

Ischeminio insulto srities atpažinimas srities didinimo metodu

A. Ušinskas, R. Kirvaitis

Radioelektronikos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Naugarduko g. 41, LT-03227 Vilnius - 06, Lietuva, tel. +370 5 2744765; el. paštas andrius.usinskas@el.vtu.lt

R. A. Dobrovolskis

Radiologijos centras, Vilniaus universiteto ligoninė Santariškių klinikos
Santariškių g. 2, LT-08661 Vilnius - 21, Lietuva, tel. +370 5 2 2365267

M. Meilūnas

Matematinio modeliavimo katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius - 40, Lietuva, tel. +370 5 2744828; el. paštas mm@fm.vtu.lt

Įvadas

Žmogaus galvos smegenų insultas yra dažna mirtingumo ir ilgalaikio invalidumo priežastis. Būdama trečioje vietoje pagal mirtingumą, ši liga patenka į invalidumo priežasčių šešetuką [1, 2].

Šiame straipsnyje aprašysime ischeminio insulto srities atpažinimo kompiuterinėje žmogaus galvos smegenų tomogramoje metodą, pagrįstą srities didinimu pasirinkto taško atžvilgiu (angl. *Click & Fill*). Toks atpažinimo metodas yra vienas populiariausių atvaizdų analizės literatūroje [3, 4, 5]. Srities didinimo metodas nereikalauja išankstinio apmokymo ir nesunkiai programuojamas. Atpažinimo proceso metu atvaizdo elementai grupuojami mažiausiai pagal dvi sąlygas – naujas pasirinktas atpažįstamos srities elementas turi būti panašus į pradinį elementą bei būti šalia jau atpažintos srities.

Srities didinimo metodas sėkmingai naudojamas medicinoje taikomų atvaizdų analizės programinėje įrangoje [6], pavyzdžiui, 17 000 Lt kainuojančiame *BrainVoyager 2000* pakete [7]. Srities didinimo metodas taip pat naudojamas kariniams tikslams – automatiniam taikinių nustatymui [8].

mui [8].

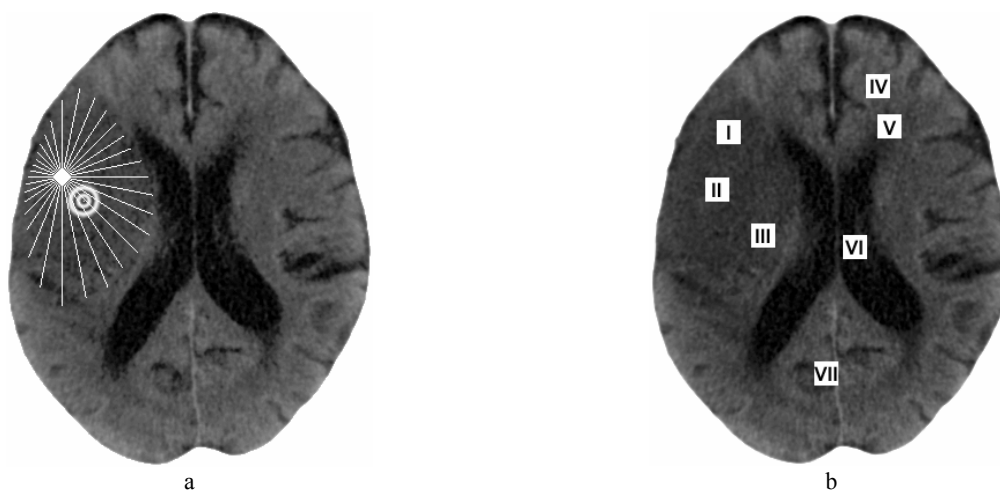
Tęsdami anksčiau pradėtą ischeminio insulto srities analizę kompiuterinėse tomogramose [9, 10, 11, 12], čia pateiksime literatūroje dar neaprašytą srities didinimo metodo taikymą ischeminio insulto sričiai atpažinti kompiuterinėse žmogaus galvos smegenų tomogramose.

