

Nadzor vozača pomoću pametnog telefona

Jusup, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:175382>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

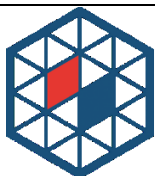
Sveučilišni studij računarstva

Nadzor vozača pomoću pametnog telefona

Završni rad

Mario Jusup

Osijek, 2022.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 13.09.2022.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na
preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Ime i prezime Pristupnika:	Mario Jusup
Studij, smjer:	Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	R 4361, 22.07.2019.
OIB Pristupnika:	12955335297
Mentor:	Izv.prof.dr.sc. Ratko Grbić
Sumentor:	,
Sumentor iz tvrtke:	
Naslov završnog rada:	Nadzor vozača pomoću pametnog telefona
Znanstvena grana rada:	Umjetna inteligencija (zn. polje računarstvo)
Zadatak završnog rad:	Moderni automobili često imaju ugrađenu kameru u instrument ploču vozila koja nadzire stane vozača (prati li vozač cestu, spava li i sl.). Međutim mnogi automobili još uvijek nemaju ugrađenu kameru pa je potrebno istražiti mogućnost implementacije takvog algoritma na pametni telefon vozača. U okviru završnog rada potrebno je na osobnom računalu implementirati jedan takav algoritam koji će detektirati stanje vozača (npr. identifikacija vozača, detektirati zrtvorost očiju, zrtvorost nogu, zrtvorost glave i sl.) na temelju video
Prijedlog ocjene završnog rada:	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	13.09.2022.
Datum potvrde ocjene od strane Odbora:	21.09.2022.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 21.09.2022.

Ime i prezime studenta:

Mario Jusup

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo

Mat. br. studenta, godina upisa:

R 4361, 22.07.2019.

Turnitin podudaranje [%]:

2

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Nadzor vozača pomoću pametnog telefona**

izrađen pod vodstvom mentora Izv.prof.dr.sc. Ratko Grbić

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Zadatak završnog rada	2
2. POSTOJEĆI SUSTAVI ZA NADZOR VOZAČA	3
2.1. Volkswagen sustav upozorenja vozača	3
2.2. Volvo sustav upozorenja vozača	3
2.2.1. „Sustav upozorenja vozača“	3
2.2.2. „Upozorenje o napuštanju prometne trake“	4
2.2.3. „Pomoć pri održavanju prometne trake“	5
2.3. Mercedes Benz „Pomoć za pozornost“	5
2.4. Toyota „Sigurnosni sustav pred nezgodu“	6
2.5. Bosch „Otkrivanje pospanosti vozača“	6
2.6. „Anti sleep pilot“ uređaj	6
3. SUSTAV ZA NADZOR VOZAČA TEMELJEN NA RGB KAMERI	7
3.1. Zahtjevi sustava za nadzor vozača	7
3.2. Koncept rješenja za detekciju stanja vozača	7
3.3. Mediapipe biblioteka	9
3.4. Detekcija nedozvoljenih radnji	10
3.4.1. Detekcija zatvorenosti očiju	10
3.4.2. Detekcija zijevanja	11
3.4.3. Detekcija gledanja u stranu.....	11
3.5. Implementacija algoritma za nadzor vozača na osobnom računalu	12
3.6. Implementacija na Android sustavu	13
3.6.1. Konačan izgled aplikacije na Android sustavu	13
4. EVALUACIJA SUSTAVA ZA NADZOR VOZAČA	15
4.1. Evaluacija implementacije sustava za nadzor vozača temeljenog na RGB kameri na osobnom računalu	15
4.2. Evaluacija implementacije na Android telefonu	16
5. ZAKLJUČAK	17
LITERATURA	18

SAŽETAK.....	19
Driver monitoring using a smartphone.....	20
ABSTRACT	20

1. UVOD

Moderni automobili imaju ugrađene sustave za pomoć u vožnji (eng. *Advanced Driver Assistance Systems* - ADAS). Neki od najčešćih takvih sustava su: sustav automatskog kočenja, otkrivanje slijepe točke, tempomat i sustav za nadzor vozača. Sustav automatskog kočenja je sustav koji usporava ili zaustavlja vozilo u slučaju da vozač ne stigne reagirati na vrijeme. Otkrivanje slijepe točke koristi senzore pomoću kojih detektira objekte na poziciji koja vozaču nije u vidnom polju, vozaču daje vizualno ili zvučno upozorenje ako je detektiran takav objekt. Tempomat se najčešće koristi na autocesti, služi za kontrolu brzine kretanja vozila kako vozač ne bi morao održavati stalnu brzinu. Sustav za nadzor vozača postoji u najmodernijim vozilima, koristi se raznim sensorima koji prate vozačevo stanje. Primjerice, sustav za nadzor vozača detektira umor te daje zvučno upozorenje kako bi vozač zaustavio vozilo ili nastavio vožnju uz povećanu pozornost.

Sustavi za nadzor vozača koriste razne senzore pomoću kojih prate vozača i njegove radnje. Neki koriste senzore na upravljaču, RGB ili infracrvene kamere, senzore na stupu upravljača itd. Mnogi stariji automobili nisu opremljeni takvim sustavom pa je zadatak napraviti sustav koji može biti dostupan što većem broju ljudi. Moguće je rješenje aplikacija za pametni telefon koja će putem ulaznog signala s kamere telefona analizirati vozačeve radnje, detektirati umor te upozoravati vozača.

U okviru ovog završnog rada izgrađen je jedan takav sustav za nadzor vozača za koji je potreban je samo pametni telefon s Android operacijskim sustavom i instaliranom aplikacijom. Pametni telefon se postavi na vjetrobransko staklo vozila i zatim algoritam prati vozača u stvarnom vremenu. Algoritam analizira slike koje dobiva putem RGB kamere telefona i ako prepozna vozačevu nepažnju oglašava se zvučno upozorenje. Algoritam analizira gleda li vozač ravno na cestu ili ne, i upozorava vozača da usmjeri pogled ispred vozila. Također, ako vozač zijeva algoritam prepoznaje da je vozač umoran i zvučno upozorenje predlaže vozaču da uzme odmor. Na kraju, ako vozač ima zatvorene oči algoritam će to prepoznati i oglasit će se alarm koji bi trebao probuditi vozača i potencijalno spasiti od bilo kojeg oblika nesreće.

U drugom poglavlju predstavljeni su neki od komercijalnih sustava za nadzor vozača. U trećem poglavlju detaljno je opisana implementacija algoritma za nadzor vozača putem kamere na osobnom računalu i na pametnom telefonu s Android operacijskim sustavom. Zatim su predstavljeni rezultati evaluacije takvog sustava na računalu i na pametnom telefonu. Na kraju je dan zaključak rada.

