

The Importance of Vehicle Speed Measurement Devices in Traffic Safety and Forensic Applications

Značaj uređaja za mjerenje brzine vozila u funkciji sigurnosti prometa i forenzičke svrhe

DOI: 10.59366/2831-1086.2025.3.6.25

Marko Amidžić¹, Vedran Ročić²

1. Evropski univerzitet Brčko distrikt

2. Evropski univerzitet Brčko distrikt

Corresponding autor

Email: marko.amidzic1@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6674-193X>

Abstract: The contemporary way of life and globalisation trends have led to increased mobility of both people and goods. Greater mobility also generates additional challenges, and the solution lies in improving the quality of traffic system management. Increased mobility significantly raises the number of conflict situations within the traffic system. Traditional methods of managing and resolving traffic conflicts are no longer sufficient to keep pace with these trends, nor can they provide an adequate response to ensure efficient and safe traffic management. A suitable answer to these rising demands can be found in a broader application of innovative technologies. One such solution is the use of surveillance camera systems in traffic management. This system is characterised by wide availability, high quality and a clean-technology approach. Monitoring is carried out through video recordings, which are later used for sanctioning and forensic purposes. Speed parameters obtained from video footage can be calculated using a forensic method based on a simplified procedure for determining the speed of a vehicle recorded by a static camera, which will be presented in this paper.

Keywords: surveillance camera systems, speed monitoring, safety, photogrammetry

Sažetak: Trenutni način života, i globalizacijski trendovi za posljedicu imaju povećanu mobilnost, kako ljudi tako i roba. Povećana mobilnost gomila i probleme, a rješenje se vidi u kvalitetnijem upravljanju prometnim sustavom. Povećana mobilnost značajno povećava i konfliktne situacije u prometnom sustavu. Dosadašnji tradicionalni način upravljanja i rješavanja konfliktnih situacija u prometu ne može pratiti navedene trendove, odnosno ne mogu dati adekvatan odgovor za kvalitetno i sigurno upravljanje istim. Odgovor na sve veće zahtjeve može se naći u značajnijoj primjeni inovativnih tehnologija. Jedno od rješenja je i primjena sustava nadzornih kamera u upravljanju prometnim sustavom. Ovaj sustav karakterizira široka dostupnost, visoka kvaliteta i princip čiste tehnologije. Nadzor se vrši video zapisima koji se kasnije koriste za sankcioniranje i forenzičke potrebe. Parametre brzine dobivene pomoću video snimke moguće je izračunati forenzičnom metodom pojednostavljenog postupka određivanja brzine vozila snimljenog statičnom kamerom što će biti prikazano u radu.

Ključne riječi: sustavi nadzornih kamera, nadzor brzine, sigurnost i fotogrametrija

Uvod / Introduction

Sigurnost cestovnog prometa podrazumijeva stanje i svojstvo prometnog toka koji se odvija na prometnim površinama, odnosno sudjelovanje svih sudionika u prometu bez incidentnih situacija. Da bi se smanjile incidentne situacije na njih treba preventivno djelovati i kontinuirano nadzirati. Sva dosadašnja istraživanja ukazuju da je još uvijek ključni faktor događanja prometnih nesreća vozač, odnosno njegovo ponašanje. On je upravo ključan za neprilagođenu brzinu vozila. Inovativne tehnologije se sve više koriste kao pomoć vozaču s ciljem da anuliraju greške vozača upravo u odnosu na brzinu vozila. Sasvim je jasno da je vozač taj koji prilagođava brzinu svog vozila uvjetima na cesti, zbog čega u slučajevima da nju prekorači, ne prilagodi tehničkim sposobnostima vozila i svojim sposobnostima, sebe i druge sudionike u prometu izlaže opasnostima. (1)

Tehnološkim razvojem stekli su se preduvjeti za smanjenjem broja ljudske radne snage u skoro svim oblicima proizvodnje, prodaje i transporta. Odnosno, tehnologije zamjenjuju pojedine ljudske poslove, što je pozitivno, pogotovo u slučajevima nedostatka takvih resursa. Kada se govori o prometnom sustavu, tu inovativne tehnologije također mogu zamijeniti neke poslove. Tu se pogotovo misli na nadzor i upravljanje prometnim sustavom, gdje one mogu zamijeniti neke poslove kao što su prije svega nadzor brzine što su ranije radili policijski službenici. Kamere i video senzori su postali neizostavan dio moderne cestovne infrastrukture. Daju prije svega vizualne i druge informacije o stanju prometa na cestama, pogotovo su informacije značajne za detekciju incidentnih situacija, te za boljim upravljanjem prometnog sustava.

