

# Trīsdimensiju modeļa izveidošana balstoties uz kontūriem medicīnas attēlos

Katrina Bolochko, Riga Technical University, Aleksandrs Glazs, Riga Technical University

**Kopsavilkums.** Darba mērķis ir piedāvāt medicīnas attēlu apstrādes metodes, kas saistītas attēla 3D rekonstrukciju, kā arī salīdzināt dažādas 3D modeļu veidošanas metodes. Tika salīdzināti divi 3D modeļu tipi – poligonālais modelis un vokseļu modelis. Iegūtie rezultāti bija salīdzināti arī ar 3D-Doctor programmā veidotu modeli un tika noteikti visu veidoto modeļu trūkumi un priekšrocības. Pēc eksperimentu rezultātiem tika secināts, ka vislabāko rezultātu dod poligonālā un vokseļu modeļa apvienojums, taču viss ir atkarīgs no izvēlētas vokseļu formas. Iegūtos rezultātus var izmantot, lai veidot jaunu 3D vizualizēšanas metodi, kurai nebūtu pētāmo metožu trūkumu.

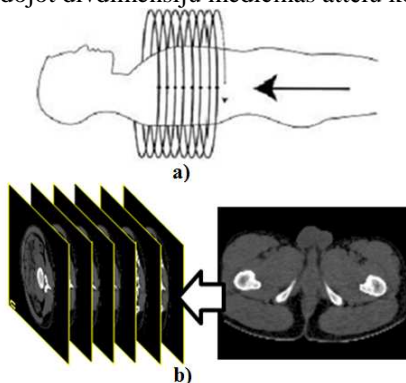
**Atslēgas vārdi:** medicīnas attēli, attēlu apstrāde, segmentācija, 3D vizualizēšana.

## I. IEVADS

Attēlu apstrāde un trīsdimensiju modeļa veidošana ir aktuāla tēma vairākās nozarēs. Piemēram, medicīna, kriminālistika, ģeoloģijā ir ļoti svarīgi izdalīt no attēla informatīvos apgabalus, kas ļauj turpmāk pieņemt lēmumu par attēla klasifikāciju. Tā, analizējot medicīnas attēlus, lai uzstādīt diagnozi, ir nepieciešama tikai daļa no attēla informācijas (patoloģijas zona). Sakarā ar to, ir nepieciešams izdalīt no oriģināliem attēliem apgabalus, kas ir visinformatīvākie un piemēroti klasifikācijas uzdevumiem.

No citas puses, šo apgabalu analīzei un klasifikācijai bieži nepietiek izmantot attēlu 2D reprezentāciju. 3D attēlu veidošana nodrošina plašākas iespējas apgabalu analīzei.

Šajā darbā attēlu apstrādes un 3D vizualizēšanas uzdevumi tiek apskatīti uz medicīnas attēlu piemēriem. Medicīnas attēli – tas ir vesela rinda attēlu, kas atspoguļo cilvēka ķermeņa bioloģiskos datus. Medicīnas attēli tiek uzņemti ar speciālās aparatūras palīdzību (datortomogrāfs, magnētiskās rezonanses tomogrāfs). Cilvēka ķermenis vai ķermeņa daļa tiek skenēta pa slāņiem, veidojot divdimensiju medicīnas attēlu kopu (1. att).



1. att. a) Cilvēka skenēšana pa slāņiem, b) iegūtie 2D medicīnas attēli

Medicīnas attēli, kas iegūti ar datortomogrāfijas (CT–Computer Tomography) vai magnētiskās rezonanses (MR–Magnetic Resonance) palīdzību tiek plaši izmantoti medicīnā pacientu diagnostikai. Šo attēlu apstrāde un 3D rekonstrukcija dod ārstiem papildus iespējas precīzās un savlaicīgās diagnozes uzstādīšanai.

Attēlu apstrāde ir komplicēta problēma biomedicīnas inženierijā, jo lielākā daļa no medicīnas attēliem atšķiras ar zemu kontrastu, sliktu kvalitāti, ģeometrisko un optisko raksturojumu daudzveidību un vispārējo attēlu sarežģītību. Tāpēc arī rodas grūtības analizējot dotos attēlus. Attēlus, kuri satur smadzeņu struktūras ir īpaši sarežģīti analizēt, bet to apstrāde var palīdzēt ārstiem atrast patoloģijas, precīzēt medicīnas diagnozi. Tāpēc attēlu analīzes drošumam un precizitātei tiek izvirzītas ļoti augstas prasības.

No vienas puses, eksistējošām medicīnas attēlu apstrādes metodēm (medicīnas attēlu kvalitātes uzlabošanai, segmentācijai, patoloģijas zonas izdalīšanai) vēl ir daudz neatrisinātu problēmu, tādu kā nekorekta segmentācija, nepietiekama 3D modeļu precizitāte un kvalitāte utt.

