

# ERK'94

Portorož, Slovenija, 26. – 28. september 1994

**Zbornik**  
**tretje Elektrotehniške in računalniške konference ERK'94**  
**Proceedings of the Third**  
**Electrotechnical and Computer Science Conference ERK'94**

**Zvezek B / Volume B**

**Računalništvo in informatika / Computer and Information Science**

**Umetna inteligenca / Artificial Intelligence**

**Robotika / Robotics**

**Razpoznavanje vzorcev / Pattern Recognition**

**Biomedicinska tehnika / Biomedical Engineering**

**Študentski članki / Student Papers**

**Uredila / Edited by**

**Baldomir Zajc, Franc Šolina**



**Slovenska sekcija IEEE / Slovenia Section IEEE**

**Zbornik tretje**  
**Elektrotehniške in računalniške konference**  
**ERK'94**

26.–28. september 1994

Portorož, Slovenija

**Zvezek B**

Računalništvo in informatika

Umetna inteligenca

Robotika

Razpoznavanje vzorcev

Biomedicinska tehnika

Študentski članki

Uredila

Baldomir Zajc in Franc Solina



Slovenska sekcija IEEE

Ljubljana • Slovenija

---

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

621.3(063)

ELEKTROTEHNIŠKA in računalniška konferenca (3 ; 1994 ; Portorož)  
Zbornik tretje Elektrotehniške in računalniške konference ERK  
'94, 26. - 28. september 1994, Portorož, Slovenija. Zv. B /  
uredila Baldomir Zajc, Franc Solina. - Ljubljana : Slovenska  
sekcija IEEE, 1994

Besedilo slov. ali angl. - Na vzpor. nasl. str.: Proceedings of the  
Third Electrotechnical and Computer Science Conference ERK '94. -  
Vsebina na nasl. str.: Računalništvo in informatika ; Umetna  
inteligenca ; Robotika ; Razpoznavanje vzorcev ; Biomedicinska  
tehnika ; Studentski članki

ISBN 961-6062-04-2

1. Solina, Franc 2. Zajc, Baldomir. - I. Electrotechnical and  
Computer Science Conference (3 ; 1994 ; Portorož) glej  
Elektrotehniška in računalniška konferenca (3 ; 1994 ; Portorož). -  
II. ERK '94 glej Elektrotehniška in računalniška konferenca (3 ;  
1994 ; Portorož)  
42571008

---

Pri organizaciji Elektrotehniške in računalniške konference ERK'94  
so sodelovala naslednja društva:

Elektrotehniška zveza Slovenije,  
Društvo avtomatikov Slovenije,  
Slovensko društvo za merilno-procesno tehniko (ISEMEC 94),  
CIGRE,  
Društvo za medicinsko in biološko tehniko Slovenije,  
Društvo robotikov Slovenije,  
Slovensko društvo za umetno inteligenco,  
Slovensko društvo za razpoznavanje vzorcev,  
Slovensko društvo za simulacijo in modeliranje.

*Organizacijo konference in izdajo zbornika je finančno podprlo  
Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije*

Sponzor: Hermes SoftLab, Ljubljana



Slovenska sekcija IEEE  
Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo  
•Tržaška 25, 61001 Ljubljana, Slovenija

