

ŽMOGAUS ODOS SKAITMENINIŲ VAIZDŲ IDENTIFIKAVIMO ANALIZĖ

Jonas Skeivalas¹, Silvija Kontautienė², Skaidra Valiukevičienė³

¹Geodezijos ir kadastro katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

^{2, 3}Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Odos ir venerinių ligų klinika
El. paštas: ¹Jonas.Skeivalas@vgtu.lt (korespondencijos autorius); ²silvijakon@yahoo.com;
³Skaidra.Valiukeviciene@kaunoklinikos.lt

Įteikta 2011-03-28; priimta 2011-05-03

Santrauka. Nagrinėjamas žmogaus odos skaitmeninių vaizdų identifikavimas taikant kovariacinių funkcijų ir Wavelet bangų teoriją. Kovariacinių funkcijų išraiškos sudaromos pagal atsitiktines funkcijas, sudarytas skleidžiant skaitmeninių vaizdų pikselių masyvus pagal stulpelius pavienių vektorių pavidalu. Tyrimams naudojami skaitmeniniai vaizdai gali būti skirtingo mastelio, nes, kintant vaizdo masteliui, pavienių pikselių spalvų bangų dažniai lieka nekintantys, todėl kovariacinių funkcijų skaičiavimo procedūrose mastelio kaitos įtaka nepasireiškia. Žmogaus odos vaizdams identifikuoti taikytas RGB formato spalvų spektras. Analizuota RGB spalvų tenzorius pavienių dedamųjų įtaka skaitmeninių vaizdų kovariacinių funkcijų įverčiams. Skaitmeninių vaizdų tapatumas įvertinamas pagal koreliacijos koeficientų reikšmių kaitą RGB spalvų diapazone, taikant sudarytas kompiuterines programas.

Reikšminiai žodžiai: skaitmeniniai vaizdai, identifikavimas, kovariacinė funkcija.

1. Įvadas

Skaitmeniniams vaizdams apdoroti paprastai taikoma diskrečioji Furjė (Fourier) transformacija (Kardoulas *et al.* 1996; Ekstrom, McEwen 1990), Wavelet funkcijų teorija (Horgan 1998; Hunt *et al.* 1993; Antoine 2000; Dutkay, Jorgensen 2004). Straipsnyje nagrinėjamas skaitmeninių vaizdų identifikavimas taikant skaitinius fotogrametrijos metodus ir atsitiktinių funkcijų teoriją. Teorinis modelis grindžiamas stacionariosios (plačiaja prasme) atsitiktinės funkcijos samprata, darant prielaidą, kad skaitmeninių vaizdų pikselių parametrų klaidos yra atsitiktinės ir vieno nodo tikslumo, t. y. klaidų vidurkis $M\Delta = \text{const} = 0$, jų dispersija $D\Delta = \text{const}$, o skaitmeninių vaizdų kovariacinė funkcija priklauso tik nuo argumentų skirtumo, t. y. nuo pikselių kvantavimo intervalo. Skaitmeninių vaizdų, sudarytų perspektyvinėse projekcijose, pavienių pikselių masteliai yra skirtingi, tačiau pikselio spalvos bangų dažnis nepriklausomai nuo mastelio lieka tas pats, ir kovariacinių funkcijų skaičiavimo procedūrose mastelio kaitos įtaka nepasireiškia.

Žmogaus oda gali būti nagrinėjama kaip kartografinis paviršius, todėl galima taikyti kartografinių projekcijų teoriją.

2. Harmoninių šviesos virpesių teorinė kovariacija

Nagrinėsime šviesos virpesių skirtingo dažnio spalvų tarpusavio koreliacijos teorines išraiškas. Taikysime harmoninių virpesių lygties linearizuotą išraišką ciklais:

$$a(t) = \sin(ft + \Delta\varphi_0) = \sin(f_0t + \Delta\varphi_0) + \delta(ft) \cos(f_0t + \Delta\varphi_0) - \frac{1}{2} \delta^2(ft) \sin(f_0t + \Delta\varphi_0) + \dots, \quad (1)$$

čia f – šviesos virpesių atitinkamos spalvos dažnis, t – laiko momentas, $\Delta\varphi_0$ – pradinė fazė ciklais, $\delta(ft) = ft - M(ft)$ – virpesių fazės atsitiktinė klaida, $Mf = f_0$ – spektrinio intervalo dažnių vidurkis.

Skaičiavimuose naudosime RGB pavienių spalvų spektrinių intervalų dažnių vidutines reikšmes: $f_r = 0,45$ PHz, $f_g = 0,55$ PHz, $f_b = 0,65$ PHz.

