

# Analītiskās interpolācijas 3D modeļa izveide, balstoties uz nevienmērīgiem ieejas datiem

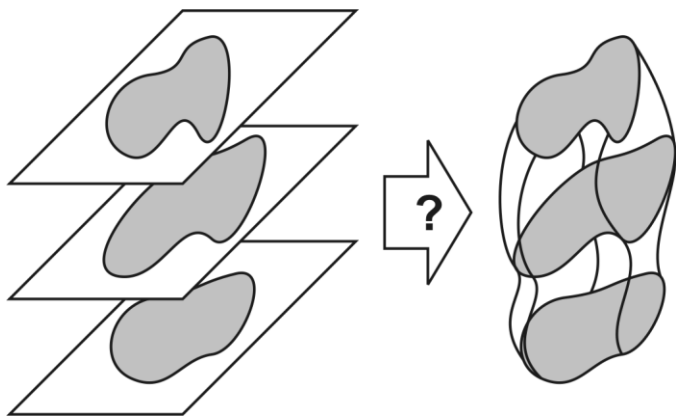
Aleksandrs Sisojevs<sup>1</sup>, Aleksandrs Glazs<sup>2</sup>, <sup>1,2</sup>Rīga Tehniskā universitāte

**Kopsavilkums.** Reāla objekta trīsdimensiju modeļa izveide ir aktuāla tēma vairākās nozarēs. Visefektīvākā pieeja ir reāla objektu virsmas modeļa izveide analītiskā veidā (ar parametriskām brīvas formas virsmām). Darbā tiek aprakstīta jauna pieeja, ar kuras palīdzību var izveidot objekta modeli, balstoties uz nevienmērīgiem ieejas datiem. Virsmas izveide tika realizēta, izmantojot interpolācijas pieeju ar parametriskām līknēm divos parametriskos virzienos. Piedāvātā pieeja dod labu rezultātu no iegūtā modeļa kvalitātes viedokļa. Par to liecina iegūtie rezultāti darba eksperimentālajā daļā.

**Atslēgas vārdi:** ģeometriskā interpolācija, modelēšana, parametriska virsma.

## I. IEVADS

Reāla objekta trīsdimensiju modeļa izveide ir aktuāla tēma vairākās nozarēs, piemēram, medicīnā, kriminālistikā, ģeoloģijā, radioloģijā, ģeodēzijā un kartogrāfijā, kur ir ļoti svarīgi no 2D attēla kopas izdalīt informatīvos apgabalus, kas ļauj izveidot nepieciešamā objekta 3D modeli. Šāds uzdevums tika atspoguļots 1.att.



1. att. Objekta 3D modeļa izveide pēc 2D ieejas datiem.

Sakarā ar to rodas nepieciešamība sadalīt iepriekšminēto uzdevumu uz diviem apakšuzdevumiem:

- Izdalīt no ieejas datiem visinformatīvākos un piemērotākos datus 3D modelēšanas uzdevumiem;
- Izveidot objekta 3D modeli pēc iepriekšējā punkta iegūtajiem rezultātiem.

Darbā ir piedāvāta jauna pieeja reāla objekta 3D modeļa izveidei, balstoties uz ieejas datiem, kuri savukārt iegūti no 2D datu kopas.

Pirmais mēģinājums izveidot 3D modeli analītiskā veidā pēc 2D datiem darbā bija veikts [1]. Galvenais ierobežojums šāda veida darbā saistīts ar to, ka izdalītajiem ieejas datiem 3D

modelēšanai jābūt aprakstītiem topoloģiski ortogonālā struktūrā (katrā slānī izdalīto kontrolpunktu skaits ir vienāds). Šis ierobežojums ievērojami samazina kontrolpunktu izdalīšanas algoritma (kā arī iegūtā 3D modeļa) efektivitāti un korektu gala rezultātu.

Ievērojama attīstība kontrolpunktu izvēlei un objekta adaptīvas kontūras izveidei tika veikta darbā [2]. Šajā gadījumā algoritma darbā rezultāti ir topoloģiski neortogonāla izdalīto kontrolpunktu datu struktūra – kontrolpunktu skaits katrā slānī nav vienāds. Algoritmā [2] eksistē tāds būtisks ierobežojums, ka iegūto kontrolpunktu masīvu nav iespējams izmantot analītiskā 3D modeļa izveidei.

Balstoties uz darbā [2] iegūtajiem rezultātiem, darbos [3] un [4] tika piedāvāta 3D modeļa izveides pieeja poligonālā veidā. Iegūtā modeļa galvenie trūkumi ir šādi: modelis lineāri interpolē objekta formu starp slāņiem, kas nekorekti apraksta objekta formu starp slāņiem, un otrkārt – poligonālo modeli diezgan sarežģīti izmantot objekta ģeometriskās analīzes uzdevumos (piem., to tilpuma noteikšana).

