

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

Interaktivni grafični robotski simulator <i>Boris Curk, Peter Cafuta, Rihard Petek</i>	225
Krmiljenje robota ASEA po sili <i>Uroš Kapelj, Janko Kersnik, Uroš Ilič, Marjan Hočevar, Roman Kamnik</i>	229
Razpoznavanje vzorcev / Pattern Recognition	233
SEKC./SECT. PR.1	
Razpoznavanje vzorcev, znakov in predmetov / Pattern, sign and object recognition	235
Program za razpoznavanje skaniranih znakov <i>Franc Zorman, Veselko Guštin</i>	235
Recognizing Planar Shapes at Multiple Resolutions <i>Aleš Leonardis, Stanislav Kovačič, Franjo Pernuš</i>	239
Razpoznavanje predmetov modeliranih s pomočjo superelipsoidov <i>Kristina Zović, Aleš Jaklič, Franc Solina</i>	243
Fingerprint Coding by Structured Triangles <i>Roman Dorn</i>	247
Construction of CAD Models for Reverse Engineering <i>Aleš Jaklič, Franc Solina</i>	251
Določanje značilk s področno-projekcijskimi metodami off-line razpoznavanja z roko napisanih znakov <i>Boris Bakač, Bogomir Horvat</i>	255
Neural Trees with Genetic Algorithm Learning <i>Branko Šter, Andrej Dobnikar</i>	259
Nevronska mreža za razpoznavanje OCR znakov <i>Primož Podgornik, Andrej Dobnikar</i>	263
Usklajevanje segmentov v stereovidu <i>Marko Privošnik</i>	267
SEKC./SECT. PR.2	
Nevronske mreže / Neural networks	271
Uporaba statističnih metod za vrednotenje elitnosti in popularnosti slovenskega dnevnega tiska <i>Jasna Pocajt, France Mihelič</i>	271
Predobdelava signalov EKG s signalnim procesorjem ADSP 2101 <i>Dean Korošec, Damjan Zazula, Andrej Šošarič</i>	275
Valčki in obdelovanje signalov <i>Andrej Šošarič, Damjan Zazula, Dean Korošec</i>	279
Statistično načrtovanje celičnih nevronske mreže <i>Iztok Fajfar, France Bratkovič</i>	283
Entropijske nevronske mreže <i>Bojan Frančeskin, Nikola Pavešič, Ankica Babić</i>	287
Genetic Synthesis of Task Oriented Neural Networks <i>Andrej Dobnikar</i>	291
Mehko sklepanje podprto z mehкими Petrijevimi mrežami <i>Mojca Parkelj, Nikola Pavešič</i>	295
SEKC./SECT. PR.3	
Slovenski jezik in govor / Slovenian language	299

Razpoznavanje predmetov modeliranih s pomočjo superelipsoidov*

Kristina Zović, Aleš Jaklič, Franc Solina

Laboratorij za računalniški vid

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo

Tržaška 25, 61001 Ljubljana, Slovenija

Tel. +386 (61) 1768 381, Fax +386 (61) 264 990

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

Object recognition with superquadrics

A method for object recognition is presented. It is based on a search for an object in the model database. All the objects are reconstructed as a collection of parametric models – superquadrics. The search is based on comparison of input objects and the objects in database. The size and shape of pairs of superquadrics were compared by comparing the parameters. During the phase of comparison of mutual positions of superquadrics, all the centers presented in the chosen (specific) coordinate system were compared. To compare the orientations and the positions we used some of the characteristic points of the superquadric. Among the given results, apart from data objects, the estimation of their similarity is also presented.

1. Uvod

Metoda za razpoznavanje predmetov iz baze temelji na razpoznavanju posameznih superelipsoidov iz katerih je predmet zgrajen, ter na primerjanju njihovih medsebojnih položajev. Problem razpoznavanja predmetov je preveden na primerjanje vhodnega predmeta in predmeta, ki smo ga prebrali v bazi. Razpoznavanje velikosti in oblike posameznih superelipsoidov poteka z enostavnim primerjanjem parametrov. Primerjava medsebojnih položajev superelipsoidov je razdeljena na več korakov. Najprej ugotovimo, ali so superelipsoidi na enaki oddaljenosti eden od drugega na obeh slikah, potem pa preverimo ali so postavljeni na istih pozicijah. Na koncu še preverimo če je njihova orientacija enaka v obeh primerih.

