

Racionālo parametrisko virsmu vizualizēšanas pieeja izmantojot staru trasēšanu

Aleksandrs Sisojevs, Riga Technical University, Aleksandrs Glazs, Riga Technical University

Kopsavilkums. Brīvo formu virsmu vizualizēšanas problēma ar augstu kvalitāti ir aktuālā dažādas jomas zinātnē un tehnikā. Viens no efektīvākiem un elastīgākiem brīvo formu virsmu aprakstiem datorgrafikā ir NURBS virsmas. Darbā tiek apskatīta viena no 3D scēnu renderēšanas metodēm – staru trasēšana. Šī metode ir populāra augsta kvalitātes vizualizēšanas metode. Dotajā darbā tiek piedāvāta jaunā pieeja, ar kuru palīdzību ir iespējams vizualizēt NURBS virsmu ar augstu precizitāti un kvalitāti. Piedāvāta metode dod labāku rezultātu no attēla kvalitātes viedokļa, kā arī dod stabilu labāku rezultātu pēc renderēšanas laikā. Par to liecina eksperimentāli rezultāti eksperimentos.

Atslēgas vārdi: NURBS, staru trasēšana, vizualizācija.

I. IEVADS

Brīvo formu virsmu vizualizēšanas problēma ir aktuālā dažādas jomas zinātnē un tehnikā. Datorgrafikas teorijā eksistē daži matemātiskie apraksti, ar kuru palīdzību ir iespējams aprakstīt brīvo formu virsmu [1]. Efektīvais un elastīgais apraksts ir NURBS virsmas. NURBS tas ir nevienmērīgais racionālais B – splains

Mūsdienu situācija 3D datorgrafikā ir sekojoša: attēla sintēze attīstās divos virzienos:

- Pirmajā gadījumā galvenā loma ir ātrdarbībai. Tas iekļauj poligonālo grafiku, aparatūras paātrinājumu un grafiskas bibliotēkas (OpenGL, DirectX, Java 3D).
- Otrajā gadījumā galvenā loma ir attēla augstākai precizitātei un realitātes pakāpei. Te iekļauj augsti precīzas vizualizēšanas metodes, fiziski pamatotus apgaismošanas modeļus, reālistiskos teksturēšanas algoritmus utt.. Sakara ar to darbā tiek apskatīta viena no 3D scēnu vizualizēšanas metodēm – staru trasēšana. Staru trasēšanas metode ir populāra augsta kvalitātes vizualizēšanas metode. Dotā metode ļauj vizualizēt 3D scēnas ar augstu precizitātes pakāpi, un rezultātā iegūt augstas kvalitātes attēlu.

Dotajā darbā tiek piedāvāta jaunā metode, ar kuras palīdzību ir iespējams vizualizēt NURBS virsmu ar augstu precizitāti un kvalitāti.

Bet eksistē dažādas pieejas, kuras risina šo uzdevumu.

Martin un citi [2] apraksta pieeju apgrieztai NURBS virsmu trasēšanai, izmantojot Ņūtona metodi. Tiek izmantota nelineāro vienādojumu sistēma lai atrast krustošanas punktu. Ņūtona metode tiek izmantota lai risināt šo vienādojumu sistēmu.

Nišita un citi [3] apraksta iteratīvo algoritmu, kas balstās uz Bezjē atgriezumumu (Bézier clipping). Algoritms izskaitļo krustošanas punktu starp staru un Bezjē gabalvirsmu, nosakot tos virsmas reģionus, kas noteikti nekrustojas ar staru un

izgriežot tos no gabalvirsmas. Šai pieejai ir vairāki trūkumi, piemēram nestabils darbs strādājot ar dažām virsmām un risinājuma noteikšanas problēma daudzkārtīgo krustošanas punktu gadījumā.

Efremov un citi [4] piedāvā dažas Nišitas algoritma modifikācijas Bezjē un NURBS virsmām. Šinī gadījumā palielinās gabalvirsmu skaits un kā rezultāts, palielinās aprēķinu skaits. Arī, NURBS virsmas gadījumā, pēc būtības notiek nevis virsmas tiešais aprēķins, bet ekvivalentas virsmas (kura apraksta tikai sākotnējās virsmas daļu) aprēķins.

