

DETEKCIJA POKRETNIIH OBJEKATA U VIDEO SIGNALU PRI BRZIM PROMENAMA OSVETLJENOSTI SCENE

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

Sadržaj - U ovom radu je opisano jedno poboljšanje postupka za izdvajanje pokretnih objekata iz sekvenci slika koje omogućava pouzdanu detekciju pokretnih objekata pri naglim i velikim promenama osvetljenja scene. Kvalitet predloženog metoda ilustrovan je na primeru segmentacije jedne modifikovane TV sekvence.

1. UVOD

Detekcija pokretnih objekata u sekvenci slika igra vrlo važnu ulogu u mnogim složenim sistemima kao što su sistemi za regulaciju saobraćaja [1]-[4], vizuelni nadzor raznih objekata [5]-[6]. Za ovakve sisteme u svetu postoji veliko interesovanje o čemu svedoči činjenica da su neki takvi sistemi već realizovani i koriste se u SAD, Japanu i Evropi.

Međutim, i pored činjenice da već postoje realizovani sistemi, još uvek nema dobrih i pouzdanih metoda detekcije pokretnih objekata, pa se u poslednjih nekoliko godina sprovode obimna istraživanja algoritama za detekciju pokretnih objekata u raznim uslovima osvetljenja scene, koji se mogu pojaviti u realnom okruženju.

Većina postojećih algoritama detekcije objekata generiše informacije niskog nivoa koje se u sistemu transformišu u traženu informaciju: trajektoriju objekta, njegov položaj u vremenu i prostoru, odnos sa drugim pokretnim i nepokretnim objektima, itd. Zbog toga je vrlo važno da takav metod bude tačan i robustan, kako bi omogućio da ostatak sistema efikasno i pouzdano funkcioniše.

U praksi su se do sada koristile dve klase algoritama za detekciju pokretnih objekata. U prvu grupu spadaju tehnike koje rade na nivou piksela slike, dok u drugu grupu spadaju metode koje koriste neka obeležja određena iz slike. Prva grupa metoda ima neke prednosti kada se radi u realnom vremenu, zbog toga što se promene u sekvenci brže detektuju. Tehnika koja će biti prezentirana u ovom radu pripada ovoj grupi.

Uslovi rada u realnom vremenu (10 do 30 slika/s) postavljaju vrlo oštar zahtev da algoritmi koji se koriste u detekciji moraju biti jednostavni. Zbog toga je razvijen veliki broj metoda koji detekciju pokretnih objekata svodi na analizu razlike tekuće slike i slike pozadine. Ovi algoritmi se medju sobom razlikuju po tome kako se formira i osvežava slika pozadine. U osnovi svih ovih metoda leži pretpostavka da je osvetljenost scene konstantna ili sporo promenljiva. Na žalost, ova pretpostavka često nije zadovoljena ni u zatvorenom prostoru, a kamoli u scenama na otvorenom prostoru. Zbog toga većina razvijenih metoda ima ograničenu primenljivost u realnim scenama.

U ovom radu je prikazan jedan novi metod za detekciju pokretnih objekata u realnim scenama koji je malo osetljiv na promene osvetljenosti scene, čak i u slučajevima kada su takve promene ekstremno velike i brze. Ovaj metod je

... usavršavanjem jednog ranije predloženog metoda za detekciju promena u sekvenci [7], koji je bio zasnovan na primeni algoritama za senčenje objekata iz računarske grafike [8]. Usavršavanje se sastoji u prilagodavanju metoda za rad u realnom vremenu i u uslovima brze promene osvetljenosti.

Materija izložena u ovom radu podeljena je u četiri poglavlja. U prva dva su ukratko izloženi postupci osvežavanja pozadine i senčenja, dok je u trećem opisana kombinacija ova dva postupka. Zatim su prikazani eksperimentalni rezultati dobijeni obradom jedne realne video sekvence, koja je modifikovana radi simulacije vetlike i nagle promene osvetljenosti scene.

2. IZDVAJANJE OBJEKTA IZ POZADINE I OSVEŽAVANJE POZADINE

Izdvajanje objekata iz scene najčešće se vrši formiranjem razlike tekuće slike i slike pozadine bez pokretnog objekta [1]-[6], [8]. 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.

