

FOTOGRAMETRIJOS METODAI ANALIZUOJANT AKIES LĘŠIUKO
SKAITMENINIUS VAIZDUSJonas Skeivalas¹, Evelina Zigmantienė², Eglė Tumelienė³, Rosita Birvydienė⁴^{1,3}Geodezijos ir kadastro katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, LietuvaEl. paštas: ¹Jonas.Skeivalas@ap.vgtu.lt, ³egle@ap.vgtu.lt^{2,4}Geodezijos institutas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,

Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas: ²evelina@ap.vgtu.lt; ⁴rositaros@gmail.com

Įteikta 2009 11 30; priimta 2010 01 05

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjami akies lęšiuo skaitmeninių vaizdų identifikavimo galimybių ir analizės, taikant fotogrametrijos skaitinius metodus ir kovariacinių funkcijų teoriją, tikslumo aspektai. Skaitmeniniai vaizdai, gauti skaitmeniniu fotoaparatu, apdorojami pagal sudarytas kompiuterines programas *Matlab 7* programinio paketo operatorių aplinkoje. Akies lęšiuo vaizdai formuojami stacionariosios atsitiktinės funkcijos pavidalu. Šių funkcijų auto- ir tarpusavio kovariacinės funkcijos nagrinėjamos esant įvairiems vaizdo pikselių kvantavimo intervalams. Pagal tai galima įvertinti dviejų skaitmeninių vaizdų arba vieno vaizdo dviejų dalių (fragmentų) atitinkamų parametru reikšmių tarpusavio nuokrypius. Akies lęšiuo skaitmeninių vaizdų koreliacinę analizę įmanoma atlikti keleto pikselių tikslumu.

Reikšminiai žodžiai: kovariacinė funkcija, identifikavimas, kvantavimas, pikseliai, skaitmeniniai vaizdai.

1. Įvadas

Skaitmeniniai vaizdai gali būti identifikuojami fotogrametrijos skaitiniais metodais. Juos taikant kaip matematinės operacijas, skaitmeninio vaizdo pikselių erdvinė padėtis, apibrėžiama eilučių ir stulpelių numeriais, yra konvertuojama į spalvų bangų dažnių erdvinę sritį. Taigi pikselio padėtis apibrėžiama radiometriniu lygmeniu, ir abiejų rūšių informacijai sujungti pasirenkami atitinkami teoriniai modeliai. Spalvų virpesiams apdoroti bei interferencijos įtakai eliminuoti paprastai taikoma diskretusis Furjė (Fourier) transformavimas (Kardoulas *et al.* 1996; Ekstrom, McEwen 1990). Viena iš naujausių sukurtų skaitmeninių vaizdų apdorojimo teorijų yra Wavelet, arba mažųjų bangų funkcijų, teorija. Pagrindinis Wavelet teorijos privalumas yra tai, kad ja grindžiant galima nustatyti lokaliuosius signalų pokyčius per tam tikrą laiko tarpą (Horgan 1998; Hunt *et al.* 1993; Antoine 2000; Dutkay, Jorgensen 2004).

Straipsnyje nagrinėjamas skaitmeninių vaizdų identifikavimas taikant fotogrametrijos metodą ir atsitiktinių funkcijų teoriją. Remiamasi stacionariosios atsitiktinės funkcijos samprata, įvertinant tai, kad spalvų bangų dažnių klaidos yra atsitiktinės ir vienodo tikslumo, t. y. klaidų vidurkis $M\Delta = \text{const} = 0$, o jų dispersija $D\Delta = \text{const}$. Dviejų skaitmeninių vaizdų autokovariacinės ir tarpusavio kovariacinės funkcijos nagrinėjamos taikant įvairius vaizdo pikselių kvantavimo intervalus. Apimant visą

skaitmeninio vaizdo paviršių taikoma slenkamoji kovariacinė funkcija.