Šajā darbā tiek piedāvāta jauna pieeja lai noteikt nezināmo parametru vērtības, kuras nepieciešamas NURBS virsmas vizualizēšanai. Metode tiek balstīta uz sakņu atrašanas uzdevuma risināšanas izmantojot virsmas projekciju uz projicēšanas plakni un izskaitļošanas nolūkam - Ņūtona un Kramera metodes kombināciju.

II. PIEDĀVĀTA PIEEJA

Kā ir zināms no [5], krustošanas punkta starp staru un parametrisko virsmu noteikšanas matemātiskais uzdevums var būt aprakstīts kā nelineāra vienādojuma sistēma:

$$\begin{cases} S'_x(u, v) = C_x(t) \\ S'_y(u, v) = C_y(t) \\ S'_z(u, v) = C_z(t) \end{cases} \quad (1)$$

kur:

$S'_x(u, v)$, $S'_y(u, v)$, $S'_z(u, v)$ – virsmas vienādojumi,
 $C_x(t)$, $C_y(t)$, $C_z(t)$ – stara vienādojumi.

Aprakstīsim vienādojumu $S'_x(u, v)$, $S'_y(u, v)$, $S'_z(u, v)$ NURBS virsmas gadījumā. To var aprakstīt sekojoša veidā [6,7]:

$$S'(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P'_{i,j} \cdot w_{i,j} \cdot N_{i,p}(u) \cdot N_{j,q}(v)}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_{i,j} \cdot N_{i,p}(u) \cdot N_{j,q}(v)} \quad (2)$$

kur:

$P'_{i,j}$ – kontrolpunktu masīvs;

u, v – parametri;

$N_{i,p}(u)$ – B – splaina polinoms parametriskajā virzienā u ;

$N_{j,q}(v)$ – B – splaina polinoms parametriskajā virzienā v ;

n – kontrolpunktu masīva izmērs parametriskajā virzienā u ;

m – kontrolpunktu masīva izmērs parametriskajā virzienā v ;

p – virsmas kārtas parametriskajā virzienā u ;
 q – virsmas kārtas parametriskajā virzienā v .

Šajā darbā jaunu vienādojumu sistēmas izveidei tika izmantota 3D virsmas projekcija. Šajā gadījumā lai atrast parametru u un v vērtību no vienādojumu sistēmas (1), pietiekami izmantot divus vienādojumus:

$$\begin{cases} S_X(u, v) - x_R = 0 \\ S_Y(u, v) - y_R = 0 \end{cases} \quad (3)$$

kur:

$S_X(u, v)$, $S_Y(u, v)$ – virsmas projicēšanas plaknē vienādojumi,
 x_R , y_R – stara projekcija, punkts projicēšanas plaknē.

Vienādojumu sistēmu risinājuma uzdevums tiek sadalīts uz divām daļām, diviem soļiem:

1. Iepriekšēja meklēšana, kura iekļauj iepriekšējo vērtību kartes izveidi [9];
2. Parametru precizēšana ar Ņūtona un Kramera metodēs kombināciju.

III. IEPRIEKŠĒJA MEKLĒŠANA

Kā bija parādīts darbā [9], lai iegūt iepriekšējas parametru u un v vērtības katrā pikselī tiek piedāvāta iepriekšējo vērtību kartes izveide. Karte tiek sastādīta no gabalvirsmas datiem, kuri tiek kodēti RGB kanālos. Sarkans (Red) kanāls ietver gabalvirsmas numuru. Matemātisku saistību var aprakstīt sekojošā veidā:

$$numurs = r - 1 \quad (4)$$

kur:

$numurs$ – gabalvirsmas numurs, kurš maiņas diapazonā [0; 254];

r – sarkana kanāla vērtība, kurā maiņas diapazonā [0; 255].

Gadījumā, ja $r=0$ var teikt kā šajā pikselī stars nekrustojas ne ar kādu gabalvirsmu.

