

Detekcija i osnovna klasifikacija saobraćajnih znakova u slici

Uroš Srećković, Stevica Graovac

Sadržaj — U radu je ilustrovan postupak za detekciju i osnovnu klasifikaciju saobraćajnih znakova u slici korišćenjem segmentacije slike po boji i opisa oblika na bazi signature, sa posebnim osvrtom na uticaj ugla paralakse pod kojim se znak vidi. Algoritam se sastoji od ekvalizacije histograma kolor slike, segmentacije na bazi opsega boja, morfološke filtracije i klasifikacije oblika korišćenjem tri različita kriterijuma na bazi signature konturnih tačaka.

Ključne reči — Digitalna obrada slike, klasifikacija oblika, saobraćajni znakovi, segmentacija po boji

I. UVOD

ZBOG povećanja sigurnosti i obaveštenosti pojedinca koji upravlja vozilom u saobraćaju, sistem za prepoznavanje saobraćajnih znakova je preko potreban alat u vozilima. U ovom radu je obrađena detekcija saobraćajnih znakova i njegova primarna klasifikacija prema tipu, kao predobrada za finalno prepoznavanje sadržaja znaka.

Kako je u nekim radovima [1-3], već bilo uspešnih pokušaja rešenja ovog zadatka korišćenjem obrade slike iz kamere, u ovom radu je pokušano da se detekcija izvrši na principu prepoznavanja signature regiona sa osvrtom na problem ugla paralakse pod kojim se znak vidi. S obzirom na korišćenje sopstvene baze slika saobraćajnih znakova nije bilo moguće da se rezultati primene neposredno uporede sa rezultatima iz literature.

II. POSTUPAK DETEKCIJE

Saobraćajni znaci su zbog lakše uočljivosti obojeni jarkim i neprirodnim bojama, kako bi bili maksimalno uočljivi za vozača. S obzirom na specifičnost saobraćajnog znaka, pri detekciji su iskorišćene dve njegove osobine, boja i oblik. Karakteristični oblici znaka su krug, osmougao, trougao i pravougaonik (Sl. 1). Shodno tome sama detekcija se izvršava u dva koraka, izdvajanja boje i prepoznavanje oblika (tabela 1).



Sl. 1. Osnovni tipovi saobraćajnih znakova

Uroš Srećković, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija (telefon: 381-64-2888-544, e-mail: sreckovicuros@gmail.com)

Stevica Graovac, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija; (e-mail: graovac@etf.rs)

TABELA 1. KLASIFIKACIJA ZNAKOVA PO BOJI I OBLIKU

Boja	Oblik	Značenje
Crveni prsten	Krug	Zabrana
Crveni obod	Trougao	Opasnost
Crveni obod	Obrnuti trougao	Prvenstvo prolaza
Crveno	Osmougao	Stop
Plavo	Kvadrat	Obaveštenje
Plavo	Krug	Obaveza

Iz table 1 se vidi da postoje četiri karakteristična oblika znaka i dve boje koje je potrebno detektovati.

III. OBRADA SLIKE

Obrada slike predstavlja bitan korak u algoritmu za detekciju saobraćajnog znaka u slici, jer direktno utiče na uspešnost detekcije. U okviru obrade slike podrazumeva se najpre promena dimenzija slike tj. skaliranje, popravka kvaliteta, prebacivanje slike iz RGB formata u HSV format, izdvajanje boje od interesa i na kraju morfološka obrada i uklanjanje šuma.

Skaliranje slike je od velikog značaja za brzinu izvršavanja algoritma. Kada je slika manjih dimenzija tada je i broj ulaznih podataka u algoritam manji i brže se izvršava. Dimenzije 640 x 480 odabrane su kao kompromis između količine informacija i vremena rada algoritma.

Popravka kvaliteta ulazne slike se vrši u situacijama kada je osvetljenost slike suviše niska ili suviše visoka, pa boje znakova dobijaju drugačiju nijansu od one koju detektujemo. Radi toga se polazno vrši ekvalizacija histograma po svakom kanalu RGB slike. Na taj način postizemo ujednačenost osvetljenja slike i normalnu detekciju boja u slici.



Sl. 2. Ilustracija izdvajanja plave boje bez prethodne ekvalizacije histograma



Sl. 3. Ilustracija izdvajanja plave boje sa prethodnom ekvalizacijom histograma

Na Sl. 2. je ilustrovan slučaj kada se znak nalazi u senci drveta i usled nedovoljne osvetljenosti znaka izdvajanje znaka plave boje nije uspelo, dok na Sl 3. je prikazana slika nakon ekvalizacije histograma i rezultati izdvajanja znaka plave boje.

Kako su test slike RGB formata, bilo je potrebno da se prebace u HSV format. Razlog ovakve konverzije je nemogućnost izdvajanja informacije o boji od informacije o osvetljenju iz slike u RGB formatu, dok nam HSV model to omogućava.

