

SUSTAVI ZA PREPOZNAVANJE PROMETNIH ZNAKOVA

Marina Balukčić [bacc.ing.traff.](mailto:mbalukci@veleri.hr), email: mbalukci@veleri.hr
Veleučilište u Rijeci, Trpimirova 2/V, 51000 Rijeka, Hrvatska

Sažetak: Razvojem motorizacije prometa kao i sve većim zahtjevima za optimizacijom zaštite i sigurnosti prometa, automobilska industrija pokrenula je razvoj inovacija koje će doprinijeti smanjenju broja poginulih u cestovnom prometu. Svjedoci smo učestalih prometnih nesreća uzrokovanih nepoštivanjem prometnih znakova i kršenjem prometnih propisa koje nerijetko rezultiraju smrtnim posljedicama. Kako bi se stopa smrtnosti smanjila uslijed vozačeva kršenja već prethodno spomenutih prometnih propisa svoj doprinos dala je automobilska industrija razvojem sustava za prepoznavanje prometnih znakova koji će uvelike pomoći pravovremenom reagiranju vozača kao i njegovom boljem opažanju okoline. Sustavi za prepoznavanje prometnih znakova predstavljaju nadogradnju jednog od pet čovjekovih osnovnih osjetila a koje je svakako i najbitnije za promet: vid. Uzimajući u obzir prethodnu konstataciju, s pravom možemo očekivati smanjenje broja poginulih u cestovnom prometu što je ujedno i cilj istraživanja i implementacije ovakvih sustava u vozila.

Ključne riječi: sigurnost prometa, sustavi u vozilu, prepoznavanje prometnih znakova

SYSTEMS FOR RECOGNITION OF TRAFFIC SIGNS

Abstract: With the development of traffic motorization as well as the increasing demands for optimization of traffic safety and security, the automotive industry has initiated the development of innovations that will contribute to reducing the number of deaths in road traffic. We are witness to frequent traffic accidents caused by disregarding of traffic signs and violation of traffic regulations that often result in death consequences. In order to reduce the mortality rate, due to the driver's violations of already mentioned traffic regulations, the car industry has contributed to the development of a traffic signs recognition system that will greatly assist prompt driver response as well as better perception of the environment. Traffic Signs Recognition Systems represent an upgrade of one of the five basic human senses, which is certainly the most important for road traffic: vision. Taking into account the previous statement, we can rightly expect a reduction in the number of deaths in road traffic, which is also the goal of research and implementation of traffic signs recognition system in vehicles.

