

DIPLOMSKI RAD

Sustav za kartiranje elemenata sigurnosti cestovne infrastrukture pomoću georeferenciranog videa

Izradio:

Fran Peručić

Mentor: prof. dr. sc. Damir Medak

Zagreb, rujan 2013.

Sažetak

Sukladno Ugovoru o poslovnoj suradnji, sklopljenom između Hrvatskog autokluba i Fakulteta prometnih znanosti te sukladno ovlaštenju EuroRAP-a za provođenje inspekcija, Zavod za prometno planiranje Fakulteta prometnih znanosti proveo je inspekcijska snimanja te izradio prometnu studiju pod nazivom „Analiza sigurnosti prometa na autocestama A8 i A9 prema RPS metodologiji EURORAP-a“.

Potaknuta navedenom studijom, ostvarena je suradnja djelatnika Fakulteta prometnih znanosti i Geodetskog fakulteta sa ciljem razvijanja softverskog rješenja koje služi kao glavni alat osobi koja provodi kartiranje elemenata cestovne infrastrukture na temelju kojih se određuje stupanj sigurnosti prometnica.

Tema ovog rada je detaljan opis tehničke realizacije navedenog softvera ili bolje rečeno sustava za obradu inspekcijskih snimanja te kartiranje traženih cestovnih elemenata. U daljnjem tekstu biti će govora o traženim i realiziranim mogućnostima sustava, pojedinim koracima izrade samog sustava te zatečenim geodetskim i programerskim problemima tokom izrade geoinformatičkog rješenja sa kartiranje elemenata sigurnosti cestovne infrastrukture.

Summary

In line with the Agreement on Business Cooperation between Croatian Auto Club and Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, and by authorization from EuroRAP to implement inspections, Institute for Transport Planning, Faculty of Transport and Traffic Sciences, has carried out inspectional monitoring and completed a traffic study entitled: "Analysis of Traffic Safety on A8 and A9 Expressways According to EURORAP RPS Methodology".

The study prompted a collaboration that has been developed between experts of Faculty of Transport and Traffic Sciences and Faculty of Geodesy, University of Zagreb, with a view of elaborating software solution to be used as a major tool by a person responsible for mapping road infrastructure elements that make the basis for determining the degree of road safety.

The topic of this graduation thesis is detailed description of the technical realization of the above-mentioned software or, rather, of the system for mapping required road elements. The text below will describe required and realized possibilities of the system, specific steps in elaboration of the system itself, and programming and geodesic issues encountered during development of the geoinformatic solution for mapping the road infrastructure elements of safety.

Sadržaj

<u>1</u>	<u>UVOD</u>	<u>3</u>
1.1	OPĆENITO O EURORAP-U	3
1.2	FILOZOFIJA EURORAP-A	5
1.3	TOK KARTIRANJA PREMA IRAP-U	7
1.3.1	IZMJERA I KARTIRANJE	7
1.3.2	OBRADA PODATAKA	8
1.3.3	IZRAČUN OCJENA	8
<u>2</u>	<u>OPIS REALIZIRANOG SUSTAVA</u>	<u>10</u>
2.1	DEFINIRANJE ZADATKA	10
2.2	OPIS FUNKCIONALNOSTI SUSTAVA	12
2.2.1	KONTROLA PROJEKATA	14
2.2.2	UNOS ATRIBUTA	14
2.2.3	EKSPORT ATRIBUTA	15
2.2.4	VIDEO KONTROLA	16
2.2.5	KARTOGRAFSKI PRIKAZ	17
<u>3</u>	<u>KORIŠTENE TEHNOLOGIJE</u>	<u>18</u>
3.1	PYTHON	18
3.2	POSTGRESQL I POSTGIS	19
3.3	GEO SERVER	20
3.4	HTML5	21
3.5	JAVASCRIPT	21
3.5.1	JQUERY	23
3.5.2	LEAFLETJS	24
3.5.3	JSON	24
<u>4</u>	<u>TOK IZRADE</u>	<u>25</u>
4.1	PRIKUPLJANJE PODATAKA	25
4.1.1	TEHNOLOŠKA POMAGALA	25
4.1.2	TERENSKO PRIKUPLJANJE PODATAKA	26

4.1.3	PRIKUPLJANJE DOPUNSKIH PROSTORNIH INFORMACIJA O PROMETNICAMA	28
4.2	APLIKACIJSKA LOGIKA I OBRADA PODATAKA	29
4.2.1	GEOREFERENCIRANI VIDEO	30
4.2.1.1	Izrada georeferenciranog videa	30
4.2.2	DEFINIRANJE PROSTORNOG OBUHVATA	33
4.2.3	PODJELA TRASE NA 10 METARSKIE SEGMENTE	34
4.2.4	DODJELJIVANJE VREMENSKE KOMPONENTE 10 METARSKOM SEGMENTU	35
4.2.5	PRONALAZENJE 10 METARSKOG SEGMENTA NA TEMELJU VREMENA U VIDEOU	38
4.2.6	IMPLEMENTACIJA PROCEDURE ZA PRIDRUŽIVANJE ATRIBUTA SEGMENTIMA	40
<u>5</u>	<u>ZAKLJUČAK</u>	<u>44</u>
<u>6</u>	<u>LITERATURA</u>	<u>45</u>
<u>7</u>	<u>POPIS SLIKA</u>	<u>46</u>
<u>8</u>	<u>PRILOZI</u>	<u>47</u>
8.1	POPIS KARTIRANIH ATRIBUTA	47
8.2	SADRŽAJ PRILOŽENOG MEDIJA	55

1 Uvod

Svakim danom broj automobila i drugih osobnih vozila u cestovnom prometu se nezaustavljivo povećava. Kako bi taj rast tekao što nesmetanije potrebno je voditi brigu o pitanju sigurnosti sudionika u navedenoj vrsti kopnenog prometa. Trenutna razmišljanja o načinu poboljšanja sigurnosti se vode idejom da je potrebno djelovati na tri čimbenika koja su direktno uključena u prometnu nesreću. Riječ je o vozaču, vozilu i prometnoj infrastrukturi. Upravo se ovom zadnjem čimbeniku odnosno faktoru koji uključuje prometnu infrastrukturu odlučila pozabaviti jedna međunarodna udruga pod imenom EuroRAP¹.

1.1 Općenito o EuroRAP-u

EuroRAP je neprofitna udruga registrirana u Bruxellesu koju su formirale automobilističke organizacije i institucije koje upravljaju cestovnom prometnom infrastrukturom kako bi zajednički unapređivali sigurnost prometa na europskim cestama. EuroRAP trenutno okuplja pedesetak članova iz 30 zemalja te čini dio globalne organizacije iRAP² koja djeluje na svim kontinentima izuzev Antarktika. Punopravni EuroRAP (iRAP) članovi zaduženi za provođenje protokola mogu biti isključivo neprofitne i nevladine organizacije te znanstvene institucije kako bi se osigurala objektivnost djelovanja. Društva koja upravljaju cestama, ministarstva kao i ostale zainteresirane strane mogu se pridružiti EuroRAP-u kao tehnički partneri.

Početkom 2005. godine Hrvatski autoklub postao je punopravni član udruge EuroRAP, u to vrijeme kao jedini nacionalni autoklub države koja nije članica EU. EuroRAP podržavaju i vodeći proizvođači automobila te on predstavlja sestrinski program EuroNCAP-u³ u okviru kojeg se provode testovi sudara novih vozila na osnovu kojih im se dodjeljuju zvjezdice za sigurnost. EuroRAP dodjeljuje zvjezdice cestama za sigurnost i

¹ European Road Assessment Programme

² International Road Assessment Programme

³ European New Car Assessment Programme / Europski program procjene novih automobila

izrađuje karte koje pokazuju rizik nastanka prometnih nesreća sa smrtnim posljedicama kao i onih koje uzrokuju po život opasne ozljede. EuroRAP obavlja i specijalne inspekcije tehničkih značajki cesta te ističe poboljšanja koja se mogu provesti na njima kako bi se smanjila vjerojatnost nastanka prometnih nesreća, odnosno smanjila razina stradanja ako ipak dođe do istih. Na našem području naveden protokol provodi Fakulteta prometnih znanosti kao tehnički partner EuroRAP-a i HAK kao nositelj licence za provođenje inspekcija prema protokolima EuroRAP-a.

Tijekom 2009. i 2010. godine provedeni su pilot projekti ocjenjivanja stanja sigurnosti na najkritičnijim prometnicama u Republici Hrvatskoj gdje su rezultati pokazali kako se upravo na dionicama s najvećim brojem smrtnih slučajeva u pravilu javljaju i niske ocjene stanja prema protokolima EuroRAP-a. EuroRAP istraživanja prepoznata su i kroz Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa RH gdje se za naredni period programa (2011-2020) predlaže provođenje dodatnih aktivnosti i sveobuhvatnih istraživanja u sklopu projekta EuroRAP. Za financiranje programa EuroRAP iz Nacionalnog programa sigurnosti prometa na cestama u 2011. godini izdvojena su sredstva dovoljna za provođenje RPS⁴ inspekcija na autocestama A8 i A9 za čije provođenje je zadužen Hrvatski autoklub (HAK).

Rezultat EuroRAP RPS protokola jest ocjenjivanjem zvjezdicama na temelju ekspertnog pregleda ceste procijeniti razinu rizika od smrtnih ili teških ozljeda korisnika cesta prilikom prometne nesreće te ponuditi preporuke i prijedloge konkretnih mjera za smanjenje rizika od nastajanja najtežih posljedica. Ocjene prema EuroRAP RPS2.0 protokolu opisuju u kojoj mjeri infrastruktura ceste utječe na razinu rizika od smrtnih ili teških ozljeda za osobe u automobilu u slučaju kada se prometna nesreća dogodi.

EuroRAP RPS2.0 koristi ocjenjivanje zvjezdicama od 1 do 5 zvjezdica kojima se opisuje razina rizika od smrtnih ili teških ozljeda za osobe u automobilu u slučaju prometne nesreće. Cesta s 1 zvjezdicom tako predstavlja prometnicu visokog stupnja rizika dok cesta s 5 zvjezdica predstavlja prometnicu niskog stupnja rizika. Prilikom ocjenjivanja

⁴ Road Protection Score

uzima se u obzir vjerojatnost događanja prometne nesreće zbog karakteristika prometne infrastrukture kao i zaštita prema osobama u automobilu koju pruža cestovna infrastruktura u slučaju prometne nesreće.

1.2 Filozofija EuroRAP-a

Umjesto uvriježenog mišljenja o dominantnom utjecaju i odgovornosti vozača za nastanak prometne nesreće te posljedično opsega stradavanja, EuroRAP zastupa i promiče novi pristup podijeljene odgovornosti za smanjivanje broja najtežih posljedica prometne nesreće između ceste, vozila i vozača. Zato ga možemo smatrati inovativnim pristupom problemu sagledavanja prometnih nesreća koji zastupa ideju da čovjek - vozač ima pravo na pogrešku, a da je struka ta koja mora ublažiti posljedice njegovih pogrešaka.

Opravedanost takvog pristupa najbolje ilustriraju podaci o stradavanjima vozača motornih vozila na najkvalitetnijim i očekivano najsigurnijim dijelovima cestovne infrastrukture u Republici Hrvatskoj, tj. autocestama. Na cjelovitoj mreži autocesta ukupne duljine 1.240,7 kilometara 2010. godine dogodilo se ukupno 2.691 prometnih nesreća u kojima su sudjelovala 3.412 vozila i poginulo 46 osoba što se na prvi pogled može ocijeniti kao prihvatljivo stanje sigurnosti prometa. Nažalost, opće prihvaćeni pokazatelji stanja sigurnosti prometa na autocestama iskazani kao koeficijent poginulih osoba izražen brojem smrtno stradalih osoba na milijardu vozilo/kilometara za cijelu mrežu autocesta iznosi 8,19 što znatno premašuje koeficijent smrtnosti na europskim autocestama. Suvremene cestovne prometnice pored svih karakteristika modernih prometnica koje omogućavaju postizanje većih brzina kretanja vozila, mirnu i udobnu vožnju, istovremeno moraju pružiti i maksimalnu sigurnost u prometu. Tehnički nedostaci ceste često su uzrok nastanka prometnih nesreća, a oni mogu nastati pri projektiranju cesta i pri njihovoj izvedbi (Slika 1-1). Utjecaj konstruktivnih elemenata na sigurnost prometa dolazi do izražaja pri oblikovanju te pri utvrđivanju dimenzija i konstruktivnih obilježja ceste.



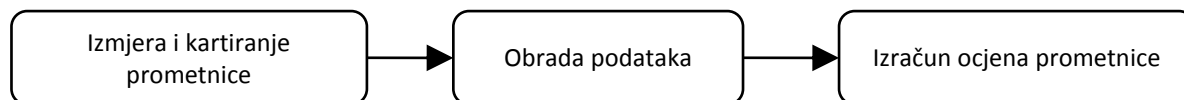
Slika 1-1 Prikaz kritičnih lokacija uz prometnicu

Cestu kao čimbenik sigurnosti prometa obilježavaju mnogobrojni faktori koji uključuju karakteristike trase ceste, tehničke elemente ceste, stanje kolnika, prometnu opremu ceste, rasvjetu ceste, karakteristike raskrižja, utjecaje bočnih zapreka i razinu održavanja ceste. Prometne nezgode nisu jednoliko raspoređene uzduž cijele trase ceste, već su na određenim dijelovima ceste znatno češće. Cilj je istraživanja sigurnosti prometa na cestama otkriti metode čijom bi se primjenom povećala sigurnost prometa, a time i smanjio broj prometnih nesreća. Učestalost prometnih nezgoda na pojedinim dijelovima ceste uvelike ovisi o njezinim nedostacima.