Dviejų bet kurių RGB spektro spalvų (pvz, raudonos ir žalios) signalų kovariacija $K(a_r, a_g)$ išreiškiama pradinę fazę laikant $\Delta\varphi_0 = 0$ ir atmetant aukštesniosios eilės eilutės narius:

$$K(a_r, a_g) = M\{(a_r - Ma_r)(a_g - Ma_g)\} = M\{\delta(ft) \cos(f_r t) [\delta(ft) \cos(f_g t)]\} = \cos(f_r t) \cos(f_g t) M\{\delta^2(ft)\} = \cos(f_r t) \cos(f_g t) \sigma_\varphi^2, \quad (2)$$

čia šviesos spektro fazių atsitiktinės klaidos $\delta(ft)$ yra iš bendrojo skirstinio ir $M\{\delta^2(ft)\} = \sigma_\varphi^2$. Pavienės šviesos spektro spalvos, pvz. raudonos, signalo dispersija D_{a_r} yra lygi

$$D_{a_r} = D\{\delta(ft)\} \cos^2(f_r t) = \sigma_\varphi^2 \cos^2(f_r t), \quad (3)$$

čia $D\{\delta(ft)\} = M\{\delta(ft)\}^2 = \sigma_{ft}^2 = \sigma_{\varphi}^2$,

nes $\varphi = ftM\{\delta(ft)\} = 0$, – virpesių fazė laiko momentu t .

Dviejų bet kurių spektro spalvų koreliacijos koeficientas r_{rg} gaunamas pagal išraiškas (2) ir (3):

$$r(a_r, a_g) = \frac{K(a_r, a_g)}{\sigma_{a_r} \cdot \sigma_{a_g}} = 1.$$

Analizuodami spektro spalvų signalų kompozicijų pagal dvi spalvas tarpusavio kovariaciją, kai $a_{ij} = a_i + a_j$, rašome:

$$\begin{aligned} K(a_{ij}, a_{ik}) &= M\{(a_{ij} - Ma_{ij})(a_{ik} - Ma_{ik})\} = \\ &= M\{[\delta(ft)\cos(f_it) + \delta(ft)\cos(f_jt)] \cdot \\ &[\delta(ft)\cos(f_it) + \delta(ft)\cos(f_kt)]\} = \\ &= \{\cos^2(f_it) + \cos(f_it) \cdot \cos(f_kt) + \cos(f_it)\cos(f_jt) + \\ &\cos(f_jt) \cdot \cos(f_kt)\} \sigma_{\varphi}^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Analogiškai gauname dviejų spektro spalvų kompozicijos dispersijos išraišką:

$$\begin{aligned} Da_{ij} &= Da_i + Da_j + 2K(a_i, a_j) = \\ &= \{\cos^2(f_it) + \cos^2(f_jt) + 2\cos(f_it)\cos(f_jt)\} \sigma_{\varphi}^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Šviesos virpesių spektro spalvų kompozicijų koreliacijos koeficientas nustatomas pagal formulę

$$r(a_{ij}, a_{ik}) = \frac{K(a_{ij}, a_{ik})}{\sigma_{a_{ij}} \cdot \sigma_{a_{ik}}}.$$

Taikydami šviesos virpesių laiko momentą $t = 10^{-15}$ s ir vidutines spektrinių intervalų reikšmes gauname $r(a_{rg}, a_{rb}) = 1$.

Tai teorinės RGB spektro spalvų koreliacijos koeficientų reikšmės.

3. Skaitmeninių vaizdų kovariacinės funkcijos

Teorinis modelis sudarytas remiantis atsitiktinių funkcijų teorija ir taikant RGB spalvų formato tenzorijų. Atsitiktinė funkcija sudaroma skleidžiant skaitmeninio vaizdo pikselių masyvą pagal stulpelius į vienmatę erdvę vienoje koordinatės ašyje. Kiekviename pikselių masyvo stulpelyje eliminuojamas to stulpelio parametrų trendas. Kaip parametrai naudojami pikselių spalvų intensyvumo RGB formato spalvų spektre rodikliai. RGB spalvų spektre spalvų intensyvumas tolygiai kinta nuo raudonos iki mėlynos, todėl fiksuoto monochromatinio dažnio spalvės išskirti iš viso spektro iš esmės neįmanoma. Nagrinėjant tam tikro dažnio spalvą tenka taikyti atitinkamą siaurą spektrinį intervalą.

Kovariacinės funkcijos įvertis $K'_h(\tau)$ pagal turimus matavimų duomenis skaičiuojamas (Skeivalas et al. 2010) taip:

$$K'_h(\tau) = K'_h(k) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} \delta h_1(u_i) \delta h_2(u_{i+k}), \quad (6)$$

čia $\delta h_1(u)$, $\delta h_2(u + \tau)$ – centruotosios pikselių parametrų atkarpos, u – atkarpės pikselio parametras, T – atkarpės ilgis santykiniais vienetais, $\tau = k \cdot \Delta$ – kintantis kvantavimo intervalas, Δ – pikselio parametro reikšmė, k – pikselių skaičius kvantavimo intervale. n – bendras diskrečiųjų intervalų skaičius.

