

VIZUALIZACIJA UZORKOVANIH PODATAKA U MEDICINI I STROJARSTVU

Zeljka Mihajlovic
Zavod za elektroniku, mikroelektroniku,
računalne i inteligentne sustave
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Ulica grada Vukovara 39
41000 ZAGREB - HRVATSKA
zeljka.mihajlovic@fer.hr

Sasa Mihajlovic
Direkcija telekomunikacija
Sektor nadzora i upravljanja telekom. mrežom
Hrvatska pošta i telekomunikacije
Draškovićeva 26
41 000 ZAGREB - HRVATSKA
sasa.mihajlovic@fer.hr

SAŽETAK: Razmotreni su postupci uzorkovanja trodimenzionalnih podataka, te njihova daljnja obrada. Dobiveni podaci mogu se vizualizirati na razne načine: prikazom poprečnih presjeka, njihovom animacijom, prikazom kontura ili prikazom trodimenzionalnih restauriranih objekata. Na osnovi uzorkovanih podataka dobivenih raznim metodama kao što su računarska tomografija (CT), magnetska rezonancija (MR), restaurirani su i prikazani trodimenzionalni objekti. Objekti koji se uzorkuju mogu biti razni objekti bilo iz područja medicine, strojarstva ili nekog drugog područja.
KLJUČNE RIJEČI: računarska grafika, vizualizacija, prikaz volumena.

VISUALIZATION OF THE DATA SET IN MEDICINE AND ENGINEERING

ABSTRACT: Several methods for the threedimensional data acquisition are discussed, and further harnessing of that data. Input data can be used in the visualization in different ways: using the the cross sections, animation of the cross sections, using geometric primitives, or threedimensional reconstruction of the data set. The input data samples may be achieved with different methods as computed tomography (CT) or magnetic resonance (MR). According those input data samples threedimensional objects may be reconstructed and render. Objects that are used can be objets from different fields of science like medicine or engineering.

KEY WORDS: computer graphics, visualization, volume rendering.

1. UVOD

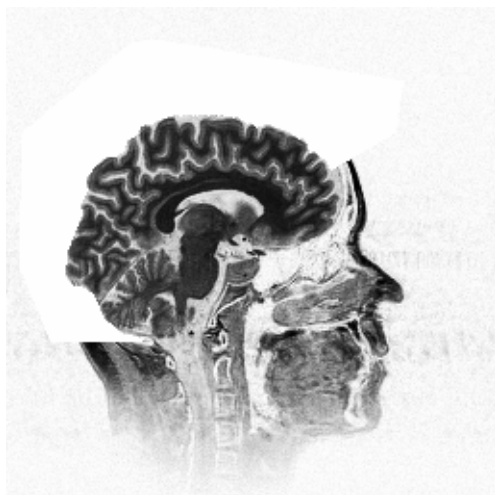
Napredak raznih naučnih disciplina postavlja sve složenije probleme, složenije matematičke modele i simulacije. Zahtjevi na grafički prikaz također postaju sve složeniji. Predočavanje

trodimenzionalnih (3D) objekata u računarskoj grafici predstavlja jedan od njenih najznačajnijih zadataka. 3D objekti nas okružuju, te nam njihov prikaz daje optimalnu količinu informacije koju smo vješti brzo prihvatiti i protumačiti. U takav prikaz objekta, tekstura i mogućnost animacije, unose dodatno bogatstvo informacije.

Objekti čiji prikaz želimo postići mogu biti stvarni objekti, modeli ili skup podataka koji želimo predstaviti u 3D prostoru. 3D objekti su najčešće predstavljeni površinama koje čine vanjski plašt objekta. Te površine se mogu na razne načine predočiti na zaslonu. Ako promatramo krivulje koje leže na nekoj površini, njihova projekcija u 2D prostor dočaravat će željeni objekt. Površina objekta često se aproksimira mrežom poligona koja obuhvaća objekat, te čini žičnu formu uobičajenu u grafičkim prikazima. Prikaz složenih objekata zahtijeva i bojanje poligona kako bi se istaknuli dijelovi objekta ili razni objekti. Zamišljanjem izvora svjetlosti koji će na objektu stvoriti jače ili slabije osvijetljene dijelove, sjene, plastičnost objekta doći će do izražaja, a time raste i količina informacije koju nosi prikaz.