Keywords: Traffic Safety, Vehicle Systems, Traffic Signs Recognition

1. Uvod

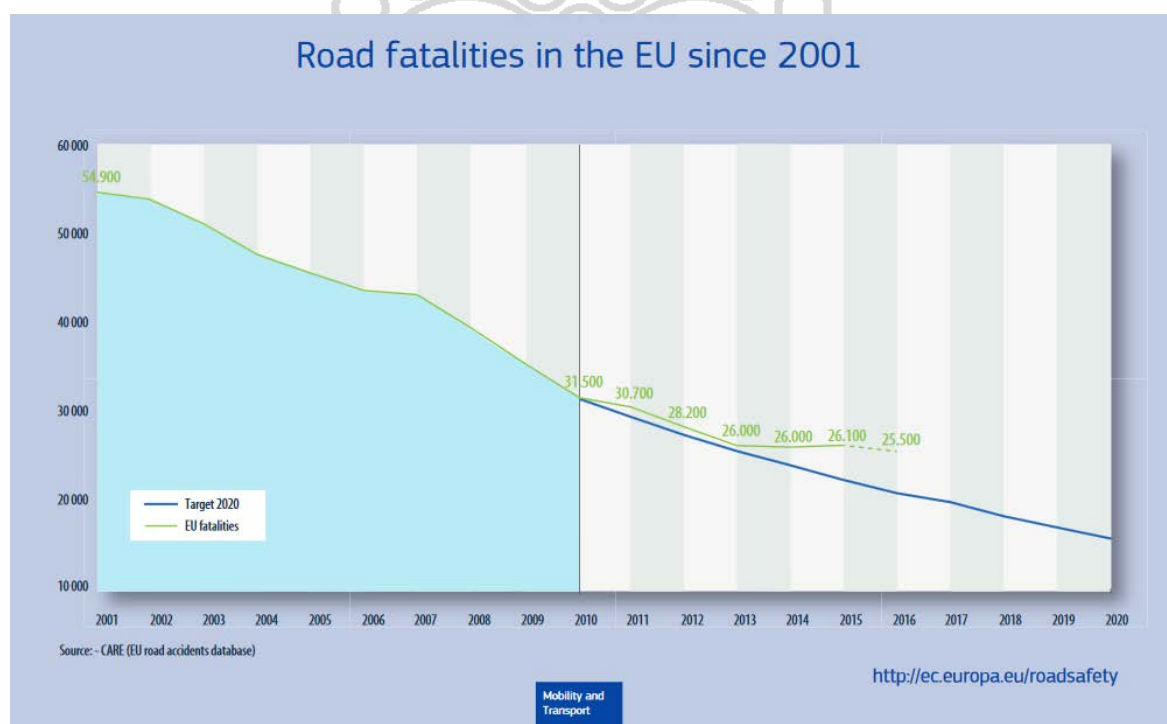
Sustav prepoznavanja prometnih znakova jedan je od najvažnijih zadataka u viziji automobilske industrije. Ovakav sustav predstavlja izazov u implementaciju upravo zbog učestalih promjena vremenskih prilika, ograničavajućeg osvjetljenja te vozila sa očiglednim nedostacima izraženim upravo u različitim vremenskim uvjetima.

Cilj sustava je pravovremeno informiranje vozača o prometnim znakovima na koje nailazi a sve uz pomoć automatske detekcije odnosno binarnog dekodiranja istih. Kako bi se zaštita i sigurnost u prometu dovela na zadovoljavajuću razinu brojne automobilske tvrtke pokrenule su razvoj inovacija u automobilima usmjerenim na smanjenje prometnih nesreća uzrokovanih nepoštivanjem prometnih propisa odnosno neprilagođenom brzinom uvjetima na cesti. U radu će se prikazati rezultati istraživanja temeljeni na implementiranim sustavima za prepoznavanje prometnih znakova koji predstavljaju preteču postizanja nove dimenzije prometa u zavisnosti sa razvojem informacijske tehnologije.

2. Razlozi i potreba za uvođenjem sustava automatskog upravljanja vozilom

Danas veliki broj novih vozila koja se proizvode za prijevoz putnika i tereta po cestama imaju u sebi ugrađen neki oblik elektroničkog nadzora kretanja vozila i pomoći pri upravljanju. Ideja o potpomognutom ili autonomnom upravljanju vozilom je nastala zbog toga što veliki broj nesreća u prometu uzrokuje ljudska nepažnja ili pogrešna procjena opasnosti koje donosi određena prometna situacija. (VDA, 2015.) Cilj prometne politike unutar Europske unije (EU) je smanjenje broja smrtno stradalih učesnika u prometu za 29% do 2020. godine. (European Commission, 2016)

Grafikon 1: Smrtnost na cestama u Europskoj uniji od 2001. godine



Izvor: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/move-affiche-hoz_en_2017_debord.pdf 15.10.2017.

Broj smrtno stradalih, ali i broj nesreća bez posljedica na ljudske živote se počeo smanjivati uvođenjem raznih pomoćnih sustava za kontrolu ponašanja vozila pri kočenju, prolasku kroz zavoje te u novije vrijeme nadzorom prometnice raznim elektronskim uređajima.

3. Percepcija vizualnih informacija u prometu

Vozač može voziti po poznatoj cesti, a da se gotovo ništa ne zapamti o detaljima puta. To ne znači da je ono što kažu o padu čovjekovih mentalnih sposobnosti zaista istina. To je jednostavno normalna posljedica načina na koji se obrađuje informacija. U posljednje su vrijeme istraživači u psihologiji napravili bitan napredak u razumijevanju načina na koji ljudi obrađuju informaciju. U bilo kojoj vremenskoj točki, vozaču mogu biti dostupne brojne informacije iz raznih osjetila. Sve one se moraju ekspeditivno sortirati na neki razuman način, tako da se bilo kakve potrebne radnje mogu učiniti pravodobno. Jasno, to gotovo uvijek uspješno radimo, a da nismo svjesni određenog procesa.

