

Primjena pametnih kamera u inteligentnim transportnim sustavima

Bratković, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:119:169569>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-21**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Filip Bratković

**PRIMJENA PAMETNIH KAMERA U INTELIGENTNIM
TRANSPORTNIM SUSTAVIMA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD BR. 5618

PRIMJENA PAMETNIH KAMERA U INTELIGENTNIM TRANSPORTNIM SUSTAVIMA

Predmetni nastavnik: Doc. dr. sc. Pero Škorput

Student: Filip Bratković

Zagreb, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 7. travnja 2020.

Zavod: **Zavod za inteligentne transportne sustave**
Predmet: **Telematika u prijevoznim sredstvima**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5618

Pristupnik: **Filip Bratković (0135238367)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Inteligentni transportni sustavi**

Zadatak: **Primjena pametnih kamera u inteligentnim transportnim sustavima**

Opis zadatka:

U ovom radu potrebno je analizirati detektorske tehnologije u inteligentnim transportnim sustavima te dati funkcionalni prikaz pametnih kamera u prometu. Također, potrebno je opisati načine akvizicije prometnih podataka primjenom pametnih kamera te razvojna okruženja i programske platforme za pametne kamere. Pored navedenoga, rad treba sadržavati analizu slučaja primjene pametnih kamera.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Pero Škorput

SAŽETAK

Usljed povećanja prometne potražnje na gradskim, prigradskim i međugradskim prometnicama zahtjevi za sigurnošću i praćenjem trendova se povećavaju u prometnom aspektu. Kamere su jedna od najboljih vrsta detektora upravo zbog raznovrsnosti atributnih podataka koje mogu prikupiti, npr. Registarske oznake koje su jedinstvene te se na taj način mogu pratiti ili eventualno odrediti O-D matrice. CCTV i ANPR kamere su doživjele uspon proteklih godina u praćenju i klasificiranju određenih ponašanja i kretanja na temelju neuronskih mrežai umjetne inteligencije. U budućnosti takve kamere koje vrše predikciju ponašanja sudionika u prometu mogle bi služiti kao osnova za računalni vid autonomnih vozila upravo zbog raznovrsnosti prikupljenih podataka, jedino i najvažnije pitanje je privatnost i sigurnost građana tojest ljudi kod primjene istih. Mogućnost primjene imaju i na graničnim prijelazima ili na naplatnim kućicama umjesto ENC-a kao način zapisivanja podataka o vozilu.

Ključne riječi: CCTV, ANPR, LPR, ALPR, GDPR, kamera, promet

SUMMARY

Due to evergrowing increase in traffic demand in urban,suburban and intercity roads, safety and trend following demands are increased in traffic aspect. Cameras are considered one of the best kinds of detectors due to diversity of collected data that they can acquire, for example license plates which are unique in their nature and in that way O-D matrix can be created for further calculations, timestamps, position, vehicle type, speed and all kinds of data that is relevant to traffic calculations. CCTV and ANPR cameras are on the rise these last few years in terms of monitoring and classifying certain behaviour and movement based on neural network using artificial intelligence. In the future such cameras could be used as a base for computer vision which is being used for autonomous vehicles due to high and diverse number of collected information. The biggest question and also the most controversial is that of a privacy and security of people that are using these products. These cameras may also be used at border crossings or toll booths instead of ENC for purpose of collecting data

Key words: CCTV,ANPR,LPR, ALPR, GDPR, camera, traffic

SADRŽAJ

1	UVOD.....	1
2	UPOTREBA PAMETNIH KAMERA U RAZLIČITIM FUNKCIONALNIM PORDUČJIMA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA.....	3
3	ISKUSTVA RAZVIJENIH ZEMALJA U PRIMJENI ANPR SUSTAVA.....	5
3.1	ZAKONODAVNI OKVIRI RAZVIJENIH ZEMALJA	5
3.2	PRIMJENA PAMETNIH KAMERA U DVOSTRUKOJ FUNKCIJI ANPR-A I OČITANJA PROSJEČNE BRZINE	9
3.3	NAPLATA CESTARINE POMOĆU ANPR SUSTAVA	11
4	SUSTAVI AUTOMATSKOG OČITANJA REGISTARSKIH OZNAKA U REPUBLICI HRVATSKOJ	16
4.1	PRIMJENA ANPR SUSTAVA U MINISTARSTVU UNUTARNJIH POSLOVA REPUBLIKE HRVATSKE	16
4.2	PRIMJENA MOBILNIH ANPR SUSTAVA U REPUBLICI HRVATSKOJ	17
5	NAČINI RADA SUSTAVA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTARSKIH OZNAKA.....	19
5.1	TEHNIKA DETEKCIJE VOZILA.....	20
5.2	VRSTE FILTERA	21
5.3	DETEKCIJA RUBOVA	23
5.4	DILATACIJA	25
5.5	ANALIZA VERTIKALNE PROJEKCIJE.....	27
5.6	ANALIZA HORIZONTALNE PROJEKCIJE	30
6	IMPLEMENTACIJA SUSTAVA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTARSKIH OZNAKA.....	32
6.1	TIPICNI SLUČAJEVI POSTAVLJANJA	32
6.2	PRIMJERI INSTALACIJE SUSTAVA	33
6.2.1	Pripremne radnje za instalaciju sustava.....	33
6.2.2	Metodologija odabira odgovarajućih leća	33
6.2.3	Podešavanje instalacijskog kuta.....	34

6.2.4	Specifičnosti nadzora ulaza.....	35
6.2.5	Primjena nadzora cestovnog prometa.....	36
6.3	NAČINI PREPOZNAVANJE REGISTARSKIH OZNAKA.....	38
6.3.1	Dubina polja (Engl: Depth of Field).....	39
6.3.2	Pametne funkcionalnosti na primjeru Kamere iDS - TCM - 203A.....	40
6.3.3	Karakteristični primjeri primjene	40
7	PAMETNE KAMERE I PRIVATNOST	46
8	ZAKLJUČAK	48
9	LITERATURA	49
10	POPIS SLIKA.....	52
11	POPIS TABLICA.....	53
12	POPIS JEDNADŽBA	53

1 UVOD

U današnje vrijeme rapidnog razvoja tehnologije kamere predstavljaju jedan od najpouzdanijih i najraznovrsnijih oblika detekcije, služe za različite primjene kao što su povećanje sigurnosti uz konstantan nadzor, bilo to ljudi, vozila ili cijelog grada. U stvarnosti i realnim problemima se javlja privatnost korisnika odnosno subjekata koji su pod nadzorom, može se reći da je sigurnost obrnuto proporcionalna privatnosti te je upravo zbog toga trebalo donijeti nekakvu vrstu regulacije i popisa odredbi kao što je GDPR, koji omogućuju sigurnost korisnika, ali isto tako i transparentnost svih podataka te sigurnost od krađe istih. Sa razvojem tehnologije i algoritama, kao što su neuronske mreže i umjetna inteligencija, kamere u paru sa ostalim sustavima mogu činiti puno veći sustav nadzora i provjere sigurnosti. No kamere nemaju samo sigurnosnu primjenu, one također mogu služiti kao senzori tojest „real-time“ prikupljači podataka pomoću kojih se mogu regulirati određene, recimo naplatne zone ili ceste, raditi predikcije prometa na nekim dionicama ili naprimjer regulirati brzinu prema prosječnoj na dužim cestovnim pravcima.. Rad je podijeljen u 8 cjelina:

1. Uvod
2. Upotreba pametnih kamera u različitim funkcionalnim područjima inteligentnih transportnih sustava
3. Iskustva razvijenih zemalja u primjeni ANPR sustava
4. Sustavi automatskog očitavanja registarskih oznaka u Republici Hrvatskoj
5. Načini rada sustava za automatsko prepoznavanje registarskih oznaka
6. Implementacija sustava za automatsko prepoznavanje registarskih oznaka
7. Pametne kamere i privatnost
8. Zaključak

U ostalim poglavljima opisati će se u koja funkcionalna područja automatsko očitavanje registarskih oznaka - (*Eng: Automatic License Plate Recognition - ANPR*) pripada, kakva je njihova primjena u Republici Hrvatskoj te na kojim lokacijama se nalaze, a da su pod nadležnošću MUP-a. Prikazati će se razne primjene te tehnologije u svijetu kako u Europi tako i u SAD-u i Australiji naprimjer. Različite vrste primjena kao što su „white list“, „black list“, naplate cestarina, naplate zagušenja, sigurnosne provjere, provjere brzina i ostalo. Obraditi će

se i automatsko prepoznavanje registarskih znakova pomoću određenih filtera i algoritama, tehnika detekcija vozila i ostalih metoda. Na koji način se smanjuju šumovi sa slike, popunjavaju praznine u binariziranim fotografijama, kako se očitavaju pozicije tablica sa projekcijskih grafova. Također prikazati će se i upute za postavljanje takvih sustava, tojest mjere udaljenosti, visina, fokalnih leća i ostalih parametara koje je potrebno kalibrirati kako bi kamera radila savršeno u danim uvjetima. Promotriti će se i praktični primjeri snimanja tablica, kakvi se sve podaci spremaju i koji sve parametri mogu konfigurirati u sučelju same kamere. Spomenuti će se i regulacije i mjere GDPR odredbi kojih se potrebno pridržavati kako ne bi došlo do povrede privatnosti korisnika.

2 UPOTREBA PAMETNIH KAMERA U RAZLIČITIM FUNKCIONALNIM PORDUČJIMA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA

Kod uvođenja novih ITS usluga bitno je obratiti pozornost na taksonomiju (sistematizaciju) i normizaciju (standardizaciju) te interoperabilnost sustava (horizontalnu i vertikalnu).

Glavna podjela je na funkcionalna područja i usluge.

11 funkcionalnih područja su :

1. Informiranje putnika (Traveler Information)
2. Upravljanje prometom i operacijama (Traffic Management and Operations)
3. Vozila (Vehicles)
4. Prijevoz tereta (Freight Transport)
5. Javni prijevoz (Public Transport)
6. Žurne službe (Emergency)
7. Elektronička plaćanja vezana za transport (Transport Related Electronic Payment)
8. Sigurnost osoba u cestovnom prijevozu (Road Transport Related Personal Safety)
9. Nadzor vremenskih uvjeta i okoliša (Weather and Environmental Monitoring)
10. Upravljanje odzivom na velike nesreće (Disaster Response Management and Coordination)
11. Nacionalna sigurnost i zaštita (National Security)

Skup od 32 temeljne usluge:

1. Predputno informiranje (Pre-trip Information)
2. Putno informiranje vozača (On-trip Driver Information)
3. Putno informiranje u javnom prijevozu (On-trip Public Transport Information)
4. Osobne informacijske usluge (Personal Information Services)
5. Rutni vodič i navigacija (Route Guidance and Navigation)
6. Podrška planiranju prijevoza (Transport Planning Support)
7. Vođenje prometnog toka (Traffic Control)
8. Nadzor i otklanjanje incidenata (Incident Management)
9. Upravljanje potražnjom (Demand Management)
10. Nadzor nad kršenjem prometne regulative (Policing/Enforcing Traffic Regulations)
11. Upravljanje održavanjem infrastrukture (Infrastructure Maintenance Management)
12. Poboljšanje vidljivosti (Vision Enhancement)
13. Automatizirane operacije vozila (Automated Vehicle Operation)
14. Izbjegavanje čelnih sudara (Longitudinal Collision Avoidance)
15. Izbjegavanje bočnih sudara (Lateral Collision Avoidance)
16. Sigurnosna pripravnost (Safety Readiness)
17. Sprječavanje sudara (Pre-crash Restraint Deployment)
18. Odobrenja za komercijalna vozila (Commercial Vehicle Pre-Clearance)

19. Administrativni procesi za komercijalna vozila (Commercial Vehicle Administrative Processes)
20. Automatski nadzor sigurnosti cesta (Automated Roadside Safety Inspection)
21. Sigurnosni nadzor komercijalnog vozila na instrumentnoj ploči vozila (Commercial Vehicle On-board Safety Monitoring)
22. Upravljanje komercijalnim voznim parkom (Commercial Fleet Management)
23. Upravljanje javnim prijevozom (Public Transport Management)
24. Javni prijevoz na zahtjev (Demand-Responsive Public Transport)
25. Upravljanje zajedničkim prijevozom (Shared Transport Management)
26. Žurne objave i zaštita osoba (Emergency Notification and Personal Security)
27. Upravljanje vozilima žurnih službi (Emergency Vehicle Management)
28. Obavješćivanje o opasnim teretima (Hazardous Materials and Incident Information)
29. Elektroničke financijske transakcije (Electronic Financial Transactions)
30. Zaštita u javnom prijevozu (Public Travel Security)
31. Povećanje sigurnosti „ranjivih“ cestovnih korisnika (Safety Enhancement for Vulnerable Road Users)
32. Inteligentna čvorišta i dionice (Intelligent Junctions and Links) [1].

Predputno i putno informiranje - komuniciranje i prosljeđivanje informacija korisnicima o tome postoji li veći zastoje, je li se dogodila incidentna situacija, prosječno stanje prometnog toka (u vršnim i običnim satima), trenutno stanje prometnog toka, prosječna brzina vozila na toj dionici.

Nadzor nad kršenjem prometne regulative - postavljanje uvjeta u kameru (ukoliko ima tu mogućnost) da ako vozilo ima brzinu veću od dozvoljene kamera sačuva odsječak videa ili frame u kojemu se taj prekršaj dogodio.

Elektroničke financijske transakcije – kod naplatnih kućica da se bilježi registracija vozila koje ulazi u jedan čvor te traži podudaranje na ostalim izlaznim čvorovima te naplaćuje prema određenoj tarifi korisnika na čije je ime vozilo registrirano, izlascima iz parkirališta na isti princip kao i kod naplatnih kućica samo sa dodatnom opcijom pregledavanja vremenske oznake (timestamp) kako bi se utvrdilo koliko dugo je vozilo bilo parkirano, graničnim prijelazima koji se tretiraju kao ulazni i izlazni čvorovi te se traži podudaranje registracijskih oznaka vozila.

Inteligentna čvorišta i dionice – pod inteligentna čvorišta se misli uglavnom na semaforizirana raskrižja ali može biti bilo koje križanje dviju ili više cesta. Kamere mogu poslužiti kao detektori za trenutnu (taktičku) regulaciju prometa na čvoru ili kao prikupljači podataka za stratešku regulaciju signalnih planova. Na dionicama mogu poslužiti kao prikupljači podataka o brzini, gustoći prometa i ostalim parametrima te svrsishodno tome u paru sa promijenjivim znakovima regulirali brzinu dionice.

3 ISKUSTVA RAZVIJENIH ZEMALJA U PRIMJENI ANPR SUSTAVA

3.1 Zakonodavni okviri razvijenih zemalja

U Australiji – „*Department of Justice (Victoria)*“ i nekoliko državnih policija koriste i fiksne i mobilne ANPR sustave. „*The New South Wales Police Force Highway Patrol*“ su bili prvi kod korištenja fiksnih ANPR kamera u Australiji 2005.godine. 2009.godine započeli su sa implementacijom mobilnih ANPR [2] sustava sa tri infracrvene kamere postavljene na patrolnu flotu vozila. Sustav identificira neregistrirana i ukradena vozila kao i nekvalificirane ili suspendirane vozače te osobe od interesa. Mobilni ANPR uređaj na australskom patrolnom vozilu vidljiv je na slici 1 [3].



Slika 1. Prikaz mobilnog ANPR uređaja kod australske policije

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/File:EW_206_full_LED_lightbar_and_ANPR_camera%27s_-_Flickr_-_Highway_Patrol_Images.jpg

U Belgiji – Grad Mechelen koristi ANPR sustav od rujna 2011.godine za skeniranje svih vozila koja prolaze granice grada (ulaz i izlaz). Vozila na „crnoj listi“ odnosno koja nemaju osiguranje ili koja su ukradena generiraju alarm kod policije tako da ih patrola može presresti na vrijeme. Od 2012.godine milijun vozila pod tjednu se automatski provjeravaju na ovaj način [4].

U Kanadi – mnoge policijske službe diljem Kanade koriste ANPR softver na federalnoj, provincijalnoj i općinskoj razini. Koriste ga i neke agencije za naplatu parkinga i cestarina. Korištenje takvih informacije se kontrolira preko raznih aktova o privatnosti [5].

Francuska – preko cijele zemlje je postavljeno oko 180 portala na glavnim pravcima koji skupa sa 250 fiksnih kamera omogućuju nametanje eko poreza za kamione preko 3.5t. Sustavu se trenutno protive te zasad samo prikuplja podatke o vozilima koja prolaze ispod kamere ne naplaćuju se eko porezi [6].

Njemačka – 11.ožujka 2008. godine Savezni ustavni sud u Njemačkoj je ustanovio da su neka područja u zakonu o privatnosti narušena korištenjem ANPR-a [7]. Štoviše sud je ustanovio da zadržavanje bilo kakvih informacija (registarske tablice) koje nisu za daljnju uporabu primjer (praćenje mogućih terorista, naplaćivanje kazni za brzu vožnju) je u izravnom kršenju zakona u Njemačkoj. Sustavi su postavljeni od tvrtke Jenoptik Robot GmbH i zovu se TrafficCapture [8].