Tisk: SOMARU d.o.o. Ljubljana

# Kazalo

Sporočilo predsednika konference . . . . .	v
Konferenčni odbori . . . . .	vi
Recenzenti . . . . .	vi
<b>Računalništvo in informatika / Computer and Information Science</b>	<b>1</b>
SEKC./SECT. CS.1	
<b>Metode / Methods</b>	<b>3</b>
Method of Logical Recognition in the Space of Multivalued Attributes <i>A. D. Zakrevsky</i> . . . . .	3
Solving Optimisation Problems Using Genetic Algorithms <i>Ninoslav Šimunović</i> . . . . .	7
Sequential, Parallel, and Distributed Solving of Some Partial Constraint Satisfaction Problems <i>Krste Klime Jovanoski</i> . . . . .	11
Računanje položaja aktivnega modela krivulj <i>Aleš Klemenčič, Stanislav Kovačič</i> . . . . .	15
Senčenje nedeformiranih superelipsoidov <i>Beno Krašovec, Aleš Jaklič, Franc Solina</i> . . . . .	19
Object-Oriented Analysis and Design of Image Segmentation Package <i>Aleš Jaklič, Aleš Leonardis, Franc Solina</i> . . . . .	23
Uporaba trikotniške Bézierove interpolacije pri načrtovanju motorjev <i>Matjaž Likar, Nikola Guid, Anton Hamler, Božidar Hribernik</i> . . . . .	27
Sistemski pristop k reševanju problema Volterra - Lotka <i>Marjan Vezjak, Andrej Kositer</i> . . . . .	31
SEKC./SECT. CS.2	
<b>Programska oprema / Software</b>	<b>35</b>
Generatorji prevajalnikov in njihova uporaba pri analizi programov <i>Janez Brest, Peter Kokol, Marjan Mernik, Viljem Žumer</i> . . . . .	35
Prevajalniki za programski jezik MiniPEARL <i>Domen Verber, Matjaž Colnarič</i> . . . . .	39
Prevajalnik jezika oberon <i>Tomo Jarc, Boštjan Vilfan</i> . . . . .	43
LISA: Orodje za avtomatsko implementacijo jezika <i>Nikolaj Korbar, Marjan Mernik, Viljem Žumer</i> . . . . .	47
Programsko okolje za razvoj aplikacij v Clipperju <i>Viljan Mahnič, Igor Rožanc</i> . . . . .	51
Statistično testiranje programske opreme <i>R. Prosen, Tomaž Dogša</i> . . . . .	55
Operacijski sistem Linux in možnosti njegove uporabe pri študiju računalništva <i>Andrej Šoštarich, Aleksander Kvas</i> . . . . .	59
Uporaba storitev računalniških omrežij v izobraževanju <i>Jože Rugelj</i> . . . . .	63
SEKC./SECT. CS.3	
<b>Sistemi / Systems</b>	<b>67</b>

# Senčenje nedeformiranih superelipsoidov\*

Beno Krašovec, Aleš Jaklič, Franc Solina

Laboratorij za računalniški vid

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo

Tržaška 25, 61001 Ljubljana, Slovenija

Tel. +386 (61) 123 1121, Fax +386 (61) 264 990

{alesj, franc}@fer.uni-lj.si

## Rendering of the Non-deformed Superellipsoids

*Methods for shading convex non-deformed superellipsoids are selected and implemented to enable visual supervision of range image segmentation in terms of superellipsoids. Partial global illumination method, that takes into account ambient light and diffuse reflection, turned out to be the fastest method that produced acceptable intensity images of models. Results of selected methods are shown.*

### 1. Uvod

Izbrane in implementirane so metode za senčenje konveksnih nedeformiranih superelipsoidov z namenom vizualnega nadzora nad uspešnostjo segmentacije globinskih slik s pomočjo superelipsoidov. Omejeno globalna metoda osvetlitve, ki upošteva ambientno osvetlitev in difuzni odboj se je izkazala za najhitrejšo metodo, ki tvori zadovoljive črno-bele slike modelov. Prikazani so rezultati implementacije izbranih metod.

Superelipsoidi so parametrični modeli, odkriti že na začetku devetnajstega stoletja, šele pred slabimi desetimi leti pa so se začeli intenzivneje uporabljati v računalniškem vidu. Za opisovanje scene, ali dela scene z modeli, oziroma s čimmanjšim številom parametrov, kar je med drugim namen računalniškega vida, so modeli konveksnih superelipsoidov zelo primerni. Konveksni superelipsoidi namreč zelo dobro izpolnjujejo željene lastnosti modelov pri modeliranju v računalniškem vidu: invariantnost glede na transformacije, neobčutljivost na šum, malo število parametrov in enostavno izračunljivost parametrov [5]. V Laboratoriju za računalniški vid na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani, so za prikazovanje rezultatov segmentacije že razvili postopek tvorjenja

žičnatih modelov konveksnih superelipsoidov, v tem članku pa opisujemo postopek za tvorjenje črno-belih intenzitetnih slik teh modelov, ki v primerjavi s slikami žičnatih modelov dajejo boljšo informacijo o poziciji in orientaciji modelov na sliki.

V nadaljevanju bomo na kratko opisali superelipsoide in povedali nekaj na splošno o senčenju, potem bo predstavljen algoritem za senčenje superelipsoidov, na koncu pa bodo podani rezultati z nekaj črno-belimi slikami superelipsoidov, pridelanimi s tem algoritmom.

