

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 188

**DETEKCIJA PROMETNIH ZNAKOVA NA
TEMELJU BOJE I OBLIKA**

Igor Perica

Zagreb, lipanj 2008.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Programska podrška.....	1
1.2. Sklopovska podrška.....	2
2. Eliminiranje dijelova slike na temelju položaja i boje	3
2.1. Eliminacija dijela slike na temelju položaja	3
2.2. Eliminacija dijelova slike na temelju boje	4
2.2.1. Histogram	5
2.2.2. Algoritam detekcije na temelju boje	5
3. Eliminiranje objekata na temelju površine	8
3.1. Proširenje bijelih komponenta	9
3.2. Grupiranje povezanih piksela.....	10
3.3. Eliminacija objekata koji imaju površinu manju od zadane	11
4. Obilježavanje otkrivenog prometnog znaka na početnoj slici	12
5. Windows aplikacija.....	15
6. Problemi detekcije	17
6.1. Uspješno i neuspješno riješeni problemi	19
7. Rezultati detekcija	20
8. Zaključak.....	22
9. Literatura.....	23

1. Uvod

Detekcija prometnih znakova je jedna od važnijih i popularnijih primjena računalnog vida, a pogotovo u zadnjih 10 godina. Rade se sustavi s raznim načinima detekcije. U početku su to bili sustavi koji su se sastojali od malog broja funkcija temeljenih samo na jednom ili dva algoritma, no sa željom što boljeg prepoznavanja noviji sustavi počinju biti sve kompleksniji.

Danas gotovo svi sustavi koriste kombinaciju više različitih algoritama. Potrebna kompleksnost određena je ciljanom primjenom sustava. U slučaju da je za konkretnu namjenu dovoljno prepoznati samo da je nešto prometni znak, a bez daljnje potrebe obrade dobivene informacije u svrhu prepoznavanja što koji znak predstavlja, kompleksnost ne mora nužno biti velika.

Primjene danih sustava su mnogobrojne. Neke od primjena su : detekcija i prepoznavanje prometnih znakova u svrhu generiranja upozorenja vozaču, detekcija prometnih znakova u svrhu prebrojavanja i provjere stanja znakova od strane službi za održavanje cesta, kao dodatna podrška GPS sustavima navigacije te mnoge druge.

1.1. Programska podrška

Cilj ovog sustava je detektirati prometne znakove bez daljnje obrade. Problema pri detekciji može biti jako puno, krenuvši od lošeg osvjetljenja, loših vremenskih uvjeta koji dodatno smanjuju vidljivost, prisutnosti drugih vozila koja mogu smanjiti vidljivost ili mogu zasmetati zbog svoje boje (ako je neka od onih koji se koriste na prometnim znakovima)... Kao što je bilo rečeno, sustavi za detekciju i raspoznavanje prometnih znakova uglavnom koriste više različitih algoritama radi što bolje detekcije. Ovaj sustav će se temeljiti na 3 glavne funkcije s vlastitim algoritmima te nizom pomoćnih funkcija.

Prva funkcija je zadužena da odbaci sve dijelove slike za koje se pretpostavlja da neće sadržavati prometni znak. Funkcija ima dvije glavne svrhe. Prva svrha je ušteda pri vremenu obrade, jer se ovdje doslovno otkida veliki dio slike te se u daljnjoj obradi otkinuti dijelovi više ne pojavljuju. Druga važna svrha je eliminiranje raznih objekata koji nisu prometni znakovi, a mogli su biti detektirani kao znakovi. Detaljniji rad ove funkcije je objašnjen u poglavlju 2.

Druga funkcija je zadužena da na dijelu slike (koji joj određuje prva funkcija) detektira sve što bi mogao biti potencijalni prometni znak. Detekcija se vrši na temelju boje. Zbog velike mogućnosti pogrešne detekcije na temelju boje (znak se ne detektira zbog lošeg osvjetljenja ili se nešto što nije znak detektira kao znak zbog sličnosti u boji) ovoj funkciji su potrebne manje pomoćne funkcije kako bi se što više smanjila pogreška. Funkcija je usko vezana s prvom funkcijom, tako da će i ona biti detaljnije obrađena u poglavlju 2.

Treća funkcija prima sve potencijalne znakove (koje joj proslijedi druga funkcija) te na temelju površine radi daljnu eliminaciju. Ideja funkcije je da znak ne može biti nešto što ima premalu površinu, a u slučaju da je ipak znak, pretpostavka je da je još predaleko od vozila te se trenutno ne tiče vozača. Funkcija je detaljnije obrađena u poglavlju 3.

Na kraju se rezultat mora na odgovarajući način i prikazati, za što je zaduženo nekoliko dodatnih funkcija. Upravljanje sustavom je riješeno grafičkom aplikacijom, koja omogućava pregled fotografija te obradu fotografije u svrhu pronalaska prometnih znakova. Detalji o aplikaciji su navedeni u poglavlju 6.

1.2. Sklopovska podrška

Sklopovska podrška se sastoji od dva glavna dijela, kamere koja snima u vožnji i računala koje obrađuje primljenu sliku.

Za kameru ne vrijedi uobičajeno pravilo da je kamera sa većom rezolucijom bolja kamera. Problem leži u tome što veća rezolucija znači i duže vrijeme obrade za računalo, što bi moglo dovesti do neželjene posljedice tj. nemogućnosti obrade dobivenog video sadržaja u realnom vremenu. Naravno da se rezolucija može i programski smanjiti pri primanju u računalo, no to bi također povećalo vrijeme obrade. Premala rezolucija je također nepoželjna. Važnije svojstvo kamere je mogućnost hvatanja što većeg spektra boja radi lakšeg razlikovanja znakova od drugih objekata. Kamera bi dakle trebala imati što veću rezoluciju, ali u ovisnosti o sklopovskim i programskim mogućnostima računala da dobivenu sliku obradi u realnom vremenu, te što bolju osjetljivost na boje.