Segmentacija slike na osnovu detekcije određene boje izvršava se sledećim tokom. Nakon konverzije slike iz RGB u HSV format, iz navedenog razloga, sada svaki piksel slike ima tri parametra H, S i V. Crvena boja se nalazi u intervalu H: [265 360], S: [80 255], V: [70 245], dok se plava boja nalazi u intervalu H: [220 260], S: [90 255], V: [70 245]. Ispitivanjem parametara svakog piksela da li se nalazi u zadatom intervalima, formira se binarna slika čija vrednost piksela na tekućoj poziciji može uzeti vrednost 0 (parametri piksela nisu u zadatom intervalu) ili 1 (parametri piksela jesu u zadatom intervalu). Ovakvim izdvajanjem piksela određene boje formiraju se grupe piksela, koje nazivamo regionima, i mogu da potiču od znaka ili od okoline. Detekcija crvene i plave boje vrši se odvojeno. Razlog tome je da ne dođe do spajanja regiona koji potiču od plave boje sa regionima koji potiču od crvene boje i tako dođe do degradacije oblika u slici. Takođe, segmentacijom pojavljuju se i manje grupacije piksela koje potiču od pozadine znaka, a predstavljaju šum u binarnoj slici, koga je potrebno ukloniti pomoću morfoloških operacija.

Da bi se nakon izdvajanja piksela određene boje, binarna slika učinila pogodnijom za prepoznavanje oblika, najpre se mora primeniti morfološka obrada. Od morfoloških operacija koristi se erozija, ipunjavanje regiona i izdvajanje granica regiona. Erozijom se štiti od spajanja dva regiona znaka, što bi bilo pogubno pri detekciji s obzirom na način na koji se vrši prepoznavanje regiona.



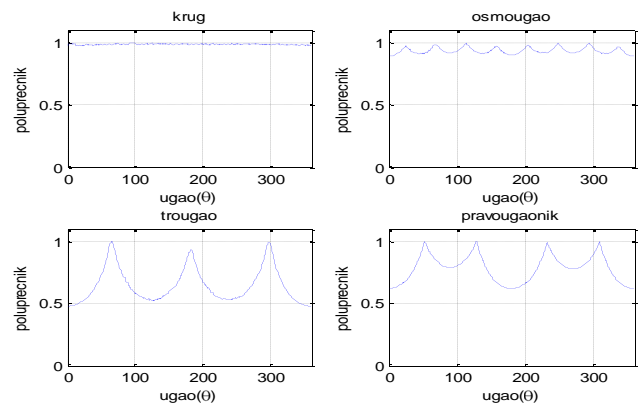
Sl. 4. Ilustracija spajanja regiona dva znaka nakon segmentacije

Na Sl. 4 je prikazan značaj primene erozije. Skidanjem sloja piksela dolazi do razdvajanja na dva regiona.

Algoritam za uklanjanje šuma funkcioniše na sledeći način, najpre se formira maska 5x5, a potom se ulazna binarna slika proširi za po dva niza sa svake strane. Algoritam se izvršava u 640 * 480 iteracija tako što se centralni element maske prošetava po svim pikselima binarne slike. U jednoj iteraciji posmatra se 5x5 piksela ulazne slike na pozicije gde se trenutno maska preklapa sa slikom. Od 25 vrednosti maske ispituje se da li ima više piksela sa vrednosti 0 ili sa vrednosti 1, i na osnovu toga kojih vrednosti ima više centralni piksel maske uzima tu vrednost bez obzira koju vrednost je do tada imao. Na taj način slika se čisti od manjih grupa piksela.

IV. PREPOZNAVANJE OBLIKA

Nakon obrade slike dobijamo granice regiona u segmentiranoj binarnoj slici. Jasno je da od tih regiona neki potiču od znaka, dok ostali potiču od okoline. Kako bismo odredili koji od njih pripada znaku, najpre granicu opisujemo signaturom (opis regiona kao odstojanje njegovog centroida do granice u funkciji ugla θ , koga poteg koji spaja konturnu tačku i centroid zaklapa sa pravcem x-ose). Na osnovu nekoliko kriterijuma donosi se odluka da li region, čiju signaturu ispitujemo, pripada znaku ili ne. Signature četiri referentna oblika su prikazana na Sl. 5.

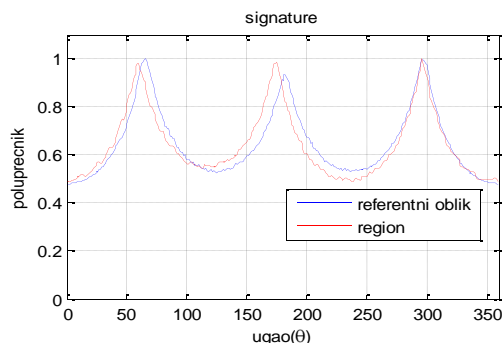


Sl. 5. Signature referentnih oblika

Prepoznavanje signature je vršeno po tri kriterijuma:

1. Kriterijum na principu upoređivanja dve signature.

Na Sl. 6. su prikazane dve signature trougla, jedna potiče od referentnog oblika, dok druga potiče od regiona iz slike.



Sl. 6. Poređenje signatura

Ovaj kriterijum se zasniva na poređenju signature regiona sa signaturama referentnih oblika. Formiraju se apsolutne razlike poluprečnika signature prema obrascu:

$$\Delta_i = |r_i^{(1)} - r_i^{(2)}|, \quad i = 1, 2, \dots, 360 \quad (1)$$

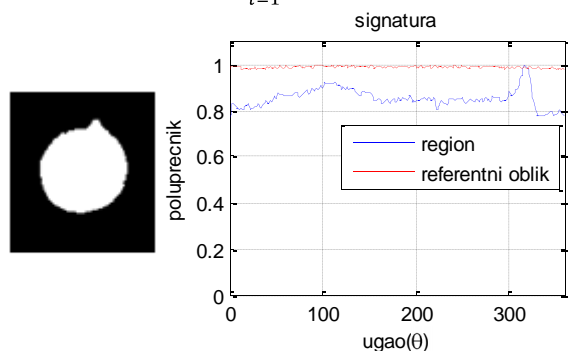
Nakon toga se ispituje maksimalna apsolutna razlika poluprečnika da li se nalazi iznad ili ispod nekog definisanog praga koji predstavlja toleranciju (selekcioni parametar).

2. Kriterijum na bazi standardne devijacije.

Signatura regiona predstavlja uzorak za koji se računa standardna devijacija po obrascu:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$



Sl. 7. Primer poređenja dva kriterijuma za prepoznavanje signature

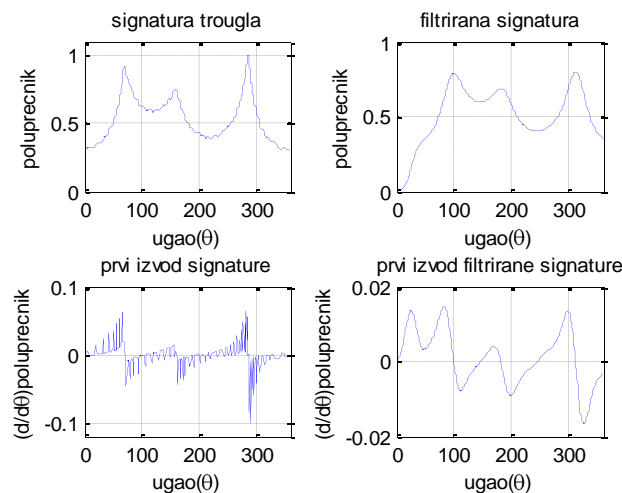
Na Sl. 7 je prikazan jedan slučaj kada se segmentacijom dobija degradirani region kruga. Sa grafika signature na istoj slici jasno je da se prvim kriterijumom ne može detektovati da je ovo region koji potiče od kružnog znaka, ali na osnovu standardne devijacije signature može se zaključiti da se radi o kružnom znaku.

3. Kriterijum na principu prvog izvoda.

Ako poligon ima N temena, njegova signatura mora imati 2N lokalnih ekstremuma. Prepoznavanje o kom poligonu se radi svodi se na ispitivanje broja lokalnih ekstremuma u signaturi. Prebrojavanje lokalnih ekstremuma se može posmatrati i kao broj prolazaka kroz nulu funkcije prvog izvoda signature. Ovaj kriterijum je ilustrovan na Sl. 8 pri detekciji trougla, za slučaj kada se javlja paralaksa (Sl. 9).

Usled nesavršenosti segmentacije javlja se čitav niz lokalnih ekstremuma u signaturi, što se manifestuje i na grafiku izvoda signature u vidu pikova i velikog broja prolazaka funkcije prvog izvoda signature kroz nulu. Ovi pikovi potiču od visokofrekventne komponente signala pa se filtracijom signature pomoću NF FIR filtra oni uklanjaju iz njenog izvoda, tako da preostaju samo lokalni ekstremumi od značaja. Sl. 8. ilustruje izgled izvoda

signature trougaonog znaka i to pre i posle njene filtracije. Valja napomenuti da se trougaoni znak u slici vidi pod uglom paralakse, a da izvod signature prema očekivanju ima šest lokalnih ekstremuma.



