

## Vaizdų technologijos T 111

### REGOS NERVO DISKO VAIZDŲ KOKYBĖS VERTINIMAS

Viktorija Puzienė<sup>1</sup>, Darius Jegelevičius<sup>2</sup>

Kauno technologijos universitetas

El. paštas: <sup>1</sup>viktorija.puzienė@gmail.com; <sup>2</sup>darius.jegelevicius@ktu.lt

**Santrauka.** Analizuojami regos nervo disko vaizdai, kuriems skaičiuoti globalūs vaizdo intensyvumo, ribų kiekio ir spektriniai parametrai, siekiant nustatyti kurie iš jų geriausiai nusakytų vaizdų kokybę. Tyrimui panaudoti tos pačios akies ir skirtingų akių gerų ir prastos kokybės klasių regos nervo disko vaizdai. Rezultatai rodo, kad analizuojant tos pačios akies regos nervo disko vaizdus, geriausiai kokybę atspindi vidutinis galios spektras. Tiriant skirtingų akių regos nervo disko vaizdus, gerų ir blogų vaizdų kokybės klasės aiškiausiai išsiskiria, kai skaičiuojamas aukštųjų dažnių vidutinis galios spektras.

**Reikšminiai žodžiai:** akies dugno vaizdai, regos nervo diskas, vaizdo kokybės vertinimas, vaizdo parametrai.

#### Įvadas

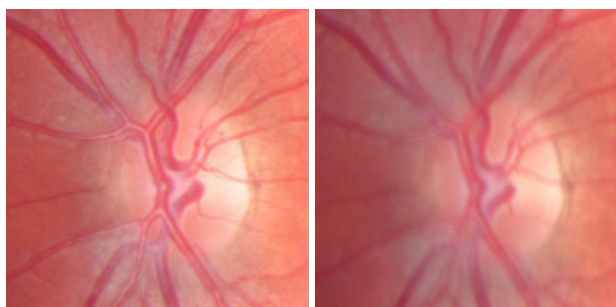
Akies dugno optiniai vaizdai dažnai naudojami akies ir kitų ligų diagnostikai (Blužienė *et al.* 2005). Regos nervo disko vaizdas leidžia nustatyti glaukomą, intrakranijinio (galvospūdžio) slėgio padidėjimą. Automatinė akies dugno vaizdų analizė leistų kokybiškai pagerinti jų interpretavimą, o kartu ir diagnostiką (Jegelevičius *et al.* 2007). Akies dugno vaizdai pasižymi dideliu įvairumu, kurį sukelia anatomiciniai, pataloginiai, vaizdų gavimo technologiniai objektyvūs bei subjektyvūs skirtumai ir faktoriai. Dėl šių priežasčių vaizdų automatinė analizė yra gana sudėtinga. Tam, kad automatinė analizė veiktų kokybiškai, vaizdai automatinės analizės sistemoje turi būti kokybiški, t. y. aiškūs, be trukdžių, nufotografuota reikiama organo sritis. Tokiu būdu vaizdo kokybės įvertinimas yra svarbi kompiuterinės vaizdų analizės sistemos dalis.

#### Tyrimo metodika

Tyrimas atliktas dviem vaizdų atvejais: tos pačios akies skirtingos kokybės regos nervo disko vaizdams (1 pav.) ir skirtingų akių geros ir prastos kokybės regos nervo disko vaizdams (2 pav.).

Pirmuoju atveju pasirinkti tos pačios akies vaizdai, kad būtų galima objektyviai įvertinti jų kokybės kitimą. Šiuose vaizduose regos nervo disko anatomiciniai parametrai visose nuotraukose tie patys, skiriasi tik jų vaizdo kokybė (2 pav.). Vaizdai subjektyviai išrikiuojami kokybės mažėjimo tvarka. Skaičiuojami vaizdo kokybės parametrai tiriami siekiant nustatyti kaip jie išrikiuos vaizdus pagal kokybės kitimą.

Antruoju atveju pasirinkti skirtingų akių geros ir prastos kokybės regos nervo disko vaizdai, norint nustatyti ar pagal tiriamus vaizdo kokybės parametrus šie vaizdai išsiskirs į dvi klases.