Osnovni problem kod izdvajanja objekta od pozadine je promena osvetljenja 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. Problem je naročito izražen za vreme sunčanih dana zbog promena uzrokovanih pojavom i nestankom senki oblaka ili senki pokretnih objekata. Zbog ovakvih promena pozadine mora se primeniti adaptacija osvetljenosti pozadine nastalim promenama koja se naziva osvežavanje pozadine.

Osvežavanje pozadine trebalo bi izvršiti pri svakoj promeni nivoa osvetljenja posmatrane slike, ali u realnom vremenu to nije uvek moguće. Zbog toga tehnika osvežavanja pozadine mora da bude jednostavna da bi mogla da se izvrši simultano sa obradom slika u realnom vremenu.

Najjednostavniji algoritam za osvežavanje pozadine [2], zasnovan je na eksponencijalnom usrednjavanju više slika iz sekvence prema jednačini:

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

gde je C_n tekuća slika, B_n tekuća slika pozadine, a B_{n+1} osvežena slika pozadine koja će biti korišćena prilikom izdvajanja objekta iz sledeće slike u sekvenci. Konstantom $k < 1$ se reguliše brzina osvežavanja. Najvažniji nedostaci ovog metoda su što se u slici pozadine pojavljuje objekt i što je izbor pogodnih vrednosti konstante k vrlo težak problem.

U slučaju malih promena osvetljenosti ambijenta, promene uzrokovane kretanjem objekata na sceni su

dominantne. 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 [3], [8]. Ova tehnika selektivnog osvežavanja pozadine daje bolje rezultate od prethodne, ali kvalitet osvežavanja pozadine vrlo mnogo zavisi od kompromisa načinjnog između kvaliteta osvežavanja i kvaliteta izdvajanja objekta.

Prethodna dva metoda osvežavanja pozadine se mogu kombinovati, čime se dobija metod selektivnog osvežavanja sa usrednjavanjem. Time se ublažavaju problemi usled nekorektnih klasifikacije piksela, a selektivnim osvežavanjem se postiže brža reakcija na promene osvetljaja pozadine [6]. Pseudokod takvog algoritma izgleda ovako [8]:

```

if ( |Dn| = |Cn - Bn| > T1 )
    On = 1 // (objekt)
    Bn+1 = Bn // (nema osvežavanja) (2)
else
    On = 0 // (pozadina)
    Bn+1 = (Bn + Cn) / 2 // (osvežavanje)

```

3. METOD ZASNOVAN NA MODELU SENČENJA

Sasvim drugi pristup razlikovanja objekta od pozadine predložen je u radu [7]. Taj pristup koristi Phong-ov model senčenja koji se već duže vreme koristi u računarskoj grafici [9]. Modelom senčenja se određuje da li postoji strukturalna promena u sceni.

U modelu senčenja se intenzitet svakog piksela analizirane slike I_p modeluje kao proizvod osvetljenosti objekta I_i i koeficijenta senčenja S_p kao:

$$I_p = I_i S_p \quad (3)$$

Osnovna pretpostavka je da je koeficijent senčenja nekog materijala definisan strukturom njegove površine i refleksijom od površine materijala. Dakle, objekti načinjeni od različitih materijala reflektovace upadnu svetlost na različit način. Ako se na nekom mestu slike zbog pomeranja objekta promeni struktura materijala, koeficijent senčenja ce se takođe promeniti. Zbog toga je realno očekivati da se na ovaj način može detektovati promena na sceni i da ce takav metod biti neosetljiv na promene osvetljenja cele scene. Međutim, u stvarnosti, koeficijenti senčenja piksela slike nisu unapred poznati, jer bi za to trebalo poznavati strukturu površina objekata na sceni. Ali, za primenu u detekciji pokretnih objekata, nije ni potrebno poznavati vrednosti koeficijenata senčenja svih piksela, već samo njihove eventualne promene u sekvenci slika. Zato je u radu [7] za detekciju takvih promena korišćen odnos intenziteta odgovarajućih regiona u dve slike iz sekvence:

$$\frac{I_{p1}}{I_{p2}} = \frac{I_{i1} S_{p1}}{I_{i2} S_{p2}} \quad (4)$$

Ako se u nekom pikselu slike struktura nije promenila onda je $S_{p1} = S_{p2}$ pa odnos intenziteta zavisi samo od odnosa upadnih intenziteta koji se najčešće malo razlikuju. U

slučaju pokreta, nastaje i promena koeficijenta senčenja, tako da se odnos intenziteta više razlikuje. Usrednjavanjem odnosa intenziteta unutar nekog regiona A_i dobija se:

$$\sigma_S^2 = \frac{1}{N} \sum_{p \in A_i} \left(\frac{I_{p1}}{I_{p2}} - \mu_i \right)^2 \geq 0 \quad (5)$$

gde je σ_S^2 varijansa, a μ_i srednja vrednost odnosa intenziteta u regionu A_i .