Formulę (6) galima taikyti autokovariacinės arba tarpusavio kovariacinės funkcijos pavidalu. Kai funkcija autokovariacinė, atkarpės $h_1(u)$ ir $h_2(u + \tau)$ yra pavienio skaitmeninio vaizdo atkarpės, o kai kovariacinė – šios atkarpės yra dviejų skirtingų vaizdų.

Normuotosios kovariacinės funkcijos įvertis yra

$$R'_h(k) = \frac{K'_h(k)}{K'_h(0)} = \frac{K'_h(k)}{\sigma_h'^2}, \quad (7)$$

čia σ_h' – atsitiktinės funkcijos standartinio nuokrypio įvertis.

Skaitmeninio i -ojo vaizdo pikselių masyvo stulpelių trendui eliminuoti taikoma formulė

$$\delta H_i = H_i - e \cdot \bar{h}_i^T = (\delta h_{i1}, \delta h_{i2}, \dots, \delta h_{im}), \quad (8)$$

čia δH_i – i -ojo skaitmeninio vaizdo redukuotųjų pikselių masyvas, iš kurio eliminuotas stulpelių trendas; H_i – i -ojo vaizdo pikselių masyvas, e – vienetinis vektorius, kurio matmenys $(n \times 1)$; n – i -ojo masyvo eilučių skaičius, \bar{h}_i – i -ojo pikselių masyvo stulpelių vidurkių vektorius, δh_{ij} – i -ojo masyvo redukuotų pikselių j -asis stulpelis (vektorius).

Pikselių i -ojo masyvo stulpelių vidurkių vektorius skaičiuojamas pagal formulę

$$\bar{h}_i^T = \frac{1}{n} e^T \cdot H_i \quad (9)$$

arba

$$\bar{h}_i = \frac{1}{n} H_i^T \cdot e. \quad (10)$$

Skaitmeninio vaizdo i -ojo pikselių masyvo atsitiktinė funkcija vektoriniu pavidalu išreiškiama taip:

$$\delta h_i = \begin{pmatrix} \delta h_{i1} \\ \delta h_{i2} \\ \dots \\ \delta h_{im} \end{pmatrix} = (\delta h_{i1}^T \delta h_{i2}^T \dots \delta h_{im}^T)^T \quad (11)$$

arba

$$\delta h_i^T = (\delta h_{i1}^T \delta h_{i2}^T \dots \delta h_{im}^T). \quad (12)$$

Skaitmeninio vaizdo i -ojo pikselių masyvo kovariacinės matricos įvertis:

$$K'(\delta H_i) = \frac{1}{n-1} \delta H_i^T \delta H_i. \quad (13)$$

Skaitmeninio vaizdo dviejų pikselių masyvų arba dviejų skaitmeninių vaizdų pikselių masyvų kovariacinės matricos įvertis rašomas:

$$K'(\delta H_i, \delta H_j) = \frac{1}{n-1} \delta H_i^T \delta H_j, \quad (14)$$

čia $\delta H_i, \delta H_j$ masyvų matmenys turi būti vienodi.

Taikant kovariacinių funkcijų teoriją nagrinėta RGB formato spalvų spektro dedamųjų įtaka skaitmeninių vaizdų kovariacinių funkcijų išraiškoms, taip pat įvertintos skaitmeninių vaizdų kovariacinių funkcijų išraiškos pagal RGB spalvų išsitiesinį spektrą spalvų tenzoriaus prasme. Koreliacijos koeficientų reikšmių kaita koreliacijos koeficientų matricose parodoma santykinio grafiko pavidalu.

Kovariacinių matricų įverčiai $K'(\delta H_i)$ ir $K'(\delta H_i, \delta H_j)$ redukuojami į koreliacijos koeficientų matricų įverčius $R'(\delta H_i)$ ir $R'(\delta H_i, \delta H_j)$ (Skeivalas 1999, 2008):

$$R'(\delta H_i) = D_i^{-1/2} K'(\delta H_i) D_i^{-1/2}, \quad (15)$$

$$R'(\delta H_i, \delta H_j) = D_{ij}^{-1/2} K'(\delta H_i, \delta H_j) D_{ij}^{-1/2}, \quad (16)$$

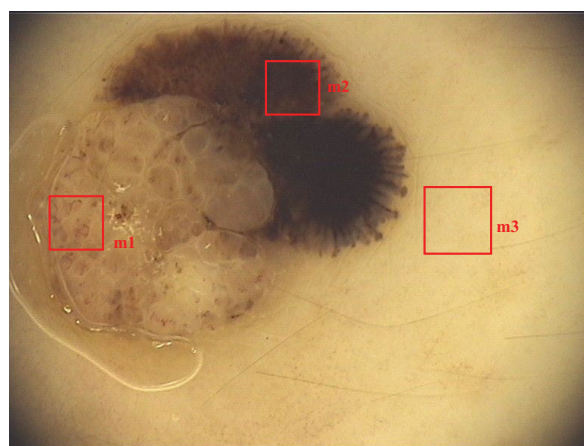
čia D_i, D_{ij} – kovariacinių matricų įverčių $K'(\delta H_i)$ ir $K'(\delta H_i, \delta H_j)$ pagrindinių diagonalių narių diagonaliosios matricos.