2. Teorinės prielaidos

Analizuodami skaitmeninių vaizdų identifikavimą, remsimės stacionariųjų atsitiktinių funkcijų kovariacinių funkcijų teorija. Vieno skaitmeninio vaizdo dviejų atkarpų arba dviejų vaizdų atkarpų – $h_1(u)$ ir $h_2(u + \tau)$, laikomų atsitiktinių funkcijų realizacijomis, kurių argumentai yra pikseliai, tolydžioji kovariacinė funkcija $K_h(\tau)$ rašoma taip (Skeivalas 1999, 2008):

$$K_h(\tau) = \frac{1}{T - \tau} \int_0^{T-\tau} \bar{h}_1(u) \bar{h}_2(u + \tau) du, \quad (1)$$

čia $\bar{h}_1(u)$, $\bar{h}_2(u + \tau)$ – centruotosios atkarpos, u – atkarpos pikselio koordinatė, T – atkarpos ilgis, $\tau = k \cdot \Delta$ – kintantis kvantavimo intervalas, Δ – pikselio matmuo, k – pikselių skaičius kvantavimo intervale.

Kovariacinės funkcijos $K_h(\tau)$ įvertis $K'_h(\tau)$ pagal turimus matavimų duomenis skaičiuojamas pagal formulę:

$$K'_h(h) = \frac{1}{n - k} \sum_{i=1}^{n-k} \bar{h}_1(u_i) \bar{h}_2(u_{i+k}), \quad (2)$$

čia n – bendras diskrečiųjų intervalų skaičius.

Formulę (2) galima taikyti autokovariacinės arba tarpusavio kovariacinės funkcijos pavidalu. Kai funkcija autokovariacinė, atkarpos $h_1(u)$ ir $h_2(u + \tau)$ yra pavienio skaitmeninio vaizdo atkarpos, o kai kovariacinė, – šios atkarpos yra dviejų skirtingų vaizdų.

Normintosios kovariacinės funkcijos įvertis yra lygus

$$R'_h(k) = \frac{K'_h(k)}{K'_h(0)} = \frac{K'_h(k)}{\sigma_h'^2}, \quad (3)$$

čia σ_h' – atsitiktinės funkcijos standartinio nuokrypio įvertis.

Kovariacinės funkcijos reikšmės modulis $|K_h(\tau_i)|$ visada yra ne didesnis už atsitiktinės funkcijos dispersiją, t. y. $|K_h(\tau)| \leq K_h(0)$, čia $K_h(0) = D(h)$.

3. Skaitmeninių vaizdų tenzorijų teorinės išraiškos

Toliau pateiksime teorines akies lęšiuo skaitmeninių vaizdų apdorojimo, taikant vaizdų tenzorijų atstojamųjų vektorių kovariacinę analizę, formules (Skeivalas, Kizlaitis 2008, 2009).

Akies lęšiuo trijų spalvų – RGB (raudonos, žalios ir mėlynos), spektro pikselių matricos sudaro erdvinį tenzorijų. Taikant virtualiųjų koordinačių sistemą buvo analizuota atitinkamų akies lęšiuo sričių aibės pikselių atstojamųjų virtualiųjų vektorių RGB spalvų dažniniame spektre tarpusavio kovariacijų kaita pagal pikselių erdvinę padėtį.

Kovariacijos tarp akies lęšiuo tenzoriaus virtualiojo vektoriaus $F(t)$ reikšmių, nustatytų taikant pikselių t_i ir t_s masyvus, bendroji išraiška:

$$\begin{aligned} K\{F(t_i), F(t_s)\} &= M\{\delta F(t_i) \cdot \delta F(t_s)\} = \\ &= M\{\delta F(t_i) \cdot h \delta F(t_i)\} = \\ &= h \cdot M\{\delta F(t_i)\}^2 = h \sigma_{F(t_i)}^2, \end{aligned} \quad (4)$$

čia K , M – atitinkamai kovariacijos ir vidurkio simboliai, $\delta F(t_i) = F(t_i) - MF(t_i)$ – virtualiojo vektoriaus atsitiktinė klaida dėl atsitiktinių faktorių įtakos, $\delta F(t_s) = h \delta F(t_i)$, h – koeficientas, rodantis vektoriaus $F(t)$ tarpusavio kovariacijų pokytį pagal pikselių padėtį t_i ir t_s , $\sigma_{F(t_i)}$ – standartinis nuokrypis.