Mađarska – 2012. godine formirao se državni konzorcij kod Mađarskog Ministarstva unutarnjih poslova, između nacionalnog policijskog stožera i centralne komisije za javnu administraciju i elektroničke usluge sa ciljem instalacije unificiranih inteligentnih transportnih sustava sa državnom pokrivenošću do kraja 2015. godine [9]. Unutar sustava je 160 prijenosnih kamera za prometne svrhe i skupljanje podataka te 365 stalnih portalnih instalacija sa mogućnostima ANPR-a, detekcije brzine, snimanjem i statističkim funkcijama. Sve podatkovne točke su spojene u centralizirani ITS, svaki član konzorcija ima mogućnost da odvojeno iskoristi funkcionalnosti sustava kao što je provjera registracije vozila, provjera osiguranja, brzine, trake, prepoznavanje ukradenog vozila i dr. Slika 4 prikazuje ANPR uređaje postavljene na portal za mjerenje brzine i praćenje registracija [10].



Slika 2. Kamere na portalu na M7 autocesti kod Erd-a, Mađarska

Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/File:ARH_TrafficSpot_Gantry_Data_Point_Front.jpg

Ujedinjeno Kraljevstvo – Ministarstvo UK-a navodi kako je funkcija ANPR-a u UK-u da pomogne detektirati, odvratiti i poremetiti kriminal uključujući organizirani kriminal i terorizam. Kretanje vozila se snimaju pomoću mreže od skoro 8000 kamera koje snimaju između 20 – 30 milijuna očitavanja dnevno. Ti podaci se spremaju na dvije godine u nacionalnom ANPR podatkovnom centru kojem britanske agencije za provedbu zakona mogu pristupiti, analizirati i koristiti kao dokaze kao dio istrage [11] [12]. 2012. godine parlament Velike Britanije donesen je akt o zaštiti slobode („*Protection of Freedoms Act*“) koji sadrži dijelove o kontroliranju i restrikciji prikupljanja, skladištenja, zadržavanja i korištenja informacija o individualnim osobama. Pod tim aktom ministarstvo je izdalo kodeks prakse 2013. godine za korištenje kamera, uključujući ANPR sustave, od strane vlade i agencija za provođenje zakona. Cilj takvog kodeksa je osigurati da je korištenje takvih sustava „karakterizirano kao nadzor pod pristankom, te takav pristanak mora komuniciran sa zajednicom, a ne pretpostavljen od strane operatora sustava“. Kao dodatak set standarda su uvedeni 2014. godine za podatke, infrastrukturu, pristup podacima i menadžment [13]. Naplata zagušenja u Londonu je također primjer sustava koji naplaćuje vozila koja ulaze u tu zonu. „*Transport for London*“ koristi ANPR sustave te naplaćuje vlasnicima vozila dnevnu pristojbu od 11.50 funti u slučaju ulaska, izlaska ili kretanja u zoni zagušenja između 07:00h i 18:00h od ponedjeljka do petka. Pristojba je smanjena na 10.50 funti za vlasnike vozila koji potpišu da im se automatski odbija iznos [14]. Kazne za prolazak kroz zonu bez plaćanja iznose 65 funti po prekršaju, ako se plati prije roka i 130 funti po prekršaju u slučaju plaćanja nakon datog roka. Procjenjuje se da se ulovi oko 98% vozila koja se kreću u zoni kamere. Video se prenosi u podatkovni centar koji se nalazi u središtu Londona gdje ANPR softver deducira registracijske oznake od vozila, dok drugi podatkovni centar pruža sigurnosnu kopiju za fotografije. Hvataju se i prednje i zadnje tablice, na vozilima koja ulaze i izlaze što pruža šansu da se 4 puta uhvati registracijska oznaka, nakon toga se popis tih oznaka uspoređuje sa vlasnicima koji su platili ulaz u zonu odnosno sa onima koji nisu platili ulaz. Registrirani vlasnik vozila se traži u bazi podataka koju pruža DVLA. Slika 5. prikazuje ulaz u zonu naplate zagušenja u Londonu [15].



Slika 3. Zona zagušenja u Londonu

Izvor: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/London-cc-mobile-1.jpg>

Sjedinjenje Američke Države – U SAD-u se za ANPR sustave često kaže kao ALPR (*Automatic License Plate Reader/Recognition*) jer se kod njih ne govori „*number plates*“ već „*License plates*“. Mobilni ANPR se uvelike koriste agencije za provedbu zakona u SAD-u na gradskoj, okružnoj i državnoj i federalnoj razini. 2012. godine je prijavljeno da oko 71% svih policijskih odjela u SAD-u koristi neki oblik ANPR-a [16]. Mobilni ANPR postaje sve važnija komponenta za prikupljanje podataka i policijske strategije kao što su povratak ukradenih vozila, identifikacije traženih prekršitelja i prikupljanje prihoda od individua koji imaju kazne ili porez, a da nisu platili. Uspješno prepoznate registarske oznake se mogu usporediti sa postojećom bazom podataka koja uključuje tražene bjegunce, ljude pod nalogom za zaštitu, nestale osobe, pripadnike banda, znane teroriste i one na koje se sumnja da jesu, imigracijske prekršitelje te seksualne prijestupnike [17]. Odjel za nacionalnu sigurnost je predložio kombiniranje sustava za praćenje i spremanje u federalnu bazu podataka no taj prijedlog je odbačen nakon pritužbi na privatnost [18]. 1998. godine u Washingtonu D.C. policijski poručnik je priznao krivnju za iznude na način da je ucjenjivao vlasnike vozila koji su bili parkirani kod gay barova. Slika 6. prikazuje ANPR uređaje postavljene na Brooklyn Bridgeu u New Yorku koji također služe u preventivne odnosno sigurnosne svrhe [19].



Slika 4. ANPR sustav kamera na Brooklyn Bridgeu u New Yorku

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brooklyn_Bridge_ANPR_2012.jpg

3.2 Primjena pametnih kamera u dvostrukoj funkciji ANPR-a i očitavanja prosječne brzine

U Velikoj Britaniji se koristi sustav zvan „SPECS“ koji u sebi sadrži ANPR sustav, te prati prosječnu brzinu prometa na sekciji neke ceste, mreže ili više cesta. Koristi se od 1999. godine na rutama koje ima povijest kolizija te tamo gdje su veliki radovi na cesti. Svaka SPECS kamera kontinuirano hvata slike vozila koja prolaze kroz vidno polje. Tablice se očitavaju pomoću ANPR tehnologije i kada isto vozilo bude snimljeno od neke druge kamere koja je spojena na sustav, prosječna brzina vozila se računa preko te udaljenosti, ako ta brzina prijeđe prag, kreira se prekršajni zapis te se uzimaju i spremaju slike i podaci tog vozila. Kamere se mogu instalirati da snimaju nadolaze ili odlazeća vozila te se prekršaji mogu snimati između više lokacija te na više traka unutar sustava. Svaka kamera je opremljena infracrvenom ANPR kamerom i infracrvenim osvjetljenjem koje omogućuje da se tablice očitavaju bez obzira na svjetlosne ili vremenske uvjete. Uključena je i dnevna/noćna pregledna kamera, koja omogućuje da se slike uhvate u dnevnom svijetlu i pod uličnom rasvjetom. Infracrveni reflektori se mogu instalirati tamo gdje nema ulične rasvjete te gdje vidljivost nije baš najbolja, te se na taj način omogućuje hvatanje fotografija u potpunom mraku. Privremene SPECS instalacije koriste izvođači radova na autocestama za upravljanje brzinama prometa kroz dionice gdje su radovi, jer se cesta sužava te se

eventualno mora prelaziti u drugi trak. Stalne SPECS instalacije koristi policija, lokalne vlasti i tijela odgovorna za autocestu kako bi unparijedili sigurnost i poticali glađi prometni tok. Na slici 5. prikazana je razlika između fotografije koju uhvati ANPR uređaj i normalna kamera, a jedina razlika je to što ANPR kamera izoštrava i fokusira sliku kako bi bolje očitala registraciju, dok slika 6. prikazuje SPECS kamere u Velikoj Britaniji koje služe za mjernje brzine i praćenje registracija na glavnim dionicama [20].



Slika 5. Infracrvena ANPR i obična kamera

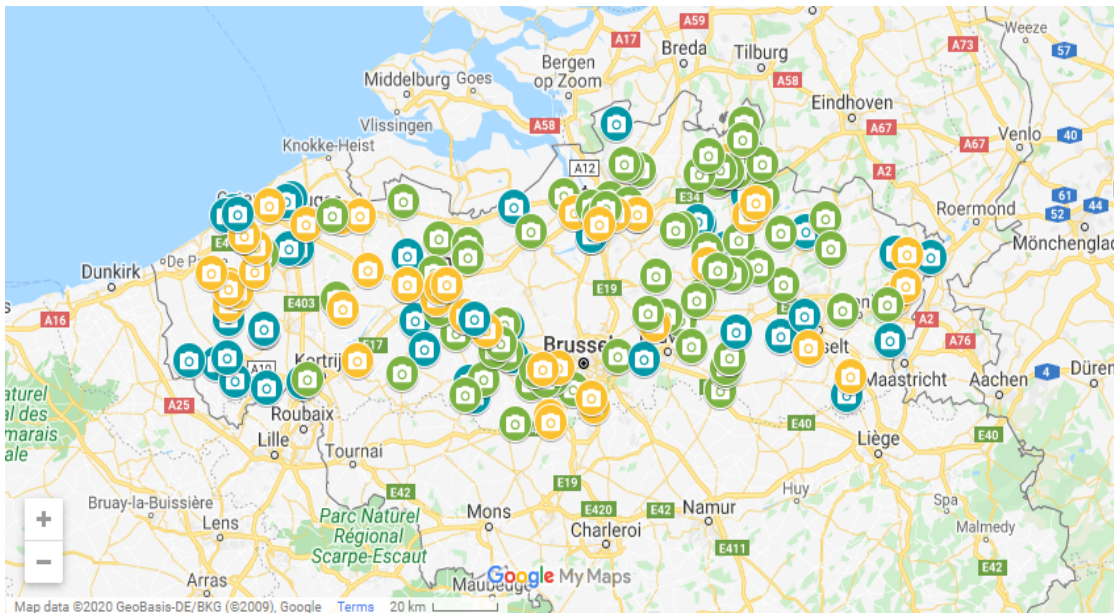
Izvor: https://www.deluxecctv.com/images/products/detail_2901_detail_1817_large_2901_LPC_Camera.jpg



Slika 6. SPECS kamere

Izvor: https://cdn2.carbuyer.co.uk/sites/carbuyer_d7/files/2017/09/shutterstock_599931014.jpg

U Nizozemskoj, sustav kamera za mjerenje prosječnih brzina nosi drugačiji naziv tojest kontrola trajekcije ili kontrola sekcije, taj sustav mjeri prosječnu brzinu na duže distance. Radi u paru sa ANPR sustavom, ako se između dvije točke vozi većom prosječnom brzinom od dozvoljene, sustav će proslijediti podatke državnoj policiji. Jedna studija od sveučilišta u Hasseltu je pokazala da su takvi sustavi smanjili broj vozača koji krše propisane brzinu (do 127 km/h), broj ozbiljnih prekršitelja naglo pada (preko 127 km/h), broj nesreća se smanjuje, prije, u i poslije gledane zone [21].



Slika 7. Prikaz lokacija kamera u Nizozemskoj

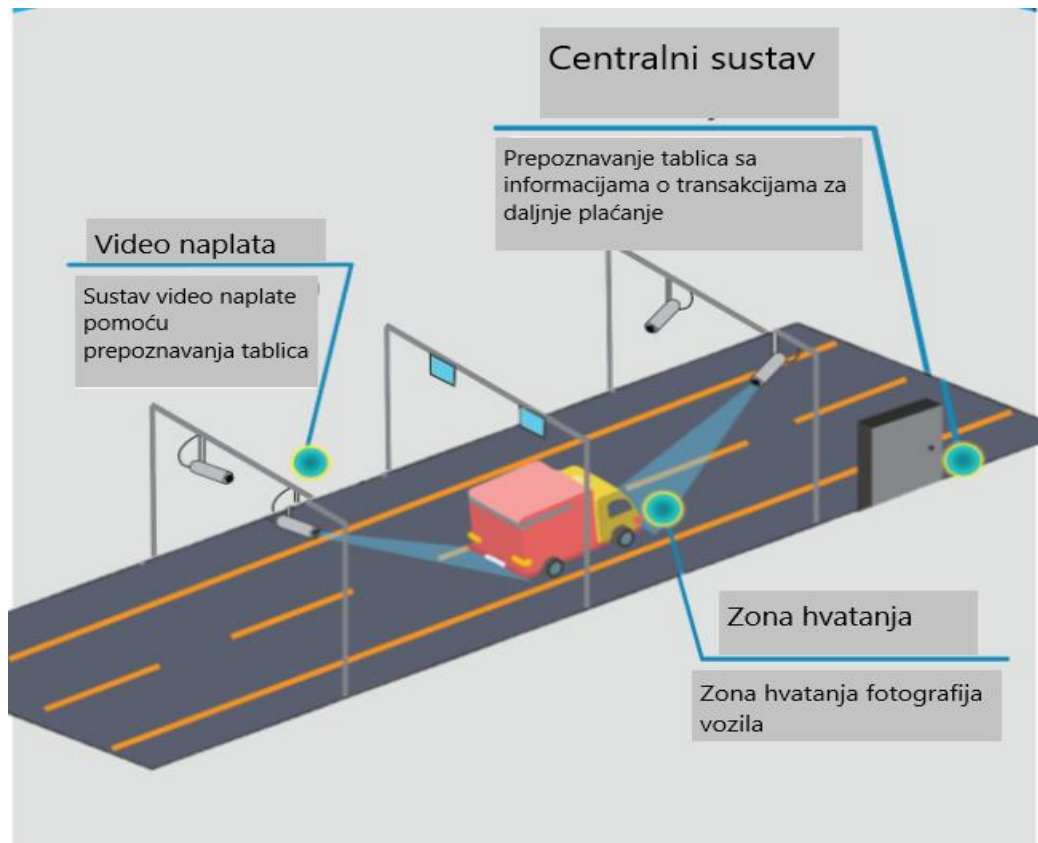
Izvor: <https://wegenverkeer.be/controles/snelheidscontroles/trajectcontroles>

Na slici 7, prikazane su loacije pametnih kamera u Nizozemskoj na kojoj su označene zeleno kamere koje su potpuno funkcionalne i u uporabi, dok kamere označene plavo su u tijeku postavljanja, a kamere označene žuto predstavljaju buduće lokacije za postavljanje.

3.3 Naplata cestarine pomoću ANPR sustava

U Kanadi nacionalni centar za upravljanje prometom ima oko 1100 kamera. Mogu se prepoznati po zelenim kućištima te se protežu po 500 lokacija po autocestama. Skupljeni podaci se koriste za kalkulacije vremena putovanja kroz te autoceste. ANPR sustav dnevno skupi po 14 milijuna zapisa registarskih oznaka te sustav prenosi te zapise i podatke u petominutnim intervalima nacionalnom centru za upravljanje prometom. Podaci su sljedeći

: „hash“ oznake, vrijeme kad je podatak prikupljen, državu sa tablice, broj lokacije kamere. Autoceste koriste kombinaciju ANPR sustava i radio transpondera za naplatu cestarine vozilima koja ulaze ili izlaze. Radio antene se nalaze na svakom čvorištu te detektiraju transpondere, zapisujući jedinstveni ID svakog vozila. Bez ANPR sustava kao sekundarnog odnosno potpore ne bi bilo moguće nadzirati sav promet. Vlasnici vozila se obavještavaju da se cestarina naplaćuje pomoću te tehnologije. Slika 8. prikazuje primjer sustava naplate cestarine na nekoj dionici, a sadrži ANPR elemente sa bazama podataka [22].