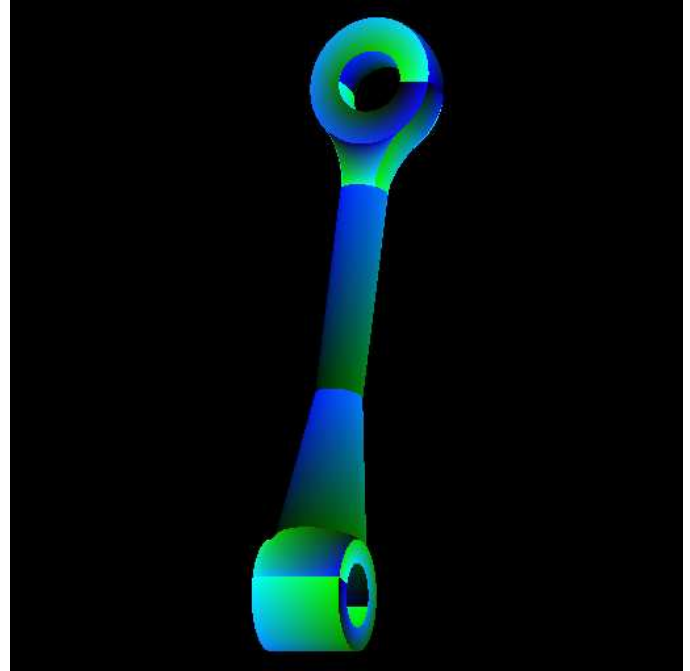
Zaļš (Green) un zils (Blue) kanāli satur viendabīgu gradienta tekstūru, kura uzlikta uz gabalvirsmas. Pieņemsim, ka krāsu vērtība katrā kanālā ir vesels skaitlis no diapazona [0; 225]. Krāsu vērtības stūrainos kontrolpunktos var piešķirt tādā veidā, kā ir aprakstīts 1.tabulā.

1. TABULA
STŪRAINO KONTROLPUNKTU KRĀSU VĒRTĪBA

Kontrolpunkts	Krāsu vērtība
$P_{0,0}$	$(r;0;0)$
$P_{n,0}$	$(r;255;0)$
$P_{0,m}$	$(r;0;255)$
$P_{n,m}$	$(r;255;255)$

Pārējās krāsu vērtības gradienta tekstūrā vienmērīgi interpolējas un tiek uzliktas uz gabalvirsmas. Iepriekšējo vērtību karti ērti izveidot, izmantojot grafiskas bibliotēkas

iespējas. Darba tiek izmantota bibliotēka OpenGL. Iepriekšējo vērtību kartes piemērs parādīts 1.att.



1. att. Iepriekšējo vērtību kartes piemērs.

Ņemot vērā krāsu vērtības katrā pikselī iepriekšējo parametru u un v vērtību var atrast sekojošā veidā:

$$\begin{cases} u_0 = (u_{\max} - u_{\min}) \cdot \frac{g}{255} + u_{\min} \\ v_0 = (v_{\max} - v_{\min}) \cdot \frac{b}{255} + v_{\min} \end{cases} \quad (5)$$

kur:

u_0 , v_0 – parametru iepriekšēja vērtība pikselī;

$u_{\min}$, $u_{\max}$ – parametra u diapazons;

$v_{\min}$, $v_{\max}$ – parametra v diapazons;

g – zaļa kanāla vērtība;

b – zila kanāla vērtība.

IV. PARAMETRU PRECIZĒŠANA

Viena no iespējam nelineāro vienādojumu sistēmas risināšanai (3) ir Ņūtona metode [12]. Šo metodi var aprakstīt sekojošā veidā;

$$\begin{bmatrix} u_{iter+1} \\ v_{iter+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{iter} \\ v_{iter} \end{bmatrix} - [J]^{-1} \cdot [F] \quad (6)$$

kur:

$$[J] = \begin{bmatrix} \frac{\partial S_X}{\partial u} & \frac{\partial S_X}{\partial v} \\ \frac{\partial S_Y}{\partial u} & \frac{\partial S_Y}{\partial v} \end{bmatrix} \quad (7)$$

ir Jakobiāna matrica un

$$[F] = \begin{bmatrix} S_X - x_R \\ S_Y - y_R \end{bmatrix} \quad (8)$$

un

$$\frac{\partial S_X}{\partial v} = S_X \cdot \left(\frac{\partial x}{\partial v} \cdot \frac{1}{x} - \frac{\partial w}{\partial v} \cdot \frac{1}{w} \right) \quad (16)$$

Bet vienādojumu sistēmu (6) var aprakstīt sekojošā veidā:

Vienādojuma S_Y gadījumā daļējie atvasinājumi pieņem veidu:

$$\begin{bmatrix} u_{iter+1} \\ v_{iter+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{iter} \\ v_{iter} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta v \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\frac{\partial S_Y}{\partial u} = S_Y \cdot \left(\frac{\partial y}{\partial u} \cdot \frac{1}{y} - \frac{\partial w}{\partial u} \cdot \frac{1}{w} \right) \quad (17)$$

kur:

un

$$\begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta v \end{bmatrix} = -[J]^{-1} \cdot [F] \quad (10)$$

$$\frac{\partial S_Y}{\partial v} = S_Y \cdot \left(\frac{\partial y}{\partial v} \cdot \frac{1}{y} - \frac{\partial w}{\partial v} \cdot \frac{1}{w} \right) \quad (18)$$

Ielikāt vienādojumus (15) – (18) uz vienādojumu (10) pēc parveidojumiem iegūsim:

NURBS gabalvirsmas projicēšanas plaknē vienādojumi var aprakstīt sekojošā veidā:

$$\begin{cases} S_X(u, v) = \frac{x(u, v)}{w(u, v)} \\ S_Y(u, v) = \frac{y(u, v)}{w(u, v)} \end{cases} \quad (11)$$

kur:

$$\begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta v \end{bmatrix} = \frac{w}{M} \cdot \begin{bmatrix} M_U \\ M_V \end{bmatrix} \quad (19)$$

kur:

$$x(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j}^X \cdot w_{i,j} \cdot N_{i,p}(u) \cdot N_{j,q}(v) \quad (12)$$

$$M = \begin{vmatrix} x & \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial v} \\ y & \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial v} \\ w & \frac{\partial w}{\partial u} & \frac{\partial w}{\partial v} \end{vmatrix} \quad (20)$$

un

un

$$y(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j}^Y \cdot w_{i,j} \cdot N_{i,p}(u) \cdot N_{j,q}(v) \quad (13)$$

un

$$w(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m w_{i,j} \cdot N_{i,p}(u) \cdot N_{j,q}(v) \quad (14)$$

$$M_U = \begin{vmatrix} x & x_R & \frac{\partial x}{\partial v} \\ y & y_R & \frac{\partial y}{\partial v} \\ w & 1 & \frac{\partial w}{\partial v} \end{vmatrix} \quad (21)$$

kur:

un

$P_{i,j}^X$, $P_{i,j}^Y$ – kontrolpunktu x un y koordinātes projicēšanas plaknē.

Lai vienkāršot matemātisku notāciju funkcijas $x(u, v)$, $y(u, v)$ un $w(u, v)$ apzīmēsim ar x , y un w .

NURBS gabalvirsmas daļējos atvasinājumus, kas ir Jakobiana matricas elementi, var aprakstīt sekojošā veida [6]:

$$\frac{\partial S_X}{\partial u} = S_X \cdot \left(\frac{\partial x}{\partial u} \cdot \frac{1}{x} - \frac{\partial w}{\partial u} \cdot \frac{1}{w} \right) \quad (15)$$

$$M_V = \begin{vmatrix} x & \frac{\partial x}{\partial u} & x_R \\ y & \frac{\partial y}{\partial u} & y_R \\ w & \frac{\partial w}{\partial u} & 1 \end{vmatrix} \quad (22)$$

Vienādojumu (9) var pārrakstīt sekojoša veidā:

$$\begin{bmatrix} u_{iter+1} \\ v_{iter+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{iter} \\ v_{iter} \end{bmatrix} + \frac{w}{M} \cdot \begin{bmatrix} M_U \\ M_V \end{bmatrix} \quad (23)$$

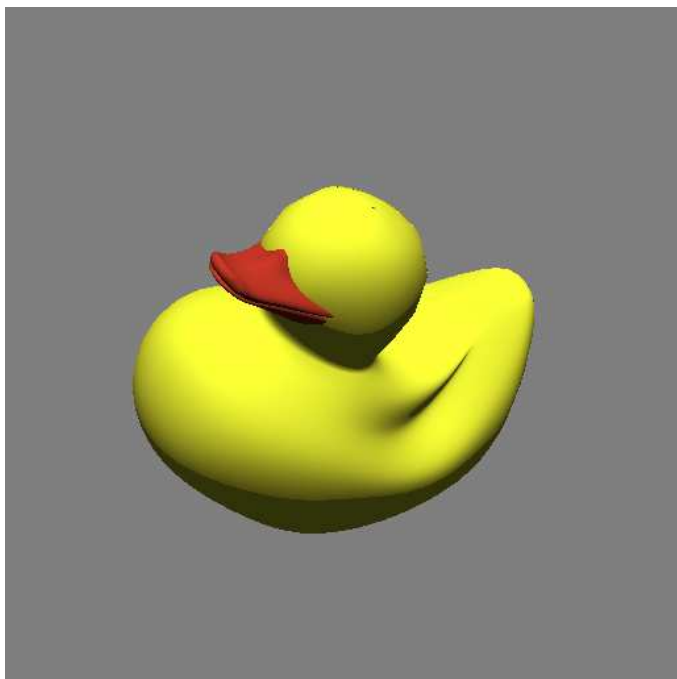
Kā var redzēt, lielumi Δu un Δv ir nezināmie lineāro vienādojumu sistēmā:

$$\frac{1}{w} \cdot \begin{bmatrix} x & \frac{\partial x}{\partial u} & \frac{\partial x}{\partial v} \\ y & \frac{\partial y}{\partial u} & \frac{\partial y}{\partial v} \\ w & \frac{\partial w}{\partial u} & \frac{\partial w}{\partial v} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta a \\ \Delta u \\ \Delta v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ 1 \end{bmatrix} \quad (24)$$

kur: Δa – liekais nezināmais.

Vienādojumā (18) tika parādīts lineāro vienādojumu sistēmas (23) risinājums izmantojot Kramera metode.

V.EKSPERIMENTĀLI REZULTĀTI

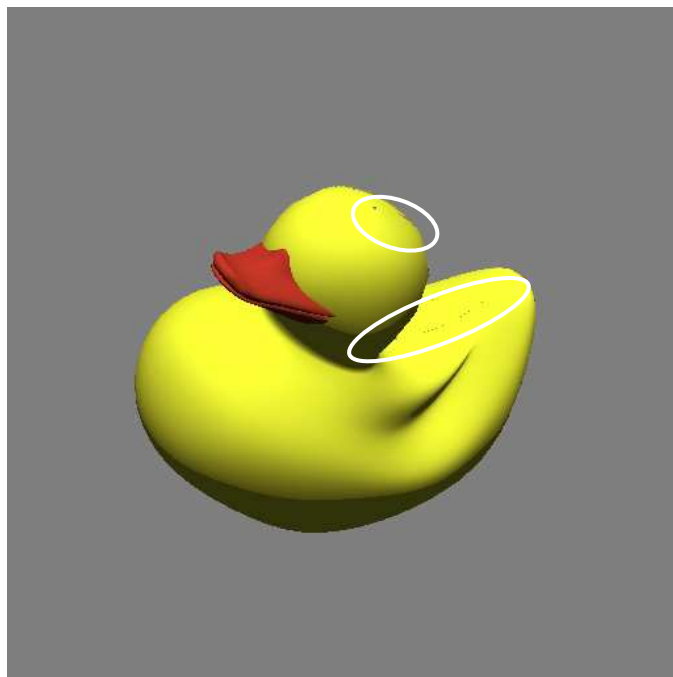


2. att. Objekts "Pīle", kas iegūts izmantojot piedāvāto pieeju.

Esošā darbā piedāvāta metode, gan arī metode, kura bija aprakstīta darbā [2] bijā realizētas datorprogrammas veidā. Lai vizualizēt 3D objektu bija izmantotā vizualizācija 1 stars uz pikseli. Attēlu izmērs eksperimentā bija 512×512 pikseļus. Eksperimenti tiek izveidoti izmantojot datoru ar sekojošo konfigurāciju: centrālais procesors Intel Xeon ar frekvenci 3,2 GHz, operatīvā atmiņa 2 GB, videoadapteris nVidia Quadro FX 1400.

Eksperimentā gaitā bija vizualizētas 3 scēnas: pirmās divas scēnās tika vizualizēti eksperimentālie objekti un trešā scēna

tika vizualizēts praktiskais objekts, mašīnbūves detaļs. Iegūtie attēli tiek parādīti att. 2.-7..



3. att. Objekts "Pīle", kas iegūts izmantojot pieeju Martins u.c.



4. att. Objekts "Mobilais tālrunis", kas iegūts izmantojot piedāvāto pieeju.



5. att. Objekts "Mobilais tālrunis", kas iegūts izmantojot pieeju Martins u.c..



7. att. Objekts "Mašīnbūves detaļa", kas iegūts izmantojot pieeju Martins u.c..



6. att. Objekts "Mašīnbūves detaļa", kas iegūts izmantojot piedāvāto pieeju.