Računalo može biti obično osobno računalo s instaliranim programima za detekciju, ili može biti i specijalizirano “mini” računalo. U ovom radu će se smatrati da se koristi osobno računalo. Kao u većini slučajeva, i ovdje vrijedi pravilo “što brže – to

bolje“. Sve kompleksnija obrada dobivenog videa traži i sve brže komponente, krenuvši od procesora pa do radne memorije. Potrebna snaga računala ovisi o primjeni. Ako se sustav primjenjuje kao pomoć pri vožnji, računalo mora biti dovoljno snažno da garantira nesmetanu obradu u realnom vremenu, a ako će se snimka pohraniti pa tek naknadno obrađivati računalo može biti i manjih brzina.

2. Eliminiranje dijelova slike na temelju položaja i boje

Kako bi detekcija prošla što brže i uz što manje lažnih detekcija (nešto što nije prometni znak se prepozna kao da je prometni znak), potrebno je eliminirati što veći dio slike. Prvo se odstrani dio slike za koji se smatra da ne može sadržavati potencijalni znak (na temelju položaja), pri čemu treba imati što oprezniji pristup kako se ne bi dogodilo da se ipak eliminira i dio koji sadrži potencijalni prometni znak. Zatim se unutar ostatka slike eliminiraju dijelovi koji po boji ne mogu biti znakovi.

2.1. Eliminacija dijela slike na temelju položaja

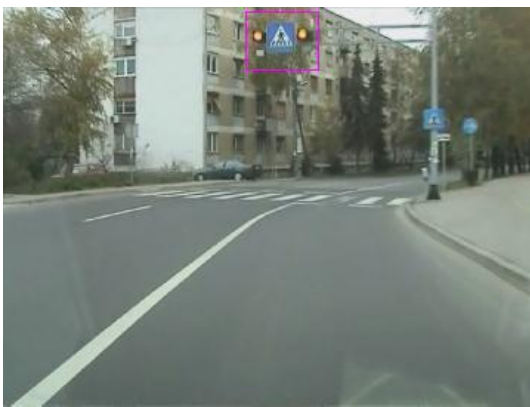
Cilj je eliminirati dijelove slike koji zbog svog položaja ne mogu sadržavati prometne znakove. Pretpostavka je da se znakovi nalaze na desnoj strani vozila, i to na gornjoj desnoj strani (slika 1). Ova pretpostavka na žalost nije uvijek točna. Zna se dogoditi da je znak na lijevoj strani ceste (rijetko, slika 2) ili da je znak iznad ceste na nekom nosaču (češće, slika 3). Zbog ovog, s ovim sustavom, nije nikada moguće postići potpunu učinkovitost. No to je “nužno zlo“, jer bi na današnjim prosječnim računalima bilo teško napraviti sustav koji bi mogao u realnom vremenu obraditi kompletnu sliku (zbog brojnih funkcija obrade koje se moraju odviti). Sustav pretpostavlja da se znak neće nalaziti u prve 3/4 slike (gledajući s lijeva na desno), te da se neće nalaziti na prvoj 1/3 slike gledajući odozdo prema gore.



Slika 1. Znak na desnoj strani



Slika 2. Znak na lijevoj strani



Slika 3. Znak iznad ceste

2.2. Eliminacija dijelova slike na temelju boje

Pokušava se na temelju boje eliminirati što veći broj stranih objekata. Funkcija obrađuje samo dio slike koji joj je poslala prva funkcija.

Da bi moglo doći do eliminacije, potrebno je odrediti koje boje su najviše zastupljene na prometnim znakovima. Zastupljenost se izražava brojčano preko histograma (objašnjeno u kasnijem dijelu teksta). Problem je što postoji veliki broj prometnih znakova koji mogu biti obojani s više boja u raznim kombinacijama (različite zastupljenosti boja). Korištene boje su crvena, bijela, plava, žuta i crna.

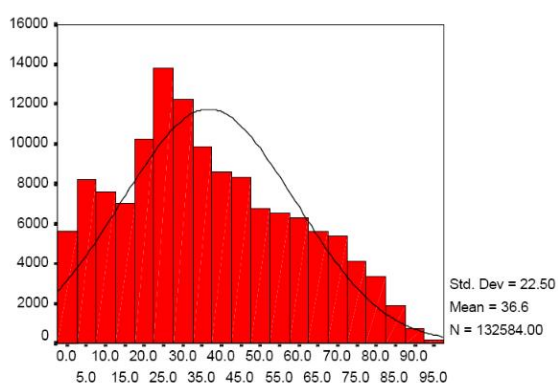


Slika 4. Znakovi raznih boja

2.2.1. Histogram

Postoji više vrsta histograma. Općenito za histogram vrijedi da je on grafički prikaz pojavljivanja promatranih informacija izražen frekvencijom pojavljivanja. Na slici 5. se može vidjeti histogram dobi, s donje strane su označene godine dok se s lijeve strane nalaze brojke koje predstavljaju broj ljudi. Ovakav prikaz omogućuje očitavanje broja ljudi u određenim godinama, npr. na danoj slici možemo očitati da ima oko 10000 ljudi koji su stariji od 20 a mlađi od 25 godina. U daljnjem tekstu će se govoriti samo o korištenom histogramu, histogramu boja.