Međutim, kao neki od nedostataka su privatnost, troškovi i kompleksnost primjene takvih sustava. (2) Također se sve više ističe i mogućnost zlouporabe dostupnih podataka s snimki video nadzora što se posebno zakonski treba regulirati.

Sustavi za nadzor brzine u prometu / Traffic speed monitoring systems

Od konstruiranja vozila pa do danas brzina istog je bila u fokusu istraživanja u odnosu na sigurnost. Kako su se razvijale tehničke mogućnosti vozila, tako se javljala i potreba za njegovim nadzorom, odnosno nadzorom vozača koji njime upravlja i donosi odluke. U početku se može reći da se nadzor provodio klasičnim metodama koristeći jednostavne uređaje kao što su razni tipovi radara, a danas su to sofisticirani sustavi.

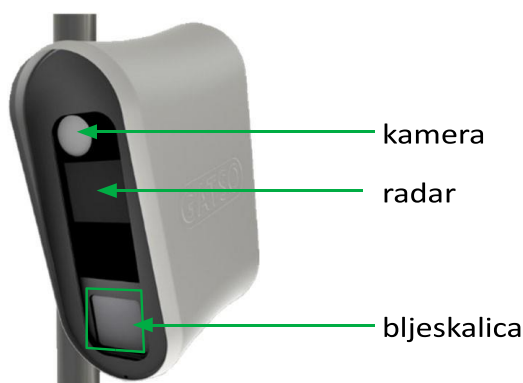
Kamere za nadzor brzine / Speed surveillance cameras

Sva dosadašnja istraživanja pokazuju da je glavni uzročnik prometnih nesreća brzina neprimjerena uvjetima na cesti. S obzirom na činjenicu da još uvijek veliki broj vozila nije opremljen inovativnim tehnologijama koje utječu na vozača u smislu poštivanja ograničenja brzine, on još uvijek donosi odluke o načinu vožnje i poštivanju propisa. Zbog navedenog, a u cilju većeg poštivanja ograničenja brzine kao jedno od boljih tehnoloških rješenja su sustavi za nadzor brzine i drugih prometnih prekršaja. To su svakako sustavi video nadzora koji se instaliraju na prometnice.

Gastometar je još 1958. demonstrirao u Nizozemskoj prvu kameru za mjerenje brzine na cestama. Danas u svijetu su na mnogim lokacijama instalirani sustavi za nadzor brzine tvrtke „Sensys Gatso Group“. Pogotovo se ističu sustavi T-serije, a radi se o fiksnim sustavima namijenjenim za instaliranje uz cestu i služe za nadzor prekršaja brzine i prolaska kroz crveno svjetlo. (3) Također imaju i funkciju prikupljanja drugih podataka o vozilima u prolasku, te služe za kvalitetnije upravljanje prometnim sustavom.

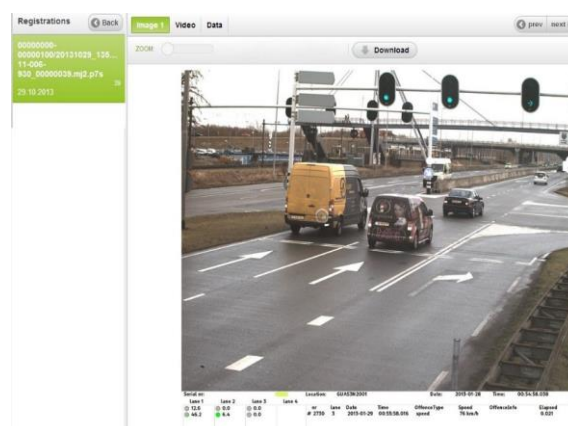
Fiksni uređaji instalirani uz cestu namijenjeni za nadzor brzine / Fixed roadside devices intended for speed monitoring

