

# Pregled sustava za automatsko prepoznavanje prometnih znakova

---

**Andrić, Krunoslav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:464506>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Krunoslav Andrić

PREGLED SUSTAVA ZA AUTOMATSKO  
PREPOZNAVANJE PROMETNIH ZNAKOVA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

# **PREGLED SUSTAVA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE PROMETNIH ZNAKOVA OVERVIEW OF TRAFFIC SIGNS RECOGNITION SYSTEMS**

Mentor: Prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

Student: Krunoslav Andrić  
JMBAG: 0082048573

Zagreb, kolovoz 2019.

Zagreb, 29. ožujka 2019.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**  
Predmet: **Vizualne informacije u prometu**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 5070**

**Pristupnik: Krunoslav Andrić (0082048573)**  
**Studij: Promet**  
**Smjer: Cestovni promet**

Zadatak: **Pregled sustava za automatsko prepoznavanje prometnih znakova**

Opis zadatka:

Suvremeni razvoj tehnologije primijenjen u dinamičnom okruženju prometnog sustava sa sobom donosi promjene koje se osim u načinu odvijanja prometa, očituju i na prometnoj infrastrukturi. Kvalitetnim upravljanjem i održavanjem prometne infrastrukture te prometnih znakova kao jednih od njezinih ključnih elemenata, omogućuje se sigurno odvijanje prometa i zaštita svih sudionika. Stvaranjem suvremene baze podataka prometnih znakova moguće je brzo i jednostavno dobiti uvid u trenutno stanje na cestama o oštećenim i ukradenim prometnim znakovima ili o izgradnji nove ceste i rekonstrukciji postojeće na kojoj je potrebno obnoviti postojeće znakove.

Cilj ovog rada je analizirati postojeće tehnologije i tehnike označavanja prometnih znakova u svrhu ažuriranja i stvaranja funkcionalne baze cestovnih podataka. Na temelju komparativne analize tehničkih karakteristika najčešće korištenih metoda detekcije i identifikacije prometnih znakova identificirat će se osnovne prednosti i nedostatci pojedine metode te će se ustvrditi njihov potencijal za primjenu u svrhu ažuriranja baze cestovnih podataka.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

---

prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

---

izv.prof.dr.sc. Darko Babić

## **SAŽETAK**

Suvremeni razvoj tehnologije primijenjen u dinamičnom okruženju prometnog sustava sa sobom donosi promjene koje se osim u načinu odvijanja prometa, a koje se očituju i na prometnoj infrastrukturi. Kvalitetnim upravljanjem i održavanjem prometne infrastrukture te prometnih znakova kao jednih od njezinih ključnih elemenata, omogućuje se sigurno odvijanje prometa i zaštita svih sudionika u prometu. Stvaranjem suvremene baze podataka prometnih znakova moguće je brzo i jednostavno dobiti uvid u trenutno stanje o oštećenim i ukradenim prometnim znakovima na cesti, odnosno koje prometne znakove treba zamijeniti.

Cilj ovog rada je analizirati postojeće tehnologije i tehnike označavanja prometnih znakova u svrhu ažuriranja i stvaranja funkcionalne baze cestovnih podataka. Na temelju komparativne analize tehničkih karakteristika najčešće korištenih metoda detekcije i identifikacije prometnih znakova identificirat će se osnovne prednosti i nedostaci pojedine metode te će se ustvrditi njihov potencijal za primjenu u svrhu ažuriranja baze cestovnih podataka.

**KLJUČNE RIJEČI:** baze cestovnih podataka; prometni znakovi; prometna signalizacija; metode za automatsko prepoznavanje prometnih znakova;

## **SUMMARY**

The development of modern technologies applied in the dynamic environment of the traffic system brings changes in operating traffic as well as in traffic infrastructure. Quality traffic management and maintenance of infrastructure and traffic signs as one of its key elements allows safe operating for all road users. Creating contemporary traffic signs data bases would allow quick and easy access in current state regarding damaged or stolen traffic signs, meaning what traffic signs are to be replaced.

The goal of this paper is to analyze current technologies and techniques of traffic signs recognition resulting in creating and updating functional road data bases. Based on comparative analysis of technical characteristics of most used methods of road signs detection and identification, the advantages and disadvantages of each method will be identified, as well as their potenal in their application in updating road data bases.

**KEYWORDS:** road data bases; traffic signs, road signalization traffic signs recognition methods;

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O PROMETNIM ZNAKOVIMA .....	3
2.1. Osnovna svojstva prometnih znakova.....	5
2.2. Podjela prometnih znakova.....	5
3. ODRŽAVANJE CESTOVNE INFRASTRUKTURE.....	9
3.1. Redovito održavanje .....	9
3.2. Izvanredno održavanje.....	10
4. BAZA CESTOVNIH PODATAKA U FUNKCIJI OPTIMIZACIJE ODRŽAVANJA CESTOVNE INFRASTRUKTURE.....	12
5. SUSTAVI AUTOMATSKOG PREPOZNAVANJA PROMETNIH ZNAKOVA U SVRHU AŽURIRANJA BAZE CESTOVNIH PODATAKA.....	15
5.1. Detekcija i raspoznavanje prometnih znakova iz video snimke te fotografije .....	15
5.1.1. Prednosti i nedostaci.....	16
5.1.2. Pregled postojećih metoda za detekciju i raspoznavanje prometnih znakova iz video snimaka te fotografija.....	17
5.2. Metoda označavanja i identifikacije prometnih znakova primjenom bar-kod tehnologije .....	20
5.2.1. Općenito o bar-kod tehnologiji .....	21
5.2.2. Prednosti i nedostaci: .....	23
5.3. Metoda radiofrekvencijske identifikacije.....	23
5.3.1. Povijest razvoja sustava .....	24
5.3.2. Struktura sustava.....	24
5.3.3. Prednosti i nedostaci: .....	25
6. PRIMJERI PRIMJENE SUSTAVA AUTOMATSKOG PREPOZNAVANJA ZNAKOVA .....	27
6.1. Primjena prepoznavanja prometnih znakova iz video snimaka i fotografija .....	27
6.2. Primjena bar-kod tehnologije za označavanje prometnih znakova .....	28
6.3. Primjena RFID sustava .....	31
7. ZAKLJUČAK .....	34
LITERATURA.....	36
POPIS SLIKA .....	38

# 1. UVOD

Prometni znakovi su tehnički elementi za upravljanje prometnim tokovima, odnosno za upravljanje kretanja po prometnoj mreži te kao takvi predstavljaju osnovna sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu, pa su samim time i osnovni alat za održavanje sigurnosti u prometu. Postavljanje odgovarajuće grupe prometnih znakova na predevidenim mjestima dionice ceste se povećava sigurnost, jer vozač dobiva informaciju o predstojećim uvjetima na istoj cesti.

Razvojem računalnih tehnologija, posebice u posljednjem desetljeću, te povećanom pristupačnošću novih tehnoloških rješenja (pad cijena proizvodnje, bolja međunarodna povezanost u trgovinskom smislu, itd.) ostvarili su se uvjeti za poboljšanje postojećih rješenja iz područja prometnih znanosti naročito rješenja usmjerenih ka upravljanju i održavanju prometne infrastrukture. Poblize, postojeće tehnologije za nadzor i održavanje prometnih znakova mogu se smatrati zastarijelima te je potrebno definirati tehnički i teoretski sofisticiranija rješenja za označavanje te automatizirano identifikaciju prometnih znakova na državnim cestama čiji će krajnji cilj biti uspostava sustava ažuriranja i održavanja Baze cestovnih podataka.

Cilj ovog rada je identificirati koje su metode za automatsko prepoznavanje prometnih znakova, opisati i objasniti svaku metodu te navesti primjere primjene metoda u stvarnom svijetu, a sve to u svrhu da se odabere optimalna metoda za stvaranje Baze cestovnih podataka

Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Općenito o prometnim znakovima
3. Održavanje cestovne infrastrukture
4. Baza cestovnih podataka u funkciji optimizacije održavanja cestovne infrastrukture
5. Sustavi automatskog prepoznavnja prometnih znakova u svrhu ažuriranja baze cestovnih podataka
6. Primjeri primjene sustava automatskog prepoznavnja prometnih znakova
7. Zaključak

U drugom poglavlju je definirana povijest prometnih znakova, njihova osnovna svojstva i podjela.

Poglavlje održavanje cestovne infrastrukture definira pojam održavanja te navodi podjelu i opis načina održavanje cestovne infrastrukture.

Četvrto poglavlje donosi objašnjenje pojma Baze podataka te navodi sve baze cestovnih podataka u funkciji optimizacije održavanja cestovne infrastrukture.

U petom poglavlju su navedeni i pojašnjeni sustavi automatskog prepoznavanja znakova u svrhu ažuriranja baze cestovnih podataka.

Iduće poglavlje navodi primjere primjene sustava za automatsko prepoznavanje prometnih znakova u stvarnosti.



## 2. OPĆENITO O PROMETNIM ZNAKOVIMA

Cestovni propisi i prometni znakovi, kakvi se danas sreću, počeli su se primjenjivati na cestama s pojavom motornih vozila početka 20. stoljeća. S obzirom na razvoj motorizacije i sve veću mobilnost ljudi iskrsnula je i potreba za utvrđivanje međunarodnih propisa koji bi na određeni način regulirali ponašanje sudionika u prometu na cestama. Prva međunarodna Konvencija o cestovnom i automobilskom prometu održana je 1909. godine u Parizu, a zatim su slijedile konvencije u drugim gradovima tijekom godina. Međutim, s aspekta prometnih znakova najvažnija je Ženevska konvencija iz 1949. godine kada je donesen Protokol o signalizaciji na cestama. Rezultati navedenih konvencija i protokola su se očitovali u standardizaciji oblika i boja prometnih znakova pa su tako znakovi opasnosti dobili oblik istostraničnog trokuta s vrhom prema gore, znakovi izričitih naredbi okrugli, a znakovi obavijesti pravokutni. Kako je broj prometnih znakova na cestama rastao ukazivala se daljnja potreba za njihovom unifikacijom i normizacijom na međunarodnoj razini. Iz tog razloga je 1968. godine donesen sporazum na Konferenciji cestovnog prometa u Beču koji predstavlja osnovu i za znakove u RH.

Usprkos nastojanjima za što većom standardiziranošću, pokazalo se da nije lako postići usuglašavanje u korištenju prometnih znakova. Postoje brojni tehnički, ekonomski, politički, ali i kulturološki razlozi koji otežava taj proces. Općenito, u svijetu je u uporabi nekoliko sustava znakova:

- u SAD-u, u Australiji i Novom Zelandu u uporabi je sustav koji je najviše utemeljen na uporabi pisanih riječi
  - sustav u Europi uglavnom se temelji na simbolima bez uporabe riječi
  - Latinska Amerika, države Srednje Amerike i neke zemlje u Aziji poštuju Nacrt konvencije iz 1953. godine. Također se upotrebljavaju simboli, ali na različite načine. Znakovi upozorenja su u obliku romba umjesto trokuta, crvena dijagonalna crta na znakovima isključivo se upotrebljava za zabranu. Znakovi zabrane i dozvole ne mogu se razlikovati na osnovi boje.
  - Kanadski sustav najviše koristi simbole, a zasnovan je na Protokolu i Nacrtu konvencije iz 1953. godine i američkom sustavu s nekim novim znakovima
  - u nekom dijelovima istočne i južne Afrike koristi se varijanta staroga britanskog sustava, koji je kombinacija simbola iz Protokola i pisanih tekstova

Danas se ceste moraju obilježavati propisanim prometnim znakovima kojima se sudionici u prometu upozoravaju na opasnost koja im prijete na određenoj cesti ili dijelu te ceste, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obveze kojih se sudionici u prometu moraju držati te daju potrebne obavijesti za siguran i nesmetan tok prometa. Prometnim znakovima, također se moraju obilježiti i opasnosti privremenog karaktera, osobito one koje nastanu zbog iznenadnog oštećenja ili onesposobljavanja ceste, kao i privremena ograničenja i zabrane u prometu. Nakon uklanjanja razloga njihove postave, navedeni znakovi se moraju ukloniti s ceste kako sudionicima u prometu ne bi pružali pogrešne informacije.