Pri utvrđivanju uzroka učestalosti prometnih nesreća, potrebno je ustanoviti u kojoj mjeri utječe cesta, oprema ceste i njezina okolica na nastanak prometne nesreće ili postoje li i neki drugi uzroci. Opasna mjesta na cesti podrazumijevaju ona mjesta na kojima se događa veći broj prometnih nesreća, s ljudskim žrtvama i velikom materijalnom štetom. Utvrđivanje takvih opasnih mjesta osnova je za njihovo uklanjanje. Detaljna analiza postojeće razine sigurnosti na cesti zahtijeva podjelu promatrane ceste na segmente, odnosno jedinične dionice. dionice na kojima geometrijski elementi trase zadržavaju iste osobine te nema većih promjena u cestovnoj okolini (Dadić, i dr., 2012).

1.3 Tok kartiranja prema iRAP-u

iRAP RPS protokol kodiranja ili kartiranja prometnice se može raščlaniti na tri glavna procesa ili faze (Slika 1-2).



Slika 1-2 iRAP tok kodiranja

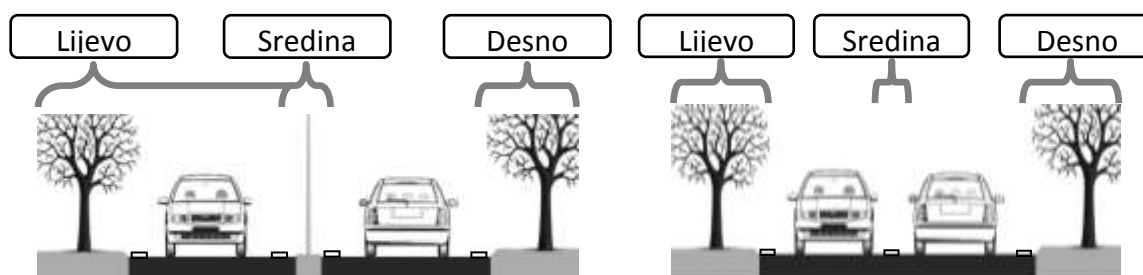
1.3.1 Izmjera i kartiranje

Ova faza podrazumijeva planiranje trase koja će se snimati, snimanje, kartiranje snimljenog te provjeru kvalitete prikupljenih podataka. Planiranje se treba provesti na tako da se prioritet snimanja da onim cestama sa većim postotkom nesretnih slučajeva. Izmjera se provodi prikupljanjem georeferenciranih slikovnih podataka uz pomoć opremljenog vozila, a ti se podatci kasnije upotrebljavaju za uredsko kartiranje prometnice.

Prilikom provođenja snimanja i kartiranja treba voditi računa da se ista pravila ne odnose na sve prometnice. Postoje dva tipa prometnica za koje se provedi prikupljanje podataka:

- Autoceste – dva su traka fizički odvojena zaštitnom ogradom
- Državne ceste – bez fizičkog odvajanja trakova

Autoceste je potrebno snimiti u dva smjera dok to nije slučaj za državne ceste. S obzirom da kartiranje podrazumijeva obuhvaćanje lijevog, srednjeg i desnog dijela prometnice, drugačiji pristup kartiranja se primjenjuje za dva tipa prometnica. Razlika se odnosi na lijevi dio promatrane prometnice. Kod autocesta on obuhvaća susjedni trak za razliku od državnih cesta gdje ne obuhvaća (Slika 1-3).



Slika 1-3 Područja od interesa. Autocesta(lijevo) i državna cesta(desno)

Potvrda o kvaliteti podataka treba biti isporučena zajedno sa prikupljenim podacima. Način provođenja kvalitete nije striktno definiran, međutim institucija koja provodi prikupljanje mora biti uvjerena da su podatci ispravni i spremna prihvatiti rizik da netočni podatci mogu biti odbačeni od strane iRAP-a.

1.3.2 Obrada podataka

U ovom koraku potrebno je konvertirati prikupljene podatke u format koji zahtijeva iRAP sustav kako bi mogao provesti daljnju obradu. Također, tokom ove faze prikupljenim podacima se mogu dodavati i ostali podatci prikupljeni iz drugih izvora kako bi konačni set podataka bio kompatibilan za obradu uz pomoć iRAP modela za ocjenjivanje prometnica.

Faza obrade podataka također služi za kontrolu svih prikupljenih podataka i ispitivanje njihove točnosti.

1.3.3 Izračun ocjena

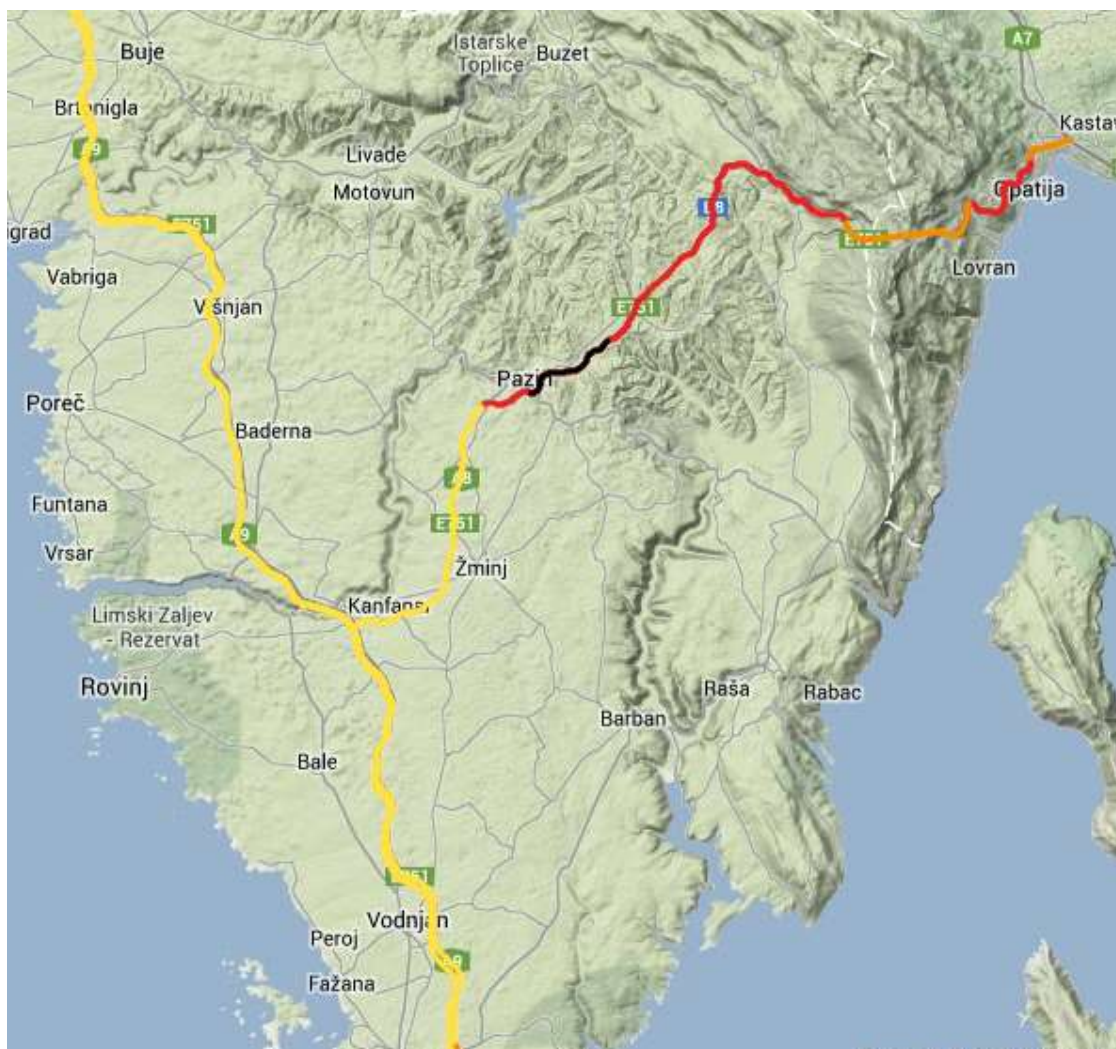
Model za izračun ocjena nije javno dostupan. Cijeli izračun se provodi uz pomoć *iRAP tools* aplikacijskog sustava kojemu se pristupa putem web-a. Sve prikupljene podatke je potrebno učitati u taj sustav. Nakon određenog vremena, sustav će obratiti te podatke. Nadalje, rezultat obrade vidljiv je u unutar sučelja tog sustava.

Sustav nudi uvid u detaljne izvještaje za tražene prometnice i njihove pojedine dionice. U izvještaju se nalaze podatci o količini (km) pojedinog prikupljenog atributa na traženom području, postotku i količini kilometara sa pojedinom ocjenom (Slika 1-4) kao i

kartografski prikaz na kojemu su dionice označen bojom ovisno o ocijeni koja im je dodijeljena (Slika 1-5).

Star Rating	Length (km's)	%
★★★★★	1km	0%
★★★★	188km	65%
★★★	30km	10%
★★	63km	22%
★	6km	2%
	0km	0%
TOTAL	288km	100%

Slika 1-4 Tablični rezultat izračuna ocjena



Slika 1-5 Kartografski prikaz ocijenjenih prometnica

2 Opis realiziranog sustava

Da bi se čitatelju približila tematika koja slijedi u ovom radu prvo je potrebno prezentirati sam proizvod na kojem se rad bazira. U daljnjem tekstu priložen je zadatak na temelju kojega se bazira izrađeno softversko rješenje i dan je pregled realiziranih funkcionalnosti sustava.

2.1 Definiranje zadatka

U svrhu pronalaženja kritičnih odnosno, onih mjesta u cestovnoj infrastrukturi gdje postoji povećani rizik od nastanka teže prometne nesreće Fakultet prometnih znanosti je kao tehnički partner EuroRAP-a trebao provesti kartiranje cestovnih atributa po zadanom protokolu. U tu svrhu traženo je znanje geoinformatičara sa Geodetskog fakulteta sa idejom da se razvije sustav za prikupljanje traženih podataka.

Prethodno navedeni protokol kartiranja je na neki način dosta otvoreno definiran. Naime, EuroRAP je propisao format u kojem se određena cestovna obilježja trebaju prikupljati. Propisano je da će se definirani atributi prikupljati za cestovne segmente od 100m te će oni u određenom CSV⁵ formatu biti proslijeđeni u ovlaštenim osobama EuroRAP-a koje će na temelju toga dodijeliti ogovarajuće ocijene. Kada je rečeno da je protokol otvoreno definiran, ciljano je mišljeno na slobodu koja je dopuštena zaduženoj osobi za prikupljanje traženih podataka. Naime, alat, odnosno sustav i način za prikupljanje tih cestovnih atributa nije strogo definiran od strane EuroRAP-a. Od strane EuroRAP-a preporučeno je koristiti fotografske ili video materijale sa ciljem dobivanja traženih informacija. Takvi multimedijalni materijali zahtijevaju da im se dodijeli i prostorna komponenta čime postaju georeferencirani. Propisano je da vozilo koje provodi snimanja navedenih materijala mora biti opremljeno širokokutnom foto ili video kamerom te je točno definiran preporučeni položaj tog uređaja na vozilu.

⁵ Comma-separated values

Sam sustav za obradu prikupljenih materijala nije eksplicitno definiran. Jedio što se od sustava traži po EuroRAP standardu je mogućnost eksporta prikupljenih cestovnih atributa po 100 metarskim sekcijama koje su osnova za dodjeljivanje sigurnosnih ocjena. Upravo iz ovog razloga određeni elementi kao što su arhitektura, korištene tehnologije i logika razvijenog sustava su proizvoljno određeni i realizirani.

U ovom slučaju odlučeno je da će se sustav prikupljanja podataka bazirati na georefenciranom videu. Takav video zapis može se definirati kao onaj video zapis u kojem je prostorna lokacija kamere kojom je isti snimljen poznata u svakom vremenskom trenutku tog videa. Postoji nekoliko komercijalnih sustava koji su već razvijeni u svrhu prikupljanja podataka po EuroRAP standardu i ono što je odmah primjetno da prikupljanje uz pomoć georeferenciranog videa nije uobičajeno. Ti drugi sustavi uglavnom se baziraju na georefenciranom nizu fotografija snimljenih iz perspektive vozača prilikom vožnje po ciljanoj prometnici. U svim dosad razvijenim sustavima samo prikupljanje podataka provodi operater na temelju vlastite procijene tokom virtualne vožnje traženom prometnicom koja je dostupna putem prethodno snimljenog video zapisa ili iz drugog izvora. Očita prednost upotrebe videa naspram georefenciranih fotografija je mogućnost pružanja operateru kontinuiranog niza vizualnih podataka. Na taj način operater dobiva realniju predodžbu prostora kojeg promatra, a i zamor nastupa kasnije. Takvi uvjeti rada rezultiraju bržem i točnijem provođenju kartiranja tražene dionice.