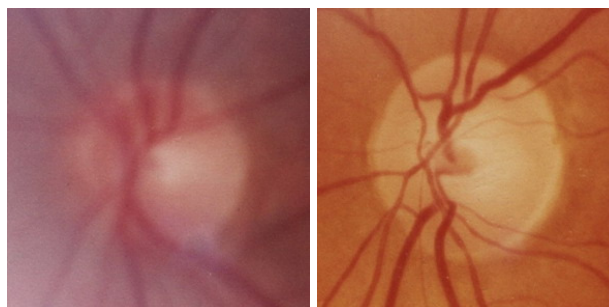


a

b

**1 pav.** Skirtingos vaizdo kokybės tos pačios akies regos nervo disko vaizdai

**Fig. 1.** Different quality images of the same eye nerve disk



a

b

**2 pav.** Skirtingų akių regos nervo disko vaizdai. Prastos (a) ir geros (b) kokybės vaizdų klasės

**Fig. 2.** Different eyes nerve disk images. Classes of bad (a) and good quality (b)

## Tiriami vaizdai

Tyrime naudoti 76 skirtingų akių regos nervo disko srities vaizdai JPEG formate, nufotografuoti Kauno medicinos universiteto (KMU) Biomedicininų tyrimų instituto Oftalmologijos laboratorijoje Canon CF60U fundus kamera (vaizdo dydis 293×293 taškų). Siekiant aiškaus kokybės skirtumo, vaizdai suskirstomi į prastus (39) ir gerus (37) įvertinant vaizdo aiškumą, kontrastą, intensyvumo tolygumą.

Septyni tos pačios akies regos nervo disko vaizdai JPEG formatu nufotografuoti ten pat Canon C60UVi fundus kamera (vaizdo dydis 601×601 taškų). Šie vaizdai subjektyviai surikiuoti kokybės mažėjimo tvarka, įvertinant vaizdo aiškumą, kontrastą, intensyvumo tolygumą.

## Vaizdų kokybės vertinimo parametrai

Akies dugno vaizdų kokybės vertinimui pasirinkti ir tirti keletas vaizdo statistinių parametru. Šie parametrai buvo: vidutinis intensyvumo histogramos intensyvumas; intensyvumo histogramos standartinis nuokrypis; vaizdo ribų kiekis; vaizdo ribų amplitudžių vidurkis; vaizdo ribų amplitudžių standartinis nuokrypis; vaizdo vidutinis galios spektras.

Intensyvumo histogramos vidutinis intensyvumas:

$$H_v = \frac{\sum_{n=0}^{255} [n \cdot hist(n)]}{\sum hist}, \quad (1)$$

čia:  $hist$  – intensyvumo histograma;  $n$  – vaizdo intensyvumo lygis.

Histogramos standartinis nuokrypis:

$$H_{stn} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{255} (n - H_v)^2 \cdot hist(n)}{\sum hist}}. \quad (2)$$

Regos nervo disko santykinis ribų kiekis vaizde:

$$RK = \frac{1}{M \cdot N} \cdot \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N BW(m, n), \quad (3)$$

čia:  $BW$  – dvejetainis akies dugno ribų vaizdas, gautas naudojant Canny metodą (Canny 1986);  $M, N$  – vaizdo dydis.

Ribų amplitudžių vidurkis:

$$RA_v = \frac{1}{K} \cdot \sum_{i=1}^K DV(i) \cdot BW(i), \quad (4)$$

čia:  $DV$  – regos nervo disko vaizdas;  $i$  – binarinio akies dugno ribų vaizdo  $BW$  vienetinio lygio elementų indeksai;  $K$  – binarinio akies dugno ribų vaizdo  $BW$  vienetinio lygio elementų kiekis.

Ribų amplitudžių standartinis nuokrypis:

$$RA_{stn} = \sqrt{\frac{1}{K} \cdot \sum_{i=1}^K (DV(i) - RA_v)^2}. \quad (5)$$

Vidutinis galios spektras:

$$S_v = \frac{1}{M \cdot N} \sum_i^M \sum_j^N S(i, j), \quad (6)$$

čia:  $S$  – vaizdo galios spektras.