Prometni znakovi moraju se ukloniti, dopuniti ili zamijeniti ako njihovo značenje ne odgovara izmijenjenim uvjetima prometa na cesti ili zahtjevima sigurnosti. Na prometni znak i na stup na koji je znak postavljen zabranjeno je stavljati bilo što, što nije u svezi sa značenjem prometnog znaka. Zabranjeno je neovlašteno postavljati, uklanjati, zamjenjivati ili oštećivati prometne znakove i opremu ceste, ili mijenjati njihovo značenje [1].

Također, na cesti se ne smiju postavljati ploče, znakovi, svjetla, stupovi ili drugi slični predmeti kojima se zaklanja ili smanjuje vidljivost postavljenih prometnih znakova, ili koji svojim oblikom, bojom, izgledom ili mjestom postavljanja oponašaju ili slične nekom prometnom znaku, zasljepljuju sudionike u prometu, ili odvrćaju njihovu pozornost u mjeri koja može biti opasna za sigurnost prometa.

Znakovi se na ceste postavljaju na temelju prometnog elaborata i to na mjestima gdje prometna situacija nalaže. Najčešće se postavljaju s desne strane ceste uz kolnik u smjeru kretanja vozila. Ukoliko na mjestu na kojem se postavlja prometni znak postoji opasnost da ga sudionici u prometu neće na vrijeme primijetiti zbog gustoće prometa ili zbog drugih razloga, prometni se znak postavlja i na suprotnoj, lijevoj strani ceste ili iznad kolnika. Također, prilikom njihovog postavljanja treba se voditi računa da ne ometaju kretanje vozila i pješaka [1].

Osim pravilnog postavljanja, za sigurnost prometa značajno je i adekvatno održavanje prometnih znakova koje doprinosi pravovremenom i kvalitetetnom prijenosu informacija, odnosno poruka koje znakovi daju sudionicima u prometu čime se direktno utječe na njihovo ponašanje odnosno reakciju, a time i cjelokupnu sigurnost cestovnog prometa.

## 2.1. Osnovna svojstva prometnih znakova

Prometni znakovi su tehnički elementi za upravljanje prometnim tokovima, odnosno za upravljanje kretanja po prometnoj mreži te kao takvi predstavljaju osnovna sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu. Kao što je već navedeno, postavljaju se isključivo na temelju prometnog elaborata, a odobravaju ih ovlaštene osobe ili institucije [1].

Prometne znakove karakterizira niz značajki koje ih čini prepoznatljivim u odnosu na okoliš, a neke od tih značajki su:

- prometni znakovi su dizajnirani, proizvedeni i postavljeni u skladu sa strogim propisima
- oni su dizajnirani u fiksnim 2-D oblicima kao što su trokuti, krugovi, osmerokuti, kvadrati ili pravokutnici
- boje znakova su odabrane tako da budu u kontrastu sa okolinom, što ih čini lako uočljivim od strane vozača
- boje su regulirane ovisno o vrsti znaka
- informacija na znaku ima jednu boju, dok ostatak znaka ima drugu boju
- nijansa boje koja pokriva znak treba odgovarati specifičnoj valnoj duljini vidljivog spektra
- znakovi se nalaze na točno definiranim mjestima u odnosu na cestu, tako da vozač može predvidjeti položaj tih znakova
- oni mogu sadržavati piktogram, niz (slova, brojki itd) ili jedno i drugo
- u svakoj zemlji prometne znakove karakterizira određeni fiksni font teksta i visina simbola

## 2.2. Podjela prometnih znakova

Podjela prometnih znakova u Republic Hrvatskoj je definirana Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11) i to na [1]:

### a) Znakove opasnosti

Označavaju blizinu dijela ceste ili mjesto na kojem sudionicima u prometu prijeti opasnost. Imaju oblik istostraničnog trokuta čija se jedna stranica nalazi u vodoravnom položaju, a vrh nasuprot njoj okrenut je prema gore, osim znakova A47 i A48 (Andrijin križ) te A49 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima) i A50 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika). Osnovna boja znakova opasnosti je bijela dok su rubovi trokuta crveni,

osim znaka A25, čija je osnovna boja žuta. Simboli na znakovima opasnosti crne su boje. Znakovi opasnosti se, u pravilu, postavljaju izvan naselja na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Ukoliko zbog određenih razloga nije moguće postaviti znak ili postoji rizik od njegova neuočavanja na navedenim udaljenosti, znakovi opasnosti mogu se postaviti i na udaljenosti manjoj od 150 m ili većoj od 250 m, ali im tada moraju biti pridružene dopunske ploče na kojima se поближе definira točna udaljenost do potencijalno opasnog mjesta.

*b) Znakove izričitih naredbi*

Stavljaju do znanja sudionicima u prometu zabrane, ograničenja i obveze. Imaju oblik kruga, osim znakova B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i B02 (obvezno zaustavljanje). Osnovna boja znakova zabrane, odnosno ograničenja, je bijela, a osnovna boja znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane, odnosno ograničenja, crne su boje, a na znakovima obveza bijele. Postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike u prometu počinje određena zabrana, ograničenje ili obveza. Ako je, zbog slabe preglednosti ceste ili drugih razloga sigurnosti, sudionike u prometu potrebno unaprijed obavijestiti o određenim zabranama i ograničenjima, znak izričite naredbe može biti postavljen i na odgovarajućoj udaljenosti od mjesta od kojega naredba vrijedi.

*c) Znakove obavijesti*

Pružaju potrebne obavijesti o cesti kojom se sudionici kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi, udaljenostima do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje sudionicima mogu koristiti. Mogu biti kvadratnog, pravokutnog ili okruglog oblika, a osnovne boju su im:

- žuta sa simbolima i natpisima crne boje
- plava sa simbolima i natpisima bijele, crne, crvene ili zelene boje
- zelena sa simbolima i natpisima bijele boje
- bijela sa simbolima i natpisima crne, crvene ili plave boje.

Iznimno, narančasta boja može biti upotrijebljena kod privremenog usmjeravanja prometa na znakovima C108 (putokaz obilaska), C109 (traka za prekrivanje znakova) i C112 (predznak za ručno reguliranje prometa).

Na istom znaku (ploči) mogu se na osnovnu podlogu umetnuti podloge odgovarajućih boja, ovisno o vrsti ceste koja vodi do naznačenog odredišta.

Postavljaju se tako da sudionicima u prometu daju prethodne obavijesti, obavijesti o prestrojavanju, obavijesti o skretanju, obavijesti o smjeru kretanja te da označe objekt, teren, ulicu ili dijelove ceste na koje se odnose.

*d) Znakove obavijesti za vođenje prometa*

Obavještavaju sudionike u prometu o pružanju cestovnih smjerova, rasporedu odredišta i vođenju prometa prema njima, križanjima i čvorištima na određenom smjeru ceste i udaljenostima do odredišta. Osnovna boja znakova obavijesti za vođenje prometa ovisi o kategoriji ceste na sljedeći način:

- na autocestama zelena sa simbolima i natpisima bijele boje;
- na brzim cestama plava sa simbolima i natpisima bijele boje;
- na državnim i ostalim cestama žuta sa simbolima i natpisima crne boje,
- za dijelove gradova, naselja i značajne objekte bijela sa simbolima i natpisima crne boje.

Obavještavanje sudionika u prometu znakovima obavijesti za vođenje prometa u zoni raskrižja provodi se u pet stupnjeva:

- I. prethodno obavješćivanje
- II. obavješćivanje o smjeru kretanja
- III. obavješćivanje o prestrojavanju
- IV. obavješćivanje o skretanju
- V. potvrdno obavješćivanje.

Na autocestama, brzim cestama i cestama s raskrižjima u više razina postavlja se svih pet stupnjeva obavijesti, na državnim cestama postavljaju se drugi, četvrti i peti stupanj, a treći ako je cesta s više prometnih traka, na županijskim cestama drugi i četvrti, a na ostalim cestama najmanje četvrti stupanj obavijesti.

*e) Dopunske ploče*

Znakovima opasnosti, izričitih naredbi i obavijesti mogu biti dodane i dopunske ploče koje pobliže određuju značenje samog prometnog znaka kojem su dodane. Osnovna boja im je bijela, dok su natpisi i simboli crni. Dopunske ploče postavljaju se zajedno s prometnim znakovima na koje se odnose i to ispod donjeg ruba prometnog znaka. Njihova širina ne smije biti veća od dužine one stranice znaka uz koji se dopunska ploča postavlja, odnosno od projekcije krajnjih točaka znaka.

*f) Promjenljive prometne znakove*

Kad je zbog prometne sigurnosti ili prometno-tehničkih zahtjeva potrebno, prometni znakovi u cijelosti ili djelomice mogu biti izvedeni kao promjenljivi znakovi. Prometni

promjenljivi znakovi prema izvedbi mogu biti kontinuirani i nekontinuirani. Kontinuirani su oni znakovi koji su izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima, a jedina je razlika je njihova mogućnost prikazivanja različitih poruka uporabom elektromehaničkih sredstava. Nekontinuirani znakovi su oni znakovi kod kojih je moguća inverzija boja i pojednostavljen prikaz simbola u odnosu na stalne prometne znakove. Ti znakovi oblikuju poruke uporabom pojedinačnih elemenata koji mogu biti u jednome od dva stanja (ili više), čime mogu oblikovati različite poruke na istoj prednjoj površini znaka.

Nekontinuirani znakovi mogu se izvesti u tehnologiji:

- optičkih vlakana
- svjetlosnih polja, dodanih na obične znakove
- svjetlećih dioda (LED) i
- tekućih kristala (LCD).

### **3. ODRŽAVANJE CESTOVNE INFRASTRUKTURE**

Pojam održavanje cestovne infrastrukture podrazumijeva obavezu Upravitelja cesta da osigura i omogući sigurno odvijanje prometa na cesti, očuvanje temeljnih svojstava i poboljšanje prometnih, tehničkih i sigurnosnih značajki, zaštite od štetnog utjecaja cestovnog prometa i očuvanje okoliša te uredan izgled prometnice i prateće infrastrukture. [2]

Program održavanja cesta utvrđuje se dugoročnim, srednjoročnim i godišnjim planovima, a sukladno odredbama Zakona o cestama [2]. Dugoročne potrebe održavanja postojećih autocesta i državnih cesta, načela održavanja županijskih i lokalnih cesta te prijedlog kriterija prioriteta održavanja autocesta, državnih, županijskih i lokalnih cesta, utvrđuju se strategijom razvitka cesta. Srednjoročni program održavanja javnih cesta donosi se za razdoblje od četiri godine, a ostvaruje se godišnjim planom održavanja kojeg donose Upravitelji cesta.