Kontinuiranim rastom broja stanovnika, urbanizacija i globalizacijski procesi postaju izazov održivoj mobilnosti. Osim potrebe za većom održivosti i sigurnosni aspekti su pred velikim izazovima u prometnom sustavu. Kamere i sustavi koji se koriste za video nadzore su digitalizirani i snimaju slike u stvarnom vremenu. Slika broj 1. prikazuje primjer kamere koje se koriste za nadzor i upravljanje prometnim sustavom. One se instaliraju na lokacijama koja su ranije detektirana kao moguće incidentne ili ne drugi način sigurnosno interesantne lokacije.



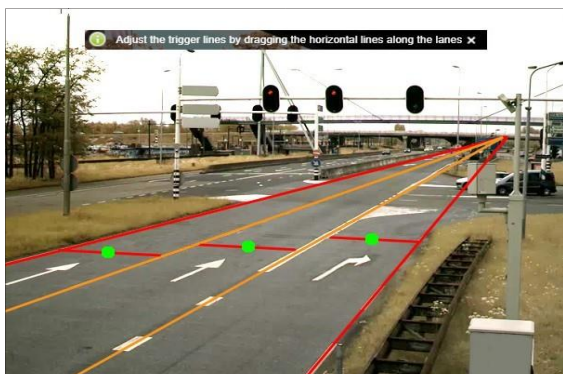
Slika 1. Prikaz fiksne kamere za nadzor prometa (3)

Digitalna kamera snima slike i video zapise registrarskih oznaka visoke kvalitete prikazano na slici 2., zatim procesor (softverski algoritam) obrađuje vizualne podatke i analizira iste koji se kasnije koriste u određene svrhe. Primarno je to za detektiranje prekršaja, zatim detektiranje incidentnih situacija, što koristi za potrebe kvalitetnijeg i sigurnijeg upravljanja prometnim sustavom. Ovaj način nadzora prometnog sustava je trenutno najzastupljeniji i sve se više koristi, tako da pojedine države značajnije povećavaju broj fiksnih kamera za potrebe kvalitetnijeg nadzora prometa. Pružaju informacije o stvarnom vremenu, omogućujući brze reakcije na promjene u prometu. Služe kao dokazni materijal u slučaju nesreća ili prekršaja. (4)



Slika 2. Prikaz registracije vozila (3)

Nakon što se podatak detektira na liniji okidača prikazano slikom 3., podaci se prenose na softver, gdje softverski algoritam obrađuje vizualne podatke. Obično se izrađuje jedna slika, po potrebi mogu i dvije, a postoji i mogućnost video snimke do 20 sekundi. Također postoji mogućnost deblokade i postavljanja linija okidača za svaku pojedinu traku, prikazano slikom 3.

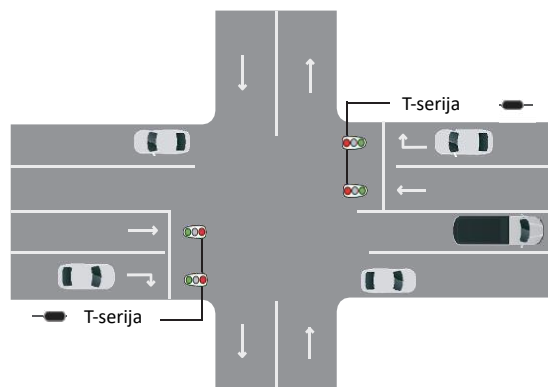


Slika 3. Udaljenost linije/linija okidanja (3)

Fiksni uređaji instalirani uz cestu namijenjeni za nadzor crvenog svjetla / Fixed roadside devices intended for red light monitoring

Navedeni sustavi imaju mogućnosti utvrđivanja prekršaja vezanih za crveno svjetlo na semaforu prikazano slikom 4. Kada sustav utvrdi prekršaj vezan uz crveno svjetlo, prema zadanim postavkama snima dvije fotografije. Jedna slika (visoke razlučivosti) snimit će se kada se stražnji dio vozila nalazi u liniji okidanja. Općenito, linija okidanja se odabire na istoj poziciji kao i linija zaustavljanja.

Druga slika (niske razlučivosti) snimit će se kada prednji dio vozila u prekršaju bude u liniji okidanja. Dvije slike služe kao dokaz da je vozač prešao liniju zaustavljanja na crvenom svjetlu i nije se zaustavio. Dodatna slika snimit će se nakon unaprijed podešenog vremenskog intervala ili udaljenosti i može se koristiti za provjeru mjerenja brzine. Nadzor crvenog svjetla moguć je u najviše 4 prometna traka.



Slika 4. Prikaz nadzora crvenog svjetla (3)

Forenzična fotogrametrija u funkciji izračuna brzine vozila / Forensic photogrammetry in the function of vehicle speed calculation

Fotogrametrija je vještina, znanost i tehnologija dobivanja pouzdanih informacija o fizičkim objektima i okolišu snimanjem, mjerenjem i interpretacijom fotografskih slika i uzoraka energetskih obrazaca dobivenih beskontaktnih senzorima. (5)

Forenzična fotogrametrija može se odrediti kao primjena fotogrametrijskih metoda u svrhu dobivanja kvantitativnih informacija iz fotografija i video zapisa u istražnim i sudskim postupcima. Forenzična fotogrametrija je interdisciplinarno područje koje obuhvaća obradu digitalnih fotografija i video materijala, mjerenja i analitičke postupke s ciljem razjašnjavanja konkretnih pitanja povezanih s događajem, kroz postavljanje hipoteza o okolnostima i tijeku događaja ili u kontekstu evaluacije prikupljenih dokaza radi utvrđivanja njihove informacijske relevantnosti, odnosno razine potpore postavljenim hipotezama.

U praksi, razlika između istražnog procesa (primarno heuristički aspekt) i evaluacije dokaza često nije strogo razgraničena već se oni međusobno preklapaju. Ista pitanja mogu biti relevantna u oba konteksta, za oblikovanje i testiranje radnih hipoteza kao i za određivanje njihove uvjerljivosti. Fotogrametrija se u forenzičkom kontekstu može koristiti i za procjenu brzine kretanja vozila, te za eventualne rekonstrukcije prometnih nesreća.

Izračun brzine kretanja vozila / Calculation of vehicle speed

Brzina se određuje kao udaljenost koju neko tijelo prijeđe u jedinici vremena. Procjena brzine kretanja vozila iz videozapisa u forenzičkoj fotogrametriji temelji se na: određivanju udaljenosti koja je prijeđena i određivanju vremenskog intervala u kojem je ta udaljenost prijeđena. Podaci o proteklom vremenu tijekom analize sekvence se mogu dobiti rastavljanjem video zapisa na vremenske isječke (frameove) i određivanjem njihovog trajanja. Frekvencija video zapisa se izračunava po broju frameova u sekundi (fps, *engl. frames per second*).

Mjerenje udaljenosti/ Distance measurement

U procjeni brzine kretanja vozila prvi korak je određivanje udaljenosti koja je u promatranom intervalu prijeđena. U te svrhe, provodi se analiza vizualnog prikaza kojom se identificiraju objekti ili referentne točke čije su stvarne dimenzije ili udaljenosti poznate ili odredive. To mogu biti primjerice širina prometne trake, duljina vozila, ili razmak između cestovnih oznaka. Piksel, kao osnovna jedinica digitalne slike, nema fiksnu fizičku vrijednost već predstavlja kontekstualnu mjeru.

Piksel može označavati duljinu, površinu, kut ili brojčanu vrijednost, ovisno o svrsi analize i kontekstu.

Ne smije se tumačiti kao metrička jedinica sam po sebi već njegova vrijednost mora biti povezana s realnom dimenzijom putem referentnih točaka uz jasno definirani kontekst i poznate parametre slike. 6. Na temelju poznatih veličina uspoređuje se njihov prikaz na slici te se uspostavlja odnos između piksela i stvarne udaljenosti. Time se omogućuje da se pomak vozila u vizualnom prikazu, izražen u broju piksela, pretvori u jedinicu duljine.

