

EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

Statistinis tyrimas medicininių vaizdų suspaudimui “bangelių” transformacijos metodu įvertinti

Jūratė Punienė, Ramūnas Navickas¹, Vytenis Punys, Renaldas Jurkevičius¹

Kauno technologijos universiteto Vaizdų apdorojimo ir multimedia laboratorija,

¹Kauno medicinos universiteto Kardiologijos institutas, Matematikos ir informatikos institutas, Vilnius

Raktažodžiai: rentgeniniai angiografiniai ir ultragarsiniai širdies vaizdai, suspaudimo laipsnis, Fišerio pasiskirstymo dėsnis.

Santrauka. Medicininių skaitmeninių vaizdų savybė – informacijos perteklius. Jų saugojimui reikalingą atminties kiekį bei jų perdavimo laiką galima sumažinti naudojant vaizdų suspaudimo metodus. Šie skirstomi į dvi grupes: 1) be informacijos praradimo (suspaudimo laipsnis neviršija trijų kartų); 2) su akiai nepastebimu informacijos praradimu. Pastarųjų suspaudimo laipsnis yra kintamas – siekia 20 ir daugiau kartų. Jis priklauso nuo akivaizdžių iškraipymų. Vaizdų suspaudimo (su nežymiu informacijos praradimu) metodu įvertinimui buvo parengtas ir atliktas eksperimentas. Jo tikslas – pateikti rekomendacijas apie priimtina suspaudimo laipsnį įvairiems medicininiams vaizdams: ultragarsiniams širdies vaizdams ir rentgeniniams angiografiniams. Vaizdų kokybę po suspaudimo – atkūrimo ciklo vertino grupė medikų-ekspertų. Statistiškai apdorojus eksperimento duomenis, suformuluotos rekomendacijos, kurios taikomos klinikinėje praktikoje vaizdų suspaudimo laipsniui įvertinti.

Įvadas

Vaizdai yra svarbi medicinos informacijos dalis. Jų archyvavimas, įrašymas ir perdavimas gali būti ekonomiškėsi naudojant vaizdų suspaudimo metodus. Buvo suplanuotas eksperimentas medicininių vaizdų kokybei įvertinti, taikant suspaudimo algoritmus, pagrįstus bangelių transformacija. Eksperimentu (1) įrodyta, kad ši transformacija pranašesnė už diskretinę kosinusinę transformaciją, kuri naudojama tarptautiniame vaizdų suspaudimo standarte JPEG (Joint Picture Experts Group, angl.) (2) ir medicininių vaizdų apsikeitimo standarte DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine, angl.) (3).

Šio darbo tikslas – nustatyti gydytojui priimtina angiografinių (XA = X-ray angiography, angl., pagal DICOM nomenklatūrą) ir ultragarsinių širdies (US=ultrasound, angl., pagal DICOM nomenklatūrą) vaizdų suspaudimo laipsnį.

Tyrimo medžiaga ir metodai

Gydytojai analizavo atsitiktinai atrinktus (nesuspaustus ir suspaustus) vaizdus, atliko juose su ligos diagnoze susijusius atitinkamus matavimus bei vertino

vaizdų kokybę. Pagrindiniai žingsniai, vertinant vaizdo kokybę, pateikiami 1 pav.

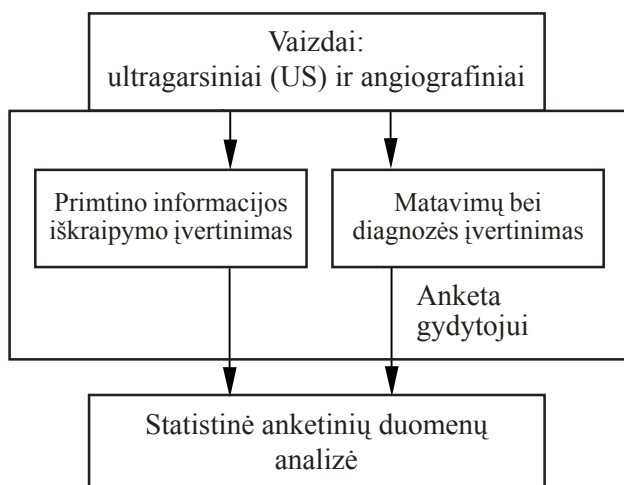
Buvo vertinama suspausto ir nesuspausto vaizdo kokybė užpildant anketą (2 pav.). Bangelių transformacija buvo taikoma nejudantiems vaizdams (filmo kadrams). Buvo nagrinėjami angiografijos ir echokardiografijos specialistų atrinkti vaizdai. Po to vaizdai buvo pateikiami įvertinti grupei atitinkamų sričių gydytojų. Originalių ir suspaustų vaizdų seka buvo atsitiktinė ir žinoma tik eksperimento organizatoriams, bet nežinoma vertinantiems gydytojams. Angiografinių vaizdų kokybė buvo vertinama peržiūros būdu (3 pav.). Echokardiografinių vaizdų kokybė buvo vertinama pagal juose atliekamų matavimų kokybę. Šie matavimai sudarė dalį informacijos, reikalingos diagnozei nustatyti.

