

```

%macro vykdydas_kosi();
  options nonotes xmin;
  %do darbas=1 %to 3;
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.2,
      XC=XB),Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._1);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.4,
      XC=XB),Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._2);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.6,
      XC=XB),Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._3);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.8,
      XC=XB),Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._4);
  %end;
%mend vykdydas_kosi;
%macro vykdydas_gauso();
  options nonotes xmin;
  %do darbas=4 %to 6;
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.2,
      XC=XB),Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._1);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.4,
      XC=XB),Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._2);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.6,
      XC=XB),Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._3);
    %tankiu_vertinimo_tikslumas(imtis&darbas,&d,AKDE(0.8,
      XC=XB),Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._4);
  %end;
%mend vykdydas_gauso;
%vykdydas_kosi();
%vykdydas_gauso();

```

Pagrindini sasajos su vartotoju langa valdantis failas (NTV.slc):

```

MAIN:
  call symput('imties_n', TextEntry1.Text);
  return;

Pushbutton1:
  submit continue;
  proc datasets library=Rasos nolist kill memtype=data;
    quit;
  endsubmit;
  radiobox1.selectedItem = "";
  Sasdataset1.table="";
  Sasdataset2.table="";
  combobox1.enabled="No";
  Textlabel9.visible="No";
  combobox1.selectedIndex=0;

  Textlabel4.label='';

  if combobox3.selectedindex = 1
  then do;
    call symput('k', 2);
    submit continue;
    %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\Tankiai Gauso 2D.sas';
  endsubmit;
  end;
  else if combobox3.selectedindex = 2
  then do;
    call symput('k', 5);
    submit continue;
    %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\Tankiai Gauso 5D.sas';
  endsubmit;
  end;
  else Textlabel4.Label='Nurodykite skaičiavimo parametrus';

  if combobox4.selectedindex = 1
  then ;
  else if combobox4.selectedindex = 2

```

```

        then do;
            submit continue;
            %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\Klasterizavimas\K1.sas';
            endsubmit;
            end;
    else if combobox4.selectedindex = 3
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\Klasterizavimas\K2.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox4.selectedindex = 4
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\Klasterizavimas\K3.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox4.selectedindex = 5
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\Sferizavimas ir klasterizavimas\K1.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox4.selectedindex = 6
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\Sferizavimas ir klasterizavimas\K2.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox4.selectedindex = 7
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\Sferizavimas ir klasterizavimas\K3.sas';
        endsubmit;
        end;
    else Textlabel4.Label='Nurodykite skaičiavimo parametrus';

    if combobox2.selectedindex = 1
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\AKDE.sas';
        endsubmit;
        end;;
    else if combobox2.selectedindex = 2
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\PPDE.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox2.selectedindex = 3
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\NEIG.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox2.selectedindex = 4
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\HWAV.sas';
        endsubmit;
        end;
    else Textlabel4.Label='Nurodykite skaičiavimo parametrus';

    if combobox2.selectedindex = 1
    then
        do;

        if combobox4.selectedindex = 1
        then do;
            submit continue;
            %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\AKDE\Be klasterizavimo\Tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
            endsubmit;
            end;
        else if combobox4.selectedindex = 2 or
            combobox4.selectedindex = 3 or
            combobox4.selectedindex = 4
        then do;
            submit continue;

```

```

        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\AKDE\tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
    endsubmit;
    end;
else if combobox4.selectedindex = 5 or
    combobox4.selectedindex = 6 or
    combobox4.selectedindex = 7
then do;
    submit continue;
    %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\AKDE\Transformacija ir klasterizavimas\
        Tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
    endsubmit;
    end;
end;

else
if combobox2.selectedindex = 2
then
do;

    if combobox4.selectedindex = 1
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\PPDE\Be klasterizavimo\tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox4.selectedindex = 2 or
        combobox4.selectedindex = 3 or
        combobox4.selectedindex = 4
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\PPDE\tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox4.selectedindex = 5 or
        combobox4.selectedindex = 6 or
        combobox4.selectedindex = 7
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\PPDE\Transformacija ir klasterizavimas\
            Tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
        endsubmit;
        end;
    end;
end;

else
if combobox2.selectedindex = 3
then
do;

    if combobox4.selectedindex = 1
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\NEIG\Be klasterizavimo\tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox4.selectedindex = 2 or
        combobox4.selectedindex = 3 or
        combobox4.selectedindex = 4
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\NEIG\tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
        endsubmit;
        end;
    else if combobox4.selectedindex = 5 or
        combobox4.selectedindex = 6 or
        combobox4.selectedindex = 7
    then do;
        submit continue;
        %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\NEIG\Transformacija ir klasterizavimas\
            Tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
        endsubmit;
        end;
    end;
end;

else
if combobox2.selectedindex = 4
then
do;

    if combobox4.selectedindex = 1

