

DESEASE DIAGNOSTICS BASED ON COMPUTER TOMOGRAPHY DATA

SLIMĪBAS DIAGNOSTIKA PĒC DATORTOMOGRĀFIJAS DATIEM

Katrina Krechetova, M.sc.eng., assistant

Riga Technical University, Faculty of Computer Science and Information Technologies, Institute of Computer Control, Engineering and Technology

Address: Meza str. 1, LV-1048, Riga, Latvia

E-mail: katrina.krechetova@rtu.lv

Aleksandrs Glazs, Dr.habil.sc.eng., professors

Riga Technical University, Faculty of Computer Science and Information Technologies, Institute of Computer Control, Engineering and Technology

Address: Meza str. 1, LV-1048, Riga, Latvia

E-mail: glaz@egle.cs.rtu.lv

Ardis Platkajis, Dr.med., assoc. professor

Riga Stradins University, Institute of Radiology, Clinical Hospital "Gaiļezers"

Address: Hipokrata str. 2, Riga, LV-1038, Latvia

Atslēgas vārdi: slimības diagnostika, medicīnas attēli, datortomogrāfija, segmentācija, patoloģijas zonas

Ievads

Medicīnas diagnostikas precizitāte ir vienmēr aktuāls jautājums jebkurā medicīnas nozarē – sirds slimības, galvas smadzeņu patoloģijas utt. Svarīga ir ne tikai medicīnas diagnostikas precizitāte, bet arī savlaicīgums, jo savlaicīga diagnoze var glābt pacientam dzīvi.

Tiek izstrādātas vairākas palīgprogrammas, ar mērķi palīdzēt ārstiem ātrāk apkopot datus par pacientiem un veikt precīzu diagnostiku. Par tādu palīgprogrammu var kalpot ekspertu sistēmas, kas balstās uz ārstu pieredzes diagnostikā vai programmas, kas apstrādā un analizē dažādus medicīnas attēlus utt.

Darbā tiek piedāvātas metodes, kas apkopo datus no datortomogrāfijas attēliem ar mērķi turpmāk tos apstrādāt un diagnosticēt pacientu balstoties uz šiem datiem. Lielāka uzmanība tika pievērsta galvas smadzeņu medicīnas attēliem, taču piedāvātās metodes var pielāgot jebkuriem medicīnas attēliem.

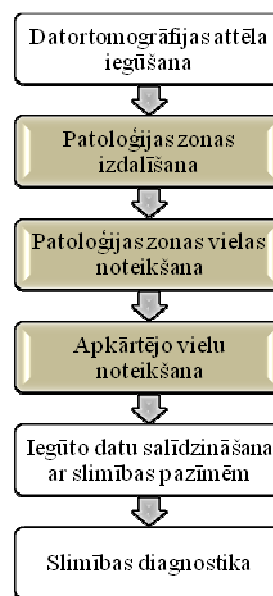
Lai izstrādāt programmu, kura palīdzētu ārstam uzstādīt precīzu un savlaicīgu diagnozi, vispirms ir jāsaprot, kādi dati ir nepieciešami un kā ārsti vispār diagnosticē pacientu. 1. tabulā ir parādītas dažādas smadzeņu patoloģiju grupas un tām patoloģiju grupām raksturīgas īpašības [1].

1. tabula
Table 1.

Smadzeņu patoloģiju raksturīgas īpašības
Characteristic features of brain pathologies

Slimības (patoloģijas)	Pazīmes
Cerebrovaskulārs bojājums (hematoma)	Patoloģijas zonas viela ir ar augsto blīvumu
Traumas (kontūzijas, komplikācijas, kas seko galvaskausa traumām)	Patoloģijas zona atrodas kaula tuvumā
Audzēji	Zonas atšķiras ar pārkaļķošanu
Infekcijas	Vairākas mazākas zonas

Jāatzīmē, ka jebkurai patoloģijai ir savas raksturīgas īpašības, kuras tiek atspoguļotas uz datortomogrāfijas attēla. Tas nozīmē, ka salīdzinot datortomogrāfijas datus un patoloģiju pazīmes, var diagnosticēt pacientu. No visa augšminētā var secināt, ka diagnostikas procedūra sastāv no vairākiem etapiem – datu iegūšana, to salīdzināšana ar pazīmēm, utt. Šīs procedūras kopējā struktūra ir redzama 1. attēlā.