Ono što čini područje interesa korisnika je predstavljanje dobivenih podataka metodama kao što su računarska tomografija CT ili magnetska rezonancija MR. Bilo da se radi o prikazu mreže koja čini vanjski plašt objekta ili prikazu osjenčane površine, zajedničko je da se definiše granična vrijedost, odnosno prag. Prag određuje koji dio prostora čini unutrašnjost (određen skup vrijednosti funkcije), a koji vanjštinu objekta koji će biti prikazan. Bitna činjenica je da metode koje su razvijene za prikaz 3D podataka nisu ovisne o skali [2], [4], [5], [6]. Na taj način sasvim je nevažno da li se prikazuju podaci koji predstavljaju molekule ili podaci dobiveni iz svemira za prikaz crnih rupa. Razlike koje postoje između pojedinih metoda su u količini potrebne memorije, brzini rada i efektima koji se postižu.

Metode koje se zasnivaju na popunjavanju geometrijskih primitiva [6], [7], [10], pogodne su za prikaz podataka unutar kojih postoje neke geometrijske cjeline (npr. u medicini), dok za prikaz oblaka, geodezijskih i sličnih raspršenih podataka nisu pogodne. Zato se u zadnje vrijeme razmatra drugačiji pristup problemu vizualizacije [2], [3], [5]. Metode razvijene u novije vrijeme ostvaruju prikaz objekata tako da se ne formiraju geometrijske primitive. Kod tih metoda nije potrebno uspoređivanje s pragom, čime je izbjegnuta bitan problem binarne klasifikacije, tj. da li nešto pripada unutrašnjosti ili ne (na taj način i greške koje mogu nastati). Metode koje čine ovu grupu nazvane su metode prikaza volumena (eng. volume rendering).



Slika 1. Poprečni presjek glave.



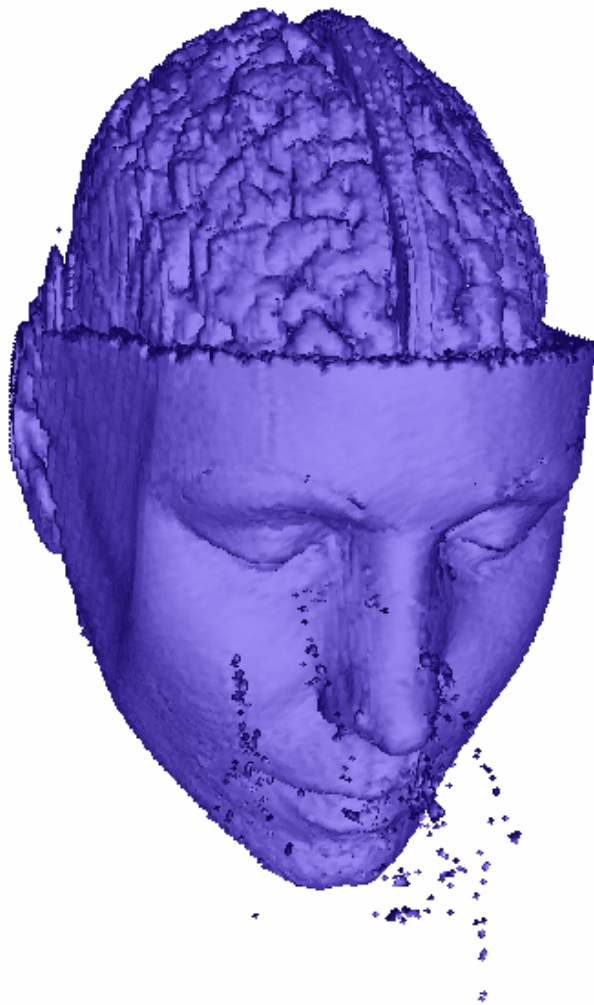
Slika 2. Poprečni presjek motora.

2. ULAZNI PODACI

Ulazni podaci za prikaz trodimenzionalnih objekata metodom pokretne kocke ili direktnim prikazom volumena, trebaju biti u obliku ekvidistantne trodimenzionalne mreže. Pojedine točke te mreže nazivaju se elementi volumena (voxel), po analogiji na slikovne elemente (pixel). Ovakav oblik podataka može se dobiti na osnovi uobičajenih metoda u medicini. Niz poprečnih presjeka dobivenih pomoću računarske tomografije CT ili magnetske rezonancije MR ostvarit će potreban volumen ulaznih podataka.