Automatizuota galvos smegenų analizė yra naudingas įrankis gydytojui radiologui – jis taupo gydytojo laiką, nereikalauja ilgalaikio jo dėmesio, kaip rankiniu būdu apdorojant keliolika vieno paciento tomogramų.

Metodas

Apdorojant atvaizdą srities didinimo metodu, pirmiausia rankiniu būdu pasirenkamas pradinis atvaizdo elementas – didinamos srities pradžia. Toliau automatiškai tikrinamas šalia pasirinkto elemento esančių gretimų elementų panašumas į pasirinktąjį. Jei tiriamas elementas tenkina artumo ir panašumo sąlygas, jis priskiriamas prie didinamos srities. Srities didinimas sustabdomas, kai šalia srities nebėra panašių atvaizdo elementų.

Klasikinį srities didinimo metodą taikėme naudodami



1 pav. Iš rankiniu būdu pažymėto taško nubrėžti spinduliai ir nustatytas insulto srities centras (a), pavyzdiniai insulto (I-III) ir ne insulto (IV-VII) sričių langeliai svertiniams koeficientams nustatyti (b)

anksčiau įgyvendintą kontūrų nustatymo metodą [13].

1 paveiksle, a, parodyta galvos smegenų tomograma. Kairėje jos pusėje matyti patamsėjimas – įtariama ischeminio insulto sritis. Radiologas pažymi atvaizdo tašką, esantį prie įtartinės srities centro. Iš to taško į visas puses automatiškai brėžiama $K = 16n$ spindulių; čia $n = 1, 2, \dots$. Spinduliai automatiškai brėžiami aštuoniais etapais – kiekvieno kvadranto dvejose dalyse atskirai (kad apeitume $\tan(\pi/2)$ vertę).

Spinduliai. Pirmojo kvadranto pirmos dalies spinduliai iš pradinio taško brėžiami pagal formulę

$$m = m_p - (n - n_p) \tan \alpha; \quad (1)$$

čia m – spindulio galo eilutė; $n = n_p, n_p+1, \dots, N-u-1$ – spindulio galo stulpelis (N – stulpelių skaičius atvaizde, u – atvaizdo laukelis); m_p – pradinio taško eilutė; n_p – pradinio taško stulpelis; $\alpha = 0, 2\pi/K, 4\pi/K, \dots, \pi/4-2\pi/K$.

Pirmojo kvadranto antros dalies spinduliai iš pradinio taško brėžiami pagal formulę

$$n = n_p - (m - m_p) \tan \alpha; \quad (2)$$

čia $m = m_p, m_p-1, \dots, u$; $\alpha = \pi/4, -2\pi/K, -4\pi/K, \dots, 2\pi/K$.

Antrojo kvadranto pirmos dalies spinduliai iš pradinio taško brėžiami pagal formulę

$$n = n_p + (m - m_p) \tan \alpha; \quad (3)$$

čia $\alpha = 0, 2\pi/K, 4\pi/K, \dots, \pi/4-2\pi/K$.

Antrojo kvadranto antros dalies spinduliai iš pradinio taško brėžiami pagal formulę

$$m = m_p + (n - n_p) \tan \alpha; \quad (4)$$

čia $n = n_p, n_p-1, \dots, u$; $\alpha = \pi/4, -2\pi/K, -4\pi/K, \dots, 2\pi/K$.

Trečiojo kvadranto pirmos dalies spinduliai iš pradinio taško brėžiami pagal formulę

$$m = m_p - (n - n_p) \tan \alpha; \quad (5)$$

čia $\alpha = 0, 2\pi/K, 4\pi/K, \dots, \pi/4-2\pi/K$.

Trečiojo kvadranto antros dalies spinduliai iš pradinio taško brėžiami pagal formulę

$$n = n_p - (m - m_p) \tan \alpha; \quad (6)$$

čia $m = m_p, m_p+1, \dots, M-u-1$ – spindulio galo stulpelis (M – eilučių skaičius atvaizde); $\alpha = \pi/4, -2\pi/K, -4\pi/K, \dots, 2\pi/K$.

