

Uticaj izbora mere sličnosti na praćenje objekata primenom “mean-shift” procedure

Dimitrije M. Bujaković, Boban P. Bondžulić

Sadržaj — U radu je analiziran uticaj izbora mere sličnosti na praćenje objekata na slici scene primenom mean-shift procedure. Kao mere sličnosti histograma modela objekta i kandidata za objekata koriste se Bhattacharyya koeficijent i aposteriorna verovatnoća, a za mere poređenja uzete su greška lokalizacije i broj iteracija pri određivanju pozicije objekta.

Ključne reči — Bhattacharyya koeficijent, mean shift procedura, mera sličnosti, aposteriorna verovatnoća.

I. UVOD

U aplikacijama prepoznavanja oblika postoji potreba da se odredi sličnost između dve slike ili delova slika. Sličnost se može odrediti u prostornom ili frekvencijskom domenu. Jedan od kriterijuma koji daje informacije o sličnosti između funkcija gustine verovatnoće dve slike je Bhattacharyya koeficijent [1]. Mnogi istraživači koriste Bhattacharyya distancu za određivanje sličnosti dve slike ili delova slika. Na primer, u [2], [3] se koristi u praćenju pokretnih objekata zajedno sa mean-shift procedurom.

Kod praćenja pokretnih objekata vrši se pretraživanje regiona od interesa. Unutar regiona pretraživanja određuje se kandidat za objekat koji ima najbolje slaganje sa modelom objekta.

Bhattacharyya koeficijent predstavlja normalizovanu distancu histograma modela objekta i histograma kandidata za objekat. Očekuje se da maksimum funkcije bude na poziciji pokretnog objekta u tekućem frejmu.

U [1] su korišćene monohromatske slike i pokazano je da je određivanje pozicije objekta korišćenjem Bhattacharyya koeficijenta nepouzdan. Zaključeno je da spektralne informacije prisutne u monohromatskim slikama nisu dovoljne za ispravan rad Bhattacharyya koeficijenta.

Pikseli pozadine koji su uključeni u model cilja mogu značajno uticati na vrednost sličnosti. Zbog toga je u [4] predložena mera aposteriorne verovatnoće - PPM (posterior probability measure) koja pravi razliku između piksela cilja i piksela pozadine. U određivanju vrednosti mere koristi se statistika nivoa sivog unutar regiona pretraživanja. Mera značajno može umanjiti uticaj piksela pozadine.

Kako bi se poboljšale performanse praćenja pokretnih objekata u [5] je predložena modifikacija Bhattacharyya koeficijenta. U predloženoj modifikaciji daje se različit značaj modelu objekta i kandidatu za objekat.

D. M. Bujaković, Vojna akademija u Beogradu, Srbija (telefon: 381-64-359-40-75; e-mail: dbujakovic@verat.net).

B. P. Bondžulić, Vojna akademija u Beogradu, Srbija (telefon: 381-64-143-82-79; e-mail: bondzulici@yahoo.com).

Izbor odgovarajuće mere sličnosti je bitan uslov za uspeh mnogih metoda. U ovom radu, mere sličnosti su analizirane kao dodatak podacima datim u obliku histograma.

Apriorne informacije i statistike obeležja se mogu koristiti pri izboru ili uvođenju novih mera sličnosti. U praksi, mera sličnosti je često osnova nekog algoritma. Postoje mnoge funkcije distanci koje se mogu koristiti kao mere sličnosti između većine karakteristika. Dve možda najčešće korišćene distance su Euklidska (Euclidean) i Manhattan. Međutim, upotreba distanci zavisi od tipa podataka.

II. BHATTACHARYYA KOEFICIJENT KAO MERA SLIČNOSTI DVA HISTOGRAMA

Algoritam za detekciju i praćenje objekata na slici scene korišćenjem mean-shift procedure predstavljen je u [2], [3]. Deo slike u kome se nalazi objekat je opisan modifikovanim histogramom. Modifikovani histogram modela objekta je definisan kao:

$$\hat{q}_u = C \sum_{i=1}^n k \left(\|x_i^* - u\|^2 \right) \delta [b(x_i^* - u)] \quad (1)$$

pri čemu je u nivo sivog, $b(x_i^*)$ je vrednost nivoa sivog i -tog piksela, δ je Kronekerova delta funkcija a C je normalizaciona konstanta. Modifikovani histogram pripisuje veće vrednosti pikselima koji su bliže centru objekta koji se prati. Robustnost algoritma je postignuta zahvaljujući monotonu opadajućem kernelu, k , koji se koristi za određivanje modifikovanog histograma.