Pieeja uz topoloģiski neortogonāliem ieejas datiem, lai izveidotu 3D modeli analītiskā veidā, kas balstīts uz reālo objektu piemēriem, tika piedāvāta darbā [5]. Šī darba ietvaros tika piedāvāta algoritma modifikācija no darba [2] (3D modelēšanas uzdevumiem analītiskā veidā) un objekta virsmas modelēšanas pieeja, kas balstās uz virsmas izveidi ar aproksimācijas parametriskām līknēm. Iegūto rezultātu galvenais trūkums – ka reāla objekta korektas formas virsmas izveidei nepieciešams diezgan liels kontrolpunktu skaits, jo vispārīgā gadījumā rezultējošā virsma neiet cauri visiem kontrolpunktiem.

Šajā darbā tiek piedāvāta jauna pieeja reālo objektu 3D ģeometriskā modeļa izveidei, balstoties uz nevienmērīgiem ieejas datiem. Piedāvātā pieeja sastāv no divām daļām: kontrolpunktu parametru izmaiņas (darba [5] modifikācija) un 3D virsmas izveides, balstoties uz interpolācijas pieeju ar parametriskām līknēm.

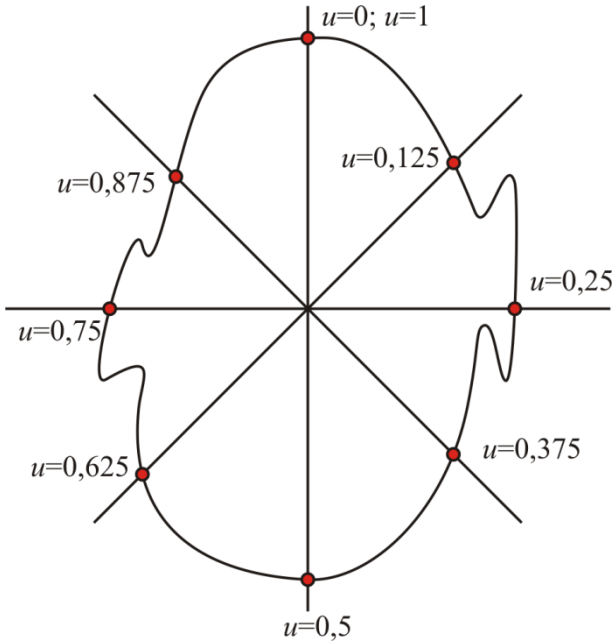
## II. KONTROLPUNKTU PARAMETRU REDIGĒŠANA

Kontrolpunktu parametru izskaitļošana cieši saistīta ar adaptīvo kontūras izveidi. Šī metode aprakstīta darbā [2], un šīs metodes izmantošana 3D modelēšanā aprakstīta darbā [5]. Pirmais solis ir staru izveide no kontūra smaguma centra un krustošanās punktu meklēšana (balsta punkti). Parametru vērtība krustošanās punktos ir jāizvēlas vienmērīgi. Šī situācija ir ilustrēta 2.att. Staru skaitu var izvēlēties brīvi (3 un vairāk). Vienīgā prasība ir šāda: stars var krustoties ar kontūru tikai vienu reizi. Ņemot vērā, ka parametru diapazons vienā

kontūra ir  $[0; 1]$ , tad parametru vērtību katrā krustošanās punktā var izskaitļot sekojošā veidā:

$$u_i = \frac{i}{N_1}. \quad (1)$$

kur:  $u_i$  – parametra  $u$  vērtība balsta punktos;  
 $N_1$  – staru skaits.



2. att. Parametra vērtības izvēle 1.solī.

Otrais solis ir piedāvātā modifikācija. Pieņemsim, ka adaptīvā kontūra ir sadalīta pa posmiem ar balsta punktiem. Ja posmā nav neviena stara, kurš krusto posmu vairākas reizes, tad jāpāriet pie trešā soļa. Pretējā gadījumā jāmeklē stara pieskares punktus, tā, kā tas ir parādīts 3.att. Pārskaitļojot kontrolpunktus Dekartā, koordinātas uz polāra koordinātām

$$(x_i \ y_i) \rightarrow (r_i \ \varphi_i). \quad (2)$$

pārliekuma punkta matemātiskais kritērijs izskatās sekojošā veidā:

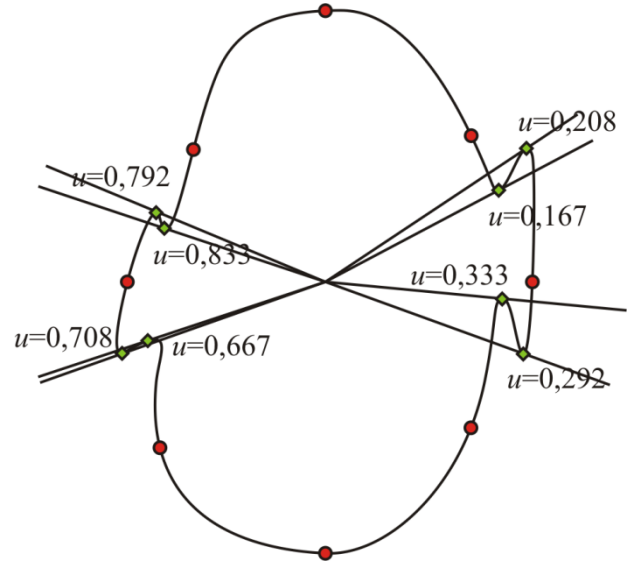
$$[\text{sgn}(\varphi_i - \varphi_{i-1}) \neq \text{sgn}(\varphi_{i+1} - \varphi_i)] = \text{True}. \quad (3)$$

Acīmredzams ir fakts, ka pārliekuma punktu skaits posmā ir para skaitlis. Parametra  $u$  vērtības pārliekuma punktos sadalās vienmērīgi un to var izskaitļot sekojošā veidā:

$$u_i = \frac{u_{\max} - u_{\min}}{N_2 + 1} \cdot i + u_{\min}. \quad (4)$$

kur:  $u_i$  – parametra  $u$  vērtība pārliekuma punktos;  
 $N_2$  – pārliekuma punktu skaits posmā;

$u_{\min}, u_{\max}$  – parametra  $u$  maksimālā un minimālā vērtība posmā



3. att. Parametra vērtības izvēle 2.solī.

Trešais solis ir ekvivalents kā darbā [5]. Eksistē tikai viena atšķirība: parametru sadalījums balstās uz pārliekuma punktiem. Šī punktu klase sadala adaptīvo kontūru pa tā posmiem. Katrā posmā parametra  $u$  vērtības izskaitļošana notika pēc apakšposmu garuma. Matemātiski to var izskaitļot sekojošā veidā:

$$u_i = (u_{\max} - u_{\min}) \cdot \frac{L_i}{L} + u_{\min}. \quad (5)$$

kur:  $u_i$  – parametra  $u$  vērtība pārliekuma punktos;  
 $u_{\min}, u_{\max}$  – parametra  $u$  maksimālā un minimālā vērtība posmā;  
 $L$  – apakšposma garumu summa posmā;  
 $L_i$  – pirmās  $i$  apakšposmas garumu summa posmā.

### III. 3D MODEĻA IZVEIDE

Kā bija rakstīts iepriekš, brīvo formu objektu vizualizēšanas problēma ir aktuāls uzdevums datorgrafikā. Šī uzdevuma risinājums ir svarīgs arī praktisko uzdevumu risināšanā. Piedāvātā metode, kura aprakstīta šajā apakšnodaļā, bāzējas uz parametriskas virsmas izveidi ar interpolācijas līknēm katrā parametriskā virzienā. Piedāvātā metode tiek aprobēta praktiskai pielietojšanai, piemēram, uz medicīnas objekta, bet metodi arī var izmantot dažādās sfērās (zinātnē, tehnikā, medicīnā utt.).

Apskatīsim gadījumu, kad ir nepieciešams izveidot objekta 3D matemātisko modeli, bet ir zināmi tikai kontrolpunkti uz objekta virsmas. Arī kontrolpunkti atbilst sekojošam nosacījumam:

1. 3D telpā kontrolpunkti tiek aprakstīti pa slāņiem;
2. Attālums starp slāņiem ir viendabīgs;

3. Kontrolpunktu secība katrā slānī ir iepriekš noteikta un veido slēgto kontūru;

4. Kontrolpunktu skaits katrā slānī nav vienāds;

5. Kontrolpunktu skaits katrā slānī ir diezgan liels.

Šajā gadījumā virsmai jāatbilst sekojošiem kritērijiem:

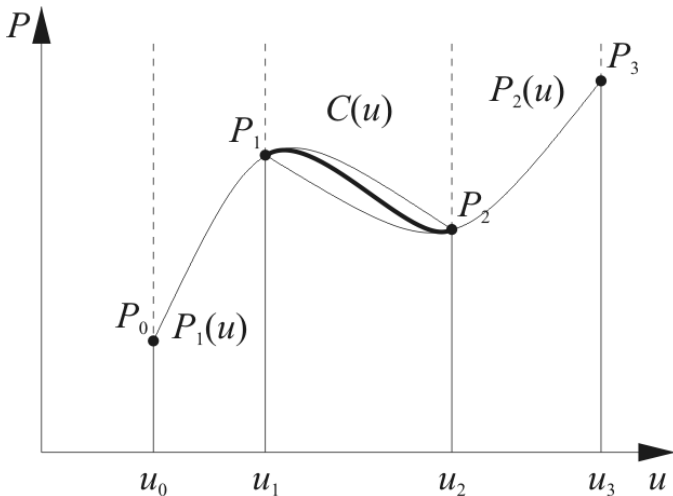
1. Virsmai jāiet cauri visiem kontrolpunktiem;

2. Virsmai jānodrošina objekta formas nogludināšana.

Ņemot vērā augstākminētos nosacījumus, rodas virsmas lokālas interpolācijas problēma. Šajā gadījumā ir acīmredzama nepieciešamība izveidot skulptūras virsmu, kur katrs elements interpolē objekta fragmentu starp blakus esošiem slāņiem.