Slika 1. je shematski prikaz sustava obrade informacija. Proces započinje ulazima iz osjetljivih organa kao što su oko, koji idu u perceptivne procesore, gdje se kodiraju i prenose u spremišta senzorne slike. Spremišta senzorne slike dio su takozvane radne memorije. Radna memorija se sastoji od dijelova dugotrajne memorije, koji su u tu svrhu aktivirani u hodu. Imamo kognitivni procesor koji uzima informaciju u spremišta senzorne slike, zajedno s informacijom iz dugotrajne memorije, da bi došao do odluke o akciji (Pašagić, 2004., 95).

Slika 1. Shematski prikaz sustava obrade informacija



Izvor: Pašagić, 2004., 96.str

3.1. Registriranje prometnih znakova i čitljivost

Prometni znakovi s vozilom i prometnicom predstavljaju temeljni prometni sustav koji regulira i osigurava sigurnu vožnju. Prometni znakovi omogućuju učinkovito i racionalno korištenje cesta i daju nezamjenjive, pravodobne informacije koje reguliraju ponašanje svih sudionika u prometu. Nalaze se u vidokrugu vozača (na cesti, kraj ceste ili iznad ceste) i na posredan način olakšavaju snalaženje i kretanje vozača. Davanjem relevantnih informacija vozačima zadovoljava se osnovan i važan uvjet potreban za regulaciju prometa. Najčešći način prijenosa relevantnih informacija obavlja se pomoću prometnih znakova. Da bi prometni znakovi izvršili svoju funkciju prijenosa relevantnih informacija sudionicima u prometu i na taj način regulirali promet (a time i djelovali na njegovu sigurnost), nužno je da budu zadovoljena dva uvjeta:

Prvi uvjet: informacije s prometnih znakova moraju biti primljene od sudionika u prometu, tj. sudionici moraju percipirati znakove (prepoznavanje znakova s razumijevanjem)

Drugi uvjet: Primljena informacija, Tj. percepcija znaka mora djelovati na ponašanje vozača, i to u skladu sa znakom tj. s informacijom koju prenosi.

Temeljna funkcija prometnog znaka je ta da njegova poruka bude prenesena i shvaćena te da djeluje na ponašanje vozača (Pašagić, 2004., 114).

3.2. Čitljivost prometnih znakova

Čitljivost tekstualnih poruka je funkcija visine slova i odnosa veličine i širine slova, debljine crte slova, prostornog razmaka između slova i redova, kontrasta i tipa slova. Osnovni čimbenik čitljivosti tekstualnih pouka su značajke slova, odnosno njihova visina i odnos s

ostalim dimenzijama slova. U tijesnoj vezi s visinom slova su i ostale dimenzije slova i prostorni razmak. Više studija upozorava na to da se čitljivost povećava ako se širina slova približava četvrtastim slovima, odnosno ako se širina slova približava visini. Optimalna debljina crte slova je 15-25% visine slova, a prostorni razmak među slovima 50% širine slova. Prema nekim istraživačima, veći razmak među slovima može se uzeti ako je tekstualni prometni znak iznad ceste (Pašagić, 2004., 117).

Istraživanja percepcije boja pokazala su kako pojedine boje privlače pažnju vozača. Na temelju analize objavljenih rezultata (Karttunen, R., Hakkinen, S., 1982.; Trstenjak A.; 1963.) može se doći do sljedećih zaključaka o „atraktivnosti“ pojedinih boja:

narančasta	20,4%	zelena	12,6%
crvena	18,4%	žuta	12,0%
plava	17,0%	ljubičasta	5,5%
crna	13,4%	siva	0,7%

Za istraživanje čitljivosti pisanih prometnih znakova posebno je važno odrediti optimalnu kombinaciju boje podloge i boje slova pisanog teksta ili znaka. Na osnovi analize objavljenih radova o toj problematici (Noren, D., 1987.; Ed. Hakkinen, S.; 1976.), može se dati sljedeća rang – lista za 15 kombinacija:

1. Crno na žutom	6. Bijelo na plavom	11. Crno na narančastom
2. Žuto na crnom	7. Plavo na žutom	12. Crveno na žutom
3. Zeleno na bijelom	8. Plavo na bijelom	13. Narančasto na crnom
4. Crveno na bijelom	9. Bijelo na crnom	14. Žuto na plavom
5. Crno na bijelom	10. Zeleno na žutom	15. Bijelo na zelenom

Taj poredak ovisi o brojnim čimbenicima, kao što su: veličina znaka i slova, odabrana fotografija, intenzitet i priroda rasvjete, intenzitet boja itd. Ovdje treba uzeti u obzir da najmanje 25 % ljudi vidi boje drukčije od većine.

Boja kao nositelj informacije na prometnim znacima, upozorenjima, obavijestima i signalima postaje predmetom istraživanja stručnjaka različitih profila koji se bave organizacijom i upravljanjem prometa s aspekta sigurnosti prometa. Iako su misaoni procesi i procesi pamćenja još uvijek predmetom intenzivnih istraživanja i mnoge činjenice su još uvijek nepoznate, ljudska memorija, po svemu sudeći, nema svoju analogiju u kompjuterskoj memoriji. Čovjek pamti, memorirane informacije i iskustva obrađuje na način koji još uvijek nije potpuno proučen. Učenjem čovjek stalno razvija i modificira svoj, vlastiti, program. Za razliku od stroja, čovjek ima mogućnosti selektivnog podsjećanja na relevantne podatke (Pašagić, 2004., 120).

3.3. Vizualna percepcija i reakcija

Vrijeme od percepcije do reakcije je interval između pojave nekog objekta ili stanja u vozačevu vidnom polju i početka reakcije. Interval započinje na primjer, kad pješak zakorači iza parkiranog kamiona, a završava kad vozač reagira počevši okretati volan i / ili pritisnuvši kočnicu. U normalnim okolnostima, vrijeme koje je potrebno za dovršenje odabrane radnje nije uključeno u vrijeme od percepcije do reakcije. Ono se broji odvojeno, uzimajući u obzir varijable kao što su brzina, faktor kočenja i tip vozila (Pašagić, 2004., 135).

Komponente vremena od percepcije do reakcije - Tijekom intervala od percepcije do reakcije predmet ili uvjeti koji nas brinu moraju privući pozornost promatrača. Osim toga, prije nego što dođe do bilo kakve reakcije, mora se odvijati određena količina mentalnih procesa.

Detekcija - Vrijeme od percepcije do reakcije počinje kad neki predmet ili stanje, koji su od interesa, uđu u vozačevo vidno polje. Taj prvi korak završava kad vozač postaje svjestan da je „nešto“ prisutno. To nešto može biti unutar vidnog polja vozača za neko vrijeme prije nego što je otkriveno. To bi bilo istinito, posebno u slučajevima gdje predmet ima slab kontrast, relativno je malen i/ili se prijavljuje daleko na periferiji oka. U takvim slučajevima postoji mogućnost za znatan zastoj između prikaza poticaja i njegova dolaska i promatračeve zainteresiranosti za poticaj. Obično se događa onda kada dođe do detekcije, oči se pomaknu kako bi „stavile“ ono što je otkriveno u fokus na fovealnom dijelu mrežnice, tako da se može poduzeti sljedeći korak.

Identifikacija - U ovom je koraku dovoljno informacija o predmetu ili stanju da se može doći do odluke o radnji koja se mora poduzeti, ako je uopće potrebna. Identifikacija ne mora biti sasvim kompletna u detaljima. Na primjer, nije potrebno znati je li predmet ispred kamiona ili stijena, sasvim je dovoljna spoznaja da je nešto ispred vozača, ili u što on ne želi udariti. Ako se to nešto što je otkriveno kreće, ili je u stanju da se kreće, također je važno odrediti što ono radi. To može zahtijevati procjene brzine i putanju kao dio nastojanja da se predvidi njegov budući položaj.