Na slici 1. prikazan je poprečni presjek glave čovjeka, dobiven pomoću MR. Ova metoda pogodna je za uzorkovanje jer zračenje nije opasno, no na snimcima zbog fizikalnih razloga nije moguće izdvojiti koštano tkivo, koje je inače vrlo dobro uočljivo na CT snimcima. Na poprečnom presjeku možemo uočiti opertan poligon, oko mozga pacjenta, što je učinjeno na svim poprečnim presjecima. Izdvajanje poligona ostvareno interaktivnim metodama obrade slike, omogućava vidljivost mozga na konačnom trodimenzionalnom liku.

Na slici 2. prikazan je poprečni presjek stroja. Na ovoj slici može se uočiti postojanje dviju diferencijabilnih sivih razina. Unutrašnjost, gotovo crna predstavlja presjek osovine i prstenova, koji su izrađeni od drugačijeg materijala od samog tijela stroja. Tijelo stroja prikazano je tamno sivom bojom. Prilikom ostvarivanja ulaznih podataka javlja se i šum okoline objekta kojeg je potrebno izdvojiti, što je u većini slučajeva moguće ostvariti postavljanjem odgovarajućeg praga.



Slika 3. Na osnovi poprečnih presjeka dobivenih pomoću MR, načinjen je trodimenzionalni objekt.

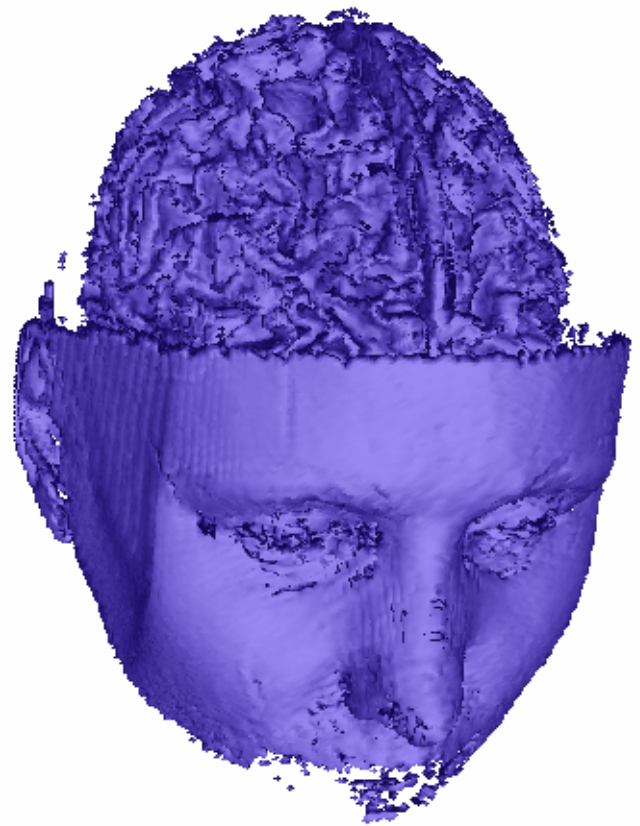
dobiveni su preko interneta. Poprečni presjeci potrebni za izradu slike 3 i 4 mogu se naći na ftp serverima, na primjer na [ftp.cs.unc.edu](ftp://ftp.cs.unc.edu) u direktoriju `/u/projects/softlav.v/CHVRTD/volIII` pod imenom MRbrain.Z. Iste podatke koriste i drugi autori u svojim radovima [5], tako da se rezultati ovog rada mogu usporediti.

Podaci potrebni za izradu slika 5 i 6 također se nalaze na internetu, no nisu u obliku poprečnih presjeka već su smješteni kao čisti podaci unutar jedne datoteke. Ovi podaci mogu se naći na [ftp.mei.co.jp](ftp://ftp.mei.co.jp) u direktoriju `free/others/Grefics/volpack` pod imenom `volpack.1.b2.tar.gz`.

3. VIZUALIZACIJA TRODIMENZIONALNIH PODATAKA

Ulazni podaci opisani u prethodnom poglavlju mogu se vizualizirati na razne načine, no za podatke dobivene u medicini [1], [9] ili strojarstvu najpogodniji je prikaz pomoću metode pokretne kocke [6], [7], [10]. Naime, za ovakove podatke obično postoji oštra granica između tkiva koje treba prikazati i okoline. Na slici 3 prikazan je rezultat koji se postiže povezivanjem poprečnih presjeka u trodimenzionalnom prostoru. Za objekt na slici 3, upotrebjeno je 100 poprečnih presjeka razlučivosti $256 \times 256 \times 8$, od kojih je pedeseti prikazan na slici 1. Objekt na slici 4 rezultat je upotrebe istih ulaznih podataka uz veću vrijednost praga.