Esošā darba ietvaros ir piedāvāta jauna metode lokālas virsmas interpolācijai. Metode parametriskas virsmas izveidei sastāv no diviem analoģiskiem soļiem: līkņu kopu izveide vienā parametriskā virzienā un virsmas izveide, balstoties uz iegūto līkņu kopu.

**Pirmais solis** - līkņu kopu izveide sastāv no līknes izveides uzdevuma katrā slānī. Metodes ideja ir līknes posmu interpolācija. Ieejas dati ir punktu  $P_i$  kopa ar atbilstošu parametra  $u_i$  vērtību katrā atbilstošā punktā. Katrā slānī parametrs  $u$  mainās diapazonā  $[0; 1]$ . Posma interpolācija tika uzdots ar četriem virknes punktiem un parametriskā līknē interpolējas posmā starp diviem centrālajiem punktiem. Šo metodi var nosaukt par parabolisku interpolāciju (skatīt 4. att.).



4. att. Paraboliskas interpolācijas ideja.

Ņemot vērā 4. att. dotos apzīmējumus, paraboliska interpolācija tiek aprakstīta sekojošā veidā:

$$C(u) = \frac{u - u_2}{u_1 - u_2} \cdot P_1(u) + \frac{u - u_1}{u_2 - u_1} \cdot P_2(u). \quad (6)$$

kur:  $C(u)$  – līknes posms intervālā  $[u_1; u_2]$ ;

$u_1, u_2$  – parametru vērtības kontrolpunktos;

$u$  – līknes parametrs.

Parabolisko funkciju  $P_i(u)$  var izskaitļot sekojošā veidā:

$$P_1(u) = a_1 \cdot u^2 + b_1 \cdot u + c_1. \quad (7)$$

un

$$P_2(u) = a_2 \cdot u^2 + b_2 \cdot u + c_2. \quad (8)$$

Parabolisku funkciju koeficientus jāizvēlas, lai nodrošinātu funkcijas iešanu cauri kontrolpunktiem. Šajā gadījumā, lai izskaitļotu parabolisku funkciju koeficientu vērtības, var izmantot to izskaitļošanas lineāro vienādojumu sistēmu:

$$\begin{bmatrix} u_0^2 & u_0 & 1 \\ u_1^2 & u_1 & 1 \\ u_2^2 & u_2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

un

$$\begin{bmatrix} u_1^2 & u_1 & 1 \\ u_2^2 & u_2 & 1 \\ u_3^2 & u_3 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_2 \\ b_2 \\ c_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Lai atrastu sakņu vērtības sistēmās (9) un (10), var izmantot dažas matemātiskas pieejas. Ņemot vērā sistēmu izmēru, esošajā darbā bija izvēlēta inversās matricas metode. Šajā gadījumā parabolisku funkciju koeficientus var izskaitļot sekojošā veidā:

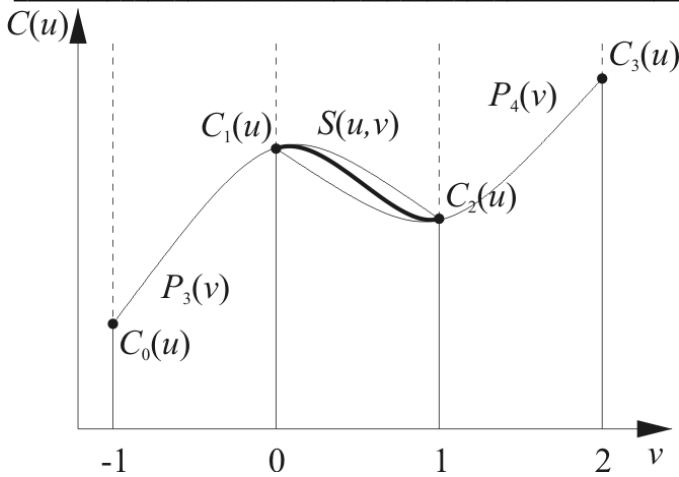
$$\begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_0^2 & u_0 & 1 \\ u_1^2 & u_1 & 1 \\ u_2^2 & u_2 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

un

$$\begin{bmatrix} a_2 \\ b_2 \\ c_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_1^2 & u_1 & 1 \\ u_2^2 & u_2 & 1 \\ u_3^2 & u_3 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{bmatrix}. \quad (12)$$

**Pirmā soļa** darba rezultāts ir līkņu kopa, katra līkne apraksta katra slāņa kontūru.

**Otrais solis** ir virsmas izveide, izmantojot līknes izveidi otrā, parametriskā virzienā, par ieejas datiem izmantojot pirmajā solī iegūto līknes kopu. Šāda metode ir analoģiska pirmajam solim. Ņemot vērā, ka attālums starp slāņiem ir vienāds, ir iespējams pieņemt v parametra vērtības vienmērīgi, lai diapazons starp diviem centrālajiem punktiem būtu vienāds  $[0; 1]$  (skatīt 5. att.).