Ta postopek ponovimo za vsak predmet iz baze. Pri tej metodi je postavljeno več omejitev. Točki gledanja predmetov, ki jih primerjamo morata biti na enaki oddaljenosti od predmeta, kar pomeni da ne upoštevamo skaliranja. Če je predmet iz baze po

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

svoji obliki popolnoma enak kot vhodni predmet, je pa različne velikosti ga naša metoda ne bo prepoznala. Naslednja omejitev je ta, da ne upoštevamo superelipsoide z deformacijami. Omejitve so postavljene zaradi lažje rešitve problema.

2. Superelipsoidi

Parametrični modeli se v računalniškem vidu pogosto uporabljajo, ker lahko z majhnim številom parametrov opišemo množico točk na sliki. Število predmetov je sorazmerno številu različnih volumetričnih oblik, ki jih opisujejo. Mi pa želimo imeti čim manj parametrov, obenem pa čim več različnih oblik. Te lastnosti je potrebno združiti na najugodnejši način, kar je doseženo pri superelipsoidih. Parametrični modeli morajo ustrezati naslednjim zahtevam:

1. stabilnost: napake ki nastopijo zaradi šuma ne smejo vplivati na potek gradnje modelov
2. invariantnost glede na transformacije: translacija in rotacija podatkov ne sme vplivati na obliko in velikost modelov
3. obstaja metoda s katero lahko izračunamo parametre modelov

V tej nalogi so za parametrične modele izbrani superelipsoidi. Superelipsoidi so določeni z enajstimi parametri, ki opisujejo njihovo velikost, obliko, pozicijo in orientacijo [1]. Pomembna prednost pri gradnji takih modelov je, da so definirani z analitično funkcijo, ki je odvedljiva na celem intervalu. S pomočjo te funkcije lahko definiramo Booleovo operacijo za točke v prostoru glede na njihovo pripadnost modelu.

Površina superelipsoida je opisana z implicitno funkcijo

$$F(x, y, z) = \left[\left(\frac{x}{a_1} \right)^{\frac{2}{\epsilon_2}} + \left(\frac{y}{a_2} \right)^{\frac{2}{\epsilon_2}} \right]^{\frac{\epsilon_1}{2}} + \left(\frac{z}{a_3} \right)^{\frac{2}{\epsilon_1}} = 1 \quad (1)$$

kjer parametri a_1, a_2, a_3 določajo velikost superelipsoida v smereh x, y in z [1]. Parametra ϵ_1 in ϵ_2 določata njegovo obliko, in sicer, ϵ_1 v preseku z ravnino, ki vsebuje os z , ϵ_2 pa v preseku z ravnino vzporedno ravnini $x - y$.

Superelipsoid v splošni legi je opisan z naborom enajstih parametrov. Poleg že omenjenih parametrov, parametri ϕ, ψ in θ določajo orientacijo superelipsoida, p_x, p_y in p_z pa določajo njegovo lego v prostoru.

3. Generiranje baze

Pri razpoznavanju predmetov bomo željeni predmet iskali v bazi predmetov. Za testiranje programa bomo zgradili bazo, ki bo imela nekaj tisoč predmetov. Najboljša teoretična rešitev je, da slikamo različne predmete iz več točk gledanja ter iz slik rekonstruiramo celoten model predmetov s pomočjo superelipsoidov. Ker ta rečitev tehnično še ni izvedljiva v našem laboratoriju, sem ta problem poskušala rešiti na drugačen način.

Pri parametrih $a_1, a_2, a_3, \epsilon_1$ in ϵ_2 lahko uporabimo naključno generiranje, vendar tako, da se držimo določenih mej. Če bi naključno generirali tudi parametre $\phi, \theta, \psi, p_x, p_y$ in p_z bi v taki bazi dobili preveč odvečnih (neuporabnih) predmetov. To so taki predmeti, kateri so sestavljeni iz superelipsoidov, ki med seboj niso povezani, oz. se ne dotikajo. Pri rekonstrukciji predmeta iz slike dobimo množico superelipsoidov, ki so na nek način povezani, ker vsi skupaj predstavljajo en predmet. Zaradi tega so prej omenjeni primeri, pri katerih se nek superelipsoid ne dotika z ostalimi, neuporabni.