Histogram boja reprezentira raspodjelu boja na nekoj slici. Izveden je na način da prikazuje broj prebrojanih piksela koji pripadaju određenim rasponima boja u dvodimenzionalnom ili trodimenzionalnom prostoru boja.



Slika 5. Histogram dobi

		red			
		0-63	64-127	128-191	192-255
blue	0-63	43	78	18	0
	64-127	45	67	33	2
	128-191	127	58	25	8
	192-255	140	47	47	13

Slika 6. Histogram u 2D prostoru boja

U sustavu je korišten 3D prostor boja, tj. RGB (red – blue – green).

2.2.2. Eliminacija na temelju boje

Algoritam za eliminaciju dijelova slike na temelju boje mora primiti dva histograma, histogram cijele slike i histogram znaka. Zbog različitih boja koje se koriste na znakovima, potrebno je napraviti i više histograma znakova. Konkretno jedan za crveno-bijele znakove, jedan za crveno-plave znakove, jedan za plave znakove i naposljetku jedan za žuto-crvene znakove. Odabir dovoljno dobrih slika znakova s kojih će se uzeti histogrami je jako važan dio eliminacije na temelju boje. U početku su se u sustavu korsitile slike znakova pri idealnim uvjetima, što je davalo poprilično loše rezultate. Naime, ako se koristi slika znaka na kojoj se znak nalazi u idealnim uvjetima (osvjetljenje i vidljivost) histogram će biti neučinkovit pri detekciji znakova pri lošijim uvjetima (kiša, snijeg, loše osvjetljenje znaka). S druge strane, ako se koristi slika znaka u jako lošim uvjetima histogram će biti neučinkovit pri detekciji znakova pri relativno dobrim uvjetima (npr. sunčano vrijeme). Riješenje je bilo pronaći slike znakova pri relativno osrednjem osvjetljenju i vidljivosti.



Slika 7. Slike odabrane za uzimanje histograma

Izabrani znakovi su prikazani na slici 7. Postoji i bolja alternativa za odabir referentnih slika za uzimanje histograma, spajanje više znakova pri raznim uvjetima u jednu sliku. No ovaj pristup na žalost nije upotrebljen pri izradi ovog sustava.

Algoritam za eliminaciju na temelju boje je prikazan u daljnjem tekstu. Kroz algoritam se prolazi tri puta, jedan put za svaki histogram znaka.

Algoritam:

- prođi kroz sve piksele dijela slike koji je proslijeđen od prve funkcije, te za svaki piksel napravi sljedeće:
 - izračunaj crvenu, plavu i zelenu komponentu svakog piksela
 - odredi omjer pojavljivanja takvog piksela u histogramu znaka i histogramu pozadine

- usporedi omjer sa zadanim koeficijentom granice (1.5 se konkretno pokazao kao najdjelotvorniji koeficijent)
- ako je omjer veći od zadanog koeficijenta oboji trenutni piksel u bijelo
- inače, oboji trenutni piksel u crno

Kao rezultat se dobije crno-bijela slika, u kojoj su potencijalni znakovi označeni bijelom bojom, a ostatak slike je obojan u crno, te se u nastavku obrade više ne ispituje.

Rezultati nakon obrade prvom i drugom funkcijom su prikazani u narednim slikama:



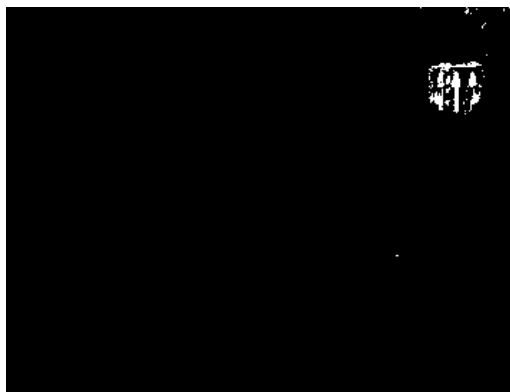
Slika 8. Početna slika



Slika 9. Obrada "crveno-bijelim" histogramom



Slika 10. Obrada "plavim" histogramom



Slika 11. Obrada "crveno-plavim" histogramom

Kao što je vidljivo iz danih slika 9, 10 i 11, među pronađenim potencijalnim objektima se uistinu nalazi i prometni znak koji bi se trebao detektirati. Uz njega ima i nemali broj objekata koji očitito nisu prometni znakovi, no to što je nama lako vidljivo nije toliko očitito i računalu. Tu se uključuje treća funkcija, koja će probati eliminirati ostatak objekata koji nisu prometni znakovi.

3. Eliminiranje objekata na temelju površine

Rezultat obrade prve i druge funkcije je crno-bijela slika u kojoj bijeli objekti predstavljaju potencijalne prometne znakove. Kao što je i vidljivo, ostalo je još objekata koje je potrebno eliminirati. Eliminacija se može izvršiti uz pomoć algoritma kojim bi se izbacili objekti koji oblikom ne odgovaraju prometnom znaku, ili uz pomoć algoritma kojim bi se izbacili svi objekti koji su manji od neke određene površine. No najbolje rješenje je napraviti kombinaciju.