Ovakav prikaz objekata u medicini otkriva mnoge mogućnosti za liječnika [1], [9]. Postojanje tumora ili stranih tijela moguće je efikasno odrediti u trodimenzionalnom prostoru. Na ovakvom



Slika 4. Objekt prikazan na slici 3 uz veću vrijednost praga koji definira unutrašnjost objekta.

Podaci koji se koriste u ovom radu

modelu planiranje postupaka potrebnih kod složenih operativnih zahvata vrlo je efikasno. Planiranje zračenja tumora također je pogodno, jer je precizno moguće odrediti smjer i dubinu zračenja tako da se ne oštete vitalni dijelovi kao što su krvotok i sustav živaca. Za određeni tip tkiva omeđen plohom moguće je izračunati volumen koji on zaokuplja, što je bitno kod stvaranja koštanih implementata za postupke planiranja i proračuna u kirurgiji [9].

Na slici 5 prikazan je motor načinjen na osnovi 110 poprečnih presjeka razlučivosti 256x256x8, od kojih je jedanaesti prikazan na slici 2. Vrijednost praga za ovu sliku je 48. Uz drugu, veću vrijednost praga otkriva se unutrašnjost motora, koja je izgrađena od druge vrste materijala. Na slici 6 ostvaren je prikaz na osnovi istih ulaznih podataka uz vrijednost praga 180. Ovakvo određene unutrašnjosti moguće je samo ako na objektu koji se uzorkuje postoje različiti tipovi materijala, a koji u postupaku kojim se uzorkuju, npr CT, daju različite sive razine u rezultirajućim poprečnim presjecima. Na slici 2 ova razlika u sivim razinama je uočljiva, što omogućava izdvajanje unutrašnjih dijelova prikazanih na slici 6.

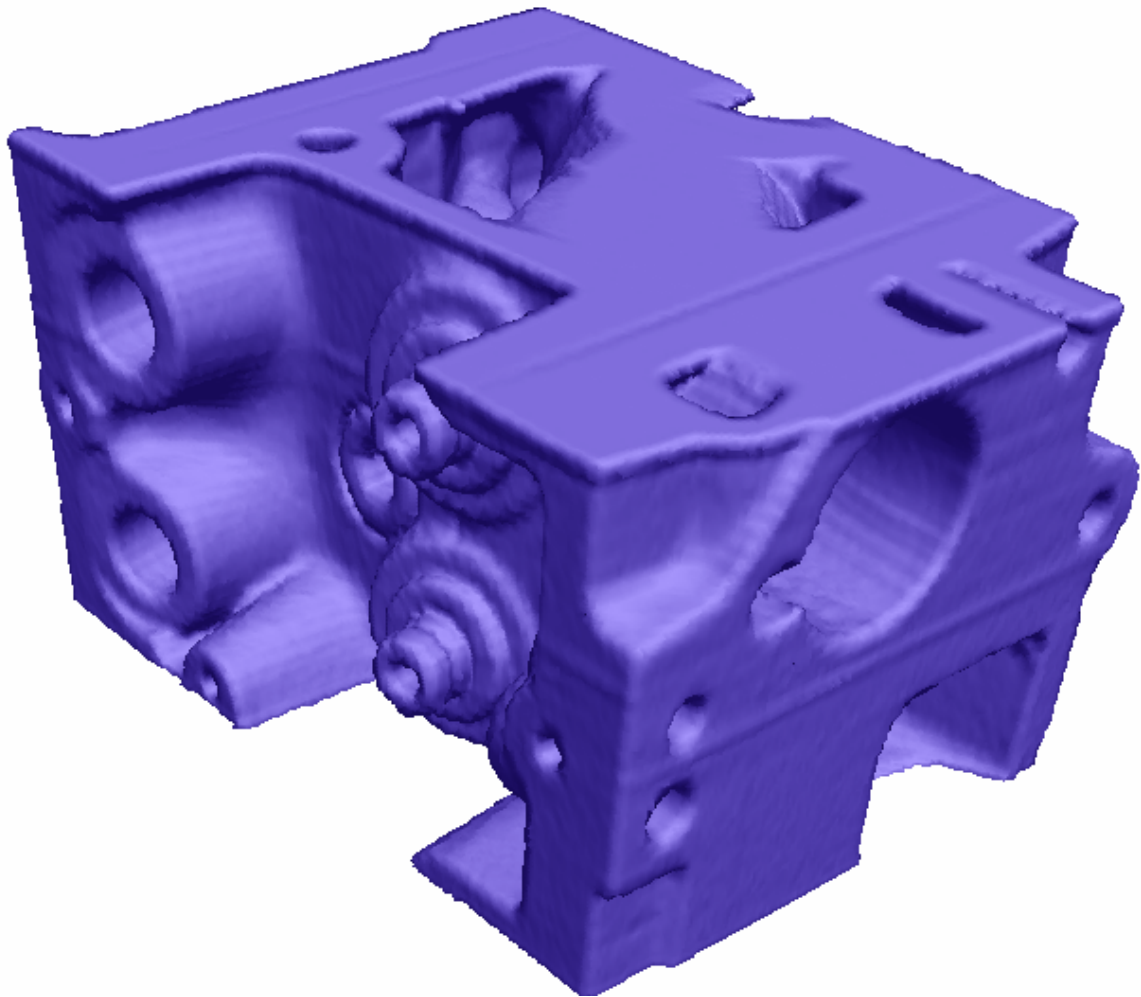
Trodimenzionalni prikaz objekata u strojarstvu također predstavlja značajnu pomoć kod postupaka projektiranja, analize i simuliranja. CT snimci strojarskih dijelova mogu otkriti unutrašnje kavitete koji izvan samog objekta nisu vidljivi. Otkrivanje nekih unutrašnjih nedostataka ili kvarova neke mašine također je moguće bez rastavljanja samog stroja. Uzorkovanje gotovih modela, njihovo dopunjavanje, izmjene i ponova izrada, također predstavljaju značajno područje upotrebe.

3.1. Metoda pokretne kocke

Prilikom prikaza podataka iz područja medicine i strojarstva, u ovom radu, upotrebljena je metoda pokretne kocke. Za sjenčanje poligona korišten je Gouraudov postupak sjenčanja. Osnovnu ideju metode pokretne kocke predložili su Lorensen i Cline [6], dok su implementacija, problemi i nedostaci razrađeni u [7], [8] i [10].

Metoda pokretne kocke zasnovana je na prolasku kocke kroz volumen ulaznih podataka. Za svaki položaj kocke, tako da njezine vrhove čine uzorkovani ulazni podaci, definira se površina između unutrašnjih i vanjskih vrijedosti. Prag je vrijednost koja određuje unutrašnjost, odnosno vanjštinu objekta. Ploha za svaki položaj kocke definirana je trokutima, a konačan rezultat je površina konačnog objekta sačinjena od trokuta.

Obzirom na vrijednost praga svaki vrh kocke može biti definiran tako da pripada unutrašnjosti objekta ili ne, pa stoga postoji 256 slučajeva. Za svaki od tih slučajeva načinjen je putem tablice, raspored vrhova trokuta koji pripadaju dotičnom slučaju. U izvorno zamišljenoj metodi postoje nejednoznačni slučajevi koje je dodatno potrebno ispitati preko drugih tablica, kako konačan objekt ne bi sadržavao šupljine.



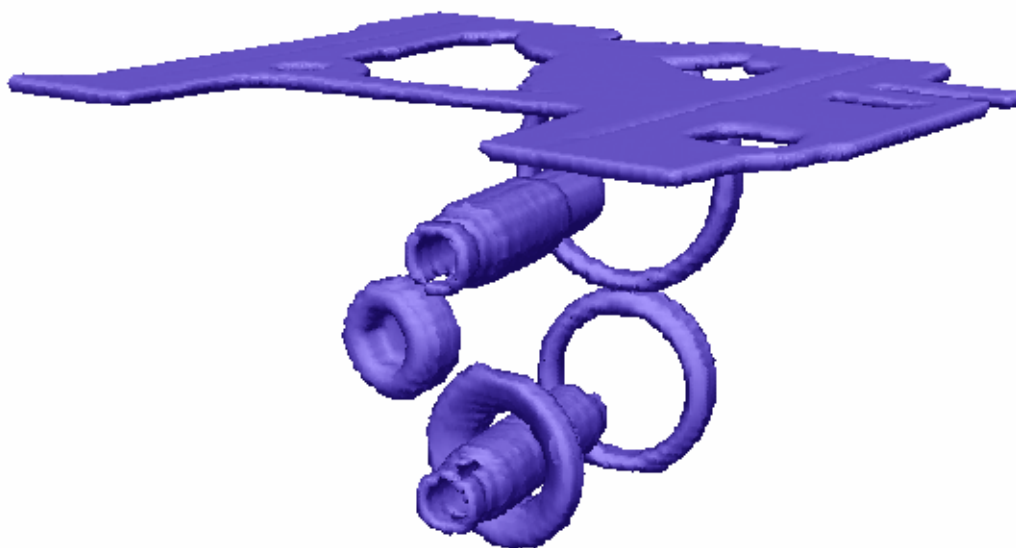
Slika 5. Trodimenzionalni prikaz motora, uz vrijednost praga 48.

4. ZAKLJUČAK

Prikazana je izrada trodimenzionalnih objekata na osnovi poprečnih presjeka. Ovakav oblik prikaza objekata vrlo je značajan ne samo u medicini i strojarstvu, već i u drugim područjima znanosti. U meteorologiji se na ovaj način mogu vizualizirati atmosferske pojave kao što su oblaci, promjena tlaka ili pojava tornada. Turbulencija fluida vrlo je značajan proces, pa vizualizacija pojedinih slojeva otkriva vrtloge i promjene koje nastaju pri prolasku fluida kroz mlaznicu, što je naročito značajno u vojnoj i avio industriji.

Prikaz pojedinih slika u ovom radu traje od jedne do pet minuta na SUN SPARCstation 10 grafičkoj radnoj stanici. Paralelizacija samog postupka je moguća, tako da je ubrzanje do rada u realnom vremenu moguće. Takvo ubrzanje omogućilo bi i animaciju gibanja oko objekta, te prolazak kroz objekat što donosi bitnu dodatnu informaciju u percepciji trodimenzionalnosti objekta.

Promatranje samog iscrtavanja objekta također je interesantan proces. Ovaj proces otkriva unutrašnjost koja na statičnom rezultirajućem objektu nije vidljiva. Upotreba animacije, različite boje za različite dijelove, te prozirnosti, može poboljšati rezultat, te korisniku omogućiti novi vizualni ulazak u prikazane objekte.



Slika 6. Trodimenzionalni prikaz motora, uz vrijednost praga 180.

LITERATURA

- [1] L.J. Brewster, S.S. Trivedi, H.K. Tuy, J.K. Udupa, Interactive Surgical Planning, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 4, No. 3, (March 1984), 31-40.
- [2] R.A. Derbin, L. Carpenter, P. Hanrahan, Volume Rendering, *Computer Graphics*, Vol. 22, No. 4, (August 1988), 65-74.
- [3] A. Kaufman, 3D Volume Visualization, *Eurographics '90*, Tutorial Note 12, 1990.
- [4] M. Levoy, Display of Surfaces from Volume Data, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 8, No. 3, (May 1988), 29-37.
- [5] P. Lacroute, M. Levoy, Fast Volume Rendering Using a Shear-Warp Factorization of the Viewing Transformation, *Computer Graphics*, Vol. 28, No 4, (July 1994) 451-458.
- [6] W.E. Lorensen, H.E. Cline, Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm, *Computer Graphics*, Vol. 21, No. 4, (July 1987), 163-169.
- [7] Ž. Mihajlović, S. Mihajlović, Vizualizacija 3D objekata, Zbornik radova: MTS Mikroracunala u tehničkim sustavima, MIPRO'92, Opatija, 1992, 3.144-3.149.
- [8] Ž. Mihajlović, S. Mihajlović, One Approach to the Visualization of the Three-Dimensional Fractal Objects, Zbornik radova, 37. međunarodni godišnji skup KoREMA'92, Zagreb, 29.4.1992, 631-634.
- [9] M.W. Vannier, J.L. Marsh, J.O. Worren, Three Dimensional Computer Graphics for Cranio-facial Surgical Planning and Evaluation, *Computer Graphics*, Vol. 17, No. 3, (July 1983), 263-273.
- [10] J. Wilhelms, A. Van Gelder, Topological Considerations in Isosurface Generation, *Computer Graphics*, Vol. 24, No. 5, (November 1990), 79-86.