1. att. Diagnostikas etapi
Fig. 1. Stages of Diagnostics

Šajā darbā uzmanība tika koncentrēta uz trijiem etapiem – patoloģijas zonas izdalīšanu, patoloģijas zonas vielu noteikšanu un apkārtējo vielu noteikšanu. Šie trīs etapi ir nepieciešami, lai savākt datus turpmākai diagnostikai, t.i. iegūto datu salīdzināšanai ar slimības pazīmēm.

Metodes

Lai iegūt nepieciešamus datus par patoloģijas zonu no datortomogrāfijas attēla ir nepieciešams risināt sekojošus uzdevumus:

- Patoloģijas zonas atrašana
 - attēla segmentācija;
 - patoloģijas zonas izdalīšana.
- Patoloģijas zonas vielas noteikšana
 - segmentu sadalīšana pa smadzeņu vielām.
- Patoloģijas zonas apkārt esošo vielu noteikšana
 - patoloģijas zonas apkārtnes apstrāde.

Patoloģijas zonas atrašana

Attēla segmentācijai tiek izmantots piedāvātais segmentācijas algoritms [2]. Algoritms sadala visas attēlā redzamās vielas segmentos, veidojot „segmentu karti”. 2. attēlā ir parādīts algoritma vizuālais rezultāts.

Sadalīšana segmentos notiek nevis pēc pikseļu intensitātes īpašības, bet pēc vielu blīvuma, dati par to ir jau iekļauti medicīnas attēlā. Vielu blīvums tiek mērīts Haunsfīlda vienībās (HU) [3]. Haunsfīlda vienību skala attēlo lineāro starojuma vājināšanu, saistībā ar destilēto ūdeni. Vielai X ar lineāro vājināšanas koeficientu μ_X , HU vērtība tiek aprēķināta pēc formulas:

$$X = \frac{\mu_X - \mu_{\text{ūdens}}}{\mu_{\text{ūdens}} - \mu_{\text{gaisa}}} \cdot 1000, \quad (1)$$

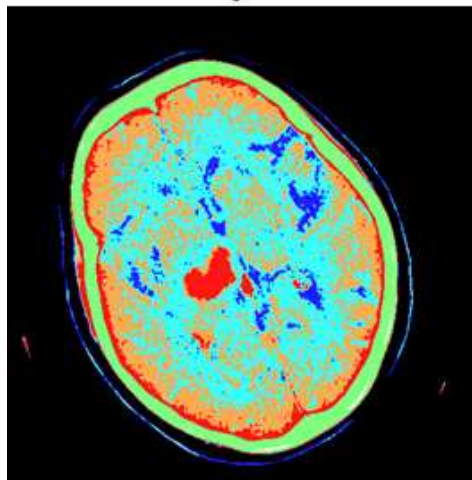
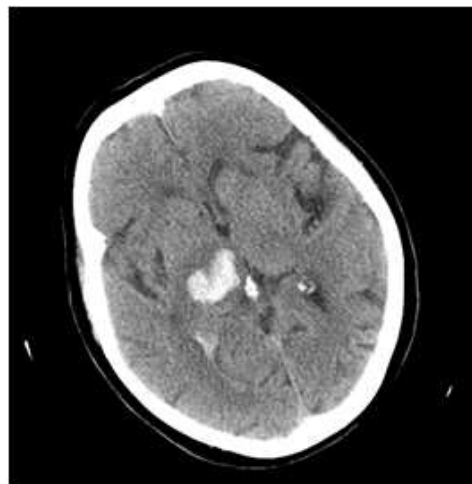
kur $\mu_{\text{ūdens}}$ un μ_{gaisa} ir ūdens un gaisa lineārie vājināšanas koeficienti.