Pretpostavimo da je deo slike u kome se nalazi kandidat za objekat u tekućem frejmu pomenen za y piksela. Modifikovani histogram kandidata za objekat se definiše kao:

$$\hat{p}_u(y) = C_h \sum_{i=1}^{n_h} k \left(\left\| \frac{y - x_i}{h} \right\|^2 \right) \delta [b(x_i^* - u)] \quad (2)$$

gde je C_h normalizaciona konstanta a h širina kernela.

Sličnost modifikovanih histograma modela objekta i kandidata za objekat se može definisati kao:

$$\hat{\rho}(y) \equiv \rho[\hat{p}(y), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y) \hat{q}_u} \quad (3)$$

Izraz (3) predstavlja Bhattacharyya distancu modifikovanih histograma modela objekta i kandidata za objekat. U (3) je sa m označen broj binova (obeležja) histograma. Vidi se da je sličnost jednaka jedinici ukoliko su histogrami kandidata za objekat i modela objekta identični.

Razlika dva modifikovana histograma se definiše kao:

$$d(y) = \sqrt{1 - \rho[\hat{p}(y), \hat{q}]} \quad (4)$$

Koristeći razvoj u Tajlorov red oko tačke $\hat{p}(y_0)$, funkcija sličnosti je:

$$\rho[\hat{p}(y), \hat{q}] \approx 0.5 \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(\hat{y}_0) \hat{q}_u} + \frac{C_h}{2} \sum_{i=1}^{n_h} w_i k \left(\left\| \frac{y - x_i}{h} \right\|^2 \right) \quad (5)$$

Težinski koeficijenti w_i se mogu izračunati kao:

$$w_i = \sum_{u=1}^m \delta[b(x_i) - u] \sqrt{\frac{\hat{q}_u}{\hat{p}_u(\hat{y}_0)}} \quad (6)$$

Minimalna razdaljina modifikovanih histograma se dobija pronalaženjem maksimuma drugog člana u (5). Ukoliko se koristi kernel Epanechnikov-a, pozicija objekta za koju je rastojanje minimalno se može definisati kao:

$$y_{j+1} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (7)$$

Algoritam za praćenje objekata korišćenjem mean-shift procedure izvršava se kroz nekoliko koraka, pri čemu su apriori poznati modifikovani histogram modela objekta koji se želi pratiti q_0 i pozicija objekta u prethodnom frejmu y_0 :

Korak 1: računanje modifikovanog histograma kandidata za objekat na poziciji objekta u prethodnom frejmu,

Korak 2: računanje težinskih koeficijenata korišćenjem (6),

Korak 3: određivanje pozicije objekta u tekućem frejmu korišćenjem (7),

Korak 4: ukoliko je razlika sukcesivnih pozicija objekta manja od prethodno definisane vrednosti ε , procedura se zaustavlja. Ukoliko je razlika veća od ε , ponavlja se korak 1, pri čemu se modifikovani histogram kandidata za objekat računa na poziciji određenoj u koraku 3.

Kako se u toku praćenja mogu menjati dimenzije i oblik objekta, mean-shift algoritam se izvršava tri puta za tri različite širine kernela.

III. PPM DISTANCA KAO MERA SLIČNOSTI DVA HISTOGRAMA

Pikseli pozadine koji su uključeni u model objekta mogu uticati na tačnost lokalizacije. Jedan od načina da se greška lokalizacije smanji je da se različito tretiraju pikseli pozadine i pikseli objekta. Region u kome se vrši određivanje sličnosti je najčešće znatno veći od objekta koji se prati. Drugim rečima, veći deo regiona pretraživanja pripada pikselima pozadine. Zbog toga se histogram regiona pretraživanja može iskoristiti u određivanju statističkih karakteristika pozadine i objekta.

Neka je s histogram osvetljenosti regiona pretraživanja. U [4] se pošlo od pretpostavke da veće vrednosti odbiraka histograma pripadaju pikselima pozadine pa je uvedena mera sličnosti definisana sa:

$$\phi(p, q) = \frac{1}{C} \sum_{u=1}^n \frac{p_u q_u}{s_u} \quad (8)$$

pri čemu s_u , p_u i q_u predstavljaju u -te elemente histograma kandidata za objekat p , modela objekta q i regiona pretraživanja s , a C je normalizaciona konstanta.