Sa idejom da bi se podatci koje operater prikupi iz snimljenog videa prometnice bili što točniji donesena je odluka da će se traženi podatci prikupljati za 10, a ne 100 metarske sekcije kako je propisano po protokolu EuroRAP-a. Tako prikupljeni podatci kasnije će se generalizirati u 100 metarske sekcije kako bi sustav bio kompatibilan sa propisanim protokolom. Prednost manjih sekcija osim očite točnosti je mogućnost preciznijeg informiranja tehničara koji će obavljati sanaciju kritičnih segmenata o samom položaju traženog segmenta. Kako bi se pojedinim 10 metarskim segmentima mogli dodijeliti traženi atributi, aplikacija mora imati razvijenu logiku koja će u svakom vremenu videa znati na kojem segmentu se vozilo nalazi te tom određenom segmentu dodjeljivati attribute koje operater odredi.

Podatci koji se prikupljaju, a o kojima se toliko priča još nisu niti navedeni. Naime, riječ je o 35 grupa podataka, svaka grupa sadrži nekoliko atributa. Kada se sagleda ukupan broj, radi se o 164 atributa. Detaljnije informacije o kartiranim atributima dostupne su među priložima pod nalovom „Popis kartiranih atributa“.

2.2 Opis funkcionalnosti sustava

Slika 2.1 i 2.2 predočuju izgled korisničkog sučelja izrađene aplikacije. Ti prikazi dani su u svrhu kako bi daljnji tekst bio razumljivi.



Slika 2-1 Prikaz glavnog korisničkog sučelja

Slika 2-1 prikazuje glavni, ujedno i jedini prozor aplikacije u kojemu se događa sva interakcija sa korisnikom. Do tog dijela aplikacije dolazi se nakon provjere autentičnosti korisnika pomoću njegovog korisničkog imena i lozinke. Svakom korisniku sustava dodijeljeni su oni video zapisi koje taj korisnik može uređivati. Svaki video zapis unutar aplikacije obuhvaćen je kao zaseban projekt. Prostorno rasprostiranje takvog projekta definirano je GPS točkama čije su koordinate prikupljene paralelno uz video snimak tokom inspeksijskog snimanja prometnice. Za slučaj istarskog ipsilona riječ je o 10 projekata koji pokrivaju dionice A8 i A9. O detaljima vezanih uz problem dodjeljivanja prostornog obuhvata pojedinom projektu biti će govora u daljnjem tekstu.

U donjem dijelu korisničkog sučelja (element 1) vidljivi su atributi koje operater tokom provođenja kartiranja mora dodijeliti pojedinim 10 metarskim segmentima. Kako bi unošenje atributa bilo što lakše, implementirana je mogućnost da se pojedine grupe atributa mogu premještati unutar prozora aplikacije te je zamišljeno da si svaki operater proizvoljno namjesti položaj grupa koje su mu u određenom trenutku od interesa. U desnom dijelu sučelja (element 2) nalazi se kontrola za mijenjanje brzine kojom se video kreće radi olakšavanja unosa atributa po definiranim segmentima trase te kontrola za skok na određeni segment koji korisnik definira.

Ispod navedenih kontrola (element 3) nalazi se skoro pa najznačajniji dio sučelja – informacije o trenutnom segmentu na kojem se vozilo nalazi. Informacije sačinjavaju podatak o bročanom identifikatoru pojedinog segmenta unutar aktivnog video projekta kao i grafički prikaz atributa koji su trenutno zabilježeni za taj segment.



Slika 2-2 Prikaz korisničkog sučelja dok su atributi sakriveni a prikazan je kartografski prikaz položaja vozila na prometnici za koju se vrši kartiranje

U lijevom dijelu sučelja (element 4) nalaze se kontrole za manipulaciju projektom, kao što su otvaranje novog projekta, spremanje promijenjenog stanja, eksport trenutnog stanja projekta i dr. Unutar tih kontrola nalazi se i kontrola za prikazivanje kartografskog prikaza. Na tom prikazu vidljiv je onaj dio prometnice koji je trenutno u postupku kartiranja kao i položaj te orijentacija vozila u trenutnom vremenskom trenutku videa

(Slika 2-2). Kako video napreduje prema naprijed i položaj vozila na karti mijenja svoj položaj sukladno o prostornom položaju na kojem se u tom trenu nalazi vozilo. Taj položaj se određuje na temelju skupa GPS podataka koji su prikupljeni paralelno uz video zapis prometnice.

2.2.1 Kontrola projekata

U gornjem lijevom dijelu aplikacijskog korisničkog sučelja pozicionirane su kontrole za manipulaciju aktivnim projektom (Slika 2-1). Kontrole za manipulaciju se manifestiraju kao izbornik za odabir aktivnog projekta, kontrola za spremanje i eksport trenutnog stanja projekta, kontrola za eventualno osvježivanje video objekta te kontrola koja služi za prikaz trenutne lokacije vozila na kartografskoj podlozi. U izborniku za odabir projekta dodano je i nekoliko drugih korisnih funkcionalnosti. Tako se na primjer u tom izborniku nalazi modul za skrivanje i prikazivanje pojedinih atributnih skupina. Ova je funkcionalnost korisna je onda kada korisniku pojedine skupine atributa nisu potrebne i zagušuju aktivni prostor aplikacije. U izborniku se isto nalazi alat za automatsko bilježenje određenih skupina atributa na definiranim segmentima trase. Ovaj se alat pokazuje koristan u onim situacijama kada je korisnik unaprijed svjestan da će se pojedini atribut prostirati uzduž cijelog projekta. Primjer takvog atributa je broj pješačkih staza uz autocestu, naime tih staza nema uz taj tip prometnice te operater svuda može staviti atribut '*Bez pješačke staze*'. U sustav je isto implementiran alat sličan prethodnom - alat za dodjeljivanje imena dionice 10 metarskim segmentima ovisno o dionici na kojoj se nalazi. Primjer imena dionice je '*Kanfanar – Žminj*'.

2.2.2 Unos atributa

Aplikacija omogućuje unos pojedinačnih atributa za svaki promatrani segment autoceste. Zaustavljanjem videozapisa na svakom segmentu autoceste s uključivanjem/isključivanjem pojedinih atributa moguće je zabilježiti sve relevantne geometrijske i prometno – sigurnosne karakteristike poprečnog i uzdužnog profila promatrane trase. Za svaki promatrani segment na temelju GPS sustava su utvrđene prostorne koordinate čime je omogućeno precizno lociranje svih potencijalno opasnih mjesta uzduž promatrane trase.

Atributi koji su propisani od strane EuroRAP-a podijeljeni su u 35 atributnih skupina za označavanje karakteristika prometnice. Svaka skupina sadrži nekoliko atributa i u konačnici to čini 164 različita atributa (vidi prilog „Popis kartiranih atributa“) koja je potrebno adekvatno dodijeliti danim 10 metarskim segmentima.

Sustav operatoru omogućava istovremeno bilježenje novih atributa i editiranje postojećih. Funkcija koju taj zahtjev definira se može nazvati *'Edit mod always on'*. Kako bi se taj zahtjev ispravno ostvario i da bi se zadržao uvjet da na pojedinom segmentu nije moguće da se nalaze dva atributa iz iste skupine bilo je potrebno osmisлити adekvatnu aplikacijsku logiku koja će taj zadatak uredno obavljati. Detalji o tom postupku biti će kasnije izneseni.

Kroz korisničko sučelje operater ima mogućnost dodavati nove attribute tako da pritisne na željeni atribut u ispravnom trenutku.

2.2.3 Eksport atributa

Aplikacija bilježi uključene attribute za svaki segment autoceste te omogućava tablični prikaz zabilježenih podataka. Za svaki segment autoceste u tablici se bilježe broj i stacionaža svakog segmenta, njegove geografske koordinate te identifikacijski broj uključenog atributa u svakoj od 35 definiranih skupina prema iRAP standardima. Ukoliko na određenim segmentima autoceste u pojedinim skupinama nije uključen niti jedan atribut, ćelije tih atributnih skupina na tim segmentima ostaju prazne.

Tablica 2-1 prikazuje primjer kako izgleda dio generiranog eksporta za pojedini projekt. U ne generaliziranom obliku ta tablica sadrži onoliko redaka koliko je 10 metarskih segmenata u pojedinom projektu i onoliko kolona koliko ima atributnih skupina plus dodatne opisne kolone koje dopunjavaju informaciju o geografskom položaju segmenta.

Tablica 2-1 Generaliziran prikaz eksporta atributa za pojedine cestovne segmente

Subsection part	Distance	Start_x	Start_y	Speed Limit	Curvature	Number of Lanes
0	1417.5	3.622895	45.454385	60km/h	Straight or gently curving	One
1	1427.5	13.622780	45.454346	60km/h	Straight or gently curving	One
2	1437.5	13.622666	45.454305	60km/h	Straight or gently curving	One
3	1447.5	13.622554	45.454262	60km/h	Straight or gently curving	One
4	1457.5	13.622442	45.454219	60km/h	Straight or gently curving	Other differs

5	1467.5	13.622334	45.454170	60km/h	Straight or gently curving	Other differs
---	--------	-----------	-----------	--------	----------------------------	---------------

Iako po protokolu EuroRAP-a ovakav tip eksporta nije službeno propisan odlučeno je da će sustav koristiti ovakav tip izlaznih podataka. Propisani protokol nalaže da su podatci dostupni u formatu CSV koji je iz ovakve tablične forme jako lako za generirati i iskoristiti u iRAP tools aplikaciji. Prikaz u tabličnom formatu osigurava preglednost i na ovaj je način lako predočiti koliki je dio pojedinog projekta uspješno kartiran.

2.2.4 Video kontrola

U sam centar sučelja smješten je i fiksiran video prikaz na temelju kojega operater donosi odluke o atributima koje dodjeljuje. Osim što operateru dozvoljava procjenjivanje određene virtualne prometne scene, video objekt važan je da obavještava aplikaciju o svakoj promjeni vremena (tzv. *timeupdate*). Aplikacija na tu promjenu vremena reagira na način da pokuša ustanoviti 10 metarski segment na kojemu se vozilo nalazi. Ako se ustanovi da je novo određeni segment drugačiji od onog prethodnog koji je prije bio aktivan, u desnom dijelu sučelja bit će napisan identifikacijski broj tog segmenta i dogoditi će se radnje vezene uz kartiranje atributa. Detaljnije o ovom postupku bit će kasnije objašnjeno. Za navedeni video objekt osigurane su klasične kontrole kakve ima većina softvera za pregled videa. Riječ je kontrolama za pauziranje videa i traci koja vizualizira dosadašnji napredak videa. Interakciju sa videom moguće je ostvariti i uz pomoć tipkovnice. Pokretanje i pauziranje izvedivo je pritiskom na tipku sa razmak, a precizno vremensko pomicanje videa ostvarivo je strelicama.

Također, korisniku je bilo potrebno pružiti neku mjeru ili pokazatelj na temelju kojega će bazirati svoja opažanja. Tako da je kao zaseban sloj preko videa stavljena horizontalna linija koja služi kao vizualni orijentir (Slika 2-2). Svrha te linije je konzistentnost prilikom bilježenja atributa, a njeno korištenje zamišljeno je na način da operater zabilježi određeni atribut na sceni onda kada se linija i traženi atribut nađu u prijeklopu. Iako se ta linija ne bi u prostor preslikala kao horizontalna, zbog korištenja širokokutne kamere prilikom snimanja određene trase, njena funkcija je zadovoljena.

2.2.5 Kartografski prikaz

Kako bi geo ili prostorna komponenta ovog sustava bila što lakša za predočiti korisniku, odnosno kako bi korisnik dobio prostornu predodžbu o ambijentu na kojeg se video snimak odnosi, u aplikacijsko sučelje dodana je opcija da se korisnu prikaže trenutna lokacija vozila koje provodi nadzorno snimanje prometnice. Uz lokaciju vozila na kartografskoj podlozi prikazan je onaj dio prometnice koji je obuhvaćen video snimkom. Radi smislenosti prikaza, markeru koji obilježava lokaciju dodan je i prikaz vektora smjera kretanja.

Kao i većinu ostalih elemenata implementiranog korisničkog sučelja ovako prikazanu kartu dozvoljeno je povećati ili smanjiti po želi te je pomaknuti bilo gdje unutar okvira sučelja. Nakon što je provedeno kartiranje aplikacija gubi u načelu primarnu funkciju dodjeljivanja atributa i postaje alat za pregledavanje prethodno kartiranih elemenata. U završnoj fazi evaluacije pojedine cestovne mreže, od službene iRAP organizacije se dobiva KML⁶ prikaz snimljenih prometnica. Pošto su ocjene razine sigurnosti utvrđene na segmentima autoceste duljine od 100 m i 2 km i sam KML se sastoji od više linijskih segmenata gdje je svakome dodijeljena i pravovaljana ocjena. S obzirom da je KML prostorni zapis nekih podataka i s obzirom da je takve podatke idealno za iskoristi u aplikaciji kao alatu za pregled snimljenih atributa, dobiveni KML je moguće pregledavati na kartografskom prikazu unutar aplikacije.

⁶ Keyhole Markup Language – format za razmjenu prostornih podataka

3 Korištene tehnologije

Zbog nekoliko prednosti i želje za upoznavanjem sa novim tehnologijama te težnjom da se napravi EuroRAP sustav kakav još nije napravljen, odlučeno je da će traženi sustav biti realiziran kao web HTML5 aplikacija. Izabrana tehnologija daje visoke performanse sustavu i time osigurava bolji tok rada. Izrađeni sustav traži određenu dozu interaktivnosti putem koje bi operater koji provodi kartiranje što lakše mogao dodavati i editirati attribute od interesa. Takav zahtjev traži pametno dizajnirano i intuitivno osmišljeno korisničko sučelje koje je lako za koristiti. Tehnologija HTML5 je odabrana iz razloga jer je osmišljena da daje dobra rješenja visokih performansi za takve zahtjeve, a također je bitno da nudi podršku za video visoke rezolucije (HD video) koji je na neki način polazišna točka razvijenog sustava.

