

# Automatsko izdvajanje saobraćajnih znakova sa digitalne slike

Aleksandar Mijatović, Dragi Dujković

**Sadržaj** — Ovaj rad bavi se izdvajanjem određenih tipova saobraćajnih znakova sa digitalne slike korišćenjem segmentacije po boji, i jednostavnog, ali efikasnog algoritma za pronalaženje zatvorenih kontura određene boje. Algoritam se dosta oslanja na dobre osobine objekta pretrage u smislu njegove pogodnosti za automatsku digitalnu obradu. Algoritam je urađen u *Matlab-u 6.5 Release 13*.

**Ključne reči** — digitalna obrada slike, izdvajanje objekata, saobraćajni znakovi, segmentacija po boji

## I. UVOD

MOTIVACIJA za razvoj algoritma iz naslova pronađena je u razvoju mnogobrojnih sistema za automatsko navođenje vozila, a koji su zaživeli u praksi u mnogim zemljama sveta. Ipak, nijedan od ovih sistema ne vrši nikakav nadzor konkretnog okruženja vozila. Ideja je bila da se predloži upotrebljiv algoritam koji bi poslužio u razvoju sistema za pomoć na putu, kao deo automatske provere saobraćajne signalizacije.

Kako je u nekim radovima [1], već bilo uspešnih pokušaja korišćenjem vizuelnog opažanja, u ovom radu je pokušano da se da se željeni rezultat ostvari korišćenjem mnogo jednostavnijih tehnika.

## II. OBJEKAT PRETRAGE

Rad je koncentrisan na tri grupe znakova- znakove zabrane upozorenja i obaveštenja, kao najznačajnije i najbrojnije (Fig 1).



Fig. 1. Primeri analiziranih znakova.

S obzirom na specifičnosti objekta pretrage, iskorišćene su sledeće osobine kao faktori pri razvoju algoritma:

**Boja:** Saobraćajni znaci su zbog lake uočljivosti obojeni jarkim i što je još važnije neprirodnim bojama, kako bi bili maksimalno uočljivi za vozača i omogućili blagovremenu informaciju. Karakteriše ih niska zastupljenost u prirodi, i niska tolerancija.

Aleksandar Mijatović, ELSYS Easten Europe, Vladimira Popovića 6, 11070 Beograd, Srbija (telefon: +381-64-3599463; faks: 381-113115251; e-mail: aleksandar.mijatovic@elsys-eastern.com).

Dragi Dujković, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija; (e-mail: dragi@etf.bg.ac.yu).

**Vidljivost:** Po našim, a i evropskim zakonima, propisano je da saobraćajni znaci ne smeju biti zaklonjeni nekom fizičkom preprekom ili umrljani bojom, a način postavljanja je takav da su okrenuti frontalno u pravcu nailaska vozila, odnosno na njemu ugrađene kamere.

**Veličina i izgled:** Dimenzije i izgled svakog saobraćajnog znaka su strogo definisane posebnim propisima, i sva odstupanja su zanemarljiva.

Skup znakova je ograničen: Postoji svega nekoliko stotina znakova, tako da se svaka analiza može vršiti na potpunom uzorku.

## III. ZAHTEVI I METODI

Pri projektovanju su ispunjeni sledeći zahtevi:

Algoritam na zadatoj slici vrši pronalaženje i izdvajanje, ali ne i identifikaciju saobraćajnih znakova upozorenja, zabrane i obaveštenja. Ime slike se zadaje kao parametar funkcije pri pozivu algoritma.

Algoritam vraća "zumiranu" sliku znaka.

Nijedan znak od interesa ne ostaje nedetektovan.

Procenat objekata pogrešno detektovanih kao znakova ne prelazi 50%.

Prihvatljivo vreme izvršavanja algoritma.

Upotrebljivost na real-life fotografijama.

Za razvojno okruženje izabran je *Matlab* programski paket zbog ugrađenih funkcija za učitavanje slike i prilagođenosti radu sa matricama.