Algoritam zasnovan na mean-shift proceduri je lokalna strategija za pronalaženje maksimalne sličnosti. U slučaju korišćenja PPM distance kao mere sličnosti dva histograma, izračunavanje pozicije objekta definisano je sa (7) i algoritmom praćenja opisanim u prethodnom poglavlju. Razlika se ogleda u definisanju težinskog koeficijenta koji je, u slučaju korišćenja PPM distance, definisan kao:

$$w_i = \frac{q_u(j)}{s_u(j)} \quad (9)$$

Primenjujući ovako definisan težinski koeficijent i mean-shift proceduru, može se odrediti pozicija objekta u tekućem frejmu.

IV. REZULTATI

Kvantitativna analiza uticaja mera sličnosti na praćenje objekata izvršena je kroz eksperiment praćenja pokretnog objekta u sekvenci veštački generisanih slika. Kao kvantitativne mere praćenja koriste se greška lokalizacije i broj iteracija potrebnih za određivanje pozicije. Greška lokalizacije je definisana kao:

$$d = \sqrt{(x_d - x_r)^2 + (y_d - y_r)^2} \quad (10)$$

pri čemu su (x_d, y_d) detektovane pozicije objekta i (x_r, y_r) stvarne pozicije objekta u tekućem frejmu.

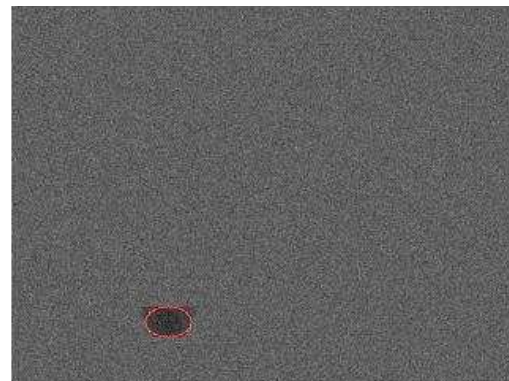
U sprovedenom eksperimentu objekat koji se prati je predstavljen trapezom osnovica 39 i 19 piksela i visine 19 piksela (Sl. 1). U inicijalnom frejmu sekvence objekat se nalazi na poziciji (200,100). Objekat se kreće brzinom od 1 piksela po frejmu sa leva na desno. Analizirana sekvencija sadrži 100 frejmova.

Pozadina je uniformno raspodeljena i njena osvetljenost je 97.7. Osvetljenost objekta je definisana kao:

$$I(x, y) = I_{\max} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2}}, (x,y) \in R_d \quad (11)$$

I_{\max} je maksimalna vrednost nivoa sivog objekta i iznosi 55.3, a R_d je oblast definisanosti objekta. Frejmovima sekvence je dodavan Gausov šum nulte srednje vrednosti i standardne devijacije 10 nivoa sivog.

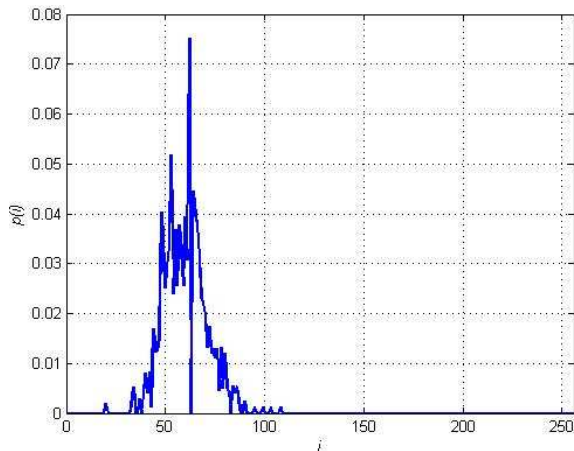
Početni frejm sekvence korišćene u eksperimentu, sa označenim objektom koji se prati, je prikazan na Sl. 1.



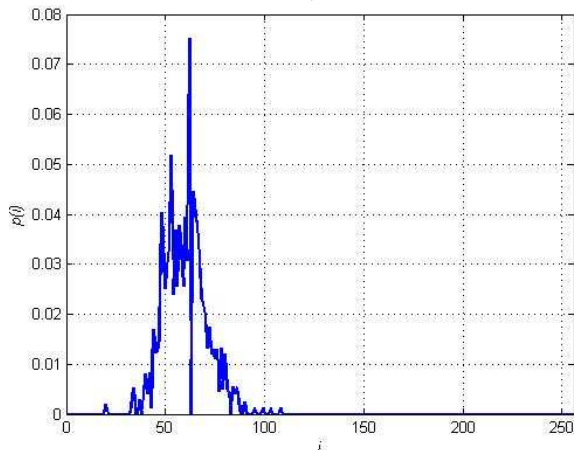
Sl. 1. Početni frejm sekvence korišćene u eksperimentu

Sličnost modela objekta sa kandidatom za objekat određena je na tri načina: određivanjem Bhattacharyya distance histograma objekta i kandidata za objekat (BDN), određivanjem Bhattacharyya distance modifikovanih histograma objekta i kandidata za objekat (BDM) i određivanjem PPM distance histograma (PPM).