5. att. Paraboliskas interpolācijas ideja pie  $u=const$ .

Ņemot vērā 5.att. apzīmējumus, paraboliskā interpolācija aprakstīta sekojošā veidā:

$$S(u,v) = (1-v) \cdot P_3(v) + v \cdot P_4(v). \quad (13)$$

kur:  $S(u,v)$  – rezultējošā virsma;  
 $v$  – virsmas otrais parametrs.

Paraboliskas funkcijas  $P_i(u)$  var izskaitļot sekojošā veidā:

$$P_3(v) = a_3 \cdot v^2 + b_3 \cdot v + c_3. \quad (14)$$

un

$$P_4(v) = a_4 \cdot v^2 + b_4 \cdot v + c_4. \quad (15)$$

Parabolisku funkciju koeficientus jāizvēlas, lai nodrošinātu funkcijas iešanu cauri kontrolpunktiem. Šajā gadījumā, lai izskaitļotu parabolisku funkciju koeficientu vērtības, var izmantot to izskaitļošanas lineāro vienādojumu sistēmu. Ņemot vērā parametra  $v$  viendabīgo sadalījumu, to var aprakstīt ar sekojošu lineāru vienādojumu sistēmu:

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_3 \\ b_3 \\ c_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_0(u) \\ C_1(u) \\ C_2(u) \end{bmatrix}. \quad (16)$$

un

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_4 \\ b_4 \\ c_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1(u) \\ C_2(u) \\ C_3(u) \end{bmatrix}. \quad (17)$$

Lai atrastu sakņu vērtības sistēmās (16) un (17), var izmantot dažas matemātiskas pieejas. Ņemot vērā sistēmu izmēru, esošajā darbā bija izvēlēta inversās matricas metode. Šajā gadījumā parabolisku funkciju koeficientus var izskaitļot sekojošā veidā:

$$\begin{bmatrix} a_3 \\ b_3 \\ c_3 \end{bmatrix} = -\frac{1}{2} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -2 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} C_0(u) \\ C_1(u) \\ C_2(u) \end{bmatrix}. \quad (18)$$

un

$$\begin{bmatrix} a_4 \\ b_4 \\ c_4 \end{bmatrix} = -\frac{1}{2} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 3 & -4 & 1 \\ -2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} C_1(u) \\ C_2(u) \\ C_3(u) \end{bmatrix}. \quad (19)$$

Otra soļa darba rezultāts ir virsmu kopa, katra virsma apraksta objekta formu starp diviem kaimiņslāņiem. Rezultātā tiek iegūta objekta virsma.

#### IV. EKSPERIMENTA REZULTĀTI

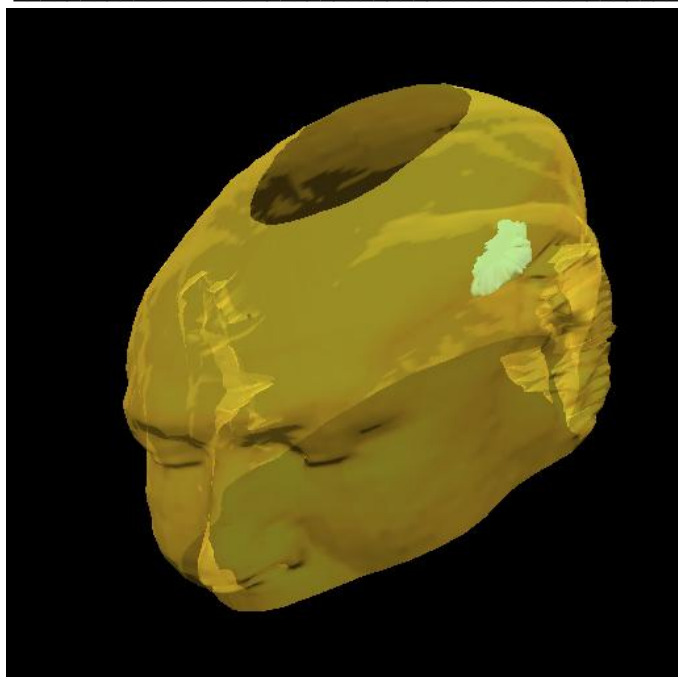
Darba ietvaros tika piedāvāta reālo objektu modelēšanas metode, kas balstās uz virsmas interpolāciju un uz parametriskās virsmas ģenerēšanu ar parametriskām līknēm. Šī metode aprakstīta darba III. apakšnodaļā. Lai novērtētu piedāvātās modelēšanas metodes vērtību, praktiskos eksperimentos tika veikta salīdzināšanas analīze ar eksistējošu metožu [5] darba rezultātiem.