4. Eksperimento ir skaičiavimų rezultatai

Skaitmeninių vaizdų apdorojimo procedūrose buvo naudoti žmogaus odos melanomos (OM) ir pigmentinio apgamo (PA) skaitmeniniai vaizdai (LSMU Odos ir venerinių ligų klinikos FotoFinder dermatoskopo duomenų bazė). Skaičiavimams atlikti, taikant Matlab 7 programinio paketo operatorius, sukurtos dvi kompiuterinės programos – Pavkor.m ir Pkor.m.

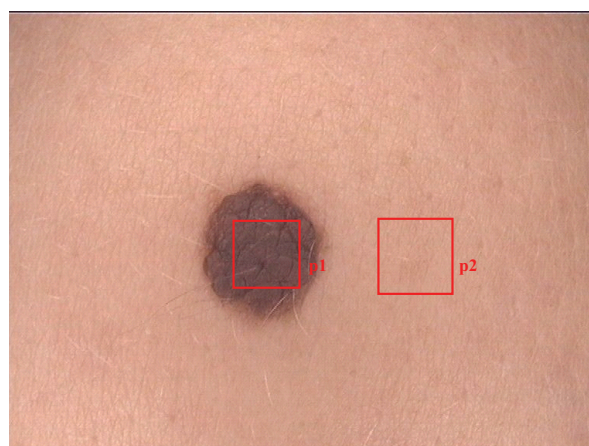
Žmogaus odos melanomos skaitmeninis vaizdas pateikiamas 1 pav. Parodytos trys skaičiavimuose naudotos iškarpos (m1, m2, m3). Žmogaus pigmentinio apgamo skaitmeninis vaizdas pateikiamas 2 pav. Atitinkamų parametrų įverčiams skaičiuoti panaudotos dvi iškarpos (p1, p2).

Skaičiavimų rezultatai pagal abu skaitmeninius vaizdus pateikiami 3–11 pav. Kovariacinių funkcijų skaičiavimuose kintamojo kvantavimo intervalo reikšmės kinta nuo 1 pikselio iki $n/2$ pikselių, čia $n = 2500$ – vidutinis skaitmeninio vaizdo iškarpos pikselių skaičius. Analizė daroma RGB spalvų spektre, naudojant pavienes jo dedamąsias – raudoną, žalią ir mėlyną spalvas. Skaičiavimų rezultatai naudojant pavienes RGB dedamąsias neturi esminio skirtumo, todėl toliau kovariacinių funkcijų skaičiavimo rezultatus pateiksime pagal RGB raudonos spalvos spektro ruožą.



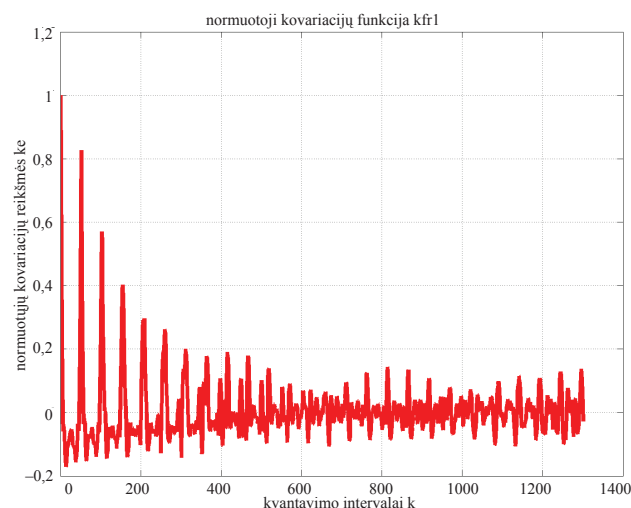
1 pav. Odos melanomos skaitmeninis vaizdas: m1 – odos melanomos pradinės fazės iškarpa; m2 – odos melanomos iškarpa; m3 – sveikos odos iškarpa.