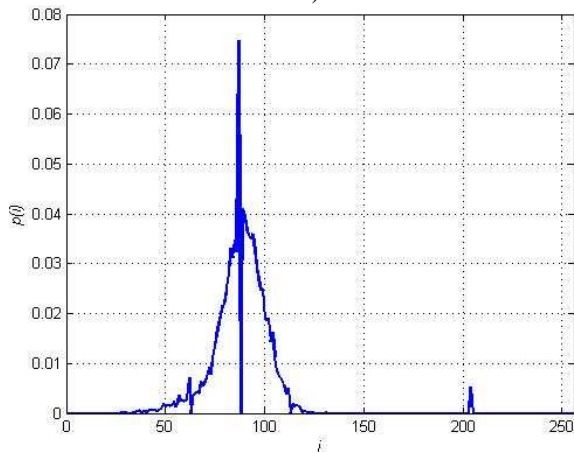
Histogram nivoa sivog objekta, modifikovani histogram nivoa sivog objekta i histogram regiona od interesa u početnom frejmu, su prikazani na Sl. 2.



a)



b)

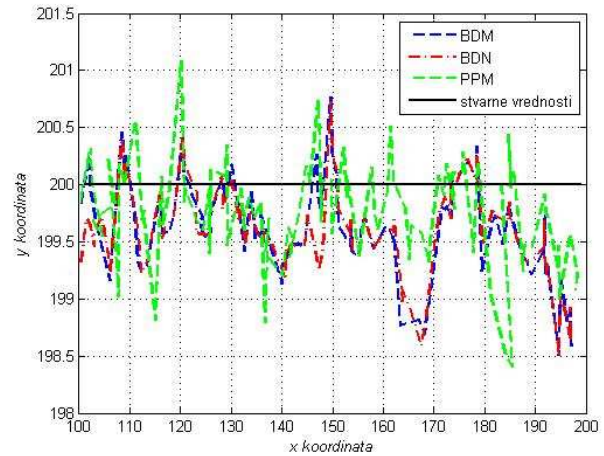


c)

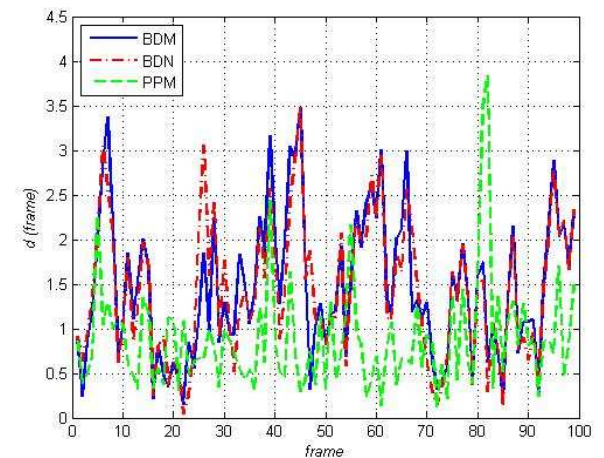
Sl. 2. a) Histogram nivoa sivog objekta, b) modifikovani histogram nivoa sivog objekta, c) histogram regiona pretraživanja

Sa Sl. 2c vidi se da je histogram lociran oko vrednosti nivoa sivog pozadine. Sa slike se vidi da većina piksela regiona pretraživanja potiče od piksela pozadine (vrednosti nivoa sivog objekta su locirane oko vrednosti 55.3).

Korišćenjem mean-shift procedure i analiziranih mera sličnosti u svakom od frejmova su određene pozicije pokretnog objekta. Na Sl. 3 su prikazane detektovane i stvarne pozicije objekta, dok su na Sl. 4 prikazane vrednosti greške lokalizacije.



Sl. 3. Detektovane i stvarne pozicije objekta u analiziranoj sekvenci slika



Sl. 4. Greške lokalizacije u frejmovima analizirane sekvence

U tabeli 1 su date srednje vrednosti, standardne devijacije i maksimalne vrednosti greške lokalizacije.