No otras puses, eksistējošās medicīnas attēlu apstrādes sistēmas ne vienmēr atbilst ārsta prasībām, tām ir būtiski ierobežojumi. Pirmkārt, medicīnas attēlu apstrādes sistēmas, kas domātas attēlu analīzei var būt uzstādītas tikai darbstacijās, kas savienotas ar skenējošo aparatūru. Tas nozīmē, ka piekļuve pie tādas sistēmas ir ierobežota – pētīt attēlus pie darbstacijas ne vienmēr ir iespējams, jo pacienta izskatīšanas laikā tā ir aizņemta, un iepriekšējo pacienta datu analīze nevar būt izpildāma. Otrkārt, pārējās medicīnas attēlu apstrādes sistēmas, kas tiek uzstādītas poliklīnikās, nesatur sevī rīkus attēlu analīzei, attēlus var tikai apskatīties. Tas savukārt ierobežo ārsta spēju analizēt attēlu.

Sakarā ar augstākminētiem ierobežojumiem rodas nepieciešamība piedāvāt jaunus risinājumus medicīnas attēlu apstrādē.

Dotā darba mērķi ir piedāvāt medicīnas attēlu apstrādes metodes, kas saistītas ar apgabala izvēli, to kontūra apstrādi un 3D rekonstrukciju, kā arī salīdzināt dažādas 3D modeļu veidošanas metodes.

Šī mērķa sasniegšanai nepieciešams risināt sekojošus uzdevumus:

- Piedāvāt metodi apgabala izvēlei un izvēlētajā apgabala kontūra apstrādei
- Izstrādāt medicīnas attēla vizualizēšanas metodi:
- Noteikt vizualizēšanas metožu priekšrocības un trūkumus

## II. PIEDĀVĀTĀS METODEDES

### A. Apgabala izvēle

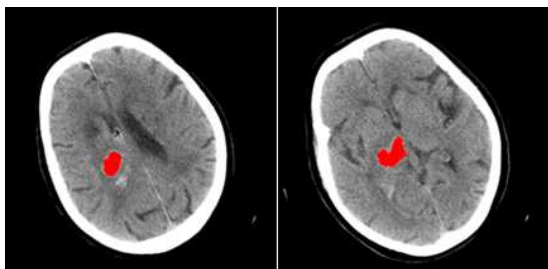
Pirmais solis 3D attēlu vizualizēšanā ir interesējošā apgabala izvēle. Tad seko izvēlēta apgabala kontūra apstrāde. Uz kontūras jāizvēlas kontrolpunkti, kas turpmāk būs lietoti 3D objekta modeļa veidošanai un vizualizācijai.

Apgabala izvēlei tiek piedāvāts interaktīvais algoritms, kas balstās uz eksistējošā apgabala pieaugšanas algoritmu [1]. Šajā gadījumā algoritma ievaddati ir izvēlētais uz attēla pikselis  $p$ , apkārt kuram lietotājs grib veidot izvēles apgabalu un vielu blīvuma diapazons  $D_i$ . Pats algoritms ir eksistējošā apgabalu pieaugšanas algoritma variācija, kur tuvības mēru aizstāj ar pikseļa piederību noteiktām robežām.

#### Apgabala izvēles algoritms:

1. Izvēlēties punktu  $p$ , kuru izmantos kā „sākotnējo pikseli” (seed pixel) lai varētu aizpildīt saistītu reģionu un nepieciešamo vielu blīvuma diapazonu  $D_i$ .
2. Vispirms apskata pikseli  $q$ , kas ir pikseļa  $p$  tuvākais kaimiņš, ja pikseļa blīvums pieder diapazonam  $D_i$ , tad pieskaita pikseli  $q$  pikseļa  $p$  reģionam un pikseļa kaimiņi tiek pievienoti sarakstam  $S$ .
3. Apskatīt nākamo pikseli  $p$  sarakstā  $S$ , atkārtot 2. soli.
4. Ja pikselis  $q$  tika piešķirts reģionam  $p$ , tad pikseļa  $q$  kaimiņus var pievienot sarakstam  $S$ , rekursīvi atkārtotot soļus 2 un 3. Algoritms apstājas kad visi pikseļi sarakstā tiek izskatīti.

Piedāvātā algoritma rezultāti ir attēloti 2. attēlā.