Fig. 1. Digital image of the cutaneous melanoma



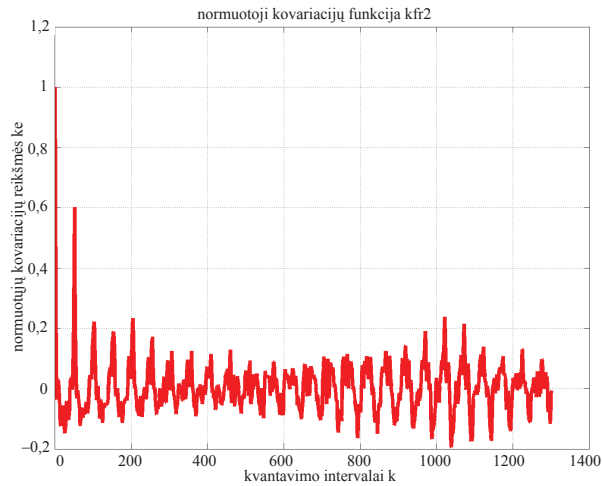
2 pav. Pigmentinio apgamo skaitmeninis vaizdas

Fig. 2. Digital image of the melanocytic nevus



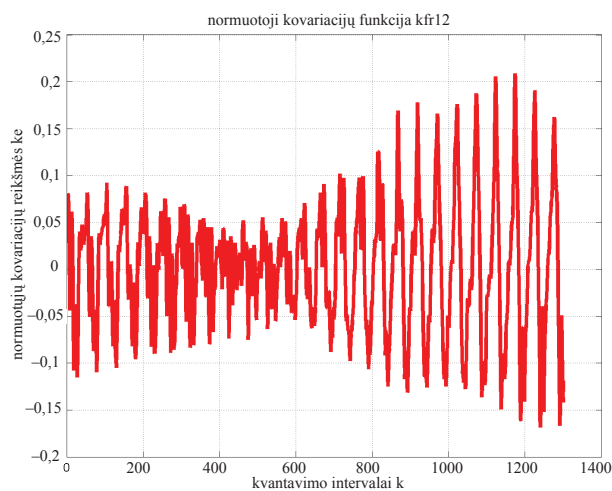
3 pav. Odos melanomos pradinės fazės skaitmeninio vaizdo m1 iškarpos normuotoji kovariacinė funkcija, taikant RGB raudoną spalvą

Fig. 3. Normalised covariance function of the digital image for primary phase of cutaneous melanoma m1 fragment, applying RGB red colour



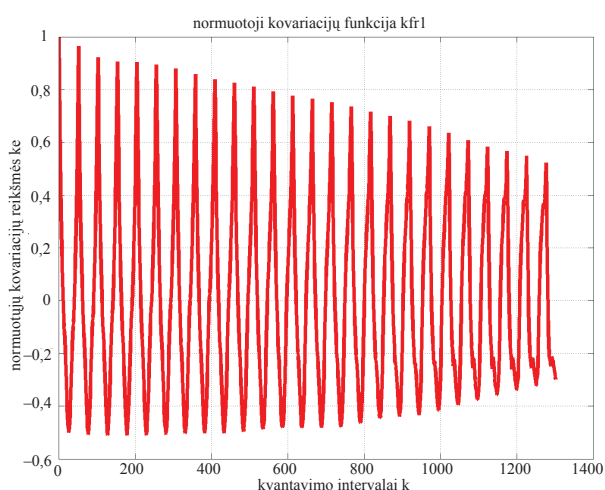
4 pav. Sveikos odos skaitmeninio vaizdo m3 iškarpos normuotoji kovariacinė funkcija, taikant RGB raudoną spalvą

Fig. 4. Normalised covariance function of the Digital image for m3 fragment, applying RGB red colour hygienic derm



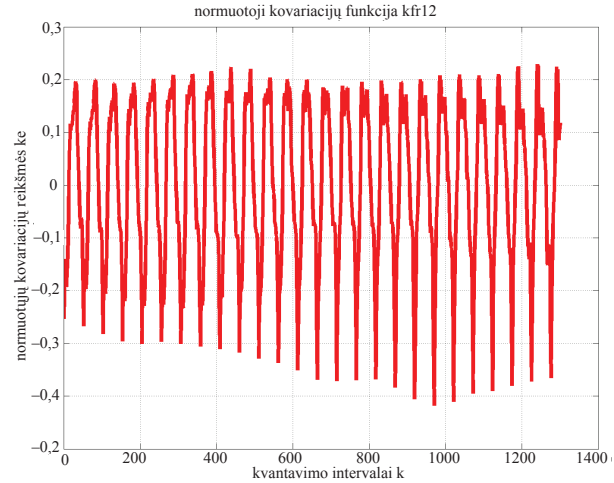
5 pav. Odos melanomos skaitmeninio vaizdo dviejų iškarpų – m1 ir m3 normuotoji tarpusavio kovariacinė funkcija, taikant RGB raudoną spalvą

Fig. 5. Interrelation normalised covariance function of the digital image for cutaneous melanoma of two fragment m1 and m3, applying RGB red colour