Piedāvātā modelēšanas metode bija realizēta datorprogrammas veidā. Programmēšanas rīks eksperimentālā stadijā bija programmēšanas pakete CodeGear RAD Studio 2009, izmantojot programmēšanas vidi Delphi 2009.

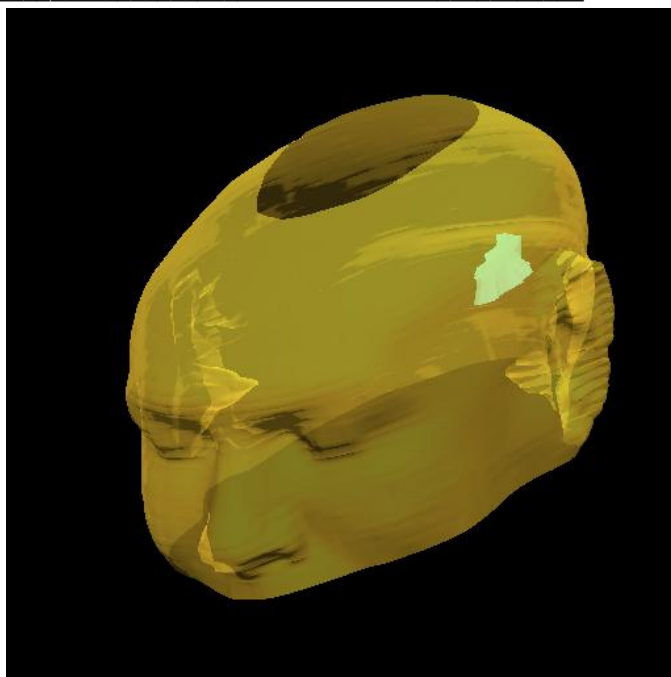
Eksperimentos izmantojamie ievaddati ir punktu topoloģiski ne-ortogonālais masīvs 3D telpā, kas iegūti ar datortomogrāfijas palīdzību no reālu pacientu galvas smadzeņu medicīniskajiem attēliem grafiskā formātā un DICOM formātā. Šis masīvs iegūts no [3] darba iegūtiem rezultātiem. Modelēšanas metodes darba rezultāts ir parametriskās virsmas masīvs. Viena virsma apraksta viena objekta fragmentu starp diviem griezumiem. Objektu un/vai scēnu, kura tiek veidota ar parametriskās virsmas masīvu palīdzību, var vizualizēt, izmantojot datorgrafikas standarta līdzekļus, grafisko bibliotēku OpenGL. Iegūto attēlu izmēri eksperimentos ir 512×512 pikseļi.

Izmantojot piedāvāto pieeju, tika iegūti attēli, kas atspoguļoti 6.. un 7.att., kā arī izmantojot [5] pieeju, iegūtie rezultāti tika atspoguļoti 8. un 9.att.

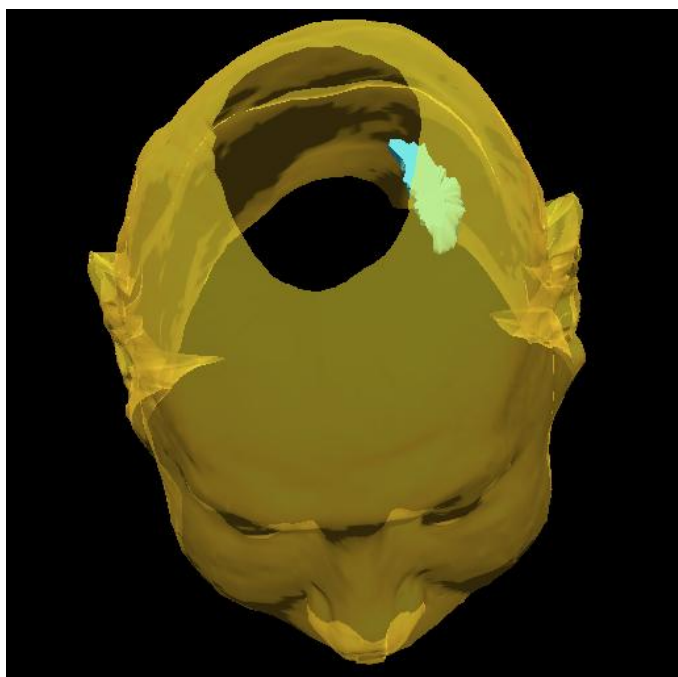
Eksperimentālās pārbaudes laikā piedāvātā metode parādīja, ka izmantotā modelēšanas metode ir pietiekami elastīga un jutīga pret ieejas datu nelielu neprecizitāti. Piedāvātās metodes izmantošana medicīnas objektu modelēšanas uzdevumos ir iespējama, jo pietiekami nodrošina ģeometrisku elastību un iegūtie rezultāti korekti apraksta reālo medicīnas objektu, kas tika pārbaudīts esošajā eksperimentā.