1.1. Zadatak završnog rada

U mnogim vozilima ne postoje kamere ili senzori koji služe za detekciju pospanosti vozača. Ideja ovog rada je implementacija algoritma za praćenje i nadzor vozača u obliku aplikacije na pametnom telefonu s Android operacijskim sustavom. Vozač bi postavio svoj pametni telefon na instrument ploču ili vjetrobransko staklo svoga vozila i aplikacija bi pratila stanje vozača te ga po potrebi upozoravala.

2. POSTOJEĆI SUSTAVI ZA NADZOR VOZAČA

Umorni i pospani vozači imaju povećano vrijeme reakcije i zbog toga mogu uzrokovati prometne nesreće. Kako bi se povećala sigurnost u prometu, neki proizvođači automobila u svoja vozila sve češće ugrađuju sustave za praćenje i nadzor vozača. Takvi sustavi najčešće prate znakove umora vozača vidljive na licu i ponašanju vozača. U nastavku ovog poglavlja predstavljeno je nekoliko komercijalnih sustava za nadzor vozača. Komercijalni sustavi za povećanje sigurnosti u vožnji ne koriste samo nadzor vozača nego i sustave koji prate promet, prometne znakove i drugo.

2.1. Volkswagen sustav upozorenja vozača

Volkswagen sustav upozorenja vozača [1] prepoznaje pad koncentracije kod vozača i daje zvučno i vizualno upozorenje u trajanju od pet sekundi. Vizualno upozorenje prikazuje se na zaslonu instrument ploče i preporuča vozaču uzimanje odmora. Ukoliko vozač ne zaustavi vozilo u roku od petnaest minuta, upozorenje se ponavlja. Na početku svakog putovanja, sustav analizira način na koji vozač upravlja pomoću senzora na upravljaču. Tijekom vožnje, sustav konstantno prati upravljanje i ako prepozna nepravilnosti daje zvučno i vizualno upozorenje.

2.2. Volvo sustav upozorenja vozača

Volvo sustav [2] je namijenjen da pomogne vozačima s padom koncentracije, znakovima umora ili pri napuštanju trake kojom voze. Sustav se sastoji od funkcija koje mogu biti uključene ili isključene neovisno jedna o drugoj:

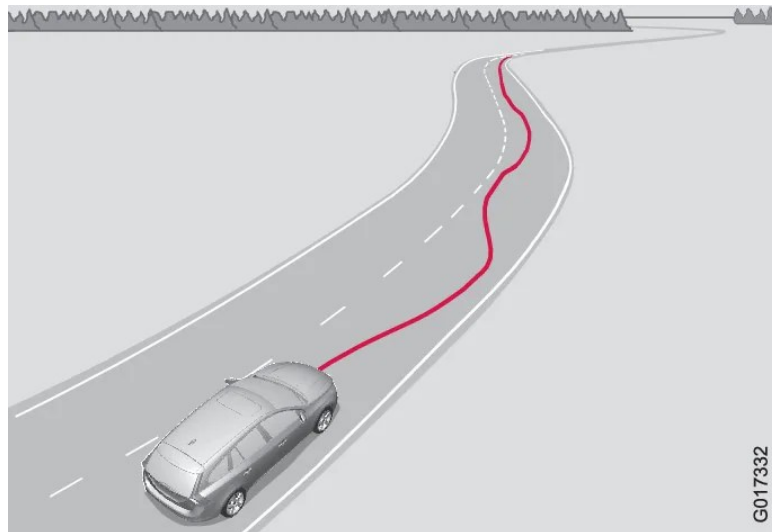
- „Sustav upozorenja vozača“
- „Upozorenje o napuštanju prometne trake“
- „Pomoć pri održavanju prometne trake“

Volvo sustav radi na temelju informacija koje dobiva putem senzora na stupu upravljača i RGB kamera. Nedostatak Volvo sustava je taj što se umor ne detektira baš svaki put.

2.2.1. „Sustav upozorenja vozača“

Sustav daje upozorenje i privlači pažnju vozača kada vozilo krene napuštati prometnu traku. Funkcija nije namijenjena gradskoj vožnji nego na otvorenim kolnicima. Na prednjoj strani vozila ugrađene su dvije kamere, svaka s jedne strane. Kamere snimaju linije na cesti. Implementirani algoritam određuje je li upravljanje vozilom optimalno u odnosu na prometnu traku. Nedostatak ovog sustava je da u slučaju oštećenog kolnika ili bočnih vjetrova, sustav može izdati upozorenje

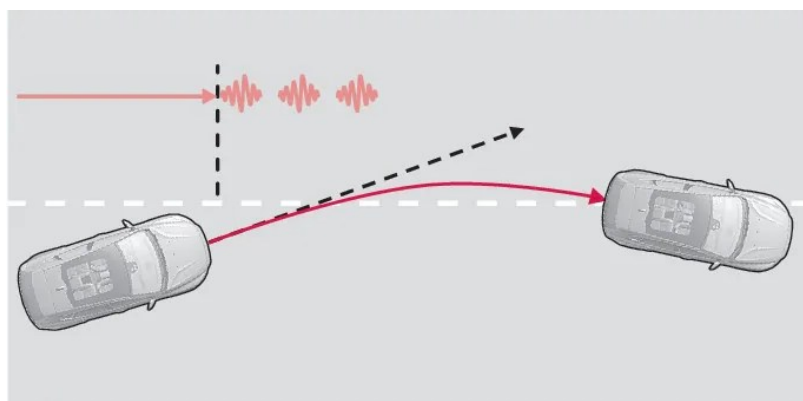
premda vozač nije umoran. Slika 2.1. prikazuje primjer kada će se upozorenje oglasiti. Crvenom linijom prikazana je putanja kojom se automobil kreće. Implementirani algoritam prepoznat će nepravilnosti u upravljanju i izdati upozorenje.