2. att. Apgabala izvēle

### B. Kontrolpunktu iegūšana

Tālāk ir nepieciešams apstrādāt izvēlēto apgabala kontūru, un atrast uz šī kontūra kontrolpunktus, kas būs turpmāk izmantoti 3D modeļa veidošanā. Darbā tiek piedāvāts kontūra apstrādes algoritms, kas izvēlās uz kontūra kontrolpunktus turpmākai apstrādei. Vissarežģītākie kontūra veidi ir kontūri ar dobumiem vai ieliekumiem. Eksistējošiem algoritmiem, tādiem kā aktīviem kontūriem [2] ir problēmas tādu ieliekumu aprakstīšanā. Kvadrātiskās sekošanas algoritms [3] spēj aprakstīt ieliekumus, bet tā rezultāts ir pārmērīgs kontrolpunktu skaits. Piedāvātā algoritma priekšrocība ir tāda, ka tas atrod minimālo nepieciešamo kontrolpunktu

skaitu, ar kuras palīdzību var precīzi interpolēt kontūru. Algoritma ievaddati ir uz tomogrāfijas attēla izvēlēts apgabals.

#### Kontūra apstrādes algoritms:

1. Uz kontūra tiek izvēlēti punkti, kas kalpo par sākotnējā adaptīvā kontūra punktiem. Šim nolūkam tiek izmantots sekojošs algoritms:

- 1.1. Tiek atrasts punkts  $P_c = (x_c, y_c)$ , kas atrodas kontūrlīnijas iekšējā pusē. Vairākos gadījumos par tādu var kalpot kontūra punktu smagumcentrs:

$$P_c = \frac{\sum_{i=0}^N P_i}{N}, \quad (1)$$

kur  $P_i$  – kontūra  $i$ -tais punkts,  $N$  – kopējais punktu skaits kontūrā;

- 1.2. No punkta  $P_c$  pulksteņrādītāj virzienā tiek vilktas  $M$  taisnes tā lai leņķis starp tām būtu vienāds ar  $360/M^\circ$ .

2. Starp punktiem tiek novilkta nogriežņi, kas kalpo par adaptīvā kontūra robežām. Katrs punkts uz šī nogriežņa tiek definēts kā:

$$y_i = y_1 + \frac{(y_2 - y_1)(x_1 - x_i)}{x_2 - x_1}, \quad (2)$$

kur  $x_1, y_1, x_2, y_2$  nogriežņa sākuma un gala punkti,  $x_i, y_i$  – nogriežņa  $i$ -tais punkts

3. Katram nogriežnim adaptīvā kontūrā:

- 3.1. Atkarībā no nogriežņa starp  $i$ -to un  $j$ -to punktiem garuma  $d_{ij}$  noteikt adaptīvo sliekšni  $T$ , tādā veidā lai  $T$  būtu mazāks, ja nogriežņa garums ir neliels un lielāks pretējā gadījumā:

$$T = \frac{T_0}{d_0} \cdot d_{ij}, \quad (3)$$

kur  $T_0$  – uzdotais sliekšnis konkrētajam nogriežņa garumam,  $d_0$  – nogriežņa garums, kuram atbilst  $T_0$ .

- 3.2. No nogriežņa katra punkta iezīmēt perpendikulāru vektoru kas virzīts ārpus adaptīvā kontūra. Kad vektors sasniedz oriģinālā kontūra robežu, noteikt attālumu  $D_i$  starp nogriežni un atrasto robežas punktu:

$$D_i = \sqrt{(x_h - x_i)^2 + (y_h - y_i)^2}, \quad (4)$$

kur  $x_h, y_h$  – nogriežņa punkts,  $x_i, y_i$  – robežas punkts.

- 3.3. Atrast robežas punktu  $(x_b, y_b)$  kas atrodas vistālāk no nogriežņa, ja  $D_i > T$ , tad pieskaitīt robežas punktu  $(x_b, y_b)$  adaptīvajam kontūram.

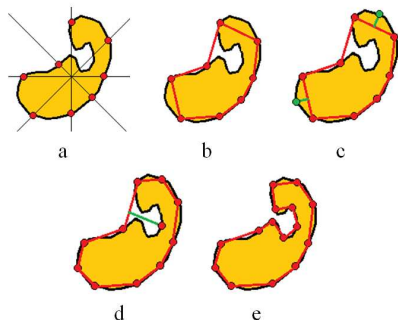
- 3.4. Pārziņmēt adaptīvo kontūru.

- 3.5. Atkārtot 3.1-3.4, kamēr vairs neviens punkts nevar būt pieskaitīts adaptīvai robežai.