Buvo nagrinėjamos trys echokardiografinių vaizdų grupės:

- B – režimo ultragarsinis širdies vaizdas (4 pav.);
- M – režimo echokardiograma (5 pav.);
- kraujotakos kreivė (6 pav.).

Echokardiografiniuose vaizduose buvo matuojama:

- dvimačiame vaizde: kairiojo skilvelio galinis dias-



1 pav. Pagrindiniai žingsniai vertinant suspausto vaizdo kokybę

tolinis diametras, kairiojo prieširdžio diametras, aortos žiedo diametras;

- M režimo vaizde: kairiojo skilvelio galinis diastolinis diametras, kairiojo skilvelio sistolinis diametras;
- kraujotakos kreivėje: ankstyvasis ir prieširdinis transmitralinis kreivės greitis.

Anketos duomenų statistinė analizė

Tarkime, kad anketos duomenys ($N \cdot M$) yra tam tikrų atsitiktinių dydžių $N \cdot M$ imtis, kur N – eksperimente dalyvavusių gydytojų skaičius; M – tiriamųjų suspaudimo laipsnių skaičius. Iš šių duomenų suformavome funkciją F , vadinamąją statistiką, kuri yra pasiskirsčiusi pagal Fišerio dėsnį, su $(M-1)$ ir $N \cdot (M-1)$ laisvės laipsniais:

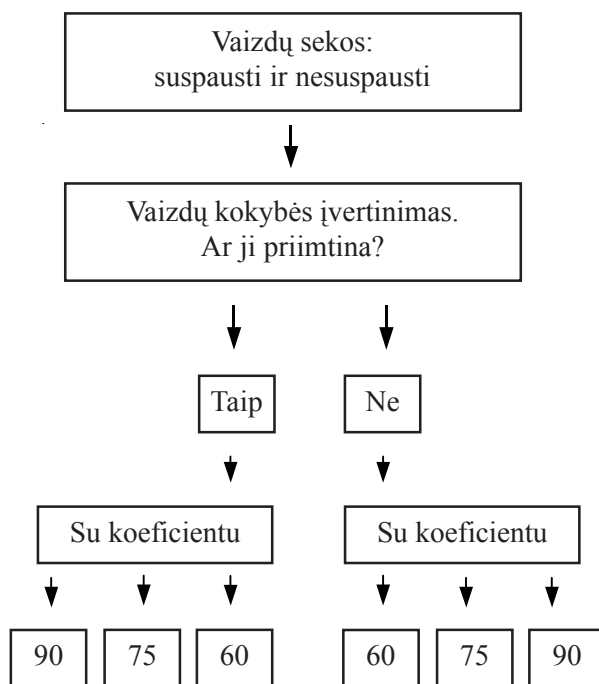
$$F = \frac{1/(M-1) \sum_{i=1}^N (\mu_i - \mu)^2}{1/(N \cdot M - M) \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (x_{ij} - \mu_i)^2},$$

$$\mu = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij}, \quad \mu_i = \sum_{j=1}^M x_{ij}, \quad i = N, \quad j = M.$$

Remdamiesi statistika F tikrinome hipotezę: anketos duomenų vidurkiai yra vienodi esant šiems suspaudimo laipsniams: 10, 15, 20, 25, 30, 35, ir vaizdų kokybė, esant šiems suspaudimo laipsniams, gydytojui yra priimtina.