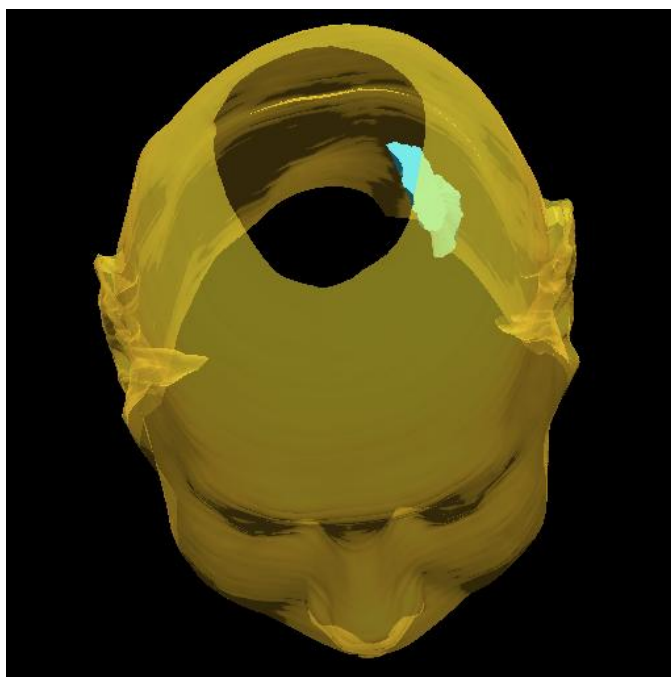
6. att. Medicīnas objektu modelis, izmantojot piedāvāto pieeju,



8. att. Medicīnas objektu modelis, izmantojot pieeju [5].



7. att. Medicīnas objektu modelis, izmantojot piedāvāto pieeju.



9. att. Medicīnas objektu modelis, izmantojot pieeju [5].

Salīdzināšanas analīze parāda, ka, salīdzinot 6.att. ar 8.att., kā arī 7.att. ar 9.att. var redzēt, ka:

- Piedāvātā pieeja nodrošina objektu virsmas izveidi kā vienu nepārtrauktu virsmu (pieeja [5] veido virsmu kā virsmas joslas kopu);
- Piedāvātā pieeja ir jutīga ieejas datiem un to neprecizitātēm. Iegūtā virsma nodrošina precīzāku objekta modelēšanu, bet nenodrošina objekta iegludināšanu.

## V. SECINĀJUMI

Darbā tika aprakstīti objekta 3D ģeometriskās modelēšanas paņēmieni uz reāla medicīnas objekta piemēra. Darba ietvaros tika piedāvāta jauna metode objekta 3D ģeometriskai modelēšanai, kas balstās uz objekta virsmas izveidi ar parametriskas interpolācijas līknes kopas pamatu. Piedāvātā metode ir divas eksistējošu metožu [1] un [5] tālāka attīstība. Jaunas piedāvātās metodes ietvaros tika risināti divi uzdevumi: 1) parametra vērtības korekcija līknes kopu izveidei stadijā un 2) interpolācijas virsmas izveide, balstoties uz līknes kopu.

Pēc iegūtajiem rezultātiem (skatīt 6.-9. att.) var secināt, ka piedāvātajai pieejai ir sekojošas priekšrocības salīdzinājumā ar [5] pieeju:

Piedāvātā pieeja modelē objekta virsmu kā vienu veselu virsmu (pieejā [5] rezultējošā virsma modelēta ar virsmas joslas kopu);

Piedāvātās pieejas rezultējošā virsma iet caur visiem kontrolpunktiem. Tāda pieeja nodrošina korektāku objekta modelēšanu, nekā aproksimācijas pieeja [5] darbā;

No trūkumiem var minēt, ka interpolācijas pieeja nenodrošina virsmas gludināšanu, kas ir aktuāli dažādos praktiskos uzdevumos. Tas ir saistīts ar to, ka interpolācijas pieeja ir jutīgāka uz ieejas datu neprecizitāti.

#### LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Sisojevs A., Krechetova K., Glazs A. *3D Modeling of Free-Form Object (Interpolation, Visualization and Volume Estimation)*, The 17th International Conference on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision WSCG'2009 Communication Papers proceedings. – Plzen: University of West Bohemia, 2009, pp. 125-128.
- [2] Krechetova K., Glazs A. *Contour Extraction and Processing in CT Images, Biomedical Engineering. Proceedings of International Conference, 13th Annual International Biomedical Engineering Conference*, Lietuva, Kaunas, 29.-30.oktobrī, 2009
- [3] Bolochko K., Glazs A. *Contour Processing and 3D Visualization in Medical Images, Biomedical Engineering. Proceedings of International Conference, 14th Annual International Biomedical Engineering Conference*, Lietuva, Kaunas, 28.-29.oktobrī., 2010, 216.-219. pp.
- [4] Bolochko K., Glazs A. *Trīsdimensiju modeļa izveidošana, balstoties uz kontūriem medicīnas attēlos, Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskie*

*raksti, Datorzinātne*, 5.sērija, 42.sējums. Rīga: RTU, 2010. – 7. – 12. lpp.