3.1 Gradnja predmetov

Predmeti, ki jih gradimo ter generirano v bazi, so sestavljeni iz množice superelipsoidov. To pomeni da bomo pri gradnji takih predmetov začeli od gradnje posameznih superelipsoidov. Ideja je ta, da naključno določimo množico parametrov $a_1, a_2, a_3, \epsilon_1, \epsilon_2$, ki določajo velikost in obliko superelipsoidov iz katerih bo predmet sestavljen.

Pri gradnji predmeta začnemo z dvema superelipsoidoma. V primeru, ko želimo iz dveh superelipsoidov sestaviti en predmet moramo superelipsoida razmestiti po prostoru tako, da se bosta dotikala. Na vsakem superelipsoidu označimo šest točk: $t_1(a_1, 0, 0)$, $t_2(-a_1, 0, 0)$, $t_3(0, a_2, 0)$, $t_4(0, -a_2, 0)$, $t_5(0, 0, a_3)$ in $t_6(0, 0, -a_3)$. Prvega postavimo v center svetovnega koordinatnega sistema, kar pomeni da bodo parametri $\phi, \theta, \psi, p_x, p_y, p_z$ enaki 0. Parametre drugega superelipsoida določimo tako, da ga v eni od točk t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 ali t_6 zalepimo z eno točko na prvi superelipsoid. Postopek nadaljujemo tako, da na drugi superelipsoid zalepimo tretjega, na

tretji četrtega in tako naprej. Vsak superelipsoid bo povezan še z dvema superelipsoidoma (prvi in zadnji bosta povezana samo z enim superelipsoidom).

4. Algoritem za razpoznavanje predmetov

Postopek razpoznavanja predmetov ni sestavljen iz enostavnega primerjanja parametrov, ker so v večini primerov pri enakih predmetih parametri različni. Enaka predmeta imata enake parametre samo v primeru ko jih gledamo iz iste točke gledanja in njihove parametre izražamo v istem svetovnem koordinatnem sistemu.

4.1 Primerjanje predmetov

Algoritem za razpoznavanje predmetov je sestavljen iz primerjanja vhodnega predmeta s predmeti iz baze. Na začetku bomo obravnavali le takšne predmete iz baze, ki so sestavljeni iz istega števila superelipsoidov kot želeni predmet. V drugem delu programa bomo predmet primerjali s predmeti iz baze, ki so sestavljeni iz več superelipsoidov. Iskali bomo tako podmnožico superelipsoidov, ki se ujema z našim predmetom. Tudi v tem primeru smo problem prevedli na primerjanje dveh predmetov sestavljenih iz enakega števila superelipsoidov, kar je opisano v tem razdelku.

4.1.1 Oblika in velikost posameznih superelipsoidov

Postopek primerjanja začnemo s primerjavo parametrov ϵ_1 in ϵ_2 . Na ta način takoj odpravimo take predmete pri katerih se vsaj en superelipsoid po svoji obliki ne ujema z ustreznim superelipsoidom vhodnega predmeta.

V naslednjem koraku primerjamo prostornine ustreznih superelipsoidov. Prostornino superelipsoida s parametri $a_1, a_2, a_3, \epsilon_1, \epsilon_2, \phi, \theta, \psi, p_x, p_y$ in p_z računamo po formuli :

$$V = 2a_1a_2a_3\epsilon_1\epsilon_2B\left(\frac{\epsilon_1}{2}, \epsilon_1 + 1\right)B\left(\frac{\epsilon_2}{2}, \frac{\epsilon_1 + 2}{2}\right) \quad (2)$$

Primerjava prostornin je medkorak preden začnemo s primerjavo parametrov velikosti. Na ta način pridobimo na časovni kompleksnosti programa, ker se naše območje iskanja spet zmanjša.

Primerjavi prostornin sledi primerjava parametrov a_1, a_2 in a_3 oziroma velikosti superelipsoidov.

V primeru, da se vsi superelipsoidi ne ujemajo po velikosti in obliki se bo izvajanje programa nadaljevalo z branjem naslednjega predmeta iz baze in spet s ponovitvijo opisanega postopka. Če se vsi superelipsoidi vhodnega predmeta ujemajo po svoji obliki

in velikosti s superelipsoidi prebranega predmeta iz baze smo prišli do najbolj zahtevnega dela: Kako ugotoviti ali so superelipsoidi po položaju in orientaciji enaki (podobni)?