Algoritam je optimizovan za snimke rezolucije 2272x1704 piksela, gde su znaci snimani sa daljina između 10 i 40 metara, što bi bile relevantne daljine za vozača pri gradskoj vožnji. Kamera je bila postavljena na visini od 1.5m iznad tla. Slike su napravljene u Beogradu, na lokacijama u okolini Glavne pošte u Pohorskoj ulici. Slike su pravljene kao simulacija kretanja vozila, tj u pravcu puta, sa desne kolovozne trake, osim u situacijama kada je saobraćajni znak iz takvog položaja bio potpuno nevidljiv, kako za ljudsko oko, tako i za kameru. U takvim situacijama birao se položaj iste udaljenosti sa koga je znak bio vidljiv, tj simulirao se propisno postavljen znak.

Saobraćajni znakovi na koje vozač treba da obrati pažnju nalaze se uz samu desnu, ili ređe, levu, stranu kolovoza kojim se kreće. Takvi znakovi se na slici, zbog fiksnog položaja kamere na nosaču i vidnog polja kamere, uvek nalaze u jednom određenom delu slike, odnosno u onom delu koji predstavlja snimak neposredne okoline puta kojim se vozilo kreće. Prepoznavanje znakova van tog dela od interesa bilo bi ne samo nekorisno, već i štetno

za vozača, jer bi mu pružalo pogrešnu informaciju o saobraćajnoj signalizaciji koju treba da poštuje. Zato se algoritam izvršava samo na delu slike koji predstavlja okolinu puta, sa graničnim koordinatama  $(x,y)=(550,550)$  i  $(x,y)=(1150,1000)$ , umesto na celoj slici. Deo slike sa ovim graničnim koordinatama možemo nazvati "pojavljujući prozor", odnosno prozor u kome će se na nekom mestu pojaviti znak od interesa.

Zbog karakteristika opisanih karakteristika saobraćajnih znakova kao objekata pretrage, kao osnovni alat u radu uzeta je segmentacija po boji i selekcija dobijenih rezultata po veličini, boji i obliku, a zbog odvojenosti parametara korišćen je HSV format slike [2], dobijen konverzijom iz RGB-a.

#### IV. IZDVAJANJE SEGMENTA

Prva obrada započinje izdvajanjem boja koje se pojavljuju- crvene, plave, bele i crne, po sledećim parametrima:

Crvena-  $H=0\pm 15/360$ ,  $S=65\pm 35$ ,  $L=70\pm 30$

Plava:  $H=240\pm 40/360$ ,  $S=65\pm 35$ ,  $L=70\pm 30$

Crna:  $L=5\pm 5$

Bela:  $L=95\pm 5$

Rezultati filtriranja nisu nove slike, već jednostavne  $m \times n$  matrice čiji su elementi samo nule i jedinice. Element novodobijene matrice za odgovarajuću boju jednak je "1" ako je odgovarajući piksel na slici te boje (po zadatom opsegu), inače je "0".

Kako se slike čuvaju piksel po piksel povremeno se na jednobojnim površinama javljaju "tačkice" različite boje. Ovo je posledica kvaliteta snimka i kompresije, i parametara filtriranja. Takvi sitni diskontinuiteti u izdvojenim segmentima nisu dozvoljeni [3], jer narušavaju uniformnost celina. Ovi diskontinuiteti se u filtriranjem dobijenim matricama manifestuju kao par "0" okružen velikim brojem "1", ili par "1" okružen velikim brojem "0". Jednostavan način za "poništanje" ovakvih sitnih diskontinuiteta je većinsko odlučivanje na kvadratima dimenzija  $n \times n$  gde svi elementi kvadrata postaju jednaki dominantnom elementu. Dimenzija  $n$  i prag odlučivanja dobijeni su manualnim podešavanjem u cilju postizanja najboljeg kvaliteta konačnog rezultata, i iznose 50% za prag, i  $n=3$  za dimenziju kvadrata.

Gledajući geometriju i izgled saobraćajnih znakova koji su predmet obrade, uočava se da na njima uvek postoje jednobojne konture, crvene ili plave boje, koje okružuju ostatak znaka. Segmenti sa slike traže se tako što je traganje za znakovima zapravo svedeno na detektovanje upravo ovakvih kontura. Algoritam sve pretrage vrši odozgo naniže, pa sa leva u desno, pa se izrazi prvi i poslednji odnose na ovakav pravac pretrage

Sama potraga i izdvajanje odvija se iterativno po sledećim fazama:

1. Uzima se opisana matrica filtrirane boje kao osnova za pretragu.

2. Bira se početna tačka pretrage i pamti njena koordinata. Početna tačka je prva tačka na slici kojoj je odgovarajući element "1" u matrici koja sadrži izdvojenu

plavu, odnosno crvenu boju, u zavisnosti od toga da li se traga za znakom oivičenim crvenom (zabrane i upozorenja) ili plavom (obaveštenja) bojom. Pamti se početna i krajnja koordinata duži koju formira željena boja, i smešta se u niz početnih i krajnjih koordinata delova segmenta.

