

# Sistem za automatsko prepoznavanje saobraćajnih tablica

Autori:

Njegoš Blagojević, Đorđe Njegić i Luka Kureljušić

Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije

Fakultet tehničkih nauka

Univerzitet u Novom Sadu

Recenzent:

Milica Jovović

Softversko inženjerstvo i informacione tehnologije

Fakultet tehničkih nauka

Univerzitet u Novom Sadu

## O ČEMU RAD GOVORI?

U radu je predstavljan sistem za automatsko prepoznavanje saobraćajnih tablica, kao i osnovni koncepti na kojima se ovakav sistem zasniva. Detaljno su opisani koraci kroz koje je neophodno proći kako bi se od ulazne slike vozila došlo do odgovarajuće registarske oznake vozila.

Na samom početku, rad nam daje predstavu o značaju i primeni SAPT-a (sistema za automatsko prepoznavanje tablica). Takođe, ukratko se opisuje i način realizacije sistema, koji obično podrazumeva četiri koraka: dobavljanje i pretprocesiranje slike vozila, detekcija registarskih tablica, segmentacija karaktera tablice, i prepoznavanje pojedinačnih karaktera.

Navedeni koraci procesa za automatsko prepoznavanje tablica su detaljno opisani u narednim poglavljima. Uz sam opis su navedeni i načini implementacije delova sistema, kao i prednosti i mane koje oni donose. Konkretno su za korak detekcije tablica u okviru fotografije okarakterisana dve vrste algoritama: algoritmi koji nemaju nikakav očekivan format tablica i algoritmi koji imaju striktni model po kom traže tablice. Uz to su predstavljene i dve metode detekcije saobraćajnih tablica: pomoću neuronskih mreža i pomoću algoritma višestrukog preplitanja. Takođe, za prepoznavanje karaktera su opisana dva načina: algoritam koji poredi uzorak sa prethodno generisanom bazom i veštačke neuronske mreže, i navedeni su mogući problemi do kojih dovode.

Nakon detaljnog definisanja načina funkcionisanja automatskog prepoznavanja saobraćajnih tablica, rad diskutuje o rezultatima i ograničenjima sistema, iz čega je izveden konačan zaključak rada. Pošto autori nisu implementirali sam sistem, evaluacija sistema je izvršena na osnovu rezultata iz relevantnih naučnih radova. Analiza rezultata je izvršena na osnovu uspešnosti detekcije tablica iz različitih delova sveta i prepoznavanja pojedinačnih karaktera.

## DOBRE STRANE RADA

- Rad opisuje proces automatskog prepoznavanja saobraćajnih tablica na jednostavan i jasan način. Samim tim, podrazumeva se da nije neophodan visok nivo stručnosti i poznavanja SAPT-a da bi se razumeo sadržaj rada.
- Koraci funkcionisanja sistema su detaljno opisani uz relevantne slike, čime je omogućeno lakše praćenje i razumevanje suštine sistema.
- Uz dobru organizaciju, navedene su sve neophodne tematske celine. Apstrakt sažeto obuhvata suštinu rada, a uvod opširnije opisuje navedenu suštinu i uspešno privlači pažnju čitalaca. Pasusi adekvatno definišu i razrađuju njihov podnaslov, dok zaključak sumira poente navedene u radu. Ovim je omogućeno da čitaoci lako isprate tok misli autora i kreiraju mentalnu mapu rada.
- Zadovoljen je glavni cilj predstavljanja rada publici, jer je čitanjem rada omogućeno sticanje osnovnog znanja o načinu funkcionisanja SAPT-a, i o prednostima i manama različitih implementacija sistema.

## KRUPNE PRIMEDBE I SUGESTIJE

### 1. Generalni komentari

Mnogi paragrafi i pasusi nisu podeljeni u manje celine, čime je onemogućena bolja preglednost rada i fokus na pojedinačne tematske rečenice. Paragrafi koje bi trebalo podeliti su: II. A, II. B, II. C. 3), V. A, a pasusi su: III. prvi i pretposlednji pasus, IV. prvi i poslednji pasus, V. B. drugi i četvrti pasus, VI. četvrti i šesti pasus, VII. prvi pasus. Podelu bi trebalo vršiti tako da se sam pasus sastoji iz dve-tri rečenice, od kojih je prva tematska rečenica pasusa, a ostale su razrada navedene tematske rečenice.

Često korišćene reči kao što su „mnogi drugi“, „različiti“, „neke“ i slično, doprinose napreciznosti rada. Ukoliko se navedene i slične reči ne mogu izbeći, pri njihovom korišćenju bi bilo bolje koristiti navođenje opisanih pojmova. Na primer, u delu rečenice u apstraktu „mnogi drugi sistemi iz različitih polja delatnosti“ bi bilo preciznije navesti konkretne sisteme i konkretna polja delatnosti.

Način pozicioniranja slika u radu nije konzistentan, kao ni uvlačenje elemenata liste, što bi se moglo rešiti centriranjem slika unutar paragrafa i postavljanjem odgovarajućeg nivoa uvlačenja liste. Takođe, uticaj na konzistentnost imaju i pojedine slike (Slika 2, Slika 5) koje nisu jednako odvojene od teksta kao i ostale slike, pa bi se trebao izmeniti pored između slike i pasusa.

Reference na slike nije neophodno navoditi u zagradama i u nominativu, već bi bilo bolje koristiti ih kao sastavni deo rečenice. Tako bi rečenica „Na (Slika 1) je predstavljen izgled...“ bila jasnija i lakša za čitanje kao „Na slici 1 je predstavljen izgled...“.

Kako bi čitalac lakše mogao da prati tok misli autora, slike bi trebale da se nalaze u tekstu direktno ispod pasusa koji o njima priča. Ovu izmenu bi trebalo primeniti kod slika 6 i 7, a i kod 8 i 9 nakon podela pasusa na manje celine. Takođe, svaka slika mora biti referencirana unutar rada i svaka referenca mora označavati postojeću sliku. Referenciranje mora biti adekvatno, kako nebitne ili nepostojeće slike ne bi čitaocu skretale pažnju sa rada. Navedeni problem bi se mogao rešiti uklanjanjem slike 10 iz rada ili njenim referenciranjem unutar relevantne rečenice, i brisanjem reference „Slika nsm“ u IV. paragrafu, ili dodavanjem slike, uz odgovarajuću numeraciju.

## 2. Komentari po poglavljima

### II. PRETPROCESIRANJE

#### A. Binarizacija slike

Na samom kraju potparagrafa, naveden je pojam „trešholding“ sa kojim čitaoci nisu upoznati. Prethodno je samo naveden naziv algoritma *Automatic Thresholding*. Rešenje bi bilo da se pre naziva algoritma navede pojam trešholding, a u zagradama naziv algoritma, ili da se pojam trešholdinga konkretno objasni, što će svakako doprineti većem kvalitetu rada.

#### B. „Gray scale conversion“

Skraćenicu RGB bi trebalo objasniti pored samog naziva, jer se kasnije objašnjava podela na tri dimenzije, pa bi podela skraćenic na *red*, *green* i *blue* doprinela lakšem razumevanju procesa. Objašnjenje skraćenic se jednostavno može navesti u zagradi gde se RGB prvi put spominje, kao (*red, green and blue, RGB*).

U rečenici koja opisuje odvajanje boje po 8 bita je napisano da takav način odvajanja predstavlja standard danas. Kako bi se potvrdila tačnost ove tvrdnje, trebalo bi navesti referencu na odgovarajuću literaturu iz koje su autori došli do ovog saznanja.

#### C. Matematička morfologija

U drugom pasusu, sam početak druge rečenice ne daje baš najjasniju sliku na šta se odnosi, pa je čitalac primoran da više puta pročita ovaj deo teksta. Rečenica „Prvenstveno je bila namenjena za...“ bi se mogla razumljivije napisati kao „Metoda matematičke morfologije je prvenstveno bila namenjena za...“.

##### 1) Erozijska

Primer funkcionisanja procesa erozije, tj. deo rečenice naveden u zagradi, znatno proširuje rečenicu, čime se gubi fokus čitaoca na poentu rečenice. Navedeni primer bi bilo bolje izdvojiti u zasebnu rečenicu koja sledi nakon opisa erozije, odnosno umesto zgrade bi trebalo staviti tačku i započeti novu rečenicu sa primerom.

##### 2) Proširenje

Prethodno navedena primedba se može uočiti i u potpoglavlju 2) Proširenje, gde bi se poslednji deo poslednje rečenice mogao izdvojiti u novu rečenicu. Navođenje skoro potpunih rečenica u zagradama dovodi do problema rečenice u rečenici, što dovodi do narušavanja smisla konkretnih pojedinačnih rečenica. Najbolje rešenje problema predstavlja upravo kreiranje novih rečenica i izbegavanje predugačkih sintaksi unutar zagrada.

##### 3) Otvaranje

Pojam „curenja“ upotrebljen u pretposlednjoj rečenici nije prethodno definisan. Korišćenje nedefinisanih pojmova dovodi do nerazumevanja teksta od strane čitaoca ukoliko nije upoznat sa pojmom, pa bi „curenje“ trebalo objasniti bar jednom rečenicom ili referencom na literaturu.

#### 4) Zatvaranje

Poslednji pasus u potpoglavlju 4) Zatvaranje se odnosi na sve operatore matematičke morfologije, a sam naslov potpoglavlja i ostatak njegovog sadržaja govore o konkretnom operatoru zatvaranja. Lošim pozicioniranjem navedenog pasusa gubimo suštinu i organizaciju potpoglavlja, a time se otežava i praćenje toka misli autora. Najbolje rešenje bi bilo da se pasus prebaci na sam kraj potpoglavlja C. Matematičke morfologije, a time će se i Slika 6 približiti relevantnom pasusu u kom se spominje.

### III. DETEKCIJA TABLICA U OKVIRU FOTOGRAFIJE

Navođenje citavih pasusa unutar liste nije najbolje rešenje, jer se gubi smisao liste. Liste treba koristiti kako bi se naveli određeni pojmovi ili koraci, a kasnije možemo te pojmove detaljno opisati. U paragrafu III. su navedene dve podele: podela algoritama i podela metoda. Obe podele bi bile lakše za čitanje ukoliko bi se naveli samo nazivi algoritama i metoda, a u posebnim pasusima ispod njih se mogu detaljnije opisati konkretni pojmovi. Takođe, podela algoritama bi se trebala navesti u nenumerisanoj listi, kao podela metoda, kako ne bi davali prednost određenom algoritmu.

### IV. SEGMENTACIJA KARAKTERA

Navedena primedba vezana za liste u paragrafu III. se može pimeniti i na paragraf IV. pri podeli aproksimacija nad kandidatima. Radi jednostavnijeg praćenja, treba navesti samo nazive u listi, a aproksimacije opisati u zasebnim pasusima.

Pretposlednju rečenicu u prvom pasusu „Ukoliko je broj registrovanih objekata...“ je teško razumeti na osnovu samo jednog čitanja, jer je nejasna i predugačka. Iz rečenice bi trebalo izbaciti nepotrebne delove, izmeniti redosled reči i/ili je podeliti na manje rečenice, kako bi se iznela njena poenta.

### V. PREPOZNAVANJE KARAKTERA.

U prvom pasusu je opisano da postoje dva načina za prepoznavanje karaktera, ali su oni navedeni samo kao naslovi potparagrafa. Problem kod ovoga je što će čitalac morati da lista rad kako bi pročitao naslove i saznao koja su to konkretna dva načina. Rešenje koje bi olakšalo čitanje je da se nazivi prvo navedu na samom kraju pasusa, a onda detaljnije opisu u potparagrafima.

### VI. TUMAČENJE REZULTATA I DISKUSIJA O ISTIM

Naslov poglavlja VI. nam daje tačnu ideju o čemu će poglavlje govoriti, ali bi možda bio precizniji i direktniji ukoliko bi se napisao kao „Tumačenje i diskusija rezultata“. Dodavanje nepotrebnih reči ometa pažnju čitaoca pri čitanju rada.

Drugi pasus je nejasan zbog ponavljanja reči i nepreciznosti pri navođenju korišćenih tehnika i tehnologija. Da bi se poboljšao izgled ovog pasusa, najbolje je izmeniti ponovljene reči i navesti konkretne implementacije.

3. Sumarizacija: zbog čega mislite da je rad dobar/loš.

Kada sumiram utiske nakon čitanja rada, smatram da je rad u celini dobar, jer konkretno, jasno i jednostavno opisuje problem i rešenje sistema za automatsko prepoznavanje saobraćajnih tablica. Rad nas upoznaje sa osnovnim osobinama, koracima i načinima implementacije sistema, što nam omogućava da razumemo koncept SAPT-a i lakše proširimo znanje o ovakvim sistemima. Takođe, može se uvideti da je rad stručno napisan nakon detaljnog istraživanja literature vezane za opisanu temu.

#### SITNE PRIMEDBE

U radu se retko koriste znakovi interpunkcije, pre svega zarezi, na mestima gde bi to omogućilo lakše razumevanje rečenice (npr. pre veznika ali, a...). Takođe, na razumljivost rečenica i bolji fokus čitaoca utiče i dosta štamparskih, gramatičkih i pravopisnih grešaka. Primer rečenice koja obuhvata obe primedbe se nalazi u VI. poglavlju: „Kod Indije i ostalih azijskih zemalja (Slika 8) javlja se još jedan značajan problem, a to je (su) velike varijacije u formatu registarskih tablica(,) čak i na nivou države...“. U zagradama je navedeno kako bi se greške mogle ispraviti, a najbolje rešenje za primenu ovakvih izmena kroz čitav rad je da se bar još jednom pročita rad u celosti.

U navedenoj rečenici iz VI. poglavlja koja je poslužila kao primer, se može uočiti i da Slika 8 nije relevantna sa opisanim problemom. Trebalo bi izmeniti referencu, ukoliko slika već postoji u radu, ili dodati novu sliku sa odgovarajućom referencom.

Poslednji pasus u uvodu, koji navodi sadržaj ostatka rada, bi bio razumljiviji i lakši za praćenje ukoliko se ne bi navodili potpuni nazivi poglavlja. Umesto naziva bi se mogli upotrebiti samo brojevi poglavlja ili pridevi za poglavlje kao što su: „naredno“, „sledeće“, „poslednje“ i slično.

Podela na potpoglavlja u poglavlja II. i V. narušava konzistentnost rada numerizacijom potpoglavlja slovima latinice, dok je čitav rad napisan ćirilčnim pismom. Možda bi bilo bolje da se numerizacija izmeni u ćirilicu, kako bi referenciranje iz drugih pasusa na potpoglavlja bilo jasnije i lakše za čitanje.

Pri pisanju rada, ne treba koristiti buduće vreme kada navodimo šta je opisano u ostatku rada, već treba biti konkretan i pisati u sadašnjosti. Na primer, rečenica u drugom pasusu uvoda „Ovaj rad pružiće uvid u načine...“ bi bila direktnije napisana kao „Ovaj rad pruža uvid u načine...“.

U paragrafu IV. je povećan prored između prvog i drugog pasusa. Ovo narušava konzistentnost rada i navodi čitaoca da misli da su autori hteli da istaknu određeni pasus, iako to nije bila njihova namera. Kako bi se rešio ovaj problem, trebalo bi ukloniti *enter* ili izmeniti *line spacing*.

#### PITANJA ZA AUTORE

Da li mislite da bi se neka od ograničenja sa kojima se SAPT danas susreće mogla izbeći u budućnosti i kako? Konkretno, da li bi se oštećenja i prljavština na saobraćajnim tablicama mogla programski ukloniti treniranjem neuronskih mreža i na ovakve specifične slučajeve?

#### PROVERA SADRŽAJNOSTI I FORME SEMINARSKOG RADA

1. Da li je naslov rada dobro izabran?

Da, naslov kratko i jasno definiše problem i rešenje opisano u radu.

2. Da li apstrakt sadrži prave podatke o radu?

Da, apstrakt ukratko navodi sve elemente opisane u daljem radu. Takođe, sastoji se od četiri neophodna dela: opisa problema, motivacije za rešavanje problema, kratakog opisa rešenja i glavnog zaključka. Zaključak bi mogao biti preciznije naveden na kraju apstrakta, opcionalno i uz konkretne analizirane rezultate, osim što je navedeno samo da SAPT sistemi imaju široku primenu.

3. Da li je uvod uspešno privukao Vašu pažnju (generalni koncept je dobro uveden i rad dobro motivisan, a ciljevi rada eksplicitno navedeni)?

Uvod je napisan tako da uspešno može da privuče pažnju čitaoca, jer sadrži pregled čitavog rada, uz navedenu motivaciju i ciljeve pisanja rada.

4. Da li je struktura rada adekvatna?

Struktura rada je adekvatna, što je omogućeno dobrom organizacijom poglavlja, kao i pisanjem sadržaja poglavlja vezanog za njegov naslov. Kako bi struktura bila još kvalitetnija, pasusi bi trebali biti podeljeni na manje celine, što je navedeno u generalnim primedbama.

5. Da li je rad lak ili težak za čitanje?

Rad je u celosti lak za čitanje, ukoliko zanemarimo pojedine greške, navedene u primedbama i sugestijama, koje utiču na jasnoću i preglednost rada. Generalno se nakon čitanja rada može steći slika o problemu, rešenju i poruci koju su autori hteli da istaknu.

6. Da li je za razumevanje teksta potrebno predznanje i u kolikoj meri?

Prethodno znanje o opisanom problemu nije neophodno da bi čitalac razumeo rad. Rad je napisan na precizan i jednostavan način, upravo sa ciljem da uputi čitaoca u osnovne koncepte SAPT-a.

7. Da li je u radu navedena odgovarajuća literatura?

Literatura navedena u radu je odgovarajuća, tj. svi navedeni radovi su relevantni sa opisanom temom. Međutim, pojedini radovi iz literature su stariji od pet godina.

8. Da li su u radu reference korektno navedene?

Da, reference su korektno navedene na odgovarajućem mestu, uz link ka opisu konkretne literature.

9. Da li su slike i tabele funkcionalne i adekvatne? Da li su sve navedene slike i tabele neophodne? Da li su dovoljno vidljive (dobra rezolucija, slova nisu previše sitna,...)?

Rad ne poseduje tabele, a sve slike koje sadrži su adekvatne i dovoljno vidljive. Uključene slike su neophodne, jer doprinose lakšem razumevanju samih koraka procesa prepoznavanja tablica. Određene primedbe na pozicioniranje i referenciranje slika su navedene u primedbama i sugestijama.

10. Da li sve što je navдено u zaključku sledi iz tela rada?

Da, zaključak sadrži rezime čitavog rada, kao i pasus o opisu budućeg rada i razvoja SAPT-a. Nisu navedeni nikakvi novi rezultati, ni tvrdnje, već je sve sumirano iz prethodnih delova rada.

11. Da li je terminologija korektna? Da li su autori demonstrirali poznavanje polja?

Način pisanja rada i njegov sadržaj, uz stručnu i korektnu terminologiju, odaje utisak da su autori dobro upoznati sa poljem automatskog prepoznavanja saobraćanih tablica. Pojedine zamerke na korišćenje nedefinisanih pojmova su navedene u primedbama i sugestijama.

12. Da li ima suštinskih grešaka i propusta?

Rad nema suštinske greške i propuste, osim navedenih krupnih i sitnih primedbi.

13. Da li rad sadrži sve neophodne elemente (ključne reči, slike, tabele...)?

Rad sadrži odgovarajuće ključne reči, kao i neophodne slike i formule.

14. Da li je rad adekvatnog obima (propisan broj reči)?

Da, rad sadrži između 3500 i 4000 reči.

15. Da li je rad adekvatno formatiran?

Rad prati zadati format, uz par zamerki navedenih u primedbama, vezanih za prored, pozicioniranje i uvlačenje.

16. Da li su sve slike/tabele/literatura referencirane iz teksta?

Da, literatura i većina slika su referencirane iz teksta. U primedbama i sugestijama su opisani problemi o slikama koje se ne referenciraju nigde, i referencama teksta koje nemaju odgovarajuću sliku.

17. Da li je ton autora akademski, neformalan ili mešavina prethodna dva?

Ton autora je akademski, uz korišćenje jasnih i jednostavnih termina za opis nepoznatih pojmova, što omogućava lakše razumevanje i praćenje rada.

#### OCENITE SEBE

Koliko ste upućeni u oblast koju recenzirate? Obrazložite svoju odluku.

- a) ekspert u datoj oblasti
- b) veoma upućeni u oblast
- c) srednje upućeni
- d) malo upućeni
- e) skoro neupućeni
- f) potpuno neupućeni

Smatram da sam srednje upućena (c) u oblast koju recenziram, s obzirom na to da sam napisala seminarski rad na temu detekcije i prepoznavanja rukopisa pomoću konvolucionih neuronskih mreža. Pisanje navedenog rada je zahtevalo čitanje literature vezane za automatsko prepoznavanje određenih delova slike i konverziju u karaktere, što je usko povezano sa SAPT sistemima. Međutim, neki koraci i konkretni algoritmi opisani u radu su delovi sa kojima nisam u potpunosti upoznata, pa moje znanje ne bih mogla oceniti višom ocenom.