Ketvirtojo kvadranto pirmos dalies spinduliai iš pradinio taško brėžiami pagal formulę

$$n = n_p + (m - m_p) \tan \alpha, \quad (7)$$

čia $\alpha = 0, 2\pi/K, 4\pi/K, \dots, \pi/4-2\pi/K$.

Ketvirtojo kvadranto antros dalies spinduliai iš pradinio taško brėžiami pagal formulę

$$m = m_p + (n - n_p) \tan \alpha; \quad (8)$$

čia $n = n_p, n_p+1, \dots, N-u-1$; $\alpha = \pi/4, -2\pi/K, -4\pi/K, \dots, 2\pi/K$.

Spinduliai baigiami brėžti, kai atvaizdo struktūra pakinta daugiau kaip q kartų, tai yra kai tenkinama sąlyga

$$\frac{|F(p_m, p_n) - F(m, n)|}{F(p_m, p_n)} > q; \quad (9)$$

čia F – atvaizdo struktūros funkcija; q – pasirinktas atvaizdo santykinio pokyčio režis.

Atvaizdo struktūros funkcija. Paprasčiausia atvaizdo funkcija yra skaitis, apibūdinantis šviesos intensyvumą tam tikrame taške. Pavyzdžiui, aštuonių bitų juodai baltame atvaizde 0 reikštų juodą spalvą, o 255 – baltą spalvą.

Anksčiau atlikti tyrimai parodė, kad vienos skaisčio vertės neužtenka nustatyti ribai tarp ischeminio insulto ir ne insulto sričių kompiuterinėje tomogramoje. Dėl to nagrinėjame ne vieną atvaizdo elementą, o jų grupę – langelį. Taigi darome prielaidą, kad informacija apie sritį glūdi atvaizdo elementų visumoje.

Atvaizdų analizės literatūroje aprašyta daug metodų, skirtų atvaizdo elementų grupėms analizuoti: skaisčio matrica [14], dvimatė Furjė transformacija [15], vilnelės [16], ir t.t. Šiame darbe apsiribosime viena paprasčiausia atvaizdo struktūros charakteristika – svetine elementų srities skaisčio vidurkio ir standartinės deviacijos suma:

$$F(m, n) = a\mu(m, n) + b\sigma(m, n); \quad (10)$$

čia a, b – svetiniai koeficientai, parenkami bandymais pagal atvaizdo kilmę;

$$\mu(m, n) = \frac{1}{(2u+1)^2} \sum_{i=m-u}^{m+u} \sum_{j=n-u}^{n+u} A(i, j) - \text{vidutinė skaisčio}$$

reikšmė langelyje;

$$\sigma(m, n) = \sqrt{\frac{1}{(2u+1)^2} \sum_{i=m-u}^{m+u} \sum_{j=n-u}^{n+u} (A(i, j) - \mu(m, n))^2} - \text{stan-$$

dartinė skaisčio deviacija langelyje; $2u + 1$ – langelio plotis; $A(m, n)$ – skaisčio vertė m -ojoje eilutėje, n -ajame stulpelyje.

Perėjimas į gretimą pjūvius. Norėdami apskaičiuoti insulto srities tūrį žmogaus galvos smegenyse, turime apdoroti visus tomogramos pjūvius. Didžiausia tikimybė, kad insulto sritis gretimame sluoksnyje bus toje pačioje vietoje, kur prieš tai nagrinėtoje tomogramoje buvo atpažintos insulto srities centras. 1 paveiksle, a, toks centras pažymėtas dvigubu apskritimu. Centro koordinatės (m_c, n_c) apskaičiuojamos kaip spindulių galų atitinkamų koordinatinių vidurkiai:

$$m_C = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K m_R^k, n_C = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K n_R^k; \quad (11)$$

čia m_R^k, n_R^k – k -ojo spindulio galo eilutė ir stulpelis.