Ako nema promene strukture scene u regionu koji se posmatra, onda σ_S^2 ima malu vrednost, u suprotnom vrednost σ_S^2 biće velika. Veličina regiona A_i se bira kao rezultat kompromisa između zahteva da on sadrži dovoljno piksela da statistika bude dovoljno reprezentativna i zahteva da region bude dovoljno mali da predstavlja lokalne karakteristike. U praksi se najčešće koriste regioni od 3×3 do 7×7 piksela.

4. POBOLJŠANJE METODA SENČENJA

Opisani metod senčenja ima i neke nedostatke. Pre svega, njegova računaska složenost je dosta velika jer se usrednjavanje (5) vrši za svaki piksel u slici. Zatim, metod daje pogrešne rezultate u nekim slučajevima. On neće otkriti da je neki objekt uniformne osvetljenosti zamenjen drugim objektom istog oblika ali druge osvetljenosti. Takođe, iako se u radu [7] tvrdi da je metod neosetljiv na promene intenziteta svetlosti koja osvetljava scenu, eksperimentalni rezultati pokazuju da u slučaju nagle i velike promene osvetljenja izvestan broj piksela biva lažno detektovan da pripada pokretnom objektu.

Neki od ovih nedostataka su otklonjeni u modifikaciji metoda senčenja koja je predložena u ovom radu. Modifikacija se sastoji u uvođenju koeficijenta k kojim se skalira odnos osvetljenosti u izrazu (5) tako da on glasi:

$$\sigma_S^2 = \frac{1}{N} \sum_{p \in A_i} \left(k \frac{I_{p1}}{I_{p2}} - \mu_i \right)^2 \quad (6)$$

gde je k koeficijent koji je jednak jedinici kada region ne pripada pokretnom objektu. U slučaju kada region pripada pokretnom objektu, k predstavlja odnos srednjih vrednosti osvetljenosti regiona u tekućoj slici i onoj slici u kojoj je prvi put detektovano da region pripada pokretnom objektu.

Uvođenjem koeficijenta k postiže se kompenzacija eventualnih značajnih promena osvetljenosti scene za vreme dok je pokretni objekt prisutan u sceni, a koje bi mogle biti lažno interpretirane kao promene strukture.

5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Opisani algoritam detekcije pokretnog objekta primenjen je za analizu TV sekvence *Avion*, koja predstavlja putnički avion koji se kreće po pisti. Sekvenca se sastoji od 50 monohromnih slika rezolucije 640×480 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).

U cilju smanjenja broja računskih operacija, a s obzirom da je poznata očekivana putanja objekta (pravolinijsko

kretanje po pisti), za detekciju objekta je formiran prozor dimenzija 5×60 piksela koji se nalazi na očekivanoj putanji objekta. Posmatranjem je utvrđeno da objekat ulazi u prozor u četvrtoj slici, a izlazi iz njega u 36. slici. Treba naglasiti da ove podatke treba uzeti sa rezervom, jer je dobijena sekvenca snimljena TV kamerom, dakle primenom analize sa preredom. Zbog toga parne i neparne linije nisu snimljene u istom vremenskom trenutku, već se razlikuju za 20 ms. Iz tog razloga 4. i 36. slika nisu uzimane u obzir u analizi.



Slika 1. Prva slika iz sekvence Avion.



Slika 2. Trideset peta slika iz sekvence Avion.

U svim eksperimentima je za usrednjavanje korišćen region od 3×3 piksela. Neki eksperimenti su izvedeni i sa regionom od 5×5 piksela, ali, pošto nije bilo značajnih razlika a vreme izračunavanja je oko dva puta veće, usvojen je kao optimalan region od 3×3 piksela. Za prag koji se koristi za utvrđivanje da li je vrednost σ_s^2 dovoljno velika da predstavlja promenu strukture, posle više eksperimenata je usvojena vrednost 0.15. Za detekciju pojave pokretnog objekta u prozoru korišćen je kriterijum promene strukture 1% piksela u prozoru.