Slika 8. Sustav naplate cestarine

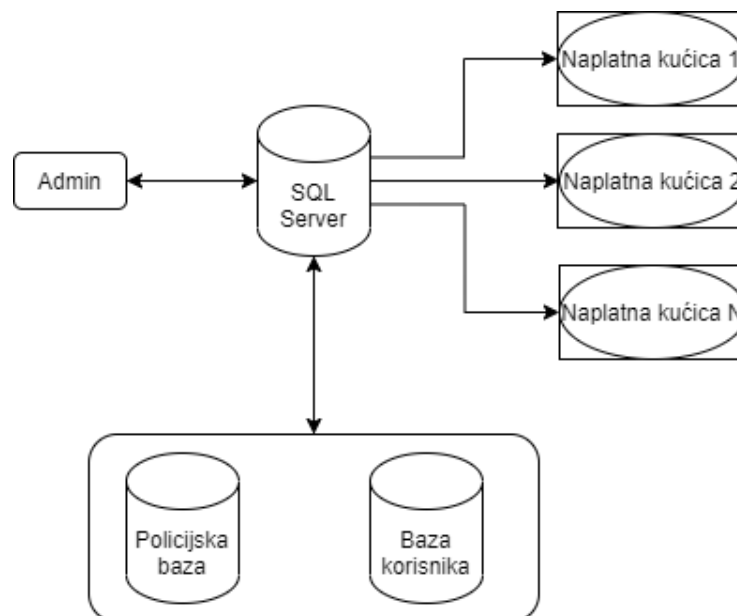
Izvor: <http://plate.vision/project/toll-traffic-anpr-software/>

Zona hvatanja – zona gdje vozila pokreću sustav za prepoznavanje tablica

Naplata cestarine preko videa – zapisuje svako vozilo koje prođe, slike se šalju sustavu za prepoznavanje znakova

Sustav za prepoznavanje + centralni sustav – zapisi se procesiraju za prepoznavanje znakova, te se rezultati šalju centralnom sustavu kako bi se provele informacije o transakcijama i plaćanju [23].

Upravljanje i održavanje baza podataka sa RTO (*Recovery Time Objective*) i policijskom bazom podataka. Centralna baza ili glavna baza podataka je srž svakog održavanja i upravljanja bazom podataka. Admin baza podataka sadrži detalje centralne baze i detalje svih naplatnih kućica. Centralizirana baza sadrži zapise svih naplatnih postaja pod određenom kompanijom. Tu bazu održava centralni administrator. Korisnik mora imati registrirani račun kako bi koristio ovaj sustav. Ta se informacija pohranjuje zajedno sa RTO bazom tako da kada korisnik prođe kroz određenu naplatnu postaju automatski mu se skida sa računa. Centralna baza ažurira to sa trenutnom informacijom sa detaljima naplatne postaje te se preko GSM-a šalje korisniku na e-mail račun. Slika 9 prikazuje arhitekturu sustava za naplatu cestarine pomoću ANPR-a.

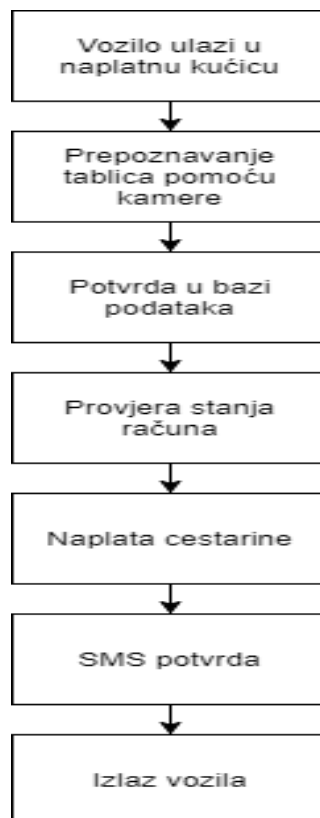


Slika 9. Pogled na baze podataka sa više kućica za naplatu

Izvor: [24]

Ujedinjena baza podataka spojena sa glavnom bazom sustava, sadrži policijsku bazu podataka i RTO bazu. Policijska baza podataka sadrži zapise svih ukradenih vozila sa njihovim FIR („*First Information Report*“) brojem. Ta baza će se automatski ažurirati kod svakog procesa. RTO bazu održava RTO ured, a on obuhvaća sva registrirana vozila, detalje poput vlasnika vozila, broj vozila, broj registarske oznake, ID računa, stanje računa, trenutne naplate itd. Kada se prikupi informacija o prikupljenom broju registarske oznake usporedit će se sa policijskom bazom i bazom korisnika, ukoliko broj registarske oznake pokaže da vozilo nije ukradeno tada se automatski oduzima iznos sa računa te se šalje SMS poruka vlasniku kako bi potvrdio transakciju. Svi zapisi se čuvaju u glavnoj bazi i naplatnoj postaji. Svi detalje koji su

zapisani operator postaje može vidjeti u bilo kojem trenutku korsiteći ID računa, ime korisnika ili broj vozila, ako korisnik treba informacije o prolasku kroz naplatnu postaju može zatražiti pa će mu se isprintati. Postoje dvije vrste plaćanja, plaćanje unaprijed i plaćanje nakon. Plaćanje unaprijed se vrši tako da vlasnik vozila plati unaprijed određeni iznos koristeći ID računa te tako RTO ured može pratiti detalje korisnika, a centralna baza može upravljati računom tako da napravi dedukciju s računa za svakog korisnika.

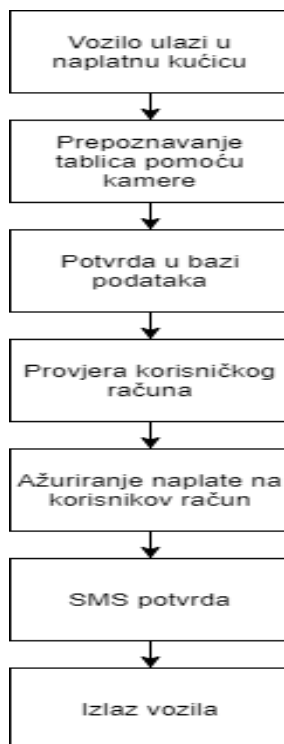


Slika 10. Dijagram toka za plaćanje unaprijed

Izvor: [24]

Slika 10 prikazuje da kada vozilo uđe u naplatnu postaju ANPR sustav prvo registrira tablice koje se provjeravaju u bazi podataka, utvrđuje se tko je vlasnik vozila, provjerava se stanje računa, oduzima se vrijednost sa računa te se šalje SMS poruka sa relevantnim podacima za vlasnika vozila.

Plaćanje nakon – detalji o plaćanju se dobivaju putem SMS-a ili e-maila te tada korisnik mora platiti dobiveni račun. Ti detalji se također upravljaju u centralnoj bazi podataka.



Slika 11. Dijagram toka za naknadno plaćanje

Izvor: [24]

Slika 11. Prikazuje da se prvo identificira vozilo odnosno registarska oznaka pomoću ANPR sustava, snimljena oznaka se šalje u bazu podataka te se verificiraju detalji korisnika, ažurira se naplata na korisnikov račun te se šalje SMS koji sadrži detalje računa kojeg mora platiti te ostali detalji [24].

4 SUSTAVI AUTOMATSKOG OČITANJA REGISTRARSKIH OZNAKA U REPUBLICI HRVATSKOJ

4.1 Primjena ANPR sustava u Ministarstvu unutarnjih poslova Republike Hrvatske

Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske je 2015. godine predstavilo je rad i nabavu fiksnih uređaja za nadzor brzine vozila i automatsko očitavanje registarskih pločica - (*Eng: Automatic License Plate Recognition - ANPR*). Fiksni uređaji djeluju represivno, ali i preventivno djelovanje policije na sigurnost cestovnog prometa kako bi se potaknulo vozače motornih vozila na poštivanje dopuštenog ograničenja brzine kretanja vozila na lokacijama koje su se statistički i analitički pokazale kao opasne. Uređaji su postavljeni na području PU osječko – baranjske, primorsko – goranske i zagrebačke na deset lokacija po svakoj upravi. Ormari za smještaj radarskih uređaja su postavljeni na svakoj lokaciji dok se samo pet uređaja prebacuje sa lokacije na lokaciju ovisno o procjeni PU-a. Iz sredstava Nacionalnog programa sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske za razdoblje 2011. – 2020. godine, izvdjena su sredstva za nabavu fiksnih uređaja za nadzor brzine i automatsko očitavanje registarskih pločica (ANPR). Cijena po uređaju je oko 250 000 kn i ormara oko 31 000 kn, investicija sveukupno sa nosačima, betonskim temeljima itd iznosi 4 667 750 kn. ANPR uređaj koštao je 170 000 kn. U slučaju oštećenja uređaja počinitelju se sukladno kaznenom zakonu može izreći kazna zatvora do 5 godina, osim za potrebe prometne policije, ANPR sustav služi i za druge policijske operativne poslove poput pronalaska ukradenih vozila, prepoznavanja vozila koja su bila korištena kod izvršenja pojedinih kaznenih djela i sl. [25].



Slika 12. Uređaj za mjerenje brzine i ANPR

Izvor: [25]

Na slici 12. prikazan je uređaj za mjerenje brzine i ANPR odnosno samo kutija u koju se taj uređaj ugrađuje.

2019. godine Ministarstvo unutarnjih poslova je nabavilo 59 novih kamera i 122 kućišta, a postavljena su po cijeloj Hrvatskoj. Raspoređene su na 17 policijskih uprava dok su nove kamere zaobišle prometnice na području PU zagrebačke, primorsko – goranske i karlovačke, no tamo su postavljene još prije. Na taj način je bio ispunjen 53 milijuna kuna vrijedan ugovor o nabavi uređaja, što podrazumijeva 50 stacionarnih uređaja te 100 ručnih uređaja za mjerenje brzine. Što se tiče fiksnih kamera, one imaju mogućnost snimanja brzine najmanje šest vozila koja se istodobno nalaze u zoni nadzora, a brzina koju love ide 30 km/h – 250 km/h, snimaju u najmanje dva vozna traka i u oba smjera. Ormarići u kojima jesu kamere, naješće se montiraju na stupove javne rasvjete, otporni su na metke, trpe iznimno niske i iznimno visoke temperature, a u sebi imaju računalni sustav spojen na MUP – ovu bazu [26].

4.2 Primjena mobilnih ANPR sustava u Republici Hrvatskoj

Tijekom 1990.-ih godina napredak u tehnologiji se dogodio kod ANPR-a, od teško upravljivog i fiksnog sustava unaprijedilo se u jednostavan „*point and shoot*“ mobilni sustav. Omogućeno je to kreiranjem softvera koji su se mogli pokretati na običnim nespecijalnim računalima kojima nisu trebali predefimirani kutovi snimanja, smjer, veličina pločice i brzina. Smanjenje cijene i povećanje učinkovitosti dovelo je do značajnog povećanja implementacije od strane brojnih agencija za provedbu zakona širom svijeta. Kamere su postale manje, procesori brži što je omogućilo da se kamera postavi na vozilo. Dakle procesor i kamera moraju raditi dovoljno brzo kako bi i kod velikih relativnih brzina dobili kvalitetne slike što je čest prizor na današnjim prometnicama. Izvor napajanja je akumulator vozila, a oprema mora biti čim manja kako ne bi zauzimala previše prostora. Relativna brzina samo je jedan od problema koji utječe na sposobnost pravilnog očitavanja registarske oznake vozila. Algoritmi moraju biti sposobni kompenzirati sve varijable koje mogu utjecati na mogućnost ANPR-a da proizvede točno očitavanje, kao što je doba dana, vremenski uvjeti na cesti te kut koji se stvara između kamere i registarske oznake vozila jer nemaju sva vozila registarsku oznaku na istoj visinskoj razlici od ceste. Za policijska vozila koja se koriste na autocestama potrebne su kamere sa usmjerenjem prema naprijed i sa širim rasponom izmjenjivih leća te koje mogu pročitati registarsku oznaku pri vrlo velikim brzinama, dok policijska vozila koja se koriste za kontrolu vozila u gradskim

područjima trebaju kamere sa kraćim dometom i nižom žarišnom duljinom kako bi uspješno pročitale registarske oznake na parkiranim vozilima. Takav mobilni sustav ima nekoliko ograničenja te ako ona nisu zadovoljena uspješnost očitavanja registracije je smanjena. Tablica mora biti vidljiva ljudskim okom odnosno ne smiju se nalaziti predmeti koji ju prekrivaju [27].



Slika 13. NERO ANPR mobilni uređaj

Izvor: <https://www.huo.hr/hrv/arhiva/1/nero-anpr-novi-sustav-prepoznavanja-registarskih-plocica/506/detalji/>

Pri kontroli prometa od strane RH policije koristi se NERO ANPR uređaj koji se može postaviti na službena policijska vozila i kao takav biti mobilni sustav kakav je vidljiv na slici 13.

5 NAČINI RADA SUSTAVA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTRARSKIH OZNAKA

APNR (*Automatic plate number recognition*) je ekstrakcija registarskih oznaka sa fotografije ili sekvencije fotografija. Prikupljenja informacija se može koristiti sa ili bez baza podataka u mnogim aplikacijama, kao što su sustavi elektroničke naplate te za nadzor prometa kod autocesta i gradskih arterija. APNR koristi kamere koje mogu biti u boji, crno-bijele i infracrvenu tehnologiju. Kvaliteta prikupljenih slika je glavni faktor za uspjeh ANPR-a. ANPR u realnom okruženju mora brzo i uspješno procesirati registarske oznake kod različitih vremenskih uvjeta, kao što su unutar nekog kompleksa, vani, po danu ili noći. Također trebalo bi se generalizirati procesiranje tablica po različitim državama, provincijama ili županijama. Različite tablice koriste drugačije boje, font i drugi jezik. Tablice mogu biti parcijalno zaklonjene od prašine,svijetla te dodatnih stvari koje vise sa automobila. Ta tehnologija se još može zvati i OCR (*Optical Character Recognition*) za automobile. Neke od poteškoća su:

- Varijacije tablica
 - Lokacija – tablice postoje na drugačijim lokacijama na slici
 - Kvantiteta – fotografija može imati nijednu ili puno tablica
 - Veličina – tablice mogu imati različite veličine ovisno o udaljenosti kamere i zoom faktoru
 - Boja – tablice mogu imati različite znakove i pozadinsku boju zbog različitih tipova tablica ili različitih kamera
 - Font – tablice različitih nacija mogu imati drugačiji font i jezik
 - Standardizirana tablica i personalizirana tablica – za primjer u Hrvatskoj standardne tablice imaju dva slova koja označavaju grad sa lijeve strane zatim četiri ili tri broja te dva slova koja su dodijeljena sa desne strane, dok personalizirane tablice mogu imati bilo što na sebi
 - Okluzija – tablice mogu biti pokrivene prašinom ili zemljom
 - Inklinacija – tablice mogu biti iskrivljene ili nagnute
- Varijacije okoliša
 - Osvjetljenje – ubačene fotografije mogu imati različite tipove iluminacije, najviše zbog prirodnog svijetla i prednjih svijetla automobila

- Pozadina – pozadina na fotografiji može sadržavati uzorak sličan tablicama kao što su brojevi utisnuti na vozilima, prednji dio auta sa vertikalnim uzorcima [28].

5.1 Tehnika detekcije vozila

Slika 14. prikazuje dijagram toka koji prikazuje korake potrebne za detekciju vozila, tojest koje sve metode treba poduzeti.



Slika 14. Dijagram detekcije vozila

Izvor: [29]

Početni korak kod detekcije je pretvaranje slike u boju u sivu sliku. Slika u boju ima tri kanala (crvena,zelena i plava boja), od kojih svaki ima 8 bitova, tojest 256 vrijednosti na raspolaganju. Raspon tih vrijednosti je 0-255, gdje „0“ znači da nema te boje, a „255“ suprotno. Sive slike imaju samo jedan kanal za reprezentaciju boje s 8 bitova Slika 15. prikazuje konverziju RGB slike u sliku za sivim tonovima . Prelazak iz RGB modela boja u model sive se radi za svaki piksel korištenjem formule (1) :

$$G(x,y) = 0.299 * Crvena(x,y) + 0.587 * Zelena(x,y) + 0.114 * Plava(x,y) \quad (1)$$



Slika 15. Slika u boji i siva slika

Izvor: [29]

5.2 Vrste filtera

Dobivenu sliku treba zagladiti i ukloniti joj šum što omogućuje filtriranje medijan filtrom, to je nelinearna digitalna tehnika filtriranja. Upotrebljiva se često zbog mogućnosti uklanjanja šuma uz očuvanje rubova u slici, radi na principu medijana te mijenja vrijednost piksela s medijan vrijednošću sivih tonova susjednih piksela. Konkretnije uzima susjedne piksele, poreda ih po veličini i uzima medijan (vrijednost koja se nalazi na sredini skupa). Veličina filtra ovisi o broju susjednih piksela koji se gledaju [29]. Za dvije slike $A(x)$ i $B(x)$ kod procesa filtracije medijan filterom vrijedi sljedeća formula (2) :

$$\text{median} [A(x) + B(x)] \neq \text{median} [A(x)] + \text{median} [B(x)] \quad (2)$$

To je znači srednja vrijednost svih vrijednosti elemenata slike u susjednom okruženju, što znači da to nije isto kao i prosječna vrijednost. Ovaj filter uzima u obzir svaki element slike i promatra susjedne elemente slike te umjesto da ga zamijeni prosječnom vrijednosti susjednih elemenata slike zamijeniti će ga sa medijanom tih vrijednosti. Medijan se računa tako da se prvo poredaju vrijednosti elemenata slik numeričkim redoslijedom i onda se element slike zamijeni elementom srednje vrijednosti.

