

## IZDVAJANJE POKRETNIH OBJEKATA IZ SEKVENCI SLIKA NEZAVISNO OD OSVETLJAJA SCENE

Miodrag Popović, Vesna Zeljković  
 Elektrotehnički fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd  
 e-mail: pop@el.etf.bg.ac.yu

**Sadržaj** - U ovom radu je opisan jedan novi postupak za izdvajanje pokretnih objekata iz sekvenci slika. Opisani postupak je nezavisan od osvetljaja scene i zasnovan je na selektivnom osvežavanju pozadine i adaptaciji praga za segmentaciju slike. Kvalitet predloženog metoda ilustrovan je na primeru segmentacije jedne TV sekvence.

### 1. UVOD

Poslednjih godina sprovedena su opsežna istraživanja u vezi primene tehnika obrade slike za detekciju pokretnih objekata u sekvenci slika neke scene. Ovakvi sistemi se sve više primenjuju u regulaciji saobraćaja [1]-[3], nadzoru prelaza preko pruge [4], nadzoru raznih objekata [5], itd. Za ovakve sisteme u svetu postoji veliko interesovanje o čemu svedoči činjenica da se u SAD, Japanu i Evropi već koristi nekoliko takvih sistema.

S obzirom na činjenicu da je učestanost slika u TV sekvenci 25 slika/s, za obradu slike u realnom vremenu potrebno je da algoritmi za obradu budu jednostavni, efikasni i brzi. Najčešće primenjivani algoritmi za detekciju pokretnih objekata u realnom vremenu su zasnovani na izdvajanju pozadine raznim operacijama vezanim za pragove odlučivanja. Međutim, efikasnost ovih metoda u velikoj meri zavisi od tačnosti tehnika osvežavanja pozadine i izbora odgovarajućeg praga.

U ovom radu je predstavljena efikasna i brza tehnika osvežavanja pozadine u kojoj je detekcija objekata u procesu analize slike zasnovana na formiranju jednostavne razlike slika i primeni medijan filtriranja slike razlike. Dodatne informacije za razlikovanje pokretnih od nepokretnih objekata dobijene su višestrukom primenom tehnika formiranja razlike i osvežavanja pozadine na različite slike u sekvenci, čime je postignuta separacija pokretnih objekata sa analizirane scene od pozadine scene.

Rad se sastoji iz pet delova. U drugom odeljku su opisane tehnike izdvajanja pokretnog objekta, a u trećem odeljku tehnike za osvežavanje pozadine. U četvrtom odeljku su prikazani rezultati analize slike dobijenih primenom algoritma selektivnog osvežavanja pozadine sa usrednjavanjem i medijan filtriranjem. Poslednji deo sadrži zaključke koji su izvedeni iz eksperimentalnih rezultata.

### 2. IZDVAJANJE OBJEKTA IZ POZADINE

Izdvajanje objekata iz scene najčešće se vrši formiranjem razlike tekuće slike i slike pozadine bez pokretnog objekta [1]-[6]. Ukoliko je razlika vrednosti dva odgovarajuća piksela manja od nekog unapred propisanog praga, smatra se da nije bilo promene i da piksel pripada pozadini, a ako je veća, smatra se da je došlo do promene i da piksel pripada objektu. Dakle, algoritam detekcije objekta se može prikazati

sledećim pseudokodom, koji se primenjuje na svaki piksel slike:

```
If (  $D_{n1} = |C_n - B_n| > T_1$  )
   $O_n = 1$  // (objekt)
Else
   $O_n = 0$  // (pozadina)
```

(1)

gde je  $C_n$  tekuća slika,  $B_n$  slika pozadine,  $D_{n1}$  slika razlike, a  $O_n$  binarna slika razlike.

Osnovni problem kod izdvajanja objekta od pozadine je promena osvetljaja scene, koja čini da se slika pozadine menja. Na otvorenom prostoru, ove promene su posledica doba dana (jutro, dan, sumrak, noć), meteoroloških uslova (sunčan dan, kiša, sneg, magla, itd.) i pojave veštačkog osvetljenja. Pomenuti problem postaje još komplikovaniji za vreme sunčanih dana usled prostornih promena uzrokovanih pojavom i nestankom senki oblaka ili senki pokretnih objekata. Zbog ovakvih promena pozadine mora se primeniti neka tehnika adaptacije osvetljenosti pozadine nastalim promenama. Takve tehnike su poznate pod nazivom osvežavanje pozadine.

