Zbornik radova 49. Konferencije za ETRAN, Budva, 5-10. juna 2005, tom I
Proc. 49th ETRAN Conference, Budva, June 5-10, 2005, Vol. I

UNARNE I BINARNE MERE OBJEKATA U VIDEO SEKVENCI

Veljko Papić, Željko Đurović
Elektrotehnički fakultet u Beogradu

Sadržaj – *U ovom radu je razmatran problem prepoznavanja objekata izloženih različitim projektivnim transformacijama poznatom tehnikom zasnovanom na atributskom relacionom grafu (ARG). Reprezentacja objekta invarijantna na proizvoljnu projektivnu transformaciju se sastoji u nalaženju unarnih i binarnih mera koje karakterišu model, a zatim i analizirani objekat u sceni. Definisane su transformacione matrice za 2 tipa transformacija: translaciju i transformaciju sličnosti. Na primeru prepoznavanja karakterističnog oblika izvedene su bazne matrice, definisane baricentrične koordinate, unarne i binarne mere za pomenute transformacije. Eksperimentalno je dokazano da su izvedene binarne mere invarijantne za analizirane transformacije.*

1. UVOD

Prepoznavanje oblika podvrgnutih slobodnim transformacijama je problem kojim se već dugo bave istraživači iz oblasti kompjuterske vizije i digitalne obrade slike. Razmotrimo neki neelastični objekat, koji se nalazi u proizvoljnoj sceni i koji treba da se prepozna. Objekat u trodimenzionom prostoru se projektuje na dvodimenzionu ravan slike. Projektivni prikaz objekta u slici se dobija od modela objekta nekom od projektivnih transformacija. Postoje različiti pristupi prepoznavanju objekata izloženih različitim projektivnim transformacijama.

U ovom radu je analiziran ARG (*Attributed Relational Graph*) pristup koji se sastoji u određivanju unarnih i binarnih mera oblika invarijantnih na projektivne transformacije [1,2]. Ako je moguće u slici izdvojiti objekat iz pozadine, onda je, na osnovu poređenja invarijantnih mera oblika i modela, moguće izvršiti prepoznavanje oblika. Postoji mnogo radova koji se bave definisanjem invarijantnih obležja oblika u odnosu na proizvoljnu projektivnu transformaciju [3,5].

Jedan od načina da se reši problem prepoznavanja se sastoji u definisanju posebnih obeležja, kako u modelu, tako i u slici. Na osnovu nepotpunog poklapanja istih moguće je pridružiti objekat koji se prepoznaje nekom od prethodno definisanih modela. Matematički, problem poklapanja obeležja slike se formuliše kao ARG poklapanje. Lokalna obeležja slike kao što su segmenti poligona, klasteri i regioni boje se često označavaju čvorovima ARG. Geometrijski razmeštaj ovih obeležja, koji predstavlja strukturu slike, koristimo kao relacijske mere (rastojanje, ugao, granice itd). Ove relacijske mere predstavljaju grane u ARG predstavi slike. U ovom kontekstu, poklapanje je, ustvari, proces nalaženja sličnosti između čvorova dva ARG-a, jednog, koji predstavlja sliku koja se analizira (scenu), i drugog, koji predstavlja model objekta koji se prepoznaje.

Moguće je izvesti odgovarajući set unarnih i binarnih mera koje su sposobne da predstave globalna transformaciona ograničenja i tako eliminišu potrebu za koršćenjem relacija visokog reda. Cilj je da se usvoje invarijante koje mogu lokalno da se izračunaju i da se dobiju globalna ograničenja po pitanju binarnih relacija. Iz tog razloga biće generalizovan koncept baricentričnih koordinata [4] koji može da se primeni na bilo koju projektivnu transformaciju.

Baricentrične koordinate se koriste kao invarijantne unarne mere u pristupu ARG poklapanja. Predstava objekta unarnim merama se zatim dopunjava invarijantnim binarnim merama. Tačnije, pokazaće se, da je za par čvorova u ARG, proizvod baricentričnih koordinata sistema za jedan čvor sa inverzijom baricentričnih koordinata sistema za drugi čvor invarijantan pod projektivnom transformacijom za koju se lokalni koordinatni sistem konstruiše [1]. Predložene unarne i binarne invarijantne relacije obezbeđuju ortogonalnu dekompoziciju oblika.