Statistikos F kritinė sritis, kai hipotezė atmetama, esant patikimumo lygmeniui $\alpha=0,05$, nustatoma iš nelygybės:

$$F > F_{\alpha}(M-1, N \cdot M - M)$$



2 pav. Anketos blokinė schema

kur: $F_{\alpha}(M-1, N \cdot M - 1)$ yra Fišerio pasiskirstymo dėsnio lygio α reikšmė, esant užduotosioms M ir N parametru reikšmėms.

Eksperimento rezultatai

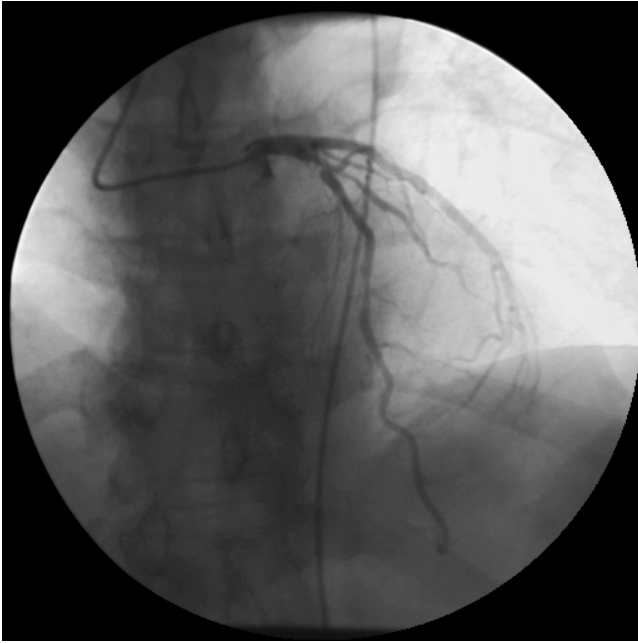
Statistikos F reikšmės, naudojamos angiografinių vaizdų kokybei įvertinti, keičiant suspaudimo laipsnį, pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. F statistikos reikšmės, apskaičiuotos angiografiniams (XA) vaizdams

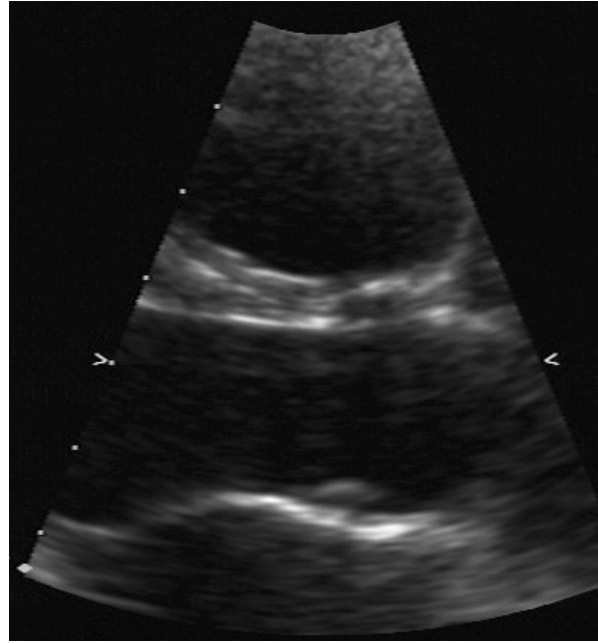
Vaizdo Nr.	Statistika: $F(3,12)$
24	11,00
25	0,85
26	0,31
27	2,57

Analogiškas vaizdų kokybės įvertinimas buvo vykdomas su ultragarsiniais širdies vaizdais. Mus domino tik santykiniai suspaustų vaizdų matavimų dydžiai. Jie buvo apskaičiuojami suspaustuose vaizduose, atlikus matavimus, padalijus iš atitinkamų originalo matavimų. Statistika F skaičiuota, kai vaizdų suspaudimo laipsnis kito iki 35.