2. TABULA
ATTĒLU RENDERĒŠANAS LAIKS SEKUNDES

Objekts	Piedāvāta pieeja	Martin u.c. pieeja
"Pīle"	5,578	6,437
"Mobilais tālrunis"	4,297	5,422
"Mašīnbūves detāls"	1,890	2,203

Kā var redzēt no attēliem, piedāvāta metode dod labāku rezultātu no attēla kvalitātes viedokļa (nav izkropļošanas uz gabalvirsmas robežām). Attēlu vizualizēšanas laiks tiek parādīts 2.tabulā.

Kā var redzēt no 2.tabulas attēliem piedāvāta metode dod stabilu renderēšanas laika samazinājumu (salīdzinājot ar metodi Martin un citi) mūsu eksperimentā. Lai salīdzināt vizualizēšanas laiku pārveidosim 2.tabulā laiku procentos, pieņemot par 100% Martina metodes rezultāti.

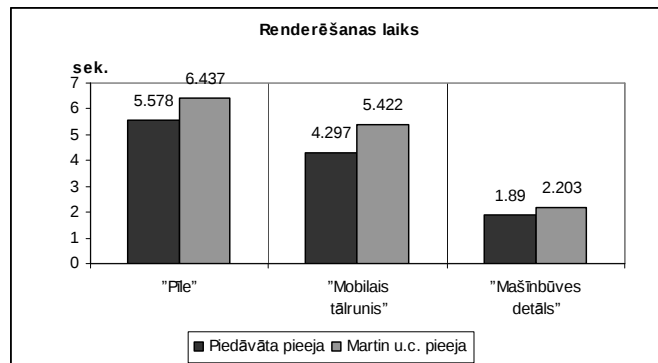
3.tabula liecina, ka piedāvāta metode dod renderēšanas laika samazināšanu uz 13 – 21% salīdzinājot ar Martina metodi.

3. TABULA

ATTĒLU VIZUALIZĒŠANAS LAIKS PROCENTOS

Objekts	Piedāvāta pieeja	Renderēšanas paātrinājums, %
"Pīle"	86,655	13,345
"Mobilais tālrunis"	79,251	20,749
"Mašīnbūves detāls"	85,792	14,208

Vizualizēšanas laiki grafiskā veida tiks parādīti 8.att.



8. att. Renderēšanas laiku grafiks.

VI. SECINĀJUMI

Dotā darbā tiek piedāvāta jauna pieeja NURBS virsmas vizualizēšanai izmantojot staru trasēšanu.

Piedāvātā pieeja bija realizēta datorprogrammas veidā. Izstrādātais algoritms tika aprobēts dažādos objektos, tajā skaitā tika vizualizēts reālais objekts. Veikts salīdzinājums ar zināmo algoritmu [2].

Iegūtie rezultāti, kuri tiek parādīti att. 2.-7. liecina, ka:

- Piedāvātā metode dod labāku rezultātu no attēla kvalitātes viedokļa. Tāds rezultāts tika iegūts visos trijos eksperimentos.
- Piedāvātā metode dod labāko rezultātu pēc renderēšanas laika. Par to liecina eksperimentāli rezultāti visos trijos eksperimentos.
- Salīdzinājums parāda piedāvāto algoritma priekšrocību pēc iegūto attēlu kvalitātes un vizualizēšanas laikiem (paātrinājums uz 13%-21%)

ATSAUCES

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

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] Rodgers D., Adams J. Mathematical Elements for Computer Graphic, 2nd Ed., McGraw-Hill, Boston, MA, 1990.
- [2] Martin, W., Cohen, E., Fish, R., & Shirley, P. Practical Ray Tracing of Trimmed NURBS Surfaces. JGT 5(1): 27-52. 2000.
- [3] Nishita. T., Sederberg. T.W., and Kakimoto M. Ray tracing trimmed rational surface patches, Computer Graphics, vol.24, no. 4, pp. 337-345, 1990.
- [4] Efremov, A., Havran, V. & Seidel, H.-P. Robust and numerically stable Bézier clipping method for ray tracing NURBS surfaces. In Proceedings of the 21st Spring Conference on Computer Graphics SCCG'05:127 - 135. 2005
- [5] Sisojevs A., Glazs A. Visualization of Free – form Surfaces by a Ray Tracing Method// Scientific Proceedings of Riga Technical University, Computer Science, part 5, volume 32. – Riga: RTU, 2007. – 7 – 13 p.