### 3. OSVEŽAVANJE POZADINE

Osvežavanje pozadine se mora izvršiti pri svakoj promeni nivoa osvetljaja posmatrane slike. Međutim prekidanje procesa u realnom vremenu kada je neophodno osvežavanje pozadine nije uvek moguće. Zbog toga tehnika osvežavanja pozadine mora da bude automatska i simultana sa obradom slike u realnom vremenu.

Najjednostavniji algoritam za osvežavanje pozadine, koji je korišćen u postupcima za detekciju pokretnih objekata pre desetak godina [2], zasnovan je na eksponencijalnom usrednjavanju više slika iz sekvence prema jednačini:

$$B_{n+1} = kB_n + (1 - k)C_n \quad (2)$$

gde je  $B_{n+1}$  osvežena slika pozadine, koja će biti korišćena prilikom izdvajanja objekta iz sledeće slike u sekvenci, a  $k < 1$  konstanta kojom se reguliše brzina osvežavanja. Kako su tipične vrednosti konstante  $k \approx 1$ , uticaj trenutne slike na osvežavanje pozadine je mali. Najvažniji nedostaci ovog metoda su što se u slici pozadini pojavljuje objekt i što je izbor pogodne vrednosti konstante  $k$  skoro nerešiv problem.

Promene osvetljenosti ambijenta su obično manje od promena uzrokovanih kretanjem objekata na sceni. Ova činjenica ukazuje na mogućnost da se osvežavanje pozadine primenjuje samo na one segmente analizirane scene koji nisu pokriveni pokretnim objektom. Proces osvežavanja bi se mogao realizovati jednostavnom zamenom vrednosti piksela

pozadine sa vrednošću odgovarajućeg piksela iz tekuće slike, što se postiže sledećom modifikacijom algoritma (1) [3]:

```

If (  $D_{n1} = |C_n - B_n| > T_1$  )
   $O_n = 1$  // (objekt)
   $B_{n+1} = B_n$  // (nema osvežavanja) (3)
Else
   $O_n = 0$  // (pozadina)
   $B_{n+1} = C_n$  // (osvežavanje pozadine)

```

Ova tehnika selektivnog osvežavanja pozadine daje bolje rezultate od prethodne, ali kvalitet osvežavanja pozadine vrlo mnogo zavisi od izbora vrednosti praga  $T_1$ , koji predstavlja kompromis između kvaliteta osvežavanja i kvaliteta izdvajanja objekta.

Prethodna dva metoda osvežavanja pozadine se mogu kombinovati, čime se dobija metod selektivnog osvežavanja sa usrednjavanjem. Usrednjavanjem se ublažavaju problemi usled nekorektnosti klasifikacije piksela, a selektivnim osvežavanjem se postiže brža reakcija na promene osvetljenja pozadine [6]. Pseudokod algoritma sada izgleda ovako:

```

If (  $D_{n1} = |C_n - B_n| > T_1$  )
   $O_n = 1$  // (objekt)
   $B_{n+1} = B_n$  // (nema osvežavanja) (4)
Else
   $O_n = 0$  // (pozadina)
   $B_{n+1} = (B_n + C_n) / 2$  // (osvežavanje)

```

U mnogim primerima je potrebno detektovati zaustavljanje pokretnog objekta na sceni, što opisani algoritam ne može da otkrije. Za otkrivanje pokreta je potrebno izvršiti još jedno dodatno testiranje, kojim se poredi apsolutna vrednost razlike piksela na istim pozicijama u dve sukcesivne slike u sekvenci. Ako je ova razlika veća od nekog praga, piksel pripada pokretnom objektu. Modifikovani algoritam za detekciju objekta i osvežavanje pozadine se može prikazati Tabelom 1:

Tabela 1: Tabela odlučivanja algoritma za detekciju pokretnih objekata u sceni i osvežavanje pozadine.