Prvi algoritam zahtjeva maksimalno čistu filtraciju do tog trenutka. Da bi smo uopće mogli oblik uzeti kao kriterij, potrebno je biti u potpunosti siguran da će prijašnje funkcije, uz objekte koji nisu znakovi, isporučiti i objekt prometnog znaka koji je na visokoj razini oštine. Ne smije se dogoditi da se znak izobliči tijekom raznih obrada, dakle, krug mora ostati krug, trokut mora ostati trokut... Ovako opisanu sliku je poprilično teško osigurati, jer u pravilu znak gotovo uvijek izgubi neki svoj dio prilikom filtracije ili se na njegovu površinu dodatno “priljepi” strani predmet. U oba slučaja znak izgubi svoj prvotni oblik što ga čini neupotrebljivim u daljnjoj obradi na temelju oblika.

Drugi algoritam se zasniva na ideji da prometni znak mora biti barem određene površine. Izvedbom je jednostavniji od prvog algoritma i ne zahtjeva toliko veliku oštrinu primljene slike (objašnjeno pri opisu prvog algoritma).

Zbog nedovoljne preciznosti prvih funkcija koje su korištene u sustavu, tj. zbog nemogućnosti isporuke slike sa dovoljno ostrim objektima, odluka je pala na drugi algoritam.

Mogući problem može nastati ako je objekt koji predstavlja prometni znak premale površine (prijašnja filtracija je otkinula preveliki dio znaka, npr. zbog lošeg osvjetljenja), a na dovoljno je maloj udaljenosti da bi ga sustav trebao detektirati. Stoga se koristi još jedna

pomoćna funkcija koja proširuje bijele objekte za dodatni broj piksela. Nakon toga dolazi i funkcija koja sve piksele koji su povezani grupira u pojedine cjeline. Navedene funkcije će biti opisane u nastavku.

3.1. Proširenje bijelih komponentata

Funkcija prolazi kroz sve piksele dijela slike koji se obrađuje, te upotrebljava sljedeći algoritam:

- odredi koje je boje piksel
- ako je piksel bijele boje, obojaj sve njegove susjede bijelom bojom
- ako je piksel crne boje, ne čini ništa i nastavi na sljedeći piksel

Nakon ovoga se dobije crno-bijela slika slična prethodnoj, ali s popunjenijim rupama. Ako objekt i nakon ovoga nema dovoljnu površinu da bude znak, vjerojatno i nije znak.



Slika 11. Objekti prije proširivanja bijele boje



Slika 12. Objekti nakon proširivanja bijele boje

3.2. Grupiranje povezanih piksela

Zadatak ove funkcije je sve piksele koji su povezani grupirati u pojedine grupacije. Svaku pojedinu grupaciju potom boja u različite boje kako bi naknadne funkcije znale razlikovati odvojene objekte.

Prvi dio funkcije pretražuje dio slike koji mu je proslijedila prošla funkcija. U njoj traži bijele piksele. Kad pronađe bijeli piksel prosljeđuje ga algoritmu.

Algoritam preuzima koordinate dobivenog bijelog piksela i boja ga, kao i sve bijele piksele koji su s njim povezani, u neku boju. Rezultat algoritma je komponenta obojana u neku boju u kojoj se nalazio početni bijeli piksel. Boju komponente određuje prvi algoritam.

Algoritam 2:

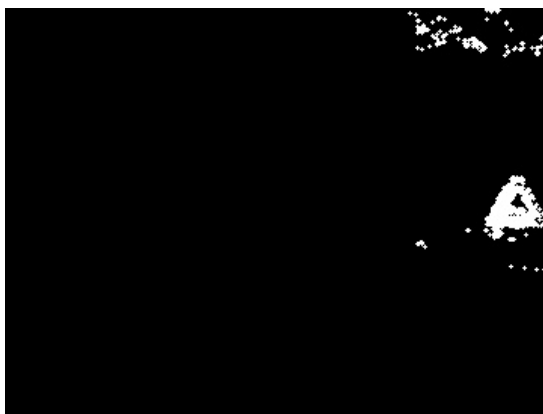
- primi koordinate bijelog piksela
- spremi ga u red
- oboji ga u boju koju je isporučio prvi algoritam
- ispitaj njegove susjedne piksele (pogledaj da li su crni ili bijeli)
 - ako je susjedni piksel bijel, spremi ga u red
 - inače ništa
- idi na sljedeći piksel iz reda



Slika 13. Original slika



Slika 14. Detekcija nakon eliminacije na temelju boje i položaja (uz crveno-bijeli histogram)



Slika 15. Slika nakon proširivanja bijele boje



Slika 16. Slika nakon bojanja grupiranih komponenti

3.3. Eliminacija objekata koji imaju površinu manju od zadane

Nakon što je dobivena slika na kojoj su sve grupacije povezanih piksela obojane u različite boje, možemo svim komponentama izračunati površine te ih obrisati ako nisu odgovarajući. Ideja funkcije je da svi objekti manji od određene površine nisu znakovi, a ako i jesu znakovi, predaleko su da bi se ticali vozača. Ako će ga se taj znak u bližoj budućnosti ipak ticati, kad tad će mu se približiti na dovoljnu udaljenost da mu površina bude u granicama dopuštene i tad će biti detektiran kao znak.

Eliminacija je riješena algoritmom sličnim onom iz grupiranja povezanih piksela, samo što u ovom slučaju prolazak kroz red ima za cilj računanje površine komponente a ne bojanje komponente.

Poslije eliminacije malih objekata i dalje postoji mogućnost da je ostalo više objekata koji su prošli po svim kriterijima. Tada na red dolazi manja funkcija koja pretpostavlja da je znak najveća preostala komponenta na slici. Pri završetku njezinog pronalaska se još izračunaju koordinate njezinog središta, koordinate donje lijeve točke te gornje desne točke kako bi se olakšalo označavanje znaka na početnoj slici.