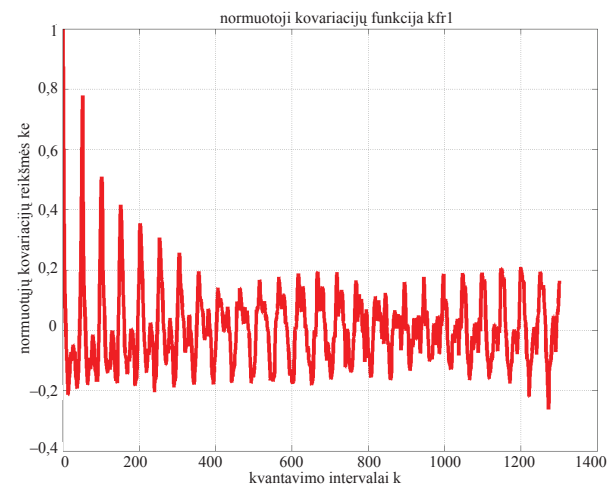
6 pav. Odos melanomos skaitmeninio vaizdo m2 iškarpos normuotoji kovariacinė funkcija, taikant RGB raudoną spalvą

Fig. 6. Normalised covariance function of the Digital image for cutaneous melanoma m2 fragment, applying RGB red colour



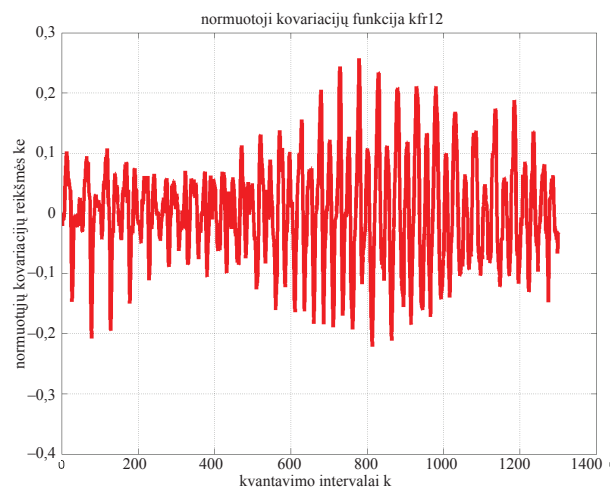
7 pav. Odos melanomos skaitmeninio vaizdo dviejų iškarpų – m2 ir m3 normuotoji tarpusavio kovariacinė funkcija, taikant RGB raudoną spalvą

Fig. 7. Interrelation normalised covariance function of the digital image for cutaneous melanoma of two fragment m2 and m3, applying RGB red colour



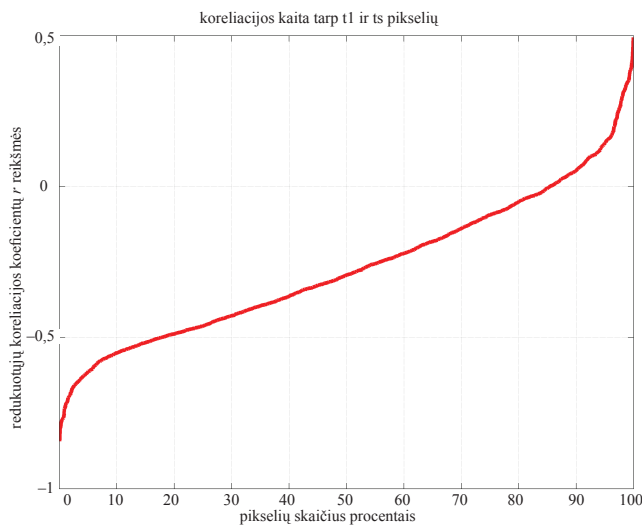
8 pav. Pigmentinio apgamo skaitmeninio vaizdo p1 iškarpos normuotoji kovariacinė funkcija, taikant RGB raudoną spalvą

Fig. 8. Normalised covariance function of the digital image for melanocytic nevus p1 fragment, applying RGB red colour



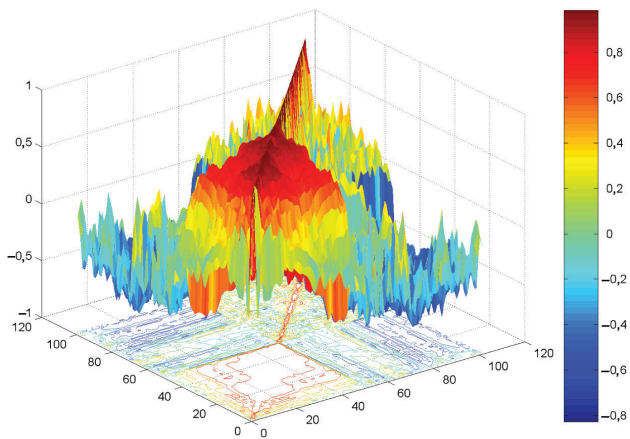
9 pav. Pigmentinio apgamo skaitmeninio vaizdo dviejų iškarpų – p1 ir p2 normuotoji kovariacinė funkcija, taikant RGB raudoną spalvą

Fig. 9. Interrelation normalised covariance function of the digital image for melanocytic nevus of two fragment p1 and p2, applying RGB red colour