$D_{n1} > T_1$	Ne	Ne	Da	Da
$D_{n2} > T_2$	Ne	Da	Ne	Da
Osvežavanje	Da	Ne	Ne	Ne
Objekt	Ne	Ne	Da	Da
Status	Pozadina	Odlazeci objekt	Zaustavljeni objekt	Pokretni objekt

Pseudokod kojim se realizuje algoritam odlučivanja iz Tabele I izgleda ovako:

```

If (  $D_{n1} = |C_n - B_n| > T_1$  )
   $B_{n+1} = B_n$  // (nema osvežavanja)
  If (  $D_{n2} = |C_n - C_{n-1}| > T_1$  )
     $O_n = 1$  // (pokretni objekt)
  Else
    If (  $D_{n2} = |C_n - C_{n-1}| < T_1$  )
       $O_n = 0$  // (pozadina)
       $B_{n+1} = (B_n + C_n) / 2$  // (osvežavanje) (5)

```

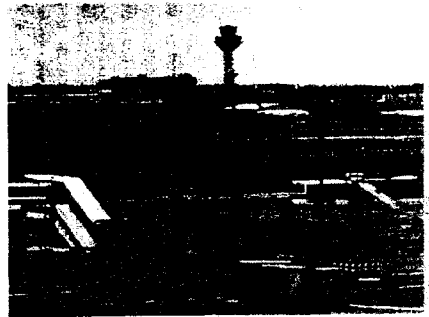
gde je  $C_{n-1}$  prethodna slika u sekvenci.

Kao što se vidi, osvežavanje pozadine se vrši pod znatno restriktivnijim uslovima nego u prethodnom algoritmu, što doprinosi poboljšanju kvaliteta pozadine.

Važnu ulogu u algoritmu igra izbor vrednosti pragova  $T_1$  i  $T_2$ . Mala vrednost pragova utiče da se veći broj piksela klasifikuje kao pokretni objekt. Zbog toga se optimalne vrednosti pragova moraju odrediti na osnovu analize histograma slika apsolutnih razlika  $D_{n1}$  i  $D_{n2}$  u nekom vremenskom intervalu. Time se ujedno postiže i adaptacija pragova na promene uslova osvetljenja scene, kao i na pojavu objekta u sceni. Naime, kada se pojavi objekt u sceni, histogrami obe slike razlike se šire. Pa ipak, za normalne uslove osvetljenja, najbolji rezultati se dobijaju kada su vrednosti pragova svega nekoliko procenata od maksimalnog osvetljenja (najčešće 255).

#### 4. REZULTATI

Opisani algoritam detekcije objekta i osvežavanja pozadine primenjen je za analizu TV sekvence *Avion*, koja predstavlja putnički avion koji se kreće po pisti. Sekvenca se sastoji od 50 monohromnih slika rezolucije  $640 \times 480$  piksela sa 256 nivoa sivog (8 bita). Učestanost slika je 25 slika/s. Na Slici 1 je prikazana prva slika sekvence, koja predstavlja samo pozadinu, dok je na Slici 2 prikazana 35. slika sekvence, na kojoj je jasno uočljiv pokretni objekt (avion).



Slika 1. Prva slika iz sekvence Avion.



Slika 2. Trideset peta slika iz sekvence Avion.

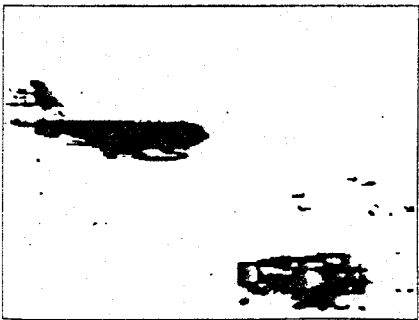
Na pomenutu sekvencu je primenjen algoritam selektivnog osvežavanja sa usrednjavanjem i detekcijom pokreta, opisan pseudokodom (5). Naredne slike prikazuju rezultate pojedinih faza algoritma. Tako je na Slici 3 prikazana segmentirana slika razlike slike 35 i tekuće slike pozadine kada su primenjeni pragovi  $T_1 = T_2 = 15$ .