Slika 2.1. Način rada Volvo sustava [2]

2.2.2. „Upozorenje o napuštanju prometne trake“

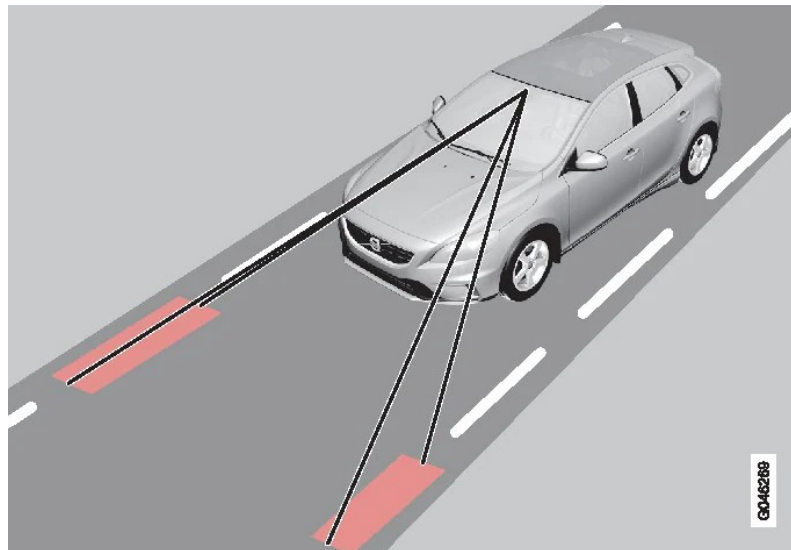
Sustav upozorenja o napuštanju prometne trake daje upozorenje o napuštanju prometne trake. Za razliku od sustava pod 2.2.1. ovaj sustav uz zvučno upozorenje na audio sustavu vozila, izdaje i upozorenje mehaničkim putem kao vibriranje upravljača. Svrha je smanjenje rizika nenamjernog skretanja iz trake odnosno smanjenja rizika od prometne nesreće. Slika 2.2. prikazuje uvjet pod kojim se aktivira Volvo sustav „Upozorenje o napuštanju prometne trake“. U trenutku kada vozilo prijeđe liniju koja omeđuje kolničku traku aktivira se sustav upozorenja.



Slika 2.2. Trenutak oglašavanja upozorenja u Volvo sustavu [2]

2.2.3. „Pomoć pri održavanju prometne trake“

Volvo sustav „Pomoć pri održavanju prometne trake“ pri nenamjernom napuštanju prometne trake vraća vozilo nazad u traku i daje upozorenje u obliku vibriranja upravljača. Za razliku od sustava 2.2.2. ovaj sustav preuzima kontrolu nad upravljačem i samostalno vraća vozilo u traku. Na slici 2.3. prikazano je kako kamera u „Pomoć pri održavanju prometne trake“ sustavu skenira rub kolnika.



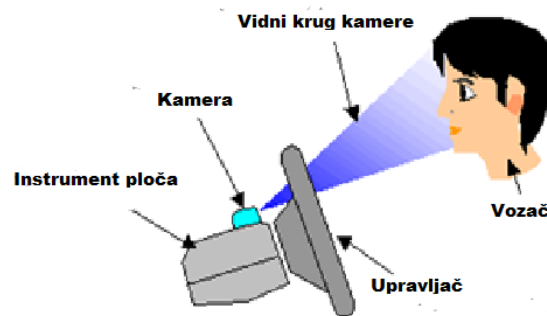
Slika 2.1. Volvo Pomoć pri održavanju prometne trake [2]

2.3. Mercedes Benz „Pomoć za pozornost“

Sustav [3] tijekom prvih nekoliko minuta vožnje analizira navike vožnje kroz sedamdesetak parametara. Jedan od najvažnijih parametara je praćenje upravljača. Ako se obrazac upravljanja ne podudara sa snimljenim navikama, sustav će izdati zvučno i vizualno upozorenje. Vizualno upozorenje prikazano je na kontrolnoj ploči vozila, a zvučno upozorenje oglašeno na audio sustavu vozila. Novija vozila u tom slučaju prikazuju upute do najbližeg odmarališta. Ovaj sustav pomaže sprječavanju nesreća uzrokovanih umorom vozača. Nedostatak sustava je lažno upozoravanje vozača zbog nepredvidivih uvjeta na cesti.

2.4. Toyota „Sigurnosni sustav pred nezgodu“

Toyota sustav [4] sastoji se od kamere za nadzor lica koja se nalazi na instrument ploči (prikazano je na slici 2.4) i kamere koja prati cestu. Kamera koja prati lice vozača ima napredan sustav za detekciju orijentacije lica. Upozorenje se izdaje u slučaju da vozač ne gleda ravno na cestu i ako postoji mogućnost prometne nesreće.



Slika 2.4. Postavljeni Toyota sustav u primjeni

2.5. Bosch „Otkrivanje pospanosti vozača“

Ovaj sustav [5] prepoznaje umor vozača pomoću senzora za kut okretanja upravljača. Senzor se postavi na odgovarajuće mjesto na upravljaču i tijekom vožnje prati upravljanje. Algoritam prepoznaje umor pomoću frekvencije malih pokreta upravljača, ovisno o dobu dana, duljini putovanja i korištenja pokazivača smjera. Ako sustav prepozna smanjenje koncentracije vozača, prikazat će se vizualno upozorenje na instrument ploči vozila.

2.6. „Anti sleep pilot“ uređaj

Ovaj uređaj [6] se postavi u unutrašnjost vozila pored upravljača. Uređaj je otprilike veličine stisnute šake, napaja se na zamjenjive baterije. Uređaj sadrži ugrađen zvučnik i zaslon koji služe za alarmiranje vozača. Prilikom prvog korištenja postavlja se profil vozača kroz kratak test. Uređaj konstantno prati stanje vozača kroz dvadeset i šest različitih parametara. Za detekciju pospanosti koristi se ranije definirani profil, doba dana, brzina kretanja vozila. Uređaj prilikom duže vožnje zadaje vozaču testove reakcije prilikom kojih vozač mora u što kraćem roku dodirnuti uređaj. Ako sustav ocijeni da je vozač umoran izdat će vizualne i zvučne signale nakon kojih se vozilo mora zaustaviti na određeno vrijeme.

3. SUSTAV ZA NADZOR VOZAČA TEMELJEN NA RGB KAMERI

U ovom poglavlju predstavljen je tijek razvoja sustava za nadzor vozača koji se temelji na RGB kameri. U prvom potpoglavlju predstavljeni su zahtjevi takvoga sustava. U drugom potpoglavlju prikazan je koncept rješenja za detekciju stanja vozača na temelju čega je izgrađen sustav. Zatim je opisana implementacija algoritma na osobnom računalu i u zadnjem dijelu poglavlja opisana je implementacija algoritma za nadzor vozača za pametni telefon s Android operacijskim sustavom.

3.1. Zahtjevi sustava za nadzor vozača

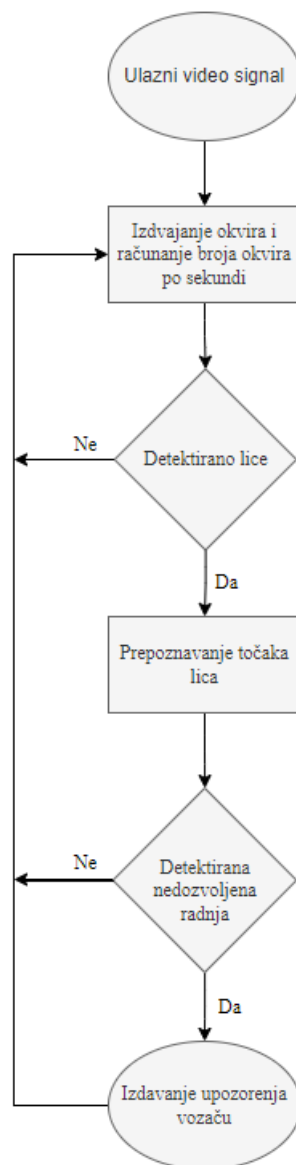
Budući da mnoga vozila još uvijek nemaju ugrađen nikakav sustav za nadzor vozača, u okviru ovog rada izrađena je aplikacija koja će na temelju video signala s kamere detektirati stanje vozača. Algoritam treba pratiti zatvorenost očiju vozača, frekvenciju treptanja, zijevanje i gledanje u stranu. Ukoliko osoba ima predugo zatvorene oči, ne gleda cestu ili zijeva treba se oglasiti zvučno upozorenje. U okviru algoritma potrebno je računati vrijeme od početka do kraja pojedine detekcije u milisekundama kako bi se točno mogle detektirati nepoželjne radnje. Računanje vremena u milisekundama moguće je postići pomoću praćenja broja okvira po sekundi (engl. *frames per second* - FPS). Za spavanje se smatra kada osoba ima zatvorene oči dulje od 3000 milisekundi prilikom čega se treba oglasiti zvučni alarm. Gledanje u stranu duže od 1000 milisekundi smatra se ugrožavanjem sigurnosti u prometu i tada se također treba oglasiti zvučno upozorenje. Zadatak je takav algoritam implementirati na osobno računalo koje će ulazni signal primiti s web kamere i nakon toga je potrebno implementirati algoritam i na pametni telefon.

Konačno rješenje treba biti mobilna aplikacija koju korisnik može koristiti u svome vozilu. Svoj pametni telefon vozač treba postaviti na vjetrobransko staklo ili kontrolnu ploču svoga vozila. Aplikacija treba prikazivati detektirano lice vozača u stvarnom vremenu, smjer gledanja vozača, ukupan broj treptaja od početka korištenja aplikacije i frekvenciju kojom vozač trepće. Kada se detektira nepoželjna radnja (spavanje, zijevanje ili gledanje u stranu) ta radnja se treba istaknuti na zaslonu uređaja i treba se oglasiti odgovarajuće zvučno upozorenje.

3.2. Koncept rješenja za detekciju stanja vozača

Na slici 3.1. je prikazan koncept rješenja za detekciju stanja vozača putem kamere. Algoritam iz ulaznog signala s RGB kamere analizira svaki okvir. Na svakom okviru algoritam pronalazi lice vozača uz izračun broja okvira po sekundi. Algoritam pomoću biblioteke *Mediapipe* iz svakog okvira izdvaja lice i na licu određuje ključne točke pomoću kojih se detektira nedozvoljena radnja.

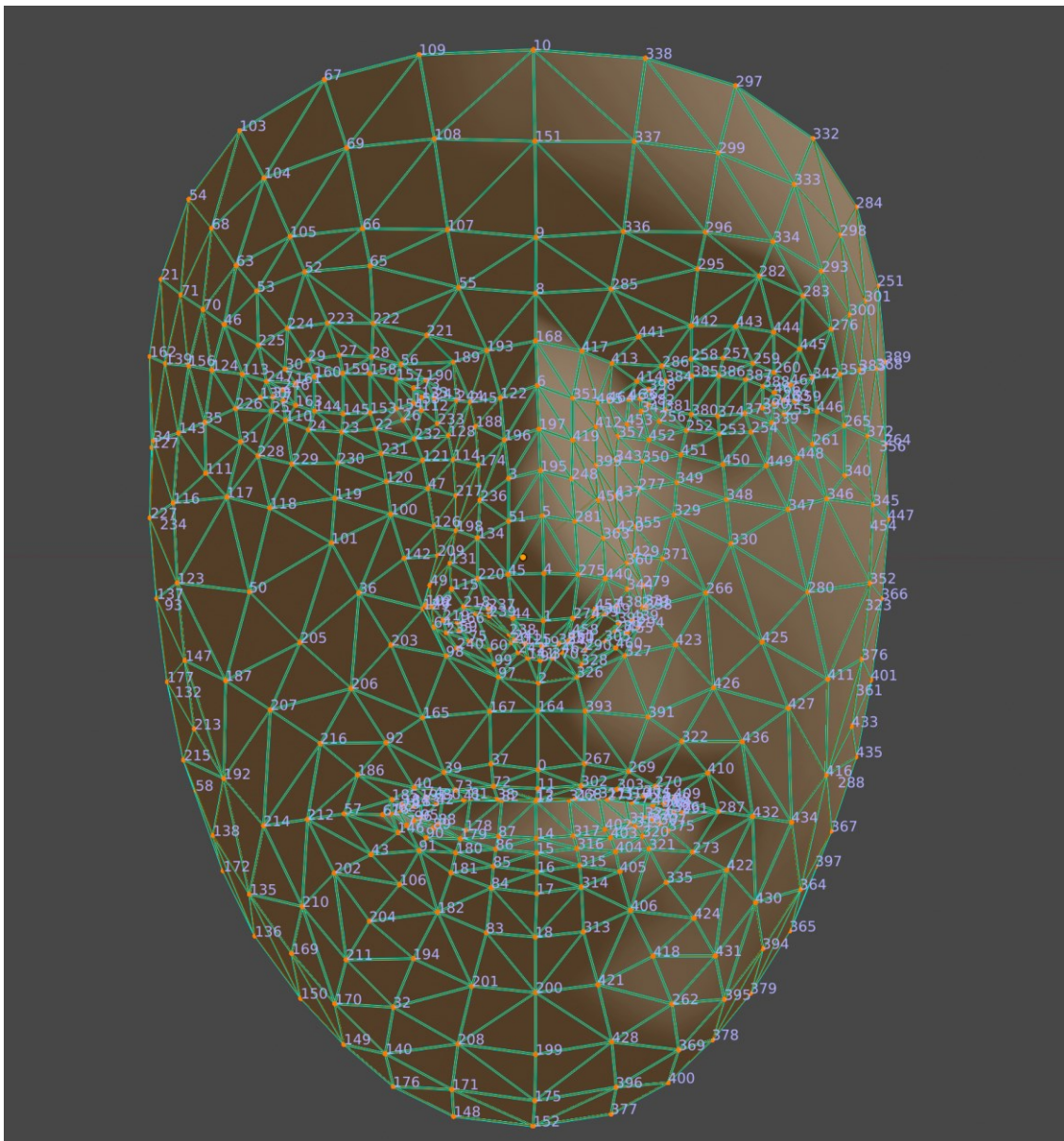
Algoritam prvo provjerava zatvorenost očiju. Ukoliko je detektirano treptanje, zbraja se svaki treptaj i računa se frekvencija treptanja. Kada osoba ima zatvorene oči više jedne sekunde izdaje se prvo upozorenje, a nakon više od 3 sekunde oglašava se zvučni alarm čija je svrha probuditi vozača. Zatim se detektira otvorenost usta (zijevanje), prilikom zijevanja vozač dobije upozorenje jer je algoritam prepoznao umor. Upozorenje se izdaje vozaču kada algoritam detektira da vozač dulje od 1000 milisekundi ne gleda ravno na cestu. Ako je detektirana nedozvoljena radnja vozaču se oglašava alarm. Ovaj koncept se u sličnom obliku koristi i za implementaciju na računalo opisanu u poglavlju 3.5 kao i za implementaciju na telefon koja je opisana u poglavlju 3.6.



Slika 3.1. Blok dijagram sustava za nadzor vozača temeljenog na RGB kameri

3.3. Mediapipe biblioteka

Implementacija predloženog algoritma sustava za nadzor vozača temeljenog na RGB kameri temelji se na *Mediapipe* biblioteci [7]. Biblioteka se koristi i u implementaciji na osobno računalo 3.5. i u implementaciji na Android sustavu 3.6. *FaceMesh* rješenje iz *Mediapipe* biblioteke prepoznaje 478 ključnih točaka lica u trodimenzionalnom prostoru i to u stvarnom vremenu kao što prikazuje slika 3.2. Na taj način se mogu detektirati ključne točke lica vozača. Analizom udaljenosti odgovarajućih točaka mogu se detektirati zijevanje, treptanje i slične radnje.



Slika 3.2. *FaceMesh* ključne točke lica [7]

3.4. Detekcija nedozvoljenih radnji

Sve funkcije u ovom potpoglavlju se u sličnom obliku koriste i za implementaciju na osobno računalo 3.5 i za implementaciju na Android sustavu 3.6. Da bi algoritam sustava za nadzor vozača temeljenog na RGB kameri mogao prepoznati kada alarmirati vozača, prvo moramo definirati nedozvoljene radnje:

1. Spavanje
2. Zijevanje
3. Gledanje u stranu

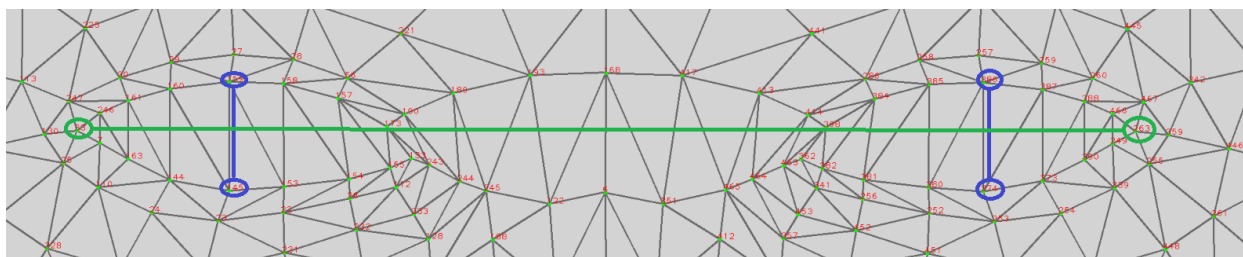
Detekcija svake navedene radnje je realizirana uz pomoć funkcije koja koristi predefimirane točke lica (*eng. landmarks*) koje se dobivaju uz pomoć *FaceMesh* rješenja iz biblioteke *Mediapipe*. Svaka od navedenih funkcija koristi pomoćnu funkciju za računanje euklidske udaljenosti dviju točaka danu izrazom (3-1). D predstavlja traženu udaljenost između točke t koja je predstavljena koordinatama (X, Y) i točke t_1 predstavljene koordinatama (X_1, Y_1) u *kartezijevom* koordinatnom sustavu s ishodištem u $(0, 0)$ koji je smješten u gornjem lijevom kutu slike.

$$D(t, t_1) = \sqrt{(X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2} \quad (3-1)$$

3.4.1. Detekcija zatvorenosti očiju

U funkciji za detekciju zatvorenosti očiju prvo se definiraju točke za gornji i donji kapak desnog i lijevog oka. Nakon toga se računa kontrolna udaljenost dviju proizvoljnih točaka na licu koje osoba ne može pomicati, u ovom slučaju to su lijevi rub lijevog oka i desni rub desnog oka. Kontrolna udaljenost omogućuje funkcioniranje ovog algoritma neovisno o udaljenosti lica od kamere. Zatim se izračunava suma udaljenosti gornjeg i donjeg kapka lijevog i desnog oka. Ukoliko je količnik udaljenosti spomenute sume i kontrolne udaljenosti manji od granične vrijednosti, smatra se da osoba ima zatvorene oči. Granična vrijednost je određena empirijskim putem i iznosi 0.1. Na slici 3.3. plave dužine označavaju udaljenosti koje predstavljaju razinu zatvorenosti oka, zelena dužina je spomenuta kontrolna udaljenost.

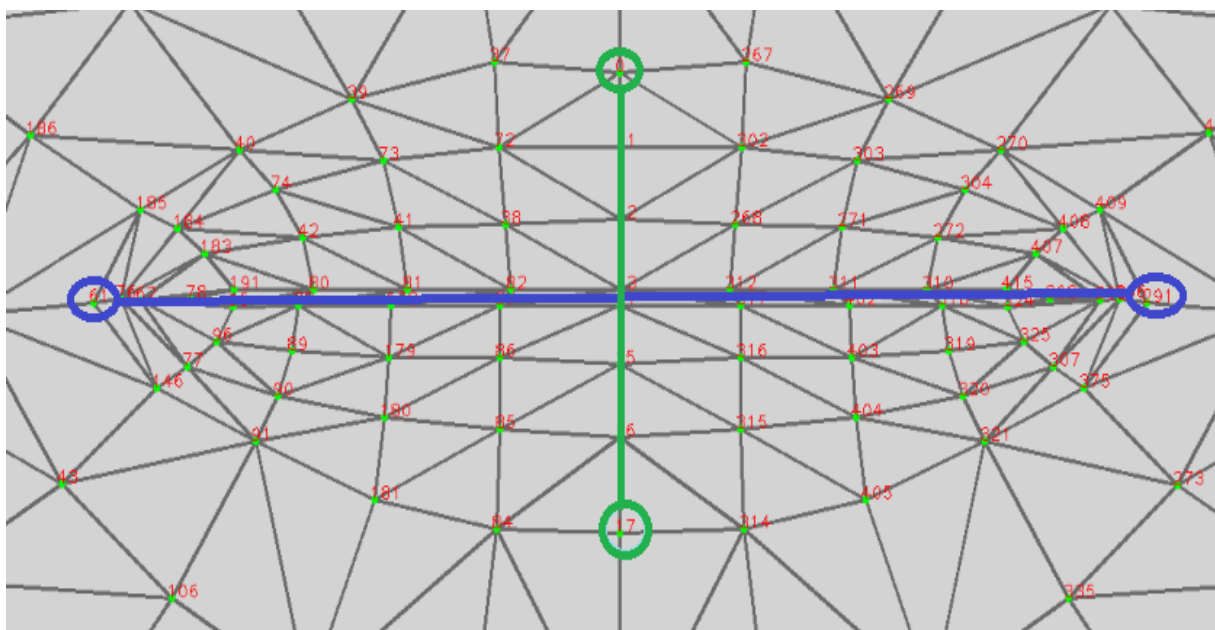
Algoritam ovu funkciju koristi za brojanje treptaja i računanje frekvencije treptanja, kao i za detektiranje preduge zatvorenosti očiju odnosno spavanja. Pomoću broja okvira po sekundi (*engl. frames per second - FPS*) računa se koliko su dugo zatvorene oči u milisekundama.



Slika 3.3. Dužine potrebne za detekciju zatvorenosti očiju

3.4.2. Detekcija zijevanja

Funkciji za detekciju zijevanja kao argumenti predaju se točke koje obilježavaju usta, odnosno usne. Nakon toga se definiraju krajnje desna, lijeva, gornja i donja točka. Omjer udaljenosti desne i lijeve i udaljenosti gornje i donje točke treba biti manji od granične vrijednosti kako bi se detektiralo zijevanje. Kao granična vrijednost koristi se konstanta 1.5 koja je određena empirijski i pokazala se kao optimalnom za prepoznavanje zijevanja. Na slici **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** vidljive su udaljenost krajnje desne i lijeve točke (plavo) i udaljenost krajnje gornje i donje točke usta (zeleno).

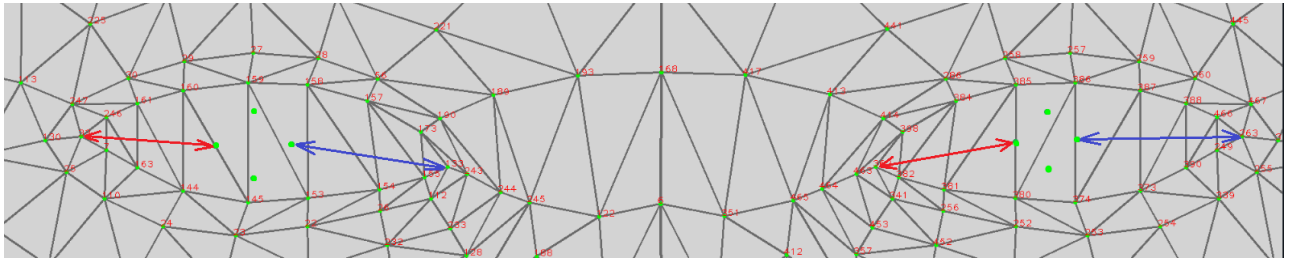


Slika 3.4. Dužine potrebne za detekciju zatvorenosti očiju

3.4.3. Detekcija gledanja u stranu

Određivanje gleda li osoba u stranu realizira se pomoću duljina dužina čije krajnje točke su rubovi zjenica i rubovi oka kao što je prikazano na slici 3.5. Najprije se međusobno zbroje duljine crvenih i plavih dužina. Zatim se izračuna apsolutna vrijednost njihove razlike. Empirijski je utvrđeno da ako spomenuta apsolutna vrijednost iznosi manje od 20 osoba gleda ravno. Ako

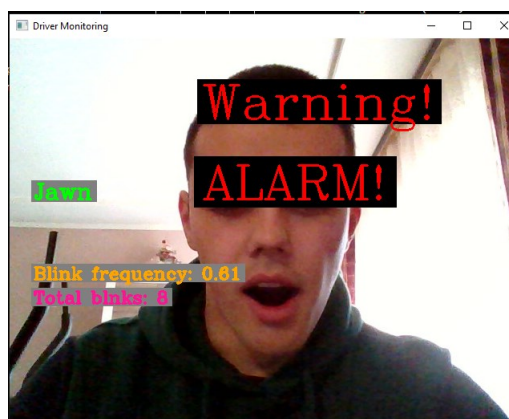
apsolutna vrijednost iznosi više od 20, provjerava se odnos duljina plavih i crvenih dužina. U slučaju da je veća duljina plavih dužina osoba gleda u desno, u suprotnom gleda ulijevo.



Slika 3.5. Način određivanja smjera gledanja

3.5. Implementacija algoritma za nadzor vozača na osobnom računalu

U razvoju ovoga cijeloga sustava prvo je realizirana implementacija sustava za nadzor vozača na osobnom računalu. Za učitavanje signala s web kamere osobnog računala korištena je biblioteka *OpenCV* [8]. Program je napisan na računalu s *Windows* operacijskim sustavom u razvojnom okruženju *Visual Studio Code*. Algoritam je napisan u programskom jeziku *Python*. Pomoću biblioteke *OpenCV* prikazuje se na ekranu računala osoba ispred računala u stvarnom vremenu. Kako bi se testirao rad algoritma, preko slike osobe ispisan je tekst koji se ažurira u stvarnom vremenu ovisno o detekcijama. Slika 3.6. prikazuje rad aplikacije na osobnom računalu. U trenutku ove snimke osoba zijeva što je evidentirano tekстом *Jawn*, do trenutka snimke je trepnula 8 puta što je vidljivo po tekstu *Total blinks:8*, frekvencija treptanja je vidljiva narančastom bojom, osoba je imala zatvorene oči više od 3 sekunde pa se oglasio alarm u obliku crvenog teksta.



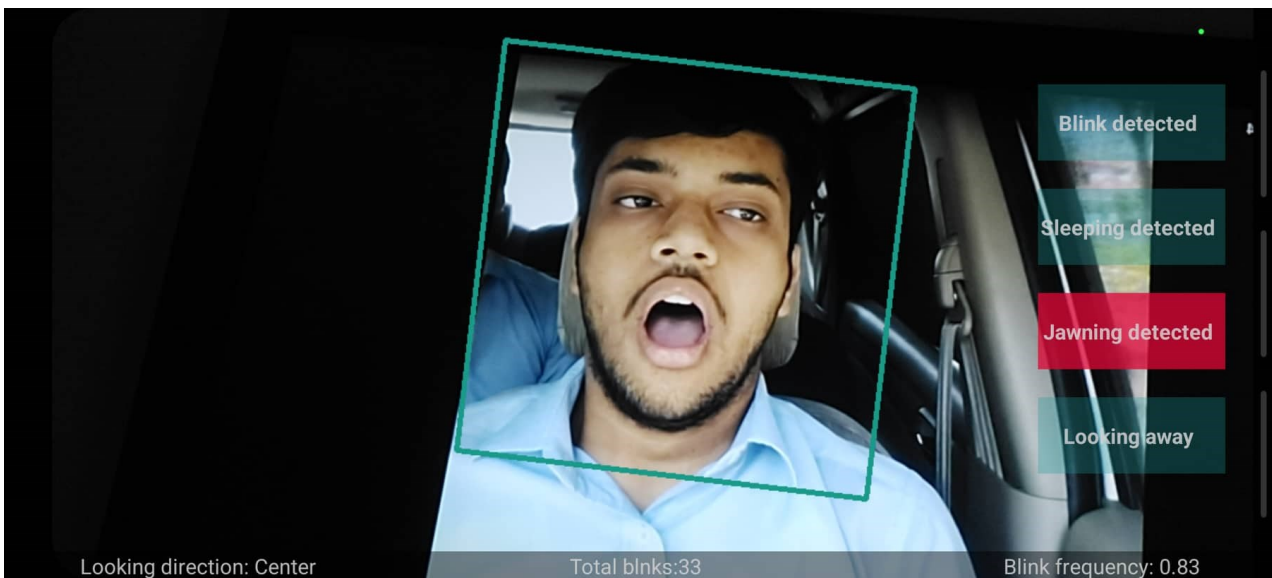
Slika 3.6. Rad aplikacije na osobnom računalu

3.6. Implementacija na Android sustavu

Nakon implementacije na osobnom računalu napravljena je i implementacija na Android sustav. Prilikom implementacije sustava za nadzor vozača putem RGB kamere na Android sustav kod je pisan u „Android Studio“ [9] na operacijskom sustavu Ubuntu u programskom jeziku Java uz korištenje *Mediapipe* biblioteke. Za razliku od implementacije sustava za nadzor vozača na osobnom računalu, u implementaciji na Android sustavu implementiran je i zvučni izlaz koji se koristi pomoću *MediaPlayer* biblioteke.

3.6.1. Konačan izgled aplikacije na Android sustavu

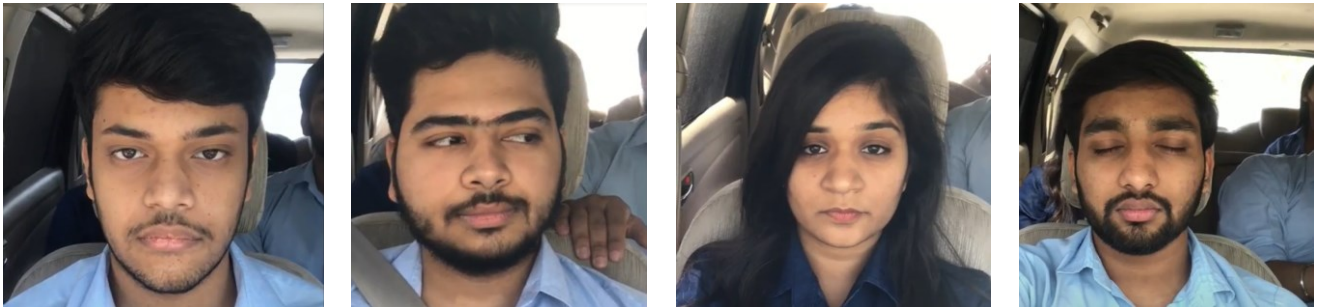
Konačan izgled izgrađene aplikacije na Android operacijskom sustavu prikazan je slikom 3.7. Aplikacija je namijenjena za korištenje u vodoravnom (engl. *landscape*) načinu rada. Glavni dio izgleda aplikacije je prikaz vozača u stvarnom vremenu. S desne strane nalaze se tekstovi: *Blink detected*, *Sleeping detected*, *Jawning detected* i *Looking away*. Tekstovi mijenjaju boju na osnovu detekcije algoritma. Na dnu zaslona nalazi se traka na kojoj se nalaze tekstovi: *Looking direction*, *Total blinks* i *Blink frequency*. Tekstovi se ažuriraju u stvarnom vremenu prikazujući smjer gledanja, ukupan broj treptaja i frekvenciju treptanja. Na slici 3.7. prikazano je sučelje aplikacije sustava za nadzor vozača na pametnom telefonu. Na prvoj slici osoba je trepnula pa je zbog toga u tom trenutku tekst „*Blink detected*“ obojan u crveno, a na drugoj slici osoba je zijevnula pa je tekst „*Jawning detected*“ obojan u crveno. Lice osobe uokvireno je tirkiznim pravokutnikom.



Slika 3.7. Konačan izgled aplikacije na Android uređaju, primjer za treptaj i zijevanje

4. EVALUACIJA SUSTAVA ZA NADZOR VOZAČA

Za testiranje sustava za nadzor vozača temeljenog na RGB kameri korišten je videozapis „*Driver drowsiness dataset*“ [10] duljine 3 minute i 14 sekundi. U videozapisu izmijenile su se četiri osobe od kojih jedna žena i troje muškaraca (slika 4.1.). Video se sastoji od 4673 okvira od kojih je svaki označen rednim brojem pojavljivanja u testnom videozapisu te ima odgovarajuću oznaku ovisno u kakvom je stanju vozač u tom trenutku.



Slika 4.1. Osobe koje su se pojavljivale u testnom videu

4.1. Evaluacija implementacije sustava za nadzor vozača temeljenog na RGB kameri na osobnom računalu

Za testiranje algoritma za nadzor vozača putem RGB kamere na računalu s Windows operacijskim sustavom korišteno računalo je *ACER Nitro 5*. Svaki okvir je po rednom broju uspoređen s detekcijom algoritma.