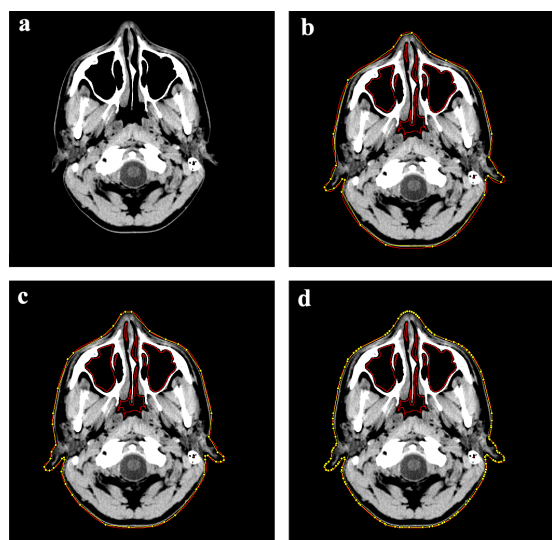
4. Katram nogriežnim adaptīvā kontūrā:

- 4.1. Atkarībā no nogriežņa garuma noteikt adaptīvo sliekšni  $T$ , tādā veidā lai  $T$  būtu mazāks, ja nogriežņa garums ir neliels un lielāks pretējā gadījumā (3).
  - 4.2. No nogriežņa katra punkta iezīmēt perpendikulāru vektoru kas virzīts iekšpus adaptīvā kontūra. Kad vektors sasniedz oriģinālā kontūra robežu, noteikt attālumu starp nogriezni un atrasto robežas punktu (4).
  - 4.3. Atrast robežas punktu  $(x_i, y_i)$  kas atrodas vistālāk no nogriežņa, ja  $D_i > T$ , tad pieskaitīt robežas punktu  $(x_i, y_i)$  adaptīvajam kontūram.
  - 4.4. Pārzīmēt adaptīvo kontūru.
  - 4.5. Atkārtot 3.1-3.3, kamēr vairs neviens punkts nevar būt pieskaitīts adaptīvai robežai.
5. Atkārtot 3-4, kamēr vairs neviens punkts nevar būt pieskaitīts adaptīvai robežai.

3. attēlā var redzēt algoritma darbību, bet 4. attēls parāda algoritma rezultātu pie dažādām adaptīvā sliekšņa  $T_0$  vērtībām.



3. att. a) sākotnējo adaptīvo kontūra punkta izvēle, b) sākotnējais adaptīvais kontūrs, c) kontūra pieaugšana, rezultāts pēc pirmā etapa, d) kontūra pieaugšana, rezultāts pēc otrā etapa, e) gala rezultāts



4. att. a) Sākotnējais attēls, b) atrastie kontrolpunkti pie sliekšņa  $T_0=5$ , c) kontrolpunkti pie sliekšņa  $T_0=3$ , d) kontrolpunkti pie sliekšņa  $T_0=1$ .

### C. 3D modeļa veidošana

Eksistē vairāki paņēmieni 3D modeļu veidošanā:

- Analītiskais modelis.
- Poligonālais modelis.
- Vokseļu modelis.

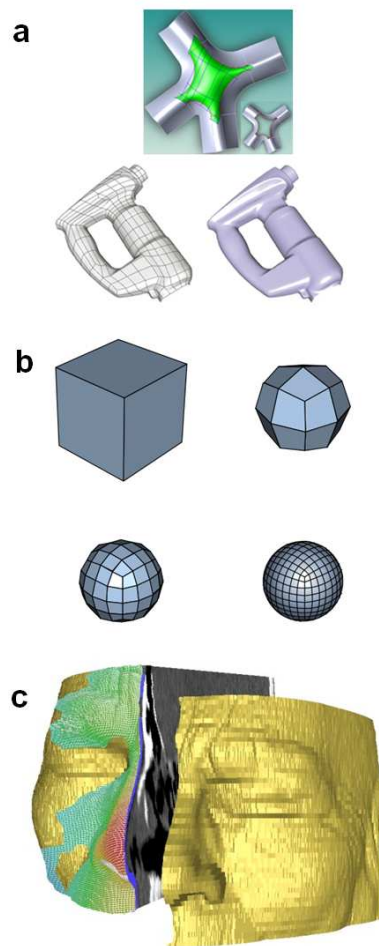
Modeļu piemērus var redzēt 5. attēlā.

Analītiskais modelis ir virsmas aprakstīšana ar matemātiskajām formulām. Analītiskais modelis ir piemērots vairākām virsmas analīzes operācijām. Tās priekšrocības ir samērā neliels informācijas apjoms ļoti sarežģītām virsmām. No trūkumiem var minēt formulu sarežģītību, laika un datorresursu liela apjoma nepieciešamība.

Poligonālajā modelī virsmu veido poligons. Viens poligons var aprakstīt 3D objekta skaldni. Vairākas skaldnes kopā veido telpisko objektu.

Vokseļu modelis ir trīsdimensiju rastrs. Līdzīgi pikseļiem, kas veido uz plaknes 2D attēlus, vokseļi (ang., voxel – *volume element*) veido objektus trīsdimensiju telpā.

Dotajā darbā tiek apskatīti 2 modeļu veidošanas paņēmieni: poligonālais modelis un vokseļu modelis.