Za serversku aplikaciju sustava odabrana je biblioteka (*engl. library*) pisana programskim jezikom Python pod nazivom Flask, Nginx je zbog brzine posluživanja datoteka korišten kao web poslužitelj za *streaming* video zapisa i posluživanje ostalih „teških“ resursa kao što su slike. Za spremanje svih prostornih podataka kao i kartiranih atributa i podataka vezanih uz prometnu infrastrukturu koja se snima, korištena je baza podataka PostgreSQL sa prostornom ekstenzijom PostGIS. JavaScript kao standardni skriptni jezik web preglednika korišten je za glavninu aplikacijsko-klijentske logike. Radi lakšeg manipuliranja video zapisom na klijentskoj strani korištena je biblioteka pisana programskim jezikom JavaScript - PopcornJS, a za prikaz trase koja je objekt snimanja i trenutni položaj vozila na njoj korištena je biblioteka LeafletJS uz određene elemente koji se poslužuju pomoću Geoserver-a.

3.1 Python

Python je programski jezik koji je 1990. godine prvi razvio Guido van Rossum. To je objektno orijentirani, interaktivni i interpreterski jezik kojeg su od 2000. godine prihvatile i ugledne institucije kao što su MIT, NASA, IBM, Google (Wikipedia). Koristeći Python nećete naići na nove i revolucionarne ideje i rješenja u programiranju već ćete na jednome mjestu imati na optimalan način ujedinjene ideje i načela rada mnogih

drugih programskih jezika. On je snažan i jednostavan istodobno jer je spoj tradicionalnih skriptnih jezika i sistematskih jezika pa na taj način omogućuje programeru lakšu orijentiranost na problem s obzirom da zahtjeva manje razmišljanja o samom jeziku. Potrebno je još napomenuti kako je Python besplatan (za akademske ustanove), open-source softver s izuzetno dobrom potporom, literaturom i dokumentacijom.

Za veću funkcionalnost Pythona i lakše korištenje istoga potrebno je dodatno instalirati pojedine biblioteke. Za potrebe izrade sustava koji se opisuje dodatno su korištene GDAL i Shapely biblioteke koji omogućavaju rad i manipulaciju s datotekama prostornih podataka i samim prostornim podacima. Također je korištena i Flask biblioteka koja služi za i izradu i posluživanje web sadržaja.

3.2 PostgreSQL i PostGIS

PostgreSQL je open-source objektno-relacijski sustav baza podataka. Kao jezik za dohvat podataka koristi SQL, a može koristiti i većinu skriptnih programskih jezika kao što su Perl, Python i Ruby. Već ugrađeni jezik je PL/pgSQL koji je sličan proceduralnom jeziku PL/SQL koji se koristi u Oracle bazama podataka. Sadrži gotovo sve mogućnosti iz SQL:2008 standarda te je po tome najpotpunija open-source relacijska baza podataka.

PostgreSQL ne sadrži podršku za upravljanje prostornim podacima, ali PostGIS dodatkom dobiva i tu mogućnost. PostGIS je dodatak koji PostgreSQL bazi podataka dodaje mogućnost za upravljanje prostornim tipom podataka te se tada može smatrati bazom prostornih podataka. PostGIS je u skladu sa "Simple Features for SQL" specifikacijom predloženom od "Open Geospatial Consortiuma".

Kada je PostGIS instaliran u tablice PostgreSQL baze podataka, može se dodati polje tipa "geometrija" (geometry) koje može sadržavati točke, linije, poligone ili kolekciju navedenih objekata. Kako bi sve to imalo smisla, potrebno je koristiti neke od visoko optimiziranih PostGIS funkcija za upravljanje tim podacima. To se postiže SQL upitima koji sadrže funkcije za manipulaciju geometrijskim poljima. Postoji nekoliko tipova takvih funkcija kao što su:

- konstruktori geometrije (za stvaranje geometrijskih polja),
- funkcije za dohvaćanje svojstava ili pojedinih elemenata geometrijskih polja
- funkcije za uređivanje geometrijskih polja
- funkcije za konverziju geometrijskih polja u neki od izlaznih formata (WKB, WKT, GML, GeoJSON, KML, SVG, GeoHash)
- funkcije za mjerenje i odnose između geometrijskih polja.

Prva inačica PostGIS-a je objavljena 2001. godine od strane Refrations Research kompanije pod GNU GPL licencom. Ključan trenutak dogodio se 2006. go-dine kada je PostGIS dobio certifikat od Open Geospatial Consortiuma da je potpuno u skladu sa "Simple Features for SQL" specifikacijom.

3.3 GeoServer

Geoserver je poslužiteljska aplikacija otvorenog koda napisana u programskom jeziku Java, čija je svrha posluživanje i uređivanje prostornih podataka (Geoserver). Ova poslužiteljska aplikacija je izrađena s kompatibilnošću i iskoristivošću kao glavnim ciljevima. Prostorne podatke poslužuje u popularnim i standardiziranim rasterskim i vektorskim slikovnim oblicima kao što su, primjerice, SVG, PNG, GML i slični. Posluživanje se vrši preko danas vrlo zastupljenih protokola za rad s prostornim podacima, poput WMS-a, WFS-a, WCS-a i ostalih.

Mogućnosti ovog poslužitelja su izrađenom sustavu iskorištene za prikazivanje ocijenjenih dijelova prometnica. Ocijenjeni dijelovi prometnica predstavljaju linijske prostorne objekte kojima je pridružena ocjena. U ovom slučaju, tih je prostornih objekata mnogo i njihovo vektorsko prikazivanje u Internet pregledniku bi zauzelo većinu dostupnih memorijskih resursa što bi rezultiralo sporom, a time i neugodnom za korištenje korisničkom sučelju. Iz tog razloga ti su podatci posluženi rasterskom formatu. Navedeni raster je svaki puta dinamički generiran uz pomoć Geoservera koji podatke čita iz PostgreSQL baze podataka proširenom PostGIS ekstenzijom.

3.4 HTML5

HTML5 nije zasebni proizvod ili tehnologija, nego je to skup značajki, tehnologija i API-a koji donose snagu stolnih (*engl. desktop*) programa i živost multimedijalnih sadržaja u Internet preglednike, istovremeno naglašavajući glavne prednosti web-a, interaktivnosti povezanost (HTML5rocks, 2010).

HTML5 predstavlja kombinaciju pete verzije HTML sintaksnog jezika, CSS3 i nekoliko novih JavaScript API-a. Zajedno, te tehnologije dozvoljavaju izradu kompleksnih sustava i programa koji su dosad bili samo izvedivi samo na stolnim platformama. HTML5 ne pripada niti jednoj kompaniji ili specifičnom Internet pregledniku. HTML5 tehnologija izrađena zahvaljujući zajednici entuzijastičnih ljudi zainteresiranih za unaprjeđenje web-a i skupini tehnoloških giganta kao Google, Microsoft, Apple, Mozilla, Facebook, IBM, HP, Adobe i drugi. Zajednica i skupina giganta i dalje razvija i nastavlja sa idejom razvijanja jedinstvenih web standarda kako bi sve mogućnosti weba što više zaživjele. Ova nova generacija web sustava može pogoniti zahtjevna grafička sučelja, raditi offline, spremati veliku količinu podataka u sam preglednik, brzo izvoditi kompleksna računanja te dovoditi kolaborativni rad i interaktivnost na novu razinu.

Osim širokih mogućnosti koje HTML5 pruža za izradu korisničkog sučelja, u ovom radu je korišten i HTML *video* element. Uz pomoć njega moguće je reproducirati video sadržaj unutar Internet preglednika bez potrebe za zasebnim dodatcima. Prednost je laka upravljivost videa uz pomoć JavaScripta. Navedeni skriptni jezik ima ugrađene funkcionalnosti za pomicanje videa, usporavanje, pauziranje i dr. Isto tako, taj video element može obavještavati određenu JavaScript funkciju za svaku njegovu promjenu vremena – tzv. *timeupdate event*.

3.5 JavaScript

JavaScript je objektno orijentirani, skriptni programski jezik koji se izvršava na klijentskoj strani u Internet pretraživaču. Pruža poboljšano korisničko sučelje i dinamičke Internet stranice. Originalno je razvijen od strane Brendana Eich-a iz tvrtke Netscape pod imenom Mocha, zatim je preimenovan u LiveScript, a na kraju u JavaScript. LiveScript je

bilo službeno ime jezika kada ga je Netscape Navigator 2.0 objavio u rujnu 1995.g. kao beta verziju, no preimenovan je u JavaScript u prosincu iste godine kao posljedica dogovora između Sun Microsystems i Netscape-a (Wikipedia).

Jedna od najčešćih zablude je da je JavaScript pojednostavljena verzija Java programskog jezika koji je kreiran od strane Sun Microsystems-a. Sintaksno, JavaScript podsjeća na Javu u programskim konstrukcijama kao što su npr. while petlja ili && operator. No ova dva jezika nisu nikako povezana, iako su sintaksno donekle slični.

Osnovni JavaScript jezik podržava primitivne vrste podataka kao što su brojevi, znakovi i Boolean vrijednosti. Također uključuje podršku za polja, datume i objekte za regularne izraze. JavaScript se izvršava na klijentskoj strani jer je njegov prevoditelj uključen u Internet pretraživač. Ovo je i najčešći oblik upotrebe JavaScript-a, stoga je proširen sa objektima koji dopuštaju skripte za interakciju sa korisnicima i kontroliranje Internet pretraživača i dokumenata u njemu. Ovako orijentirani jezik kombinira mogućnosti skriptiranja JavaScript interpretera sa Document Object Model-om⁷ (skraćeno DOM) koji je definiran od strane Internet pretraživača. Dokumenti mogu sadržavati skripte, a one mogu koristiti DOM za mijenjanje dokumenata ili kontroliranje Internet pretraživača koji prikazuje dokument. Drugim riječima, JavaScript daje dinamiku statičnim Internet sadržajima, a u nastavku je navedeno nekoliko primjera (Flanagan, 2006):

- Stvaranje vizualnih efekata koji vode korisnika i pomažu mu u navigaciji na Internet stranici
- Sortiranje stupaca tablice za pojednostavljenje pretrage,
- Sakrivanje određenog sadržaja i njegovo postupno prikazivanje korisniku,
- Direktna komunikacija s poslužiteljem što omogućava prikaz novih informacija bez osvježavanja stranice.

⁷ DOM – je API za manipuliranje ispravnih HTML dokumenata unutar Internet pretraživača. Omogućava real-time traženje, dodavanje, brisanje i modificiranje njegovih elemenata.

Osim što se koristi u Internet pretraživačima, JavaScript može biti uključen i u druge aplikacije, tako da pruži korisnicima podršku za prilagođavanje aplikacije svojim potrebama. Primjerice, Mozilla Firefox koristi JavaScript skripte za kontroliranje korisničkog sučelja, pa i prikazivanje PDF datoteka.

Tokom razvoja ovog web sustava, korišteno je nekoliko javascript biblioteka kako bi se omogućile neke operacije za interaktivni kartografski prikaz, a i olakšale operacije za dinamičko manipuliranje korisničkog sučelja.

3.5.1 jQuery

Iako se razvijeni sustav za kartiranje elemenata prometne infrastrukture bazira na novoj HTML5 tehnologiji, koja implementira mnoge korisne JavaScript funkcije, bio je potrebno koristiti biblioteku koja normalizira ponašanje JavaScripta na svim Internet preglednicima. U tu svrhu je korištena biblioteka jQuery.

Službeni jQuery slogan glasi: "Piši manje, učini više". Web programer ne bi trebao potrošiti sate na rješavanje hirova pojedinih web preglednika i različitih postupaka u JavaScriptu za postizanje istih ciljeva. Tome služe gotove JavaScript biblioteke funkcija, pa samim tim i jQuery. Web programer treba se baviti samo postizanjem željenog rezultata na što je moguće jednostavniji način (jQuery, 2006). Stvari koje su uvelike olakšanje zahvaljujući ovoj biblioteci su stvari i one stvari koje se najčešće koriste prilikom izrade dinamičkog korisničkog sučelja:

- manipuliranje HTML dokumentom
- kontroliranje HTML događaja (eng: events)
- provođenje asinkronog dohvaćanja podatka, AJAX⁸
- animiranje HTML elemenata

⁸ Asynchronous JavaScript and XML

3.5.2 LeafletJS

Leaflet je moderna, open-source biblioteka za prikazivanje interaktivnih karata u stolnim i mobilnim web preglednicima. Izvorni tvorac je Vladimir Agafonkin. Međutim, biblioteka je uvelike profitirala od dobrih programera open-source zajednice koji su pridonijeli mnogim svojim idejama i dodatcima.

Neke od mogućnosti koje ova biblioteka donosi u Internet preglednik su prikazivanje *Tiled layers* kao npr. javne OSM karte, dodavanje vektorskih oblika na baznu podlogu karte, implementacija karata posluženih WMS protokolom, grupiranje slojeva i prikazivanje GeoJSON elemenata (Leaflet, 2012).

3.5.3 JSON

JSON format je izvorno specificirao i popularizirao Douglas Crockford. Službeni format JSON datoteke na Internetu (engl. Internet media type) je *application/json*, a ekstenzija tekstualne datoteke je **.json*.

JSON format se često koristi za konverziju i prijenos strukturiranih podataka preko mreže. Primarno se koristi za prijenos podataka između poslužitelja i Internet aplikacije, kao alternativa XML-u (Wikipedia).