Slika 3. Slika razlike posle segmentacije sa pragom 15.

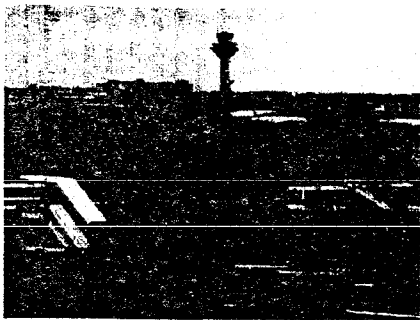
Na slici 3 se primećuju dva pokretna objekta, avion (u levom delu slike) i kamion (u donjem desnom delu slike). Međutim, primećuje se da je velik broj piksela pogrešno klasifikovan kao objekti, što je posledica velikog šuma u slikama i podrhtavanja kamere. Takvi pikseli bi pokvarili osvežavanje pozadine i time pogoršali kvalitet izdvajanja objekta u narednim slikama. U cilju eliminacije šuma, na segmentiranu sliku razlike je primenjen kvadratni medijan filter dimenzija  $7 \times 7$  piksela. Kao što je poznato, medijan filter je vrlo efikasan za uklanjanje impulsnog šuma, pri čemu ne vrši deformaciju ivica u obrađivanoj slici.

Rezultat primene medijan filtra je prikazan na Slici 4, odakle se vidi da je šum skoro sasvim eliminisan iz segmentirane slike.



Slika 4. Segmentirana slika razlike posle medijan filtriranja filtrom dimenzija  $7 \times 7$ .

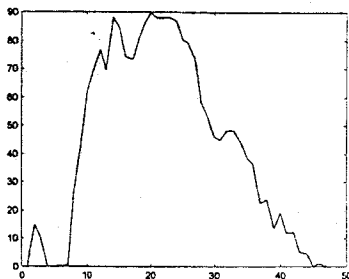
Osvežena slika pozadine prikazana je na slici 5. Na njoj se mogu uočiti vrlo male deformacije u okolini konture aviona, koje su posledica pogrešno klasifikovanih piksela. Inače, kvalitet osvežene slike pozadine je vrlo dobar, što se može uočiti poređenjem sa Slikom 1 jer se uslovi osvetljenja scene nisu promenili.



Slika 5. Osvežena slika pozadine.

U praktičnoj realizaciji opisnog algoritma uočava se da zbog velikog broja piksela u slici, i pored velike jednostavnosti algoritma, nije moguće da se on realizuje u realnom vremenu koristeći personalni računar bez specijalizovanog hardvera za obradu slike. Međutim, u najvećem broju slučajeva nije ni potrebno analizirati i osvežavati celu sliku već samo neki njen deo od interesa na očekivanoj putanji objekta. Na primer, u posmatranoj sekvenci *Avion*, očekuje se pojava aviona na pisti, što znači da se deo slike od interesa može predstaviti malim pravougaonim prozorom. Kada se pojavi pokretni objekat, on sve više popunjava prozor, a zatim izlazi iz njega.

Kao primer ovakvog načina analize sekvenci slika, u posmatranom primeru je postavljen prozor visine 60 piksela i širine 5 piksela, čiji gornji levi ugao ima koordinate (65, 170). Visina ovog prozora je za oko 10% veća od očekivane visine pokretnog objekta, a postavljen je tako da objekat prolazi kroz centar prozora. Zatim je izvršena obrada cele sekvence po algoritmu (5), s tim što su detekcija objekta i osvežavanje pozadine vršeni samo u okviru prozora. Tokom obrade formiran je i dijagram ispunjenosti prozora pokretnim objektom, koji je prikazan na Slici 6 za celu sekvencu slika. Na vertikalnoj osi dijagrama je prikazan procenat ispunjenosti prozora objektom, a na horizontalnoj osi je redni broj posmatrane slike u sekvenci.