4.1.2 Primerjanje položajev posameznih superelipsoidov

Postopek primerjave položajev posameznih superelipsoidov začnemo tako, da vse superelipsoide oz. njihova središča prestavimo v en koordinatni sistem. Najprej naključno izberemo en superelipsoid, oziroma en koordinatni sistem v katerega bomo prestavili vsa ostala središča. Transformacija točke iz enega koordinatnega sistema v drugi poteka tako, da jo najprej preslikamo v svetovni koordinatni sistem (3), potem pa dobljeno točko preslikamo iz svetovnega v želeni koordinatni sistem (4).

$$\begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{T}_1 \begin{bmatrix} x_{s_1} \\ y_{s_1} \\ z_{s_1} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} x_{s_2} \\ y_{s_2} \\ z_{s_2} \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{T}_2^{-1} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$(x_{s_1}, y_{s_1}, z_{s_1})$ je zapis točke v začetnem objektnem koordinatnem sistemu. V našem primeru, ko transformiramo središča, je $(x_{s_1}, y_{s_1}, z_{s_1}) = (0, 0, 0)$. Točka $(x_{s_2}, y_{s_2}, z_{s_2})$ je transformirano središče v novem koordinatnem sistemu. Transformacijska matrika \mathbf{T}_1 je povezava med starim in svetovnim koordinatnim sistemom, matrika \mathbf{T}_2 pa je povezava med svetovnim in novim objektnim koordinatnim sistemom.

Ko smo izračunali položaje vseh središč pri vhodnem in prebranem predmetu, primerjamo vse razdalje med središči. Tudi to je en medkorak preden ugotovimo ali se položaji središč ujemajo. Na ta način spet zmanjšamo območje iskanja. Pri preverjanju ali se položaji središč ujemajo uporabljamo transformacije kot so rotacije okrog osi x, y, z . Tako skušamo z isto transformacijo vsa središča enega predmeta prevesti na enake točke drugega predmeta.

Če se vsa središča enega predmeta preslikajo v ustrezna središča drugega predmeta, smo ugotovili, da so vsi superelipsoidi enega predmeta v istih medsebojnih položajih kot superelipsoidi drugega predmeta. To seveda še ni zadosten pogoj da sta predmeta enaka. Je potreben, ni pa zadosten.

4.1.3 Orientacije superelipsoidov

Ostal nam je še en korak do končnega rezultata: preverjanje ali se ujemajo orientacije ustreznih superelipsoidov. Postopek, ki nam bo dal to informacijo je

sestavljen iz preslikav posameznih točk. Pri vsakem superelipsoidu sem označila tri točke: $t_1(a_1, 0, 0)$, $t_2(0, a_2, 0)$, $t_3(0, 0, a_3)$ in jih preslikala iz objektnega koordinatnega sistema tega superelipsoida v koordinatni sistem izbranega superelipsoida na isti način kot smo transformirali središča.

Orientaciji superelipsoidov nista enaki le v primeru, ko se točke t_1, t_2 in t_3 preslikajo v enake točke na drugem predmetu. Tukaj upoštevamo še rotacije superelipsoidov v svojem objektnem koordinatnem sistemu. Npr. zaradi simetrije superelipsoidov, se točka $(a_1, 0, 0)$ enega superelipsoida lahko preslika tudi v točko $(-a_1, 0, 0)$ drugega superelipsoida. To je različna točka, predmeta pa sta enaka. Isto velja za ostali dve točki. V primeru da so nekateri od parametrov a_1, a_2 in a_3 med seboj enaki, se množica točk v katere se lahko preslikajo točke t_1, t_2 in t_3 še povečuje. Zaradi tega sem na tem mestu posebej obravnavala kocko ($\epsilon_1 = 0.1, \epsilon_2 = 0.1, a_1 = a_2 = a_3$), valj ki ima krožnico za osnovno ploskev ($\epsilon_1 = 0.1, \epsilon_2 = 1, a_1 = a_2$), ter ostale oblike posebej. Pri krogli ($\epsilon_1, \epsilon_2 = 1, a_1 = a_2 = a_3$) se ta korak izpusti, ker rotacije v objektnem koordinatnem sistemu krogle ne spreminjajo predmeta.