Sl. 8. Ilustracija izvoda originalne i filtrirane signature trougaonog oblika

Iz izloženog se može zaključiti da je preporučljiva kombinacija sva tri navedena kriterijuma. Osnovna klasifikacija se vrši primenom prvog. Kružni oblici koji nisu detektovani prvim kriterijumom mogu biti naknadno prepoznati pomoću drugog kriterijuma. Konačno, postojanje ugla paralakse pri snimanju navodi na potrebu primene i trećeg kriterijuma. Poligonalni oblici koji zbog ugla paralakse pri snimanju mogu da daju znatna odstupanja od reference primenom prva dva kriterijuma, primenom trećeg kriterijuma koji čuva osnovnu informaciju o obliku mogu biti prepoznati (Sl. 9.)



Sl. 9. Ilustracija detekcije saobraćajnih znakova

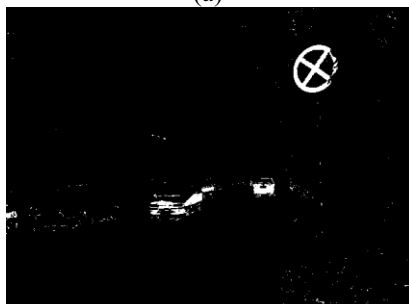
V. OGRANIČENJA ALGORITMA

Najčešći uzroci neuspeha detekcije ostvarenog sistema su stapanje saobraćajnog znaka sa okolinom, značajna oštećenja i delimična vidljivost saobraćajnog znaka. Na Sl. 10.(a) je ilustrovan slučaj delimične vidljivosti saobraćajnog znaka. Na Sl. 10.(b) je prikazana binarna slika nakon izdvajanja crvene boje, a nakon morfološke obrade i uklanjanja šuma dobija se segment kao na Sl.

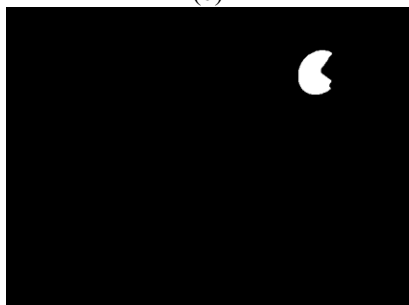
10.(c). Ovakav segment ni jedan kriterijum od opisana tri neće detektovati kao znak.



(a)



(b)



(c)

Sl. 10. Ilustracija uticaja zaklonjenosti znaka

VI. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan algoritam početnog prepoznavanja saobraćajnog znaka u slici, kao dela sistema za automatsko upozoravanje vozača. Algoritam je testiran na 15 realističnih test slika, načinjenih pod različitim vremenskim uslovima i vidljivosti. Rezultati pokazuju visoku pouzdanost detekcije i primarne klasifikacije znakova. Mala baza slika sa kojom se ovde operisalo ne

omogućuje statistički valjane procene verovatnoće pravilne klasifikacije saobraćajnih znakova. Ona je pre svega poslužila da se uoče osnovni problemi u klasifikaciji, odrede ograničenja algoritma i usvoji osnovna parametrizacija. Kako algoritam sadrži veliki broj selekcionih parametara, finalno podešavanje algoritma se mora vršiti korišćenjem znatno bogatije baze slika. Takođe je bitno pomenuti da će konačan izbor koraka u algoritmu zavistiti i od realnih mogućnosti hardvera namenjenog za implementaciju na vozilu.

ZAHVALNICA

U radu su izloženi rezultati istraživanja i razvoja u sklopu projekta ET11012 iz programa projekta tehnološkog razvoja Ministarstva za nauku Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Aleksandar Mijatović i Dragi Dujković : “Automatsko izdvajanje saobraćajnih znakova sa digitalne slike”, Telfor 2007.
- [2] M. Fofonjka : “Detekcija prometnih znakova na temelju modela oblika”, ZAVRŠNI RAD br. 859, Zagreb 2009.
- [3] P.Gil-Jimenez, S.Lafuente-Arroyo, H.Gomez-Moreno, F.Lopez-Ferreras, S.Maldonado-Bascon: “Traffic Sign Shape Classification Evaluation II: FFT Applied to the Signature of Blobs”, IEEE. Intelligent Vehicles Symposium, June 2005.
- [4] Gonzalez, R. C. and R. E.Woods: “Digital Image Processing”, Prentice Hall : Upper Saddle River, N.J.,2002.

ABSTRACT

The procedure of detection and primary classification of traffic signs in the image is illustrated in this paper. Colour image segmentation and description of the shape based on the signature are the basic steps in this algorithm, while the sensitivity relative to the parallax angle was of particular interest. The whole algorithm consists from histogram equalization, colour based segmentation, morphological filtration, and pattern classification consisting from three different criteria based on shape's signature.

DETECTION AND PRIMARY CLASSIFICATION OF TRAFFIC SIGNS IN THE IMAGE

Uroš Srećković, Stevica Graovac