...	15	11	16	14	9	...
...	8	11	14	9	15	...
...	17	13	43	9	13	...
...	12	15	12	17	11	...
...	16	11	7	10	6	...

Slika 16. Postupak određivanja medijan vrijednosti

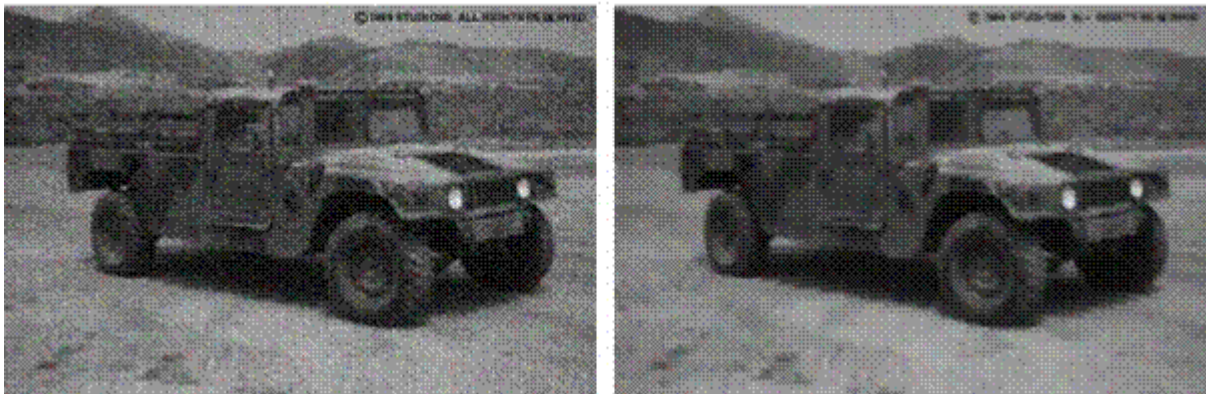
Izvor: [30]

Slika 16. prikazuje da su susjedne vrijednosti u 3x3 prozoru, po veličini, 9, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 43 što znači da je medijan vrijednost 13. U slučaju da postoji paran broj vrijednosti uzima se u obzir prosjek dvije srednje vrijednosti. Koraci algoritma medijan filtra su:

- Postaviti prozor veličine 3 x 3 oko promatranog elementa slike
- Sortirati vrijednosti elemenata slike u susjedstvu
- Odabrati element slike srednje vrijednosti

- Promatrani element slike zamijeniti odabaranim elementom slike srednje vrijednosti

Kod za medijan filtar u MATLABU-u je vrlo jednostavan jer postoji gotova naredba koja izvršava filtriranje. Kod je : $B = \text{medfilt2}(A, [m, n])$, gdje se izvodi medijan filtriranje matrice A , medijan filtrom veličine $m \times n$ i gdje svaki izlazni element sa slike sadrži medijan vrijednost oko odgovarajućeg elementa sa slike u ulaznoj slici. Standardni medijan filtar može značajno smanjiti šumove no neoštećeni elementi slike će također biti izmijenjeni pod njegovim utjecajem. To je zbog toga što medijan filter svaki element slike pretvara u medijan vrijednost bez obzira ima li šuma ili nema.



a)

b)

Slika 17. Primjer medijan filtra

Izvor: http://celebisoftware.com/Tutorials/image_processing/322.htm

Slika 17 a) prikazuje sliku bez medijan filtra, te slika 17. b) sliku sa medijan filtrom.

Postoje i naprednije tehnike filtriranja medijan filtrom, a one su:

- Adaptivni medijan filtar pomoću MATLAB-a
- Adaptivni medijan filter pomoću C++
- Adaptivni medijan filter s BDND („*Boundary Discriminative Noise Detection*“) algoritmom [30].

Procesom filtracije, granice objekata na slici su blaže, te je rezultat procesa detekcije rubova i dilatacije bolji.

5.3 Detekcija rubova

Detekcija rubova jedan je od alata u području detekcije i ekstrakcije značajaka sa fotografija. Rubovi određuju granice objekta, te su vrlo važni kod procesa segmentacije, registracije i identifikacije. To je pristup koji omogućuje detekciju diskontinuiteta u slikama sive boje, odnosno nagle promjene svjetline. Općenito se koriste gradijenti za identifikaciju naglih promjena funkcije. Za detekciju i postavljanje gradijenata često se koriste maske gradijentnih operatora. Slika 18. prikazuje različite maske gradijentnih operatora pomoću koji se mogu raditi konvolucije.

	Horizontalna maska	Vertikalna maska	
Roberts	$\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	
Prewitt	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	
Sobel	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	
Frei Chen	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -\sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$	
Laplace	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$

Slika 18. Maske gradijentnih operatora

Izvor: [29]

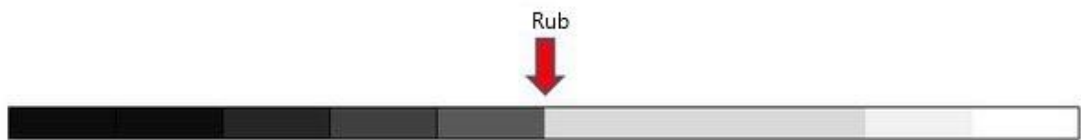
Svaka maska, odnosno filter je specifičan prema svojstvima i koristi se za drugačije primjene. Tipa Laplaceov filter se koristi za pronalazak rubova kod blažih prijelaza svjetline. Spomenute maske imaju problem s detekcijom rubova uz prisutnost velikog šuma, rješenje je u povećanju dimenzija u maski, postiže se efekt usrednjavanja i na taj način smanjuje utjecaj šuma. Najčešće korišten filter je Sobelov, kako bi se izdvojili rubovi koristi se konvolucija maske Sobelovog gradijentnog operatora sa sivom slikom. Konvolucija je proces u kojem maska prelazi preko svakog piksela slike i računa vrijednost izlaza tako da množi susjedne piksele sa elementima maske. Slika 19. prikazuje kako izgleda primjena Sobelove maske na fotografijom, tojest ovo je kombinacija vertikalne i horizontalne maske [29].



Slika 19. Detekcija rubova

Izvor: [29]

Slika 20 prikazuje na koji način se detektira rub kod razlike u pikselima.



Slika 20. Prikaz crno bijele slike sa naglim porastom intenziteta

Izvor: <https://automaticaddison.com/how-the-sobel-operator-works/>

Sobelov operator je često korišten kao maska, a on je u biti aproksimacija derivacije slike. Različit je u „y“ i „x“ smjeru. Koristi se centralna 3x3 matrica, kao što je prikazano na slici 21., po jedna za svaku os. Gradijent za x-os ima negativne vrijednosti na lijevoj strani te pozitivne vrijednosti na desnoj strani matrice dok su u sredini nule, slično tome za y-os, ima negativne vrijednosti na donjem dijelu matrice te pozitivne vrijednosti na gornjem dijelu matrice te su u srednjem redu nule.

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

Gx

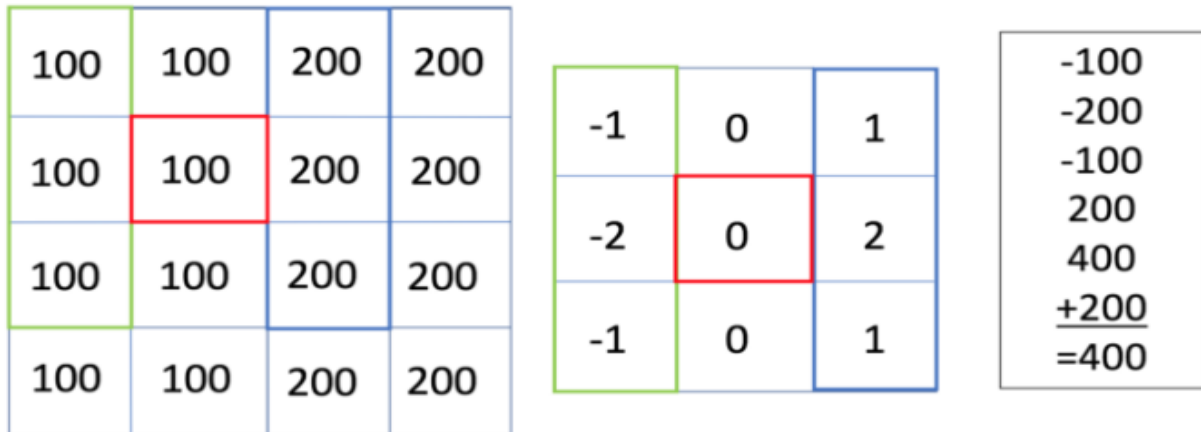
+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

Gy

Slika 21. Matrice Sobel operatora

Izvor: <https://medium.com/datadriveninvestor/understanding-edge-detection-sobel-operator-2aada303b900>

Sobel operator pokušava pronaći iznos razlike na način da postavi matricu gradijenta preko svakog piksela na slici. Dobiju se dvije slike kao izlaz, jedna za „x“ smjer i druga za „y“ smjer. Koristeći „kernel“ konvoluciju na slici 22. može se vidjeti da se rub nalazi između stupaca gdje su vrijednosti 100 i 200. Kernel konvolucija znači da čim je veća vrijednost na kraju tojest u ćeliji, rub će biti vidljiviji.



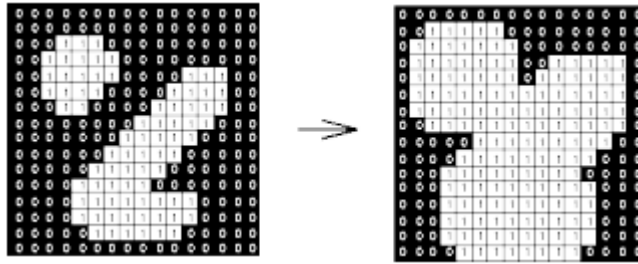
Slika 22. Primjer Sobel operatora i kernel konvolucije

Izvor: <https://medium.com/datadriveninvestor/understanding-edge-detection-sobel-operator-2aada303b900>

Dakle na slici 22. konvolucija se radi tako da se matrica gradijenta „x“ postavi preko crvenog označenog polja vrijednosti 100. Kalkulacija je prikazana desno od Sobelove matrice te se sumira kao vrijednost 400, budući da taj rezultat nije 0 znači da postoji rub. Kada bi svi pikseli na slici imali istu vrijednost suma ove matrice bi bila 0, tako da matrica gradijenata daje veliki odaziv kada je jedna strana svijetlija ili tamnija, jedna stvar za napomenuti je da predznak kod rezultata ne znači ništa [31].

5.4 Dilatacija

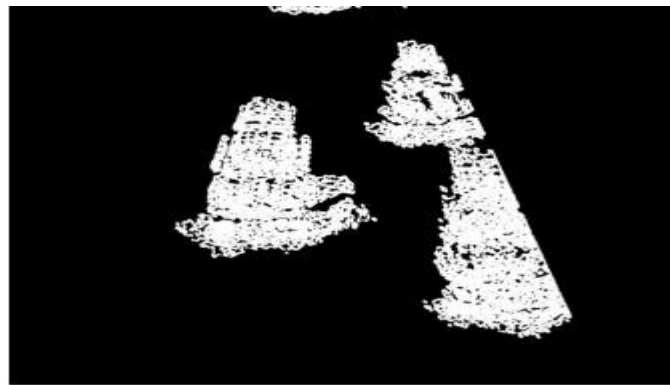
Detektirani rubovi su nedovoljni za izdvajanje vozila iz slike. Potrebno je pojačati rubove i ispuniti objekt (vozilo). Dilatacija je operacija kojom se to postiže, u području matematičke morfologije, dilatacija i erozija su dva temeljna operatora. Primjenu imaju na binarnim slikama iako postoje verzije gdje se radi i na slikama sive boje. Dilatacija dakle pojačava rubove odnosno granice nekog objekta ili povećava objekt, popunjava rupe i povezuje područja čiji je razmak manji od veličine strukturnog elementa.



Slika 23. Dilatacija strukturnim elementom 3x3

Izvor: [29]

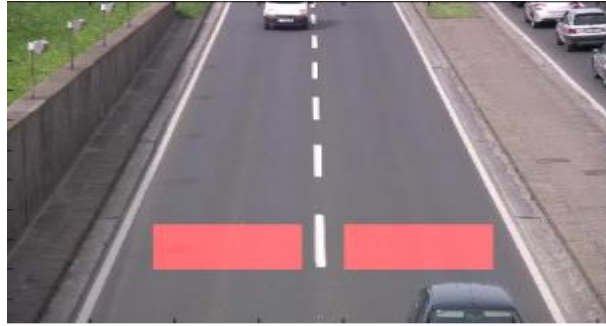
Strukturni element je binarna slika koja ima određeni oblik kao što je linija, krug, pravokutnik, trokut i slično. Na slici dobivenoj procesom dilatacije vrši se množenje maskom. Maska se generira zasebno za svaku primjenu i odvaja prometnicu od okoline. Slika 23. prikazuje nadopunjavanje piksela odnosno elemenata slike sa nekim strukturnim elementom.



Slika 24. Rezultat množenja maske i dilatacije

Izvor: [29]

Na slici 24 se vide binarna područja triju vozila. Na temelju tih slika se vrši daljnja obrada koja kao rezultat daje informaciju je li vozilo prošlo prometnicom ili ne. Za to postoje područja od interesa, te se na tom području računa srednja vrijednost piksela slike, koja je obrađena prethodnim operacijama. Ukoliko je srednja vrijednost veća od zadanog praga, vozilo se nalazi unutar promatrane regije, te zaključujemo da je vozilo prošlo prometnicom. Vozilo prolazi kroz promatranu regiju i srednja vrijednost piksela tijekom tih prolazaka bude veća od praga. Kako bi se spriječilo krivo detektiranje odnosno brojenje istog vozila nekoliko puta koriste se zastavice. Kada vrijednost unutar regije postane veća od praga postavi se zastavica i ako su prethodne četiri zastavice bilo 0, vozilo se detektira inače se pretpostavlja da prometnicom prolazi isto vozilo.



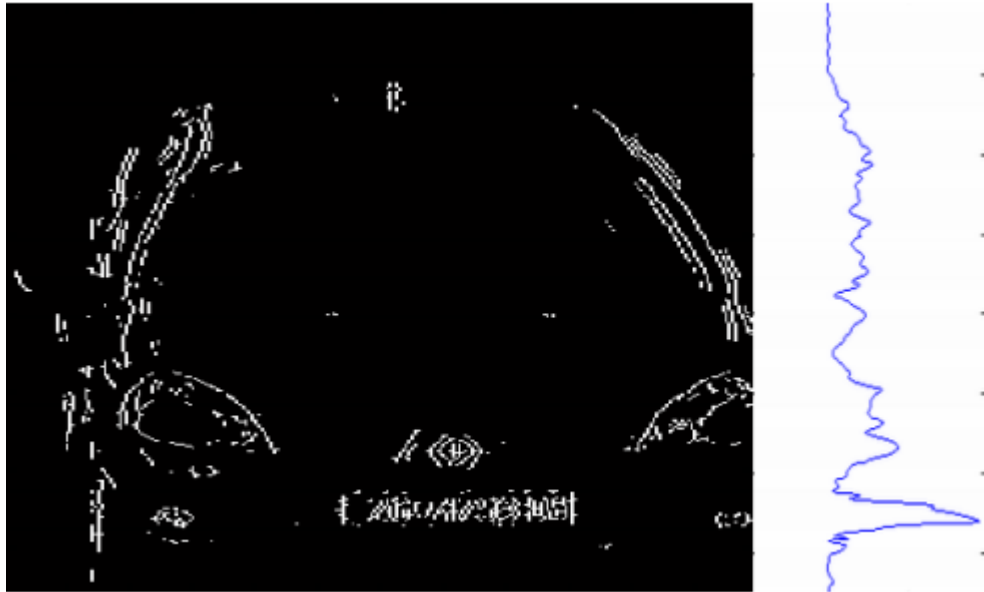
Slika 25. Regije od interesa

Izvor: [29]

Slika 25. prikazuje gdje se na fotografiji nalaze regije od interesa, te regije su bitne za „*checkpoint*“ detekcije vozila.

5.5 Analiza vertikalne projekcije

Ideja iza lokalizacije registarske tablice je da u sklopu tablice postoje izraženi prijelazi koji su posljedica bijele pločice i tamnih slova. Smatra se da je dovoljno na temelju statističkih analiza rubova slike odlučiti koji prostor na vozilu pripada registarskoj oznaci. Proces lokalizacije započinje detekcijom rubova slike. Sada se koristi konvolucija u oba smjera sa Sobelovom maskom. Vertikalna projekcija slike kao rezultat daje graf koji je posljedica preslikavanja svih piksela na y-os. Projekcija je graf čije amplitude pokazuju količinu vertikalnih rubova na slici (ako je amplituda veća rubovi su izraženiji) što omogućuje detekciju mogućih vertikalnih pozicija tablica tojest izdvajanjem najizraženijih vrhova dobivaju se „trake“ odnosno potencijalni kandidati za registarsku tablicu. Kod horizontalne projekcije graf daje amplitudu rubova slike preslikanih na x-os.