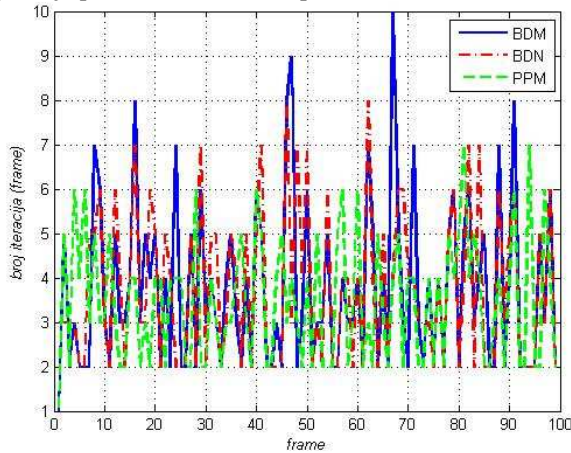
TABELA 1: Statističke vrednosti greške lokalizacije

	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Maksimalna vrednost
BDN	1.412	0.7739	3.483
BDM	1.445	0.7947	3.482
PPM	0.8698	0.6043	3.834

Iz table 1 vidi se da je srednja vrednost greške lokalizacije najmanja ukoliko se kao mera sličnosti histograma koristi PPM. Međutim, sa Sl. 4 i 5 vidi se da postoje frejmovi sekvence u kojima je greška lokalizacije korišćenjem mere PPM veća od 3.5 piksela. Takođe,

srednja vrednost greške lokalizacije ukoliko se primenjuje Bhattacharyya distanca nad modifikovanim histogramima je nešto veća nego kada se koriste nemedifikovani histogrami.

Na Sl. 5 je prikazan broj iteracija potrebnih za računanje pozicija primenom mean-shift procedure.



Sl. 5. Broj iteracija pri određivanju pozicije objekta

U tabeli 2 su date statističke vrednosti broja iteracija potrebnih za određivanje trenutne pozicije pokretnog objekta.

TABELA 2: Statističke vrednosti broja iteracija

	Srednja vrednost	Standardna devijacija	Maksimalna vrednost
BDN	3.737	1.765	8
BDM	3.727	1.916	10
PPM	3.444	1.43	7

Iz tabele 2 vidi se da je za određivanje pozicije pokretnog objekta najmanji broj iteracija potreban pri korišćenju mere PPM.

V. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran uticaj izbora mere sličnosti na praćenje objekata na slici scene primenom mean-shift

procedure. Greška lokalizacije zavisi od izbora mere sličnosti. Pokazano je da PPM distanca daje bolje rezultate lokalizacije nego kada se kao mera sličnosti koristi Bhattacharyya koeficijent. Međutim, bez obzira na izbor mere sličnosti greške lokalizacije mogu biti značajne. Može se zaključiti da spektralne informacije prisutne u histogramu slike nisu dovoljne u aplikacijama praćenja pokretnih objekata.

Korišćenje prostornih informacija može poboljšati tačnost lokalizacije. Takođe, kombinovanjem informacija susednih binova histograma mogu se dobiti robustnije mere sličnosti.

LITERATURA

- [1] M.S. Khalid, M.U. Ilyas, M.S. Sarfanaz, M.A. Ajaz, "Bhattacharyya Coefficient in Correlation of Gray-Scale Objects", *Journal of Multimedia*, Vol. 1, No. 1, April 2006.
- [2] D. Comaniciu, P. Meer, "Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 24, No.5, May 2002.
- [3] D. Comaniciu, V. Ramesh, P. Meer, "Kernel-Based Object Tracking", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 25, No.5, May 2003.
- [4] Z. Feng, N. Lu, P. Jiang, "Posterior probability measure for image matching", *Pattern Recognition*, Vol. 41, pp. 2422-2433, 2008.
- [5] N. Lu, Z. Feng, "Mathematical model of blob matching and modified Bhattacharyya coefficient", *Image and Vision Computing*, Vol. 26, pp. 1421-1434, 2008.

ABSTRACT

In this paper we analyzed similarity measures selection in tracking moving objects using mean-shift procedure. We investigate Bhattacharyya distance and posterior probability measures as similarity measures among object histograms and candidate histograms. As quantitative measures we used object localization error and number of iterations for position estimation.

SIMILARITY MEASURE INFLUENCE ON TRACKING MOVING OBJECTS USING MEAN-SHIFT PROCEDURE

Dimitrije Bujaković, Boban Bondžulić