4. Obilježavanje otkrivenog prometnog znaka na početnoj slici

Kada dođe do ovog trenutka, sve funkcije su završile svoj posao i još samo preostaje obilježiti otkriveni znak. Tomu služi jednostavna funkcija koja od prijašnje funkcije prima koordinate središta objekta i koordinate donje lijeve točke objekta i gornje desne točke objekta. Na osnovu njih opiše pravokutnik oko otkrivenog objekta.

Postepeni prolazak kroz sve dijelove sustava se može vidjeti u narednim slikama:



Slika 17. Početna slika

Slike nakon eliminacije po položaju i boji:



Slika 18. Slika obrađena crveno-bijelim histogramom



Slika 19. Slika obrađena crveno-plavim histogramom

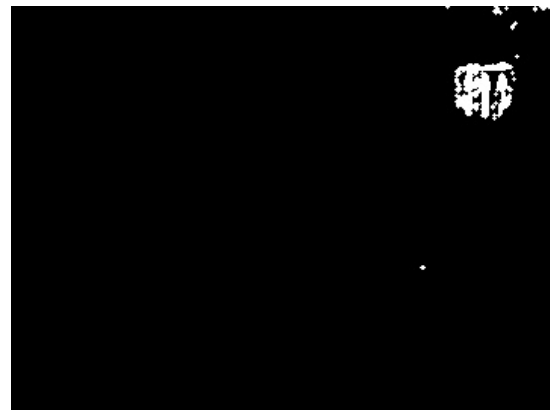


Slika 20. Slika obrađena plavim histogramom

Slike nakon proširenja bijele boje:



Slika 19. Slika 18. nakon proširenja

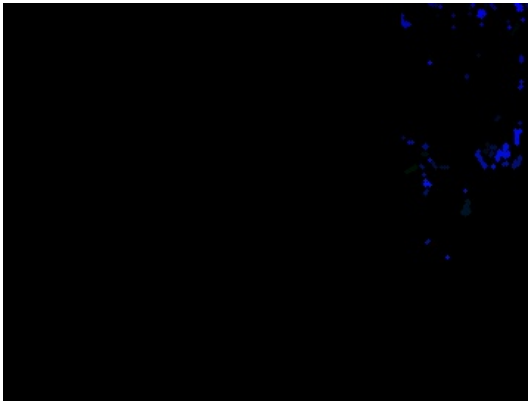


Slika 20. Slika 19. nakon proširenja



Slika 21. Slika 20. nakon proširenja

Slike nakon grupiranja povezanih piksela:



Slika 22. Slika 19. nakon grupiranja



Slika 23. Slika 20. nakon grupiranja



Slika 24. Slika 21. nakon grupiranja

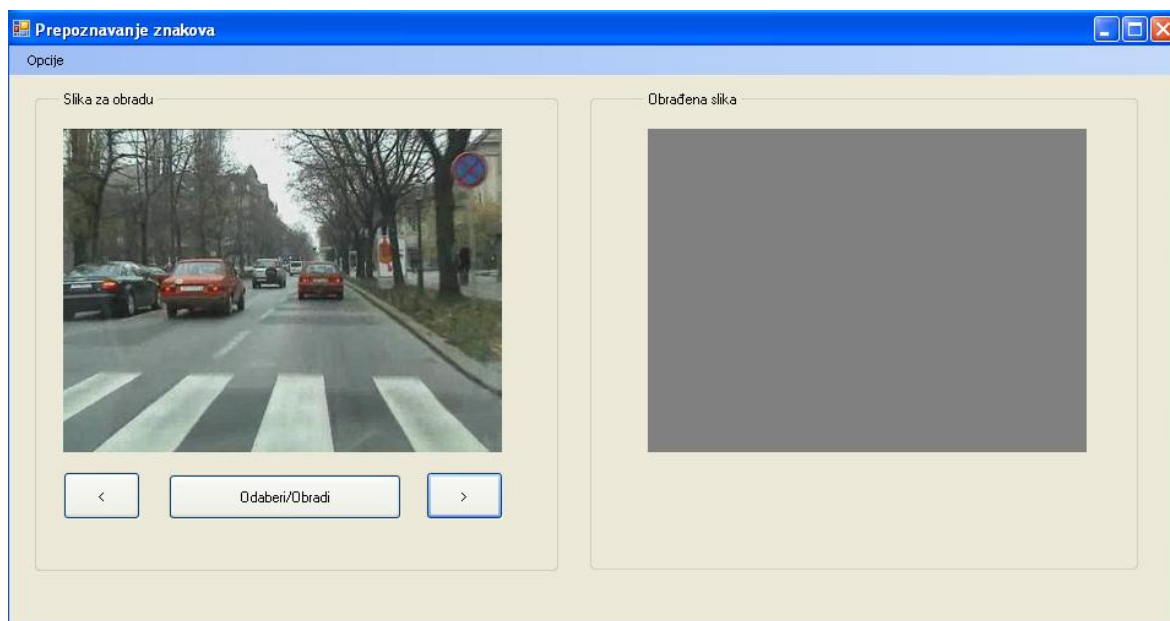
Završna slika (nakon dodatne eliminacije po površini i označavanja):



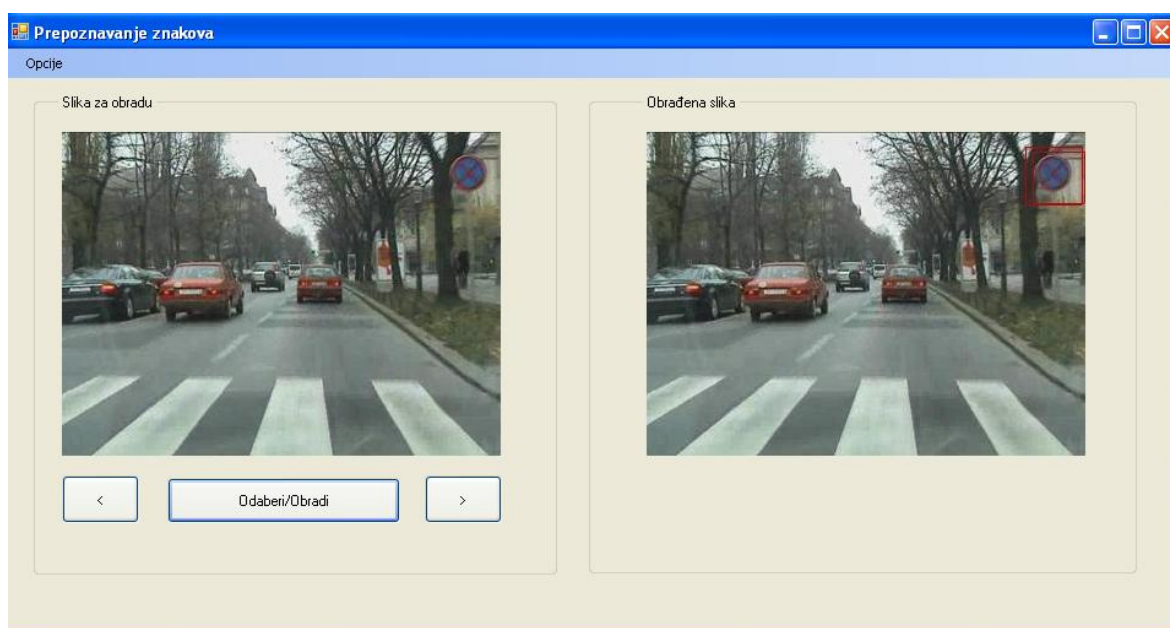
Slika 25. Završna slika

5. Windows aplikacija

Kako bi bilo olakšano korištenje sustava za detektiranje, koristi se grafička windows aplikacija. Aplikacija omogućava prolazak kroz testne fotografije i testiranje istih. Nakon odabira fotografije koja se želi testirati sustav pokreće obradu te prikazuje sliku na kojoj bi trebao biti označen znak (ako je detektiran).

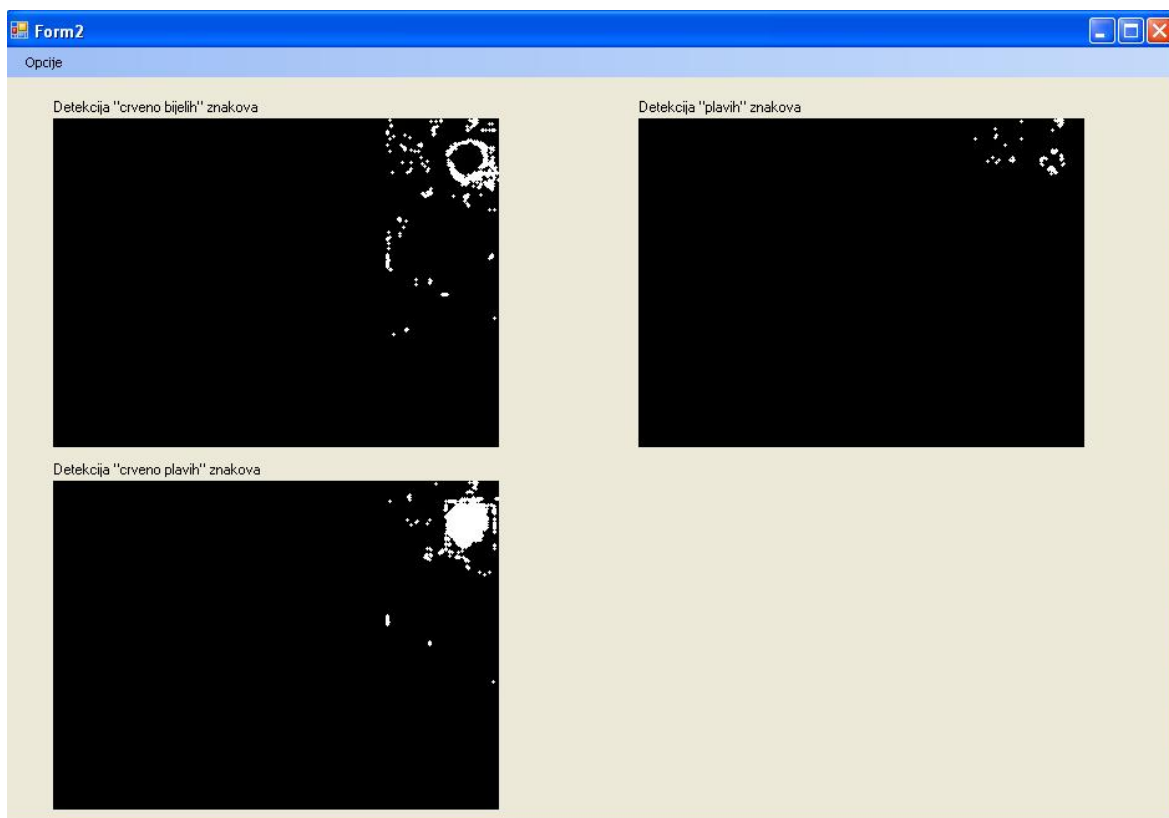


Slika 26. Početna forma aplikacije



Slika 27. Obradena slika se pojavi s desne strane početne slike

Za slučaj da korisnika interesira međukorak pri detekciji znaka, može odabrati “dodatne opcije” i vidjeti prolaskе kroz pojedine korake za svaki testni histogram.



Slika 27. Prikaz dodatnih opcija aplikacije

Nakon obrade se obrađene slike automatski spremaju na disk (svi međukoraci i završna slika) kako bi se po potrebi mogle i naknadno koristiti.

6. Problemi detekcije

Problemi mogu biti razni. Najveći problemi nastaju zbog lošeg osvjetljenja (zbog izvora umjetnog svijetla, vremenskih uvjeta, loše pozicije kamere s obzirom na sunce...), zbog čega dolazi do krivog očitavanja boja. U nekim slučajevima boje budu loše do te mjere da se prolaskom kroz histograme ne dobije niti jedan objekt koji je detektiran kao mogući prometni znak. No puno češća situacija je da se znak detektira samo u njegovoj djelomičnoj površini. Kod takve situacije rezultati mogu biti razni, ovisno o udjelu otkinutog dijela. Ako je dio koji nije otkinut i dalje dovoljne površine da se detektira kao

prometni znak, problema nema. Problem je ako ostane premali dio znaka, pa ga algoritam za eliminaciju na temelju površine odstrani iz daljnjeg razmatranja.



Slika 28. Znak pri lošem osvjetljenju

Veliki problem predstavljaju i vremenski uvjeti koji osim lošim osvjetljenjem mogu utjecati i sa lošom vidljivosti. Razne padaline (kiša, snijeg, magla...) fizički smetaju svojim prisustvom između kamere i promatranih predmeta. Snijeg dodatno ometa detekciju zbog svoje bijele boje koja se može krivo detektirati kao znak s dovoljnom površinom

U šarenoj okolini (čest slučaj u gradskoj vožnji) je velika mogućnost detekcije okolnih objekata koji nisu prometni znakovi (reklame, osobe, druga vozila...). Ti objekti nerijetko prolaze sve filtracije, pa i onu završnu za površinu. Situaciju bi uvelike popravila funkcija s algoritmom za filtriranje na temelju oblika. Međutim nju na žalost nije bilo moguće izvesti u okviru ovog rada zbog nedovoljne preciznosti ostalih funkcija.



Slika 29. Znak u snježnoj okolini



Slika 30. Znak u gradskoj “šarenoj” okolini

6.1. Uspješno riješeni, te neriješeni problemi

Problemi koji su se morali probati riješiti: lošija detekcija pri prisustvu kiše (nedetekcija znaka) i snijega (detekcija dodatnih predmeta, snježne površine, koji nisu

prometni znakovi) te velika količina stranih objekata u gradskoj vožnji koji odgovaraju definiciji znaka po kriteriju boje i površine.

Prvi problem se probao riješiti mijenjanjem kriterija funkcije eliminiranja po površini i mijenjanjem kriterija funkcije za eliminaciju bojom.

Kriterij za eliminaciju površinom je imao još malo prostora za pooštavanje (pooštavanje nije ograničeno funkcijom nego je bilo ograničeno pod uvjetom da se ne želi narušiti osnovna ideja, a ta je da znak mora imati točno određenu površinu u danom trenutku gledanja), tako da je pooštrenje podignuto na graničnu razinu.

Kriterij za eliminaciju bojom se zasnivao na “preoštrim” i “prečistim” histogramima (objašnjeno u 2.2.2. Eliminacija na temelju boje). Labavijim kriterijem (računanjem histograma na nešto mutnijim slikama) se uspio naći kompromis.

Rezultat je bio zadovoljavajući. Pooštavanje kriterija površine je pozitivno utjecalo na eliminaciju snježnih površina i to bez negativnog utjecaja na ostatak detekcije, tj. nije se povećao broj loše detektiranih predmeta. S “neutralnijim” slikama za računanje histograma se povećao broj uspješno detektiranih znakova po oblačnom i kišnom vremenu.

Problem s gradskom vožnjom se na žalost nije mogao kvalitetno riješiti. Eventualno riješenje problema bi bila i eliminacija po obliku, no to iz prije opisanih razloga nije bilo moguće.

7. Rezultati detekcija

Postotak ispravnih detekcija uvelike ovisi o uvjetima na cesti (objašnjeni u prošlom poglavlju) pa je na temelju toga i napravljena raspodjela efikasnosti u tri glavne grupe: izvangradska vožnja pri lošim vremenskim uvjetima (snijeg, kiša), gradska vožnja pri prosječnim vremenskim uvjetima i izvangradska vožnja pri prosječnim vremenskim uvjetima.

Testiranje se vršilo nad slikama velike rezolucije (1280:1024). Obrada slika s ovim rezolucijama daje bolje rezultate detekcije u odnosu na slike manjih rezolucija ali zato traje relativno dugih 5-6 sekundi po slici. Iz ovog razloga je ovakav način testiranja upotrebljiv samo za svrhe naknadne obrade spremljenog videa, a neupotrebljiv je za sustave koji služe kao pomoć pri vožnji. Broj testiranih slika je bio 150, odnosno 50 slika po grupi.

Kao što je bilo i za očekivati, najbolji rezultati su pokazani u izvangradskoj vožnji pri prosječnim vremenskim uvjetima. Postotak točno pronađenih znakova je iznad 90%. Unutar tih 90% se u 20% slučajeva dogodilo da je uz znak detektiran i neki okolni predmet. U 10% slučajeva u kojima nije točno pronađen znak se u 50% slučajeva detektirao neki okolni predmet koji nije smio biti detektiran kao znak.

Rezultati u izvangradskoj vožnji pri lošim vremenskim uvjetima su iznenađujuće dobri. Rezultati su gotovo identični onima pri prosječnim vremenskim uvjetima. Postotak točno pronađenih znakova je iznad 85%. Unutar tih 85% se u 20% slučajeva dogodilo da je uz znak detektiran i neki okolni predmet. U 15% slučajeva u kojima nije točno pronađen znak se u 50% slučajeva detektirao okolni predmet koji nije smio biti detektiran kao znak.

Gradska vožnja se očekivano pokazala kao najteža kad je odstranjivanje okolnih predmeta u pitanju. Relativno veliki broj predmeta se ne uspije eliminirati. Nerijetko se detektiraju i razni plakati, osobe, vozila... Postotak točno pronađenih znakova je iznad 80% što i nije loše, no ako se pogleda da se unutar tih 80% u preko 40% slučajeva detektirao i predmet koji je lažno predstavljen kao znak, rezultat se ne može smatrati previše dobrim. U 20% slučajeva u kojima nije točno pronađen znak se u preko 60% slučajeva detektirao neki okolni predmet koji se nije smio detektirati kao znak.



Slika 31. Uz znak je detektiran i automobil

Zanimljivo je za primjetiti kako se postotak detektiranja predmeta koji nisu prometni znakovi povećava u slučaju da pravi prometni znak nije pronađen. Razlog takvog detektiranja leži u tome što zadnji dio sustava detekcije izabire najveći predmet od svih do tada detektiranih predmeta (u slučaju da ih ima više) i proglašava ga znakom. Ovakav sustav se prikazao poprilično učinkovit, no nažalost u slučaju nepronaska pravog znaka zakaže jer ne pruža nikakvu zamjensku eliminaciju.

8. Zaključak

Detekcija prometnih znakova ima vrlo raznolike i korisne primjene. Kompleksnost sustava detektiranja je usko povezan s brojem i kompleksnošću korištenih algoritama, a o tome također ovisi i preciznost konačne detekcije.

Osnovni kriteriji detekcije (u ovom sustavu detekcije) su položaj, boja i površina objekta. Uspješnost detekcije je osjetljiva na vremenske uvjete te sam prostor vožnje, tj. radi li se o izvangradskoj ili gradskoj vožnji.

Na detekciju najviše utječu dva faktora: kvaliteta osvjetljenja i broj predmeta koji zbog svoje boje mogu biti detektirani kao znakovi. Testiranjem se potvrdila pretpostavka da će zbog raznih predmeta u prometu, koji imaju boje slične prometnim znakovima, detekcija biti puno teža i nepreciznija u gradskoj vožnji. Po testovima se dalo zaključiti i kako snijeg i lagana kiša također mogu u velikoj mjeri utjecati na detekciju, no to je na sreću riješivo.

Rezultati detekcija su zadovoljavajući u izvangradskoj vožnji (i u lošijim i u boljim uvjetima vožnje), ali se na žalost ne mogu smatrati uspješnima u slučaju gradske vožnje te bi za bolje rezultate trebalo upotrijebiti dodatne algoritme.

9. Literatura

- [1] Intel, OpenCv, *Open Source Computer Vision Library*,
<http://www.intel.com/technology/computing/opencv/>, 20.05.2008.
- [2] David W. "On optimal and data-based histograms", (1979), str. 605–610.
- [3] Ju Han i Kai-Kuang Ma. "Fuzzy color histogram and its use in color image retrieval",
(08.08.2002.), str. 944-952.
- [4] Sutić, Martinović, Juribašić, Malivć, Lujčić, Perica. "PUSIC". Projekt iz programske potpore.
Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2008.
- [5] Sangoh Jeong, Histogram-based color image retrieval, 15.03.2001. , *Histogram-based color image retrieval*, <http://scien.stanford.edu/class/psych221/projects/02/sojeong/>, 20.05.2008.
- [6] Paul Heckbert, C implementation of Flood/Seed Algorithm from Graphics Gems, 1990.,
C implementation of Flood/Seed Algorithm from Graphics Gems,
<http://tog.acm.org/GraphicsGems/gems/SeedFill.c>, 15.05.2008.

Detekcija prometnih znakova na temelju boje i oblika

Sažetak

Ovaj rad je napravljen s ciljem detekcije prometnih znakova u vožnji. Navedene su programska i sklopovska podrška. Programski dio rada se sastoji od tri glavne funkcije. Za svaku funkciju je objašnjen način rada te su navedeni i glavni algoritmi svake pojedine funkcije. Kako bi se lakše testirala uspješnost rada isprogramirana je i Windows aplikacija koja omogućava i detaljan pogled na svaki korak sustava. Pri detekciji može doći do raznih smetnji, neke su eliminirane u velikoj mjeri, a neke nisu. Na kraju se uspješnost sustava testirala u različitim uvjetima.

Ključne riječi: prometni znakovi, računalni vid, histogram, detekcija na temelju boje, detekcija na temelju površine.

Detection of traffic signs based on color and shape

Summary

The main goal of this work is detection of traffic signs during the ride. Software and hardware are described. Program part of the work is based on three main functions. Details for each function are explained as well as the main algorithms of every function. The Windows application has been developed to support easier testing of the work and to obtain details on each step of the system. While in some cases false positives can appear, they are mostly removed during the elimination phase. At the end, the success of the system is tested in several different environments and the results are shown.

Keywords: traffic signs, computer vision, histogram, color based detection, size based detection.