3. Silazi se u sledeći red i utvrđuje da li je negde došlo do prekida ivice za kojom se traga. Algoritam radi na sledeći način- Za ekstremnu koordinatu  $(x,y)$  iz prethodnog reda spuštamo se jedan red  $(x+1)$ , i proveravamo da li je boja po kojoj vršimo pretragu prisutna i u toj tački. Ako jeste, traži se nova ekstremna tačka u pravcu u kome bi se objekat širio, inače se smatra da se objekat sužava i u skladu s tim se vrši pretraga. Kada se pri pretrazi dogodi da je došlo do "mimoilaženja početka i kraja" (koordinata  $y$  početka u novom redu veća od koordinate  $y$  kraja u prethodnom, ili "dualno", da je koordinata  $y$  kraja novog reda manja od koordinate  $y$  početka prethodnog reda), znači da je između te dve linije ivica objekta.

4. Testovima opisanim u narednom poglavlju, proverava se da li je moguće da izdvojeni sektor predstavlja saobraćajni znak, i u zavisnosti od toga prikazuje na monitoru, a iz matrice pretrage se briše (upisivanjem "0") deo oivičen zapamćenim koordinatama krajeva segmenta.

Algoritam se ponavlja na matrici za pretragu sve dok ona ne ostane samo sa nultim elementima.

#### V. TESTIRANJE SEGMENTA

Da bi se utvrdilo da li neki segment može predstavljati saobraćajni znak mogu se primeniti sledeća tri testa:

1. Test veličine: S obzirom da je poznato sa koje su daljine uzimani snimci mogu se odmah sa velikom pouzdanošću odbaciti svi preveliki i premali objekti, pa se odbacuju svi objekti manji od  $5 \times 5$  i veći od  $150 \times 150$  piksela.

2. Kvadrat test: Svi (pravilno postavljenih) saobraćajni znakovi od interesa mogu se oivičiti kvadratom čije su stranice paralelne ivicama slike, kao na Fig 2.



Fig. 2. Saobraćajni znakovi smešteni u kvadrat

Pošto algoritam objekte koji bi mogli biti znakovi već izdvaja u pravougaoniku čije su stranice paralelne ivicama slike, pordenje je jednostavno izvršiti. Kako znak ne mora biti potpuno propisnog položaja i oblika, već može biti na primer nagnut ili iskrivljen, dozvolićemo da se stranice takvog kvadrata razlikuju jedna od druge za do 30%, inače se segment odbacuje. Znakovi obaveštenja koji su pravougaonog oblika, takođe se uklapaju u ove tolerancije.

3. Test na boje: Na saobraćajnim znacima boje se pojavljuju u određenim kombinacijama. Plava, na primer, obavezno ide sa belom, a crvena ili sa belom i crnom, ili sa plavom. Pošto su na raspolaganju matrice koje pomoću nula i jedinica mapiraju boje od interesa, procenat neke boje na isečku slike može se lako dobiti sabiranjem submatrice te boje koja odgovara isečku i deljenjem sa proizvodom dimenzija submatrice. Kako se vrlo lako mogu odrediti pragovi za minimalnu i maksimalnu količinu boje na nekoj vrsti znaka, ovaj test je lako primenljiv.

Iako je test na boje implementiran i potvrđen kao efikasan od njegovog korišćenja se za sada odustalo. Naime, ispostavilo se da prva dva testa (veličina i kvadratni oblik) odstranjuju zadovoljavajući broj pogrešnih nalaza, i da nema potrebe za implementiranjem i trećeg testa. Test je ipak ostavljen u okviru projekta u slučaju da se pokaže potreba za njegovim korišćenjem.

## VI. ILUSTRACIJA RADA

Rad algoritma pokazaćemo na primeru fotografije sa slike Fig. 3



Fig. 3. Jedna analizirana fotografija.