Slika 26. Vertikalni rubovi sa slike i vertikalna projekcija

Izvor: [29]

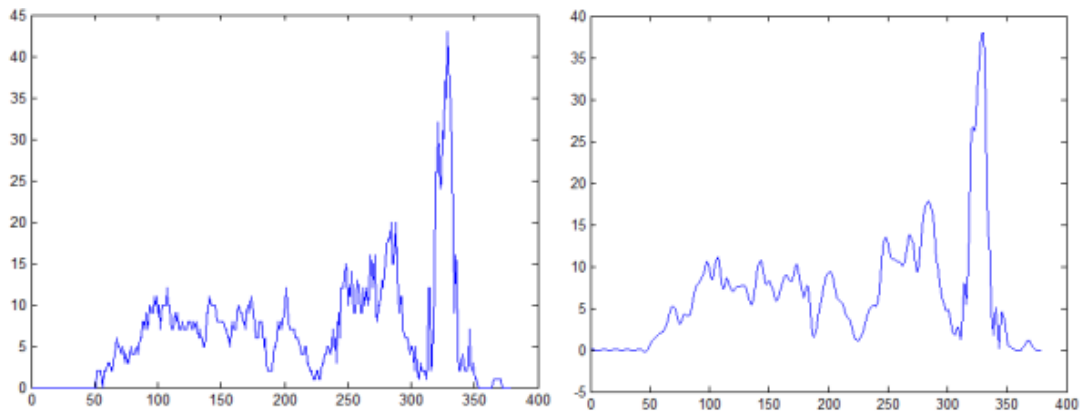
Matematički vertikalna i horizontalna projekcija definirane su na način (3) i (4) :

$$p_y(y) = \sum_{i=0}^m f(i, y) \quad (3)$$

$$p_x(x) = \sum_{i=0}^m f(x, i) \quad (4)$$

gdje je $f(x,y)$ slika rubova, a $m*n$ dimenzija slike.

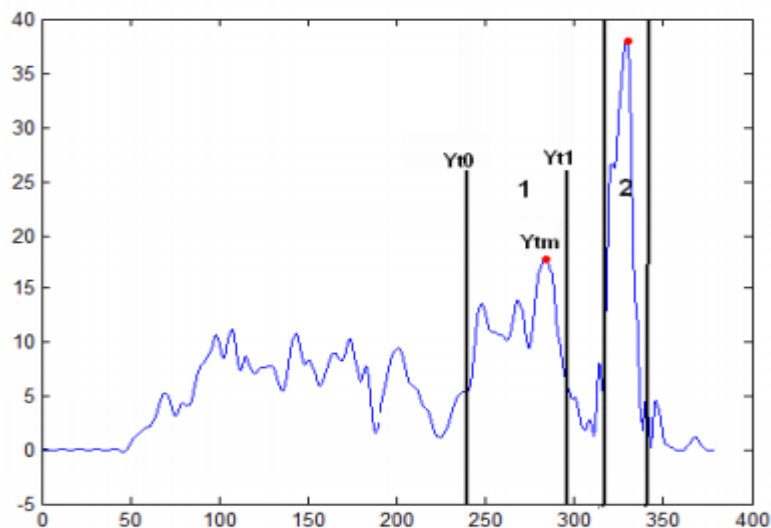
Vertikalna projekcija duž visine uzima svaki redak i zbraja sve piksele unutar njega kao što je prikazano na slici 26., horizontalna to radi duž širine te zbraja piksele u svakom stupcu. Dobiveni grafovi imaju jako oštre prijelaze što predstavlja probleme za daljnju analizu pa se te projekcije moraju zagladiti pomoću „*wavelet*“-a. To zaglađivanje je prikazano slikom 27. To je vrsta matematičke funkcije koja dani signal dijeli na različite frekvencijske komponente. Cilje je gledati svaku komponentu u najmanjem razlučivom dijelu koji je u toj skali. Neki od „*wavelet*“-a su haar-ovi, bioortogonalni, meyer-ovi i drugi.



Slika 27. Originalna i zaglađena vertikalna projekcija

Izvor: [29]

Dakle vertikalna projekcija imati će veću amplitudu na mjestima gdje je veći broj vertikalnih rubova slike, promatranje same projekcije nije dovoljno za izdvajanje granica „traka“ koje su mogući kandidati područja registarskih tablica, razvijena je metoda dobivanja granica traka.



Slika 28. Vertikalna projekcija

Izvor: [29]

Prema slici 28. prvo se pronalaze vrhovi na grafu zaglađene projekcije. Pretpostavka je da tablica daje vrlo visoke vrhove, zbog toga se ispod neke granice vrhovi ne uzimaju. Kroz praksu se pokazalo da kombiji i autobusi zahtijevaju nešto niže granice od osobnih automobila zbog raznih natpise koji su prisutni na njima što može dovesti do pogrešnih očitavanja tojest detekcija.

U primjeru na slici 28. izdvojena su 2 vrha, te se nakon toga određuju gornja (y_0) i donja (y_1) granica svake „trake“ prema formulama (5) i (6) :

$$Y_{t0} = \max_{y_0 \leq y \leq y_{tm}} \{y/p_y(y) \leq c_y * p_y(y_{tm})\} \quad (5)$$

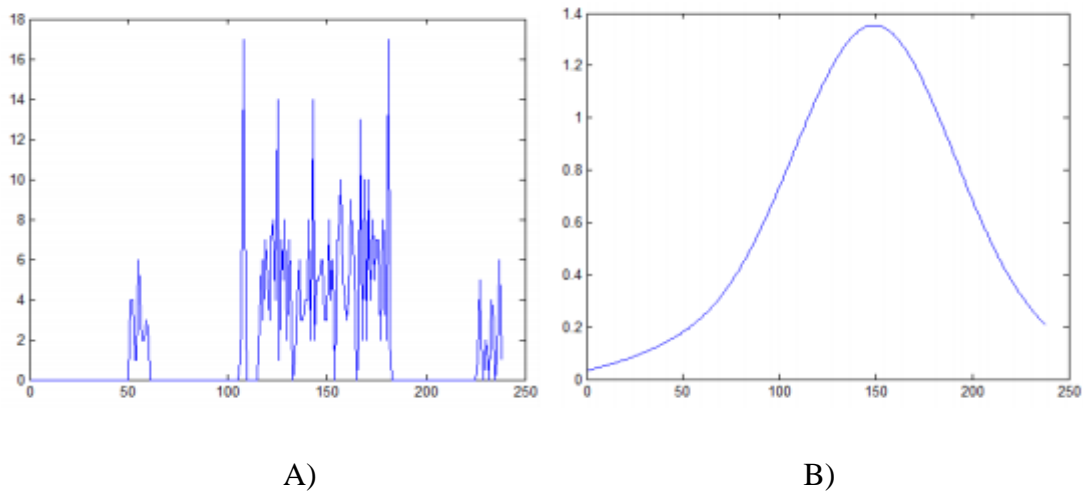
$$Y_{t1} = \max_{y_{tm} \leq y \leq y_1} \{y/p_y(y) \leq c_y * p_y(y_{tm})\} \quad (6)$$

C_y je empirijski određena konstanta za dobivanje granica trake i iznosi 0.55.

Ako se nakon detektiranja y_{t0} i y_{t1} dogodi da se područja susjednih traka preklapaju ono se spaja u jedno područje.

5.6 Analiza horizontalne projekcije

Proces analize horizontalne projekcije je sličan vertikalnoj uz neke nadopune. Razlika je u tome što se ne promatra cijela projekcija slike već samo detektirane trake. Analizom se dobiju lijeva i desna granica tablice. Na grafu projekcije područje tablice je jako izraženo, ali problemi na grafu su bočne komponente koje se javljaju zbog razlike između guma vozila i prometnice što se može vidjeti sa slike 29.



Slika 29. Originalna i konvoluirana horizontalna projekcija

Izvor: [29]

Ponovno se detektira vrh projekcije (x_m), a lijeva i desna granica (x_0, x_1) određuju se formulama (7) i (8) :

$$X_0 = \max_{x_0 \leq x \leq x_{tm}} \{y/p_x(x) \leq c_y * p_x(x_m)\} \quad (7)$$

$$X_1 = \max_{x_{tm} \leq x \leq x_1} \{y/p_x(x) \leq c_y * p_x(x_m)\} \quad (8)$$

Gdje je c_y konstanta, čija vrijednost je određena empirijski i iznosi 0,7.

Opisanim obradama dobijaju se mogući kandidati za registarske tablice kao što je prikazano na slici 30.



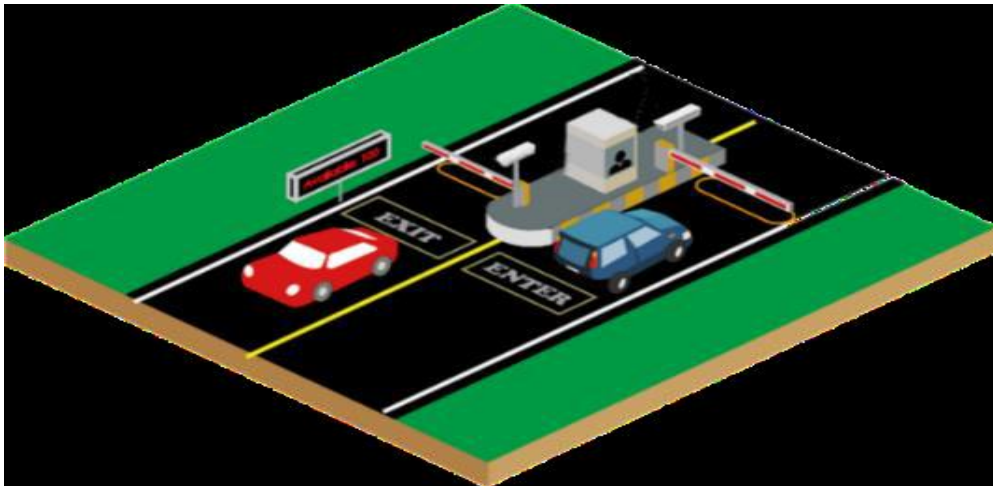
Slika 30. Prikaz kandidata registarskih oznaka

Izvor: [29]

6 IMPLEMENTACIJA SUSTAVA ZA AUTOMATSKO PREPOZNAVANJE REGISTRARSKIH OZNAKA

6.1 Tipični slučajevi postavljanja

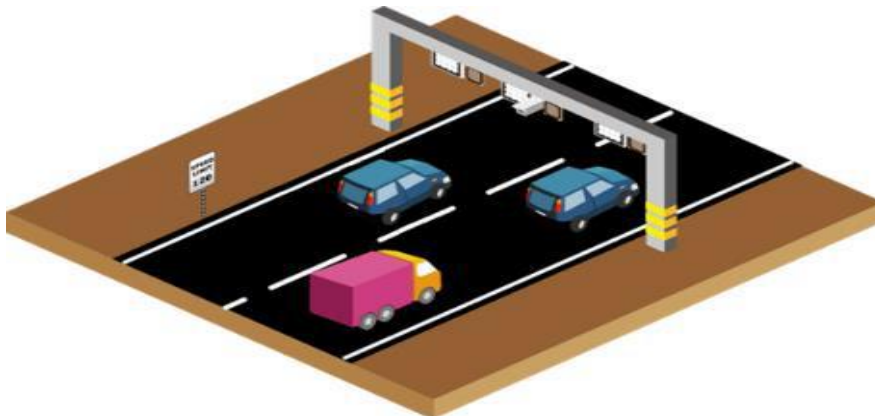
Pri nadzorima ulaza/izlaza, kako bi se bolje raspoznale tablice na ulazu, preporučuje se instalirati kameru sa obje strane ulaza/izlaza kao što je prikazano na slici 31.



Slika 31. Nadzor ulaza / izlaza

Izvor: [32]

Također, pri nadzoru prometnog toka, da bi kamera mogla uhvatiti dvije trake, treba se instalirati po sredini konzole, te brzina vozila mora biti manja od 60 km/h, ukoliko je brzina veća od 60 km/h, preporuča se jedna kamera po traci kako je to prikazano na slici 32.



Slika 32. Nadzor prometnog toka

Izvor: [32]

6.2 Primjeri instalacije sustava

6.2.1 Pripremne radnje za instalaciju sustava

Kod instalacije kamere trebaju se postići sljedeći uvjeti :

- Pobriniti se da nema drveća ili ostalih smetnji koje bi zaklonile vozila
- Ako se koristi kamera sa CS lećama, koristiti fiksne leće. Sa većom dubinom fokusa, fiksirane leće imaju bolje performanse za prepoznavanje tablica
- Direktna sunčeva svjetlost može iskriviti sliku. Koristiti leće sa auto-iris modom ako su vozila usmjerena direktno prema sunčevoj svjetlosti
- Nagib registarskih tablica mora biti unutar +/- 5 stupnjeva



Slika 33. Kut nagiba registarskih tablica

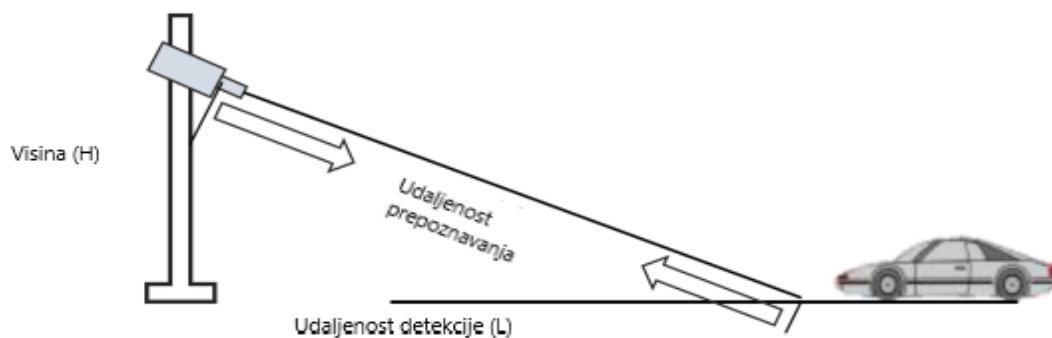
Izvor: [32]

Slika 33. prikazuje otprilike dozvoljeni kut nagiba tablica.

6.2.2 Metodologija odabira odgovarajućih leća

Kako bi se dobio dovoljan broj piksela u fotografiji, trebaju se izabrati odgovarajuće leće. Metodološki, ovaj postupak se sastoji od dva koraka:

1. Definiranje udaljenosti prepoznavanja u određenom okruženju
 - a. Kako bi se dobila udaljenost prepoznavanja, treba se definirati visina na kojoj je kamera (H). Domet detekcije (L) se kalkulira kao $L = \cot 30^\circ * H$ na način kako prikazuje slika 34.



Slika 34. Udaljenost prepoznavanja

Izvor: [32]

2. Odabir leće se radi prema tablici 1. Udaljenost prepoznavanja se bazira na žarišnoj duljini kamere.

Tablica 1: Leće i udaljenost prepoznavanja

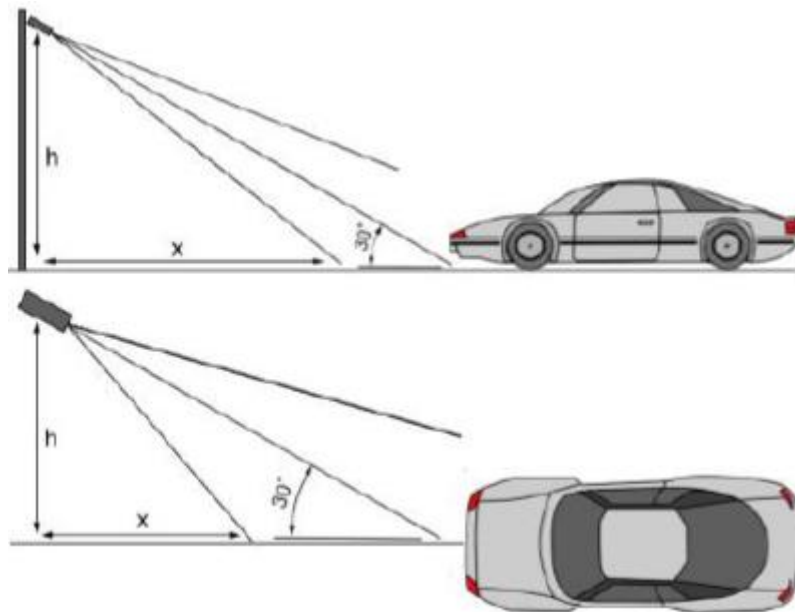
Izvor: [32]

Kamera	Leće (mm)	Min. Udaljenost prepoznavanja (m)	Max. Udaljenost prepoznavanja (m)	Okruženje
ANPR Kamera	2.8 – 12	6	18	Ulaz
	3.8 - 16			
	8 - 32	15	50	Cestovni promet
	7 - 33			
11 - 40				

6.2.3 Podešavanje instalacijskog kuta

Instalacijski kut mora zadovoljiti uvjete:

- Vertikalni kut ne smije preći 30°
- Horizontalni kut ne smije preći 30°



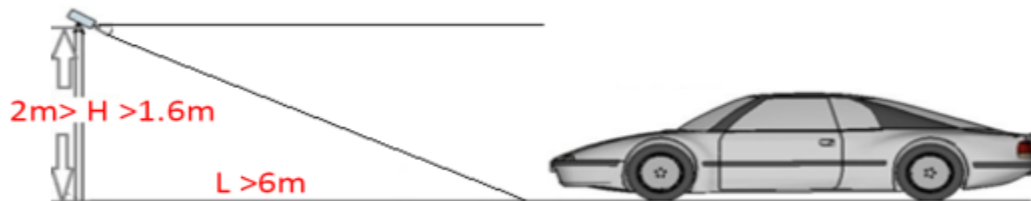
Slika 35. Instalacijski kut

Izvor: [32]

Slika 35. prikazuje horizontalni i vertikalni prikaze kuteva u odnosu na vozilo.