Odluka - U ovom koraku operator mora odlučiti koju akciju će poduzeti i je li ona potrebna. Pod pretpostavkom da se odluči za neku radnju, odaberi obično završe promjenom brzine i/ ili smjera.

Reakcija - U ovom koraku, centar motorike u mozgu daje naredbe odgovarajućoj grupi mišića da izvedu traženu radnju/radnje (Pašagić, 2004., 136).

4. ADAS - Advanced driver assistance systems

ADAS sustav pruža pomoć vozaču te poboljšava njegovu vožnju. Njegova je primarna zadaća osigurati sigurnost vozila, vozača i pješaka ili biciklista. ADAS sustav se može iskoristiti za uštedu troškova goriva, omogućujući podjelu koja vozila slijede jedni druga u neposrednoj blizini, mogu upozoriti kada vozilo skreće preko trake ili mogu primijeniti sigurnosnu kočnicu kako bi izbjegli sudar i sl. ADAS prepoznaje objekte, znakove, površine ceste i pokretne objekte na cesti te naposljetku donosi odluku hoće li upozoriti ili djelovati u ime vozača. (ADAS,2017).

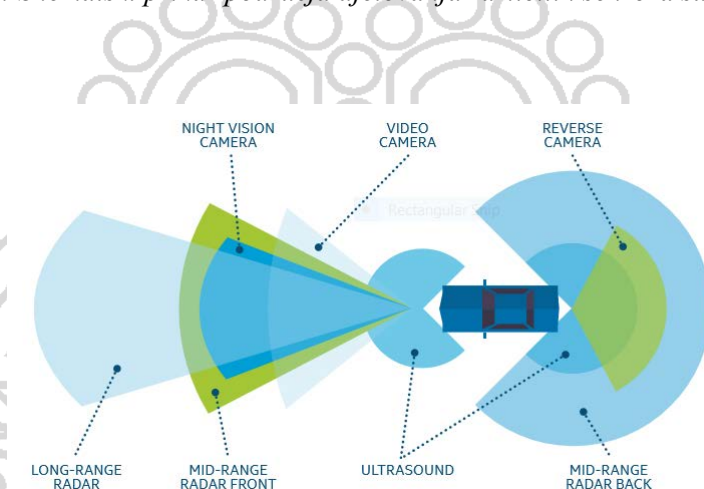
4.1. TSDR kao dio sustava ADAS

Granice razvoja **umjetne inteligencije** (AI) potrebne za upravljanje vozilom u kritičnim situacijama se pomiču svakim novim istraživanjem i probnom ugradnjom novih tehnoloških rješenja. Analizom podataka od ugrađenih sustava u vozilima dolaze nove spoznaje o mogućnostima primjene istih. Da bi sustav napredne podrške vozaču funkcionirao što bolje potrebno je da arhitektura uključuje module za otkrivanje, obradu podataka i „inteligentno“ odlučivanje te donošenje odluka. Sustav prepoznavanja prometnih znakova (TSDR) i primjene informacija iz prometne signalizacije je neophodan čimbenik za autonomno upravljanje vozilom. Sustav prilagođava ponašanje vozila ovisno o gustoći prometa čije

podatke očitava svojim sensorima za kretanje, ali kad je cesta slabo opterećena prometom sustav se oslanja na „čitanje“ prometne signalizacije. Jedan od glavnih napredaka u korištenju raznih uređaja za kontrolu vozila je njihovo umrežavanje pod jednim centralnim sustavom za odlučivanje. Centralno računalo vozila uzima podatke od više senzora postavljenih u prednjem i stražnjem djelu vozila te ih obrađuje i odlučuje kojim parametrima posvetiti veći prioritet i kako reagirati na vozne sustave vozila. (Ors, 2017)

Prvi funkcionalni TSR ugrađen je ugrađen u automobil 2008. godine od strane BMW-a u model serije 7, a razvijen je od strane Izraelskog proizvođača „Mobileye“ i Njemačkog „Continental AG“. Godinu dana kasnije uređaj je ugrađen u Mercedes-Benz S-class.

Slika 2: Shematski prikaz područja djelovanja različitih senzora sustava ADAS



Izvor: <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/advanced-driver-assistant-system-paper.pdf> 15.10.2017.