Gretimuose pjūviuose $m_C = m_P$, o $n_C = n_P$. Taip apdorojamos visos tomogramos, kol pasiekiami pirmoji ar paskutinė žmogaus galvos smegenų tomograma.

Eksperimentas

Koeficientai a ir b buvo nustatyti ištyrus keletą langelių iš insulto ir ne insulto sričių, parodytų 1 paveiksle, b. Parinktame langelio plotyje tilpo 21 atvaizdo elementas. Tuomet pagal lentelėje parodytas langelių charakteristikas buvo parinkti svertiniai koeficientai, atitinkamai lygūs 1 ir 2. Iš duomenų lentelėje matyti, kad III ir V langelių tiek vidurkis, tiek standartinė deviacija beveik vienodi.

Lentelė. Įvairių langelių charakteristikos

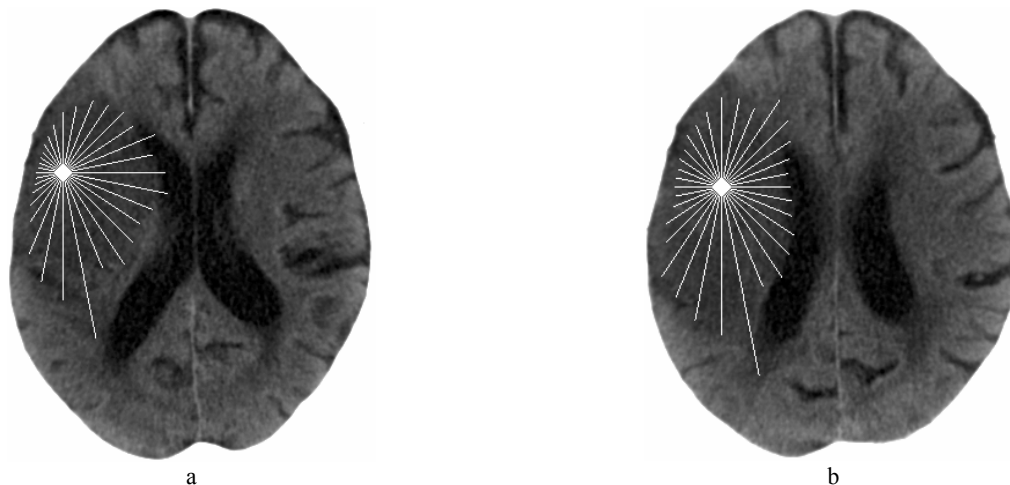
Dydis	Langelis						
	Insulto sritis			Ne insulto sritis			
	I	II	III	IV	V	VI	VII
μ	18,7	19,0	19,7	29,3	19,9	5,8	23,2
σ	2,0	2,6	2,7	3,0	2,9	4,0	8,8

2 paveiksle parodytos dvi gretimos tomogramos – 10-as ir 11-as pjūviai, apdorotos 32 spinduliais. Sustojimo didinant sritį kriterijumi pasirinktas atvaizdo struktūros pokytis $q = 0,2$. Taigi spindulys nustoja sklisti, kai pradiniam taške esančio langelio atvaizdo struktūra pagal vidurkį ir standartinę deviaciją pasikeičia daugiau nei 20 %.

Rezultatų apibendrinimas

Šiame straipsnyje pasiūlytas naujas srities didinimo metodo taikymas. Metodas ne tik pritaikytas dar mažai tirtos žmogaus galvos smegenų ischeminio insulto srities analizėje, bet ir aprašyta spindulių brėžimu pagrįsta jo modifikacija, garantuojanti labai didelę srities didinimo metodo spartą. Šiai modifikacijai buvo sudarytas algoritmas, įgyvendintas programa MATLAB kalba.

Taikydami sudarytą programą, gavome, kad ne visi



2 pav. Automatiškai nubrėžti spinduliai iš rankomis pažymėto pradinio taško insulto srityje 10-ame pjūvyje (a), automatiškai nubrėžti spinduliai iš 10-ame pjūvyje insulto srities centrą atitinkančio pradinio taško 11-ame pjūvyje (b)

spinduliai sustoja ties insulto srities riba (2 pav.). Dalis spindulių (ypač prie kaulinės srities) sustoja nepasiekę insulto srities ribos dėl slenkančio langelio taikymo.