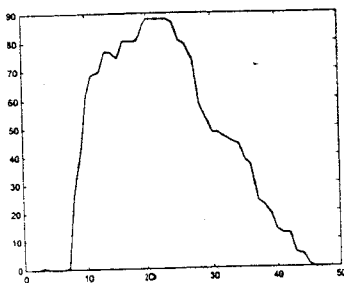


Slika 6. Ispunjenost prozora pokretnim objektom.

Na osnovu dijagrama sa Slike 6, postavljanjem odgovarajućeg praga može se utvrditi prisustvo objekta u prozoru, kao i njegova visina. Brzina i dužina pokretnog

objekta se mogu odrediti postavljanjem još jednog ili više prozora na očekivanoj putanji objekta.

Na Slici 6 se može uočiti da se u prozoru detektuje pojava malog lažnog pokretnog objekta u drugoj slici sekvence, što je posledica zaostalog šuma usled podrhtavanja kamere. Pogrešna detekcija se može sprečiti izborom odgovarajućeg praga, ali se još bolje potiskivanje lažnog objekta dobija jednodimenzionalnim medijan filtriranjem podataka o ispunjenosti prozora. Kao primer, na Slici 7 je prikazan izgled dijagrama popunjenosti prozora posle filtriranja medijan filtrom dužine 5. Treba primetiti da medijan filtriranje unosi kašnjenje u proces odlučivanja o pojavi objekta u prozoru, ali je to kašnjenje malo i iznosi celobrojni deo od polovine dužine medijan filtra.



Slika 7. Dijagram ispunjenosti prozora pokretnim objektom posle medijan filtriranja filtrom dužine 5.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljena efikasna tehnika detekcije pokretnih objekata uz osvežavanje pozadine bazirana na automatskoj estimaciji ambijentalne promene osvetljaja i selekciji piksela koje treba osvežavati. Ova metoda selektivnog osvežavanja pozadine sa usrednjavanjem poseduje prednosti dve najčešće korišćene tehnike osvežavanja, usrednjavanja i selekcije, pri čemu eliminiše negativne osobine ova dva algoritma.

Primena metode ilustrovana je na primeru analize jedne realne TV sekvence, pri čemu su prikazani rezultati posle najvažnijih faza algoritma. Pokazano je da se opisani algoritam može koristiti u širokom skupu aplikacija vezanih za otkrivanje pokretnih objekata u sekvenci slika. Izvršena je

i neophodna modifikacija algoritma za primene u realnom vremenu.

## ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu za nauku i tehnologiju Republike Srbije za finansijsku pomoć istraživanjima čiji je deo prikazan u ovom radu.

## LITERATURA

- [1] Inigo, R.M., "Application of machine vision to traffic monitoring and control", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 38, no. 3, Aug. 1989, pp. 112-122.
- [2] Mecocci, A., "Moving object recognition and classification in external environments", *Signal Processing*, Vol. 18, 1989, pp. 183-194.
- [3] Rourke, A., M.G.H. Bell, and N. Hoose, "Road traffic monitoring using image processing", *3rd Int. Conf. Road Traffic Control*, London, May 1-3, 1990, pp. 163-167.
- [4] Foresti, G.L., "A real-time system for video surveillance of unattended outdoor environments", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech.*, Vol. 8, No. 6, Oct. 1998, pp. 697-704.
- [5] Corral, D., "VIEW: Computer vision for surveillance applications", *IEE Colloquium Active and Passive Techniques for 3D Vision*, IEE, London, Vol. 8, 1991, pp. 1-3.
- [6] Fathy, M., M. Y. Siyal, "An image detection technique based on morphological edge detection and background differencing for real-time traffic analysis", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 16, 1995, pp. 1321-1330.

**Abstract** - In this paper a new method for the detection of moving objects from image sequences is described. This method is independent of the scene illumination and it is based on the selective background updating and on the adaptation of the threshold for image segmentation. The quality of the proposed method is illustrated by an example of the segmentation of a TV sequence.

## DETECTION OF MOVING OBJECTS FROM IMAGE SEQUENCES INDEPENDENT OF SCENE ILLUMINATION

Miodrag Popović, Vesna Zeljković