### 2. Superelipsoidi

Točke na površini superelipsoida predstavlja parametrična enačba [1]

$$\mathbf{r}(\eta, \omega) = \begin{bmatrix} a_1 \cos^{\varepsilon_1} \eta \cos^{\varepsilon_2} \omega \\ a_2 \cos^{\varepsilon_1} \eta \sin^{\varepsilon_2} \omega \\ a_3 \sin^{\varepsilon_1} \eta \end{bmatrix}, \quad \begin{matrix} -\frac{\pi}{2} < \eta \leq \frac{\pi}{2} \\ -\pi < \omega \leq \pi \end{matrix}, \quad (1)$$

v kateri parametri  $a_1$ ,  $a_2$  in  $a_3$  pomenijo razsežnost superelipsoida v smereh koordinatnih osi  $x$ ,  $y$  in  $z$ , parametra  $\varepsilon_1$  in  $\varepsilon_2$  pa zaobljenost površine superelipsoida v smereh polarnih koordinat  $\eta$  in  $\omega$ . Superelipsoid je konveksen, če sta vrednosti parametrov  $\varepsilon_1$  in  $\varepsilon_2$  v polodprtem intervalu  $(0, 2]$ .

Izračuni v modelih osvetlitve pri senčenju superelipsoidov se naslanjajo na izračun nenormaliziranega vektorja normale v točki na površini superelipsoida

$$\mathbf{n}(\eta, \omega) = \begin{bmatrix} \frac{1}{a_1} \cdot \cos^{2-\varepsilon_1} \eta \cdot \cos^{2-\varepsilon_2} \omega \\ \frac{1}{a_2} \cdot \cos^{2-\varepsilon_1} \eta \cdot \sin^{2-\varepsilon_2} \omega \\ \frac{1}{a_3} \cdot \sin^{2-\varepsilon_1} \eta \end{bmatrix} \quad (2)$$

in na izračun funkcije notri-zunaj, ki se dobi iz implicitne enačbe površine superelipsoida [5]

$$F(x, y, z) = \left[ \left[ \left( \frac{x}{a_1} \right)^{\frac{2}{\varepsilon_1}} + \left( \frac{y}{a_2} \right)^{\frac{2}{\varepsilon_2}} \right]^{\frac{\varepsilon_1}{2}} + \left( \frac{z}{a_3} \right)^{\frac{2}{\varepsilon_1}} \right]^{\varepsilon_1} \quad (3)$$

\*Raziskave je podprlo Ministrstvo za znanost Republike Slovenije, Projekt J2-6187.

Vrednost te funkcije v poljubni točki prostora pove, kje se glede na površino superelipsoida ta točka nahaja:

- $F(x, y, z) > 1$  : točka  $(x, y, z)$  je zunaj;
- $F(x, y, z) = 1$  : točka  $(x, y, z)$  je na površini;
- $F(x, y, z) < 1$  : točka  $(x, y, z)$  je znotraj.

Superelipsoid se postavlja v poljubno lego v prostoru s pomočjo matrike homogene transformacije  $\mathbf{T}$  [5]. Homogen zapis poljubnega krajevnega  $(\mathbf{X}_l = [x_l, y_l, z_l, 1]^T)$  ali smernega  $(\mathbf{X}_l = [x_l, y_l, z_l, 0]^T)$  vektorja v lokalnem koordinatnem sistemu superelipsoida, se prevede v zapis v svetovnem koordinatnem sistemu  $\mathbf{X}_s$ , z enostavnim matričnim računom:  $\mathbf{X}_s = \mathbf{T} \cdot \mathbf{X}_l$ . Nedeformiran superelipsoid je tedaj opisan z enajstimi parametri. Prej opisanim petim se pridružijo še trije za opis rotacije in trije za opis translacije superelipsoida.

### 3. Senčenje

Namen senčenja je tvoriti predstavo tridimenzionalnega prizora na dvodimenzionalni sliki [3]. Najpogosteje se za projiciranje podatkov iz prostora na ravnino uporabljata ortogonalna projekcija, ki vse točke prostora projicira vzporedno na ravnino, in perspektivna projekcija, ki jih projicira prek premic, ki se stikajo v žarišču za sliko. To si je možno predstavljati s tem, da se iz žarišča gleda skozi slikovno površino, kot skozi okno in kar se vidi, ostane tako rekoč "naslikano na okenskem steklu".