U prvom eksperimentu algoritam je primenjen na TV sekvencu bez ikakvih modifikacija i pokretni objekt je korektno identifikovan u svim slikama i nije bilo lažnih detekcija.

U drugom eksperimentu ispitivan je uticaj nagle promene osvetljenosti scene za vreme kretanja objekta. Takva se pojava dešava kada se pojavi oblak za vreme sunčanog dana. Pojava oblaka je simulirana linearnim smanjenjem intenziteta

svih piksela u slici u toku 20 slika (što odgovara 0.8 s), počev od 20. slike, a odlazak oblaka linearnim povećanjem intenziteta na polaznu vrednost, takođe u toku 20 slika. Promena intenziteta je bila do 50% od polazne vrednosti. Algoritam je korektno detektovao objekat u svim slikama osim u 33. slici i nije bilo lažnih detekcija.

Stedeći eksperiment je poslužio za ispitivanje otpornosti algoritma na nagle, kratkotrajne promene intenziteta. Prvo je simulirano smanjenje intenziteta do 50% između dve sukcesivne slike (40 ms). Promena intenziteta se dešavala kada je objekt bio u prozoru ili izvan njega. U svim slučajevima objekt je korektno identifikovan i nije bilo lažnih detekcija. Međutim pri naglom povećanju intenziteta uočeno je da se greške pojavljuju u značajnijem obimu kada intenzitet poraste za više od 20% između dve slike. Dakle, algoritam je robusniji na naglo smanjenje intenziteta nego na naglo povećanje intenziteta.

U svim prethodnim eksperimentima pokretni objekt je bio svetliji od pozadine. Kako autori nisu raspolagali sekvencom kod koje je objekt tamniji od pozadine, sve slike iz postojeće sekvence su invertovane (napravljen je negativ) i svi prethodni eksperimenti su ponovljeni. Primećeno je da je detektovan nešto veći broj piksela koji pripada pokretnom objektu, ali i da ima više lažno detektovanih piksela. Međutim, u krajnjem rezultatu detekcije prisustva pokretnog objekta u prozoru nije bilo razlike u odnosu na prethodne eksperimente.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljena efikasna tehnika detekcije pokretnih objekata u video signalu koja je bazirana na modelu senčenja iz računarske grafike. Model senčenja, za koji se u jednom prethodnom radu tvrdilo da je neosetljiv na promene osvetljenja scene, modifikovan je uvođenjem jednog adaptivnog koeficijenta tako da postane zaista neosetljiv, čak i na nagle i brze promene osvetljenja scene.

Primena metode ilustrovana je na primeru analize jedne realne TV sekvence koja je modifikovana za potrebe sprovedenih testiranja. Pokazano je da se opisani algoritam može koristiti u aplikacijama vezanim za otkrivanje pokretnih objekata u sekvenci slika u promenljivim uslovima osvetljenja scene.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu za nauku i tehnologiju Republike Srbije za skromnu finansijsku pomoć istraživanjima čiji je manji 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] 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.
- [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] 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.
- [7] Skifstad, K., and R. Jain, "Illumination Independent Change Detection for Real World Image Sequences", *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol. 46, 1989, pp. 387-399.
- [8] M. Popović, V. Zeljković, "Izdvajanje pokretnih objekata iz sekvenci slika nezavisno od osvetljaja scene",

Zbornik radova XLIV Konf. ETRAN-a, Sv. 1, str. 133-136, Sokobanja, 26-29 Juni 2000.

- [9] Rogers, D.F., *Procedural Elements for Computer Graphics*, McGraw Hill, Singapore, 1985.

Abstract - In this paper a new improvement of a method for the detection of moving objects from image sequences is described. This improvement permits reliable detection of moving objects even in the case of large and fast changes of scene illumination. The quality of the proposed method is illustrated by several examples of the segmentation of a modified real TV sequence.

**DETECTION OF MOVING OBJECTS IN VIDEO
SIGNAL IN CASE OF FAST CHANGES OF SCENE
ILLUMINATION**

Vesna Zeljković, Miodrag Popović