5. att. a) Analītiskais modelis, b) poligonālais modelis, c) vokseļu modelis

**Poligonālais modelis.** Lai sekmīgi izveidot poligonālo modeli no trīsdimensiju punktu kopas, ir nepieciešams savienot iegūtos kontrolpunktus, veidojot poligonālo režģi. Šīm

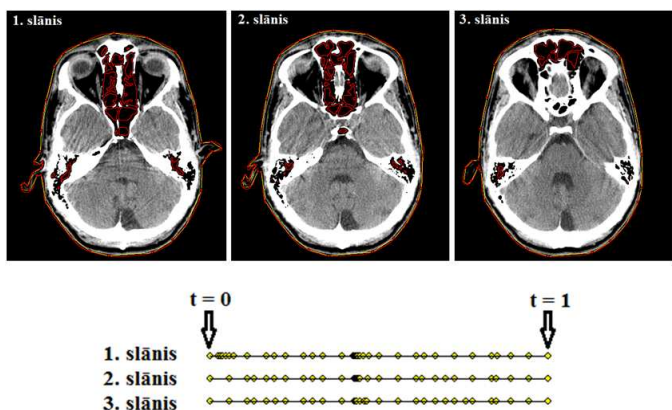
nolūkam ir nepieciešams veikt punktu triangulāciju, jeb kontrolpunktu savienošanu trijstūru poligonos, kas veidos virsmu. Šim nolūkam tiek izstrādāts algoritms, kas veic iegūto kontrolpunktu sadalīšanu trijstūru poligonos.

Piedāvātajā triangulācijas algoritmā tiek izmantots 2D kontrolpunktu izkārtojums. Šajā gadījumā katram  $s_i$  slānim ir  $N$  punktu  $p_{i,j}$ . Pirmkārt, visiem katrā slāņa kontūra kontrolpunktiem tiek piešķirts parametrs  $t_{ij}$ , izvēlētajā sākotnējā punktā  $p_{i,0}$  tas ir vienāds ar 0. Tad, algoritms secīgi iziet cauri visiem punktiem  $p_{i,j}$  kontūrā pulksteņrādītāja virzienam un katram nākošajam punktam piešķir  $t_{ij}$  vērtību (sk. 6. att.):

$$t_{i,j} = \frac{d_i}{P}, \quad (5)$$

kur  $d_i$  – ir perimetra garums no punkta  $p_{i,j}$  līdz punktam  $p_{i,0}$ ,  $P$  – kontūra perimetrs.

Rezultātā, katram punktam  $p_{i,j}$  ir savs parametrs  $t_{ij}$  no 0 līdz 1 (sk. 6. att.).



6. att. Kontrolpunktu izkārtojums 2D telpā un parametra  $t$  piešķiršana

#### Triangulācijas algoritms:

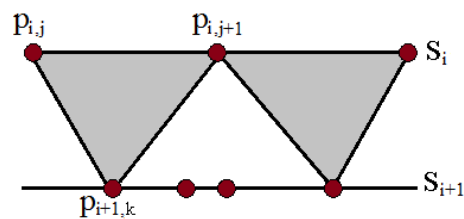
Triangulācijas algoritms apstrādā iegūtos divdimensiju datus secīgi, pēc kārtas apskatot katrus 2 tuvākos slāņus. Kaimiņ slāņus algoritms apstrādā 2 posmos:

1. Slānis  $s_i$  tiek pieņemts kā trijstūru skaldņu pamata slāni, t.i. slāni  $s_i$  tiks paņemti 2 virsotnes, slāni  $s_{i+1}$  tik meklēta papildus virsotne skaldnē.

1.1. Kā pamats trijstūra skaldnē secīgi tiek paņemti slāņa  $s_i$  kaimiņ punkti, veidojot sekojošus pārus:  $(p_{i,0}, p_{i,1}), \dots, (p_{i,j}, p_{i,j+1}), \dots, (p_{i,N-1}, p_{i,N})$ .

1.2. Katram virsotņu pārim tiek meklēta trešā virsotne (sk. 7. att.), ar tādu nosacījumu, ka nākamā slāņa punkta  $p_{i+1,k}$  parametram  $t_{i+1,k}$  minimāli jāatšķiras no virsotņu pāra vidējās parametra vērtības:

$$\left| \frac{t_{i,j} + t_{i,j+1}}{2} - t_{i+1,k} \right| \rightarrow \min \quad (6)$$