2. PROJEKTIVNE TRANSFORMACIJE

Na početku će biti demonstirano kako se generiše projektivno-invarijantna ARG reprezentacija oblika. Zasebno, ova predstava će se sastojati samo od unarnih i binarnih mera.

Formalno, definisaćemo ARG drugog reda kao kvartet $G=(N,E,f,g)$, gde je N skup čvorova, a $E \subset \{(i,j) \mid i \in N, j \in N\}$ je set grana. $f : N \to X$ je funkcija nad N koja predstavlja unarne mere pridružene čvorovima, gde X predstavlja vektorski prostor unarnih mera; $g : E \to A$ je funkcija koja predstavlja binarne mere pridružene svakoj grani grafa, a A je vektorski prostor binarnih relacijskih mera. Sa N definisanim samo za potrebe obeležavanja, informacije o oblicima sadržane u ARG se manifestuju uglavnom kroz unarne i binarne relacije. Zato je naš glavni zadatak da se definišu unarne i binarne mere koje odgovaraju zahtevima invarijantne projekcije.

Za predstavu oblika koristiće se ivice. ARG reprezentacija zahteva da se nizovi koji predstavljaju ivice razlože u koherentne segmente koji predstavljaju čvorove za "mečovanje". Potrebno je naći temena i tačke prevoja ovih ivičnih nizova pošto je pozicija ovih tačaka relativno stabilna u odnosu na projektivna izobličenja i može biti lokalno detektovana. Da bi se detektovale invarijante, ivični nizovi se dele na takav način da svaki čvor sadrži dovoljan broj suštinskih tačaka za generisanje projektivnih invarijanti. Rezultujići ivični segmenti se koriste kao čvorovi u ARG reprezentaciji.

Proizvoljnu tačku u 2D slici, sa Dekartovim koordinatama $p=(p_{x,}p_y)$, predstavimo homogenim koordinatama:

$$P=(P_x P_y P_z) \tag{1}$$

pri čemu važi $p_x = P_x / P_z$ i $p_y = P_y / P_z$. Na taj način se može predstaviti projekciona transformacija iz tačke p u tačku p' linearnom transformacijom između njihovih homogenih koordinata

$$P' = PT \tag{2}$$

Pošto linearna transformacija u 3D homogenom koordinatnom sistemu odgovara projekciji između dva 2D koordinatna sistema, matrica T može biti iskorišćena za predstavu široke klase 2D projekcija uključujući i afinu i perspektivnu transformaciju [3,5]. Da bi se ilustrovao ovaj pristup, koncentrisaćemo se na sledeća 2 tipa 2D projekcija s obzirom da su oni i predmet ovog rada:

1. *Translacija*, koja se predstavlja sa 2 parametra t_x i t_y u transformacionoj matrici

$$T_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

2. *Transformacija sličnosti*, koja uključuje translaciju, rotaciju i skaliranje. Ona čuva uglove i odnose dužina i ima 4 stepena slobode

$$T_s = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & 0 \\ -r_2 & r_1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Podset transformacije sličnosti se zove i nepokretna (Euklidska) transformacija sa skalirajućim faktorom 1, tj.

$$r_1^2 + r_2^2 = 1 \tag{5}$$

Pored ove dve transformacije postoje još 2 slobodne transformacije: *afina* i *perspektivna transformacije*, ali će njihova analiza biti predmet naših budućih istraživanja.

U sledećem poglavlju će biti izvedene odgovarajuće unarne i binarne mere koje će karakterisati objekat invarijantno u odnosu na obe, pojedinačno, gore navedene transformacije.

3. UNARNE I BINARNE MERE INVARIJANTNE NA PROJEKCIJU

3.1. Generalna forma projektivno-invarijantnih unarnih i binarnih mera zasnovana na obeležjima tačaka

U ovom odeljku ćemo naći binarne i unarne mere zasnovane na skupu referentnih tačaka. Pretpostavićemo da se ove tačke, podvrgnute gore navedenim projektivnim transformacijama, mogu detektovati. Npr. uglovi (ekstremi zakrivljenosti) i bi-tangentne tačke oko konkaviteta ostaju nepromenjene za obe transformacije. Za zadati skup referentnih tačaka, moguće je generisati baznu matricu:

$$B = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \dots & B_{1n} \\ B_{21} & B_{22} & \dots & B_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{m1} & B_{m2} & \dots & B_{mn} \end{bmatrix} \tag{6}$$