- [6] Piegl L.A., Tiller W. The NURBS Book (Monographs in Visual Communication).-Springer-Verlag, 1997. – 646 p.
- [7] Hearn, D. and Baker, M.P. Computer Graphics with OpenGL, 3rd Ed., Prentice Hall, 2004.
- [8] Himmelblau, D. Applied Nonlinear Programming, – McGraw-Hill Book Company, 1972.
- [9] Sisojevs A., Glazs A. An new approach of visualization of free – form surfaces by a ray tracing method// The 14th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference Proceedings. – Ajaccio: IEEE, 2008. – 872 – 875 p.
- [10] Sisojevs A. Staru trasēšana un bilineāru virsmu vizualizācija// Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskie raksti, Datorzinātne, sērija 5., sējums 27. – Rīga: RTU, 2006. – 35. – 41. lpp.
- [11] Krečetova K., Glazs A. Patoloģijas zonu tīlpuma noteikšana 3D medicīnas attēlos// Rīgas Tehniskās universitātes zinātniskie raksti, Datorzinātne, sērija 5., sējums 35. – Rīga: RTU, 2008. – 18. – 26. lpp.
- [12] Taha H.A. Operations Research: an Introduction, 7th Ed. – New Jersey: Prentice Hall, 2003. – 830 p.

Aleksandrs Sisojevs was born in Latvia, on May 23, 1980. He is a Ph.D candidate 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 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 full member of the Baltic Informatization Academy
Address: Meza str. 1, LV-1048, Riga, Latvia
Phone: +371 67089542
E-Mail: glaz@egle.cs.rtu.lv

Aleksandrs Sisojevs, Aleksandrs Glazs. An approach of rational parametrical surfaces visualization using ray tracing

The problem of free form surfaces visualization with high quality is actual in various areas of science, design and engineering. There are various mathematical descriptions in the computer graphics that describe a rational free-form surface. One of the most effective, powerful and flexible descriptions is NURBS surface. The synthesis of 3D images presently develops in two different directions: in the first one the main characteristic is image rendering speed and in the other – the approach is intended to obtain an image with high accuracy and degrees of realism without any time limitation. In this work, one of methods of 3D scenes high-quality visualization – ray tracing is described. This method is a popular approach of high quality visualization. In this work the new method is proposed that gives the possibilities to render NURBS surface with high accuracy and quality. In this work the comparison with known algorithm (Martin et al.) is made. The methods are compared by two characteristics – image quality and rendering time. The comparison is made using three different examples (three geometrical models). The proposed method gives better results from the viewpoint of the quality of the image. Also, the proposed method gives the best result on rendering's time too. As seen from the results of experiments, the difference in rendering quality is especially apparent on surfaces borders. On the other hand, the rendering time difference is 13%-21%, with the proposed method being the quickest one.

Александр Сысоев, Александр Глаз. Подход в визуализации рациональных параметрических поверхностей с использованием трассировки лучей

Проблема визуализации криволинейных поверхностей с высоким качеством актуальна в различных областях науки и техники. В компьютерной графике существуют различные математические описания, с помощью которых возможно описать поверхность свободной формы. Мощным, эффективным и гибким описанием является NURBS поверхности. Синтез 3D изображений развивается в двух направлениях: в первом случае в главной роли выступает быстрдействие и скорость рендеринга, во втором случае методы визуализации предназначены для получения изображений высокой точности и степени реалистичности, без ограничений по затратам времени. В работе рассматривается один из методов высококачественной визуализации 3D сцен - трассировка лучей. Этот метод является популярным методом визуализации высокого качества. В данной работе предлагается новый подход, с помощью которого возможно визуализировать NURBS поверхность в трассировке лучей с высокой точностью и качеством при небольших затратах времени. В работе произведено сравнение предложенного подхода с ранее известным алгоритмом (Мартин и др.) по качеству получаемых изображений и по времени рендеринга. Сравнительный анализ осуществлялся на трёх примерах, трёх геометрических моделях. Предложенный подход дает лучший результат с точки зрения качества изображения, а так же дает лучший результат по времени рендеринга. Как видно из результатов экспериментов различие в качестве визуализации особенно заметно на границах поверхностей. В свою очередь, ускорение по времени рендеринга составляет 13%-21%.