Operativnim programom održavanja cesta utvrđuje se vrijeme i raspored izvođenja pojedinih radova, njihov opseg i tehnološki postupak, rok za izvršenje tih radova, kao i drugi uvjeti koji su bitni za njihovo izvođenje. Upravitelj ceste za pojedine ceste ili njihove dijelove donosi višemjesečni ili višegodišnji operativni program njihovog održavanja. Višemjesečni ili višegodišnji operativni program održavanja cesta treba sadržavati prikaz zatečenog stanja ceste na početku planskog razdoblja, razine prednosti, iznos planiranih ulaganja, te prikaz očekivanog stanja na kraju planskog razdoblja.

Upravitelj cesta u obvezi je osigurati da se radovi održavanja cesta utvrđeni godišnjim planom izvode temeljem mjesečnog odnosno višemjesečnog operativnog programa kojeg uz njegovo prihvatanje može izraditi izvođač radova na održavanju cesta. [2]

#### **3.1. Redovito održavanje**

Redovito održavanje cesta čini skup poslova odnosno radova i radnji te mjera koje se provode tijekom cijele godine sukladno mjesečnom odnosno višemjesečnom operativnom programu. [2]

Popis poslova redovitog održavanja: [2]

- nadzor i pregled cesta i objekata
- redovito održavanje prometnih površina
- redovito održavanje bankina
- redovito održavanje pokosa
- redovito održavanje sustava odvodnje
- redovito održavanje prometne signalizacije i opreme
- redovito održavanje vegetacije
- osiguranje preglednosti
- čišćenje ceste
- redovito održavanje cestovnih objekata
- interventni radovi
- zimska služba

### **3.2. Izvanredno održavanje**

Izvanredno održavanje spada u grupu zahtjevnijih i opsežnijih radova održavanja cesta, a temeljni im je cilj dugotrajnije uređenje i poboljšanje pojedinih dijelova ceste bez izmjene njezinih tehničkih elemenata, osiguranja sigurnosti, stabilnosti i trajnosti ceste i cestovnih objekata i povećanja sigurnosti prometa.

Radovi izvanrednog održavanja se izvode povremeno i po potrebi, a njihov opseg je vezan za stupanj dotrajalosti ili oštećenja ceste. [2]

Izvanredno održavanje ceste obuhvaća: [2]

- obnavljanje i zamjenu kolničkog zastora
- ojačanje kolnika u svrhu obnove i povećanja nosivosti i kvalitete vožnje
- mjestimične popravke kolničke konstrukcije ceste u svrhu zaštite i povećanja nosivosti ceste
- poboljšanje sustava odvodnje ceste
- zamjenu, ugrađivanje nove i poboljšane vertikalne prometne signalizacije i opreme ceste (kilometarski i smjerokazni stupići, zaštitne ograde i sl.) na većim dijelovima ceste
- saniranje odrona, popuzin
- radovi na zaštiti kosina od erozije
- sanacija obložnih zidova
- zaštita ceste od podlokavanja



- radovi na uređenju zelenila u svrhu biloške zaštite ceste, ukrašavanja okoliša i zaštite od snježnih zapuha
- poboljšanje uvjeta prometa uređenjem stajališta, odmorišta i pješačkih staza
- pojedinačne korekcije geometrijskih elemenata ceste (ublažavanje oštih krivina, uređenje poprečnih nagiba i sl.) sa svrhom poboljšanja sigurnosti prometa, kojima se ne mijenja usklađenost s lokacijskim uvjetima u skladu s kojim je cesta izgrađena
- uređenje raskrižja u istoj razini (oblikovanje, preglednost, ugradnja nove signalizacije i opreme) kojim se ne mijenja usklađenost s lokacijskim uvjetima u skladu s kojim je cesta izgrađena
- obnovu i postavu instalacija, opreme i uređaja ceste

Izvanredno održavanje posebno obuhvaća: [2]

Zamjenu kolnika, zamjenu hidroizolacije, popravak ili zamjenu rasponske konstrukcije, stupova i upornjaka, popravak ili zamjenu sustava za odvodnju, popravak ili zamjenu ležajeva, popravak ili zamjenu prijelaznih naprava, uređenje prilaza na nasip, zaštitu stupova i upornjaka od podlokavanja, cjelovitu antikorozivnu zaštitu, sanaciju i zaštitu betonskih površina, sanaciju tunelske obloge, sanaciju i obnovu zidova te zamjenu i obnovu propusta i mostova do 10 m raspona.

#### 4. BAZA CESTOVNIH PODATAKA U FUNKCIJI OPTIMIZACIJE ODRŽAVANJA CESTOVNE INFRASTRUKTURE

Općenito baze podataka se mogu definirati kao organizirane i uređene cjeline međusobno povezanih podataka spremljenih bez nepotrebne redundancije. Glavni ciljevi baza podataka su [3]:

- *osigurati fizičku nezavisnost podataka* – razdvajanjem logičke definicije baze od njezine stvarne fizičke građe što u konačnici znači da, ako se fizička građa promijeni, to neće zahtijevati promjene u postojećim aplikacijama.
- *osigurati logičku nezavisnost podataka* - razdvajanjem globalne logičke definicije cijele baze podataka od lokalne logičke definicije za jednu aplikaciju što drugim riječima znači da, ako se promijeni globalna logička definicija (npr. uvodi se novi zapis ili veza), to neće zahtijevati promjene u postojećim aplikacijama.
- *osigurati fleksibilnost pristupa podacima* – omogućavanjem slobodnog pretraživanja podataka i uspostavljanja veza između njih.
- *omogućiti istovremeni pristup podacima* – omogućavanjem pristupa većem broju korisnika istovremeno pri čemu se korisnici, tijekom rada, međusobno ne ometaju.
- *osiguravanje zaštite od neovlaštenih pristupa i uporaba podataka* – ograničavanjem, odnosno reguliranjem korisničkog prava uporabe baze.
- *osiguravanje zadovoljavajuće brzine pristupa* - operacije s podacima moraju se odvijati dovoljno brzo, u skladu s potrebama određene aplikacije, a na brzinu pristupa može se utjecati odabirom pogodnih fizičkih struktura podataka te izborom pogodnih algoritama za pretraživanje.
- *omogućavanje ažuriranja podataka i kontrole* – većina baza podataka, naročito baze prometnih znakova, su dinamičkog karaktera te zahtijevaju stalnu brigu: praćenje performansi, mijenjanje parametara u fizičkoj građi, rutinsko pohranjivanje rezervnih kopija podataka, reguliranje ovlaštenja korisnika itd..

Iz navedenog se može zaključiti da baza cestovnih podataka predstavlja skup međusobno povezanih podataka, koji interakcijom omogućavaju pregled stanja javnih cesta i objekata na njima, sastavnih elemenata i prometa koji se po njima odvija, a koji se na odgovarajući način i pod određenim uvjetima koriste za potrebe upravljanja, građenja, održavanja, zaštite javnih cesta i prometa na njima te za potrebe službenih statistika, državnih upravnih tijela, međunarodnih organizacija i drugih pravnih i fizičkih osoba [3].

Baza cestovnih podataka se u načelu sastoji od dva osnovna dijela: prostorne baze podataka i alfanumeričke baze podataka. Prostorna baza podataka sadrži vektorske podatke smještene u određeni koordinatni sustav koji daju informacije o osima javnih cesta. Unutar prostorne baze podataka nalaze se i tematski slojevi vezani uz određene cestovne elemente te omogućuje prostorni prikaz i analizu podataka. Alfanumerička baza podataka sadrži opisne, brojčane i grafičke tehničke podatke o cestama i objektima koji se nalaze na njima, između ostalog i prometnim znakovima [4].

Sveukupne podatke za cestovnu mrežu RH, sukladno Pravilniku o sadržaju, ustroju i načinu vođenja baze podataka o javnim cestama i objektima na njima (NN 56/2015) objedinjuju Hrvatske ceste d.o.o. [4]. No, s ciljem osiguravanja funkcionalnosti baze i njene što efikasnije primjene u sustavu gospodarenja cestama, pristup podacima unutar baze bi trebao biti istovremeno dostupan raznim korisnicima i aplikacijskim programima. Kako je upisivanje, promjena, brisanje i čitanje podataka vezanih uz prometne znakove obaveza svih nadležnih uprava za ceste na području RH, nužno je osigurati pristup, osim Hrvatskim cestama d.o.o. i drugim nadležnim Upravama za ceste te tvrtkama čija je djelatnost održavanje javnih cesta.

Svrha organizirane baze podataka prometnih znakova je omogućiti vizualizaciju prostornih podataka, prostorne upite osnovnih entiteta, ispise rezultata izvršenja upita pripadnih entiteta u alfa-numeričkom obliku, pristup grafičkom sučelju, mrežne i prostorne analize te izrada kartografskih podloga i tematskih provizorija.

S obzirom na specifičnost područja primjene, najvažniji karakteristika baze podataka prometnih znakova je zasigurno mogućnost ažuriranja podataka. Kako je prometni sustav dinamičan, dolazi do vrlo čestih promjena vezanih uz prometne znakove. Neki od razloga koji zahtijevaju promjene u bazi podataka prometnih znakova su redovna ili izvanredna zamjena prometnog znaka, oštećenje prometnog znaka, krađa prometnog znaka, rekonstrukcija ceste, dionice ceste ili dijela ceste, izgradnja nove cestovne infrastrukture, itd.. Sve navedeno svakodnevno donosi promjene vezane uz prometne znakove koje je potrebno pravovremeno unijeti u bazu podataka kako bi se baza ažurirala s podacima iz realnog vremena te shodno tome ispunjavala svoju ulogu i ranije navedene postavljene ciljeve.

Ažuriranje baze podataka prometnih znakova može se obavljati na dva načina ovisno o razlogu promjene do koje je došlo. Ukoliko se radi o infrastrukturnim promjenama na cestama (rekonstrukcija ceste, izgradnja novih prometnih površina i

slično), gdje postoji pripadajući prometni projekt prema kojem su predviđene promjene prometnih znakova na određenom dijelu, tada se ažuriranje baze može provesti sukladno tom projektu.

Drugi način ažuriranja baze podataka je praćenje svakodnevnog stanja prometnih znakova te unošenje eventualnih promjena putem ophodarske službe. Pravilnikom o ophodnji javnih cesta (NN 74/2014) [5] uređena su pravila za ophodnju javnih cesta koja se odnose na uspostavu ophodnje, ophodare, opremu za ophodnju, mjere za zaštitu javnih cesta i prometa te radove, radnje i druge aktivnosti koje obavlja ophodar.

Ophodnja javnih cesta obavlja se radi [5]:

- nadziranja stanja i prohodnosti javnih cesta, izvanrednih događaja na njima i meteoroloških uvjeta značajnih za sigurno odvijanje prometa
- osiguranja iznenadno nastalog izvora opasnosti na javnoj cesti koji se nije mogao predvidjeti
- provedbe mjera za zaštitu javnih cesta i prometa na njima
- otklanjanja posljedica izvanrednih događaja na javnim cestama
- osiguranja redovitih i izvanrednih dojava o stanju i prohodnosti javnih cesta te
- obavljanja radova redovitog održavanja manjeg obima na javnim cestama.

Za vrijeme ophodnje javne ceste ophodar mora, prema potrebi, obavljati i radove manjeg opsega te druge radnje i aktivnosti koje su funkciji provedbe mjera za zaštitu javne ceste i prometa na njima. Među navedenim poslovima iz Pravilnika mogu se izdvojiti poslovi koji su vezani za prometne znakove, a to su [5]:

- ispravljanje srušenog ili nakošenog prometnog znaka,
- čišćenje prometnog znaka od blata ili nanesenog snijega.