Barva, oz. intenziteta malega koščka slikovne površine - slikovnega elementa, zavisi od intenzitete žarka, ki pride skozenj do žarišča. Intenziteta tega primarnega žarka pa je nadalje odvisna od lastnosti površine od koder se odbija, oz. lomi in od lastnosti vira, od koder izvira. Tako kot človek na nek način sledi žarku do predmeta, od koder se mu žarek odbija v oko, je dejansko priporočljivo slediti žarku tudi pri senčenju modelov (grafični postopek sledenja žarka nazaj), kjer se torej išče presečišče žarka z najbližjim predmetom na njegovi poti. Ker se v računalniški grafiki tretira žarek kot premica, smo v našem primeru, kot bo kasneje opisano, iskali presečišče premice s superelipsoidi. V dobljeni točki presečišča se nato upošteva snovne lastnosti in orientacijo z žarkom zadete površine ter z izbranim modelom osvetlitve izračuna intenziteto žarka, ki se mu je sledilo, in s tem dobi intenziteto slikovnega elementa. Za nas je to povsem zadostovalo, za generiranje bolj realističnih slik s simulacijo medobjektnega osvetljevanja, pa se lahko sledi žarku še naprej. Tedaj se lahko sledi t.i. sekundarnim žarkom loma in odboja

ter tvori žarkovno drevo, katerega veje se končajo, če žarek zapusti opazovani prostor, ponavadi pa je drevo v primerih praktične uporabe sledenja žarka omejeno z vnaprej določenim nivojem, ali pa z zmogljivostmi računalniškega spomina.

Ko se izračunajo intenzitete vseh slikovnih elementov, je slika generirana. Ob upoštevanju nekaterih drugih informacij o opazovani sceni in seveda ob upoštevanju zahtev o kakovosti tvorjene slike, se postopek senčenja v nekaterih primerih lahko še bolj poenostavi, oz. poceni, za kar služijo različni modeli senčenja, ki ne zahtevajo računanja intenzitete vseh slikovnih elementov [2].

#### 3.1 Modeli osvetlitve

Modeli osvetlitve so grafični postopki, kateri na različne načine računajo intenziteto primarnega žarka  $I$  [2]. Velikokrat ne slonijo na fizikalnem ozadju, kot v primeru upoštevanja t.i. **ambientne osvetlitve**:

$$I = I_a \cdot k_a,$$

kjer se pripišeta vsakemu superelipsoidu lastna svetlost, oz. intenziteta  $I_a$  in lastni koeficient ambientnega odboja  $k_a$ . Modeli osvetlitve lahko upoštevajo tudi **difuzni odboj**:

$$I = I_p \cdot k_d \cdot (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}),$$

kjer je  $I_p$  intenziteta točkovnega vira, ki osvetljuje z žarkom zadeto (opazovano) površino in je  $k_d$  koeficient difuznega odboja opazovane površine, kjer sta  $\mathbf{N}$  in  $\mathbf{L}$  vektor normale in smerni vektor med opazovano točko na površini superelipsoida in svetilom. Lahko se upošteva tudi **zrcalni odboj**:

$$I = I_p \cdot k_s \cdot (\mathbf{R} \cdot \mathbf{V})^n,$$

kjer sta  $k_s$  koeficient zrcalnega odboja in  $n$  eksponent zrcalnega odboja opazovane površine, kjer je  $\mathbf{R}$  vektor, ki leži zrcalno vektorju  $\mathbf{L}$  glede na vektor normale  $\mathbf{N}$  v opazovani točki in je  $\mathbf{V}$  smerni vektor med opazovano točko in točko opazovanja. Vektor  $\mathbf{R}$  se izračuna po enačbi:

$$\mathbf{R} = 2 \cdot \mathbf{N} \cdot (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) - \mathbf{L}.$$

Pri modelih osvetlitve z **večimi svetlobnimi viri** se ugotavlja prispevek vsakega vira posebej in na koncu za posamezni slikovni element dobljene intenzitete med seboj sešteje. Priljubljen **Phong-ov model** osvetlitve združuje zgoraj naštetje vplive:

$$I = I_a \cdot k_a + \sum_{i=1}^m I_p \cdot [k_d \cdot (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}_i) + k_s \cdot (\mathbf{R}_i \cdot \mathbf{V})^n],$$

kjer je  $m$  število svetlobnih virov.