Primjer jednostavnog JSON dokumenta:

```
{
  "geodata": [
    {
      "timeoffset": -1.0
    }, {
      "coordinates": [15.54715, 45.5115015],
      "time": 0.0
    }, {
      "coordinates": [15.547164, 45.5114785],
      "time": 0.5
    }
  ]
}
```

4 Tok izrade

Kao i za svaki tehnološki projekt za koji se traži određeno rješenje i za ovaj je projekt prvo bilo potrebno definirati problem. Slijedeći korak bio bi okvirno postavljanje izvedivih funkcionalnosti koje bi tvorile rješenje i odabir tehnologije kojima su te funkcionalnosti ostvarive.

Kako bi se navedeno pametno provelo, tok izrade potrebno je raščlaniti na nekoliko manjih cjelina ili faza. Generalno možemo reći da se radi o:

- fazi prikupljanja podataka,
- fazi osmišljavanja aplikacijske logike u koju je uključena i obrada podataka i
- konačnoj radnji koja objedinjuje prethodno provedene postupke – izrada aplikacijskog rješenja.

4.1 Prikupljanje podataka

Prikupljanje podataka u slučaju ovog projekta odnosi se na dobavljanje video materijala i odgovarajućih prostornih podataka koji opisuju snimljenu prometnicu. Taj proces se može podijeliti u dvije jednostavne faze. Prva faza podrazumijeva definiranje tehnoloških pomagala i dopunskih informacija uz pomoć kojih će spomenuti zadatak biti što lakše i što optimalnije odraditi po pitanju točnosti i troškova, dok druga faza uključuje planiranje i provođenje terenskog i uredskog prikupljanja podataka.

4.1.1 Tehnološka pomagala

Zbog visoke rezolucije snimanja, oštine slike pri raznim terenskim uvjetima, širokokutne leće, robusnog kućišta, baterije dugog vijeka i lakog korištenja donesena je odluka da će se snimanje prometnica provoditi *GoPro Hero 2* video kamerom. Paralelno uz video snimak potrebno je prikupljati informacije o položaju vozila koje vrši snimanje. Na mnogim primjerima je pokazano da je u tu svrhu najbolje koristiti GNSS prijemnike. Tako je i za ovaj projekt odlučeno da zadovoljavajuću točnost i dostupnost GNSS signala može osigurati ručni GPS uređaj *Garmin 60st* te je taj uređaj i odabran kao glavni i jedini izvor

za terensko prikupljanje prostornih podataka u sklopu ove studije. Tokom provođenja snimanja, odabrana kamera je u zaštitnom kućištu učvršćena na krov vozila sa namjerom da se što više uklone vibracije tokom vožnje i da ima dobar pregled ceste (Slika 4-1). Tokom cijelog procesa snimanja, unutar vozila je uživo praćen snimak koji kamera daje da se izbjegnu slučajevi kada kamera iz nekog razloga prestane ispravno funkcionirati. Treba paziti na eventualne nalete kukaca ili kapljica vode na leću kamere koji rezultiraju lošom ili neupotrebljivom video snimkom.



Slika 4-1 Terensko vozilo opremljeno kamerom i GPS prijamnikom

4.1.2 Terensko prikupljanje podataka

Kako je i navedeno, glavnina prikupljanja podataka provodi se snimanjem video zapisa tražene prometnice i paralelnog prikupljanja položajnih informacija dobivenih pomoću GNSS prijemnika. Navedeno zahtijeva izlazak na teren, a općenito kada je se radi o terenskim radovima potrebno je pripremiti plan rada. Pripremljeni plan podrazumijeva definiranje trase kojom mora proći vozilo opremljeno kamerom i GPS-om. Zbog kasnije obrade podataka, odlučeno je da snimljeni zapisi ne premašuju vremensko trajanje od pola sata (30 min). Naime kraći video zapisi ne usporavaju rad aplikacije, skraćuju vrijeme obrade i pružaju veću mogućnost fleksibilnosti. Generalizirani plan snimanja predložen je u nastavku (Slika 4-2).



Slika 4-2 Prikaz Istarskog poluotoka sa ucrtanim prometnicama A8 i A9 te provedenim planom snimanja

Traženu zona obuhvata definiraju autoceste Istarskog ipsilona, A8 i A9. Ukupna duljina video materijala prikupljenog inspekcijskim snimanjima je 3h i 47min, a podrazumijeva 10 zasebnih video datoteka. Radi smanjenja veličine video datoteka, svaka je datoteka kodirana pomoću H264 kodeka u .mp4 format. Nakon procesa prekodiranja u novi format ukupna veličina video datoteka na tvrdom disku iznosila oko 15GB.

Informacije o zonama obuhvaćenih snimanjem dane su u prilogu:

A8 Matulji – tunel Učka – čvor Rogovići (do punog profila) - Kanfanar

1. Matulji – tunel Učka 11,00 km
2. Tunel Učka – čvor Rogovići 30,00 km
3. Čvor Rogovići – čvor Kanfanar 23,90 km

Ukupno: 64,90 km / 1 smjer

A9 Umag – Kanfanar - Pula

1. Umag – čvor Kanfanar 49,2 km
2. Čvor Kanfanar - Pula 27,7 km

Ukupno: 76,9 km / 1 smjer ili 151,90 km puni profil (bez mosta Mirna duljine 1355 m i vijadukta Limska Draga duljine 552 m)

Potrebno je napomenuti da su terensko prikupljanje podataka proveli tehnički stručnjaci sa Prometnog Fakulteta koji već imaju dosta iskustva sa snimanjem prometnica video kamerom.

4.1.3 Prikupljanje dopunskih prostornih informacija o prometnicama

Prostorni podatci prikupljeni ručnim GNSS prijemnikom pružaju jedan određeni stupanj točnosti. Prijemnici tog ranga, opće poznati kao osobni GPS uređaji, osiguravaju točnost horizontalnog pozicioniranja od 10-15m. Ta točnost naravno da ovisi o kvaliteti signala satelita te će u nekim slučajevima prikrivenog horizonta ili nedovoljne elevacije satelita ona biti još više opterećena pogreškama. Isto tako, ti uređaji ne osiguravaju stopostotan prijem signala te se na nekim područjima može očekivati prekid bilježenja lokacije vozila. Također, ukoliko se vozilo koje vrši snimanje zaustavi, prikupljena GPS mjerenja će sadržavati tzv. šum koji se manifestira kao puno prikupljenih točaka koje bi trebale predstavljati jedinstvenu lokaciju, a to ne čine. Iz navedenih razloga, u svrhu dobivanja što točnijih i upotrebljivijih podataka, nije preporučljivo slijepo se pouzdati isključivo se na podatke dobivene putem ručnog GPS uređaja.

Iz priloženog je lako zaključiti da je GPS podatci ne mogu predstavljati vjerodostojan model prometnica u ravnini. Za definiranje što pouzdanijeg prostornog obuhvata svakog snimljenog video zapisa korišteni su vektorski podatci preuzeti sa OpenStreetMap-a. Preuzeti vektorski sloj će se u daljnjem tekstu spominjati kao simetrala. Nadalje, simetralu je bilo potrebno topološki urediti kako bi daljnja obrada, koja uključuje linearno referenciranje i pronalaženje najkraćeg puta, tekla nesmetano i bez pogrešaka.

Linearno referenciranje je relativno pozicioniranje točke uzduž linije. Lokacija točke je opisana omjerom dvaju dužina odnosno brojem od 0 do 1. Jedna dužina predstavlja udaljenost točke od početka uzduž te linije dok je druga dužina ukupna dužina te linije.

4.2 Aplikacijska logika i obrada podataka

Iako izrada intuitivnog, fleksibilnog i lako iskoristivog korisničkog sučelja zahtijeva određenu dozu znanja iz tog područja, u ovom radu taj postupak neće biti posebno obrađen. Veća pažnja biti će posvećena rješavanju geoinformatičkih problema i drugih prepreka koje su specifične za ovaj projekt. Kao neki od geoinformatičkih problema, na koje se naišlo tokom izrade sustava, mogu se navesti slijedeći:

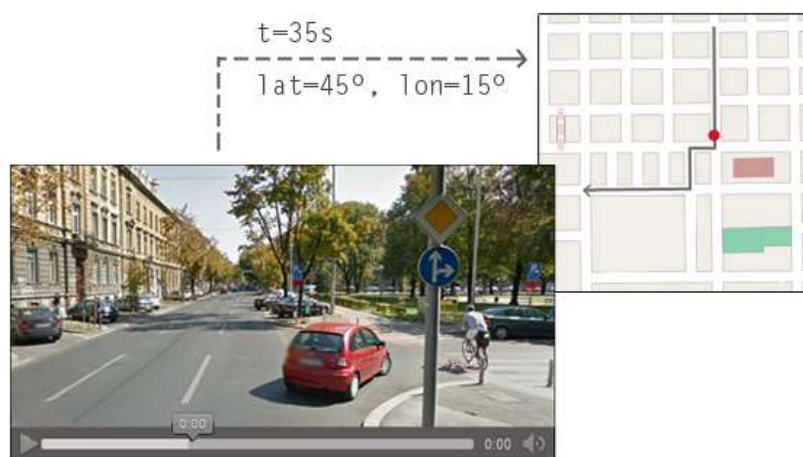
- Izrada georeferenciranog video zapisa
- Definiranje prostornog obuhvata odnosno trase za svaki snimljeni video zapis
- Podjela trase na 10 metarske segmente,

Dok se kao značajniji općeniti logičko/programerski problemi tokom izrade ovog projekta nameću:

- Dodjeljivanje vremenske komponente iz videa svakom 10 metarskom segmentu
- Implementacija pravilne procedure za provođenje pridruživanja atributa segmentima

4.2.1 Georeferencirani video

Može se slobodno reći da se funkcionalnost ove aplikacije temelji na tzv. georeferenciranom videu. Međutim pitanje je na što se točno misli kada se govori o tom pojmu. Riječ je o regularnom video zapisu gdje je globalna koordinata kamere kojom je zapis snimljen poznata u svakoj sekundi navedenog zapisa (Slika 4-3). Takav format video zapisa uobičajeno se sastoji od dvije zasebne datoteke. Prvu datoteku logično je sačinjava videozapis u jednom od standardnih video formata, dok drugu datoteku čini skup prostornih podataka. Svaki podatak nosi informaciju o vremenskom trenutku videa na koji se odnosi i njemu odgovarajuću prostornu informaciju zapisanu u obliku globalne koordinate. Uobičajeno je da se informacija o vremenskom trenutku videa odnosi na cjelobrojni iznos sekunde. Na taj način položaj kamere nije direktno poznat u svakom (decimalnom) trenutku videa, no njega je moguće odrediti interpolacijom položaja susjednih cjelobrojnih trenutaka. Međutim, mora se pretpostaviti da se kamera između dvije vremenske cjelobrojne vrijednosti kretala pravocrtno i jednolikom brzinom. Format ove datoteke uključene u formiranje georeferenciranog videa nije standardiziran, ali pošto je njen generalni sadržaj poznat, svatko njen format može prilagoditi svojim potrebama.



Slika 4-3 Georeferencirani video

4.2.1.1 Izrada georeferenciranog videa

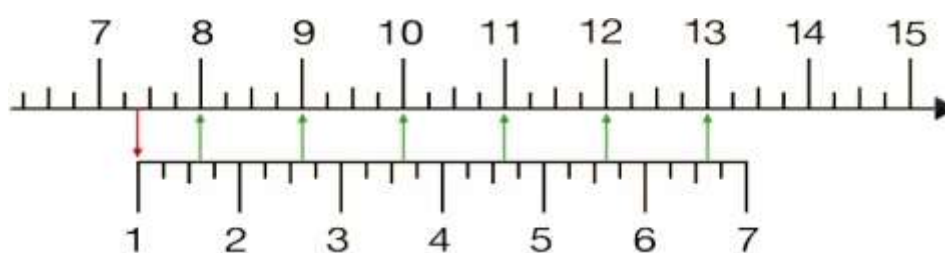
Za izradu georeferenciranog videa na tržištu već postoje gotova tehnološka rješenja koja u jednom uređaju objedinjuju i kameru i GPS prijemnik. Primjer jednog

takvog uređaja pristupačne cijene od 300\$ je Contour+2 HD kamera sa ugrađenim GPS prijemnikom. Međutim, kako je već i spomenuto, za potrebe izrade georeferenciranog videa u sklopu ovog projekta nije korišteno integrirano tehnološko rješenje nego su kamera i GPS prijemnik upotrijebljeni kao zasebni uređaji kako bi se došlo do traženog formata video zapisa. Spomenuta Contour kamera i njoj slični proizvodi nisu korišteni jer ne zadovoljavaju tražene kriterije kvalitete videa i točnosti GPS-a.

Uz pomoć datoteke koja sadržava prostorne podatke i vremenske informacije o određenom trenutku video zapisa omogućen pristup informaciji o položaju kamere u navedenom trenutku. Kako bi se izradila valjana datoteka prostornih podataka potrebno je pravilno uskladiti podatke prikupljene GPS prijemnikom sa video zapisom. Za ispravno provođenje tog postupka potrebno je poznavati NMEA protokol i tip podataka koji se šalje tim protokolom. Protokol služi za razmjenu podataka o položaju GNSS antene između antene i određenog kontrolera. U kontroleru se vrši interpretacija primljenih podataka zapisanih u obliku posebno formirane rečenice. Standardni GNSS uređaj će svake sekunde pružiti uvid u novu generiranu rečenicu, samim time možemo reći da je frekvencija osvježivanja NMEA poruke 1Hz. Svaka poruka nosi nekoliko informacija povezanih sa dobivenim položajem antene. Za izradu georeferenciranog videa najznačajnija je sama informacija o položaju dana u decimalnom zapisu WGS koordinata te informacije o UTC vremenu prikupljenog podatka i informacija o pouzdanosti dobivene informacije položaja. Važno je spomenuti da je u ovoj studiji rezultat GPS prikupljanja podataka tekstualna datoteka sa svim primljenim NMEA porukama tokom provođenja snimanja tražene prometnice.

Obrada tako prikupljenih podataka se sastoji od nekoliko koraka. Prvi korak uključuje filtriranje prikupljenih NMEA podataka na temelju informacije o pouzdanosti svake prikupljene prostorne informacije. Drugi korak uključivao bi generalizaciju podataka na način da se uklone nepotrebne informacije iz svake NMEA rečenice, a sačuvaju samo one relevantne za daljnji rad: WGS koordinate i UTC vrijeme kada su navedene koordinate prikupljene. Ključno je da je zadržana informacija o vremenu snimljene koordinate. To je napravljeno iz razloga što je vremenska skala, odnosno sekunda kao mjerna jedinica, poveznica između snimljenog video zapisa i njemu

odgovarajućih prostornih podataka. Kako bi se povezivanje u potpunosti provelo, potrebno je odrediti UTC vrijeme nulte (početne) sekunde snimljenog video zapisa. Taj postupak izvediv je na nekoliko načina. Prvi, najelegantniji način je programski pokrenuti snimanje onda kada GPS uređaj primi prvu važeću NMEA poruku. Međutim taj postupak zahtijeva pristup programskom sučelju kamere koji za korištenu kameru GoPro Hero 2 nije otvoren. Iz navedenog razloga isto je postignuto primitivnijim, ali podjednako ispravnim načinom. Provedeni postupak je slijedeći: nakon pokretanja video snimanja se ispred objektiva kamere na nekoliko sekundi postavi GPS prijemnik tako da prikazuje trenutno UTC vrijeme. Na taj način je na video snimci vidljiva UTC promjena vremena i moguće je uhvatiti točan *frame* u kojemu se dogodi promjena vrijednosti sekunde. Poznajući *frame rate* snimljenog video zapisa lako je odrediti UTC vrijeme nulte sekunde njenog video sadržaja. Nakon što je određeno početno UTC vrijeme video zapisa, svakoj daljnjoj sekundi tog zapisa biti će dodijeljena prostorna informacija na temelju prethodno spomenute NMEA datoteke. Opisani postupak generalizirano je prikazan na slici (Slika 4-4) gdje gornja linija simbolizira vremensku crtu UTC vremena dok donja linija simbolično prikazuje vremensku crtu video zapisa. Vidljivo je da je prvo potrebno odrediti UTC vrijeme nulte sekunde te je uz pomoć te informacije izvedivo uparivanje za preostale trenutke videa u razmaku od jedne sekunde.



Slika 4-4 Generaliziran prikaz pridruživanja UTC vremena video zapisu

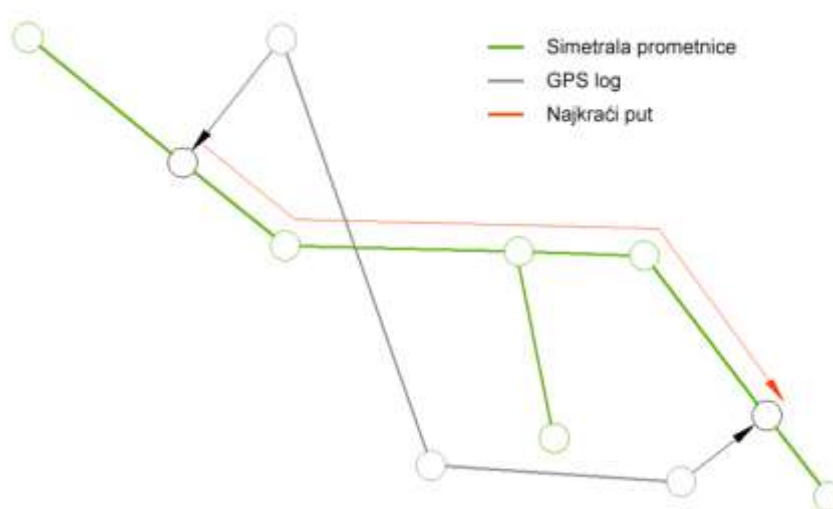
Iz razloga što je rađeni sustav namijenjen za web platformu, odlučeno je da će datoteka sa prostornim informacija o video zapisu biti pisana u formatu JSON pogodnom za interpretaciju JavaScript programskim jezikom.

4.2.2 Definiranje prostornog obuhvata

Cilj provođenja inspekcijskog snimanja je adekvatno ocijeniti dionice A8 i A9 Istarskog ipsilona prema propisanom protokolu. U tu svrhu prikupljeno je 10 video zapisa. Odlučeno je da će prostorni obuhvat svakog videa biti određen pomoću mrežnog modela prometnica (simetrane) i prikupljenih GPS podataka koji odgovaraju tom video zapisu. Prikupljeni GPS podatci su točkasti, a linja koju tvore nije topološki uređena, sadrži šumove i samim time ne predstavlja vjerodostojan model onog dijela prometnice koji reprezentira. Za razliku od linije predstavljene GPS podacima, preuzeti OSM model sadrži sve potrebne preduvjete za izradu vjerodostojnog modela prometnica u ravlini. Približan prikaz snimljenih prometnica dan je u prethodnom poglavlju (Slika 4-2). Vidimo da danu simetralu sačinjavaju dva linijska objekta koji zajedno tvore jednostavnu mrežu. Kako bi se iz te mreže za svaki video zapis izdvojio odgovarajući segment, potrebno je pronaći onaj dio mreže koji se nalazi između početne i krajnje prikupljene GPS točke za taj video zapis. Navedeno se može protumačiti kao pronalaženje najkraćeg puta na mreži između dvije dane točke.

Računanje najkraćeg puta jednokratno je računato za svaki video zapis. Korištena je biblioteka pisana programskim jezikom Python pod imenom Networkx, kao i biblioteka za provođenje prostornih analiza - Shapely. Networkx je paket softverskih naredbi za izradu, manipulaciju, te proučavanje strukture, dinamike i funkcija naprednih grafova ili mreža. Kako bi navedeno računanje bilo izvedivo, simetrana ceste je trebala biti topološki uređena. Takva simetrana spremljena je u datoteku formata SHP. Networkx ima ugrađenu funkciju za pretvorbu takvog zapisa datoteke u interni objekt koji predstavlja graf strukturu obrađene SHP datoteke. Takva graf struktura sastoji se od lomnih točaka, bridova i čvorišta. Nakon što je stvoren programski objekt grafa gdje su svi bridovi definirani kao neusmjereni, lako je pomoću Networkx funkcija koje implementiraju algoritam „trgovačkog putnika“ doći do najkraćeg puta između dvije točke grafa. Međutim, problem koji prvo treba premostiti je činjenica da zadana početna i krajnja GPS točka neće odgovarati niti jednoj od definiranih točaka grafa. Točke grafa preuzete su sa OSM-a gdje su određene nekim oblikom vektorizacije, a GPS točke dobivene su terenskim prikupljanjem. Očito je da se radi o međusobno neovisnim

podatcima i nemoguće ih je direktno uparivati. Rješenje je postignuto uz pomoć biblioteke Shapely tako da su obje GPS točke (početna i krajnja) pridružene pripadajućim bridovima grafa (Slika 4-5). Pripadajući brid grafa je onaj brid koji je danoj točki prostorno najbliži. Nakon što su točke pridružene bridovima, bridovi su prelomljeni na presjeku okomice na taj brid koja prolazi uparenom GPS točkom. Tu prijelomnu točku može se gledati kao projekciju GPS točke na ciljani brid. U nekim slučajevima brid nije bio prelomljen jer nije postojao presjek okomice i brida. Primjer takvog slučaja su sami rubovi mreže, gdje se GPS točka projicira u jednu od dvije točke brida.



Slika 4-5 Računanje najkraćeg puta od prve do završne točke GPS loga uzduž simetrale prometnice

4.2.3 Podjela trase na 10 metarske segmente

Značajan korak u implementaciji traženog sustava bio je podjela određenog segmenta simetrale na jednake, 10 metarske segmente. Svrha podjele je stvoriti bazu segmenata od kojih svaki nakon uspješno provedenog kodiranja videa zapisa mora nositi određene attribute iz propisanih atributnih skupina. Isto kao i definiranje prostornog obuhvata, podjela na segmente provedena je jednokratno i to odmah nakon što je pojedini segment spreman na 10 metarsku za podjelu određen iz simetrale.

Podjela je provedena uz pomoć funkcija za linearno referenciranje dostupnih u sklopu PostGIS-a. Za rješavanje problema segmentacije, korištena je funkcija `ST_Line_Substring`. Ta funkcija na temelju dane geometrijskog objekta (linije) i dva decimalna broja između

0 i 1 vraća onaj dio tog objekta koji se nalazi između dvije točke označene relativnim udaljenostima od početka te linije. Te relativne udaljenosti definirane su decimalnim bojevima između 0 i 1, gdje 0 predstavlja početak linije, a 1 kraj iste linije. Spomenuta funkcija implementirana je u kompleksniji SQL upit koji je prikazanu nastavku, a funkcija mu je da određenu linijsku geometriju podijeli na jednake dijelove tražene veličine te ih spremi u odgovarajuću tablicu.

```
INSERT INTO segmentirane_dionice (project_id,sub_part,the_geom3765)
SELECT
    gid,n,ST_Line_Substring(the_geom3765,10*n/length,
    CASE
        WHEN 10*(n+1) < length THEN 10*(n+1)/length
        ELSE 1
    END
    ) AS sub
FROM
    projects
CROSS JOIN
    generate_series(0,10000) AS n
WHERE
    n*10/length < 1 AND gid = %s;
```

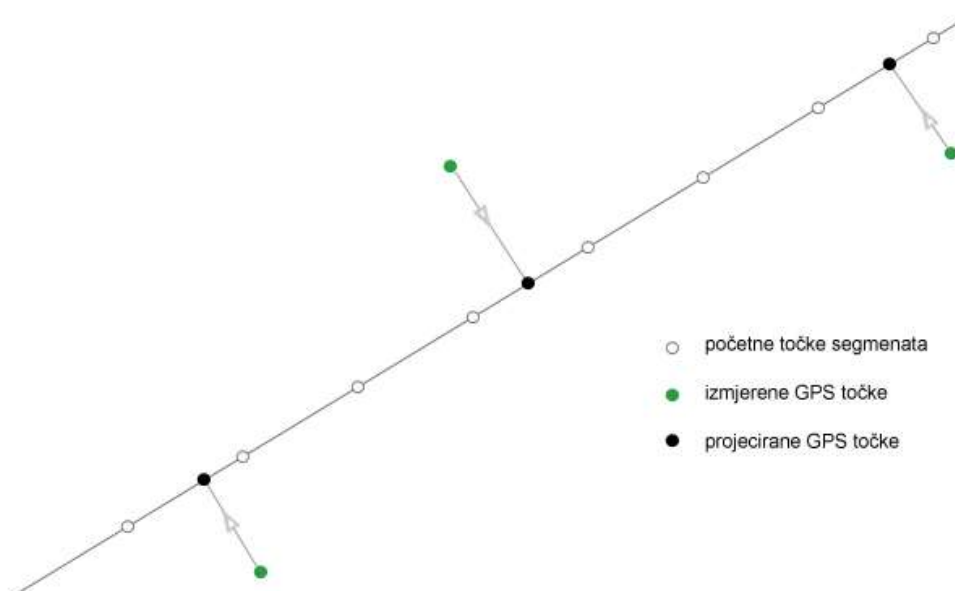
Ovakva vrsta segmentacije zahtijeva ispravno određivanje udaljenosti između dvije točke u ravnini. Prikupljene GPS koordinate nalaze se u koordinatnom sustavu WGS84. Riječ je o geodetskim koordinatama φ i λ , a zadaju se u stupnjevima. Iz takvih koordinata nije lako direktno mjeriti metričku udaljenost između dvije točke. Stoga su navedeni podatci transformirani u službeni referentni koordinatni sustav kartografske projekcije HTRS96/TM koji je preporučeno upotrebljavati u Hrvatskoj za potrebe katastra i topografske kartografije za mjerila krupnija od 1:500 000. Transformacija je provedena bibliotekom PROJ4 čije su ključne funkcije sadržane unutar ekstenzije PostGIS.

4.2.4 Dodjeljivanje vremenske komponente 10 metarskom segmentu

Da bi dio aplikacijske logike ili koda zaduženog za dodjeljivanje atributa 10 metarskim segmentima tokom provođenja kodiranja ispravno provodio svoj dio zadatka, informacija o trenutno aktivnom segmentu na kojem se vozilo nalazi uvijek mu mora biti

poznata. Točna informacija mora biti određena na temelju vremenskog trenutka na kojemu se video trenutno nalazi. Taj trenutak povezan je sa scenom koja je vidljiva korisniku dok provodi kodiranje. Da bi se informacije sa scene ispravno prenijele na pojedini segment, potrebno je za svaku scenu poznavati 10 metarski segment kojem ona pripada. Iz tog razloga potrebno je svakom 10 metarskom segmentu dodijeliti trenutak u videu kada vozilo sa kamerom 'sjeda' na njega.

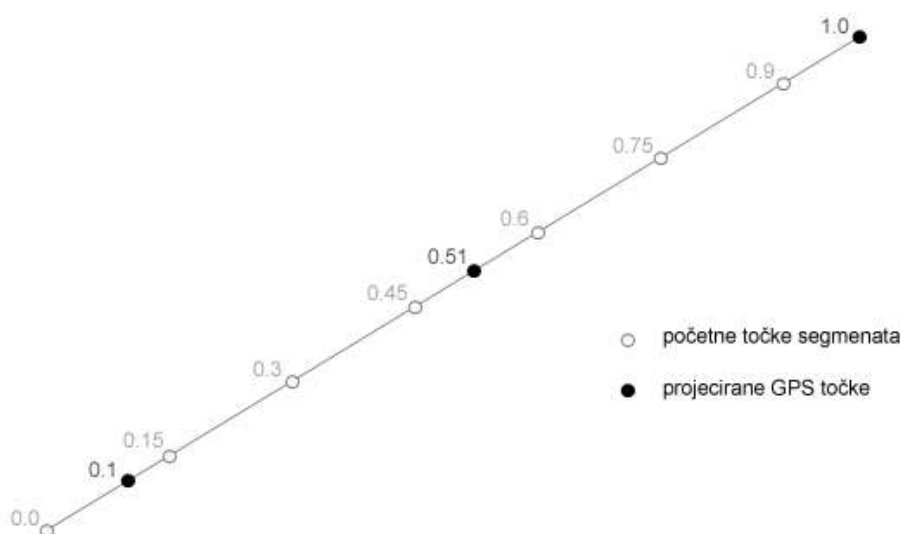
Problem dodjeljivanja vremenske komponente segmentiranim dijelovima dionica riješen je pomoću biblioteke Shapely i linearnog referenciranja. Slika 4-6 prikazuje skica logike koju izvedeni programski kod obavlja.



Slika 4-6 Princip određivanja vremena za početne točke 10 metarskih segmenata

Linija na slici predstavlja dio izdvojenog segmenta iz mreže prometnica, odnosno simetrane ceste. Bijele točke simboliziraju početne točke 10 metarskih segmenata. Zelene točke simboliziraju podatke zapisane u datoteku, ključnu za ostvarivanje georeferenciranog videa, u ovom slučaju datoteku formata JSON. Svaki taj podatak sadrži prostornu informaciju i informaciju o vremenskom trenutku videa kojem odgovara pripadajuća lokacija. Ono što je potrebno napraviti je dodijeliti vremenske informacije iz podataka zapisanih u datoteku formata JSON odgovarajućim početnim točkama segmenata. U tu svrhu koriste se projekcije položaja tih podataka na simetralu. Projekcije su na crtežu simbolizirane crnom točkom. Nakon što je provedeno projiciranje svake GPS

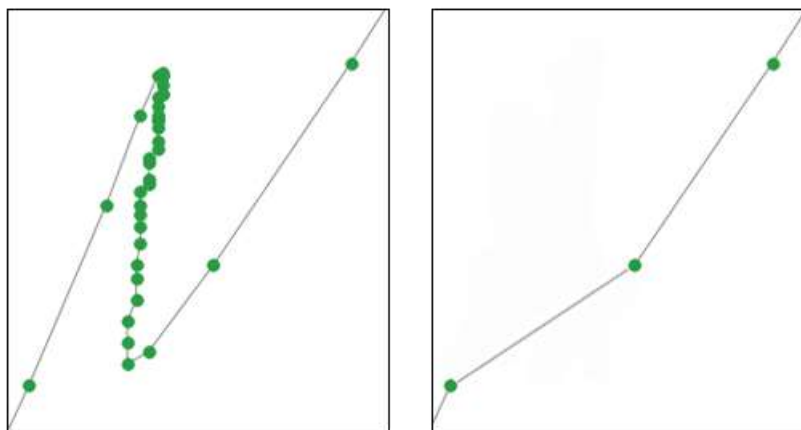
točke, iz crteža je očito da je vremenska komponenta za bijele točke dostupna putem interpolacije te komponente između dvije crne točke u kojima je ona sadržana. Kako bi navedeni princip bio prihvatljiv, pretpostavlja se da se vozilo između dvije crne točke kretalo konstantnom brzinom i pravocrtno. Za potrebe određivanja redoslijeda crnih i bijelih točaka na liniji, korištena je prostorna funkcija za linearno referenciranje točaka na liniji. Svakoj je točki dodijeljena vrijednost od 0 do 1. Nula je očito dodijeljena onoj točki koja se nalazi na početku linije, a 1 onoj na samom kraju linije (Slika 4-7).



Slika 4-7 Određivanje susjednih GPS točaka za početne točke segmenata

Uz pomoć dodijeljenih vrijednosti bilo je moguće za svaku početnu točku segmenta odrediti susjedne crne točke te interpolacijom njihovih vrijednosti dobiti točnu vremensku informaciju o trenutku u video zapisu kojem odgovara dana početna točka.

Međutim, prije nego je izvršeno dodjeljivanje vremenske komponente svakom 10 metarskom segmentu, bilo je potrebno očistiti prikupljeni GPS log od šumova (Slika 4-8). Šum u ovom slučaju predstavlja puno GPS točaka prikupljenih na jednom mjestu. Ta pojava se najčešće događa dok je vozilo zaustavljeno ili se kreće malom brzinom. Takve točke skaču naprijed-nazad u odnosu na smjer gibanja vozila i kao takve ne mogu biti iskorištene za ispravno dodjeljivanje vremena našim prostornim (10m) segmentima.



Slika 4-8 Primjer GPS loga prije i nakon procesa uklanjanja šumova

Ovaj način obrade je bilo potrebno napraviti za svaki georeferencirani video, odnosno 10 datoteka u JSON formatu koje sadrže položajne i vremenske informacije unutar videa za svaku snimljenu GPS točku. Pošto je iz naveden JSON datoteke teško ručno otklanjati nepotrebne točke, a i kako bi sam proces bio ubrzan i pouzdaniji izrađen je Qgis dodatak (*engl. plugin*). Zadaća tog dodatka je da na temelju JSON datoteke kao ulaznog podatka prikaže sve točke koje ona sadrži. Drugi i najbitniji korak podrazumijeva korisničku interakciju - otklanjanje šumova. Zadnja funkcionalnost izrađenog dodatka je izvoz filtriranih podataka nazad u izvorni format JSON. Qgis je izabran kao platforma za izradu navedenog dodatka iz razloga što sam paket sadrži sve potrebne module za prikazivanje i manipuliranje prostornih podataka, a također je projektirana na način da joj se funkcionalnost lako proširuje osobo prilagođenim dodacima kao što je ovaj.

4.2.5 Pronalaženje 10 metarskog segmenta na temelju vremena u videu

Kako bi gledajući georeferencirani video traženim segmentima mogli dodijeliti oni atributi koji označavaju objekte i pojave koji se nalaze u njihovoj blizini, potrebno je u svakom trenutku videa znati segment na kojemu se vozilo nalazilo u trenutku snimanja scene koju promatramo. U rješavanje problema ulazi se sa nekoliko poznatih parametra. Prva poznata varijabla je set svih segmenata. Svaki segment u setu je označen jedinstvenim indentifikatorom, te je poznat vremenski trenutak u video datoteci kada se vozilo nalazilo na početnoj točki tog segmenta. Kako bi na se novi segment mogao naći

za svaki pomak vozila, potrebno je registrirati DOM događaj (*engl. event*) koji prati promijene na svaki *timeupdate*. Uz pomoć HTML5 tehnologije i JavaScripta moguće postići ratu osvježavanja od cca. 0.25sec međutim ukoliko se postavi da video element bude rukovođen *requestAnimationFrame*⁹ funkcijom, ta rata se može smanjiti do 0.1sec. Prije nego li se pogleda kod kojim je postignuto traženo rješenje bitno je reći da su jedinstveni indentifikatori segmenata indeksirani ovisno o vremenskom trenutku koji im je dodijeljen. Tako su primjerice svi segmenti koji se nalaze u 20-oj sekundi video zapisa indeksirani pod rednim brojem 20 u *timeIndex* objekt. Spomenuti index služi za pronalaženje 10m segmenata na temelju nekog trenutka u videu. *timeIndex* objekt je zapravo *Array* struktura unutar koje je svaki element zapisan kao set segmenata. Segmenti su grupirani u taj set na temelju vremena unutar videa koje im je dodijeljeno. Za grupaciju se uzima cjelobrojna vrijednost tog vremena, a set segmenata je unutar *timeIndex* objekta indeksiran upravo pod tim brojem.

Primjer:

```
timeIndex = [..., [seg1, seg2, seg3], [...], ...];  
timeIndex[11] = [seg1.time=11.2, seg2.time=11.3, seg3.time=11.6];
```

U nastavku je prikazan dio koda zaslužan za pretraživanje *timeIndex* objekta.

⁹ Metoda koja se koristi u modernim Internet pretraživačima kada se određena funkcija želi pozivati u kratkim vremenskim intervalima. Uz pomoć te metode taj je proces optimiziran na način da se usklađuje trenutak pozivanja tražene funkcije i renderiranje prozora preglednika.

```

timeupdate: function (e) {
    var currentTime = self.popcorn.currentTime(),
        second = ~~currentTime,

    //najblizi rezultat je ili u trenutnoj sekundi ili u prosloj
    result = getClosestResult(second,currentTime) ||
        getClosestResult(second-1,currentTime);

}

function getClosestResult(second, currentTime){
var result, group = self.timeIndexArhive[second] || [],
    i = 0, len = group.length;

    // u grupi nađi onaj segment cije je vrijeme najblize trenutnom vremenu
    for (; i < len; i++) {
        if (group[i].time <= currentTime) {
            result = group[i];
        }
    }
    return result;
}

```

Iz priloženog koda je vidljivo da se novi segment traži za svaki *timeupdate* događaj. Rezultat se dobije onda kada funkcija *getClosestResult* vrati ispravan rezultat. Funkcija će u nekim slučajevima vratiti ispravan rezultat tek za prošlu sekundu. Primjer jednog takvog slučaja je moguće ovako prikazati: video se nalazi na 11.3sec, uzmemo li cijeli broj sekunda uz pomoć koga potražimo ciljane segmente dobivamo *timeIndexArchive[11] = [seg3, seg4, seg5]*, gdje su *seg* objekti koji predstavljaju segmente i potencijalno točna rješenja. Ako su njihova vremena u video zapisu *seg3 = 11.4sec*, *seg4 = 11.5sec*, *seg5 = 11.6sec* rješenje nikad neće biti zadovoljeno za 11.3sec, te stoga rješenje moramo potražiti u *timeIndexArchive[11-1]*.

4.2.6 Implementacija procedure za pridruživanje atributa segmentima

Prilikom osmišljanja principa rada sustava dogovoreno je da će se sustav implementirati modul koji omogućava simultano pregledavanje kartiranog sadržaja i dodavanje novog sadržaja. Napomenimo da je kartiranje provodi na način da se na istom mjestu (segmentu) ne smiju nalaziti dva atribut iz iste skupine. Npr. Na jednom segmentu se istovremeno ne smije nalaziti atribut „Ograničenje brzine 30“ i

„Ograničenje brzine 50“. Takav zahtjev je dosta kompliciran međutim ako se ispravno dizajnira kod da pokriva sve situacije koje se ovim putem javljaju onda je navedeni problem samo pitanje vremena i izvođenja. Pri samim počecima izrade sustava predviđena je većina situacija koje se mogu dogoditi no kako to obično bude što se dublje ušlo u problem vidjelo se da situacija ima još i više.

Prije nego li se predstave sve implementirane situacije potrebno je razumjeti stanja u kojima se atributi mogu nalaziti. Slika 4-9 prikazuje tri stanja koja su dozvoljena za svaki atribut.



Slika 4-9 Moguća stanja atributa unutar korisničkog sučelja

Ako je atribut označen zelenom bojom, onda se smatra da se taj atribut trenutno kartira. Ako je označen narančastom bojom onda se zna je taj atribut već kartiran na trenutnom segmentu – aktivni atribut. Svaki atribut označen narančastom bojom dozvoljava svoje brisanje pritiskom na gornji desni kut, u tom slučaju radnja brisanja ostaje u memoriji sustava, a vizualni indikator o brisanju se pojavljuje u zasebnom prozoru gdje je brisanje moguće i prekinuti. Neobojani atribut predstavlja neutralni te niti jedna akcija trenutno nije aktivna za njega.

Tokom provođenja kartiranja u memoriji je uvijek prisutan objekt pod nazivom „*TrenutnoStanje*“ u kojem su zapisani jedinstveni identifikatori svih atributa koji se nalaze na trenutnom segmentu. U tom objektu ne smije biti duplikata niti se smiju ponavljati dva atributa iz iste skupine. Nakon što sustav registrira da se vozilo pomaknulo na novi segment, svi atributi iz „*TrenutnogStanja*“ se spremanju na prijašnji segment.