```

```

then do;
    submit continue;
    %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\HWAV\Be klasterizavimo\Tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
    endsubmit;
end;

else if combobox4.selectedindex = 2 or
    combobox4.selectedindex = 3 or
    combobox4.selectedindex = 4
then do;
    submit continue;
    %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\HWAV\Tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
    endsubmit;
end;

else if combobox4.selectedindex = 5 or
    combobox4.selectedindex = 6 or
    combobox4.selectedindex = 7
then do;
    submit continue;
    %INCLUDE 'C:\NTV\Modeliai\HWAV\Transformacija ir klasterizavimas\
        Tankiu vertinimo tikslumas Lippman.sas';
    endsubmit;
end;

end;

if combobox2.selectedIndex=1
then do;
    Textlabel9.visible="Yes";
    Textlabel9.label='Parametras gamma';
    combobox1.enabled="Yes";
    Sarasas = makelist();
    rc = insertc(Sarasas, "Gamma = 0,2", 1);
    rc = insertc(Sarasas, "Gamma = 0,4", 2);
    rc = insertc(Sarasas, "Gamma = 0,6", 3);
    rc = insertc(Sarasas, "Gamma = 0,8", 4);
    combobox1.items=Sarasas;
    radiobox1.enabled="No";
end;
else
    if combobox2.selectedIndex=2
then do;
    Textlabel9.visible="Yes";
    Textlabel9.label='Polinomo eilė';
    combobox1.enabled="Yes";
    Sarasas = makelist();
    rc = insertc(Sarasas, "4-os eilės polinomas", 1);
    rc = insertc(Sarasas, "5-os eilės polinomas", 2);
    rc = insertc(Sarasas, "6-os eilės polinomas", 3);
    combobox1.items=Sarasas;
    radiobox1.enabled="No";
end;
else
    do;
    combobox1.enabled="No";
    Textlabel9.visible="No";
    radiobox1.enabled="Yes";
    combobox1.selectedIndex=0;
end;

return;

combobox1:
    if combobox1.selectedItem ^= ""
    then radiobox1.enabled="Yes";
return;

radiobox1:
    if radiobox1.selectedItem ^= ""
    then
    do;
        call symput('darbas',radiobox1.selectedIndex);
        call symput('parametras',combobox1.selectedIndex);
        Sasdataset1.table="";
        Sasdataset2.table="";
        submit continue;
        data _tmp_;
            set Rasos.Lippman_&mties_n._&darbas._&parametras;

```

```

        if (delta);
        keep delta;
    run;
    data _tmp1_;
        merge Imtis&darbas Rasos.Lippman_&imties_n._&darbas._&parametras._f;
        label f ='Stebėta tankio reikšmė'
              f_='Tankio įvertis';
        keep x1-x&k f f_;;
    run;
    endsubmit;
    Sasdataset1.table="_tmp_";
    Sasdataset2.table="_tmp1_";
    end;
return;

pushbutton3:

    call display('NTV.sasaja.Apie.frame');

return;

pushbutton4:

    call display('NTV.sasaja.Imtys.frame');

return;

```

Imčių paaiškinimo langa valdantis failas (Imtvs.slc):

```

pushbutton2:
    call display('NTV.sasaja.I.frame');
return;

pushbutton3
    call display('NTV.sasaja.II.frame');
return;

pushbutton4:
    call display('NTV.sasaja.III.frame');
return;

pushbutton5:
    call display('NTV.sasaja.IV.frame');
return;

pushbutton6:
    call display('NTV.sasaja.V.frame');
return;

pushbutton7:
    call display('NTV.sasaja.VI.frame');
return;

pushbutton8:
    call display('NTV.sasaja.VII.frame');
return;

pushbutton9:
    call display('NTV.sasaja.VIII.frame');
return;

pushbutton10:
    call display('NTV.sasaja.IX.frame');
return;

pushbutton11:
    call display('NTV.sasaja.X.frame');
return;

```