Virtualiojo vektoriaus $F(t_i)$ standartinius nuokrypius $\sigma_{F(t_i)}$ galima išreikšti atitinkamų komponentų trimatėje koordinačių sistemoje F_x, F_y, F_z – standartiniais nuokrypiais. Galima rašyti:

$$F(t) = \varphi\{F_x(t), F_y(t), F_z(t)\}.$$

Toliau:

$$\sigma_{F(t)}^2 = a_x^2 \sigma_{F_x(t)}^2 + a_y^2 \sigma_{F_y(t)}^2 + a_z^2 \sigma_{F_z(t)}^2, \quad (5)$$

čia a_x, a_y, a_z – dalinių išvestinių reikšmės, apskaičiuotos pagal žinomas komponentų reikšmes.

Laikydami, kad $\sigma_{F_x} \approx \sigma_{F_y} \approx \sigma_{F_z} \approx \sigma_0$, gauname $\sigma_{F(t)} \approx \sigma_0$, nes $a_x^2 + a_y^2 + a_z^2 = 1$ (stačiakampėje koordinačių sistemoje).

Vektoriaus $F(t)$ kovariacijų įverčiams skaičiuoti taikome jo komponentų matavimų rezultatų pagal pikselių padėtį t matricinę išraišką:

$$F_\alpha = (F_{\alpha_1}, F_{\alpha_2}, \dots, F_{\alpha_s}) = \{F_\alpha(t_1), F_\alpha(t_2), \dots, F_\alpha(t_s)\},$$

$$F_\alpha = \begin{pmatrix} \mathbf{F}_{x_1} & \mathbf{F}_{x_2} & \dots & \mathbf{F}_{x_s} \\ \mathbf{F}_{y_1} & \mathbf{F}_{y_2} & \dots & \mathbf{F}_{y_s} \\ \mathbf{F}_{z_1} & \mathbf{F}_{z_2} & \dots & \mathbf{F}_{z_s} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

čia $F_{\alpha_i} = (F_{x_i}, F_{y_i}, F_{z_i})^T$, $i = 1, \dots, s$.

$F(t)$ komponentų tenzoriaus F_α pagal pikselių koordinates kovariacijų matricos įvertis $\bar{\mathbf{K}}_{F_\alpha}$ yra lygus

$$\bar{\mathbf{K}}_{F_\alpha}' = \frac{1}{s} \delta F_\alpha \cdot \delta F_\alpha^T, \quad (7)$$

čia $\delta F_{\alpha_i} = (\delta F_{x_i}, \delta F_{y_i}, \delta F_{z_i})^T$,

$$\delta F_{x_i} = F_{x_i} - \frac{1}{s} \sum_1^s F_{x_i},$$

$$\delta F_{y_i} = F_{y_i} - \frac{1}{s} \sum_1^s F_{y_i},$$

$$\delta F_{z_i} = F_{z_i} - \frac{1}{s} \sum_1^s F_{z_i}, \quad i = 1, \dots, s.$$

Išraiška (7) skleistiniu pavidalu:

$$\bar{\mathbf{K}}_{F_\alpha}' = \begin{pmatrix} \mathbf{K}_{xx} & \mathbf{K}_{xy} & \mathbf{K}_{xz} \\ \mathbf{K}_{yx} & \mathbf{K}_{yy} & \mathbf{K}_{yz} \\ \mathbf{K}_{zx} & \mathbf{K}_{zy} & \mathbf{K}_{zz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{K}_{11} & \mathbf{K}_{12} & \mathbf{K}_{13} \\ \mathbf{K}_{21} & \mathbf{K}_{22} & \mathbf{K}_{23} \\ \mathbf{K}_{31} & \mathbf{K}_{32} & \mathbf{K}_{33} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Vektorių $F(t_i)$ ir $F(t_s)$ kovariacijos įvertis, įvertinant išraiškas (4) ir (7), yra ne didesnis už kovariacijų matricos $\bar{\mathbf{K}}_{F_\alpha}$ (8) narių sumą (Skeivalas, Kizlaitis 2008):