Vrši se isecanje dela od interesa, i iz njega se opisanim algoritmom dobijaju izdvojeni segmenti. Prikazani su redom- "pojavljujući prozor" (Fig. 4), izdvojen znak (Fig. 5) i segment koji je izdvojen i pogrešno prepoznat kao znak (Fig. 6).

Pogrešno izdvajanje dela sa Fig. 6 kao segmenta, posledica je jednostavnosti primenjenih testova. Ipak, ovakve greške su retke, i uglavnom se pri obradi dobija 0-1 ovakvih grešaka.

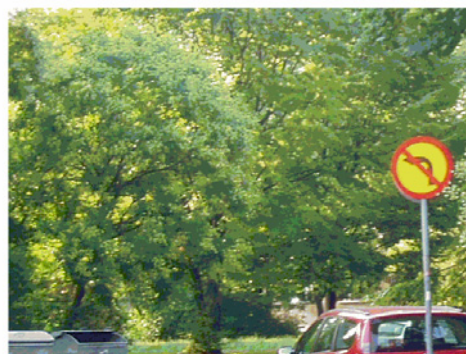


Fig. 4. Izdvojen deo od interesa.



Fig. 5. Izdvojen znak.



Fig. 6. Pogrešno izdvojen segment.

Primećuje se na ovom primeru da je algoritam efikasan i za stari tip znakova gde je korišćena žuta umesto bele pozadine, a zbog zanemarivanja testa na boju.

## VII. ZAKLJUČAK

Razvijeni algoritam omogućava da se na slici detektuju traženi tipovi saobraćajnih znakova. Kao takav mogao bi se koristiti kao *stand-alone* ili za predprocesiranje za program koji bi posle obavljene detekcije radio i prepoznavanje saobraćajnog znaka na slici.

Osnovna mana algoritma je što je grupa znakova koje detektuje ograničena, te bi prvi sledeći korak u razvoju trebao da bude proširenje algoritma tako da prepoznaje sve znakove na slici, a ne samo zadate tri grupe. Ovaj problem rešio bi se u okviru postojećeg algoritma podešavanjem promenljivih parametara dok bi sam način rada ostao isti; implementacija je u planu. Druga mana algoritma je relativno dugo vreme izvršavanja. Naime, u praktičnoj upotrebi tokom vožnje bi se uzimalie slike sa kamere u određenim vremenskim intervalima, a vreme izvršavanja algoritma bi moralo biti manje od vremena proteklog između uzimanja dve slike. Ako bi se slike pravile na svakih 10m, kao što je ovde predloženo, to bi značilo da bi već pri brzini od 36km/h, vreme izvršavanja moralo biti manje od 1s. Algoritam bi se mogao ubrzati

eventualnim smanjivanjem rezolucije slike za pretragu i prebacivanjem koda iz *Matlab*-a u neki od programskih jezika, čime bi se izbegla usporenja koja proizilaze iz samog okruženja u kome je algoritam razvijen.

Dobijeni rezultati daju za pravo očekivanjima da se daljim razvojem algoritma i njegovim spajanjem sa algoritmima za prepoznavanje slike, može dobiti sistem koji će moći da u praksi da efikasnu pomoć vozačima.

#### ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se profesoru ETF-a u Beogradu dr. Branimiru Reljinu za stručnu pomoć pri izradi ovog rada.

#### LITERATURA

- [1] Oge Marques, Liam M Mayron, Gustavo B Borba, and Humberto R Gamba, "Using visual attention to extract regions of interest in the context of image retrieval", 44th ACM Southeast Conference (ACMSE2006), March 10-12, 2006, Melbourne, FL
- [2] Irini Reljin, "Multimedijalne komunikacije, autorizovana predavanja, 2007
- [3] Sven Lončarić, "Digitalna obrada slike, predavanja," (<http://ipg.zesoi.fer.hr>)

#### ABSTRACT

This work concentrates on extracting certain types of traffic signs from digital image, using basic segmentation by color, and simple, but efficient algorithm for finding closed contours of specific color. It relies heavily on good characteristics of object of interest concerning automated process of digital processing. Entire algorithm is implemented in *Matlab*.

#### **AUTOMATIC EXTRACTION OF TRAFFIC SIGNS FROM DIGITAL IMAGE**

Aleksandar Mijatović, Dragi Dujković