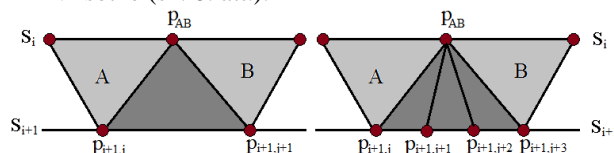


7.att. Trešās virsotnes meklēšana

2. Otrajā posmā tiek realizēta trūkstošo saišu atrašana:

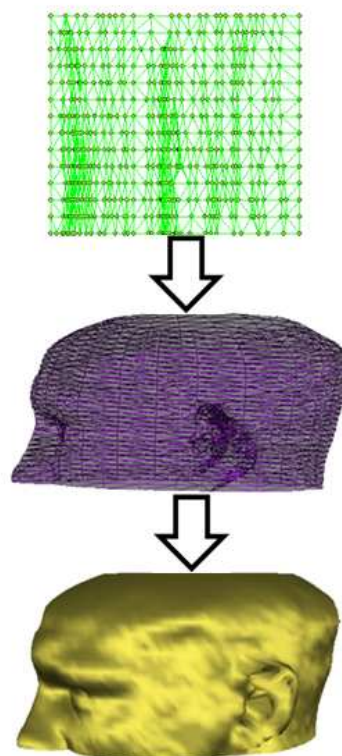
2.1. Kā pamats trijstūra skaldnei secīgi tiek paņemti slāņa  $s_{i+1}$  kaimiņ punkti, veidojot sekojošus pārus:  $(p_{i+1,0}, p_{i+1,1}), \dots, (p_{i+1,j}, p_{i+1,j+1}), \dots, (p_{i+1,N-1}, p_{i+1,N})$ .

2.2. Katram virsotņu pārim tiek meklēta trešā virsotne slāni  $s_i$ . Dotajam kontrolpunktu pārim slāni  $s_{i+1}$ , tiek atrasti divi eksistējošie, blakus esošie trijstūra poligoni  $A$  un  $B$ . Apskatāmie kontrolpunkti var kalpot par šī poligona virsotnēm, vai arī var nebūt iekļauti nevienā no tiem. Tālāk, virsotne  $p_{AB}$ , kas ir kopēja trijstūriem  $A$  un  $B$  tiek pieskaitīta kā trešā virsotne (sk. 8. att.).



8. att. Trešās virsotnes meklēšana

Iegūto tādā veidā poligonālo režģi turpmāk var izmantot, lai attēlot poligonālo modeli 3D telpā (sk. 9. att.).

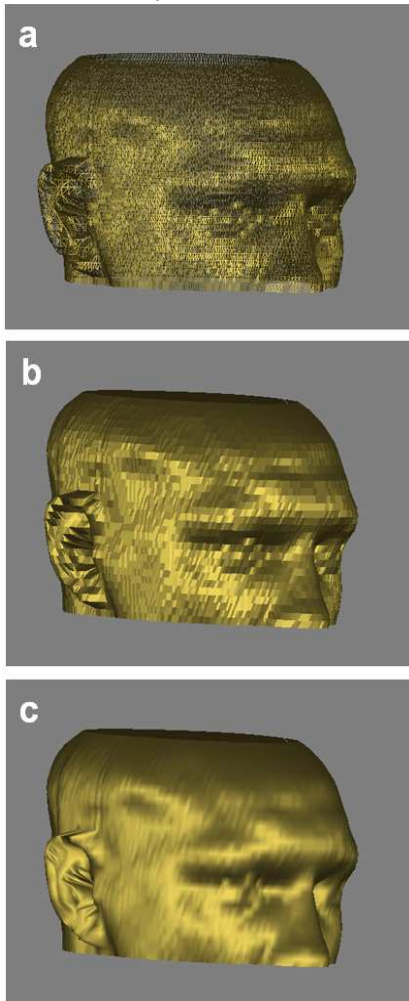


9. att. Triangulācijas rezultāta attēlošana 3D telpā

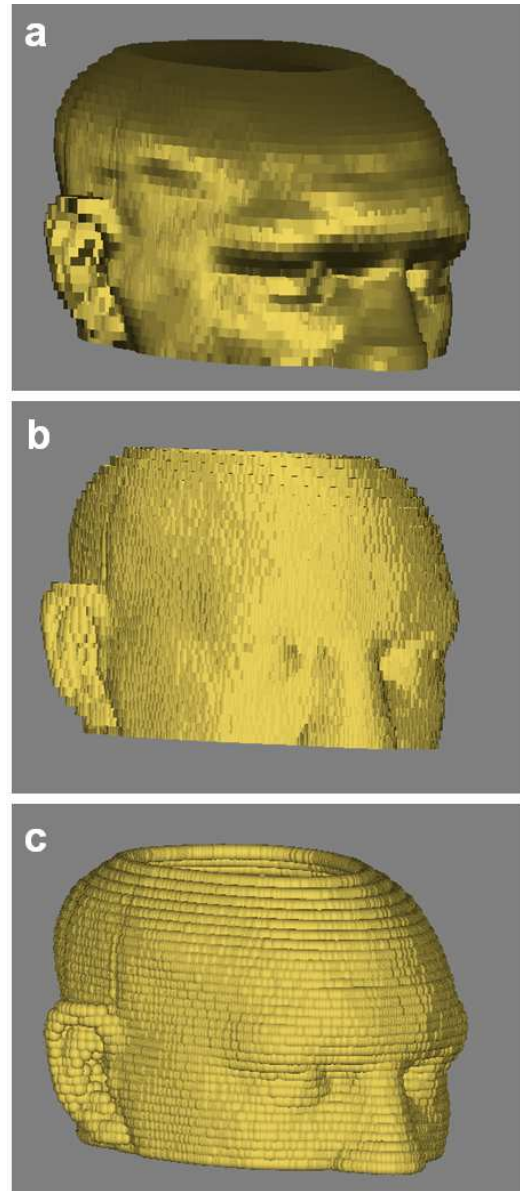
**Vokseļu modelis.** Vokseļu modeļa vizualizēšanā katrs kontrolpunkts tiek izvadīts 3D telpā kā atsevišķs elements (kubs, sfēra, cilindrs utt.). Tādēļ, lai veidot 3D vokseļu modeli, nav nepieciešami speciālie algoritmi, kas veido 3D virsmu. Katrs kontrolpunkts var būt izvadīts kā atsevišķs elements, un kontrolpunktu kopa veidos virsmu.