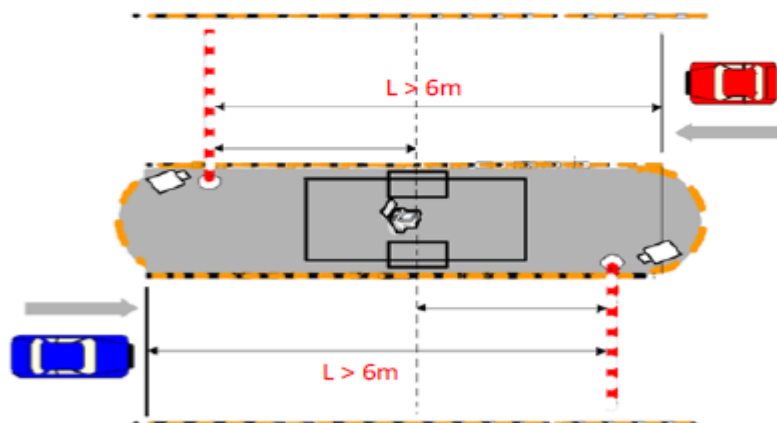
6.2.4 Specifičnosti nadzora ulaza

Za nadzor ulaza/izlaza, visina kamere (H) mora biti od 1.6m do 2m kao što prikazuje slika 36.



Slika 36. Skica nacrtu postavljanja kamere na ulaz/izlaz

Izvor: [32]



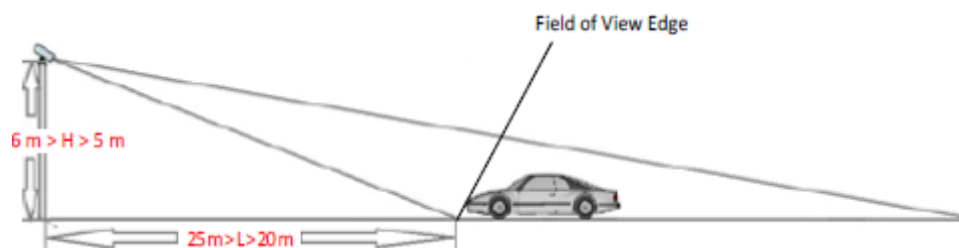
Slika 37. Skica tlocrta postavljanja kamere na ulaz/izlaz

Izvor: [32]

Slika 37. prikazuje način postavljanja kamere na ulazima i izlazima iz pojedinih objekata tojest rampe.

6.2.5 Primjena nadzora cestovnog prometa

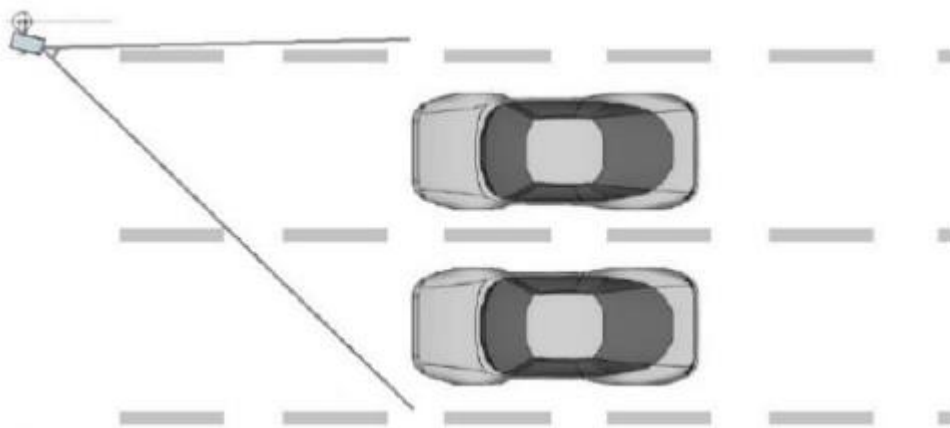
Za nadzor prometa u gradu, na cesti, visina kamere trebala bi biti između 5m i 6m, dok za prepoznavanje dviju ili više traka, preporuča se postaviti kameru na konzolu. Također, treba se pobrinuti da stup/konzola gdje se kamera postavlja, ne vibrira previše kod prolaska teških teretnih vozila.



Slika 38. Skica nacrtu postavljanja kamere na cestu u gradu kod brzina >60km/h

Izvor: [32]

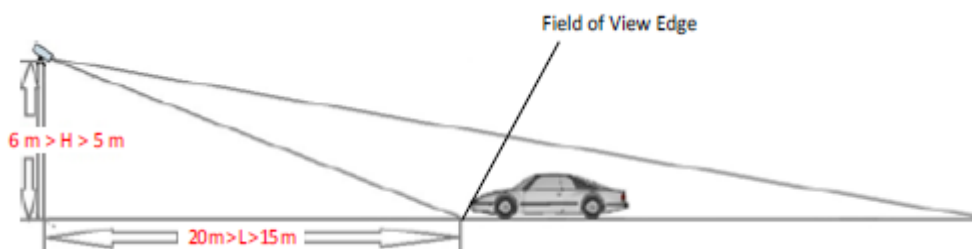
Slika 38. je vertikalni prikaz postavljanja kamere tojest određivanja dužine i visine postavljanja kod brzina koje su veće od 60 km/h



Slika 39. Skica tlocrta postavljanja kamere na cestu u gradu kod brzina >60km/h

Izvor: [32]

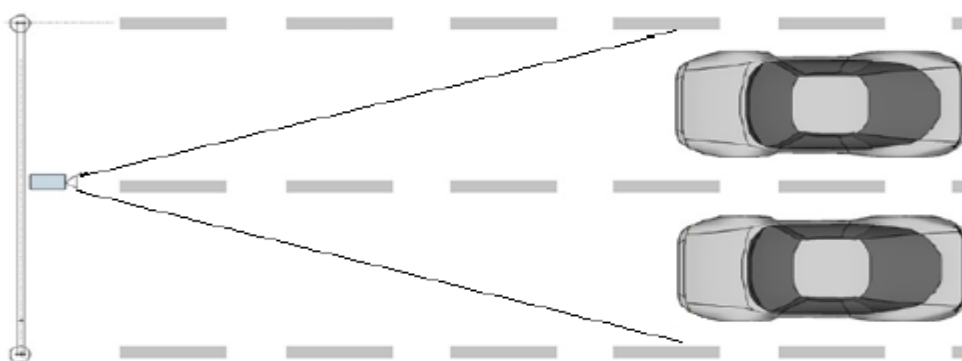
Slika 39. je horizontalni prikaz postavljanja kamere na cestu u gradu gdje su brzine veće od 60 km/h, gdje se može vidjeti kako se postavlja sa strane a ne na sredinu zbog toga što inače bi imala poteškoća uloviti sve tablice.



Slika 40. Skica nacrtu postavljanja kamere na cestu u gradu kod brzina <60km/h

Izvor: [32]

Slika 40. je vertikalni prikaz postavljanja kamere odnosno određivanje dužine i visine postavljanja kod brzina manjih od 60 km/h



Slika 41. Skica tlocrta postavljanja kamere na cestu u gradu kod brzina <60km/h

Izvor: [32]

Slika 41 je horizontalni prikaz postavljanja kamere na prometnice gdje je brzina manja od 60 km/h, gdje se može vidjeti kako se kamera postavlja na sredinu konzole upravo zbog toga što su manje brzine i kamera ima manje poteškoća uhvatiti sve tablice.

6.3 Načini prepoznavanje registarskih oznaka

Kada se koristi funkcija prepoznavanja registarskih oznaka trebaju se postići sljedeći uvjeti:

- Kako bi se reducirao efekt prednjih svjetla vozila po noći, brzina okidanja ne bi trebala biti manja od 1/1000 s. Kako se ne bi zasjenili rubovi linija (pogotovo sjene), brzina okidanja ne bi trebala biti viša od 4/1000 s
- Kako bi se izbjegla prevelika ekspozicija tablice, preporučena vrijednost „Gain“ opcije je 20
- Trebale bi se isključiti WDR i BLC funkcije kako bi se zadržali svi detalji
- Vrijednost redukcije digitalnih smetnji bi trebala biti između 10 i 20
- Ponekad se može dogoditi da se detektira kriva informacija kao registarska oznaka kao: reklame ili dijelovi slika sa brojevima i slovima, kada se to dogodi trebalo bi se:
 - o Podesiti „Region of Interest“ kako bi se izbjegli dijelovi koji bi se mogli lažno detektirati
 - o Podesiti minimalnu i maksimalnu širinu piksela tablice
 - o Ponekad promijeniti kut ili leću te pomaknuti kameru
 - o Vrijeme ekspozicije ili brzina okidanja trebala bi se postaviti prema tablici 2. pretpostavlja se da je kamera postavljena pod horizontalnim kutem od 30°

Tablica 2. Vrijeme ekspozicije ili brzine okidanja kod različitih brzina

Izvor: [32]

Vrijeme ekspozicije	Maksimalna brzina vozila (km/h)
1/100	5
1/500	40
1/1000	100
1/2000	200
1/4000	400

6.3.1 Dubina polja (Engl: Depth of Field)

Kako bi se vozilo efektivno usnimilo, kamera treba imati postavljenu minimalnu dubinu polja (DOF). Dubina polja (ili duljina zone oštine) je količina udaljenosti između najbližeg i najdaljeg objekta koji se pojavljuju kod prihvatljivo oštrog fokusa u videozapisu. Formula po kojoj se računa je prema (9) :

$$L_{dof} = 4 * T_{rec} * V_{max} / 3600 \text{ [m]} \quad (9)$$

L_{dof} – dubina polja, duljina u metrima, [m]

T_{rec} – vrijeme prepoznavanja po tablici, u milisekundama, [ms]

V_{max} – maksimalna brzina vozila, [km/h]

Neki od tipičnih slučajeva su:

Tablica 3. Tipični slučajevi za izračun dubine polja

Izvor: [32]

Vmax [km/h]	Trec [ms]				
	100	200	300	400	500
	Ldof [m]				
40	4	9	13	18	22
80	9	18	27	36	44
100	11	22	33	44	56
120	13	27	40	53	67
140	16	31	47	62	78
180	20	40	60	80	100
200	22	44	67	89	111
220	24	49	73	98	122
240	27	53	80	107	133

DOF ovisi o omjeru žarišta leće, koji kamera može automatski podesiti u slučaju promjena osvjetljenja. Kontrola šarenice („iris“) mora biti postavljeno na „manual“ ne na „auto“ ili treba osigurati da je duljina DOF-a dovoljna za najgore osvjetljenje [32].

6.3.2 Pametne funkcionalnosti na primjeru Kamere iDS - TCM – 203A

iDS – TCM – 203A kamera ima dvije pametne funkcionalnosti, a to su dakle prepoznavanje tablica te klasifikacija tipa vozila, identifikacija boja, hvatanje vozila bez tablica, detekcija smjera vožnje.

Tablice koje prepoznaje su iz sljedećih država: Turska, Ujedinjeni Arapski Emirati, Katar, Iran, Irak, Egipt, Jordan, Kuwait, Saudijska Arabija, Tunis, Palestina, Pakistan, Južna Afrika, Kenija, Nigerija, Tanzania, Mauricijus, Moroko, Australia, Novi Zeland, Indonezija, Malazija, Singapur, Južna Koreja, Tailand, Vijetnam, Filipini, Hong Kong, Macao, Taiwan, Burma, Japan, Indija, Mongolija, SAD, Kolumbija, Brazil, Ekvador, Peru, Meksiko, Hrvatska, Slovačka, Češka, Bugarska, Makedonija, Mađarska, Grčka, Poljska, Francuska, Nizozemska, Švicarska, Španjolska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Irska, Njemačka, Italija, Austrija, Azerbađan, Bjelorusija, Kazahstan, Litva, Gruzija, Estonija, Latvija, Rusija, Ukrajina, Moldavija, Uzbekistan. Također uspješno očitava tablice na autobusima, motociklima, kombiniranim vozilima te kamionima.

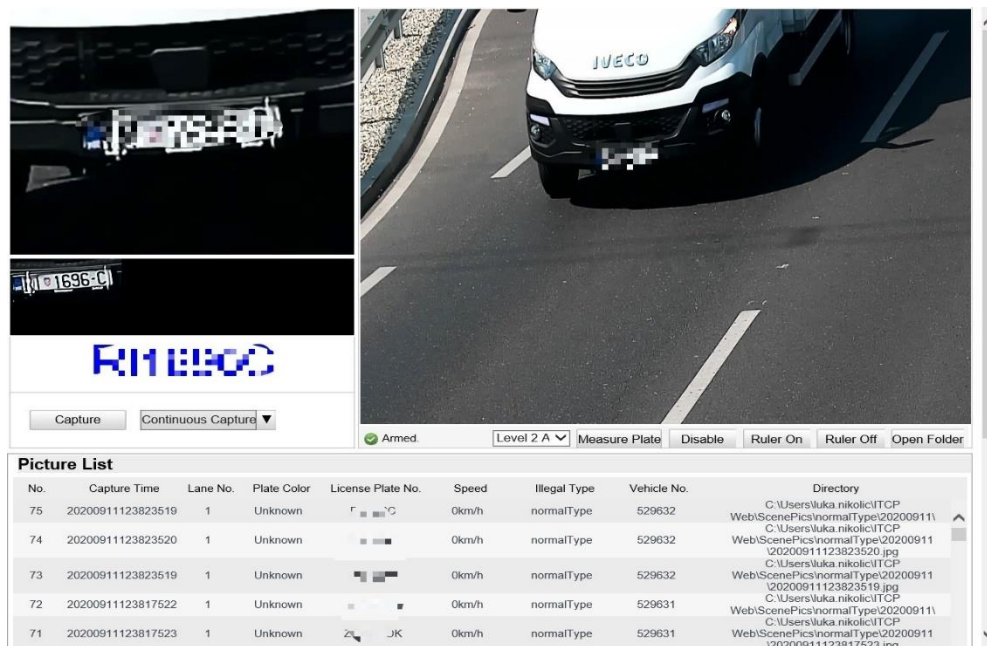
Marke vozila koje prepoznaje su: Hyundai, Toyota, Kia, Honda, Volkswagen, Benz, Nissan, Ford, Isuzu, Bmw, Chevrolet, Mitsubishi, Renault, Opel, Suzuki, Skoda, Daewoo, Audi, Mazda, Hino, Peugeot, Ssang Yong, Citroen, Fiat, Scania, Man, Volvo, Lexus, Seat, Land Rover, Daihatsu, Ud Trucks, Subaru, Iveco, Mini, Jeep, Porsche, Chery, Dodge, Chrysler, Acura, Alfa Romeo, Great Wall, Infinity, Smart, Saic Maxus, Jac, Jaguar, Jmc, Lincoln, Jmc, Saab, Faw, Yutong, Lwe, Joylong, Geely, Cadillac, Jinbei, Ankai, Haima, Foton, King Long, Dongfeng, Emgrand.

Detektira brzinu od 5 do 120 km/h. Mijenja dnevni i noćni ciklus pomoću alarma. Simultano se može pregledavati do 20 kanala, može biti priključeno do 32 korisnika na 3 razina : admin, operator i korisnik, web browser koji koristi je IE7+. Koristi operacijski sustav Linux, te može raditi na temperaturama od -30° C do +70° C [33].

6.3.3 Karakteristični primjeri primjene

Za potrebe ovog rada korištene su stvarne snimke te se zbog GDPR regulacijslike pikseliziraju te na taj način poštuju mjere na način da sklanjaju očitavanje jedinstvenog ID-a nekog vozila.