10 pav. Odos melanomos skaitmeninio vaizdo dviejų iškarpų – m2 ir m3 tarpusavio koreliacijos koeficientų matricos reikšmių sklaida, %

Fig. 10. Change in percents of the matrix interrelation covariance coefficients of two fragments m2 and m3 of digital image for cutaneous melanoma



11 pav. Odos melanomos skaitmeninio vaizdo dviejų iškarpų – m2 ir m3 tarpusavio koreliacijos koeficientų matricos grafinis vaizdas

Fig. 11. Graphical view of the matrix of the interrelation covariance coefficients of two fragments m2 and m3 of digital image for cutaneous melanoma

3 pav. iškarpos m1 iš 1 pav., kuriame parodyta OM pradinė fazė, normuotosios kovariacinės funkcijos įvertis, kai koreliacijos mažėjimo greitis, didėjant kvantavimo intervalui (iki 400 pikselių) tarp vaizdo pikselių, yra perpus mažesnis nei sveikos odos.

4 pav. matyti sveikos odos iškarpos m3 iš 1 pav. kovariacinės funkcijos įvertis su greitai iki nulinės reikšmės mažėjančia koreliacija, didėjant kvantavimo intervalui (iki 200 pikselių) tarp vaizdo pikselių.

5 pav. pateikiamas pradinės OM fazės iškarpos m1 ir nepažeistos odos iškarpos m3 tarpusavio koreliacinės funkcijos įvertis, rodantis silpną koreliaciją ($r \approx [0,1]$) esant mažam kvantavimo intervalui ir nežymiai didėjančią koreliaciją (iki $r \approx [0,2]$) didėjant kvantavimo intervalui tarp pikselių.

6 pav. OM skaitmeninio vaizdo m2 iškarpos normuotosios kovariacinės funkcijos įvertis. Matyti, kad pažeistos odos vaizde priklausomybė tarp pikselių yra labai stipri ($r \approx 0,5 - 1,0$) ir, didėjant kvantavimo intervalui, mažėja nežymiai.

7 pav. pateikiamas OM skaitmeninio vaizdo iškarpos m2 ir sveikos odos iškarpos m3 tarpusavio kovariacinės funkcijos įvertis, rodantis nekintančią, didėjant kvantavimo intervalui tarp pikselių, mažą koreliaciją ($r \approx [0,2]$).

8 pav. pateiktas PA skaitmeninio vaizdo p1 iškarpos kovariacinės funkcijos įvertis yra labai artimas OM pradinės fazės kovariacinės funkcijos išraiškai. Taigi abiejų vaizdų RGB spalvinė struktūra labai artima.

9 pav. matyti PA skaitmeninio vaizdo iškarpos p1 ir sveikos odos skaitmeninio vaizdo iškarpos p2 tarpusavio kovariacinės funkcijos įvertis, kai nedidelė koreliacija, didėjant kvantavimo intervalui, taip pat nežymiai didėja.

OM skaitmeninio vaizdo dviejų iškarpų – m2 ir m3 pikselių masyvų tarpusavio koreliacijos koeficientų matrica pagal jų reikšmių sklaidą procentais pavaizduota 10 pav. Neigiamoji koreliacija tarp pikselių apima apie 85 % abiejų masyvų ploto. Abiejų pikselių masyvų koreliacijos koeficientų erdvinės 3 D matricos grafinis vaizdas yra nereguliarus ir pavaizduotas 11 paveiksle.

Lentelėje parodytos apibendrintosios vidutinės koreliacijos tarp atitinkamų skaitmeninio vaizdo iškarpų pikselių masyvų koeficientų reikšmės, atliekant skaičiavimus pagal pagrindines RGB spalvas.

Lentelė. Vidutinės koreliacijos koeficientų reikšmės tarp skaitmeninio vaizdo iškarpų pikselių masyvų

Table. Mean estimate of the covariance coefficients between pixels array of the Digital image fragment

Skaitmeninio vaizdo pikselių masyvai	RGB spektro spalvų ruožas	Vidutinė koreliacijos koeficiento reikšmė
tarp m1 ir m3 (1 pav.)	raudona žalia mėlyna	0,18 0,33 0,19
tarp m2 ir m3 (1 pav.)	raudona žalia mėlyna	-0,60 -0,48 0,08
tarp p1 ir p2 (2 pav.)	raudona žalia mėlyna	-0,03 0,07 0,02

Iš lentelės duomenų matyti, kad pigmentinio apgamo skaitmeninio vaizdo p1 iškarpos ir sveikos odos skaitmeninio vaizdo p2 iškarpos vidutinės tarpusavio koreliacijos koeficientų reikšmės pagal visas RGB spalvas iš esmės artimos nuliui, o tai rodo šių iškarpų nepriklausomumą ir kad jos vienodu lygmeniu sugeria visų spalvų bangas.