Navedeni poslovi ophodara se baziraju isključivo na vizualnoj detekciji problema. Ukoliko ne postoje elementi vizualne detekcije (prometni znak nije na svom mjestu ili je došlo do postavljanja dodatnog prometnog znaka), vrlo je teško detektirati nastale promjene što dovodi do nesklada sa bazom podataka prometnih znakova.

Upravo iz navedenih razloga vidljivo je da je nužna uspostava automatiziranog ili poluatomatiziranog sustava identifikacije prometnih znakova i ažuriranja njihove baze podataka.

## **5. SUSTAVI AUTOMATSKOG PREPOZNAVANJA PROMETNIH ZNAKOVA U SVRHU AŽURIRANJA BAZE CESTOVNIH PODATAKA**

Sustavi za automatsko prepoznavanje prometnih znakova, kao što im i ime govori, identificiraju i raspoznaju prometne znakove ovisno o metodi koju određeni sustav koristi. Postoje tri temeljne metode automatskog prepoznavanja prometnih znakova:

- metoda detekcije i raspoznavanja prometnih znakova iz video snimke te fotografija
- metoda označavanja i identifikacije prometnih znakova putem bar-koda
- metoda radio frekvencijske identifikacije.

U sljedećim potpoglavljima bit će opisan povijesni razvoja navedenih metoda, njihova tehnologija rada te prednosti i nedostaci.

### **5.1. Detekcija i raspoznavanje prometnih znakova iz video snimke te fotografije**

Posljednjih nekoliko desetljeća, računala postaju sve prisutnija u ljudskoj svakodnevici. Postoji mnoštvo problema koje računala rješavaju puno efikasnije od ljudi i stoga su mnogi poslovi nezamislivi bez računalne potpore. Unatoč izrazitoj moći obrade podataka, računalima se i dalje ne mogu efikasno rješavati neki problemi koje ljudi rješavaju svakodnevno i bez velikog napora. Umjetna inteligencija, kao grana računalne znanosti, izučava takve probleme i traži rješenja istih. Računalni vid je grana umjetne inteligencije koja razmatra probleme obrade slike i videa, te izdvajanja korisnih informacija iz njih. Danas ne postoji općeniti postupak koji rješava problem detekcije objekta u slici već se svakom konkretnom problemu detekcije objekta, poput detekcije lica ili prometnog znaka, pristupa pojedinačno, uzimajući u obzir posebna svojstva objekta.

Prema [6, 7] postoji široki spektar tehnika za segmentaciju slike ili videa. Neke od tih metoda koriste se za opći pristup segmentaciji bilo kojeg snimka dok su druge usmjerene prema određenoj namjeni. Jedna od tih je i segmentacija snimke za potrebe detekcije prometnih znakova. Većina postojećih rješenja se koristi za potrebe sustava za navođenje vozila. Takav sustav može imati tri osnovne uloge prema [8]: detekciju ceste, detekciju prepreka na cesti te detekciju prometnih znakova.

Iako potrebna, detekcija prometnih znakova predstavlja nedovoljno istraženo područje. S razvojem novih tehnologija pojavile su se i naprednije metode za

prikupljanje podataka o prometnim znakovima iz digitalnih podataka video zapisa ili slike.

Općenito, pravilno segmentirana snimka trebala bi sadržavati par temeljnih elemenata koji opisuju segmente [8]:

- ujednačene regije
- homogenost segmenta unutar samog sebe
- izostanak ili minimum područja bez vrijednosti
- segment ima visoki stupanj odudaranja od susjednih segmenata temeljeno na odabranom obilježju za segmentaciju
- granice segmenata bi trebale biti jednostavne
- granice segmenata moraju biti prostorno ispravne.

Postići ovu vrstu kvalitete segmentacije je vrlo teško ili gotovo nemoguće pa se u praksi pokušava doći što bliže traženim vrijednostima. Kako ne postoji definirana teorija grupiranja tako ne postoji ni teorijska podloga za definiranje segmentacije slike. Svaka segmentacija koja će se primjenjivati ovisi o potrebi onoga tko ju vrši te će kao takva biti jedinstvena.

#### *5.1.1. Prednosti i nedostaci*

Iako postoji veliki broj pozitivnih čimbenika te elemenata koji idu u prilog digitalnoj detekciji prometnih znakova iz slike, naročito zbog mogućnosti automatskog detektiranja tijekom vožnje, važno je definirati glavne nedostatke pristupa koji ga čine, u ovom trenutku, neprihvatljivim s obzirom na druge tehnologije:

1. Visoka cijena tehnologije – za potrebe integracije sustava potrebno je uložiti visoke svote kao početni kapital te je nepraktično vršiti česta mjerenja s obzirom da tehnologija nije jeftina i ne može se zbog praktičnih razloga postaviti na više vozila od jednom

2. Velika količina podataka za obradu – slikovni zapis zahtjeva velike količine prostora za pohranu podataka što ujedno direktno utječe i na stavku 1.

3. Pojava zasjenjenja prometnog znaka – zasjenjenje ili zaklanjanje prometnog znaka učestala je pojava tijekom same vožnje (pješaci, druga vozila, raslinje, nepropisno postavljene reklame) te u konačnici utječe na točnost procesa obrade, a time i na točnost ažuriranja baze podataka

4. Pojava objekata slične ili iste boje kao i prometni znak – boje na reklamama ili drugim objektima pored ceste mogu dati lažne pozitivne povrate u sustav i izazvati

prevelik šum te opterećenje sustava što za posljedicu ima gubitak vremena na obradi podataka te potencijalni rizik od pogrešnog očitavanja

5. Sličnost među prometnim znakovima – zbog konstrukcije sustava kao takvog slični znakovi mogu biti identificirani kao jednaki što dodatno otežava proces vođenja registra zbog potrebe za konstantnom i čestom provjerom od strane stručnjaka

6. Različiti znakovi s obzirom na državu – ukoliko bi se sustav koristi u više država postojala bi potreba za dodatnom analizom i doradom sustava za svaki pojedini slučaj

7. Ne standardiziranost znakova – iako su znakovi određeni zakonskim i podzakonskim aktima i regulativama na cestama se, zbog njihove količine, nalaze i znakovi koji nisu u skladu s standardima što otežava čitanje znaka. Također, različiti simboli na znakovima, naročito kod znakova obavijesti za vođenje prometa, otežavaju njihovo prepoznavanje

8. Nemogućnost pohrane i očitavanja podataka vezanih uz znak – s obzirom da se očitavanje znakova vrši isključivo iz video snimke te fotografije dodatni podaci kao što su: proizvođač, godina proizvodnje i postave, retroreflektirajući materijal, visina i udaljenost od kolnika itd. neće se moći automatsko prikupljati već je sve te podatke potrebno zasebno prikupiti. S obzirom na to, potrebno je razviti sustav koji će povezivati bazu podatak i rezultate očitovanja znakova putem snimke i fotografije što će u praktičnoj primjeni zasigurno rezultirati određenim stupnjem neusklađenosti

9. Vremenski uvjeti – s obzirom na terensku efikasnost sustava nije moguće sa velikom sigurnošću kontrolirati vremenski element pogotovo u slučajevima poput loših vremenskih uvjeta (naročito zimskih) što bi ograničilo primjenu sustava u praksi

10. Distorzija znaka, 2D ili 3D – variranje položaja znaka od blage ukošenosti do vertikalne i horizontalne distorzije značajnijeg stupnja može otežati ili u potpunosti onemogućiti prikupljanje podataka o znaku

11. Pretjerana retrorefleksija zbog pojave više izvora svjetlosti – previsok stupanj ekspozicije može onemogućiti rad s potrebnim algoritmom te izazvati pojavu velikog broja krivo definiranih elemenata.

#### *5.1.2. Pregled postojećih metoda za detekciju i raspoznavanje prometnih znakova iz video snimaka te fotografija*

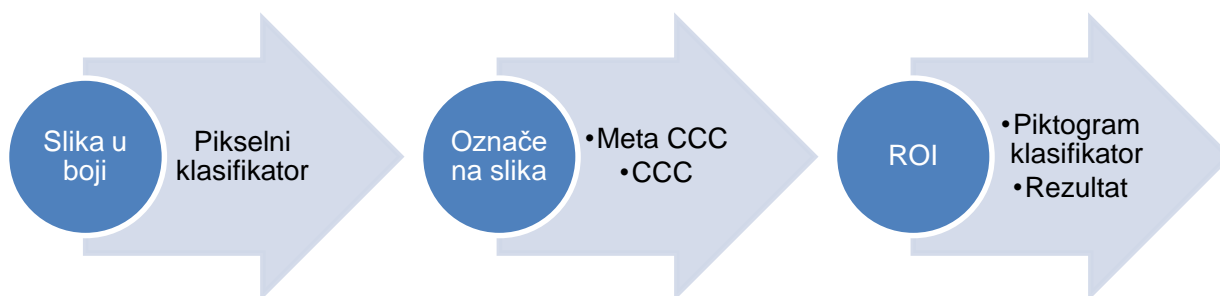
Jedan od najranijih pristupa detekciji prometnih znakova iz video snimaka i fotografija razrađen je u [9] gdje su se za potrebe prikupljanja podataka koristile kamere postavljene na krov vozila. Tako dobivene snimke su zatim segmentirane

korištenjem vrijednosti piksela kao osnovom. Korišten algoritam baziran je na temeljna tri koraka (Slika 1.):

1. U prvom koraku, algoritam za segmentaciju boje primjenjuje se na snimku te se kao rezultat segmentacije pikseli slike označavaju redom kao crveni, plavi, žuti, bijeli te crni.

2. Sljedeći korak podrazumijeva simbolički opis na temelju boje segmentiranog snimka primjenjujući algoritam za brzu analizu logičke povezanosti (CCC). Regije od interesa se određuju na temelju kombinacija boja koje su karakteristične za prometne znakove.

3. U posljednjem koraku, regije od interesa služe kao hipoteza koju je potrebno testirati. Za tu svrhu korišten je klasifikator na temelju piktograma kako bi se utvrdio identitet prometnog znaka.



Slika 1. Prikaz algoritma za ekstrakciju prometnih znakova

Izvor: [9]

Na temelju prikupljenih rezultata došlo se do zaključka da je kombinacija boja najvažniji faktor pri detekciji prometnih znakova. Pokusima je utvrđeno da je moguće ostvariti visoku točnost, međutim problem su stvarali monokromatski znakovi. Da bi se uklonio navedeni problem, razvijen je sustav za detekciju prometnih znakova temeljen na kombinaciji tri različita pristupa: a) evaluaciji snimke na temelju sivih tonova, b) identifikaciji na temelju piktograma te c) procjeni snimka na temelju boja [10].