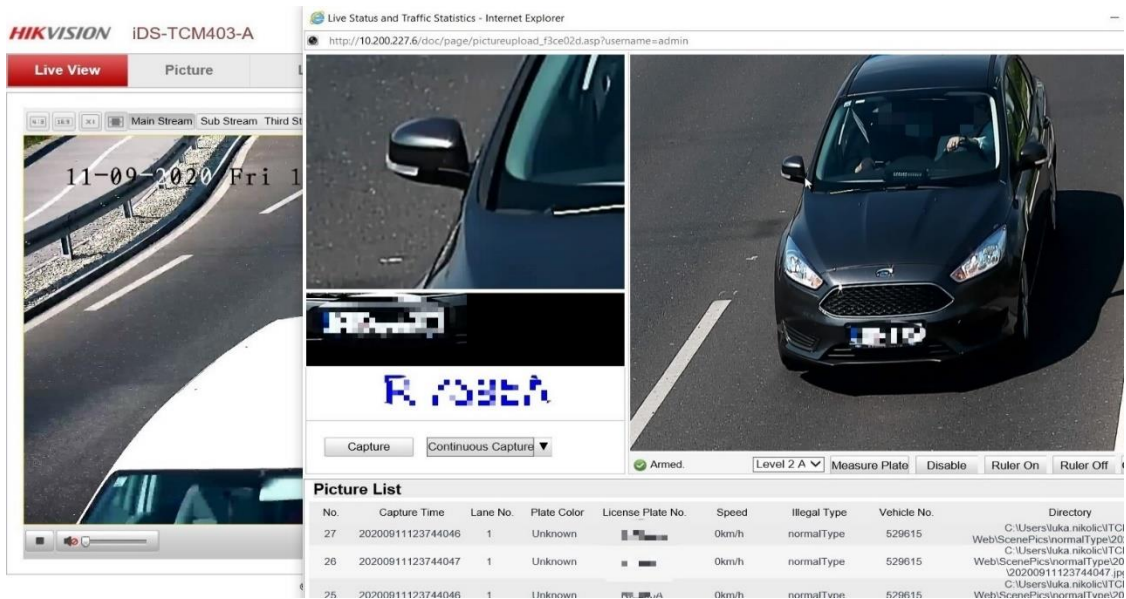
Kao što se može vidjeti sa slike 42., fotografirati se može manualno pomoću opcije „Capture“ ili se može postaviti kontinuirano fotografiranje pomoću opcije „Continuous Capture“ što znači da će hvatati svaku tablicu tojest vozilo koje prođe u vidnom polju kamere. Prikaz sa desne strane sučelja je vidno polje kamere dok je sa lijeve strane uvećani prikaz registarskih oznaka te odma ispod te slike je samo registarska tablica. Podaci koje u ovom slučaju kamera zapisuje su kako slijedi : „No.“ – broj vozila koje je prošlo od trenutka puštanja kamere u rad, „Capture time“ – datum i vrijeme zapisane tablice, „Lane No.“ – broj trake u kojoj je zabilježena tablica, „Plate Color“ – boja zabilježene tablice, ne postoji kod ovog modela, „License Plate No.“ – oznake i broj zabilježene registracije, „Speed“ – brzina koje je vozilo imalo u trenutku, ne postoji kod ovog modela, „Illegal type“ – tip vozila, smjer vozila , ne postoji kod ovog modela, „Vehicle No.“ – broj zabilježenog vozila u slučaju opetovanog prolaska kroz vidno polje, „Directory“ – adresa na koju se spremaju podaci i fotografije.



Slika 42. Prikaz rada ANPR kamere

Izvor: Izradio autor

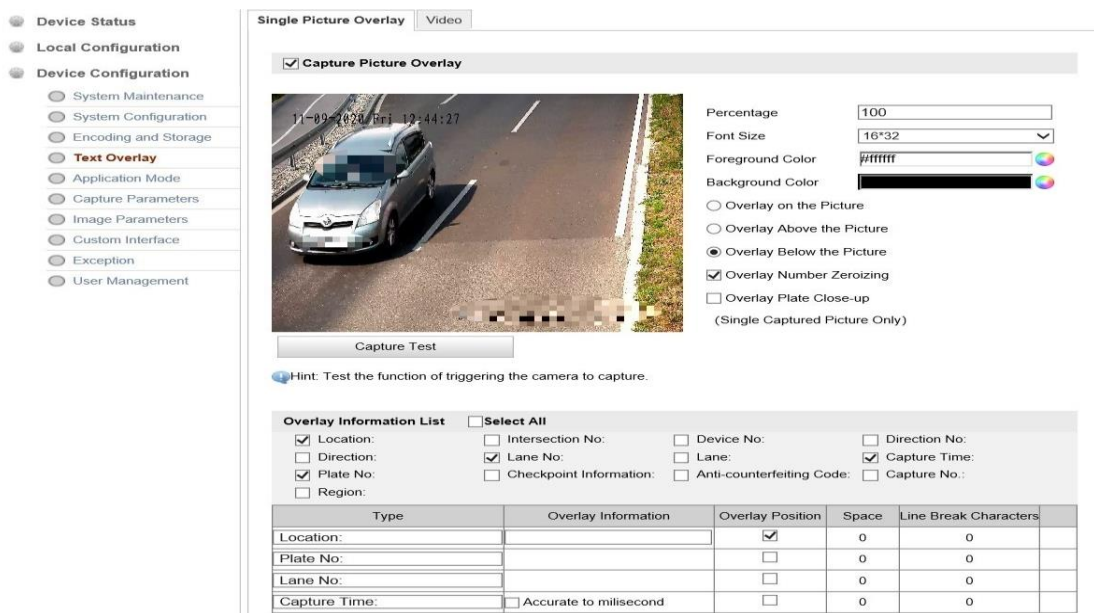
Slika 43. prikazuje rad kamere iDS – TCM403A te njezino sučelje na internet exploreru. Može se primjetiti kako je u pozadinskom dijelu upaljen „Main Stream“ tojest to je „live feed“ trenutne situacije, no kako je navedeno u specifikacijama kamere takvih streamova može biti i do 20 kanala. Na sučelju „Live Status and Traffic Statistics“ može se primjetiti kako je to izolirani slučaj jednog vozila te ga je kamera uslikala 3 puta u dvije sekunde. Također se može primjetiti da se na pojedinim vozilima može vidjeti prilično jasno vozačevo lice te što krši regulacija GDPR odredbe te je zbog tog razloga pikselizirana slika.



Slika 43. Prikaz rada IDS - TCM403A

Izvor: Izradio autor

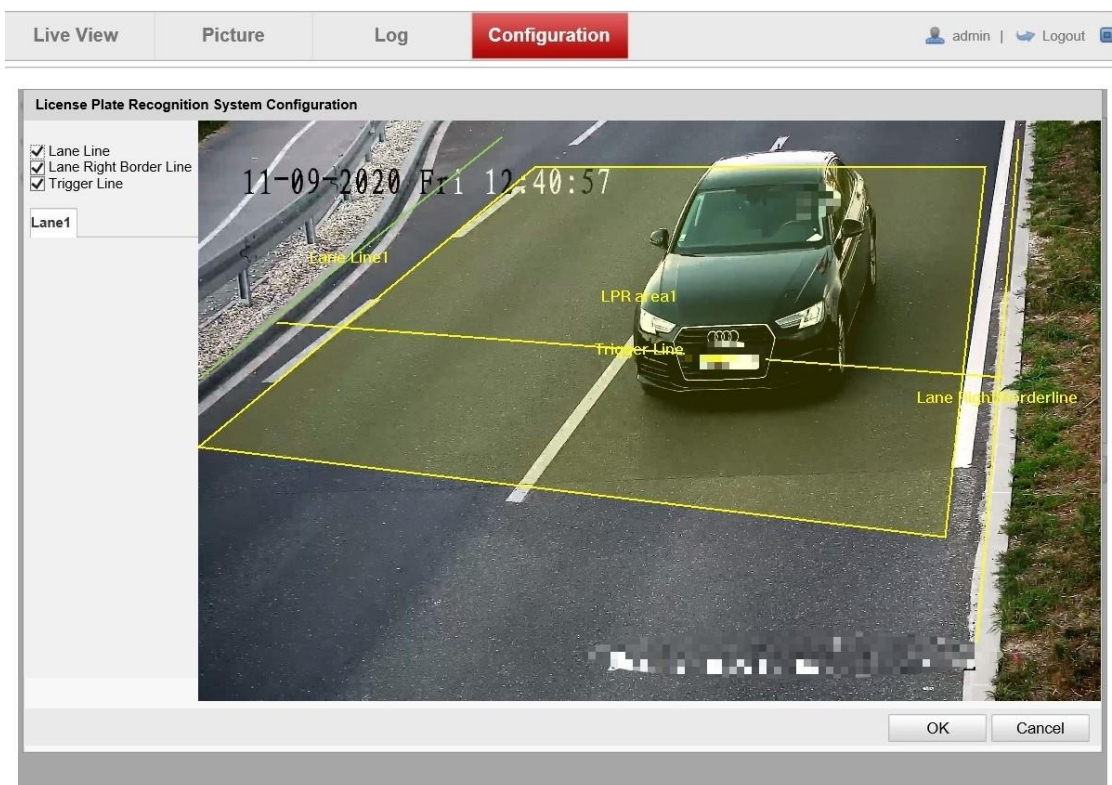
Slika 44. prikazuje popis tekstualnih opcija i parametara koji se mogu postavljati na stream kamere. Kao što su veličina fonta, boja fonta, lokacija teksta, te se na kraju može i testirati ubačeni tekst. Podaci koji se mogu prikazati su sljedeći : lokacija, smjer, broj tablice, regija, broj raskrižja, broj trake, informacija o kontrolnoj točki, broj uređaja, traka, kod protiv krivotvorenja, broj smjera, vrijeme fotografiranja, broj fotografije. Ispod opcija za biranje tih parametara postoje i opcije za odabir pozicije i prikaza tih tekstova.



Slika 44. Prikaz tekstualnih parametara

Izvor: Izradio autor

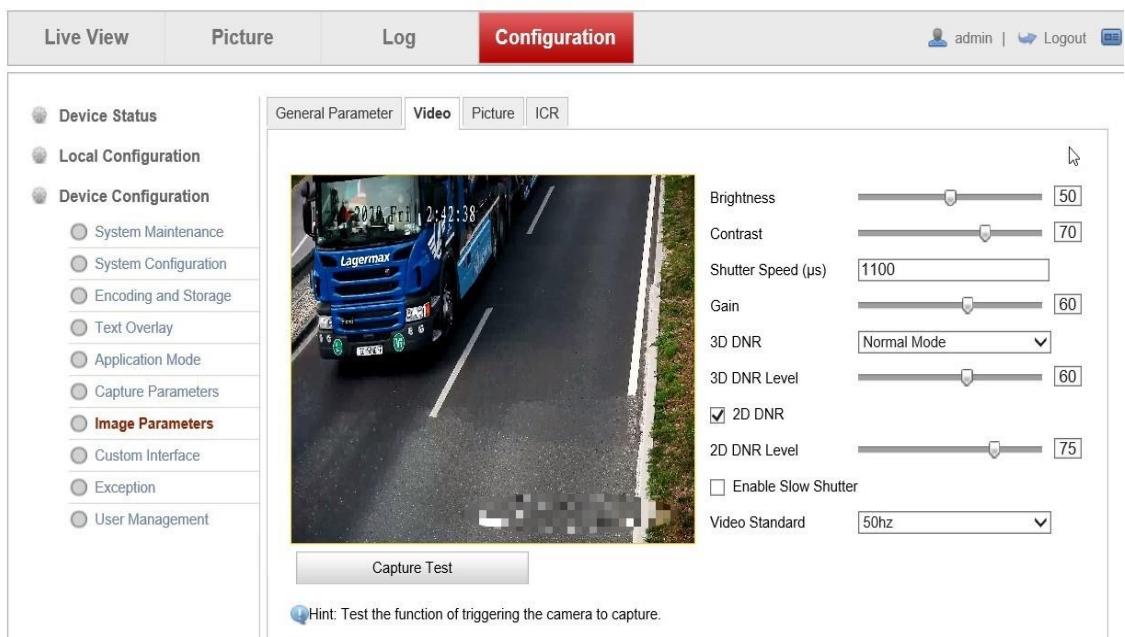
Slika 45. prikazuje označavanje površina hvatanja tablica (LPR area1) te liniju na kojoj kamera „okida“ (Trigger Line), također se označuju krajnje prometne linije (Lane Line 1 i Lane Right Borderline) što u biti znači da će ANPR pratiti samo označenu površinu kod hvatanja tablica.



Slika 45. Prikaz parametara zona

Izvor: Izradio autor

Slika 46. prikazuje konfiguraciju parametara za slike pod karticom video, ono što se tu može namještati jesu, svjetlina slike, kontrast, „Shutter Speed“ odnosno koliko svjetlosti ulazi u objektiv kamere, „gain“ što je ovaj parametar veći slika je svjetlija no isto tako povećava i šumove, DNR – „Digital Noise Reduction“ postoje dvije vrste 2D i 3D, 2D se koristi kod manjih rezolucija fotografija za sklanjanje šumova sa slika <4MP ili 8MP, 3D DNR smanjuje šumove u prostoru na način da uspoređuje piksele sličicu po sličicu, smanjuje „zrnaste“ šumove kod fotografija sa slabim osvjetljenjem bez da ostavlja tragove iza pokretnih objekata.

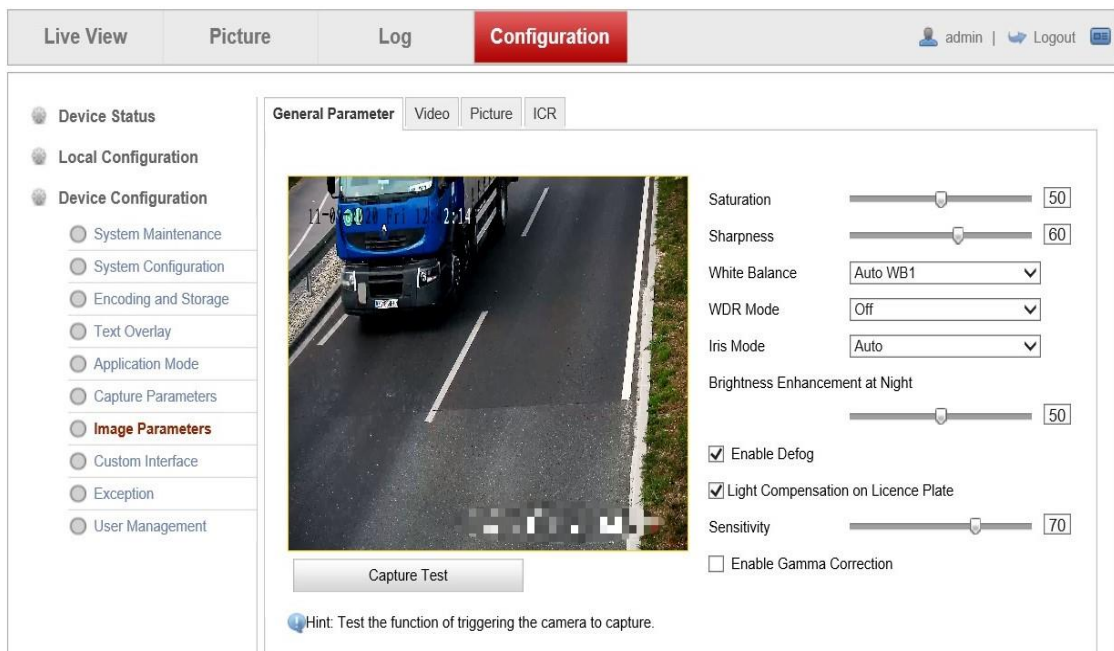


The screenshot displays a web-based configuration interface for a camera. At the top, there are navigation tabs: 'Live View', 'Picture', 'Log', and 'Configuration' (which is highlighted in red). In the top right corner, there is a user profile 'admin' and a 'Logout' button. On the left side, there is a sidebar menu with categories: 'Device Status', 'Local Configuration', and 'Device Configuration'. Under 'Device Configuration', several options are listed, with 'Image Parameters' selected and highlighted in red. The main content area is titled 'Configuration' and has sub-tabs for 'General Parameter', 'Video', 'Picture', and 'ICR'. The 'Video' sub-tab is active. It features a central video preview window showing a blue bus on a road. To the right of the preview are various adjustable parameters: 'Brightness' (slider at 50), 'Contrast' (slider at 70), 'Shutter Speed (us)' (input field with 1100), 'Gain' (slider at 60), '3D DNR' (dropdown menu set to 'Normal Mode'), '3D DNR Level' (slider at 60), '2D DNR' (checkbox checked), '2D DNR Level' (slider at 75), 'Enable Slow Shutter' (checkbox unchecked), and 'Video Standard' (dropdown menu set to '50hz'). Below the preview is a 'Capture Test' button. At the bottom, there is a hint: 'Hint: Test the function of triggering the camera to capture.'