gde je svaka vrsta matrice jedan vektor u n-dimenzionom prostoru. Na taj način B definiše koordinatni sistem n-dimenzionog prostora u kome se prostire m vektora matrice B. Ako je dobijena bazna matrica B kvadratna i regularna, može se definisati baricentrična koodrinata tačke P nad bazom B [4] kao

$$C_B(P) = PB^{-1} \tag{7}$$

Primenimo proizvoljnu projektivnu transformaciju T na tačku P i na bazu B. Baricentrične koordinate transformisane tačke su:

$$C_{B'}(P') = C_{BT}(PT) = PT(BT)^{-1} = PB^{-1} = C_B(P) \tag{8}$$

Odavde možemo zaključiti da je baricentrična koordinata invarijantna u odnosu na proizvoljnu projekcionu transformaciju T ako:

1. se može naći bazna matrica B za proizvoljnu sliku bez poznavanja projekcije, tj. obeležja slike koja se koriste za definisanje matrice B moraju biti invarijantna i da ih je moguće pronaći za proizvoljnu projekciju,
2. B je regularna matrica,
3. baza B jedne slike i odgovarajuća baza B' dobijena za odgovarajuću projekciju slike su u sledećem odnosu: $B' = BT$.

Sada konstruišimo unarne i binarne relacije koristeći baznu predstavu. Neka čvor V_i sadrži n tačaka ($P_1,...,P_n$) i neka je baza ovog čvora B_i. Baricentrične koordinate ovih tačaka (zajedno sa merama, kao što su boja i intenzitet, pridruženim ovim tačkama) mogu biti zajedno iskorišćene kao unarna mera čvora:

$$X_i = (C_{B_i}(P_1), C_{B_i}(P_2) ... C_{B_i}(P_n)) \tag{9}$$

Ako se za svako j, $C_{B_i}(P_j)$ računa iz zajedničke baze B_i, tada X_i opisuje oblik segmenta nezavisno od projekcije kojoj podleže. Za 2D transformacije bazne matrice su 3x3 , a invarijantne mere $C_{B_i}(P_j), j = 1,...,n$ su trodimenzioni vektori. Ove tri komponente $C_{B_i}(P_j)$ nisu, pak, međusobno nezavisne. U praksi, 2 od ova 3 broja su potrebna da opišu jednu tačku. U daljem tekstu će to biti pokazano.

Za binarne mere koristimo baricentrične koordinate baze B_i čvora V_i u odnosu na bazu B_j čvora V_j, tj.

$$A_{ij} = B_i B_j^{-1} \tag{10}$$

Može se pokazati da su ove mere takođe invarijantne na proizvoljnu transformaciju T ako su obe baze izmerene za isti nepokretni objekat čija su obeležja podvrgnuta istoj transformaciji. Unarna i binarna obeležja su izvedena iz iste bazne matrice. X_i opisuje unutar-čvorna obeležja dok A_{ij} predstavlja među-čvorne odnose. X_i i A_{ij} zajedno čine ortogonalnu dekompoziciju podataka oblika u unarne i binarne mere.

Globalno ograničenje koje zahteva da svi mečovani čvorovi podležu istoj transformaciji se ogleda u binarnim merama A_{ij} kada proširimo susedstvo čvora V_i na sve $V_j, \forall_j \neq i$ u modelu. Pretpostavimo dva čvora V_i sa B_i i V_j sa B_j u modelu G, kojima odgovaraju dva čvora V_p' sa B_p' i V_q' sa B_q' u sceni G'. Lako se vidi da su odgovarajući (mečovani) parovi (V_i, V_p') i (V_j, V_q'), respektivno, određuju dve moguće transformacije T_{ip} i T_{jq} od modela do scene:

$$B_p' = B_i T_{ip} \,,\; B_q' = B_j T_{jq} \tag{11}$$

Iz poslednje tri jednačine, ako primetimo binarne mere A_{ij} između V_i i V_j i A_{pq}' između V_p' i V_q', tada je

$$A_{pq}' = B_p' B_q'^{-1} = B_i T_{ip} (B_j T_{jq})^{-1} = B_i T_{ip} T_{jq}^{-1} B_j^{-1} = A_{ij}$$
$$\text{ako je } T_{ip} = T_{jq} \tag{12}$$

$$T_{ip} = B_i^{-1} B_p' = (A_{ij} B_j)^{-1} A_{pq}' B_q' = B_j^{-1} A_{ij}^{-1} A_{pq}' B_q' = T_{jq}$$

$$\text{ako je } A_{pq}' = A_{ij} \tag{13}$$

Poslednje dve relacije nam govore sledeće: ukoliko su binarne mere u dve slike iste (tj. $A_{pq}' = A_{ij}$), tada su i odgovarajuće transformacije između dva para obeležja iste, tj. $T_{ip} = T_{jq}$, i obrnuto. Takođe, ako su T_{ip} i T_{jq} različiti, naše binarne mere od ove dve slike moraju biti takođe različite.