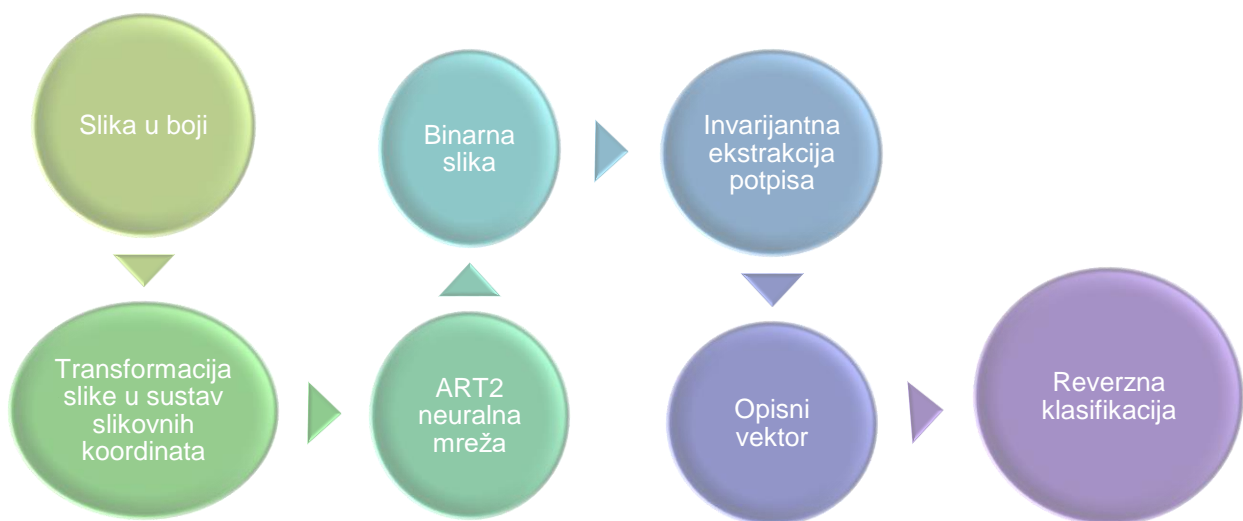
Za potrebe segmentacije snimka korišten je tada novo razvijeni sustav hijerarhijskog rasta regija što je omogućilo stvaranje hijerarhijske strukture podataka. Na temelju izvršenih analiza ustanovljeno je da je moguće u relativno brzom roku uspostaviti detekciju tipičnih geometrijskih primitiva poput kruga, elipse, trokuta, pravokutnika i slično.



Istraživanje provedeno u [11] za cilj je imalo razviti sustav za prepoznavanje znakova u realnom vremenu za potrebe autonomnih vozila. Sustav se također temelji na tri metodologije: segmentaciji na temelju boje, oblika i prepoznavanje na temelju piktograma. Uz navedeno, sustav se temelji na četiri principa: a priori informacije (sustav ne mora procesirati podatke dva puta), pouzdanost (ukoliko sustav posjeduje dovoljno znanja za raspoznavanje visoke sigurnosti, neće dalje prikupljati podatke za taj znak), prioritetnost (sustav prati te analizira prvo one kandidate koji imaju najviši prioritet - znakovi opasnosti imaju najveći prioritet) te raspodjela zadataka (ukoliko se veliki broj kandidata nalazi u polju obrade, biraju se samo oni za koje sustav procjeni da su od posebnog značaja, dok se ostali elementi gube ili obrađuju u sljedećem koraku). Rezultati testiranja pokazali su da je sustav bio u mogućnosti prepoznati 90% znakova sa 5% pogreške.

U isto vrijeme razvija se metodologija neosjetljiva na promjene nastale zbog različitog kuta pod kojim određeni sustav dohvaća slike prometnih znakova (translacija, rotacija, promjena mjerila) te razine šuma unutar snimke kao takve [12]. Osnovni princip sustava predstavlja neuronska mreža trenirana na temelju snimaka kod kojih su već provedene korekcije translacije i rotacije mjerila i šuma. Rješenje se pokazalo kao naprednije u odnosu na postojeće.

Sustav temeljen na boji i obliku znakova, a istovremeno nezavisan do šuma snimaka razvijen je u [13]. Sustav se bazira na analizi diskriminante pomoću koje se definira koordinatni sustav boja korišten kasnije za potrebe razlikovanja znakova od podloge. Drugi korak koristi ART2 neuralnu mrežu za potrebe segmentacije na temelju boje te log-polar eksponencijalnu mrežu zajedno sa Fourierovom transformacijom kako bi se izvukli invarijanti uzorci prometnih znakova. Reverzna neuralna mreža je korištena za klasifikaciju tako prikupljenih uzoraka prometnih znakova (Slika 2.). Glavna prednost ovog sustava u odnosu na postojeće je njegova otpornost na šumove u sminkama.



Slika 2. Prikaz procesa detekcije prometnih znakova

Izvor: [13]

## 5.2. Metoda označavanja i identifikacije prometnih znakova primjenom bar-kod tehnologije

Povijest moderne bar-kod tehnologije započinje 1948. godine kada je na Sveučilištu Harvard zapokrenut projekt koji je za cilj imao evidentiranje prodanih proizvoda u supermarketima. Nakon desetak godina rada i istraživanja, 1949 godine, Joseph Woodland i Bernard Silver su patentirali patent nazvan „Uređaji i metode za razvrstavanje“ (eng. Classifying Apparatus and Method) u kojem su postavljeni temelji klasifikacije proizvoda putem identifikacije uzoraka. Za identifikaciju uzoraka, korišten je bar-kod čiji se simbol temelji na linearnim uzorcima sastavljenim od četiri bijele linije na tamnoj podlozi. Prva linija označavala je datum, a položaj preostale tri linije bio je fiksiran u odnosu na prvu liniju. Informacija je kodiran s prisutnošću ili odsutnošću jedne ili više linija što je omogućilo sedam različitih klasifikacija artikala [14].

Prvi patent (US Patent #2,612,994) za označavanje proizvoda primjenom linearnog bar-koda registriran je 1952. godine. No, kako je prvi čitač bar-kodova bila mračna kutija sa veoma jakim osvjetljenjem te dimenzija radnog stola, komercijalna primjena tehnologije je zastala sve do 1958. godine kada su Američke željeznice implementirale bar kodove za identifikaciju željezničkih vagona. Ideja je bila očitavati teretne vagone prolaskom vagona pored fiksno postavljenih skenera. Sustav se, umjesto bijelih i crnih crtica, sastojao od niza plavih i narančastih reflektirajućih linija koje su predstavljale

brojke od 0 do 9. Svaki vagon imao je četveroznamenasti broj koji je pokazivao kojoj kompaniji vagon pripada te dodatnih šest znamenki za identifikaciju samog vagona. Međutim, kako u obzir nisu uzeta vertikalna pomicanja vagona pri prolasku pored skenera, sustav nikada nije pravilno radio te je iz navedenih razloga projekt prekinut [15].

Prva komercijalna primjena bar-kodova u supermarketima, zbog čega se i krenulo u njihov razvoj, počela je 1966. godine. Ubrzo nakon prve komercijalne primjene, Nacionalno udruženje lanaca ishrane (eng. National Association of Food Chains), 1969. godine uvedi standard za bar kodove korištene za označavanje hranidbenih namirnica. Tri godine kasnije definirana je primjena standardnog simbola tzv. UPC-a (eng. Universal Product Code) koji se još i danas upotrebljava u SAD-u (Slika 3.). Standardizacija jedinstvenog tipa bar koda omogućila je njegov brži razvoj i širu primjenu što je dovelo do značajnih unapređenja, u kvantitativnom i kvalitativnom smislu, u raznim djelatnostima kao što su: proizvodnja, transport, trgovina, razne uslužne djelatnosti itd. [14].



Slika 3. UPC bar kod

Izvor: [16]

### 5.2.1. Općenito o bar-kod tehnologiji

Bar-kod je danas općeprihvaćena i najzastupljenija tehnologija čuvanja podataka i automatskog identificiranja predmeta. Općenito se bar-kod može definirati kao simbol sačinjen od pravokutnih linija i prostora između njih, koji su raspoređeni po utvrđenom obrascu i služe za prezentaciju elementarnih podataka odnosno karaktera elementa kojeg označuju.

Očitava se elektronskim uređajem i interpretira kao numerički, alfanumerički ili potpun ASCII niz koji predstavlja identifikaciju određenog objekta, kao što je proizvod, serijski broj i slično. Način na koji će taj niz biti predstavljen u vidu bar-koda određen je skupom pravila koji se zove „simbologija“. Danas, je u primjeni niz različitih

„simbologija“ (preko 200) ovisno o tipu podataka te načinu njihova predstavljanja, od kojih je samo desetak globalno prihvaćeno i usvojeno kao standardi za određena područja djelatnosti. Za čitanje bar-kodova koriste se čitači koji pretvaraju navedeni niz u broj kojim su šifrirani podaci o predmetu. Čitači bar-kodova mogu biti optički (skenerima) ili software-ski. Bar-kod tehnologija sadrži četiri osnovna elementa [14]:

- 1) Niz podataka kodiranih primjenom „simbologije“ odštampanih kao bar-kod oznaka
- 2) Bar-kod čitači koji očitavaju bar-kod oznaku
- 3) Opremu za povezivanje čitača i uređaja za obradu, odnosno konvertiranje (dekoder) informacija u razumljive digitalne podatke
- 4) Verifikatore koji provjeravaju valjanost odštampanih bar-kod simbola

Kao što je navedeno, ovisno o tipu „simbologije“ kodirani podaci se printaju kao bar-kod oznake. Prilikom skeniranja bar-kod oznake, svjetlo iz čitača se reflektira natrag od bar-koda prema čitaču. Bijela područja bar-koda reflektiraju najviše svjetla dok crna reflektiraju najmanje što kretanjem čitača preko bar-koda stvara poseban uzorak u obliku „on-off“ impulsa kojemu odgovaraju crne i bijele linije koda. Elektronički sklop priključen na čitač navedeni impuls pretvara u binarne znamenke koje se šalju zatim dekodiraju u decimalni broj (Slika 4.).



Slika 4. Osnovni princip rada bar-kodova

Izvor: [14]

### 5.2.2. Prednosti i nedostaci:

Glavna prednost označavanja znakova primjenom bar-kodova je njihova cijena te mogućnost pohrane ključnih podataka vezanih za znak (kao što su šifra, proizvođač, godina proizvodnje, materijal itd.), naročito primjenom 2D bar-kodovi koji podatke pohranjuju i u vodoravnom i u okomitim smjeru. U praksi su se za ovakav način označavanja prometnih znakova najprikladniji pokazali QR kodovi koji u odnosu na druge bar-kodove imaju veću brzinu očitavanja, veću pouzdanost i točnost prilikom čitanja, mogućnost čitanja iz bilo kojeg smjera, veći kapacitet za pohranu podataka te kvalitetnije ispravljanje pogrešaka.

Glavni nedostaci navedene tehnologije vezani su uz:

1. Potreba za fizičkim očitavanjem znaka – naime, s obzirom da se bar-kod tehnologija zasniva na prislanjanju čitača na bar-kod oznaku očito je da se očitavanje svakog znaka mora izvršiti fizički prilaskom do znaka. Drugim riječima, navedena tehnologija ne omogućava automatsku identifikaciju znakova čime se direktno utječe na vrijeme potrebno za ažuriranjem baze podataka. S obzirom na broj prometnih znakova na cestama, ažuriranje baze bi bilo zamorno i dugotrajno te gotovo neizvedivo u željenim intervalima.

2. Potencijalni rizik za osobe koje očitavaju znakove – nastavno na prvi nedostatak, zbog potrebe fizičkog kontakta čitača i bar-koda, djelatnici će se vozilima morati privremeno zaustavljati na kolnicima te će se kretati po cesti čime će doći do potencijalnog ugrožavanja vlastite sigurnosti, ali i opće sigurnosti prometa na cestama

3. Vijek trajanja samog bar-koda - s obzirom da su znakovi podložni vanjskim utjecajima kao što su sunce, snijeg, kiša, prljavština itd. bar-kod oznake moraju biti posebno izrađene kako bi izdržale očekivani životni vijek znaka.

### 5.3. Metoda radiofrekvencijske identifikacije

Radio frekvencijska identifikacija (eng. Radio Frequency Identification- RFID) je naziv za skup tehnologija koje koriste radio valove za identifikaciju objekata. Temelji se na stvaranju elektromagnetskih valova u odašiljačima i njihovom otkrivanju na udaljenom prijatelju. Postoji nekoliko metoda identifikacije objekata, no najčešća je pohranjivanje identifikacijskog serijskog broja ili neke druge informacije na mikročip koji zajedno s antenom čini RFID transponder. Transponder komunicira s čitačem putem radio signala, jednosmjerno ili dvosmjerno, a čitač je povezan s računalom ili računalnom mrežom na kojoj se nalazi baza podataka. Jednostavna identifikacijska oznaka pohranjena na transponderu je u bazi povezana s informacijama o označenom

produkciji. Velika raznolikost RFID sustava omogućuje izrazito velik broj primjena, koji s vremenom i tehnološkim napretkom sve brže raste. Ugrađivanje RFID transpondera u doslovno sve što okružuje ljude, od donjeg rublja, preko automobila i vlakova do kućnih ljubimaca pa i u same ljude, obećava brojne pogodnosti i nove, do sada neslućene, mogućnosti lagodnijeg i efikasnijeg obavljanja svih svakodnevnih poslova. Međutim, fleksibilnost i sveprisutnost RFID sustava ne omogućuju samo velik broj primjena već otvaraju vrata i brojnim mogućnostima zlouporabe.

#### *5.3.1. Povijest razvoja sustava*

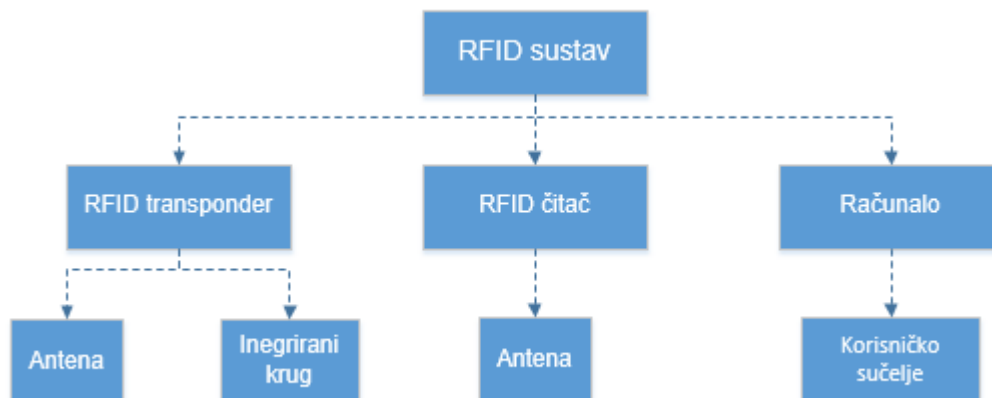
Povijest RFID sustava započinje 1939. godine kada su Britanci konstruirali IFF (eng. Identification Friend or Foe) sustav za identifikaciju zrakoplova. Ovaj sustav sastoji se od radarskog sustava na tlu koji komunicira s transponderom (uređaj koji nakon primitka određenog signala emitira svoj signal – eng. trans(mitter) + (res)ponder) smještenim na zrakoplovu. Sekundarni radarski nadzorni (eng. Secondary Surveillance Radar-SSR) sustavi temeljeni na ovoj tehnologiji danas se koriste u civilnom zrakoplovstvu [19].

Jedna od prvih tehnoloških prethodnika RFID-a, konstruiran je 1946. godine za špijunske potrebe. Uređaj je koristeći pasivnu elektromagnetsku indukciju, odašiljao signal sa zvučnim zapisom. Vibracije zvučnih valova preko dijafragme neznatno su mijenjale oblik rezonatora i tako modulirale frekvenciju reflektiranog radio signala. Člankom naslova “Communication by Means of Reflected Power“ [19] Harry Stockman postavio je temelje razvoja RFID sustava. Patent Marca Cardulla iz 1973. godine predstavlja prvi moderni RFID sustav. Radi se o pasivnom radio transponderu s memorijom. Prvotni uređaj demonstriran je 1971. godine New York Port Authority lučkoj kapetaniji. Imao je 16 bita memorije i namjena mu je bila naplaćivanje pristojbi. Izvorni poslovni plan iznesen ulagačima 1969. godine najavljiivao je uporabu uređaja u transportu (identifikacija vozila, naplata pristojbi, usmjeravanje i nadgledanje vozila), bankarstvu (elektronička čekovna knjižica i kreditna kartica), osiguranju (identifikacija osoba, automatizirana vrata, nadgledanje) i medicini (identifikacija, povijest pacijenata). Godine 1973. izvršena je prva demonstracija modernih reflektivnih (eng. Backscatter) RFID sustava u Los Alamos Scientific Laboratory laboratoriju [19].

#### *5.3.2. Struktura sustava*

RFID sustav sastoji se od RFID transpondera, RFID čitača (kontrolera) i računala. Sastavni dio sustava čine antene, međutim antene su u praktičnoj primjeni uglavnom

integrirane u čitače i transpondere, iako postoje i primjene antena fizički odvojenih i povezanih kablom sa dijelovima sustava [20]. Većina transpondera ima barem jedan integrirani krug (uglavnom silicijski čip) koji sadrži identifikaciju transpondera i logiku potrebnu za navigaciju protokola za komunikaciju između transpondera i čitača. Čitači mogu sadržavati zasebno korisničko sučelje, ali uglavnom su povezani na računalo koje prenosi kontrolu nad čitačem do krajnjeg korisnika, te prikazuje i pohranjuje dobivene podatke [21].



Slika 5. Općenita struktura RFID sustava

Izvor: [21]

### 5.3.3. Prednosti i nedostaci:

RFID tehnologija već dugi niz godina ima široku i raznoliku primjenu pa tako ima i veliki potencijal za označavanje prometnih znakova i ažuriranje njihove baze. Glavna prednost RFID-a za označavanje znakove je činjenica da se identifikacija znakova te ažuriranje njihove baze podataka može obavljati automatski. Kao i kod bar-koda, RFID omogućava pohranu svih potrebnih informacija vezanih uz određeni znak, kao što su: vrsta i šifra znaka, oblik i dimenzije znaka, način postave i pričvršćenja, visina znaka i udaljenost od ruba kolnika, datum postave, podatke o proizvođaču i postavljaču znaka te klasi retroreflektirajućeg materijala itd.. S obzirom da se sustav temelji na tri elemnta: transponder, čitač i antena inicijalni troškovi viši su u odnosu na bar-kod no isplativost RFID-a je dugoročno isplativija s obzirom na automatsko prikupljanje podataka.

Glavni nedostaci, odnosno ograničenja RFID-a su sljedeći:

1. Utjecaj metala na točnost – metalni materijali umanjuju točnost čitanja RFID transpondera jer metalne površine zaklanjaju ili ometaju antene onemogućujući im apsorpiranje dovoljne količinu energije za napajanje. Navedeni utjecaj se, kao što su

pokazala dosadašnja testna istraživanja, mogu ukloniti ugrađnjom RFID transpondera u plastična kućišta.

2. Slično metalima i tekuće površine nisu najpogodnije za postavljanje RFID sustava. Voda i ostale tekućine su materije koje apsorbiraju radijske frekvencije što u konačnici može rezultirati smanjenjem snage originalnog signala, odnosno smanjenjem potencijalne energije koju RFID transponder može iskoristiti. Rješenje za navedeni problem je, kao i kod prve stavke, ugradnja RFID transpondera u plastična kućišta.

3. Osjetljivost na fizičke napade - napade uskraćivanjem usluga (ometanjem radio signala), krivotvorenje, prisluškivanje i neovlaštenu analizu komunikacije

4. Sigurnost RFID sustava - Zaštita podataka, pogotovo kod sustava sa pasivnim transponderima, je uvelike otežana. Jednostavnost konstrukcije, te dizajn sustava podređen efikasnosti ostavlja prostor neovlaštenom pristupu.

U prometu, kod sustava nadzora i sustava prepoznavanja, kao i identifikacije signalizacije, RFID tehnologija nosi bitne prednosti nad konkurentnim tehnologijama. Pravilnom aplikacijom i prilagodbom pojedinih elementa sustava u suradnji sa industrijom moguća su autonomija i veća sigurnost vožnje, te nadzor aktivnih i pasivnih elemenata sustava.



## **6. PRIMJERI PRIMJENE SUSTAVA AUTOMATSKOG PREPOZNAVANJA ZNAKOVA**

Kako su u prošlim poglavljima detaljno opisani sustavi automatskog prepoznavanja znakova, u ovom poglavlju bit će prikazana njihova primjena u sustavu održavanja znakova, odnosno ažuriranja Baze cestovnih podataka.

### **6.1. Primjena prepoznavanja prometnih znakova iz video snimaka i fotografija**

Jedna od mogućih primjena prepoznavanja prometnih znakova je u sustavima podrške vozaču (eng. Driver Support System-DSS) što je i bio cilj mnogih dosadašnjih istraživanja. Ti sustavi (DSS) mogu detektirati i prepoznati prometni znak u realnom vremenu te na taj način pomoći poboljšati prometni tok i sigurnost cjelokupnog cestovnog prometa.

Prepoznavanje i klasifikacija prometnih znakova u svrhu stvaranja i ažuriranja baze podatak jedan je od predmeta koji se do danas nije opsežno izučavao te su istraživačke aktivnosti uglavnom bile fokusirane na druge aspekte detekcije znakova, više povezane s razvojem automatskog pilota kao što su detekcija rubova ceste i/ili prepoznavanje prepreka u putanji vozila npr. druga vozila ili pješaka. Međutim, navedene metode, omogućavaju u teoriji automatizaciju pregleda i procesuiranja snimki bez potrebe napornog i zamornog rada operatera. Također, potencijalno usavršavanje tehnologije omogućilo bi automatsko ažuriranje baze podataka prometnih znakova isključivo putem snimaka što bi značajno ubrzalo proces.

Kako postojeće tehnologije prepoznavanja i klasifikacije prometnih znakova, kao što je ranije navedeno, nisu primarno razvijane u svrhu stvaranja i ažuriranja baze podatak, njihova primjena je ograničena te postoji nekoliko problema i poteškoća pri prepoznavanju znakova koje mogu imati utjecaj na točnost same baze podataka. Kako se prometni znakovi, osim u složenom okruženju u prostoru, mogu naći i u različitim stanjima kao što su npr. dezorijentirani znakovi, oštećeni i sl., njihovo otkrivanje i prepoznavanje može se suočiti sa sljedećim problemima:

- Boja znakova počinje blijediti sa vremenom radi dugog izlaganja sunčevoj svjetlosti i reakciji boje sa zrakom što će otežati prepoznavanje i klasifikaciju znaka
- Otežana vidljivost prometnih znakova uzrokovana lošim vremenskim uvjetima kao što su magla, kiša, oblaci i snijeg

- Informacije o bojama su vrlo osjetljive na svjetlosne uvjete kao što su sjene, oblaci i sunce što može utjecati na osvjetljenje boja (dnevno svjetlo), geometriju osvjetljavanja i geometriju uočavanja prometnih znakova
- Jedan od problema je i prisutnost različitih prepreka kao što su drveće, zgrade, vozila i pješaci ili čak znakovi koji zaklanjaju druge znakove
- Slijedeći problem su dezorijentirani, odnosno krivo orijentirani znakovi te oštećeni znakovi
- Nadalje problem uočavanja prometnih znakova je i u blizini sličnih objekata, odnosno boja samim znakovima
- Problem koji se događa u zoru ili sumrak; u to vrijeme sunčeva svjetlost opada na prometne znakove i zajedno sa svjetlošću od farova vozila dolazi do bliještenja i otežanog uočavanja prometnih znakova
- Različite države koriste različite boje za određene znakove kao i različite piktograme pa prilikom uočavanja dolazi do problema

Iz gore navedenih problema dolazi se do zaključka da je za točnost navedene metode izuzetno bitna kvaliteta segmentacije boja znakova, neosjetljivost znakova na promjene svjetline, zadržavanje istog geometrijskog oblika te jasnoća i postojanost piktograma i natpisa.

## **6.2. Primjena bar-kod tehnologije za označavanje prometnih znakova**

Kako prometni znakovi predstavljaju jednu od ključnih elemenata cjelokupne prometne sigurnosti, njihovo označavanje je neophodno u svrhu njihovog efikasnog održavanja. Jedan od načina označavanja znakova i održavanja njihove baze podataka je primjenom bar-kod tehnologije.

Podaci o prometnom znaku kao što su šifra znaka, retroreflektirajući materijal, proizvođač, godina proizvodnje i postave itd. kodiraju se na 1D ili 2D bar-kodove koji se zatim postavljaju s stražnje strane prometnog znaka (Slika 6.). Također, podaci o znaku unose se u računalnu bazu podataka, a svakom znaku dodaje se specifično kodno ime, odnosno šifra. Za potrebe osvježavanja baze podataka znakovi se periodički očitavaju bar-kod čitačem na način da operater prisloni čitač na bar-kod oznaku i očita njegovu šifru, odnosno podatke.



Slika 6. Primjer označavanja prometnih znakova 1D bar-kodom

Izvor: [20]

Kako 2D bar-kodovi podatke pohranjuju i u vodoravnom i u okomitim smjeru, što omogućava veći kapacitet za pohranu podataka, veću pouzdanost te kvalitetnije načine ispravljanja pogrešaka, preporuča se njihova primjena za označavanje prometnih znakova.

Jedan od takvih primjera je Estonija, koja je u svrhe održavanja baze podataka prometnih znakova koristila brzo čitajućih QR kodova. U sklopu projekta „*Smart Road*“ svi prometni znakovi na cestama duž Estonije označeni su QR bar-kodovima koji su sadržavali ključne podatke vezane za znak (šifru, proizvođača, godinu proizvodnje, materijal itd.) [21]. Struktura sustava prikazana je na slici 6.

Prednosti QR kodova u odnosu na druge 2D bar-kodove očituju se u: (1) većoj brzini očitavanja, (2) većoj pouzdanosti i točnosti prilikom čitanja, (3) čitljivosti iz bilo kojeg smjera, (4) većem kapacitet za pohranu podataka te za ispravljanje pogrešaka. Za čitanje QR kodova korištena je aplikacija na mobitelima koja automatski šalje GPS koordinate bazi podataka pohranjenoj na serverima.



Slika 7. Primjer održavanje baze podataka prometnih znakova primjenom QR kodova u Estoniji

Izvor: [21]

Jedan od problema vezanih za označavanje znakova bar-kodom je vijek trajanja samog bar-koda. S obzirom da su znakovi podložni vanjskim utjecaji kao što su sunce, snijeg, kiša, prljavština itd. oznake bar-kod oznake moraju biti posebno izrađene kako bi izdržale očekivani životni vijek znaka. U praksi se pokazalo da je za izradu dugotrajnih bar-kodova najprikladnija primjena anodiziranog aluminijskog aluminija gdje su podaci, odnosno bar-kod zapečaćeni ispod anodne površine čime se podaci o znaku štite od vanjskih utjecaja [20].

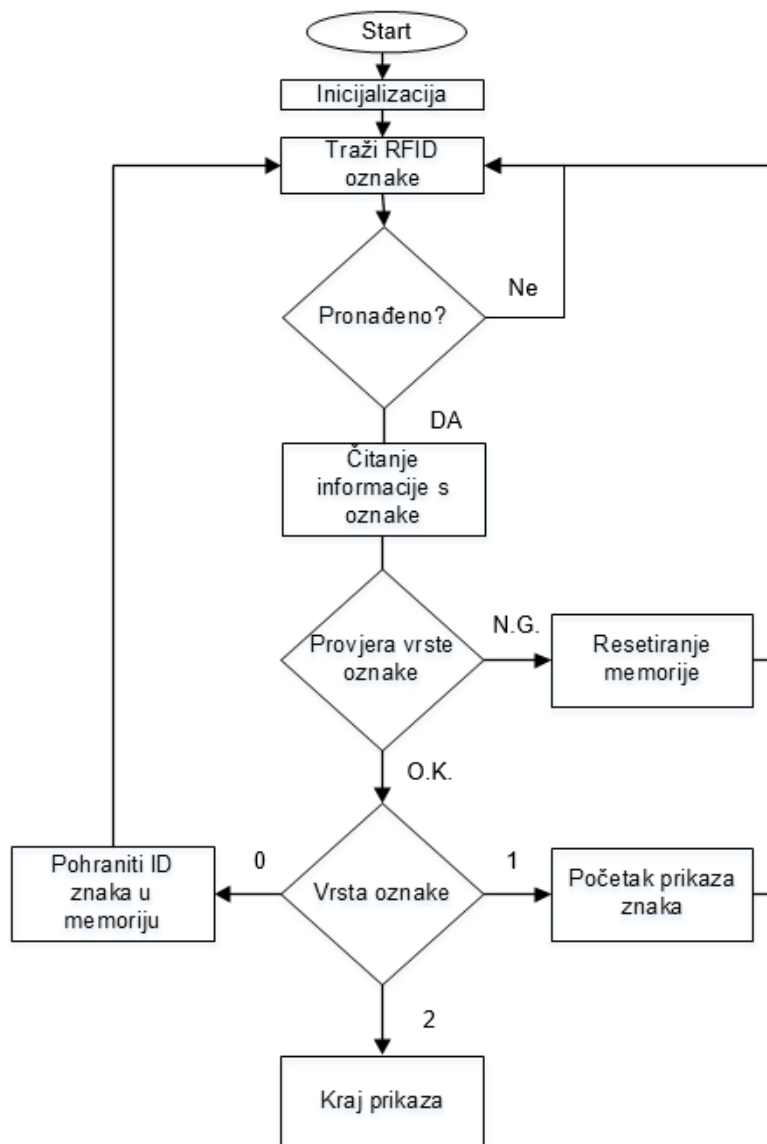
Osim zahtjeva vezanih uz izradu samih bar-kodova, značajan nedostatak navedene tehnologije se očituje u činjenici da je za očitavanje znakova, odnosno za ažuriranje baze podataka potrebno fizički očitati svaki prometni znak. Ukoliko se uzme u obzir, da na državnim cestama u RH ima gotovo 150 000 prometnih znakova može se zaključiti da će ažuriranje baze podataka primjenom navedene tehnologije biti znatno usporenije. Također, zbog potrebe fizičkog kontakta čitača i bar-koda, radnici će se vozilima morati privremeno zaustavljati na kolnicima te će se kretati po cesti čime će doći do potencijalnog ugrožavanja sigurnosti prometa na cestama.

### 6.3. Primjena RFID sustava

Kao što je ranije navedeno, većina sustava detekcije prometnih znakova bila je bazirana na obradi slike, tj. slikovnog zapisa putem automatskog prepoznavanja znakova ili putem označavanja znakova bar-kodom. Oba sustava, iako imaju određene prednosti (npr. niska cijena označavanja znakova bar-kodom), su relativno spore te zahtijevaju ili dugo vrijeme procesiranja i obrade podataka (detekcija obradom slike) ili ručno očitavanje znakova (bar-kod tehnologija).

Princip rada sustava za automatsko identificiranje prometnih znakova i ažuriranje njihove baze podataka temelji se na pasivnoj RFID tehnologiji, odnosno pasivnim transponderima koji sadrže sve potrebne informacije vezane uz određeni znak, kao što su: vrsta i šifra znaka, oblik i dimenzije znaka, način postave i pričvršćenja, visina znaka i udaljenost od ruba kolnika, datum postave, podatke o proizvođaču i postavljaču znaka te klasi retroreflektirajućeg materijala itd..

Jedno od prvih testnih istraživanja mogućnosti identifikacije prometnih znakova putem RFID tehnologije provedeno je u [22]. Za potrebe istraživanja korišteni su pasivni transponderi čiji je domet bio 40 cm. Antene su postavljene na vozilo na visinu od 15 cm od asfalta. Za svaki prometni znak postavljene su tri oznake na međusobnom razmaku od 30 cm: Oznaka 0 – preliminarna oznaka, Oznaka 1 – početna oznaka te Oznaka 2 – završna oznaka. Ukupno je postavljeno 57 RFID oznaka na 19 lokacija unutar 0,6 mm debelih akrilnih kućišta. Vozilo s opremom za očitavanje vozilo je brzinom oko 20 km/h. Iako isključivo testno s vrlo ograničenom opremom, istraživanje je pokazalo potencijal RFID tehnologije za označavanje i identifikaciju znakova. Shematski prikaz logike sustava prikazan je na slici 8.



Slika 8. Shematski prikaz logike sustava

Izvor: [23]

Općenito se može zaključiti da se sustav mora sastojati od RFID čitača instaliranog na vozilo koji kontinuirano očitava pasivne RFID transpondere u području koje dohvatom pokriva. Dovoljno velik raspon čitača (oko 7 m) nužan je kako bi se omogućilo obuhvaćanje svi lokacija prometnih znakova čime se osigurava točnost ažuriranja baze. Transponderi se postavljaju u vertikalnom dijelu znaka (na nosaču), a informacije o znaku zapisuju se u njegovom kodu (eng. Electronic Product Code). Prolaskom vozila pored znaka, čitač na vozilu očitava signal, odnosno podatke s transpondera te ih procesuiru u realnom vremenu ili ih pohranjuje za kasniju obradu [24].

Jedan od potencijalnih problema ove tehnologije su vanjski elementi koji mogu utjecati na promjenu magnetskog polja te time utjecati na kvalitete bežične veze,

odnosno na točnost samog procesa čitanja podataka s transpondera. Neki od elemenata koji mogu utjecati na kvalitetu veze su metali ili vlaga te je eksperimentalno dokazano da radna sposobnost transpondera opada u blizini navedenih elemenata [23].

Kako bi se pasivna RFID tehnologija mogla kvalitetno koristiti u okolini gdje su prisutni vlaga i metali, razvijeni su posebni transponderi (eng. Patch-antenna-based). Takvi transponderi koriste posebne antene koje su pričvršćene na metalnu površinu, a sastoji se od unutarnje mikrotrakaste oznake, dielektričnih elementa između interne antena i metalne površine i metalne površine koja djeluje kao ravnina koja odražava elektromagnetsko polje [23].