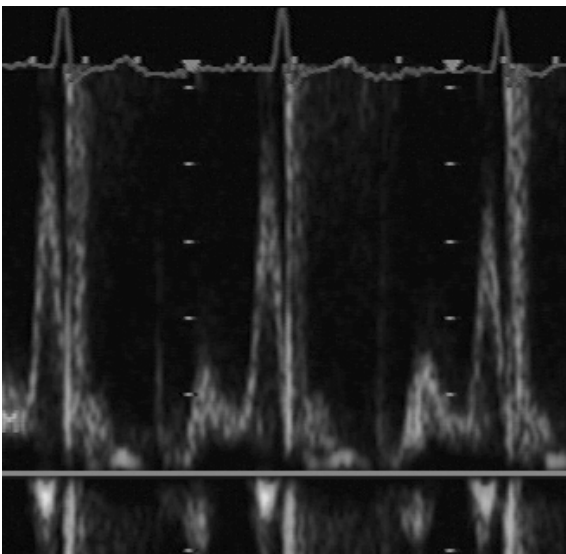
Norint išvengti gydytojo subjektyvumo, atliekant matavimus, pastarieji buvo kartoti po dviejų dienų. 3 lentelėje pateikiamos statistikos F reikšmės vėlesniems matavimams.



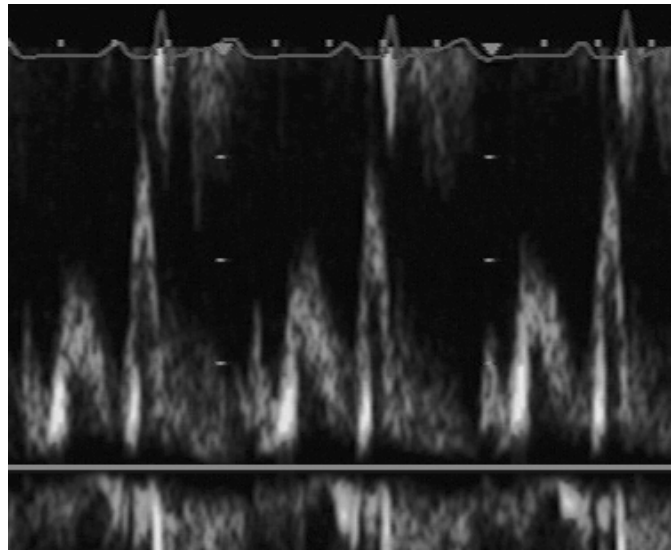
3 pav. Angiografinis vaizdas



4 pav. 2 D ultragarsinis širdies vaizdas



5 pav. M – režimo echokardiograma



6 pav. Kraujotakos kreivės

2 lentelė. F statistikos reikšmės, apskaičiuotos echokardiografiniams (US) vaizdams

Vaizdo klasė	Statistika F(.,.)
2D echokardiografinis vaizdas	F(5,48) = 1,89
M – režimo echokardiograma	F(5,30) = 0,51
Kraujotakos kreivės	F(5,30) = 0,75

3 lentelė. F statistikos reikšmės, apskaičiuotos matavimus kartojant po kelių dienų

Vaizdo klasė	Statistika F(.,.)
2D echokardiografinis vaizdas	F(5,48) = 1,53
M – režimo echokardiograma	F(5,30) = 3,42
Kraujotakos kreivės	F(5,30) = 1,17

Rezultatų aptarimas

Anketos duomenys parodė, kad angiografinių (XA) vaizdų kokybė, esant vaizdo suspaudimo laipsniui 30 ir 35, gydytojui yra nepriimtina. Tik 3 proc. tirtų vaizdų (Nr. 24–27) statistikos F reikšmės buvo pakankamai didelės. 1 lentelės duomenimis, vaizdo suspaudimo laipsnis 25 yra priimtinas gydytojui, nes Fišerio pasiskirstymo dėsnio reikšmė $F_{0,05}(3,12)=3,49$ (4) yra didesnė už 1 lentelėje apskaičiuotas F reikšmes. Vaizdo Nr. 24, kurio originalas parodytas 3 pav., statistika F yra kritinėje srityje, t.y. didesnė už $F_{0,05}(3,12)=3,49$. Tai rodo, kad suspaudimo laipsnis 25 gydytojui jau nepriimtinas.

Nagrinėta, ar gydytojui priimtinas suspaudimo laipsnis 20. Apskaičiuota šiam atvejui statistikos reikšmė $F(2,9)=2,67$ yra mažesnė už Fišerio pasiskirstymo dėsnio reikšmę $F_{0,05}(2,9)=4,26$. Taigi suspaudimo laipsnis 20 šiam vaizdai yra priimtinas.