3.2. Bazne matrice za različite projekcije

Za translaciono invarijantno poklapanje (3), konvencionalni pristupi obično uključuju korelacione mere. Za ovaj ARG pristup prepoznavanju obično se za mere koriste pravac i udaljenost. U našem pristupu potrebna je samo jedna referentna tačka kao baza pošto je ukupan broj stepeni slobode jednak 2. Neka je referentna tačka (*a*, *b*). Popunjavamo 2 slobodne vrste bazne matrice sa 2 ortogonalna vektora

$$B_t = \begin{bmatrix} a & b & 1 \\ 0 & k_1 & 0 \\ k_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{14}$$

Ako su $k_1 \neq 0$ i $k_2 \neq 0$ realne konstante, očigledno je da je B_t uvek invertibilna. Sve što treba za dokaz da je matrica B_t validna baza je da se dokaže da se koordinate baznih tačaka odgovarajuće transliraju dok su dva ortogonalna vektora nepromenjena, tj:

$$B_t T_t = \begin{bmatrix} a & b & 1 \\ 0 & k_1 & 0 \\ k_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a+t_x & b+t_y & 1 \\ 0 & k_1 & 0 \\ k_2 & 0 & 0 \end{bmatrix} = B_t' \tag{15}$$

Neka je sada proizvoljna tačka predstavljena svojim homogenim koordinatama (*x*, *y*, 1) Invarijantna reprezentacija tačke je

$$(C_x, C_y, C_z) = (x, y, 1) B_t^{-1} = (1, \frac{y-b}{k_1}, \frac{x-a}{k_2}) \tag{16}$$

Kako je C_x konstanta, biramo (C_y, C_z) kao naše invarijantne mere.

Za transformaciju sličnosti datu jednačinom (4) treba da odredimo 4 elementa. Zato biramo dve referentne tačke (*a*, *b*) i (*c*, *d*) i formiramo baznu matricu:

$$B_s = \begin{bmatrix} a & b & 1 \\ c & d & 1 \\ \alpha(a+d-b-c) & \alpha(a+b-d-c) & 0 \end{bmatrix} \tag{17}$$

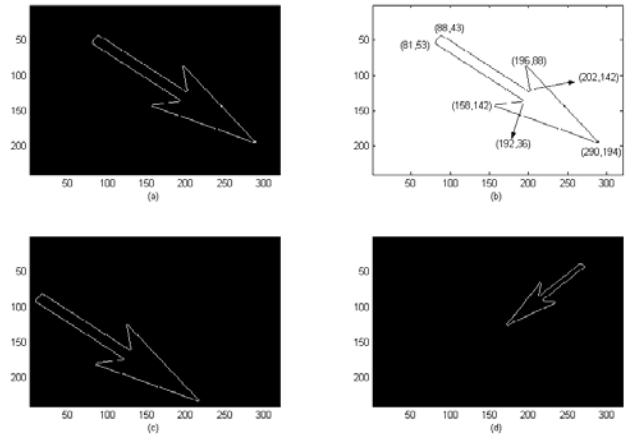
gde je $\alpha \neq 0$ realan broj. Ako razvijemo $B_s T_s$, ponovo se može dokazati da je ovo ispravna bazna matrica. Za proizvoljnu 2D tačku (*x*, *y*) možemo izračunati baricentrične koordinate u odnosu na bazu B_s: $(C_x, C_y, C_z) = (x, y, 1) B_s^{-1}$. Lako se pokazuje da je $C_x + C_y = 1$, te biramo (C_y, C_z) kao invarijantnu reprezentaciju tačke (*x*, *y*) za transformaciju sličnosti. Takođe se lako može dokazati da je matrica B_s regularna i da važi $B_s T_s = B_s'$, čime matrica B_s ispunjava sve uslove da bude validna bazna matrica za transformaciju sličnosti.

Za afinu i za perspektivnu transformaciju se, takođe, mogu odrediti bazne matrice i lako dokazati da su one validne za odgovarajuće transformacije.