Slika 46. Prikaz konfiguracije parametara slike, za video

Izvor: Izradio autor

Slika 47. prikazuje generalne parametre za konfiguraciju slike kao što su saturacija slike (izraženost boja), oština slike, WDR mod („*Wide dynamic range*“), koristi se kada postoji veliki kontrast između svijetlih i tamnih područja, također može se konfigurirati i razine svjetline po noćnom vremenu, kod maglovitih vremen također ima opciju da izoštri detalje na slici kod takvih atmosferskih uvjeta, kompenzacija svjetlosti na registarskoj tablici te senzitivitet.



The screenshot displays a web-based configuration interface for a camera. At the top, there are navigation tabs: 'Live View', 'Picture', 'Log', and 'Configuration' (which is highlighted in red). In the top right corner, the user is identified as 'admin' with a 'Logout' button. On the left side, a sidebar menu lists various configuration categories: 'Device Status', 'Local Configuration', and 'Device Configuration'. Under 'Device Configuration', several options are listed, with 'Image Parameters' being selected and highlighted in red. The main content area is titled 'General Parameter' and includes sub-tabs for 'Video', 'Picture', and 'ICR'. A central video preview window shows a blue truck on a road, with a license plate that has been blurred. Below the preview is a 'Capture Test' button. To the right of the preview, several image parameters are adjustable: 'Saturation' (slider at 50), 'Sharpness' (slider at 60), 'White Balance' (dropdown menu set to 'Auto WB1'), 'WDR Mode' (dropdown menu set to 'Off'), 'Iris Mode' (dropdown menu set to 'Auto'), 'Brightness Enhancement at Night' (slider at 50), 'Enable Defog' (checked checkbox), 'Light Compensation on Licence Plate' (checked checkbox), and 'Sensitivity' (slider at 70). There is also an unchecked checkbox for 'Enable Gamma Correction'. At the bottom of the configuration area, a blue hint icon is followed by the text: 'Hint: Test the function of triggering the camera to capture.'

Slika 47. Generalni parametri za slike

Izvor: Izradio autor

7 PAMETNE KAMERE I PRIVATNOST

Budući da je u zadnje vrijeme pitanje privatnosti i sigurnosti ozbiljna tema zbog raznih saznanja o tome kako vlada i neke privatne agencije nadziru ljude. Europska Unija je 27.svibnja 2016.godine donijela Opću uredbu o zaštiti podataka (GDPR) na snagu je stupila 25.svibnja 2018.godine, a njome se regulira zaštita i privatnost podataka osoba unutar EU, također donosi propise vezane za iznošenje podataka u treće zemlje. Ciljevi GDPR-a su vratiti građanima nadzor nad njihovim osobnim podacima i pojednostaviti regulacije za internacionalne kompanije ujednačavanjem propisa u cijeloj EU [34]. Tvrtke se sve više okreću digitalnom svijetu korsićeći „*big data*“ analitike, ali pri tome moraju voditi računa o nadzoru i zaštiti podataka i to na dnevnoj bazi. Podaci se smatraju osobnima ako se iz njih s velikom vjerojatnošću može otkriti identitet pojedinca. Opseg podataka koje GDPR pokriva nije značajno promijenjen, osim dodavanja mrežnih identifikatora koji se smatraju osobnim podacima. GDPR pokriva sljedeće kategorije podataka:

- Osnovni podaci – ime i prezime, broj osobne iskaznice, lokacijski podaci
- Podaci s kreditnih kartica
- Zdrastveni karton
- Biometrijski podaci
- Genetski podaci
- Vjerska i filozofska uvjerenja
- Etnička pripadnost
- Ekonomsko stanje
- Članstvo u sindikatu
- Seksualna orijentacija i spolni život
- IP adrese
- Osobne poruke e pošte
- Pseudonimizirani podaci

Postoje neka osnovna načela obrade podataka jer su najključniji dio GDPR-a, čije se kršenje kažnjava najvećim mogućim kaznama. Ta načela su:

- Podaci se smiju obrađivati samo na valjanoj zakonskoj osnovi, na pošten i prema ispitaniku transparentan način
- Obavezno navođenje svih svrha obrade u koje se podaci prikupljaju

- Prikupljati se smiju samo podaci koji su relevantni i potrebni za ispunjavanje svrhe u koje su obrađuju
- Podaci trebaju biti točni i ažurirani
- Podaci se ne smiju pohranjivati duže od razdbolja potrebnog za ispunjavanje svrhe u koju su prikupljeni
- Osobne podatke je dužno zaštititi od nezakonite i nedozvoljene obrade, slučajnog gubitka ili uništenja
- Mora se biti u stanju dokazati usklađenost s gore navedenim načelima

Za očuvanje prava i slobode ispitanika, a koje se tiču obrade osobnih podataka, GDPR propisuje korištenje odgovarajućih organizacijskih i tehničkih mjera što u biti znači :

- Implementirati mjere zaštite podataka (enkripcija i pseudonimizacija)
- Uvesti stroge mjere kontrole pristupa podacima
- Redovito brisati osobne podatke koji više nisu potrebni ili relevantni
- Držati se načela integrirane zaštite privatnosti [35].



Slika 48. Primjer kako se postavlja znak za snimanje prema GDPR smjernicama

Izvor: <https://www.britishparking.co.uk/News/excessive-use-of-anpr-cameras-for-enforcement>

Slika 48. prikazuje na koji način se podilazi regulativi GDPR-a.

8 ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je prikazati u koja sva funkcionalna područja bi se ANPR tehnologija mogla implementirati, prikazati taksonomiju ITS-a te područje rada takvih kamera. Provjeriti i pogledati na koji način Ministarstvo Unutarnjih Poslova Republike Hrvatske koristi tu vrstu tehnologije u smislu povećanja sigurnosti cestovnog prometa u obliku fiksnih ili mobilni ANPR uređaja, prikazati svjetske primjere primjene ANPR uređaja kako u Europi tako i u SAD-u, Australiji i ostalo. Predstaviti razne vrste primjena ANPR kamera kao što su kontrola ulaza ili izlaza kod rampi, naplaćivanja cestarina, naplaćivanja zagušenja, praćenje i kažnjavanje vozača sa prekomjernim brzinama. Pokazati generalno dijagrame toka detekcije vozila i načine filtriranja fotografija, iscrtavanje rubova te neke algoritme kako bi se dobio uvid u kompleksnost i mogućnosti kod izrade samih algoritama, koji su najčešći korišteni, te koje metode se primjenjuju. Nakon toga pregledati upute za postavljanje i kalibriranje parametara kamere kod instalacije ANPR-a, na što se treba pripaziti, koje su mjere udaljenosti i visina te određeni uvjeti kod postavljanja. Praktične primjene korištenja ANPR uređaja, koji podaci se zapisuju, kako i gdje se spremaju slike, prikaz sučelja rada kamere te na kraju objašnjenje regulacija i skupljanja podataka uz poštivanje GDPR odredbi, te na koji način se ograditi od njih. Za daljnja istraživanja bilo bi poželjno nabaviti veliki set podataka sa vlastite kamere te probati predvidjeti ponašanje prometa u gradu na temelju O-D matrica, pokušaj kreiranja programa za naplatu cestarine uz pomoć uspoređivanja baza kamere i policijske baze, kreiranje „white liste“ i „black liste“ za propuštanje vozila kroz određene rampe. ANPR kao solucija za probleme detekcija vozila je jako fleksibilna i točna tehnologija za razliku od ostalih vrsta detekcije no jedini problem je to što je jedna od skupljih opcija te se mora puno paziti na zaštitu privatnosti. Sam po sebi ANPR i nema neku svrhu osim ako nije uparen sa ostalim tehnologijama ili tehnikama prikupljanja podataka gdje može dobiti puno veći značaj.

9 LITERATURA

- [1] Škorput P, Uvod u upravljanje incidentnim situacijama, Fakultet Prometnih Znanosti, Zagreb 2016. g. Izvor: http://moodle.srce.hr/2016-2017/pluginfile.php/1004793/mod_resource/content/1/Nastava/UISUP_002_Uvod_u_upr_inc_sit.pdf
Pristupljeno lipanj 2018.
- [2] "eTendering - Contract Award Notice Detail View - 01092010RFT". Tenders.nsw.gov.au. Archived from the original on 23 March 2012. Retrieved 23 April 2014.
- [3] NSW Police Force „Annual report“ , 2009 – 10 , "Year In Review"
- [4] "ANPR in Mechelen"
- [5] "Privacy Tech-Know Blog: Who's Watching Where You're Driving?". Office of the Privacy Commissioner of Canada. 13 June 2017. Retrieved 17 January 2020.
- [6] "Portiques écotaxe. Ils copient la plaque d'immatriculation de Hollande". OuestFrance. OuestFrance. Retrieved 21 February 2014.
- [7] "Das Bundesverfassungsgericht" (in German). Bverfg.de. 3 November 2008. Retrieved 16 February 2009.
- [8] <https://www.jenoptik.com/products/road-safety>
- [9] "VÉDA Közúti Intelligens Kamerahálózat" (in Hungarian). Országos Rendőr-főkapitányság. Retrieved 2 September 2015.
- [10] "Matrix Police". Hungary. Retrieved 24 January 2012
- [11] "Automatic Number Plate Recognition". POLICE.UK. Home Office. Archived from the original on 18 January 2020. Retrieved 31 January 2016.
- [12] "ANPR". College of Policing. 2013. Retrieved 31 January 2016.
- [13] "Surveillance Camera Code of Practice" (PDF). UK Government Home Office. June 2013. p. 5. Retrieved 1 December 2013.
- [14] "Congestion Charge payments". Transport for London. Retrieved 16 October 2017.
- [15] "Transport for London". Cclondon.com. 17 July 2011. Archived from the original on 12 December 2007. Retrieved 24 January 2012.
- [16] "How are Innovations in Technology Transforming Policing?" (PDF). Police Executive Research Forum. January 2012. Archived from the original (PDF) on 29 January 2013.
- [17] "License Plate Reader Technology Enhances the Identification, Recovery of Stolen Vehicles". FBI. September 2011.

- [18] Nakashima, Ellen (19 February 2014). "Department of Homeland Security cancels national license-plate tracking plan". Washington Post.
- [19] Angwin, Julia & Jennifer Valentino-DeVries (29 September 2012). "New Tracking Frontier: Your License Plates". WSJ.
- [20] <https://www.jenoptik.co.uk/product/specs/>, pristupljeno 17.09.2020.
- [21] <https://www.vlaanderen.be/mobiliteit-en-openbare-werken/verkeer/trajectcontrole>, pristupljeno 17.09.2020.
- [22] <http://titanhz.com/anpr-systems-automatic-toll-solutions.aspx>, pristupljeno 17.09.2020.
- [23] <http://plate.vision/project/toll-traffic-anpr-software/>, pristupljeno 17.09.2020.
- [24] <https://pdfs.semanticscholar.org/3a4a/a581c56aa714f04b8460f8912eefaf6d00fb.pdf>, pristupljeno 17.09.2020.
- [25] <https://mup.gov.hr/vijesti-8/predstavljani-fiksni-uredjaji-za-mjerenje-brzine/212104>, pristupljeno 17.09.2020.
- [26] <https://www.vecernji.hr/vijesti/otkrivamo-ovo-su-122-mjesta-za-nove-kamere-na-hrvatskim-cestama-1309023>
- [27] https://www.academia.edu/20308062/Automatsko_prepoznavanje_registarskih_plo%C4%8Dica_Automatic_Number_Plate_Recognition_ANPR, pristupljeno 17.09.2020.
- [28] Automatic License Plate Recognition (ALPR): A State – of – the – Art Review,Shan Du, Membe, IEEE, Mahmoud Ibrahim, Mohamed Shchata, Senior Member, IEEE, and Wael Badawy, Senior Member, IEEE, IEE transactions on circuits and systems for video technology, vol.23,no.2, february 2013
- https://www.academia.edu/31940032/Automatic_License_Plate_Recognition_ALPR_A_State_of_the_Art_Review
- [29] J. Novosel, „Sustav računalnog vida za automatsko prepoznavanje vozila u svrhu nadzora prometa“, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb ,2011.godina
- [30] A.Matijas, „Uklanjanje impulsnog šuma iz slike primjenom selektivnog medijan filtra s detekcijom šuma“, Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, Osijek, 2016.godina
- [31] <https://medium.com/datadriveninvestor/understanding-edge-detection-sobel-operator-2aada303b900>, pristupljeno 17.09.2020.
- [32] ANPR Camera Installation Manual, HIKVision, pristupljeno 17.09.2020.

[33] <https://www.hikvision.com/en/products/ITS-Products/Smart-Surveillance-Systems/Smart-Surveillance-Cameras/iDS-TCM203-A/>, pristupljeno 17.09.2020.

[34] Predsjedništvo Vijeća: "Nekoliko djelomičnih općih pristupa imalo je ključnu ulogu u približavanju mišljenja Vijeća o Prijedlogu opće uredbe o zaštiti podataka u cijelosti. Tekst o Uredbi koji predsjedništvo dostavlja na odobrenje kao opći pristup nalazi se u Prilogu." <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9565-2015-INIT/en/pdf>

[35] „Vodič kroz GDPR za početnike“ pristupljeno 08.rujna.2020. ,<https://gdprinformers.com/hr/vodic-kroz-gdpr>

10 POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz mobilnog ANPR uređaja kod australske policije	5
Slika 2. Kamere na portalu na M7 autocesti kod Erd-a, Mađarska	6
Slika 3. Zona zagušenja u Londonu	8
Slika 4. ANPR sustav kamera na Brooklyn Bridgeu u New Yorku	9
Slika 5. Infracrvena ANPR i obična kamera	10
Slika 6. SPECS kamere	10
Slika 7. Prikaz lokacija kamera u Nizozemskoj	11
Slika 8. Sustav naplate cestarine	12
Slika 9. Pogled na baze podataka sa više kućica za naplatu	13
Slika 10. Dijagram toka za plaćanje unaprijed	14
Slika 11. Dijagram toka za naknadno plaćanje	15
Slika 12. Uređaj za mjerenje brzine i ANPR	16
Slika 13. NERO ANPR mobilni uređaj	18
Slika 14. Dijagram detekcije vozila	20
Slika 15. Slika u boji i siva slika	20
Slika 16. Postupak određivanja medijan vrijednosti	21
Slika 17. Primjer medijan filtra	22
Slika 18. Maske gradijentnih operatora	23
Slika 19. Detekcija rubova	24
Slika 20. Prikaz crno bijele slike sa naglim porastom intenziteta	24
Slika 21. Matrice Sobel operatora	24
Slika 22. Primjer Sobel operatora i kernel konvolucije	25
Slika 23. Dilatacija strukturnim elementom 3x3	26
Slika 24. Rezultat množenja maske i dilatacije	26
Slika 25. Regije od interesa	27
Slika 26. Vertikalni rubovi sa slike i vertikalna projekcija	28
Slika 27. Originalna i zaglađena vertikalna projekcija	29
Slika 28. Vertikalna projekcija	29
Slika 29. Originalna i konvoluirana horizontalna projekcija	30
Slika 30. Prikaz kandidata registarskih oznaka	31
Slika 31. Nadzor ulaza / izlaza	32
Slika 32. Nadzor prometnog toka	32

Slika 33. Kut nagiba registarskih tablica.....	33
Slika 34. Udaljenost prepoznavanja	34
Slika 35. Instalacijski kut	35
Slika 36. Skica nacрта postavljanja kamere na ulaz/izlaz	35
Slika 37. Skica tlocrta postavljanja kamere na ulaz/izlaz.....	36
Slika 38. Skica nacрта postavljanja kamere na cestu u gradu kod brzina >60km/h.....	36
Slika 39. Skica tlocrta postavljanja kamere na cestu u gradu kod brzina >60km/h.....	37
Slika 40. Skica nacрта postavljanja kamere na cestu u gradu kod brzina <60km/h.....	37
Slika 41. Skica tlocrta postavljanja kamere na cestu u gradu kod brzina <60km/h.....	37
Slika 42. Prikaz rada ANPR kamere	41
Slika 43. Prikaz rada iDS - TCM403A.....	42
Slika 44. Prikaz tekstualnih parametara	42
Slika 45. Prikaz parametara zona	43
Slika 46. Prikaz kongfiguracije parametara slike, za video.....	44
Slika 47. Generalni parametri za slike.....	45
Slika 48. Primjer kako se postavlja znak za snimanje prema GDPR smjernicama.....	47

11 POPIS TABLICA

Tablica 1: Leće i udaljenost prepoznavanja	34
Tablica 2. Vrijeme ekspozicije ili brzine okidanja kod različitih brzina.....	38
Tablica 3. Tipični slučajevi za izračun dubine polja	39

12 POPIS JEDNADŽBA

(1)	20
(2)	21
(3)	28
(4)	28
(5)	30
(6)	30
(7)	30
(8)	30
(9)	39



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih
znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ Diplomski 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 _____ Diplomskog rada _____
pod naslovom **Primjena pametnih kamera u inteligentnim transportnim**
sustavima _____

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

Student/ica:

U Zagrebu, _____ 10.09.2020. _____

(potpis)