Odos melanomos pradinės fazės iškarpos m1 ir nepažeistos odos iškarpos m3 vidutinės tarpusavio koreliacijos koeficientų reikšmės visų spalvų yra nedidelės, todėl priklausomybė tarp šių iškarpų nėra žymi. Abi iškarpos labiau atspindi žalią spalvą, o daugiausia sugeria raudonos ir mėlynos spalvų bangas.

Odos melanomos iškarpos m2 ir nepažeistos odos iškarpos m3 vidutinės tarpusavio koreliacijos koeficientų reikšmės RGB raudonos ir žalios spalvų yra žymios ir neigiamosios. Tai įrodo, kad odos melanomos ir sveikos odos struktūros yra skirtingos. Kadangi abiejų iškarpų tarpusavio koreliacija mėlynos spalvos yra visai maža, todėl galima manyti, kad abi iškarpos vienodai gerai sugeria mėlynos spalvos bangas ir jai gretimas ultravioletines bangas, skatinančias vėžinių ląstelių atsiradimą.

5. Išvados

1. Iš skaitmeninių vaizdų normuotųjų kovariacinių funkcijų galima nustatyti vaizdų koreliacijos kaitą priklausomai nuo vaizdų pikselių kvantavimo intervalo. Sveikos odos skaitmeninio vaizdo kovariacinės funkcijos įvertis, didėjant kvantavimo intervalui tarp pikselių (iki 200 pikselių), artėja prie nulio. Pradinės odos melanomos fazės skaitmeninio vaizdo kovariacinės funkcijos įvertis artėja prie nulio, kai kvantavimo intervalas tarp pikselių artėja iki 400. Tai rodo, kad pradinės OM fazės skaitmeninio vaizdo pikselių tarpusavio koreliacija išlieka dvigubai didesnio kvantavimo intervalo nei sveikos odos. OM skaitmeninio vaizdo pikselių koreliacija yra pakankamai didelė ($r \approx 0,5 - 1,0$) ir kinta nežymiai, taigi priklausomybė tarp pažeistos odos vaizdo pikselių yra stipri. OM ir sveikos odos skaitmeninių vaizdų pikselių tarpusavio koreliacija yra nedidelė, $r \approx |0,2|$, ir mažai kinta didėjant kvantavimo intervalui.
2. Pigmentinio apgamo ir sveikos odos skaitmeninių vaizdų pikselių tarpusavio koreliacija yra nedidelė, ($r \approx |0,1|$), ir, didėjant kvantavimo intervalui, nežymiai didėja iki $r \approx |0,2|$.
3. Pigmentinio apgamo ir sveikos odos skaitmeninių vaizdų vidutinės tarpusavio koreliacijos koeficientų reikšmės visų RGB spalvų iš esmės artimos nuliui. Taigi vienodu lygmeniu gerai sugeriamos visų spalvų bangos.

Odos melanomos ir nepažeistos odos skaitmeninių vaizdų vidutinės tarpusavio koreliacijos koeficientų reikšmė mėlynos RGB spalvos yra labai maža. Tai rodo, kad OM ir sveika oda vienodai gerai sugeria mėlynos spalvos bangas ir jai gretimas ultravioletines bangas, tačiau vidutinės tarpusavio koreliacijos koeficientų reikšmės RGB raudonos ir žalios spalvų yra didelės ir neigiamosios ($r \approx 0,5-0,6$). Pradiniai rezultatai rodo, kad odos melanomos ir sveikos odos struktūros yra skirtingos. Atlikus išsamesnius tyrimus, ši skaitmeninių vaizdų tyrimo metodika galėtų būti pritaikyta ankstyvai odos melanomos diagnostikai.

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. doi:10.3846/1450-M
- Skeivalas, J.; Aleknienė, E.; Gečytė, S. 2010. Žemės dangos skaitmeninių vaizdų identifikavimo analizė [Analysis of identifying the digital images of the earth's surface], *Geodezija ir kartografija* 36(4): 146–150. doi:10.3846/gc.2010.23
- 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. Dr 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 3 monographs and more than 150 research 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.
- Silvija KONTAUTIENĖ.** PhD student of Medical Academy of Lithuanian University of Health Sciences, Dept. of Skin and Venereal Diseases, Eiveniu 2, LT-50009 Kaunas, Lithuania. Ph. Fax +370 37 326246, e-mail: silvijakon@yahoo.com. Author of 11 articles and 13 abstracts in Lithuanian and international conferences. Research interests: dermato-oncology, dermatoscopy.
- Skaidra VALIUKEVIČIENĖ.** Prof. Medical Dr of Medical Academy of Lithuanian University of Health Sciences, Dept. of Skin and Venereal Diseases, Eiveniu 2, LT-50009 Kaunas, Lithuania. Ph, Fax +370 37 326246, e-mail: skaidra.valiukeviciene@kaunoklinikos.lt
- Author of books, 23 manuscripts and 55 abstracts in Lithuanian and international conferences.
- Research interests: skin melanomas epidemiology and early diagnostic.