Dažādu vielu blīvumi ir parādīti 2. Tabulā.

Segmentu sadalīšana pēc vielu blīvuma dod iespēju uzreiz noteikt, kāda viela ir katram segmentam.

Patoloģijas zonas izdalīšanai no attēla tiek piedāvāta metode, kura sastāv no diviem etapiem:

1. Automātiskā zonas noteikšana. Algoritms atrod visas iespējamās patoloģijas zonas un parāda tās lietotājam.
2. Lietotājs var izvēlēties kādu no atrastām zonām, vai manuāli atzīmēt kādu citu zonu, kuru viņš uzskata par patoloģiju.

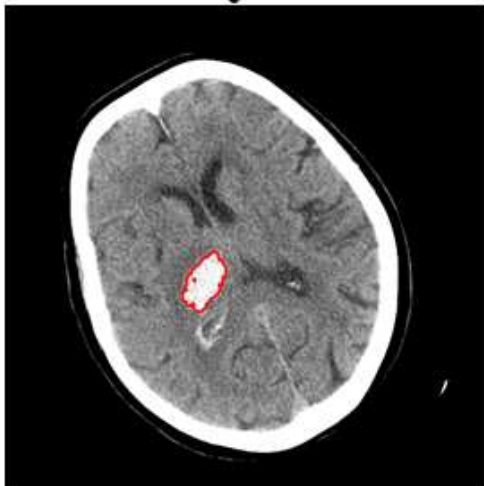
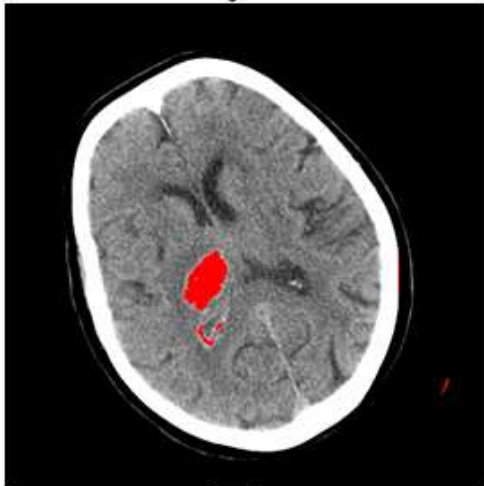
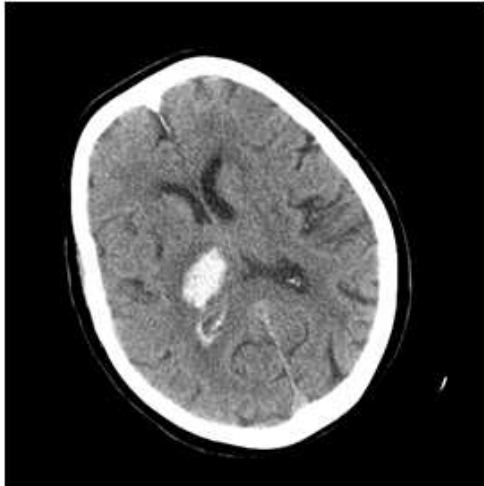


2. att Segmentācijas algoritma rezultāts
Fig. 2. The result of the segmentation algorithm

2. tabula
Table 2.

Vielu blīvumi, Hausfīlda vienībās
Material density in Haunsfeld units

Viela	Haunsfīlda vienības, HU
Kauli	no 400 līdz 1000
Smadzeņu baltā viela	no 20 līdz 30
Smadzeņu pelēkā viela	no 37 līdz 45
Asinis	apmēram 40
Ūdens	apmēram 0
Tauki	no -50 līdz -120
Gaiss	apmēram -1000



3. att. Patoloģijas zonas atrašana
Fig. 3. Pathology zone detection

Automātiskās zonas noteikšanas algoritms:

1. Attēls tiek segmentēts izmantojot piedāvāto algoritmu, kas sadala attēlu segmentos pēc vielas blīvuma.
2. Attēls tiek skenēts pa rindām un kad algoritms atrod segmentu, kas vēl netika apskatīts, apzīmē to kā apskatīto un pārbauda vai

$$S_{hu} \in hu_i, \quad i \in [1..n], \quad (2)$$

kur S_{hu} – tekošā segmenta vielas blīvums,
 $hu_i \in HU$, $HU = \{hu_1, \dots, hu_n\}$ - ir
aizdomīgo vielu blīvumu kopa (asinis, kalcījs
utt.).

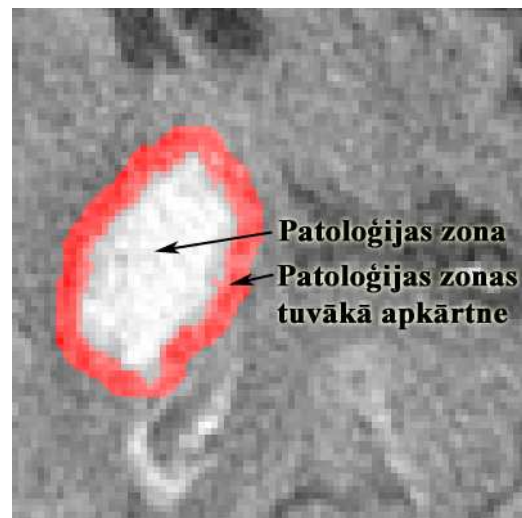
3. Ja $S_{hu} \in hu_i$ tad segments tiek atzīmēts kā patoloģijas zona.

Lietotājs var izvēlēties kādu no atrastām zonām turpmākai analīzei. Patoloģijas zonas atrašanas process ir parādīts 3. attēlā.

Rezultātā tiek iegūta informācija par patoloģijas zonas robežām un iekšējo patoloģijas zonas vielu, tā kā segmentācijas algoritms sadala segmentus pa blīvumiem. Atliek noteikt vielas, kas atrodas patoloģijas zonas apkārtnē.

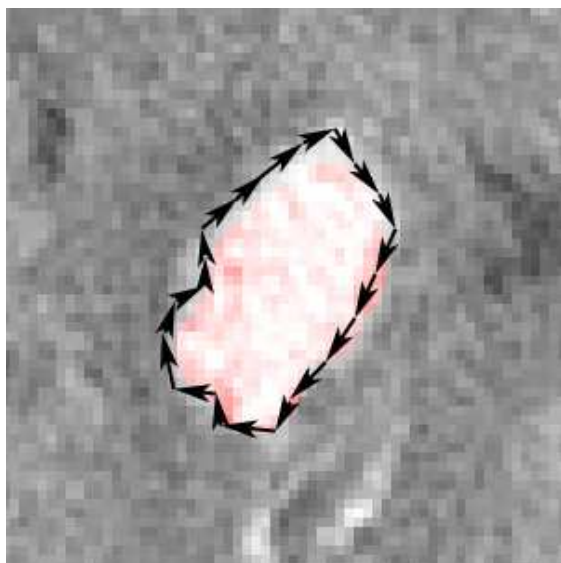
Patoloģijas zonas apkārtnes apstrāde

Lai noteikt vielas, kas atrodas ārpus patoloģijas zonas robežas, ir nepieciešams izpētīt patoloģijas zonas tuvāko apkārtni (4. attēls).



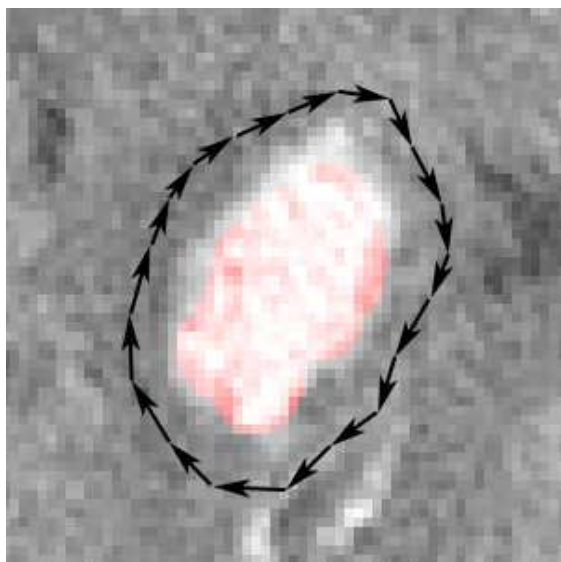
4. att. Patoloģijas zonas apkārtnē
Fig. 4. Pathology zone environment

Patoloģijas zonas atrašanas metodes rezultātā, tika iegūta informācija par patoloģijas zonas robežu. (5. attēls).



5. att. Patoloģijas zonas robeža
Fig. 5. Pathology zone contour

Lai varētu izpētīt patoloģijas zonas apkārti, nepieciešams „apiet apkārt” patoloģijas zonas robežai ar nelielu atstarpi (6. attēls).



6. att. Tuvākās apkārtnes pētīšana
Fig. 6. Pathology zone environment analysis

Šajā gadījumā, uzdevums ir atrast robežu, kas atrastos ar atstarpi no patoloģijas zonas. Šim nolūkam var izmantot robežas gradientu. To var atrast izmantojot Sobela operatoru [4].

Sobeļa operators ir 3x3 matrica (dažreiz to sauc par konvolūcijas kodolu, jeb masku):

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix}$$

Šī maska tiek uzklāta uz attēla, pārklājot katru pikseli ar matricas elementu e . Tad tiek noteikta pikseļa jauna vērtība. Šim nolūkam izskaitļo vērtību S :

$$S = \sqrt{(Sx^2 + Sy^2)}, \quad (3)$$

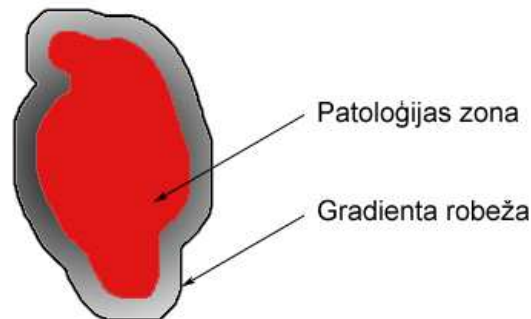
kur

$$Sx = (c + 2 \cdot f + i) - (a + 2 \cdot d + g)$$

$$Sy = (g + 2 \cdot h + i) - (a + 2 \cdot b + c)$$

Uzstāda sliekšni T , un ja sliekšnis ir pārsniegts ($S > T$), tad pikseļa vērtība ir „robeža”, ja sliekšnis nav pārsniegts ($S < T$) tad pikseļa vērtība ir „fons”.

Rezultātā tiek iegūtas attēlu robežas gradients (7. attēls), pie tam, jo lielāks ir sliekšnis, jo lielāka ir atstarpe starp reālo robežu un gradienta robežu.



7. att. Gradienta robeža
Fig. 7. Gradient boundary

Izpētīt patoloģijas zonas apkārti var izmantot gradienta robežas.

Gradienta robežas punkti tiek sakārtoti secīgi izmantojot kvadrātveida izsekošanas algoritmu [5]. Rezultātā tiek iegūts masīvs G , kurš sastāv no n elementiem g_i , kas ir secīgi sakārtoti robežas punkti. Izmantojot šo masīvu, tiek noteikts, kādas vielas atrodas uz gradienta robežas un to vielu procentuālais sadalījums.

Šim nolūkam algoritms iziet cauri masīvam G un paskaita katras vielas blīvuma punktu skaitu.

$$V_b = \sum_{i=1}^n h_i, \quad i \in [1..n], \quad (4)$$

kur V_b – konkrētā viela ar uzdoto blīvumu b ,
 h_i – masīva G elementi ar uzdoto blīvumu b .
 Vielas V procentuālais sadalījums V'_b ir vienāds ar:

$$V'_b = \frac{V_b \cdot 100}{n} \quad (5)$$

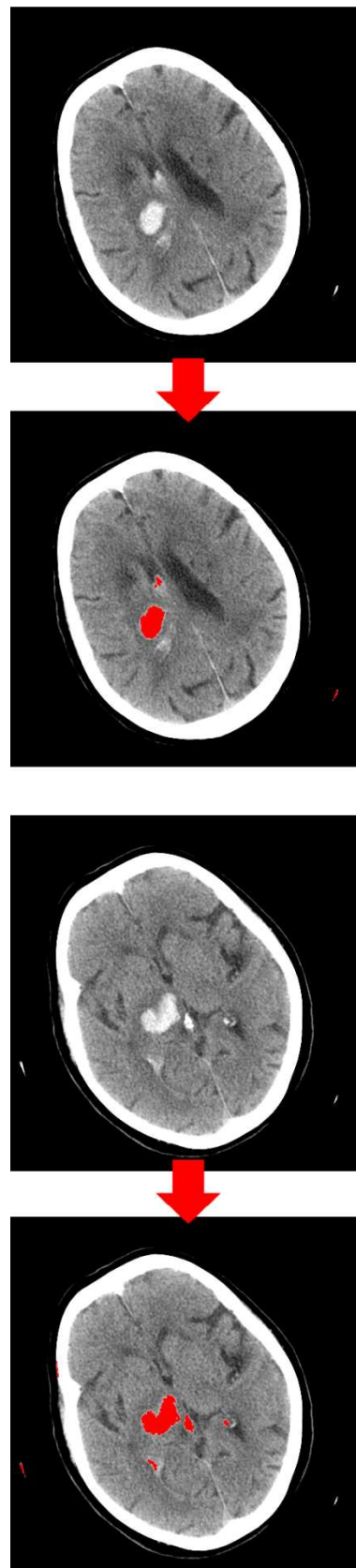
Piedāvāto metožu rezultātā tiek iegūti dati par patoloģijas zonu, tās robežu un vielu, kā arī par patoloģijas vielas apkārtņē esošām vielām.

Eksperimenti

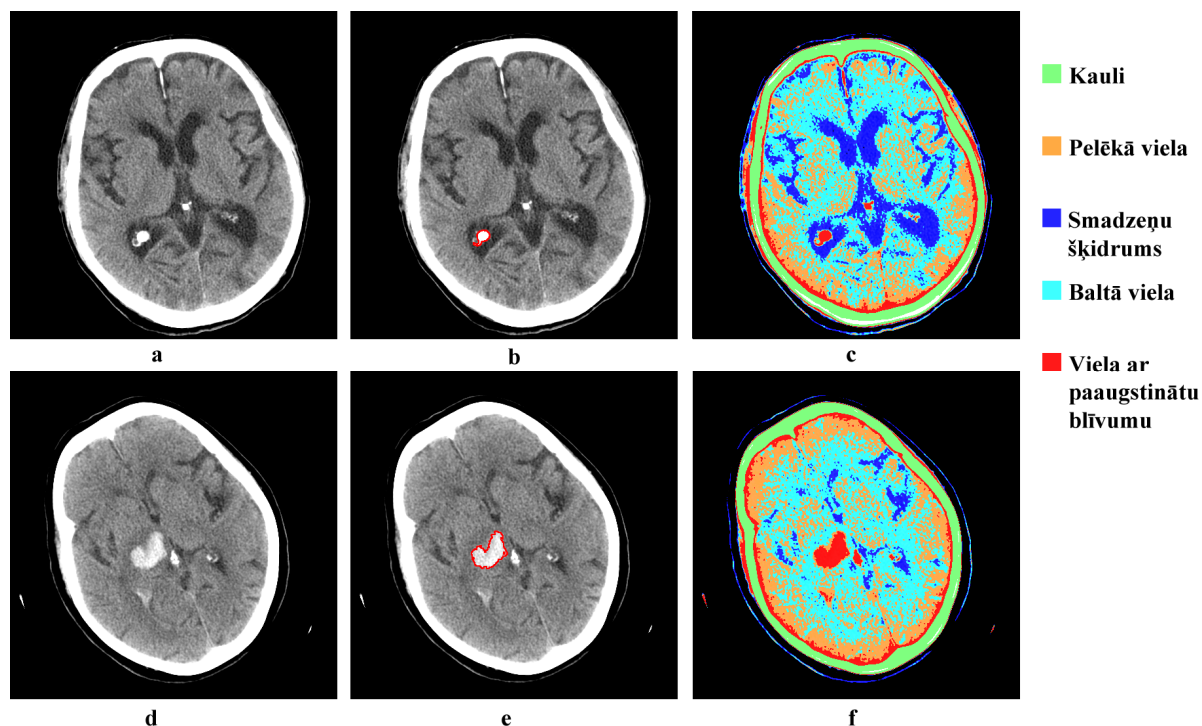
Pirmā metode, kuras darbība tika pārbaudīta, ir patoloģijas zonas automātiskās atrašanas metode. Eksperimentu rezultāti ir parādīti 8. attēlā. Metode sekmīgi atrod patoloģijas zonas uz attēla, dažreiz, tomēr pievienojot pie patoloģijas zonām kādu lieko segmentu, kas pēc būtības neesot patoloģijas zona. Tāpēc arī pēc automātiskās patoloģijas zonas atrašanas, lietotājam ir iespēja izvēlēties kādu no atrastām zonām, vai pašam manuāli atzīmēt kādu zonu, kuru viņš uzskata par patoloģiju.

Šīs metodes precizitāti var paaugstināt, ievadot papildus kritērijus. Piemēram, ja uzreiz pārbaudīt atrastā patoloģijas zonas segmenta apkārtņi vai izmēru. Piemēram, ja atrastais segments sastāv no ūdens, ir neliela izmēra un apkārt atrodas pelēkā viela, tad tā ir norma, un atzīmēt segmentu kā patoloģijas zonu nav nepieciešams.

9. attēlā parādīti eksperimenti ar patoloģijas zonas apkārtnes pētīšanas metodi. Attēli no 9a līdz 9c: patoloģijas zona sastāv no vielas ar paaugstināto blīvumu (~160-200 HU), apkārtējās vielas: smadzeņu šķidrums (87,2%), baltā viela (12,8%). Attēli no 9d līdz 9f: patoloģijas zona sastāv no vielas ar paaugstināto blīvumu (~50-70 HU), apkārtējās vielas: baltā viela (96,1%), pelēkā viela (3,9%).



8. att. Automātiskā patoloģijas zonas atrašana
 Fig. 8. Pathology zone's automatic detection



9. att. Datortomogrāfijas datu iegūšana
Fig. 9. Computer tomography data acquirement

Kā var secināt pēc attēliem 9c un 9f, metode precīzi apraksta vielas, kas atrodas patoloģijas zonas apkārtnē.

Rezultāti

Darbā tika piedāvātas divas metodes, kuras ļauj izdalīt no datortomogrāfijas attēla datus par patoloģijas zonu un tās apkārtni. Tās ir: metode patoloģijas zonas automātiskai atrašanai un metode, kas nosaka patoloģijas zonas apkārtnē esošas vielas. Tika izstrādāta programma Delphi valodā, kas realizē šīs divas metodes.

Programma ir domāta lai palīdzēt ārstam uzstādīt diagnozi ātrāk un precīzāk. Iegūtos datus var salīdzināt ar slimības pazīmēm un diagnosticēt slimību. Šīm nolūkam, slimību pazīmes var, piemēram, noformulēt kā produkcijas likumus:

- JA patoloģijas zonas apkārtnē ir kauli TAD diagnoze ir trauma,
- JA patoloģijas zonas viela ir kalcījs, TAD diagnoze ir audzējs.

Pēc šiem likumiem, salīdzinot datus ar pazīmēm var diagnosticēt slimības grupu un pat dažas konkrētās slimības.

Atsauces

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā „Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai”.

Literatūra

1. A Global TextBook of Radiology, edited by Holger Pettersson, MD // The NICER Centennial Book, Norway, 1995.
2. Glazs A., Krechetova K. Development of a new Segmentation Method for Medical Images // Biomedical Engineering. Proceedings of International Conference, 11th Annual International Biomedical Engineering Conference, Lithuania, Kaunas, 25.-26. October, 2007.
3. Hounsfield // Med Phys, 7:283, 1980.
4. Л. Шапиро, Дж. Стокман, ‘Компьютерное зрение’ // Москва, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
5. Cheriet M., Kharma. N, Cheng-Lin Liu, Ching Y. Suen, Character Recognition Systems // Wiley InterScience, 2007.

Krečetova K., Glazs A., Platkājis A. Slimības diagnostika pēc datortomogrāfijas datiem

Medicīnas diagnostikas precizitāte ir vienmēr aktuāls jautājums jebkurā medicīnas nozarē. Tiek izstrādātas vairākas palīgprogrammas, ar mērķi palīdzēt ārstiem ātrāk apkopot datus par pacientiem un veikt precīzu diagnostiku. Darbā tiek piedāvātas metodes, kas apkopo datus no datortomogrāfijas attēliem ar mērķi turpmāk tos apstrādāt un diagnosticēt pacientu balstoties uz šiem datiem. Uzmanība tika koncentrēta uz patoloģijas zonas izdalīšanu, patoloģijas zonas vielu noteikšanu un apkārtējo vielu noteikšanu. Tiek piedāvātas divas metodes: metode patoloģijas zonas automātiskai atrašanai un metode, kas nosaka patoloģijas zonas apkārtņē esošas vielas. Abas metodes tika pārbaudītas uz datortomogrāfijas attēliem. Attēlu apstrādes rezultātā tiek iegūti dati par patoloģijas zonas vielu un par patoloģijas zonas apkārtņē esošām vielām. Iegūtos datus var salīdzināt ar slimības pazīmēm un diagnosticēt slimību.

Krechetova K., Glazs A. Platkajis A. Disease Diagnostics Based on Computer Tomography Data

The precision of medical diagnostics is an actual theme in any medical field. Many programs are developed in order to help the physicians acquire the data about the patients and formulate a precise and fast diagnosis. In this work several methods are proposed for acquiring data from computer tomography images with a goal to analyze it and diagnose the patient based on the acquired information. This work is focused on pathology zone and its material detection, and pathology zone environment detection. Two methods are proposed for automatic pathology zone detection and its environment detection. Both methods were tested on computer tomography images. As a result, data about the pathology zone and its environment were acquired. The obtained data can be compared to pathology characteristics and this could help diagnose the patient.

Кречетова К., Глаз А. Платкайс А. Диагностика заболеваний по данным компьютерной томографии

Точность медицинского диагноза – актуальная тема в любой области медицины. В связи с этим разрабатывается множество программ, с целью помочь врачам быстрее собрать информацию о пациенте и поставить точный диагноз. В работе предлагаются методы, которые собирают информацию с изображений, полученных в результате компьютерной томографии, для дальнейшей их обработки и постановки диагноза по полученным данным. Внимание акцентируется на нахождении патологической зоны, ее вещества и веществ, которые находятся вокруг патологической зоны. Предлагается два метода –

для автоматического нахождения патологической зоны и для определения веществ вокруг патологической зоны. Оба метода были протестированы на изображениях, полученных с помощью компьютерной томографии. В результате получены данные о патологической зоне и ее окружении. Полученную информацию можно использовать для постановки диагноза, сравнивая данные с известными признаками патологий.