Detektirane i implementirane situacije su slijedeće koje se događaju pritiskom na atribut:

1. Pritisak na neutralni atribut aktivira:

- a. kartiranje tog atributa
 - b. prekid kartiranja drugih atributa u grupi
 - c. početak brisanja aktivnog atributa u grupi
2. Pritisak na aktivni atribut aktivira:
- a. kartiranje tog atributa
3. Pritisak na atribut koji se kartira aktivira:
- a. prekid kartiranja tog atributa

Radnje koje se pokreću nakon što se neka akcija aktivira:

1. Početak kartiranja
 - a. stavi atribut među one koji se trenutno kartiraju.
 - b. ako se ne nalazi u „*TrenutnomStanju*“ zabilježi ga tamo
2. Prekid kartiranja
 - a. makni atribut iz onih koji se kartiraju.
 - b. ako je prekinuto kartiranje brisalo neki atribut iz iste skupine – prekini brisanje tog atributa
3. Početak brisanja
 - a. Makni atribut iz „*TrenutnogStanja*“, zabilježi ga među one koji se brišu
 - b. Provjeri dali je brisanje potaknu korisnik pritiskom na brisanje ili je brisanje potaknuto zbog kartiranja istog atributa iz grupe
4. Prekid brisanja
 - a. Makni atribut iz kolekcije onih atributa koji se brišu ili prepravljaju drugim iz grupe

Nakon što su naveden sve akcije koje aktiviraju korisnikovom interakcijom i što su navedene radnje koje te akcije pokreću, mogu se navesti one akcije koje je indirektno aktiviraju nakon što sustav prepozna da je vozilo naišlo na novi (slijedeći) 10 metarski segment. Prvi korak je spremi sve iz „*TrenutnogStanja*“ na prethodni segment. Slijedeće je potrebno ujediniti attribute koji se već nalaze na novom segmentu sa atributima koji se nalaze u stanju kartiranja, brisanja ili prepravljanja. Kako bi se stvorilo novo „*TrenutnoStanje*“ potrebno je iz novo stečenih atributa ukloniti sve one koje se

trenutno brišu. Ako na novom segmentu nema jednog od atributa koji se trenutno briše, onda se prekida brisanje tog atributa. Nadalje, potrebno je početi brisanje onih atributa koji se nalaze na novom segmentu, a trenutno se kartira segment iz grupe u kojoj se on nalazi. Međutim ,treba paziti da ukoliko se npr. kartirao „Ogrničenje brzine 40“ i na novom segmentu se nalazi taj isti atribut, da se ne započne njegovo brisanje.

5 Zaključak

Uzevši u obzir da je prilikom provođenja kartiranja dionica A8 i A9 sa razumnom lakoćom obrađeno oko 288km te uz brojku od 595108 mapiranih obilježja, može se zaključiti da se radi o pouzdanom sustavu koji brzo može prikupiti i rukovoditi sa velikom količinom podataka. Opisani sustav se osim obrade dviju spomenutih dionica koristio i za obradu dionica D3 (Rijeka-Zagreb), a u trenutku pisanja ovog rada postavljen je i pilot projekt za jednu dionicu Republike Makedonije.

Izrađeni sustav se uz određene prilagodbe može primijeniti za bilo koji zadatak gdje je potrebno brzo prikupljanje velikog broja prostornih podataka uzduž nekog pravca. Također, implementacija ovog sustava je ekonomski prihvatljivija iz razloga što je hardverska oprema lako nabavljiva po pristupačnim cijenama. Međutim, treba voditi računa da podatci prikupljeni ovim sustavom ne zadovoljavaju zahtjeve gdje se traži visoka točnost prostornih podataka.

U priloženom radu pokušalo se čitatelju približno predložiti neke od problema i zadaća sa kojima se susrelo tokom izrade spomenutog sustava za kartiranje elemenata sigurnosti cestovne infrastrukture. Nije se ulazilo u detalje pisanja programskog koda, jer se smatra da taj dio dovoljno dokumentiran u priloženom mediju na kojem se nalaze sve datoteke izvornog koda. Izrađeni sustav jedna je od komponenata koja je omogućila provedbu sigurnosne evaluacije cestovne infrastrukture za autoceste A8 i A9. Na temelju te evaluacije može se očekivati adekvatna sanacija nesigurnih područja od strane stručnih osoba, koja u konačnici može rezultirati smanjenom postotku stradalih u tom dijelu prometa.

6 Literatura

Dadić, Ivan, i dr. 2012. *Analiza sigurnosti prometa na autocestama A8 i A9*. Zagreb : Fakultet Prometnih znanosti, 2012.

Flanagan, David. 2006. *JavaScript: The Definitive Guide, 3th edition*. s.l. : Oriley, 2006.

Geoserver. Geoserver. *Geoserver welcome*. [Mrežno] [Citirano: 14. 5 2013.]
<http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>.

HTML5rocks. 2010. HTML5 - About. *HTML5 Rocks*. [Mrežno] 22. 6 2010. [Citirano: 4. 6 2013.] <http://www.html5rocks.com/en/why>.

jQuery. 2006. jQuery, write less, do more. [Mrežno] 2006. [Citirano: 20. 5 2013.]
<http://jquery.com/>.

Leaflet. 2012. Leaflet features. *LeafletJS*. [Mrežno] 2012. [Citirano: 14. 5 2013.]
<http://leafletjs.com/features.html>.

Wikipedia. Javascript History. *Javascript - Wikipedia*. [Mrežno] [Citirano: 14. 4 2013.]
<http://en.wikipedia.org/wiki/JavaScript#History>.

—. JSON. *JSON - Wikipedia*. [Mrežno] [Citirano: 15. 08 2013.] [www.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org/wiki/JSON).
<http://en.wikipedia.org/wiki/JSON>.

—. Python. *Python - Wikipedia*. [Mrežno] [Citirano: 10. 5 2013.]
http://en.wikipedia.org/wiki/Python_%28programming_language%29.

7 Popis slika

Slika 1-1 Prikaz kritičnih lokacija uz prometnicu.....	6
Slika 1-2 iRAP tok kodiranja	7
Slika 1-3 Područja od interesa. Autocesta(lijevo) i državna cesta(desno)	8
Slika 1-4 Tablični rezultat izračuna ocjena	9
Slika 1-5 Kartografski prikaz ocijenjenih prometnica	9
Slika 2-1 Prikaz glavnog korisničkog sučelja.....	12
Slika 2-2 Prikaz korisničkog sučelja dok su atributi sakriveni a prikazan je kartografski prikaz položaja vozila na prometnici za koju se vrši kartiranje.....	13
Slika 4-1 Terensko vozilo opremljeno kamerom i GPS prijamnikom.....	26
Slika 4-2 Prikaz Istarskog poluotoka sa ucrtanim prometnicama A8 i A9 te provedenim planom snimanja.....	27
Slika 4-3 Georeferencirani video.....	30
Slika 4-4 Generaliziran prikaz pridruživanja UTC vremena video zapisu	32
Slika 4-5 Računanje najkraćeg puta od prve do završne točke GPS loga uzduž simetrane prometnice.....	34
Slika 4-6 Princip određivanja vremena za početne točke 10 metarskih segmenata	36
Slika 4-7 Određivanje susjednih GPS točaka za početne točke segmenata	37
Slika 4-8 Primjer GPS loga prije i nakon procesa uklanjanja šumova	38
Slika 4-9 Moguća stanja atributa unutar korisničkog sučelja	41

8 Prilozi

8.1 Popis kartiranih atributa

* Izvor naziva atributa i grafika: iRAP Star Rating Coding Manual

SignGroup	SignName	Symbol
Area Type	Urban	
	Semi-urban	
	Rural	
Bicycle Flow per day	6 + bicycles per 100m	
	3 to 5 bicycles per 100m	
	1 to 3 bicycles per 100m	
	No bicycles using the road on a daily basis	
Carriageway Label	First direction	A
	Second direction	B
	Undivided	U
Curvature	Straight or gently curving	
	Moderate	
	Sharp	
	Very sharp	
Delineation	Poor	
	Adequate	
Facilities for Bicycles	None	
	Dedicated bicycle lane on roadway	

	Segregated Bicycle path	
	Segregated Bicycle path with barrier	
Facilities for Motorised Two Wheelers	None	
	Dedicated motorcycle lane on roadway	
	Segregated one-way motorcycle path no barrier	
	Segregated one-way motorcycle path with barrier	
	Segregated two-way motorcycle path no barrier	
	Segregated two-way motorcycle path with barrier	
Intersecting Road Volume	High	
	Medium	
	Low	
Intersection Quality	Poor	
	Good	
Intersection Type	4 leg unsignalised no turn lane	
	4 leg unsignalised turn lane	
	4 leg signalised no turn lane	
	3 leg unsignalised no turn lane	
	3 leg unsignalised turn lane	
	Railway crossing - Passive	
	4 leg signalised turn lane	
	3 leg signalised no turn lane	
	3 leg signalised turn lane	

	Roundabout	
	Railway crossing - Active	 ACTIVE
	Merge lane	
	Median crossing - Informal	 INFORMAL
	Median crossing - Formal	 FORMAL
	Minor Intersection	
Land Use - Right	Commercial	 LAND
	Residential	 LAND
	Development other than commercial or residential	 LAND OTHER
	Undeveloped area	 LAND
LandUse - Left	Commercial	 LAND
	Residential	 LAND
	Development other than commercial or residential	 LAND OTHER
	Undeveloped area	 LAND
Lane Widths for Lanes Serving Through Traffic	Narrow	 LANE
	Medium	 LANE
	Wide	 LANE
Major Upgrade Cost Impact	High	 HIGH
	Medium	 MED
	Low	 LOW
Median Type	Centre line only	
	Central hatching	

	Rumble strip / flexi posts	 RUMBLE
	Continuous central turning lane	
	Physical median width < 1m	 0-1
	Physical median width 1 to 5m	 1-5
	Physical median width 5 to 10m	 5-10
	Physical median width 10 to 20m	 10-20
	Safety barrier	 METAL
	Motorcycle friendly barrier	 M/C
	Physical median width > 20m	 20+
Minor Access Point Density	High	ACCESS DENSITY HIGH
	Low	ACCESS DENSITY LOW
MotorcyclesPercentage	100%	 100%
	81 to 99%	 81-99%
	61 to 80%	 61-80%
	41 to 60%	 41-60%
	21 to 40%	 21-40%
	11 to 20%	 11-20%
	6 to 10%	 6-10%
	1 to 5%	 1-5%
	0%	 NONE
Number of Lanes for Use by Though Traffic	One	1 LANE
	Two	2 LANE

	Three	3 LANE
	Four or more	4 LANE
	Other differs	2&1 LANE
One-Way/Two-Way Flow	One way traffic	
Paved Shoulder Width	None	
	0 to 1m wide	
	1 to 2.4m wide	
	> 2.4m wide	
Pedestrian Crossing Facilities	Refuge only	
	Unsignalised marked crossing without refuge	
	Unsignalised marked crossing with refuge	
	Signalised without refuge	
	Signalised with refuge	
	Grade separated facility	
Pedestrian Flow - Along Road per day	6 + pedestrians crossing the road per 100m	
	3 to 5 pedestrians crossing the road per 100m	
	1 to 3 pedestrians crossing the road per 100m	
	No pedestrians will crossing the road on a daily basis	
Pedestrian Flow - Crossing Road per day	6 + pedestrians crossing the road per 100m	
	3 to 5 pedestrians crossing the road per 100m	
	1 to 3 pedestrians crossing the road per 100m	
	No pedestrians will crossing the road on a daily basis	

Quality of Crossing	Poor	
	Adequate	
Quality of Curve	Poor	
	Adequate	
Road Condition	Poor	
	Medium	
	Good	
Roadside Severity – Left	Distance to object 0 to 5m	
	Distance to object 5 to 10m	
	Distance to object > 10m	
	Steep embankment slope	
	Deep drainage ditch	
	Safety barrier	
	Motorcycle friendly barrier	
	Cliff	
	Cut	
Roadside Severity – Right	Distance to object 0 to 5m	
	Distance to object 5 to 10m	
	Distance to object > 10m	
	Steep embankment slope	
	Deep drainage ditch	
	Safety barrier	

	Motorcycle friendly barrier	 M/C
	Cliff	 CLIFF
	Cut	 CUT
Roadworks	Major roadworks	
	Minor roadworks	
Shoulder Rumble Strips	Yes	 SHOULDER RUMBLE
Side Friction	High	 HIGH
	Medium	 MED
	Low	 LOW
Sidewalk Provision - Left	None	 NONE
	0 to 1m Non-physical separation from traffic	 0-1
	1 to 3m Non-physical separation from traffic	 1-3
	> 3m Non-physical separation	 3+
	Physical barrier	
Sidewalk Provision - Right	None	 NONE
	0 to 1m Non-physical separation from traffic	 0-1
	1 to 3m Non-physical separation from traffic	 1-3
	> 3m Non-physical separation	 3+
	Physical barrier	
SpeedLimit	30km/h	
	40km/h	
	50km/h	

	60km/h	
	70km/h	
	80km/h	
	90km/h	
	100km/h	
	110km/h	
	120km/h	
Unpaved Shoulder Width	None	
	0 to 1m wide	
	1 to 2.4m wide	
	> 2.4m wide	
Vertical Alignment Variation	Significant crests and dips	
	Undulating / Rolling	
	Flat	

8.2 Sadržaj priloženog medija

```
site/  
  site_main.py  
  build/  
    compiler.jar  
    build.py  
  static/  
    css/  
      leaflet.css  
      styles.css  
      styles_login.css  
    img/  
    js/  
      dragBoxes.js  
      init.js  
      MapCtrls.js  
      MapObj.js  
      plugins.js  
      ProjectControl.js  
      videoObj.js  
      libs/  
        jquery18.min.js  
        leaflet-src.js  
        popcorn.js  
  templates/  
    katalog.html  
    login.html  
    main.html  
    mapVideo.html  
    projectExport.html  
    output/  
      autoMap.html  
      exportData.html  
      geoData.html  
      getProjectData.html  
      hideButtonGroups.html  
      myProjects.html  
      setSection.html
```