Udaljenosti i dimenzije mjere se različitim tehnikama, ovisno o fizičkim i vizualnim obilježjima snimanog prostora, dostupnosti referentnih podataka i kvaliteti snimke. Jedan od pristupa temelji se na primjeni analitičkih metoda koje koriste geometrijske i matematičke modele za izračun prostorne udaljenosti na osnovi vizualnih podataka i poznatih referentnih dimenzija. Drugi pristup je fotogrametrijska rekonstrukcija iz izvorne perspektive (*engl. reverse projection photogrammetry*).

Provodi se korištenjem iste kamere ili kamere jednake optičke konfiguracije pri čemu se udaljenosti određuju usporedbom snimke s fizičkim objektom poznatih dimenzija (npr. mjerna letva s označenim duljinama) odgovarajuće postavljenim u prostor. Treći pristup temelji se na trodimenzionalnoj rekonstrukciji scene pomoću digitalne fotogrametrije ili laserskog skeniranja. Omogućuje precizno pozicioniranje objekata u prostoru neovisno o položaju kamere kojom je događaj snimljen.

Metoda je prikladna za analizu kompleksnih prostornih konfiguracija a jednom izrađen 3D model omogućuje promatranje iz različitih kutova i izvođenje naknadnih mjerenja.

Mjerenje vremena / Time measurement

Vremenski interval određuje se analizom trajanja kadrova koji prikazuju početne i završne točke kretanja vozila. Iako se često pretpostavlja da video snimka prikazuje stabilan broj slika u jedinici vremena (npr. 25 fps) u stvarnosti to često nije točno, posebno kod snimki video nadzornih sustava.

Sustavi video nadzora često koriste vlastite formate zapisa ili modificiraju standardne formate i često se njihove snimke ne prikazuju ispravno u standardnim programima za reprodukciju video materijala. Uobičajeni programi za pregled i analizu videozapisa, komercijalni i *open-source*, ne prikazuju uvijek točne podatke o trajanju svake slike u videu.

Mogu izračunavati vlastite vremenske oznake prema redoslijedu u kojem se slike pojavljuju ili ih mogu odrediti prema svojim pravilima za dekodiranje sadržaja. Prilagođena reprodukcija video zapisa može dovesti do pogrešnog određivanja vremena. Precizno određivanje vremena u videozapisima zahtijeva stručnu analizu i korištenje profesionalnih alata koji mogu očitati stvarne vremenske oznake iz izvornog formata snimke. (7)

Nesigurnost mjerenja (Measurement uncertainty)

Razumijevanje ograničenja u određivanju brzine kretanja vozila doprinosi stručnosti

interpretacije rezultata i umanjuje mogućnost donošenja pogrešnih zaključaka.

Valjanost fotogrametrijskih mjerenja temelji se na primjeni znanstveno utemeljenih metoda i transparentnom prikazu postupka. Da bi se omogućila ponovljivost postupka i rezultata te procjena pouzdanosti samog mjerenja potrebno je navesti koje su potencijalne pogreške uzete u obzir a koje nisu. Takav pristup pridonosi transparentnosti metode i razumijevanju njezinih ograničenja.

Kao čimbenici koji mogu utjecati na točnost mjerenja udaljenosti mogu se navesti optička distorzija leće, odstupanja u poziciji i orijentaciji kamere, točnost određivanja referentnih dimenzija te ograničenja vezana uz kvalitetu i razlučivost snimke. U odnosu na mjerenje vremena, točnost ovisi o primjeni prikladnih metoda i korištenju odgovarajućih alata.

Mjerenja udaljenosti i vremena su neovisna a izračun brzine ovisi o ta dva mjerenja te se nesigurnosti brzine izračunava iz kombinirane nesigurnosti udaljenosti i vremena.