Taigi aprašyto metodo teigiamybė yra didelis analizės greitis (rezultatas gaunamas per milisekundes). Trūkumas – langelių panaudojimas ir atvaizdo struktūros funkcijos neapibrėžtis. Dėl to tęsiant tyrimus, reikėtų pasirinkti geriau ischeminio insulto srities atvaizdo struktūrą atspindinčią funkciją ir pritaikyti [13] aprašytą atpažintos srities kontūro glodinimo metodą.

Padėka

Straipsnis parengtas vykdant EUREKA projektą E!2981, kurį finansuoja Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas (sutarties Nr. V-13).

Literatūra

1. Šopagienė D., Paulauskas L., Rastenytė D. Galvos smegenų insulto ankstyvosios baigtys // *Medicina*, 2000. – Nr. 36. – P. 391-397.
2. Kazlauskas H., Janušonis V. Sergamumas ir mirtingumas galvos smegenų insultu Klaipėdos mieste 1995-1997 metais // *Medicina*, 1999. – Nr. 35. – P. 48-55.
3. Jain A. K., Robert P. W., Duin R. P. W., Mao J. Statistical pattern recognition: a review // *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000. – T. 22, Nr. 1. – P. 4-37.
4. Gonzalez R. C., Woods R. E. *Digital image processing*. – Addison-Wesley Pub Co., 1992. – 716 p.
5. Marshall A. D. *Vision Systems*. – Tinklapis http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Vision_lecture/
6. Pohle R., Toennies K. D. Segmentation of medical images using adaptive region growing. – Tinklapis http://isgwww.cs.uni-magdeburg.de/bv/pub/pdf/mi_4322_153.pdf
7. BrainVoyager - A Product from Brain Innovation B.V. – Tinklapis <http://www.brainvoyager.de>
8. Parry H. S., Marshall A. D., Markham K. C. Region template correlation for FLIR target tracking // *The British Machine Vision Conference 1996*. – Tinklapis <http://www.bmva.ac.uk/bmvc/1996/>
9. Užinskas A., Dobrovolskis R. A. Galvos smegenų išeminių

- insultų diagnostika personaliniu kompiuteriu // *Medicina*, 2000 m. – T. 36, Nr. 10. –P. 1144-1148.
10. **Usinskas A., Tomandl B., Hastreter P., Spinner K., Wittenberg T.** Improvements on the gray level co-occurrence matrix technique to compute ischemic stroke volume // *Bildverarbeitung für die Medizin 2002: Algorithmen-Systeme-Anwendungen, Proceedings des Workshop, Springer, 2002.* – P. 267-270.
 11. **Ušinskas A., Prancevičienė E., Wittenberg T., Hastreter P., Tomandl B.** Automatic ischemic stroke segmentation using various techniques // *Neural Networks and Soft Computing. Proceedings of the Sixth International Conference on Neural Networks and Soft Computing, Springer, 2002.* – P. 498-503.
 12. **Usinskas A., Mikelaitis V.** Mean and standard deviation for ischemic stroke segmentation of human head brain in computed tomography images // *Proceedings of the 8th Biennial Baltic Electronics Conference BEC 2002. - Tallinn, 2002.* – P. 371-374.
 13. **Meilūnas M., Usinskas A., Kirvaitis R., Dobrovolskis R. A.** Automatic contouring of segmented human brain ischemic stroke regions of CT images // *Mathematical Modeling and Analysis.* - 2003. – T. 8, Nr. 1. – P. 43-50.
 14. **Haralick R. M.** Textural features for image classification // *IEEE Trans. on System, Man, And Cybernetics*, 1973. – T. 3, No. 6. – P. 610-621.
 15. **Jähne B.** Digital image processing. Concepts, algorithms, and scientific applications. Springer, Berlin, 1997.
 16. **Unser M., Aldroubi A.** A Review of Wavelets in Biomedical Applications // *Proc. of the IEEE*, 1996. – T. 84, Nr. 4. – P. 626-638.