U sledećem poglavlju ćemo odrediti bazne matrice koje odgovaraju pojedinim transformacijama, definisati unarne i binarne mere objekta koji predstavljaju karakteristični objekat (strelicu) i eksperimantalno pokazati da se binarne mere, kao projektivno-invarijantne zaista mogu koristiti za prepoznavanje oblika podvrgnutog transformaciji translacije ili sličnosti.

4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Posmatrajmo kruti objekat u obliku strelice i pretpostavimo da smo uspeli da izdvojimo objekat od pozadine i da smo našli granice objekta. Na slici 1 su prikazane binarne slike modela (a) i objekta u sceni koji je podvrnut transformacijama translacije (c) i sličnosti (d).



Slika 1. Objekat u obliku strelice: (a) model; (b)referentne tačke modela; (c) objekat u sceni podvrgnut transformaciji translacije; (d) objekat u sceni podvrgnut transformaciji sličnosti

Prvi korak u definisanju unarnih i binarnih mera je definisanje referentnih tačaka u modelu. Ove tačke moraju biti neporomenljive u procesu neke od slobodnih transformacija. Za referentne tačke se biraju tačke prevoja ili bi-tangentnte tačke koje su za naš model obeležene na slici 1(b).

Da bi se izvršilo prepoznavanje objekta na slici 1(c), koji je samo transliran u odnosu na model, izaberimo tačke modela sa koordinatama i=(290,194) i j=(196,88) kao tačke za koje pravimo bazne matrice (14). Parametre k_1 i k_2 biramo proizvoljno i neka su oni $k_1 = k_2 = 1$. Tada su odgovarajuće bazne matrice oblika

$$B_{t1} = \begin{bmatrix} 290 & 194 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad B_{t2} = \begin{bmatrix} 196 & 88 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{18}$$

Ako u sceni nadjemo tačke (p'=(218,232) i q'=(124,126), respektivno) koje odgovaraju tačkama modela (za koje smo pravili bazne matrice B_{t1} i B_{t2}) po pitanju uglova, onda je moguće odrediti transformacione matrice T_{t1} i T_{t2} (3). Takođe je, na osnovu 3. uslova za validnost bazne matrice, moguće odrediti i bazne matrice u sceni koje odgovaraju transliranim čvorovima modela, B_{t1}' i B_{t2}'. Ako izračunamo baricentrične koordinate (7) referentnih tačaka u modelu i u sceni, za odgovarajuće bazne matrice, može se primetiti da su one iste. Nađimo sada binarnu meru za čvorove modela A_{ij} (10) i odgovarajuću binarnu meru za odgovarajuće čvorove u sceni A_{pq}'. Ove binarne mere su iste.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & 106 & 94 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_{pq}' = \begin{bmatrix} 1 & 106 & 94 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (19)$$

Na osnovu jednakosti unarnih i binarnih mera možemo reći da je objekat na slici 1(c) strelica. Ako ovu proceduru primenimo na bilo koji par referentnih tačaka sa slike 1(b), takođe se primećuje da su unarne i binarne mere modela i objekta u sceni iste.

Sad pokušajmo ispitati da li su objekti na slikama 1(a) i 1(d) isti. Za definisanje bazne matrice za transformaciju sličnosti potrebne su nam 2 referentne tačke (17). Da bi opis procedure bio jasniji napišimo sve referentne tačke na slici 1(b): p_1=(290,194), p_2=(196,88), p_3=(202,122), p_4=(88,43), p_5=(81,53), p_6=(192,136), p_7=(158,142).

Opet ćemo definisati dve čvora u našem grafu, za koje ćemo naći odgovarajuće bazne matrice. Neka je proizvoljna nenulta vrednost parametar $\alpha = 1$. Prvu baznu matricu, B_{s1}, napravimo za tačke p_1 i p_2, a drugu, B_{s2}, za tačke p_6 i p_4, B_{s2}. Njihove vrednosti su:

$$B_{s1} = \begin{bmatrix} 290 & 194 & 1 \\ 196 & 88 & 1 \\ -12 & 200 & 0 \end{bmatrix}, \quad B_{s2} = \begin{bmatrix} 192 & 136 & 1 \\ 88 & 43 & 1 \\ 11 & 197 & 0 \end{bmatrix} \qquad (20)$$