Primjer određivanja brzine vozila iz video zapisa / Example of determining vehicle speed from video footage

Za potrebe izrade ovoga rada i pojašnjenja pojednostavljenog postupka određivanja brzine na poligonu Autoškole Eurospot provedeno je snimanje brzine vozila. Brzina je snimljena statičnom kamerom s unaprijed određenom brzinom kretanja vozila. U analizi su uzete dvije pozicije vozila, trenutak kada prednja osovina prelazi referentnu crtu (Slika 5.), te trenutak kada stražnja osovina prelazi istu crtu (Slika 6.).



Slika 5. Prikaz vozila u trenutku kada prednja osovina prelazi referentnu crtu

Izradili: autori



Slika 6. Prikaz vozila u trenutku kada stražnja osovina prelazi referentnu crtu (autori)

Za određivanje udaljenosti korišten je međuosovinski razmak vozila, utvrđen prema tehničkim specifikacijama marke i modela. Vrijeme prolaska određeno je analizom video zapisa prema broju kadrova i njihovom trajanju.

Na osnovi poznatog međuosovinskog razmaka od 2,62 metra i utvrđenog vremena prolaska preko referentne crte od 0,334 sekunde, procijenjena je brzina vozila od približno 28,2 kilometra na sat. Vrijednost dobivena analizom snimke približno odgovara brzini očitanoj na brzinomjeru vozila koja je iznosila 30 km/h.

Zaključak / Conclusion

Primjene inovativnih informacijskih tehnologija u okruženju postala je svakodnevnica, naročito video tehnologija. Svjedočimo povećanoj mobilnosti ljudi i roba, samim time se gomilaju i problemi. Povećanjem mobilnosti, povećavaju se i konfliktne situacije, odnosno incidenti.

Klasičnim metodama teško se može nadzirati i upravljati prometom. Jedno od mogućih rješenja je uporaba nadzornih kamera, pogotovo za nadzor brzine vozila. Ovaj način nadzora prometnog sustava je trenutno najzastupljeniji i sve se više koristi, tako da pojedine države značajnije povećavaju broj fiksnih kamera za potrebe kvalitetnijeg nadzora prometa. Pružaju informacije o stvarnom vremenu, omogućujući brze reakcije na promjene u prometu.

Druga bitna stavka je značaj dobivene video snimke i njena obrada. Obradu digitalnih fotografija i video materijala, mjerenja i analitičke postupke s ciljem razjašnjavanja konkretnih pitanja povezanih s događajem, ili u kontekstu evaluacije prikupljenih dokaza radi utvrđivanja njihove informacijske relevantnosti. U sigurnosnom smislu nadzor brzine vozila i procjena brzine kretanja vozila su bini podaci. U procjeni brzine kretanja vozila prvi korak je određivanje udaljenosti koja je u promatranom intervalu prijeđena. U radu je prikazan i pojašnjen pojednostavljenog postupka određivanja brzine vozila temeljem snimke fiksne video kamere.

Vrijednost brzine vozila dobivena analizom snimke procijenjena je od približno 28,2 kilometra na sat što približno odgovara brzini očitanoj na brzinomjeru vozila koja je iznosila 30 km/h.

Literatura / References

1. Amidžić, M., (2010.), Policija i sigurnost, časopis br. 4/10, Zagreb.
2. N. R. Mate, (2016.) Intelligent transportation system, International Journal of Advanced research.
3. <https://meditronik.hr/ubrzavanje-prometne-mobilnosti-niki-gatsonides-sensys-gatso/> (pristup 14.07.2025.)

4. J. M. Sussman, (2005.), Perspective on Intelligent Transportation System, NewYork
5. <https://www.nis.gov/system/files/documents/2023/04/04OSAC%202021-S-0037%20Standard%20Guide%20for%20Forensics%20Photogrammetry.REGISTRY%20VERSION.pdf> (pristup 14.07.2025.)
6. <https://nvlpubs.nis.gov/nistpubs/ir/2023/NIS.IR.8456.pdf> (pristup 30.07.2025)
7. Scientific Working Group on Digital Evidence. SWGDE Best Practice for Frame Timing Analysis of H.264 Video Stored in ISO Base Media File Formats. Version 1.0. 2020 Sep 17. Dostupno na: <https://www.swgde.org/19-v-004/> (pristup 05.08.2025.)