Pateikta spaudai 2003 09 01

A. Ušinskas, R. Kirvaitis, R. A. Dobrovolskis, M. Meilūnas. Ischeminio insulto srities atpažinimas srities didinimo metodu // Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2004. – Nr. 1(50). – P. 52-55.

Aprašytas naujas automatizuotos atvaizdų analizės pradinės srities didinimo metodo taikymas. Metodas pritaikytas mažai ištirtai automatizuotai žmogaus galvos smegenų kompiuterinių tomogramų analizei, atpažįstant šiose tomogramose ischeminio insulto sritis. Aprašyta spindulių brėžimu iš bet kurio įtariamoms insulto srities taško pagrįsta metodo modifikacija. Parodyta, kad ši modifikacija garantuoja didelę atpažįstamos srities didinimo metodo spartą. Šiai metodo modifikacijai sudarytas algoritmas ir jį realizuojanti programa C kalba.

Taikant sudarytąją programą automatiškai apdoroti kompiuterinių žmogaus galvos smegenų tomogramų su ischeminio insulto sritimi pavyzdžiai parodė šios srities didinimo metodo modifikacijos taikymo perspektyvumą atpažįstant tomogramose insulto sritį. Tęsiant tyrimus, svarbu pasirinkti geriau ischeminio insulto srities atvaizdo struktūrą kompiuterinėje tomogramoje apibūdinančią funkciją ir pritaikyti mūsų anksčiau aprašytą atpažintos srities kontūro glaudinimo metodą. Il. 2, bibl. 16 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

A. Ušinskas, R. Kirvaitis, R. A. Dobrovolskis, M. Meilūnas. Recognition of Ischemic Stroke Region by using Region Growing Method // Electronics and Electrical Engineering. Kaunas: Technologija, 2004. – No. 1(50). – P. 52-55.

New application of region growing method in automated analysis of images was investigated. The method was used in a little explored field of recognition of ischemic stroke regions on the computed tomography images of human brain. The new modification of the method, based on the tracing of radii from any selected point of the suspected region of ischemic stroke, was investigated. The investigation showed the great rapidity of growing of initial ischemic stroke region on the computed tomography image. The algorithm for this modification of method was designed and realised as the program in C language.

The program was applied for automated analysis of computed tomography images of human brain with the ischemic stroke regions. The investigation showed the perspectives of this modification of the method of growing region. Surveying the method it is necessary to choose such characteristic of the image that in the best way correspond to the stroke region on the computed tomography image, and to apply automatic contouring of segmented ischemic stroke regions, we proposed formerly. Ill. 2, bibl. 16 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English and Russian).

A. Ушинкас, Р. Кирвайтис, Р.А. Добровольскис, М. Мейлунас. Опознание области ишемического инсульта методом расширения начального участка // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2004, № 1(50). – С. 52-55.

Описано новое применение метода автоматизированного анализа изображений путем расширения начального участка опознаваемой области. Метод расширения области применен в мало исследованном направлении – автоматизированном опознании областей ишемического инсульта на компьютерных томограммах головного мозга. Описана модификация метода, базирующаяся на проведении радиусов из произвольно выбранной точки подозреваемой области ишемического инсульта. Показано, что данная модификация обеспечивает высокую скорость метода расширения первоначального участка опознаваемой области. Разработанный алгоритм для данной модификации метода реализован в виде программы на языке С.

Автоматизированная обработка по разработанной программе образцов компьютерных томограмм головного мозга с областями ишемического инсульта показала перспективность данного метода. Продолжая исследования в данной области необходимо выбрать функцию изображения, наилучшим образом характеризующую область ишемического инсульта на компьютерной томограмме головного мозга, а также применить ранее нами разработанный метод сглаживания контура опознанной области. Ил. 2, библи. 16 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).