- [5] Krechetova K., Sisojevs A., Glazs A., Platkajis A. *Medical Image Region Extraction and 3D Modeling Based on Approximating Curves, International Journal of Advanced Materials Research*. – Trans Tech Publications: Switzerland, 2011. – Vol. 222, – pp. 285 – 288.

**Aleksandrs Sisojevs** was born in Latvia, on May 23, 1980. He is a Ph.D candidate and assistant at 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. He received B.sc.ing. (2001) and Dypl.ing (2003) from at Riga Technical University and M.sc.comp. (2006) from University of Latvia. He finished Doctoral study (not- received Dr.sc.ing.) from at Riga Technical University (2010). His research interests include computer graphics, 3D visualization, 3D geometrical modeling and computer vision.

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

E-pasts: alexiv@inbox.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 from the Riga Polytechnic Institute in 1971 and the degree of Doctor of Technical Sciences (Dr.habil.sc.ing.) from the Russian Academy of Science in Moscow in 1992.

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

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

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

#### **Aleksandrs Sisojevs, Aleksandrs Glazs. Analytical Interpolation 3D Model Construction Based on Uniform Input Data**

The task of creating a 3D model of a real object is topical in many spheres of science and technology. Different mathematical descriptions exist in computer graphics, which allow describing the free-form surface of a real object. One of the most efficient approaches is the description of analytical surfaces in the form of parametric surfaces. The task of real object geometrical 3D model construction in analytical form, based on the array of 2D input data, can be divided into two parts: 1) selection of data (control points) in 2D slice and creation of an array of input data for 3D modelling; 2) the construction of the real object's 3D model in the analytical form. In this work, the authors propose a modification of control point parameter calculation in the method of control point selection in 2D slices, and a new method of 3D model construction of a real object using interpolation curves in two parametrical directions. The modification of the calculation of the control point parameter is connected with the deformation of the adaptive contour in such a way that the line from the coordinate's centre intersects the contour more than once. In this case, additional curve points of the adaptive contour are found and the parameter values are distributed evenly between these points. Then, using the parameter values and control point coordinates an interpolating parametrical curve is constructed. This is the first step of the 3D model construction. The initial data for the second step of 3D model construction is an array of parametrical curves; each curve interpolates an adaptive contour in 2D slice. Using this data by analogy with points on the adaptive contour an interpolating parametrical surface of the researched object. In this work an approbation of the proposed method is conducted on the real medical object and the method is compared with the existing method [5]. The comparative analysis shows that the proposed approach gives better results from the point of model's quality.

#### **Александр Сысоев, Александр Глаз Построение аналитической интерполяционной 3D модели на основе неравномерных входных данных**

Задача построения 3D модели реального объекта актуальна во многих областях науки и техники. В компьютерной графике существуют различные математические описания, с помощью которых можно описать поверхность реального объекта свободной формы. Эффективным подходом является задание аналитических поверхностей в виде параметрических поверхностей. Задачу построения геометрической 3D модели реального объекта в аналитическом виде на основе множества 2D исходных данных можно разделить на 2 части: 1) выбор данных (контрольных точек) в каждой 2D плоскости (срезе) и построение по ним массива исходных контрольных точек для 3D моделирования и 2) следующий шаг – непосредственное создание 3D модели реального объекта в аналитическом виде. В данной работе: предложена модификация расчета параметра точки в методе выбора контрольных точек в 2D плоскости (срезе), предложен новый подход построения 3D модели поверхности реального объекта с помощью интерполяционных кривых в каждом из двух параметрических направлений. Модификация расчета параметра контрольной точки связана со случаем искривления адаптивного контура таким образом, что луч из центра координат пересекает контур более чем один раз. В этом случае дополнительно находятся точки изгиба адаптированного контура, и в этих точках равномерно распределяются значения параметра. Затем по значению параметров в точках адаптивного контура и по координатам этих точек строится интерполяционная параметрическая кривая. Этот шаг является первым шагом построения 3D модели объекта. Исходными данными для второго шага построения 3D модели является массив параметрических кривых, каждая кривая интерполирует адаптивный контур в соответствующей 2D плоскости (срезе). Используя эти данные по аналогии с точками на адаптивном контуре во втором параметрическом направлении строится интерполяционная параметрическая поверхность исследуемого объекта. В работе произведена апробация предложенного подхода на примере реального медицинского объекта и проведен сравнительный анализ с ранее известным методом [5]. Сравнительный анализ показал, что предложенный подход дает хороший результат с точки зрения качества полученной модели.