Mi smo tvorili črno-bele slike z dosedaj navedeni-  
mi modeli osvetlitve, lahko pa modeli upoštevajo še  
druge dejavnike [2], kot so: slabljenje vira, atmo-  
sferski vplivi, neizotropnost svetlobnih virov, barvno  
senčenje, lom svetlobe, lastnosti površin, ki slonijo na  
dejanskem fizikalnem ozadju, itd.

#### 4. Algoritem za senčenje konveksnih nedeformiranih superelipsoidov

Algoritem ni prirejen za senčenje v realnem času,  
saj mora uporabnik algoritma interaktivno določiti  
število in pozicijo svetil, mesto opazovanja, osvetli-  
tvene lastnosti superelipsoidov (snovne koeficiente,  
opisane pri modelih osvetlitve), rotiranje opazovane  
scene okoli navpičnice in uporabljen model osvetlit-  
ve. Vhodni podatki algoritma so parametri super-  
elipsoidov (za vsakega jih je enajst), za vsak svetlobni  
element se izvede računanje presečišča premice s su-  
perelipsoidi in v dobljeni točki uporabi izbran model  
osvetlitve za računanje intenzitete.

Za model senčenja, ki računa intenziteto v vsakem  
svetlobnem elementu, smo se odločili:

- ker drugi modeli senčenja tvorijo slike, na katerih  
gladke ukrivljene površine, kakršne imajo geometrični  
modeli superelipsoidov, izgledajo lomljene [2],
- ker je računanje presečišča med premico in super-  
elipsoidom s kasneje opisano Edwards-ovo tehniko do-  
volj hitro in natančno
- in ker so potrebni podatki v točkah presečišča za  
izračun intenzitete relativno enostavno izračunljivi.

Algoritem je implementiran v programskem jeziku  
C++, z objektno usmerjenim pristopom [6]. Vpelja-  
ni so razredi *vektor*, *matrika*, *superelipsoid* in *svetilo*.  
Ker se izvaja računanje vektorjev normale in iska-  
nje presečišča premice s superelipsoidi v lokalnih ko-  
ordinatnih sistemih superelipsoidov, računanje vek-  
torjev žarkov pa poteka v svetovnem koordinatnem  
sistemu, je potrebno veliko pretvorb med koordi-  
natnimi sistemi. Zato so v razredih *vektor* in *ma-  
trika* definirane vektorske in matrične operacije, ki  
določajo tovrstne pretvorbe. Z objektno orientira-  
nim pristopom se izkorišča predvsem enostaven ope-  
ratorski zapis enačbe premice (en. 4), kar omogoča  
ob uporabi homogenih transformacij enostavno pre-  
vedbo zapisa premice v zapise v različnih koordi-  
natnih sistemih [4].

$$p = r_0 + s * t. \quad (4)$$

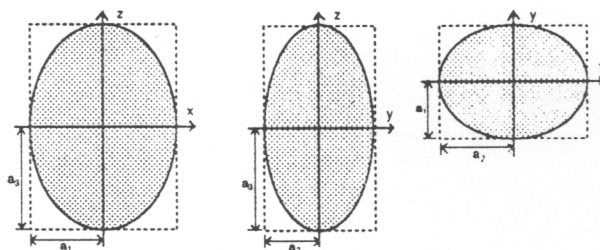
##### 4.1 Presečišče premice s konveksnim nedeformiranim superelipsoidom

Presečišče med premico in superelipsoidom ni moč  
poiskati analitično. Vstavitev komponent  $p_x$ ,  $p_y$   
in  $p_z$  vektorskega parametričnega zapisa premice

$p = [p_x, p_y, p_z]^T = [x(s), y(s), z(s)]^T$  v implicitno  
enačbo površine superelipsoida, ali v funkcijo notri-  
zunaj (en. 3), da transcendentno eksponentno enačbo  
parametra  $s$ , ki jo ni moč prevesti na algebraično.

Zato smo uporabili numerično Edwards-ovo  
tehniko iskanja presečišča [3], pri kateri se najprej do-  
loči tisti del premice, na katerem zanesljivo nastopa  
največ ena točka presečišča, nato pa se z bisekcijo išče  
to točko sekanja.