$$K'\{F(t_i), F(t_s)\} \leq \sum_{i,j=1}^3 \bar{K}'_{F_{\alpha,ij}}. \quad (9)$$

Taikydami formules (4), (5) ir (8), gauname:

$$h \sigma_0^2 \leq \sum_{i,j}^3 \bar{K}'_{F_{\alpha,ij}}. \quad (10)$$

Galutiniu pavidalu (Skeivalas, Kizlaitis 2008):

$$h \leq \frac{1}{\sigma_0^2} \sum_{i,j}^3 \bar{K}'_{F_{\alpha,ij}}, \quad (11)$$

čia σ_0' yra σ_0 įvertis.

Taigi koeficientas h rodo virtualiojo vektoriaus $F(t)$ tarpusavio kovariacijų kaitą pagal pikselių padėtį t_i ir t_s .

4. Eksperimento ir skaičiavimų rezultatai

Eksperimentui buvo panaudoti vieno žmogaus abiejų akių lęšiuo, kai naudojami kontaktiniai lęšiai ir be jų, skaitmeniniai vaizdai. Eksperimentas atliktas pagal du teorinius modelius:

1. Taikant stacionariųjų atsitiktinių funkcijų kovariacinių funkcijų teoriją skirtingais kvantavimo intervalais.

2. Taikant akių lęšiukų skaitmeninių vaizdų tenzorių atstojamųjų vektorių kovariacinę analizę.

Skaičiavimams atlikti buvo sukurtos dvi kompiuterinės programos, taikant *Matlab* programinio paketo operatorius. Skaičiavimams naudota minėtųjų akių lęšiukų skaitmeniniai vaizdai. Akies struktūrinis vaizdas parodytas 1 paveiksle.

Skaičiavimų rezultatai pateikti 2–9 paveiksluose.

Pagal pirmąjį teorinį modelį atliekama skaitmeniniu fotoaparatu gautų žmogaus akių lęšiukų, kai akių lęšiukai su kontaktiniais lęšiais ir be jų, skaitmeninių vaizdų koreliacinė analizė, taikant kovariacinių funkcijų teoriją. Kintamojo kvantavimo intervalo reikšmės kinta nuo 1 pikselio iki $n/2$ pikselių, čia $n \approx 40\,000$ – vidutinis akies lęšiuko skaitmeninio vaizdo iškarpos pikselių skaičius. Analizuojama RGB spalvų spektre, naudojant vienos spalvos (raudonos, žalios arba mėlynos) spektro ruožą. Eksperimento rezultatai pasirinkus bet kurią spalvą mažai skiriasi.

Skaitmeninių vaizdų eksperimentinio apdorojimo rezultatų grafikai pateikti 2–7 paveiksluose. 2–3 pav. parodyti abiejų akių lęšiukų, kai jie su kontaktiniais lęšiais ir be jų, erdviniai 3D kovariacijų vaizdai. Kai akies lęšiukai be kontaktinių lęšių, vyrauja neigiamos kovariacijos, ir kovariacijų erdvinis vaizdas yra nereguliarus. Normuotųjų kovariacinių funkcijų forma (4–7 pav.) visais vaizduojamais atvejais turi periodinį pavidalą. Kai akių lęšiukai su kontaktiniais lęšiais, koreliacijos koeficientų modulių absoliučiosios reikšmės yra didesnės nei kai kontaktiniai lęšiai nenaudojami ir, kintant kvantavimo intervalui, mažėja nežymiai. 6–7 pav. pavaizduoti abiejų akių lęšiukų, kai jie su kontaktiniais lęšiais ir be jų, atsitiktinių funkcijų tarpusavio normuotųjų kovariacinių funkcijų grafikai. Šiuose grafikuose matyti, kad akių lęšiukams esant su kontaktiniais lęšiais gaunama didesnė lęšiukų tarpusavio koreliacija, koreliacijos koeficientų kaitos intervalas – nuo 0,7 iki –0,5.

Apibendrintosios kovariacijų tarp abiejų akių lęšiukų skaitmeninių vaizdų iškarpų matricos, esant kontaktiniams lęšiams ir be jų:

$$A_e = \begin{pmatrix} 1 & 0,69 \\ 0,69 & 1 \end{pmatrix} - \text{su kontaktiniais lęšiais,}$$

$$A_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0,45 \\ 0,45 & 1 \end{pmatrix} - \text{be kontaktinių lęšių.}$$

Lentelėje parodytos abiejų akių lęšiukų – su kontaktiniais lęšiais ir be jų skaitmeninių vaizdų iškarpų pikselių masyvų tarpusavio koreliacijų reikšmės.

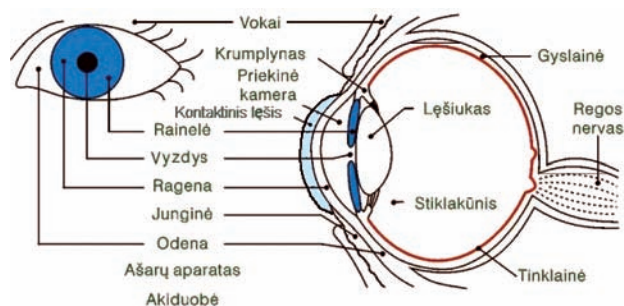
Abiejų akių lęšiukų skaitmeninių vaizdų tarpusavio koreliacijos
Inter-correlations of digital images lenses of eyes

| Masyvas | Koreliacijos koeficiento r reikšmės | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------|
| | r_{\max} | $r_{\text{vid.}}$ | $ r _{\text{vid.}}$ |
| $mcvr(e)$ esant kontaktiniams lęšiams | 0,95 | 0,35 | 0,45 |
| $mcvr(e0)$ nesant kontaktinių lęšių | 0,92 | –0,02 | 0,24 |

Pagal antrąjį teorinį modelį akių lęšiukų skaitmeniniams vaizdams nagrinėti buvo taikyta jų tenzorių atstojamųjų vektorių kovariacinė analizė. Skaičiavimų rezultatai pateikiami 8–9 paveiksluose.

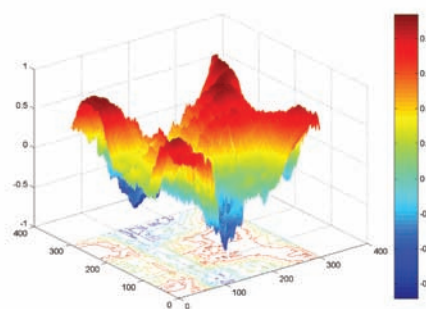
Šiuose grafikuose matyti, kad akies lęšiuko be kontaktinio lęšio skaitmeninio vaizdo vektorinės kovariacijos koeficiento h_{vn} kaitos grafikas yra labiau laužytos formos, nei kai akis su kontaktiniu lęšiu.

Vektorinės kovariacijos koeficientas h_{vn} apibrėžia kovariacijos pokyčius tarp t_1 ir t_s pikselių masyvų. Naudojant kontaktinius lęšius šis koeficientas kinta mažėdamas nuo 1,7 iki 0,4 ir toliau didėja iki 0,9. Nenaudojant kontaktinių lęšių koeficientas h_{vn} kinta nuo 1,0 mažėdamas iki 0,4, toliau didėja iki 0,8.



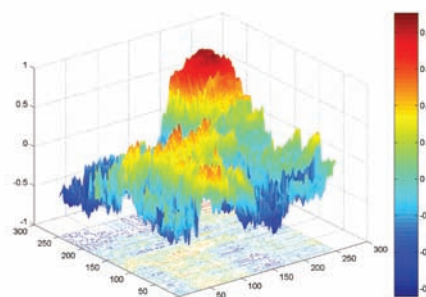
1 pav. Akies pjūvis

Fig. 1. Section of the eye



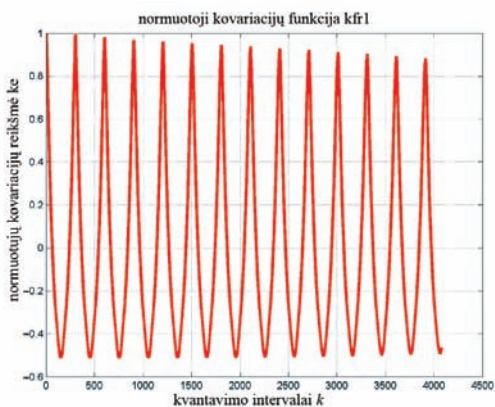
2 pav. Akių lęšiukų su kontaktiniais lęšiais skaitmeninių vaizdų tarpusavio koreliacijos koeficientų matricos grafinis vaizdas

Fig. 2. Graphical view of the matrix of the interrelation of normalized covariance function of digital images for the lenses of eye with contact lenses



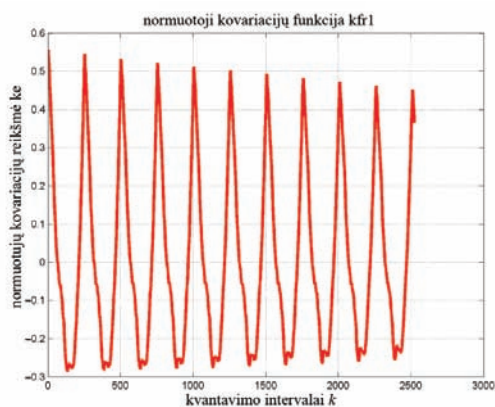
3 pav. Akių lęšiukų be kontaktinių lęšių skaitmeninių vaizdų tarpusavio koreliacijos koeficientų matricos grafinis vaizdas

Fig. 3. Graphical view of the matrix of the interrelation of normalized covariance function of digital images for the lenses of the eye without contact lenses



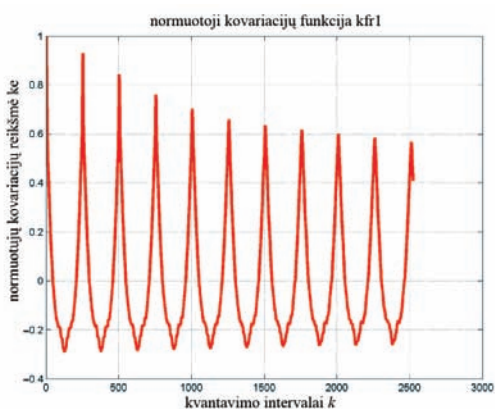
4 pav. Akies lęšiuko su kontaktiniu lęšiu skaitmeninio vaizdo normuotoji kovariacijų funkcija

Fig. 4. Normalized covariance function of the digital image for the lens of the eye with contact lens



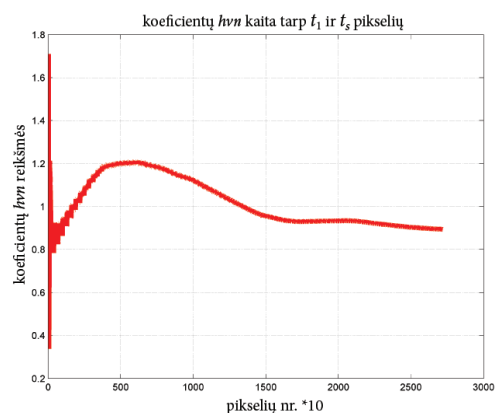
7 pav. Akių lęšiukų be kontaktinių lęšių skaitmeninių vaizdų normuotoji tarpusavio kovariacijų funkcija

Fig. 7. The interrelation of normalized covariance function of digitals images for the lenses of the eye without contact lenses



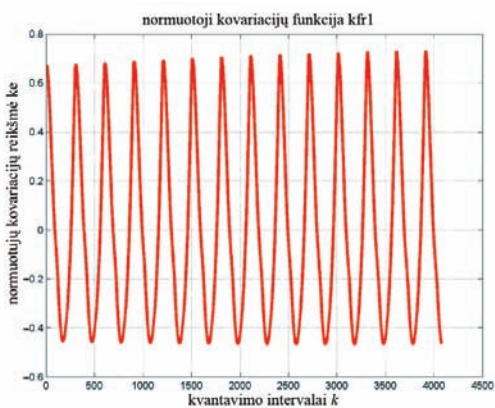
5 pav. Akies lęšiuko be kontaktinio lęšio skaitmeninio vaizdo normuotoji kovariacijų funkcija

Fig. 5. Normalized covariance function of the digital image for the lens of the eye without contact lens



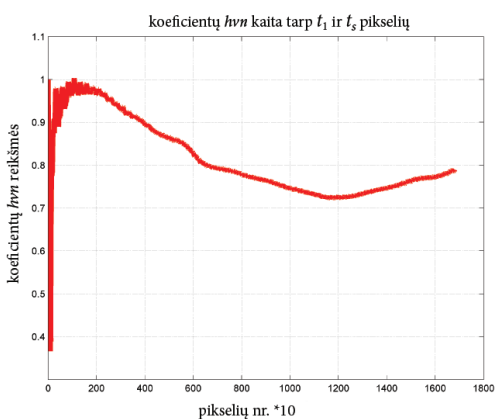
8 pav. Akies lęšiuko su kontaktiniu lęšiu skaitmeninio vaizdo tenzorius vektorinės kovariacijos koeficiento kaita

Fig. 8. Change of the vector covariance coefficient of the tensor of the digital image for the lens of the eye with contact lens



6 pav. Akių lęšiukų su kontaktiniais lęšiais skaitmeninių vaizdų normuotoji tarpusavio kovariacijų funkcija

Fig. 6. The interrelation of normalized covariance function of digital images for the lenses of the eye with contact lenses



9 pav. Akies lęšiuko be kontaktinio lęšio skaitmeninio vaizdo tenzorius vektorinės kovariacijos koeficiento kaita

Fig. 9. Change of the vector covariance coefficient of the tensor of digital image for the lens of the eye without contact lens

5. Išvados

1. Akių lęšiukų skaitmeninių vaizdų normuotųjų kovariacinių funkcijų forma visais nagrinėtais atvejais yra periodinio pobūdžio. Pavieniui akių lęšiukų su kontaktiniais lęšiais normuotųjų kovariacinių funkcijų reikšmės pradiniam kvantavimo intervalų ruože kinta tarp 1,0 ir –0,5, o baigiamajame ruože – tarp 0,9 ir –0,5. Akių lęšiukų be kontaktinių lęšių normuotųjų kovariacinių funkcijų reikšmės pradiniam kvantavimo intervalų ruože kinta tarp 1 ir –0,3, o baigiamajame ruože – tarp 0,6 ir –0,3. Vidutinis akies lęšiuko su kontaktiniu lęšiu normuotųjų kovariacinių funkcijų reikšmių kaitos diapazonas (1,5) yra didesnis nei kai akies lęšiukas be kontaktinio lęšio (1,1). Akių lęšiukų su kontaktiniais lęšiais tarpusavio normuotųjų kovariacinių funkcijų kaita pradiniam kvantavimo intervalų ruože yra tarp 0,7 ir –0,5, o baigiamajame ruože – tarp 0,7 ir –0,5. Akių lęšiukų be kontaktinių lęšių tarpusavio normuotųjų kovariacinių funkcijų kaita pradiniam kvantavimo intervalų ruože yra tarp 0,55 ir –0,3, o baigiamajame ruože – tarp 0,45 ir –0,25. Tačiau akių lęšiukų su kontaktiniais lęšiais tarpusavio normuotųjų kovariacinių funkcijų kaitos diapazonas (1,2) yra didesnis nei tuo atveju, kai akių lęšiukai be kontaktinių lęšių (0,85).
2. Akių lęšiukų skaitmeninių vaizdų tenzorių vektorinės kovariacijos koeficientas h_{vn} rodo kovariacijos pokyčius tarp t_1 ir t_s pikselių masyvų. Akies lęšiuko skaitmeninio vaizdo, gauto nenaudojant kontaktinio lęšio, vektorinės kovariacijos koeficiento h_{vn} kaitos grafikas yra labiau laužytos formos nei kai naudojamas kontaktinis lęšis.