4.2 Izpis rezultatov

Program preiskuje datoteko do konca, se ne vstavi, ko pride do prvega predmeta, ki se ujema z vhodnim predmetom. V večini primerov smo dobili več kot eno rešitev. Zaradi tega rabimo še informacijo o tem v kakšni meri se predmeta ujemata. Ta informacija bo sestavljena iz štirih podatkov:

- mere ujemanja parametrov a_1, a_2 in a_3 :

$$m_1 = 100 - \frac{100}{3N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 \frac{|a'_{ji} - a''_{ji}|}{a''_{ji}} \quad (5)$$

- mere ujemanja razdalje med posameznimi superelipsoidi:

$$m_2 = 100 - \frac{100}{R} \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N \frac{|r_{ij}' - r_{ij}''|}{r_{ij}''} \quad (6)$$

r_{ij} - razdalja med središči i in j ,

R - število vseh močnih razdalj med središči superelipsoidov enega predmeta,

- mere ujemanja položajev posameznih superelipsoidov:

$$m_3 = 100 - \frac{100}{3(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^3 \frac{|x_{ij}' - x_{ij}''|}{|x_{ij}''|} \quad (7)$$

(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}) - preslikano središče i -tega superelipsoida v novi koordinatni sistem,

- mere ujemanja orientacij posameznih superelipsoidov:

$$m_4 = 100 - \frac{100}{3S} \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^3 \frac{|x_{ij}' - x_{ij}''|}{|x_{ij}''|} \quad (8)$$

(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}) - preslikana točka i -tega superelipsoida v novi koordinatni sistem,
 S - število vseh preslikanih točk

Zaradi omejitve izhoda rabimo še en vhodni podatek: *maksimalno odstopanje* v odstotkih. V izhodni datoteki bodo zapisani podatki o tistih predmetih iz baze katerih mere ujemanja bodo v željenem intervalu.

5. Rezultati

Program je napisan v programskem jeziku C in je izvajan na računalniku HP-715. Čas izvajanja je v povprečju 1-2 minute. Odvisen pa je od števila superelipsoidov iz katerih je predmet sestavljen.

Primer je sestavljen iz:

- (a) vhodnega predmeta: vsaka vrstica predstavlja en superelipsoid. Parametri so zapisani po vrsti $a_1, a_2, a_3, \epsilon_1, \epsilon_2, \phi, \theta, \psi, p_x, p_y$ in p_z .
- (b) izhodnega predmeta in njegove mere ujemanja: podatki o predmetu so zapisani na isti način kot vhodni predmet.

(c) slik predmetov,

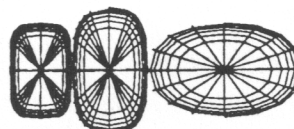
(a)	40	60	90	0.3	0.5	0	0	0	0	0	0
	50	80	20	0.4	0.7	0	3.14	0	90	0	0
	60	100	50	0.5	0.9	0	3.14	1.57	240	0	0

(b)

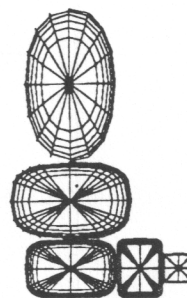
60	100	50	0.50	0.90	0	3.14	3.14	-140	240	0
50	80	20	0.40	0.70	0	3.14	1.57	-140	90	0
40	60	90	0.30	0.50	0	0.00	1.57	-140	0	0
30	40	60	0.20	0.30	0	0.00	0.00	-50	0	0
20	20	30	0.10	0.10	0	0.00	0.00	0	0	0

Ujemanje v	procentih :	
	parametri	: 100.00
	razdalje	: 100.00
	položaji	: 99.99
	orientacije	: 100.00

(c)



Slika 1: Vhodni predmet



Slika 2: Izhodni predmet

Literatura

- [1] T. Horikoshi and H. Kasahara 3-D shape indexing language. In *Proceedings of the International Conference on Computers and Communications*, Scottsdale, AZ. IEEE.
- [2] A. Leonardis, F. Solina, and A. Macerl. A direct recovery of superquadric models in range images using recover-and-select paradigm. In Jan-Olof Eklundh, editor, *Proceedings of Third European Conference on Computer Vision, Vol. I*, pages 309-318, Stockholm, Sweden, May 1994. Springer.
- [3] F. Solina and R. Bajcsy. Recovery of mail piece shape from range images using 3-D deformable models. *International Journal of Research & Engineering, Postal Applications*, Inaugural Issue:125-131, 1989.
- [4] F. Solina and R. Bajcsy. Recovery of parametric models from range images: The case for superquadrics with global deformations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-12(2):131-147, 1990.