Postopek se začne z obdajanjem superelipsoida v  
njegovem lokalnem koordinatnem sistemu s šestimi  
ravninami okvirja  $x = \pm a_1$ ,  $y = \pm a_2$ ,  $z = \pm a_3$  (sli-  
ka 1). Poišče se presečišča premice z njimi in nato v  
primeru sekanja dveh ravnin okvirja, v nekaj testnih  
točkah na premici med točkama sekanja z okvirjem  
preveri, ali se testne točke nahajajo v notranjosti su-  
perelipsoida. Z bisekcijo se na odseku premice pred  
najbližjo testno točko, ki je v notranjosti superelip-  
soida, poišče dejansko točko presečišča premice s su-  
perelipsoidom. Če ne obstaja nobena testna točka  
v notranjosti superelipsoida, se smatra, da premica  
ne seka površine superelipsoida. Pri bisekciji se od-  
daljenost točke od površine superelipsoida vrednoti z  
omenjeno funkcijo notri-zunaj (en. 3).

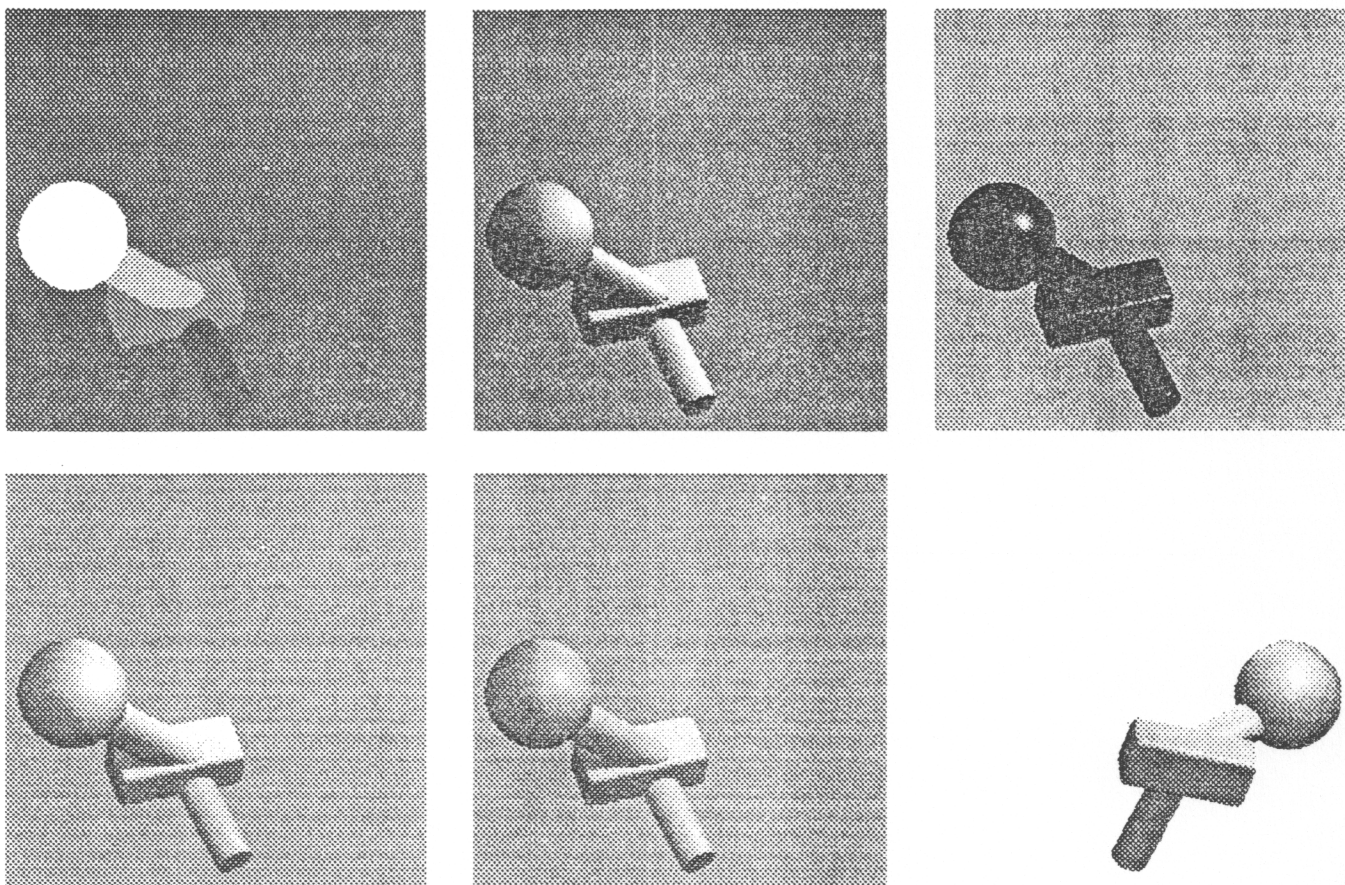


Slika 1: Ravnine okvirja so paroma vzporedne z  
ravninami  $xy$ ,  $xz$  in  $yz$  in se dotikajo površine  
superelipsoida na koordinatnih oseh  $x$ ,  $y$  in  $z$

#### 5. Rezultati

Pri preizkušanju različnih kombinacij modelov  
osvetlitve, ki upoštevajo ambientno osvetlitev, di-  
fuzni odboj in zrcalni odboj (slika 2), se je med  
drugim izkazalo:

- da je upoštevanje ambientne osvetlitve vedno  
koristno, ker terja malo dodatnega računanja in vsaj  
malo osvetli površine, ki sicer niso direktno osvetljene  
s svetlobnimi viri;
- da daje najboljše slike Phong-ov model, a je  
počasnejši od kombinacije modelov ambientne osve-  
tlitve in difuznega odboja, ki daje povsem zadovoljive  
črno-bele slike;
- da kombinacija modelov, ki upoštevata ambientno  
osvetlitev in zrcalni odboj ne daje dobrih rezulta-  
tov, ker pri zrcalnem odboju večina površine ostane  
preveč temne, prevladovanje ambientne osvetlitve pa