Za ocjenjivanje rada implementiranog algoritma korištene su mjere preciznost (engl. *precision*) i odziv (engl. *recall*) definirane formulama (4-1). TP predstavlja broj točno detektiranih nedozvoljenih radnji. FP predstavlja broj lažno detektiranih nedozvoljenih radnji kada osoba zapravo nije izvela nedozvoljenu radnju. FN je broj nedozvoljenih radnji koje algoritam nije detektirao, odnosno osoba je napravila nedozvoljenu radnju a algoritam ju nije detektirao.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4-1)$$

Tablica **Pogreška! Izvor reference nije pronađen.** prikazuje rezultat testiranja algoritma iz sustava za nadzor vozača temeljenog na RGB kameri implementiranog na osobno računalo. Iz rezultata testiranja vidljivo je da algoritam radi na prilično visokoj razini preciznosti i odziva.

Uzrok slabijeg rezultata funkcije za detektiranje gledanja u stranu je taj što algoritam ne može u svakom trenutku precizno istaknuti zjenicu oka. Funkcije za detekciju zijevanja i zatvorenosti očiju imaju veliku preciznost i odziv jer su se greške dešavale samo u iznimnim slučajevima (npr.

Tablica 4.1. Rezultat evaluacije funkcija korištenih u algoritmu

Evaluacija – osobno računalo	TP	TN	FP	FN	Ukupno	Preciznost	Odziv
Zatvorenost očiju	1426	3192	25	30	4673	0.9827705	0.9793956
Zijevanje	491	4170	8	4		0.9839679	0.9919192
Gledanje u stranu	301	4285	44	43		0.8724638	0.875

automobil se snažno zatresao u vožnji).

4.2. Evaluacija implementacije na Android telefonu

Pametni telefon Samsung Galaxy A71 s instaliranom aplikacijom za nadzor vozača prednjom kamerom je uperen u smjeru ekrana računala i pušten je videozapis. Tijekom cijelog videozapisa osobe su ukupno zatvarale oči 71 put, aplikacija je detektirala 62 treptaja kod varijable „*Total blinks*“. Budući da aplikacija nije „lažno detektirala“ niti jedan treptaj, detektirano je 87% treptaja. Moguć uzrok lošijih rezultata je snimanje ekrana računala što proizvodi videozapis lošije kvalitete. Alarm se oglasio svaki puta kada su osobe imale zatvorene oči više od 3 sekunde, odnosno kada su osobe spavale. U videozapisu korištenom za testiranje aplikacije osobe su zijevale ukupno 8 puta. Prilikom svakog zijevanja aplikacija je izdala upozorenje za umor. Upozorenje za praćenje ceste se tijekom testnog videozapisa oglasilo dva puta, kada osobe nisu gledale cestu duži vremenski period. Tekst „*Looking direction*“ na dnu aplikacije se točno ažurirao po potrebi prilikom svakog gledanja u stranu. Iz ovih rezultata možemo zaključiti da završna aplikacija pruža vrlo dobre rezultate, radi na različitim udaljenostima od kamere i s različitim osobama.

5. ZAKLJUČAK

U radu je predložen sustav za nadzor vozača temeljen na RGB kameri. Krajnje rješenje je mobilna aplikacija koju korisnik instalira na svoj pametni telefon s Android operacijskim sustavom, telefon postavi u svoje vozilo i pokrene aplikaciju. Implementirani algoritam detektira zijevanje, spavanje i gledanje vozača u stranu i po potrebi ga upozorava. Algoritam za nadzor vozača je temeljen na *Mediapipe* biblioteci i prvo je implementiran na osobnom računalu, a zatim na Android operacijskom sustavu. Efikasnost funkcija za detekciju zijevanja, spavanja i gledanja u stranu je testirana uz snimanje videozapisa u trajanju od 194 sekunde i utvrđeno je da funkcije vrlo dobro detektiraju nedozvoljene radnje.

LITERATURA

- [1] Volkswagen sustav upozorenja vozača, dostupno na: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/driver-alert-system-3932> [11. ožujka 2022.]
- [2] Volvo driver alert system, dostupno na: <https://www.volvocars.com/en-th/support/manuals/v60/2016w17/driver-support/driver-alert-system/driver-alert-control-dac> [11. ožujka 2022.]
- [3] Mercedes Benz "Pomoć za pozornost", dostupno na: <https://www.mercedesbenzofeaston.com/mercedes-benz-attention-assist/> [11. ožujka 2022.]
- [4] Toyota Pre-crash safety system, dostupno na: <https://global.toyota/en/detail/248128> [11. ožujka 2022.]
- [5] Bosch Driver drowsiness detection, dostupno na: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/assistance-systems/driver-drowsiness-detection/> [12. ožujka 2022.]
- [6] Anti sleep pilot, dostupno na: <https://newatlas.com/anti-sleep-pilot-monitors-driver-fatigue/17439/> [12. ožujka 2022.]
- [7] Mediapipe biblioteka, dostupno na: <https://google.github.io/mediapipe/> [1. lipnja 2022.]
- [8] OpenCV biblioteka, dostupno na: <https://pypi.org/project/opencv-python/> [1. lipnja 2022.]
- [9] Android Studio, dostupno na: <https://developer.android.com/studio> [17. lipnja 2022.]
- [10] Driver drowsiness dataset (DS3), dostupno na: <https://github.com/bindujiit/Driver-Drowsiness-Dataset-D3S/blob/main/README.md> [30. kolovoza 2022.]

SAŽETAK

Mnogi proizvođači automobila u svoja vozila ugrađuju razne sustave za nadzor vozača kako bi povećali sigurnost u prometu. Budući da stariji automobili nemaju takve sustave za nadzor vozača, ugrožena je sigurnost sudionika u prometu. U radu je predstavljeno nekoliko komercijalnih sustava za nadzor vozača. Zatim su opisani zahtjevi sustava za nadzor vozača i implementacija takvog sustava na osobno računalo i na pametni telefon. Na kraju je predstavljen rezultat evaluacije sustava za nadzor vozača.

Ključne riječi: automobil, nadzor vozača, senzor, sigurnost u prometu, umor

Driver monitoring using a smartphone

ABSTRACT

Many car manufacturers install various driver monitoring systems in their vehicles to increase traffic safety. Since older cars do not have such driver monitoring systems, the safety of road users is at risk. Several commercial driver monitoring systems are presented in the paper. Then the requirements of the driver monitoring system and the implementation of such a system on a personal computer and on a smartphone are described. At the end, the result of the evaluation of the driver monitoring system was presented.

Keywords: car, driver monitoring, sensor, traffic safety, fatigue