### III. EKSPERIMENTI

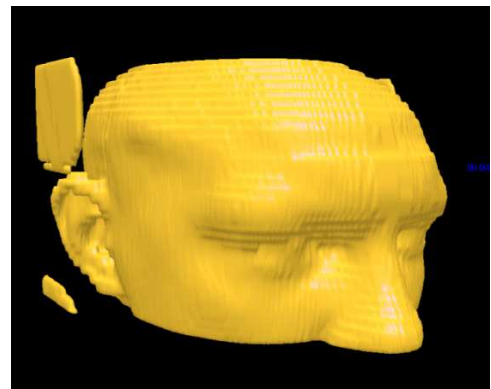
Eksperimentālā daļā tiek veidoti dažādi 3D modeļi – poligonālais un vokseļu modelis, kā arī tie tiek salīdzināti ar 3D-Doctor programmatūru, kas domāta medicīnas attēlu 3D vizualizēšanai. 10., 11. un 12. attēlos ir parādīti dažādi 3D modeļi. Respektīvi, tie ir poligonālie, vokseļu un 3D-Doctor programmā veidotie modeļi.



10. att. a) Poligonālā modeļa karkass, b) poligonālais modelis bez nogludinājuma, c) poligonālais modelis ar nogludinājumu



11. att. a) Vokseļu modelis (punktveida vokselis), b) vokseļu modelis (cilindriskis vokselis), c) vokseļu modelis (sfēriskis vokselis)



12. att. 3D-Doctor programmā veidots modelis

#### IV. SECINĀJUMI

Pēc eksperimentu rezultātiem var secināt par sekojošiem dažādu 3D modeļu priekšrocībām un trūkumiem:

##### Poligonālais modelis:

- + Ātrdarbīgā vizualizēšana
- + Virsma ir gluda un vienmērīga
- Rezultāts ir atkarīgs no triangulācijas algoritma, virsmā var būt redzami kropļojumi
- Nav iespējams attēlot objektus, kuriem ir vairāk par vienu segmentu slānī, jo nav zināms, kā savienot kontrolpunktus, kas pieder dažādiem segmentiem

##### Vokseļu modelis:

- + Spēj vizualizēt objektus, kuriem ir vairāk nekā viens segments slānī, jo starpslāņu saites nav svarīgas
- + Modeļa virsmā nav kropļojumu, kas pastāv poligonālā modelī
- Vokseļu vizualizēšana pieprasa vairāk datorresursu, jo nepieciešams attēlot vairāk sarežģītu objektu (sfēru, cilindru utt.)
- Virsma nav tik gluda, ir redzams katrs virsmas elements (vokselis)

**3D-Doctor programmas modelis** ir vokseļu un poligonālā modeļa apvienojums, kas balstās uz kubiskas vokseļu formas:

- + Vizualizēšanas ātrdarbīgums
- + Nav virsmas izkropļojumu
- Izteikts “kāpņu efekts”, virsma ir nevienmērīga
- Lieki elementi, kas nepieder medicīnas objektam

Ir redzams, ka kvalitatīvu rezultātu var sasniegt, apvienojot poligonālo un vokseļu modeļa īpašības, taču ir svarīga sākotnēja vokseļu forma, uz kuras pamata tiks veidots poligonālais modelis. 3D-Doctor programmas modelis guvis savus trūkumus sakarā ar kubisko vokseļa formu.

Eksperimentāli izpētīt dažādas vokseļu formas, var secināt, ka sfēriskai vokseļu formai nav pamanāms izteikts “kāpņu efekts” un tieši šo vokseļu formu var izmantot, realizējot

medicīnas objekta 3D vizualizēšanu. Turpmākos pētījumus 3D modeļa izveidē jāsaista ar vokseļa modeļa un poligonālā modeļa apvienošanu, izmantojot sfērisku vokseļa formu.

#### ATSAUCES

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā «Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai».

#### LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] K. Krechetova, A. Glazs. *Contour Extraction and Processing in CT Images*. Biomedical Engineering. Proceedings of International Conference, 13th Annual Int. Biomed. Engineering Conf., Kaunas, Lithuania, 2009.
- [2] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos. *Snakes: active contour models*. International Journal of Computer Vision, 1987, 259–268. pp
- [3] W. K. Pratt, *Digital Image Processing 4th Edition*, John Wiley & Sons, Inc., Los Altos, California, 2007

**Katrina Bolochko** was born in Riga, Latvia, on June 4th, 1985. She is an assistant in Riga Technical University, Faculty of Computer Science and Information Technology, Institute of Computer Control, Automation and Computer Engineering, Image Processing and Computer Graphics professor's group.

She received the degree of B.sc.ing (2005) and M.sc.ing (2007) in Riga Technical University, Riga, Latvia.

Her research interests include computer graphics, image processing, 3D visualization.

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

E-Mail: katrina.bolocko@rtu.lv

**Aleksandrs Glazs** was born in Riga, Latvia, on April 7, 1939. He is a professor at Riga Technical University, Faculty of Computer Science and Information Technology, Vice-Director of Institute of Computer Control, Automation and Computer Engineering, Head of Image Processing and Computer Graphics professor's group.

He received the degree of Candidate of Technical Sciences in the Riga Polytechnic Institute on 1971 and the degree of Doctor of Technical Sciences (Dr.habil.sc.ing.) in the Russian Academy of Science in Moscow on 1992.

He has more than 100 scientific publications in different areas: pattern recognition, images processing, computer vision and computer graphics.

A. Glazs is a full member of the Baltic Informatization Academy

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

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

#### **Katrina Bolochko, Aleksandrs Glazs. 3D model construction based on contours in medical images**

Medical images, acquired with Computer Tomography or Magnetic Resonance Imaging are widely used for medical diagnostics. The processing and 3D reconstruction of such images offers physicians more possibilities for accurate and timely diagnosis. The goals of this work is to propose medical image processing methods that are connected with image segmentation, region selection, selected regions contour processing and 3D reconstruction, as well as to evaluate various 3D model construction methods. For region selection an algorithm, based on the existing region-growing segmentation algorithm described in [1] is proposed. For acquiring of control points a contour processing algorithm is proposed that selects control points on the contour of a given region. For 3D reconstruction voxel-based and polygonal-based models were chosen. For the creation of the polygonal model a triangulation algorithm is proposed, which combines acquired control points in triangle-shaped polygons, creating a mesh. The created voxel and polygonal models are then evaluated and compared to a model obtained in 3D imaging software 3D-Doctor. Based on the experimental results, conclusions are made about positive and negative features of each of the 3D models. Best results are obtained by combining the polygonal and voxel models, although the quality of the obtained surface is dependant on the initial voxel form. As seen from experiments, the only voxel form free of aliasing effect is the sphere. Acquired results can be used to develop a new 3D visualization method that would not have the reviewed methods negative aspects.

#### **Катрина Болочко, Александр Глаз. Конструирование трехмерной модели медицинских объектов по контурам**

Медицинские изображения, полученные с помощью компьютерной томографии или магнитного резонанса, широко применяются в диагностике. Обработка медицинских изображений и конструирование 3D моделей медицинских объектов открывает врачам дополнительные возможности для точного и своевременного диагноза. Цели данной работы – предложить методы обработки медицинских изображений, связанные с выбором интересующей области, нахождения контрольных точек и последующей 3D визуализацией медицинского объекта, а также сравнение методов 3D конструирования. Для выбора области предлагается алгоритм, основывающийся на существующем алгоритме сегментации, описанном в [1]. Для получения контрольных точек предлагается алгоритм обработки контура выбранной области. Для 3D конструирования выбраны два типа модели – полигональная и воксельная. Для создания полигональной модели предлагается алгоритм триангуляции. Созданные полигональные и воксельные модели были сравнены с моделью, полученной в программе 3D-Doctor. Был проведен сравнительный анализ полученных геометрических моделей и выявлены их преимущества и недостатки. Наилучшие результаты дает модель, комбинирующая воксельную и полигональную модели, однако качество поверхности зависит от исходной формы вокселя. Как видно из результатов экспериментов – единственная форма вокселя, не имеющая эффект «ступенек» – это сфера. Полученные результаты могут быть использованы для создания трехмерной модели, не имеющей недостатков рассмотренных моделей.