Literatūra

- Antoine, J. P. 2000. Wavelet analysis of signals and images. A grand tour, *Revista Ciencias Matematicas* (La Habana) 18: 113–143.
- Dutkay, D. E.; Jorgensen, P. E. T. 2004. Wavelets on fractals, *Rev. Mat. Iberoamericana* 22: 131–180.
- Ekstrom, M.; McEwen, A. 1990. Adaptive box filters for removal of random noise from digital images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 56(4): 453.
- Horgan, G. 1998. Wavelets for SAR image smoothing, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 64(12): 1171.
- Hunt, B.; Ryan, T. W.; Gifford, F. A. 1993. Hough transform extraction of cartographic calibration marks from aerial photography, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 59(7): 1161.
- Kardoulas, N.; Bird, A. C.; Lawan, A. I. 1996. Geometric correction of SPOT and landsat imagery: a comparison of map and GPS derived control points, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62(10): 1173.
- Skeivalas, J. 1999. Atsitiktinių dydžių kovariacijos nustatymo tikslumas [An accuracy of determination of the covariation of random values], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 25(4): 156–158.
- Skeivalas, J. 2008. *GPS tinklų teorija ir praktika* [Theory and practice of GPS networks]. Vilnius: Technika. 288 p.
- Skeivalas, J.; Kizlaitis, R. 2008. GPS skaitinių metodų taikymas elektrokardiogramų analizei, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 34(4): 127–133. doi:10.3846/1392-1541.2008.34.127-133
- Skeivalas, J.; Kizlaitis, R. 2009. Fotogrametrijos skaitiniai metodai analizuojant magnetinio rezonanso vaizdų identifikavimą, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 35(2): 50–54. doi:10.3846/1392-1541.2009.35.50-54

Jonas SKEIVALAS. Prof., Doctor Habil. Vilnius Gediminas Technical University. Dept of Geodesy and Cadastre, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 2744 703, Fax+370 5 2744 705, e-mail: jonas.skeivalas@vgtu.lt.

Author of three monographs and more than 150 scientific papers. Participated in many intern conferences and research visits to the Finish Geodetic Institute.

Research interests: processing of measurements with respect to tolerances, adjustment of geodetic networks, global positioning system (GPS).

Evelina ZIGMANTIENĖ. Master of Science. Vilnius Gediminas Technical University. Institute of Geodesy, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 2744 705, Fax +370 5 2744 705, e-mail: evelina@vgtu.lt

A graduate of Vilnius Gediminas Technical University (Master of Science 1997). Author of 10 publications.

Research interests: land management, cadastral surveying, geodetic networks.

Eglė TUMELIENĖ. Assistant. Vilnius Gediminas Technical University. Dept of Geodesy and Cadastre. Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 2744 705, Fax +370 5 2744 705, e-mail: petru@vgtu.lt

A graduate of Vilnius Gediminas Technical University (VGTU) (MSc, 1995). Master of science studies at Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden in 1999. Author of 7 publications.

Research interests: cadastral surveying, establishing and improving the geodetic networks.

Rosita BIRVYDIENĖ. MSc., Geodetic Institute, Vilnius Gediminas Technical University. Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 2744 703, Fax +370 5 2744 705, e-mail: rositaros@gmail.com

MSc at VGTU (2008).

Research interests: geoinformation systems, gravimetry.