Slika 2: **Zgornja vrsta:** superelipsoidi na slikah so osvetljeni le z enim svetlobnim virom; od leve proti desni so slike generirane: z modelom ki upošteva le *ambientno osvetlitev*, z modelom ki upošteva le *difuzni odboj* in z modelom ki upošteva le *zrcalni odboj*. **Spodnja vrsta:** pri vseh treh slikah so upoštevani trije svetlobni viri; od leve proti desni so slike tvorjene: z modelom ki upošteva *ambientno osvetlitev in difuzni odboj*, s *Phong-ovim modelom* osvetlitve in s *Phong-ovim modelom* osvetlitve, za isti, a za 180° zarotiran prizor okoli navpičnice. Na zadnji sliki je lepo vidna nazobčanost robov zaradi neustrezno izbranega ozadja

daje nerealne slike, na katerih se težko razloči orientacije površin.

Za najprimernejšo metodo za senčenje konveksnih nedeformiranih superelipsoidov v namen preverjanja uspešnosti segmentacije globinskih slik z modeli superelipsoidov predlagamo: omejeno globalno metodo senčenja v vseh slikovnih elementih, z uporabo nekaj svetlobnih virov in z uporabo kombinacije modelov osvetlitve, ki upošteva ambientno osvetlitev in difuzni odboj. Na računalniku HP Apollo 715/50 so se slike z uporabo te metode tvorile približno 150 sekund.

## Zaključek

- Implementiran je algoritem za senčenje konveksnih nedeformiranih superelipsoidov v programskem jeziku C++.
- Konveksni nedeformirani superelipsoidi so primerni geometrijski modeli za senčenje.

## Literatura

- [1] A. H. Barr: *Superquadrics and Angle-Preserving Transformations*, IEEE Computer Graphics and Applications, 1:11-23, January 1981.
- [2] J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes, R. L. Phillips: *Introduction to Computer Graphics*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1994.
- [3] A. S. Glassner: *An Introduction to Ray Tracing*, Academic Press, London, 1989.
- [4] A. Jaklič, A. Leonardis, F. Solina: *Object-Oriented Analysis and Design of Image Segmentation Package*. In B. Zajc and F. Solina, Editors, *Proceedings of the Third Electrotechnical and Computer Science Conference ERK'1994*, Portorož, pp. B:23-26, 1994.
- [5] F. Solina, R. Bajcsy: *Recovery of Parametric Models from Range Images: the Case of Superquadrics with Global Deformations*, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence 12(2):131-147, 1990.
- [6] B. Stroustrup: *The C++ Programming Language*, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1993.