Patikrinta hipotezė, kad, esant patikimumo lygmeniui $\alpha=0,05$, matavimų kokybė ultragarsiniuose (US) vaizduose iki suspaudimo laipsnio 35 gydytojui yra priimtina. Fišerio pasiskirstymo dėsnio reikšmės $F_{0,05}(5,48)=2,41$ ir $F_{0,05}(5,30)=2,53$ yra žymiai didesnės už 2 lentelėje apskaičiuotas statistikos F reikšmes.

Todėl galima tvirtinti (patikimumo lygmuo $\alpha=0,05$), kad ultragarsinių širdies vaizdų suspaudimo laipsnis

35 gydytojui dar yra priimtinas, tačiau dalis vaizdų yra neryškūs ir gydytojui su jais dirbti sunku.

Gydytojo subjektyvumas turėjo įtakos tik M – režimo echokardiogramų matavimams. Tai rodo statistikos reikšmė $F(5,30)=3,42$, kuri yra didesnė už Fišerio pasiskirstymo dėsnio reikšmę $F_{0,05}(5,30)=2,53$.

Išvados

1. Panaudojus F statistiką, įrodyta, kad gydytojams priimtinas rentgeninių angiografinių vaizdų suspaudimo laipsnis yra 25.

2. Kardiologas ultragarsinių širdies vaizdų suspaudimo laipsnį vertino, atlikdamas matavimus nejudančiuose vaizduose. Remiantis F statistika, įrodyta, kad suspaustų vaizdų kokybė priimtina, kai suspaudimo laipsnis yra 35, tačiau dalis vaizdų, esant šiam suspaudimo laipsniui, yra neryškūs ir nepatogūs darbui.

3. Atliekant tuos pačius matavimus po kelių dienų, gydytojo subjektyvumo veiksnys turėjo įtakos tik M – režimo echokardiogramų vaizdų matavimams.

Padėka. Darbas buvo atliktas pagal Europos Komisijos programą INCO-COPERNICUS (projektas SAMTA, Nr. PL961144) dalinai finansuojant Lietuvos mokslo ir studijų fondui.

Statistical investigation of the wavelet-based lossy medical image compression technique

Jūratė Punienė, Ramūnas Navickas¹, Vytenis Punys, Renaldas Jurkevičius¹

Image processing & Multimedia Laboratory, Kaunas University of Technology, Lithuania, ¹Institute of Cardiology, Lithuania, Kaunas University of Medicine, Institute of Mathematics and Informatics, Vilnius, Lithuania

Key words: angiographical and ultrasound cardiac images, compression ratio, Fisher's distribution.

Summary. Medical digital images have informational redundancy. Both the amount of memory for image storage and their transmission time could be reduced if image compression techniques are applied. The techniques are divided into two groups: lossless (compression ratio does not exceed 3 times) and lossy ones. Compression ratio of lossy techniques depends on visibility of distortions. It is a variable parameter and it can exceed 20 times. A compression study was performed to evaluate the compression schemes, which were based on the wavelet transform. The goal was to develop a set of recommendations for an acceptable compression ratio for different medical image modalities: ultrasound cardiac images and X-ray angiographic images. The acceptable image quality after compression was evaluated by physicians. Statistical analysis of the evaluation results was used to form a set of recommendations.

Correspondence to J.Punienė, Image processing & Multimedia Laboratory, Kaunas University of Technology, Studentų 56, 3031 Kaunas, Lithuania. E-mail: jpunien@mmlab.ktu.lt

Literatūra

1. Punienė J, Punys V, Punys J. Medical image compression by cosine and wavelet transforms. In: Hasman A, Blobel B, Dudeck J, Engelbrecht R, Gell G, Prokosch HU, editors. Studies in Health Technology and Informatics: Medical Infobahn for Europe. Vol.77. Amsterdam: IOS press; 2000. p.1245-9.
2. ISO/IEC standard 10918-1 / ITU-T Recommendation T.81 - Information technology - Computer Graphics and Image Processing - Digital Compression and Coding of Continuous Tone Still Images – Part 1: Requirements and Guidelines (JPEG). Geneva: ISO; 1992.
3. ACR/NEMA. DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine. 2001 y.ed. Rosslyn (VA): NEMA publications; 2001.
4. Janko J. Statistické tabulky (Statistical tables). Moskva: GOSTstatizdat; 1961.

Straipsnis gautas 2001 09 03, priimtas 2001 11 28

Received 3 September 2001, accepted 28 November 2001