Po pitanju uglova, odgovarajuće tačke objekta u sceni na slici 1(d) su $p_1' = (173,126)$, $p_2' = (233,92)$, $p_6' = (213,83)$ i $p_4' = (271,42)$. Na osnovu ovih koordinata i relacije (2), moguće je odrediti transformacione matrice T_{s1} i T_{s2}, a zatim i bazne matrice koje odgovaraju gore pomenutim tačkama objekta u sceni, B_{s1}' i B_{s2}'. Sada možemo konstruisati unarne i binarne mere za grafove koji odgovaraju modelu objekta i objektu u sceni. Baricentrične koordinate (7) referentnih tačaka u modelu i sceni su jednake. Odgovarajuće binarne mere su:

$$A_{1264} = \begin{bmatrix} 1.9591 & -0.9591 & -0.1583 \\ 1.0676 & -0.0676 & -0.2756 \\ -0.2345 & 0.2345 & 1.1259 \end{bmatrix}$$
$$A_{1264}' = \begin{bmatrix} 1.9786 & -0.9786 & -0.1693 \\ 1.1092 & -0.1092 & -0.2660 \\ -0.1935 & 0.1935 & 1.0628 \end{bmatrix} \qquad (21)$$

Binarne mere se vrlo malo razlikuju. Na osnovu jednakosti unarnih i sličnosti binarnih mera možemo da zaključiti da je objekat u sceni na slici 1(d) transformisana strelica. Vrlo je bitno napomenuti da binarne mere modela i scene nisu iste u potpunosti zbog konačne rezolucije slike.

Pokušajmo da definišemo kriterijum na osnovu koga možemo reći da li objekat u sceni odgovara modelu objekta. Neka je taj kriterijum dat sledećom jednačinom:

$$\varepsilon = \max\{|A_{ij} - A_{pq}'| ./ (0.5 \cdot |A_{ij} + A_{pq}'|)\} \qquad (22)$$

gde matrice A_{ij} i A_{pq}' odgovaraju jednačinama (12) i (13), dok operator deljenja matrica označava deljenje element po element. Napravimo sada eksperiment gde smo pogrešno detektovali tačke u sceni koje odogovaraju referentnim tačkama u modelu. Detektujmo pogrešno samo čvor p_2' i neka je on $p_2' = (216,67)$. U ovom slučaju dobićemo da je $\varepsilon_2 = 7.5018$, dok se u slučaju ispravnog detektovanja čvora p_2' dobija da je $\varepsilon_1 = 0.1917$.

Postavljanjem granice kriterijuma (22) na 0.3, što je eksperimentalno određeno, možemo odrediti da li neki objekat u sceni odgovara modelu ili ne.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je analiziran pristup prepoznavanju objekata u slici zasnovan na poređenju unarnih i binarnih mera modela objekta i objekta u sceni. Definisane su transformacione matrice za transformacije translacije i sličnosti. Detaljno je objašnjen način definisanja unarnih i binarnih mera. Takođe je dat i kriterijum na osnovu koga se može reći da li objekat koji se prepoznaje odgovara modelu, ili ne. Nizom eksperimenata je dokazana ispravnost ove procedure prepoznavanja. Ciljevi budućeg istraživanja se sastoje u analizi afine i perspektivne transformacije i primeni procedure za prepoznavanje objekata u sekvenci pokretnih slika u realnom vremenu.

LITERATURA

[1] Z. Shao, J. Kittler, “Shape representation and recognition based on invariant unary and binary relations”, *Image and Vision Computing 17, pp. 429-444*, Elsevier, 1999

[2] A. Ahmadyfard, J. Kittler, “Region-Based Object Recognition: Pruning Multiple Representations and Hypotheses”, *In Proc. of British Machine Vision Conference, 745-754, 2000*

[3] T.H. Reiss, “Recognizing planar objects using invariant image features”, *Springer Verlag*, Berlin 1993

[4] C. Gotsman, “On the most robust affine basis”, *PRL 14, 647-650, 1993*

[5] L.G. Shapiro and G.C. Stockman, “Computer Vision”, *Prentice Hall*, New Jersey 2001

Abstract: The problem of transformation invariant object recognition is considered. The procedure for solving this problem, analzyed in this paper, is well known approach based on Attributed Relational Graph (ARG). The projection invariant object representation is based on defining and matching unary and binary measurements of object model and object in scene. Two transformation matrices are defined: for translation transformation and similarity transformation. The unary and binary measurements are defined for a characteristic object. By experiments is aproved that the binary measurements are projection invariant.

OBJECT UNARY AND BINARY MEASUREMENTS IN VIDEO SEQUENCE

V. Papić, Ž Đurović