Primjenu aktivnih RFID transpondera za označavanje prometnih znakova istraženo je u [25]. Glavni problem aktivnih transpondera je njihova potreba za napajanjem što je u ovoj studiji riješeno primjenom solarnih panela. Za čitanje RFID oznaka korišten je dalekopojasni čitač s rasponom očitavanja do 30 metara. Oznake su sadržavale određene podatke o znaku te su koristile aktivnu tehnologiju što znači da su se uključivale samo kada su dobile el. energiju. Prolaskom vozila RFID oznaka se očitava te se generira signal koji odlazi u centralnu elektroničku jedinicu koja na temelju posebnog algoritma analizira i stvara izlazni signal koji se pohranjuje u bazu podataka [25].

Sveukupni rezultati eksperimentalnog ispitivanja ukazuju na visoku učinkovitost navedene tehnologije u sustavu ažuriranja baze podataka prometnih znakova. Također, tehnologija omogućava jednostavno zabilježavanje novih lokacija znakova te u kombinaciji sa GPS tehnologijom nudi mogućnost potpune kontrole sustava i pojedinih elemenata u realnom prostoru i vremenu.

Uz navedeno, cjelokupna tehnologija zahtjeva relativno niske troškove te ne zahtjeva dodatna napajanja s obzirom na primjenu pasivnih transpondera što u konačnici omogućava dugotrajnost sustava.

Primjenom RFID tehnologije omogućila bi se izrada potpune digitalne karte prometnih znakova, a svaki bi se znak preko baze nalazio na raspolaganju u bilo kojem trenutku.

## 7. ZAKLJUČAK

Zbog kompleksnosti prometnog sustava, odnosno raznolikosti postavljenih prometnih znakova na prometnoj infrastrukturi, pojavila se potreba za stvaranjem baza podataka tih istih znakova radi jednostavnijeg održavanja i upravljanja prometnom infrastrukturom. Tema ovog rada je analiza dostupnih tehnologija i tehnike automatskog prepoznavanja prometnih znakova u svrhu ažuriranja i stvaranja funkcionalne baze cestovnih podataka. Analizirane su tri metode; Metoda detekcije i raspoznavanja prometnih znakova iz video snimke te fotografija, Metoda označavanja i identifikacije prometnih znakova primjenom bar-kod tehnologije i Metoda radio frekvencijske identifikacije (RFID metoda).

Metoda detekcije i raspoznavanja prometnih znakova iz video snimke te fotografija se nije pokazala prihvatljivom iz sljedećih razloga: za potrebe integracije sustava potrebno je uložiti visoke svote kao početni kapital te je nepraktično vršiti česta mjerenja s obzirom da tehnologija nije jeftina i ne može se zbog praktičnih razloga postaviti na više vozila od jednom, velika količina podataka za obradu – slikovni zapis zahtjeva velike količine prostora za pohranu podataka što ujedno direktno utječe i na troškove, pojava zasjenjenja prometnog znaka – zasjenjenje ili zaklanjanje prometnog znaka može se i često se događa tokom same vožnje (pješaci, druga vozila, raslinje, nepropisno postavljene reklame), objekti slične ili iste boje kao i prometni znak – boje na reklamama ili krovovima, u novije vrijeme i na fasadama mogu dati lažne pozitivne povrate u sustav i izazvati prevelik šum te opterećenje sustava što za posljedicu ima gubitak vremena na obradi podataka, sličnost među prometnim znakovima – zbog konstrukcije sustava kao takvog slični znakovi mogu biti identificirani kao jednaki što dodatno otežava proces vođenja registra zbog potrebe za konstantnom i čestom provjerom od strane stručnjaka, različiti znakovi s obzirom na državu – ukoliko bi se sustav koristi u više država postojala bi potreba za dodatnom analizom i doradom sustava za svaki pojedini slučaj, vremenski uvjeti – s obzirom na terensku efikasnost sustava (vremenski zahtjevno) nije moguće sa velikom sigurnošću kontrolirati vremenski element pogotovo u slučajevima poput zimskih uvjeta i slično, distorzija znaka (2D ili 3D) – variranje položaja znaka od blage ukošenosti do vertikalne i horizontalne distorzije značajnijeg stupnja može otežati ili u potpunosti onemogućiti prikupljanje podataka o znaku, pretjerana retrorefleksija zbog pojave više izvora svjetlosti – previsok stupanj ekspozicije može onemogućiti rad s potrebnim algoritmom te izazvati pojavu velikog broja krivo definiranih elemenata.



Metoda označavanja i identifikacije prometnih znakova primjenom bar-kod tehnologije je zapravo prilično jednostavna; potrebni podaci se kodiraju u obliku 1D ili 2D bar-koda i zalijepe na poleđinu znaka. Prednosti su veća pouzadnost i točnost prilikom očitavanja koda, veća brzina očitavanja, čitljivost iz bilo kojrg smjera te veći kapacitet za pohranu podataka i ispravljanje grešaka, no postoje i brojni nedostaci: vijek trajanja samog bar-koda - s obzirom da su znakovi podložni vanjskim utjecaji kao što su sunce, snijeg, kiša, prljavština itd. oznake bar-kod oznake moraju biti posebno izrađene kako bi izdržale očekivani životni vijek znaka. Značajan nedostatak navedene tehnologije se očituje u činjenici da je za očitavanje znakova, odnosno za ažuriranje baze podataka potrebno fizički očitati svaki prometni znak, a zbog potrebe fizičkog kontakta čitača i bar-koda, djelatnici će se vozilima morati privremeno zaustavljati na kolnicima te će se kretat po cesti čime će doći do potencijalnog ugrožavanja sigurnosti prometa na cestama.

Metoda radio frekvencijske identifikacije (RFID metoda) ima najbolje značajke od navedenih. Sveukupni rezultati eksperimentalnog ispitivanja ukazuju na visoku učinkovitost navedene tehnologije u sustavu ažuriranja baze podataka prometnih znakova. Također, tehnologija omogućava jednostavno zabilježavanje novih lokacija znakova te u kombinaciji sa GPS tehnologijom nudi mogućnost potpune kontrole sustava i pojedinih elemenata u realnom prostoru i vremenu. Cjelokupna tehnologija zahtjeva relativno niske troškove te ne zahtjeva dodatna napajanja s obzirom na primjenu pasivnih transpondera što u konačnici omogućava dugotrajnost sustava. Primjenom RFID tehnologije omogućila bi se izrada potpune digitalne karte prometnih znakova, a svaki bi se znak preko baze nalazio na raspolaganju u bilo kojem trenutku.

Nakon provedene analize, zaključeno je da je RFID tehnologija optimalna tehnologija za potrebe automatskog ažuriranja baze podataka s obzirom na njenu efikasnost, jednostavnost, raznolikost i fleksibilnost uporabe. Mogućnost korištenja, konstrukcijski i upravljački, izrazito jednostavne strukture te po potrebi dovoljno konstrukcijski kompleksnih sustava spremnih za obavljanje naprednijih i zahtjevnijih funkcija daju RFID tehnologiji širok spektar djelovanja sposoban da odgovori na sve zahtjeve.

## LITERATURA

- [1]Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)
- [2]Pravilnik o održavanju cesta (NN 90/14)
- [3]Silberschatz, A., Korth, H. F., Sudarshan, S.: Database System Concepts, Sixth Edition
- [4]Pravilnik o sadržaju, ustroju i načinu vođenja baze podataka o javnim cestama i objektima na njima (NN 56/2015)
- [5]Pravilnik o ophodnji javnih cesta (NN 75/2014)
- [6]Haralick, R.M. & Shapiro, L.G., 1985. Image segmentation techniques. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 29(1), pp.100–132.
- [7]Shapiro, L. & Haralick, R., 1992. Computer and robot vision. Reading: Addison-Wesley, 8.
- [8]de la Escalera, a., Armingol, J.M. & Mata, M., 2003. Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles. Image and Vision Computing, 21(3), pp.247–258.
- [9]Janssen, R. et al., 1993. Hybrid Approach For Traffic Sign Recognition. Proceedings of the Intelligent Vehicles '93 Symposium, pp.390–395. Available at: <http://www.vision.caltech.edu/VisionWiki/images/1/15/Janssen93hybrid.pdf%5Cnhttp://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=697358>.
- [10]Priese, L. et al., 1993. Traffic Sign Recognition Based on Color Image Evaluation. Proceedings of the Intelligent Vehicles '93 Symposium, pp.95–100. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=697304>
- [11]Estable, S. et al., 1994. A real-time traffic sign recognition system. Proceedings of the Intelligent Vehicles '94 Symposium, pp.213–218. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=639506>.
- [12]Kang, D.S., Griswold, N.C. & Kehtarnavaz, N., 1994. An invariant traffic sign recognition system based on sequential color processing and geometrical transformation. Proceedings of the IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, pp.88–93.
- [13]Kehtarnavaz, N., 1995. Traffic sign recognition in noisy outdoor scenes. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.460–465. Available at: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=528325](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=528325).
- [14]Žubrinić, K.: Primjena bar kodova u poslovanju, Dubrovnik, 2004.
- [15]<https://www.britannica.com/technology/UPC> (03.06.2019.)

[16]Palmer, R.C., The Bar Code Book, Fifth Edition- A Comprehensive Guide To Reading, Printing, Specifying, Evaluating, And Using Bar Code and Other Machine-Readable Symbols

[17]<https://www.camcode.com/traffic-sign-tags.html> (03.06.2019.)Jairus, T.: Estonia Smart Road ProjectStockman, H.: Communication by Means of Reflected Power“ (Proceedings of IRE, pp 1196-1204, 1948)

[18]Pedro Peris-Lopez, Julio Cezar Hernando-Castro, Juan M. Estevez-Tapiador, Arturo Ribagorda: RFID Systems: A Survey on Security Threats and Proposed Solutions, International Conference on Personal Wireless Communication, 2006.

[19]Nina Livun: Radio Frequency Identification, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2005.

[20]<https://www.camcode.com/traffic-sign-tags.html> (03.06.2019.)

[21]Jairus, T.: Estonia Smart Road Project

[22]Yoshimichi Sato, Koji Makanae: Development and Evaluation of In-vehicle Signing System Utilizing RFID tags as Digital Traffic Signs, International Journal of ITS Research, Vol. 4, No.1, December 2006

[23]Hidalgo E., Munoz F., Guerrero de Mier A., Carvajal R.G.: Wireless Inventory of Traffic Signs based on Passive RFID Technology

[24]Anuran Chattaraj, Saumya Bansal, Anirudhha Chandra: An Intelligent Traffic Control System using RFID

[25]P. Eswaramoorthy, M. Arunkumar: Intelligent Vehicle Control Based on Identification of Road Signs by Solar Powered Rfid Transponders, International Journal of Research in Engineering and Technology, Siječanj 2014.

## POPIS SLIKA

1. Slika 1. Prikaz algoritma za ekstrakciju prometnih znakova, str. 17
2. Slika 2. Prikaz procesa detekcije prometnih znakova, str. 19
3. Slika 3. UPC bar kod, str. 20
4. Slika 4. Osnovni princip rada bar-kodova, str. 22
5. Slika 5. Općenita struktura RFID sustava, str. 25
6. Slika 6. Primjer označavanja prometnih znakova 1D bar-kodom, str. 29
7. Slika 7. Primjer održavanje baze podataka prometnih znakova primjenom QR kodova u Estoniji, str. 30
8. Slika 8. Shematski prikaz logike sustava, str. 32



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada  
pod naslovom Pregled sustava za automatsko prepoznavanja prometnih znakova

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student:

U Zagrebu, 27. kolovoz 2019.