Trenutni sustavi u upotrebi imaju mogućnost prepoznavanja prometnih znakova ograničenja brzine i još nekih dopunskih znakova, ali u uvjetima ograničene vidljivosti i dnevnog svjetla nisu pouzdani.

5. Sustav prepoznavanja prometnih znakova (Sign Assist)

Pouzdana detekcija prometnih znakova jedan je od najvažnijih zadataka u viziji automobilske industrije. Predstavlja značajan izazov zbog učestalih promjena vremena i svjetla uključujući i otežane optičke vidljivosti vremenskih uvjeta te očigledna ograničenja vozila. Sustav prepoznavanja prometnih znakova pomoću kamere u podnožju unutrašnjeg zrcala registrira standardizirane prometne znakove i informira vozača o istima odnosno o prepoznatim propisanim brzinama, zabranama pretjecanja i znakovima opasnosti. Sustav unutar ograničenja sustava prikazuje i dodatne znakove, npr. vremenski ograničenja ograničenja, znakove za vožnju s prikolicom ili ograničenja u vlažnim uvjetima ili magli. Sustav po potrebi može prikazati aktualno važeće propisane brzine i na cestama bez znakova. Sustav prepoznavanja prometnih znakova u Njemačkoj na autocestama ili brzim cestama dodatno uz propisane brzine i zabrane pretjecanja prikazuje i prometne znakove za ukidanje svih propisa na cestama. U svim ostalim zemljama primjene umjesto toga prikazuje se aktualno važeća propisana brzina. (Servisno školovanje, 2012.)

Prepoznavanje prometnih znakova može očitavati ograničenja brzine i zabrane prometovanja, pa čak i obavijestiti vozača kad ograničenje brzine prestaje važiti. U ovisnosti o uvjetima osvjetljenosti, sustav počinje prepoznavati i očitava znakove na udaljenosti od 100 metara. Detekcija prometnih znakova započinje fokusom na kružne uzorke, a zatim prepoznaje brojeve unutar kruga preko usporedbe obrisa. Ako slika koju prima odgovara slici prometnog znaka pohranjenoj u automobilskom softveru, znak se prikazuje na ploči s instrumentima (slika 3.).

Slika 3. Prikaz trenutno važećih prometnih znakova na kontrolnoj ploči



Izvor: http://vw4.hr.volkswagen.at/modeli/volkswagen_cc/istaknuto/68234_sustav_prepoznavanja_prometnih_znakova (20.12.2017.)

5.1. Faza detekcije

Faza detekcije namjerava generirati hipotezu - kandidate znakove za sekundarnu klasifikaciju. Zbog svog oblikovanja ovaj korak može proizvesti lažno pozitivne znakove kandidate, ali njegova pretjerana detekcija znači da neće izostaviti niti jednog potencijalnog kandidata.

Detekcija brojčanog ograničenja brzine

Sve znakove iz ove skupine karakterizira crveni kružni okvir (slika 4). Prema konceptu RANdOm Sampling and Consensus (RANSAC)⁷⁰, detekcija brojčanog ograničenja je vrlo jednostavna – kada mu je zadan set podataka (npr. kontura) proizvoljno se odabere set karakteristika uzorka (npr. točke) na temelju kojih se uklapa model geometrijskog oblika (npr. krug). Konačni model geometrijskog oblika se zatim uspoređuje sa setom svih prethodno unesenih karakteristika. Ako dovoljan broj karakteristika iz seta podataka zadovoljava model sa zadanom tolerancijom, tada se realizira karakterna postojanost te RANSAC postupak završava. Broj pokušaja u svrhu pronalaženja modela u danom setu se može procijeniti korištenjem ove formule:

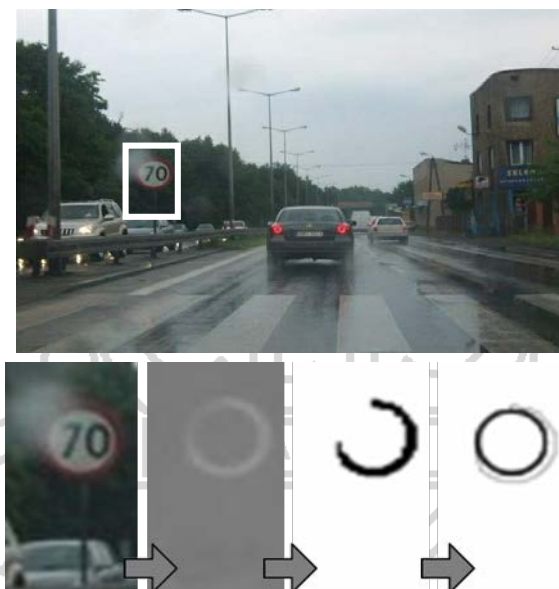
$$\text{Pokušaji} = \frac{\log(P_{all-f})}{\log(1 - P_1(P_d)^{T-1})}$$

gdje P_{all-f} predstavlja vjerojatnost algoritma da prepozna model, P_1 predstavlja vjerojatnost

⁷⁰ Slučajni konsenzus uzorka (RANSAC) je iterativna metoda za procjenu parametara matematičkog modela iz skupova promatranih podataka koji sadrže netipične vrijednosti, pri čemu ne treba imati utjecaja na vrijednosti procjena. Stoga se također može tumačiti kao metoda otkrivanja.

podatka koji pripada ispravnom modelu i P_d je vjerojatnost podatka koji pripada istom modelu. Prema slikom prikazanom slučaju koristio se model kruga; odluke temeljene na nacrtu i empirijskom postavljanju vjerojatnosti (Marcin, Eichner, T., 2007.)

Slika 4: Koraci algoritma koji generira kandidate među znakovima s numeričkim ograničenjima



Izvor: (Marcin, Eichner, Toby, *Integrated Speed Limit Detection and Recognition from Real – Time Video*, 2007.)

Na slici 4. prikazan je primjer na kojem vidimo da ovaj algoritam moći detektirati krug čak ako i originalna segmentacija boja ima nesavršenosti zbog različitih uvjeta. Ovo ilustrira robusnost RANSAC pristupa buke i djelomične okluzije što ga čini vrlo pogodnim za različite uvjete na cesti (Marcin, Eichner, T., 2007.).

5.2. Faza prepoznavanja

U koraku prepoznavanja skup unesenih karakteristika podataka se potvrđuje ili odbacuje ukoliko je krivo generirani znak iz prethodne detekcije. Prije svega potrebno je normiranje kandidata, isto predstavlja međukorak prije upućivanja kandidata na neuronsku mrežu⁷¹. U slučaju kandidata numeričkog znaka ograničenja, korak normiranja osigurava da se samo bijela unutrašnjost znaka šalje neuronskoj mreži. Preostala crvena granica uklanja se pomoću prethodno prilagođenog praga te se povezane analize komponenata na prethodno pretvorenoj ulaznoj slici realiziraju u sliku sivih tonova kako bi pretvorba analize tekstualnog središta bila čitljivija (slika 5.).

⁷¹ Umjetne neuronske mreže (ANN) ili spojni sustavi računalni su sustavi neodređeno inspirirani biološkim neuronskim mrežama koje čine životinjski mozak. Takvi sustavi "uče" (tj. Postupno poboljšavaju performanse) zadacima uzimajući u obzir primjere, obično bez programiranja specifičnih za zadatke. Na primjer, u prepoznavanju slike mogu naučiti identificirati slike koje sadrže mačke analiziranjem primjera slika koje su ručno označene kao "mačka" ili "ne mačka", a pomoću rezultata identificiraju mačke na drugim slikama.

Slika 5: Uklanjanje crvenog okvira s kandidata znaka brojčanog ograničenja



Izvor: (Marcin, Eichner, Toby, *Integrated Speed Limit Detection and Recognition from Real – Time Video*, 2007.)

Svi kandidati znakova se izdvajaju iz ulazne slike u nijansu sive boje i pragneriraju na binarnu reprezentaciju koristeći prosječni piksel interijera kandidata. Ovaj pristup omogućuje jako dobru separaciju tamnih znamenki od svijetle pozadine, čak i u uvjetima smanjene vidljivosti. Neki primjeri ovog procesa normiranja prikazani su na slici 7.