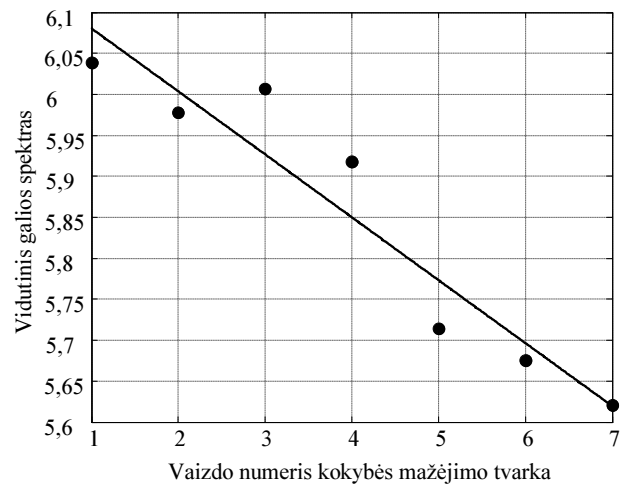
## Vaizdų kokybės vertinimo rezultatai

Tos pačios akies regos nervo disko vaizdams buvo apskaičiuoti visi aprašyti vaizdo parametrai kiekvienai spalvoto vaizdo dedamajai: raudonai ( $R$ ), žaliai ( $G$ ), mėlynai ( $B$ ), o taip pat ir pilkos skalės vaizdai ( $GR$ ). Parametru sekos, išdėstytos surikiuotų pagal kokybės kitimą vaizdų tvarka, kitimas rodo kaip parametras nusako kokybės kitimą. 3 pav. taškais parodyta vidutinio galios spektro parametro kitimas pagal išrikiuotą pagal kokybės kitimą vaizdų seką (kokybės mažėjimo tvarka). Parametro kitimą aproksimavus tiese  $p_1 x + p_2$  (žr. 3 pav.), tiesės lygties koeficientas  $p_1$  rodo parametro kitimo statumą (jautrumą) kintant vaizdo kokybei.

Tikrųjų parametro verčių ir aproksimuotos tiesės skirtumas įvertinamas apskaičiuojant normuotą skirtumo kvadrato sumą  $z$  (Martinėnas 2004):

$$z = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\hat{y}_i}, \quad (7)$$

čia:  $\hat{y}_i$  – aproksimuotos funkcijos vertė;  $y_i$  – parametro vertė. Vaizdo parametru tinkamumas vertinti kokybę tuo geresnis (vertinant tą patį parametru), kuo didesnis koefi-



3 pav. Vidutinio galios spektro kitimas vaizdų sekai ir kitimo aproksimacija tiese

Fig. 3. Mean power spectrum of image sequence and its linear approximation

cientas  $p_1$  ir mažesnis  $z$ . Lentelėje pateikti visų skaičiuotų vaizdo parametrų  $p_1$  ir  $z$  duomenys, bei šių parametrų santykiai  $p_1/z$ .

Skirtingų akių vaizdams buvo skaičiuojami santykinio ribų kiekio, ribų amplitudžių vidurkio, ribų amplitudžių standartinio nuokrypio bei vidutinio galios spektro parametrai. Parametrų skaičiavimo rezultatai pateikti 4 pav. Whisker sklaidos diagramomis. Diagramos pateik-

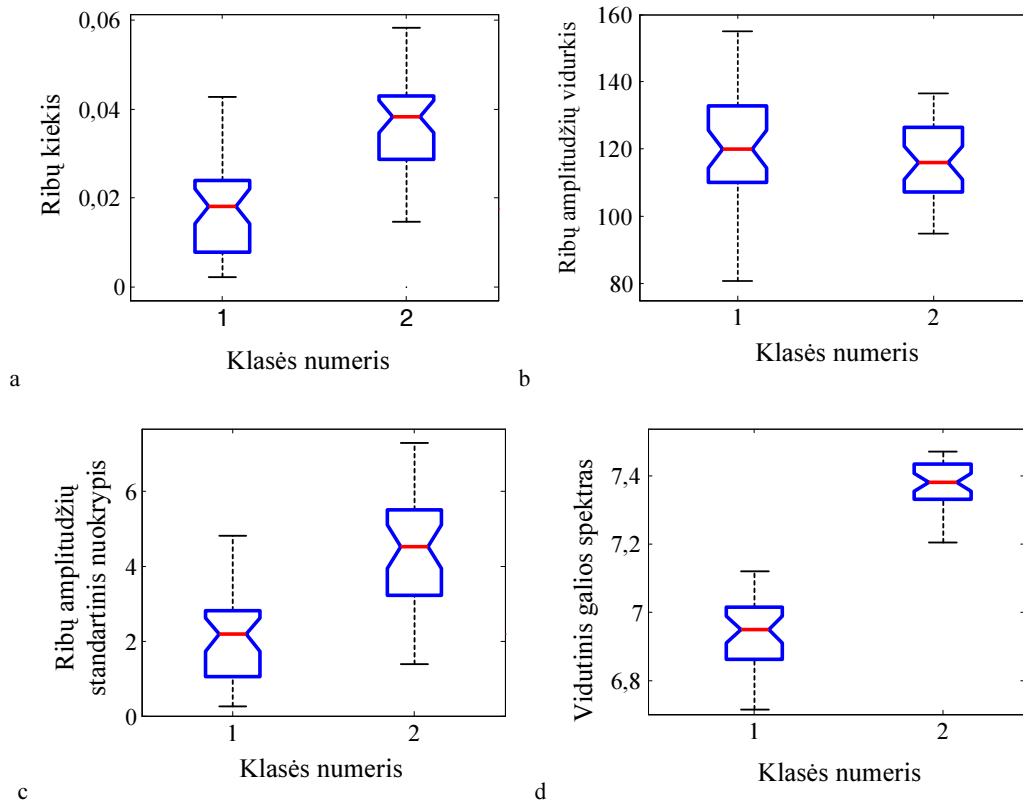
tos atskirai dviem vaizdų kokybės klasėms: prastos kokybės (1) ir geros kokybės (2).

Skaičiuojant vidutinį galios spektrą buvo imta aukštųjų dažnių spektro sritis, kadangi viso galios spektro vidurkis nedavė ryškesnio kokybės klasių išskyrimo. Analizuojant regos nervo disko vaizdus pagal vidutinį galios spektrą, rezultatai aiškiai išskiria geros ir prastos kokybės vaizdus į dvi atskiras klases (4 pav., d).

**Lentelė.** Tos pačios akies regos nervo disko vaizdų kokybės parametrų aproksimavimo rodikliai

**Table.** Approximation indexes for the quality parameters of same eye nerve disk images

Spalvinė komponentė		Vidutinis histogramos intensyvumas		Intensyvumo histogramos standartinis nuokrypis		Santykinis ribų kiekis		Ribų amplitudžių vidurkis		Ribų amplitudžių standartinis nuokrypis		Vidutinis galios spektras	
		$p_1$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$	$p_1/z$
R	$p_1$	-4,51	$p_1/z$	1,22	$p_1/z$	-0,002	$p_1/z$	-4,14	$p_1/z$	-0,002	$p_1/z$	-0,06	$p_1/z$
	$z$	1,55	-2,91	2,19	0,56	0,0002	-10	1,11	-3,73	0,0002	-10	0,0016	-37,5
G	$p_1$	-2,74	$p_1/z$	-0,19	$p_1/z$	-0,004	$p_1/z$	-2,35	$p_1/z$	-0,004	$p_1/z$	-0,074	$p_1/z$
	$z$	1,37	-2	0,29	-0,66	0,0013	-3,08	0,92	-2,55	0,0013	-3,08	0,0027	-27,41
B	$p_1$	-2,29	$p_1/z$	-0,54	$p_1/z$	-0,002	$p_1/z$	-2,28	$p_1/z$	-0,002	$p_1/z$	-0,073	$p_1/z$
	$z$	1,62	-1,41	0,55	-0,98	0,0003	-6,67	1,27	-1,8	0,0003	-6,67	0,0023	31,74
GR	$p_1$	-3,22	$p_1/z$	0,25	$p_1/z$	-0,004	$p_1/z$	-2,74	$p_1/z$	-0,004	$p_1/z$	-0,077	$p_1/z$
	$z$	1,42	-2,27	0,45	0,56	0,002	-2	0,86	-3,19	0,002	-2	0,0029	26,55



**4 pav.** Santykinis ribų kiekis (a), ribų amplitudžių vidurkis (b), ribų amplitudžių standartinis nuokrypis (c), aukštųjų dažnių vidutinis galios spektras (d): 1 – prastos kokybės vaizdų klasė, 2 – geros kokybės vaizdų klasė

**Fig. 4.** Relative number of boundaries (a), mean of boundaries amplitudes (b), standard deviation of boundaries amplitudes (c), mean power spectrum of high frequencies (d): 1 – class of bad image quality, 2 – class of good image quality

## Išvados

1. Išanalizavus to paties vaizdo sekos histogramų, ribų, spektro parametrų kitimą, matome, kad labiausiai nuotraukos kokybės kitimą atspindi vidutinis galios spektras. Kiti parametrai taip pat rodo kokybės kitimą, tačiau nėra aiškiai išreikšti.

2. Analizuojant skirtingus regos nervo disko vaizdus pagal ribų kiekį, ribų amplitudžių vidurkį, ribų amplitudžių standartinį nuokrypį bei vidutinį galios spektrą, vaizdų kokybės klasių parametrai persidengia, nors vidurkiai ir skiriasi. Vidutinio galios spektro skaičiavimas spektro aukštųjų dažnių srityje duoda vaizdo kokybės klasių išiskyrimą.

3. Galios spektro parametrų skirtingus rezultatus galima aiškinti tuo, kad to paties vaizdo akies dugno vaizdu sekoje beveik nekito vaizdo intensyvumas, o kito daugiau tik vaizdo fokusavimas, todėl ir vidutinis galios spektras gana gerai atspindėjo kokybės kitimą. Skirtingų vaizdų atveju vaizdų intensyvumų kitimas neatspindi kokybės kitimo, kadangi vaizdo kokybė taipogi daugiau yra siejama su vaizdo aiškumu (fokusavimu). Šią savybę, kai yra skirtingas vaizdų intensyvumas, geriau atspindi aukšto dažnio spektrinės dedamosios.

## Padėka

Dėkojame KMU Biomediciniui tyrimų instituto Oftalmologijos laboratorijos prof. habil. dr. Alvydui Paunksniui ir doc. dr. Valerijui Barzdžiukui už pagalbą parinkant tyrimo medžiagą.

Tyrimas atliktas iš dalies remiant Lietuvos valstybiniam mokslui ir studijoms fondui pagal Aukštųjų technologijų plėtros programą (projektas „INFO Sveikata“, reg. Nr. B-07019).

## Literatūra

- Blužienė, A.; Jašinskas, V. 2005. *Akių ligų vadovas*. Šiauliai: A. S. Narbuto leidykla. 571 p. ISBN 9986-55-220-6.
- Canny, J. 1986. A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 8(6): 679–698. doi:10.1109/TPAMI.1986.4767851
- Jegelevičius, D.; Barzdžiukas, V. 2007. Akies dugno vaizdų kokybės vertinimo aspektai automatinėse vaizdų analizės sistemose, iš *Biomedicininė inžinerija: tarptautinės konferencijos, įvykusios Kaune 2007 m. spalio 25–26 d., pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 120–124.
- Martinėnas, B. 2004. *Eksperimento duomenų statistinė analizė*. Vilnius: Technika. ISBN 9986-05-529-6.

## QUALITY ASSESSMENT OF OPTIC NERVE DISK IMAGES

V. Puzienė, D. Jegelevičius

Abstract

Analysis of optic nerve disk is done for different categories of images. Optic nerve disk images of the same eye and of different eyes of good and bad quality are investigated using spectral, histogram, edge parameters. Results show that mean power spectrum is the best parameter for separating images into quality classes in the same eye image case and mean power spectrum of high frequency is the best parameter for separating images into quality classes in the different eye image case.

**Keywords:** eye-ground images, optic nerve disk, image quality assessment, image parameters.