Slika 6.: Normalizacija unosa neuralne mreže



Izvor: (Marcin, Eichner, Toby, *Integrated Speed Limit Detection and Recognition from Real – Time Video*, 2007.)

U posljednjem koraku normiranja svi kandidati su skalirani na uobičajenu veličinu 20 x 20 piksela za unos u neuronsku mrežu. To je potrebno kako bi se normirala prostora distribucija podslike znaka za uobičajeni broj mrežnih unosa (npr. 20 x 20, 400 unosa) (Marcin, Eichner, T., 2007.).

6. Zaključak

Porastom motorizacije raste i potreba za uvođenjem dodatne sigurnosne opreme u automobile kao što su aktivni sigurnosni sustavi čija je osnovna svrha sprječavanje nastanka prometnih nesreća. Svjedoci smo svakodnevnog nepoštivanja prometnih znakova i ne prilagođavanja brzine uvjetima na cestama od strane vozača. Navedeno ponašanje manifestira se kroz sve veći broj prometnih nesreća izazvanih upravo nepoštivanjem prometnih propisa. Posebna pozornost trebala bi se posvetiti mladim i neiskusnim vozačima koji su prema statistikama najčešći sudionici prometnih nesreća kao i prekršaja izazvanim razvijanjem velikih brzina, upotrebom alkohola i droga.

Svrha sustava prepoznavanja prometnih znakova je povećanje pozornosti vozača te indirektno djelovanje na ponašanje vozača i njegovu percepciju vožnje i okoline. Sustav funkcionira na način da dobivene podatke iz kamere analizira u već postojećoj bazi

podataka (uzorci znakova - automobilskog softvera) koji se nalaze u memoriji računala automobila, a koja se sastoji od niza karakteristika koje prometni znak mora zadovoljiti. Nakon faze prepoznavanja i kategorizacije prometnog znaka pristupa se njegovoj daljnjoj obradi odnosno pretvorbi u binarni sustav radi lakšeg dekodiranja istog. Prometni znak vidljiv je na kontrolnoj ploči nakon niza pretvorbi ulaznih podataka i zadovoljavanja već prethodno unesenih karakteristika koje isti treba sadržavati kako bi kao takav bio prepoznat te pravovremeno prikazan.

Očekivanja u skorijoj budućnosti jesu da će ovakvi i slični aktivni sustavi biti prepoznati kao faktori uspješne prevencije mnogih prometnih nesreća, a sukladno s time i sufinancirani od država kao osnovna oprema automobila.

Literatura

- [1] Advanced Driver Assistant System
<https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/advanced-driver-assistant-system-paper.pdf> (15.10.2017.)
- [2] Artificial neural network https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neural_network
(15.04.2018.)
- [3] European Commission Mobility and transport. Preuzeto 15. 10. 2017. iz Intelligent Speed Adaptation (ISA)
https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/esave/esafety_measures_known_safety_effects/intelligent_speed_adaptation_isa_en
- [4] Marcin, Eichner, T., (2008.) Integrated Speed Limit Detection and Recognition from Real – Time Video, Intelligent Vehicles Symposium, IEE, 1931-0587
- [5] Ors, A. O. NXP, Me & my smarter world. Preuzeto 17. 10. 2017. iz RADAR, camera, LiDAR and V2X for autonomous cars: <https://blog.nxp.com/automotive/radar-camera-and-lidar-for-autonomous-cars>
- [6] Pašagić S., (2004.) Vizualne informacije u prometu, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti
- [7] Random sample consensus, https://en.wikipedia.org/wiki/Random_sample_consensus
(10.04.2018.)
- [8] Servisno školovanje; (12/2012) Sustavi pomoći za vozača, Golf 2013, Volkswagen AG, Wolfsburg Tehnička verzija
- [9] Sustavi prepoznavanja prometnih znakova, Volkswagen
http://vw4.hr.volkswagen.at/modeli/volkswagen_cc/istaknuto/68234_sustav_prepoznavanja_prometnih_znakova (20.12.2017.)
- [10] VDA, V. d. (2015.). From Driver Assistance Systems to Automated Driving. Berlin: Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbh.