



PRIMENA VIDEO NADZORA KAO CLOUD SERVISA (VSaaS) U OBLASTI SAOBRAĆAJA (Rad po pozivu)

Hon.D.Sc. Predrag Dašić, email: dasicp58@gmail.com

Visoka tehnička mašinska škola strukovnih studija (VTMŠSS), Trstenik, Srbija

M.Sc. Jovan Dašić, email: jovan_dasic@yahoo.com

M.Sc. Bojan Crvenković, email: crvenkovicbojan@gmail.com

SaTCIP Publisher Ltd., Vrnjačka Banja, Srbija

Sažetak: Implementacija sistema za video nadzor omogućava monitoring i upravljanje saobraćaja kako bi se povećala bezbednost i sigurnost svih učesnika u saobraćaju. Takav sistem pruža informacije u realnom vremenu o toku saobraćaja, zagušenjima i bilo kakvim potencijalnim bezbednosnim rizicima na različitim delovima puta. Moderni sistemi imaju mogućnost kontrole semaforne signalizacije i preusmeravanju vozača na alternativne pravce kako bi se optimizovao tok saobraćaja. Uzevši u obzir zahtevnost takvih operacija neophodni su ogromni računarski resursi za njihovu obradu u realnom vremenu što se danas može ostvariti samo kroz korišćenje servisa cloud računarstva i propratnih tehnologija. U radu je dat pregled postojećih informaciono-komunikacionih rešenja za video nadzor (VSaaS) saobraćaja korišćenjem cloud tehnologije kao i predlozi za njihovu implementaciju.

Ključne reči: Video nadzor kao servis (VSaaS), bezbednost saobraćaja, cloud računarstvo (CC), informacione tehnologije (IT).

APPLICATION OF VIDEO SURVEILLANCE AS A SERVICE (VSaaS) IN THE AREA OF TRANSPORTATION (Invitation paper)

Abstract: Implementing a system for video surveillance allows monitoring and management of traffic in order to increase the security and safety of all road users. This system provides real-time information on traffic flow, congestion and if there are any potential security risks in different parts of the road. Modern systems have the ability to control traffic lights and to redirect the driver to alternative routes to optimize the flow of traffic. Taking into account the difficulty of such operations large computer resources are necessary for processing data in real time what today can be achieved only through the use of cloud services and supporting technologies. This paper provides an overview of the existing ICT solutions for video surveillance of traffic using cloud technologies, as well as proposals for their implementation.

Keywords: Video surveillance as a service (VSaaS), traffic safety, cloud computing (CC), information technology (IT).

1. Uvod

Kako se računarska moć eksponencijalno povećava svake godine, implementacija računarskog videa polako postaje održivo rešenje mnogim trenutnim problemima kojima se suočava saobraćajna industrija. Inteligentni transportni sistemi (ITS) [35] koriste napredno računarstvo, senzorske [34] i telekomunikacione tehnologije u saobraćajnim sistemima. U oblasti detekcije saobraćaja, javne agencije i konsultantske firme već godinama se oslanjaju na magnetne trake instalirane u putu tik ispod njegove površine [32]. Ovakav sistem je međutim skup sa pogleda na troškove instalacije, ima ograničenu pokrivenost i može zadovoljiti samo ograničen broj funkcija poput brojanja vozila ili određivanja brzine. Kako bi se prevazišla ograničenja ovakvog sistema, uvedena je moderna cloud video tehnologija kao



dominantan alat u podršci donošenja odluka u kontroli saobraćaja. Video nadzor saobraćaja predstavlja jedan od najobećavajućih oblasti za unapređenje i razvoj moderne video tehnologije. Iako je napravljen značajan napredak u ovom polju, ostaje i dalje određen broj problema kao što su okluzija vozila i lažne detekcije. Pored svih danas dostupnih tehnologija za nadgledanje i upravljanje saobraćajnim sistemima najveći napredak je potreban u oblasti adaptivnosti sistema dinamičnoj prirodi saobraćaja [33]. Tu na scenu stupaju cloud servisi kao revolucija u nadzoru velikih i kompleksnih sistema za video nadzor o čemu će detaljnije biti opisano u ovom radu. Dostupna literatura se bavi ovim nedostacima i tehnologijama za podršku i neka od najznačajnijih istraživanja uključuju: sintezu podataka iz aplikacija za video nadzor [3,10], eliminaciju oštećenih frejmova iz snimka korišćenjem histograma [8], poboljšanje kvaliteta servisa u mobilnom cloudu za video nadzor [9], prikupljanje saobraćajnih podataka korišćenjem Bluetooth tehnologije [21], uklanjanje senke vozila u svrhu sprečavanja lažne detekcije [22,42], integracije radarske i cloud tehnologije u vazdušnoj prismotri saobraćaja [26], procena stanja na putevima klsterskom analizom [30], softverska kalibracija sistema za video nadzor [43].

2. Cloud servisni modeli

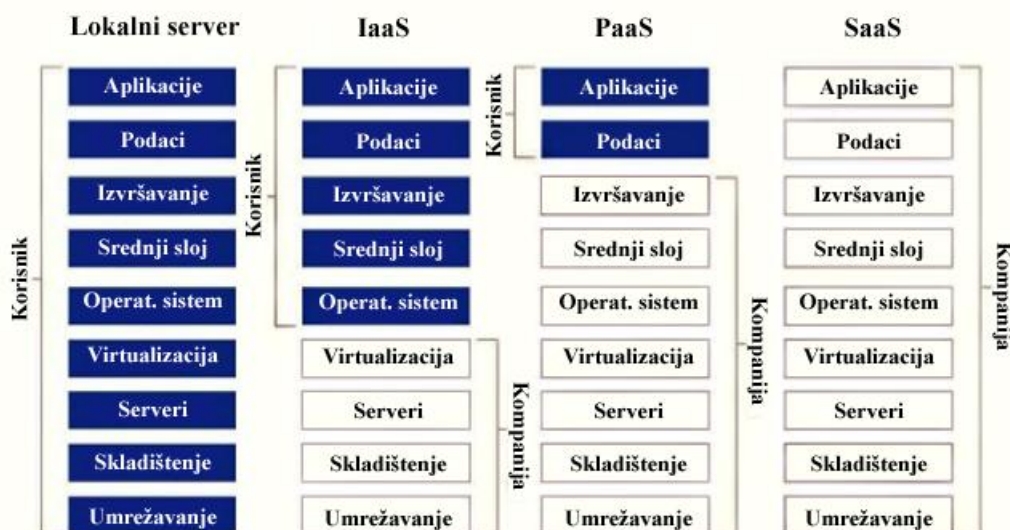
Cloud računarstvo (CC) ili najčešće nazivan samo “cloud” predstavlja isporuku računarskih resursa po zahtevu, odnosno sve od softvera, hardvera i obrade podataka se isporučuje korisnicima po modelu iznajmljivanja usluga preko Interneta. Hardverska pozadina cloud-a su ogromni računarski centri međusobno distribuirani širom sveta povezani standardnim Internet protokolima koji udružuju pojedinačne resurse u cilju raspodele i brže obrade zadataka. Glavna svrha a ujedno i prednost cloud tehnologije su “elastični resursi” koji korisniku omogućavaju korićenje onoliko resursa koliko mu je potrebno za određenu svrhu. Primer tome može biti slučaj da je potrebno kompresovati 12 sati video materijala u 4k rezoluciji koji je prikupljen tokom jednog putovanja. Prosečnom kućnom računaru bi za taj posao bilo potrebno nekoliko dana neprestanog rada što bi korisnika sprečilo da obavlja druge zadatke na istom računaru zbog prevelikog hardverskog opterećenja. Korišćenjem cloud resursa isti zadatak bi bio obavljen za svega sat vremena, što korisniku štedi vreme i novac, a kućni računar se može koristiti za druge potrebe.

Moderan cloud video nadzor se sastoji iz tri osnovna servisna modela:

1. Softver kao servis (Software as a service - SaaS) predstavlja cloud-bazirane aplikacije koje se izvršavaju na udaljenim računarima a korisniku isporučuju kroz Web pretraživač. Prednosti SaaS-a uključuju trenutnu dostupnost najnovijem softveru, dostupnost softvera sa bilo kog računara kroz jedan nalog preko Interneta, izuzetna stabilnost softvera, sigurnost podataka koji se nalaze u cloud-u, dinamičko skaliranje resursa u odnosu na potrebe.

2. Platforma kao servis (Platform as a service - PaaS) predstavlja srednji aplikacioni sloj poput operativnog sistema ili razvojnog okruženja koje u potpunosti podržava celokupan životni ciklus izgradnje i isporuke Web-baziranih (cloud) aplikacija – bez troškova i kompleksnosti kupovine i upravljanja pozadinskog hardvera, softvera, postavke i hostinga. Prednosti PaaS servisnog modela uključuju brži razvoj i isporuku aplikacija, smanjenu kompleksnost sa srednjim aplikacionim slojem kroz unapred definisane i konfigurisane postavke.

3. Infrastruktura kao servis (Infrastructure as a service - IaaS) predstavlja hardversku postavku računarskih resursa poput servera, mreže, skladišnog prostora, koje korisnik može iznajmiti za svoje potrebe. Ovaj servisni model se često naziva i “ogoljen metal – eng. Bare metal” što ukazuje na odsustvo propratnog softvera osim onog neophodnog za povezivanje hardverskih komponenti. Prednosti IaaS uključuju smanjene troškove poslovanja jer nema potrebe za nabavkom skupog hardvera i njegovim održavanjem, infrastruktura se skalira po potrebi, i omogućava upotrebu gotovih inovativnih rešenja po zahtevu. Na slici 1 grafički je prikazana arhitektura navedena tri servisna modela u cloudu.



Slika 1. Karakteristike IaaS, PaaS i SaaS servisa

Cloud tehnologije se mogu podeliti na tri osnovna tipa:

1. Javni cloud (Public cloud) je tip koji se nalazi u vlasništvu jedne kompanije koja je zadužena za postavljanje i funkcionisanje cloud-a i svoje resurse isključivo iznajmljuje korisnicima. U javnom cloud-u korisnici međusobno dele resurse za koje plaćaju u određenom vremenskom period. U praksi se ovo ostvaruje korišćenjem jedinica cloud resursa tzv. “cloudlets” gde jedan cloudlet ima 400 MHz procesora i 128 MB RAM-a. Ključni aspekti javnog cloud-a uključuju gotova softverska rešenja, fleksibilnu i skalabilnu IaaS za skladištenje i obradu podataka, kao i snažnu platformsko okruženje za razvoj i isporuku aplikacija.

2. Privatni cloud (Private cloud) je tip clouda koji je namenjen korišćenju unutar jedne organizacije, odnosno svi resursi se stavljaju na korišćenje jednom korisniku. Može biti razvijen interno ili od strane trećeg lica a u većini slučajeva se održava interno kroz IT osoblje mada postoje i slučajevi podrške trećeg lica. Prednosti privatnog clouda se ogledaju u povećanoj kontroli resursa, specifično dizajniranom interfejsu, naprednoj sigurnosti jer je poznata lokacija podataka, visoka automatizacija procesa skrojena potrebama organizacije.

3. Hibridni cloud (Hybrid cloud) predstavlja integrisano korišćenje predhodna dva tipa koje podrazumeva stratešku integraciju i korišćenje javnih cloud servisa u privatnoj postavci. U praksi privatni cloud ne može da funkcioniše u izolaciji od ostatka organizacijske IT mreže i resursa i javnog clouda. Većina organizacija pribegava rešenju gde radne procese distribuiraju preko centara podataka, privatnog i javnog clouda i time se stvara hibridni cloud [45]. Ključni aspekti hibridnog clouda omogućavaju organizaciji da zadrži kritične aplikacije i podatke



unutar tradicionalne mreže ili privatnog clouda dok koriste fleksibilnost skalabilne infrastructure za proširenje kapaciteta i brzine obrade. Ovakav tip takođe omogućava portabilnost podataka i aplikacija ukoliko se za to ukaže potreba uz visoku sigurnost transfera.

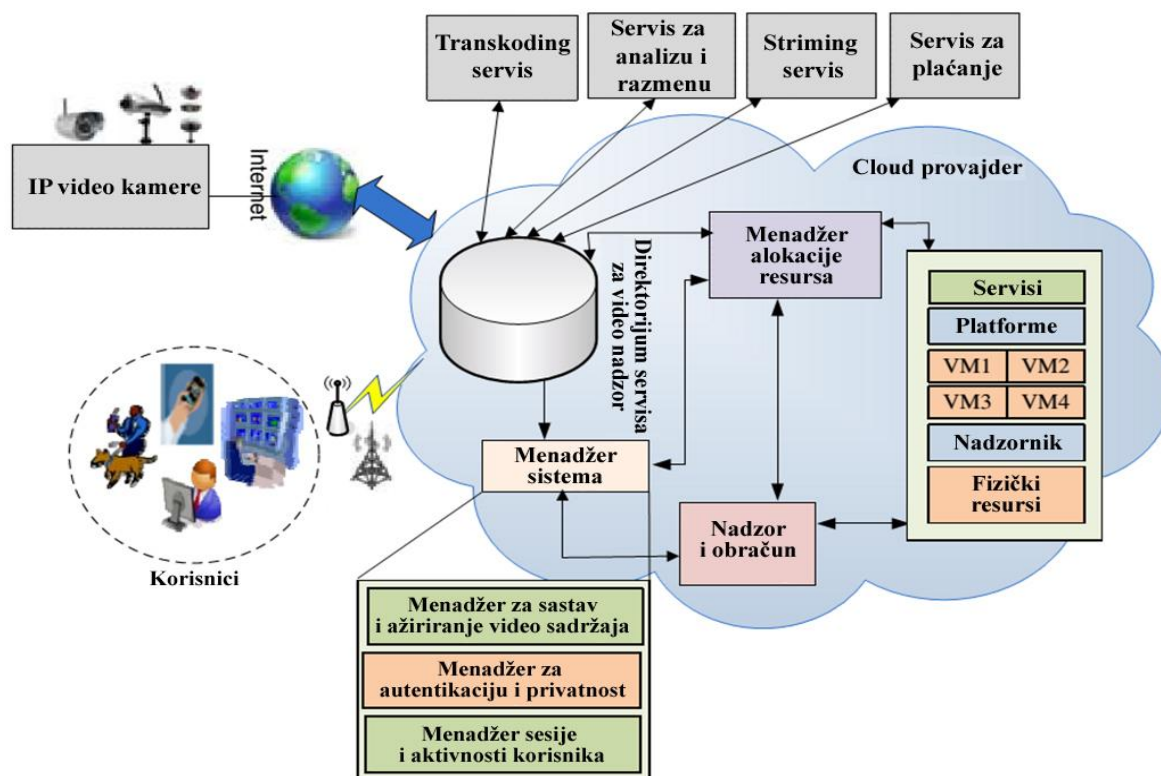
3. Video nadzor kao servis (VSaaS)

Video nadzor kao servis (Video Surveillance as a Service - VSaaS) je namenjen da omogućiti sveprisutan i na zahtev dostupan pristup mreži deljenih multimedijalnih podataka. Servis omogućava brzo i jednostavno preuzimanje, obradu i slanje materijala bez potrebe interakcije sa pružaocem usluge i ostalih trećih lica. Proces video nadzora u cloud-u je prilično jednostavan i pouzdan za krajnjeg korisnika [47]: postavljena kamera snima i šalje audio/video material, šalje ga koristeći Internet konekciju na cloud gde softver za upravljanje videom (Video Management Software - VMS) isporučuje, na zahtev, materijal krajnjem korisniku. VsaaS arhitektura može biti: javna, privatna i hibridna. Javna arhitektura podrazumeva da korisnik iznajmljuje gotovo rešenje od provajdera usluge samo povezivanjem svojih kamera na lični nalog servisa.

Celokupan proces obrade i skladištenja se obavlja na strani provajdera, što je u praksi i najkorišćeniji način upotrebe ovog servisa [28]. Privatna arhitektura se primenjuje samo u slučajevima gde postoji osoblje koje je osposobljeno za rukovanje ovakvim kompleksnim sistemom, što predstavlja dosta skuplju opciju.

Na slici 2 je dat primer arhitekture VSaaS radnog okvira koji je razvijen od strane autora rada [23]. Osnovni mehanizam datog radnog okvira poseduje sledeće karakteristike:

- Video sadržaj se dobija sa video kamera iz različitih izvora primene koristeći “push-pull” mehanizam;
- Glavna komponenta je objavi-prijavi broker (subscribe broker) koji preusmerava podatke iz clouda ka korisniku na osnovu njegove pretplate;
- Svi procesi su regulisani od strane cloud menadžera čija je svrha da upravlja interakcijom između korisnika i direktorijuma komponenti;
- Direktorijum multimedijalnih servisa sadrži sve funkcionalnosti video servisa i dizajnirani su prema servisno-orijentisanoj arhitekturi (Service-Oriented Architecture - SOA) arhitektonskog obrasca;
- Menadžer alokacije resursa ima za svrhu da upravlja i alocira razne resurse virtualne mašine (Virtual Machine - VM) sistema za nadzor i pripadajućih servisa;
- Komponenta za posmatranje i obračun prati korišćenje resursa i pruža uvid u statistiku korišćenja i naplate korišćenja servisa.



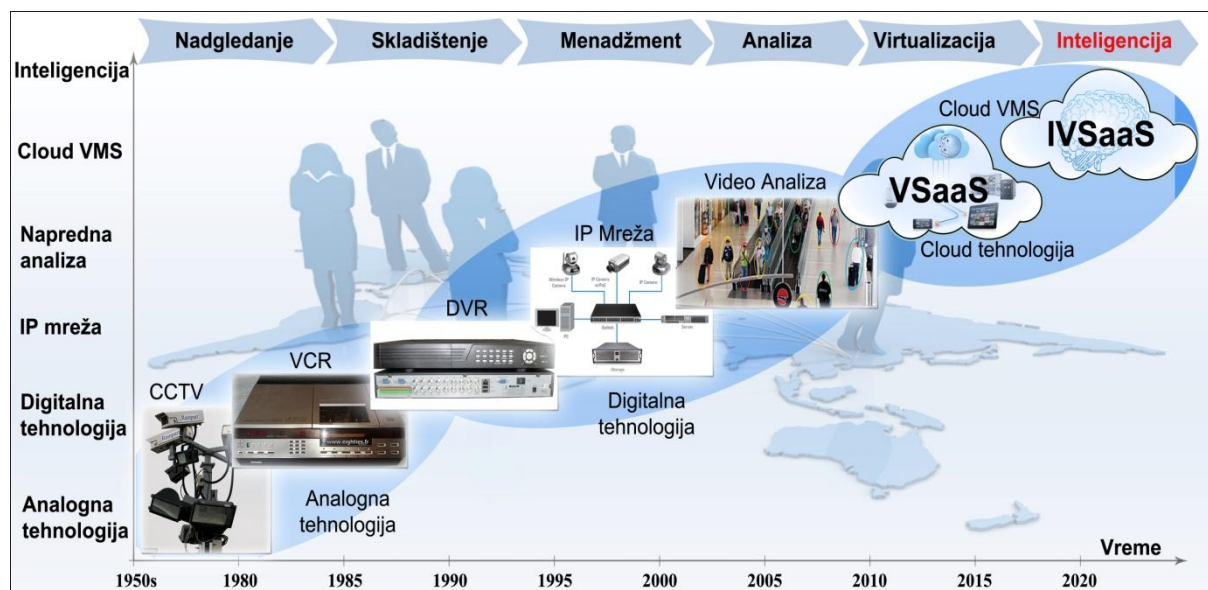
Slika 2. Primer VSaaS radnog okvira [23]

Postoji nekoliko izvedenih varijanti VSaaS servisa kao što su [11-12, 15-17]:

- Inteligentni video nadzor kao servis (Intelligent Video Surveillance-as-a-Service - IVSaaS),
- Upravljeni video nadzor kao servis (Managed Video Surveillance-as-a-Service - MVSaaS),
- Cloud video nadzor (Cloud Video Surveillance - CVS) i
- Online video nadzor (Online Video Surveillance as a Service - OVSaaS).

Na slici 3 dat je trend razvoja tehnologije video nadzora od njenog početka početkom 1950-ih godina [11]. U to vreme nije bilo načina dugotrajnog čuvanja snimaka, već samo uživo praćenje u namenskim sobama angažovanjem većeg broja osoblja. Tek sredinom 1960-ih otkrićem video kasete, postalo je moguće kombinovati postojeće CCTV sisteme za skladištenje i brisanje video materijala. Tehnologija video nadzora je dobila značajno unapređenje uvođenjem digitalnog video rekordera (Digital Video Recorder - DVR). Iako prvi predlozi za razvoj ove tehnologije datiraju još iz 1980-ih, prva komercijalna primena kod video nadzora je počela kasnih 1990-ih. DVR tehnologija je omogućavala značajno više skladišnog prostora kao i brže pretraživanje snimljenog materijala, kao i podršku povezivanja na računar.

Internet protokol (Internet protocol - IP) sistemi video nadzora su se pojavili ubrzo nakon otkrića IP kamere kasnih 1990-ih, i do 2005 godine većina sistema nadzora je koristilo ovu tehnologiju. VSaaS tehnologija se pojavila ranih 2010-ih i do sada predstavlja najnaprednije rešenje video nadzora. Budućnost će bez pogovora predstavljati inteligentni cloud sistemi, kroz neuronske mreže i mašinsko učenje [29], koji su trenutno u fazi istraživanja i razvoja.



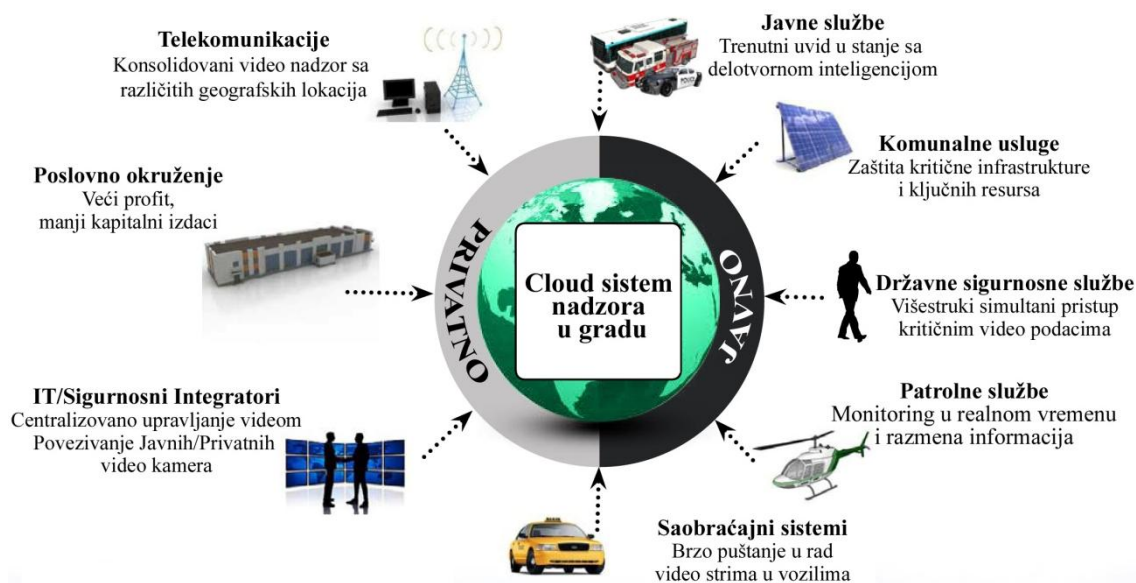
Slika 3. Trend razvoja video nadzora [11]

U poređenju sa tradicionalnim sistemima cloud video nadzor ima značajno manje sigurnosnih ranjivosti. Ne postoji potreba za posebnim softverom, zaštitnim zidom i otvorenim portovima [48-50]. Takođe ne postoji mogućnost da skladišteni podaci budu ugroženi krađom, greškom korisnika, nestankom struje itd. Povećana bezbednost podataka je rezultat distribuirane arhitekture, podaci se u svakom trenutku repliciraju na nekoliko fizičkih lokacija. Nadzor je dostupan sa bilo kog pametnog uređaja u bilo kom trenutku što omogućuje još veći nivo sigurnosti. Provajderi VsaaS servisa imaju namenske sigurnosne timove koji otkrivaju ranjivosti i primenjuju softverska ažuriranja putem clouda ka uređajima na mestu nadzora.

4. Primena cloud video nadzora u saobraćaju

Video nadzor saobraćaja predstavlja značajnu funkciju u održavanju bezbednosti i brzom reagovanju na indidente. Cloud video nadzor omogućava praćenje stanja na putevima u realnom vremenu za veliki broj kamera uz smanjeni broj operativaca u kontrolnom centru. Putem naprednih algoritama moderni sistemi mogu istovremeno pratiti na hiljade kamera i davati obaveštenja samo ukoliko je prepoznato abnormalno ponašanje od zadatih parametara. Tako napr. ukoliko je primećen usporen saobraćaj na određenoj ruti sistem može prilagoditi svetlosnu signalizaciju kako bi razgušio tu deonicu. Isti snimci se mogu distribuirati i javnosti preko Interneta kako bi vozači samostalno doneli odluku kojim putem da se kreću. Korišćenjem kompjuterskog videa moguće je automatski pratiti broj vozila, njihovu brzinu, tip vozila, incidente i alarmirati nadležnim službama [18]. Svi ovi parametri značajno doprinose inženjerima u daljem projektovanju ili pak izmeni postojećih puteva u cilju efikasnijeg upravljanja saobraćaja. Informacije o tipu vozila pomažu u predviđanju održavanja puteva analizom broja teških vozila koja u najvećoj meri oštećuju kolovoz. Sistem je takođe u stanju da prepozna kretanje suprotnom trakom, prelazak pune linije, prelazak pešaka preko zebre ili van nje kao i da produži trajanje crvenog svetla ukoliko se na pešačkom

prelazu još uvek nalaze ljudi. Slika 4 ilustruje primenljivost cloud sistema za potrebe video nadzora za primene u čitavom gradskom sistemu uključujući i saobraćajne sisteme.

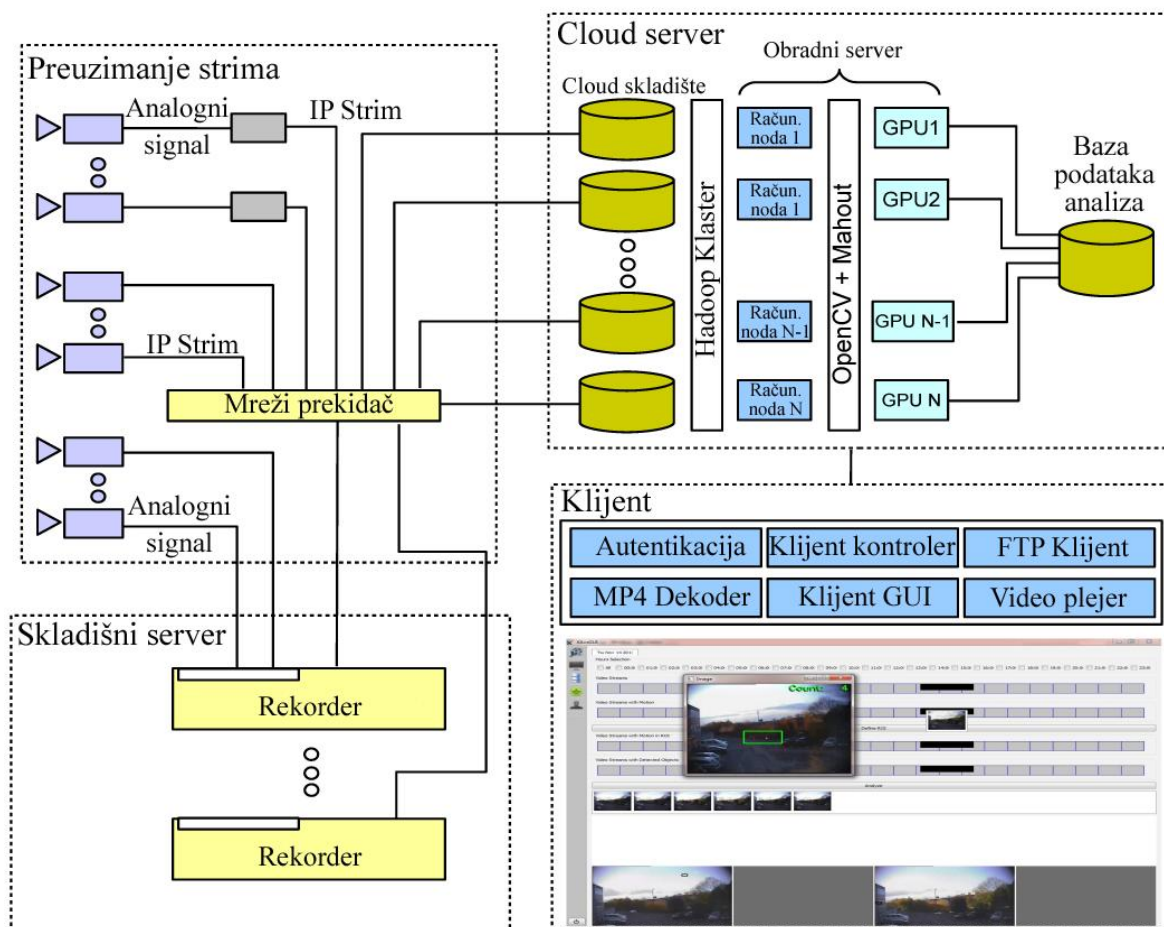


Slika 4. Integrisano okruženje za video nadzor u gradu

Tipično rešenje cloud sistema za video nadzor uključuje [31]:

- Dizajn projekta, menadžment i implementaciju,
- Konsolidaciju i centralizaciju postojećih kamera,
- Konverziju postojećih analognih kamera na digitalne,
- Dizajn i integraciju zidnih sistema za prikaz,
- Dizajn i implementaciju centara za monitoring,
- Izbor upotrebe između privatnog ili iznajmljenog clouda,
- Mogućnost izvođenja radova u okviru javnog-privatnog partnerstva (PPP),
- Izgradnju mobilnih centara podataka u ruralnim područjima,
- Brzu i ekonomičnu implementaciju centara podataka,
- Brzo pustanje u rad video strima u vozilima,
- Brzu i ekonomičnu implementaciju bežičnih mreža i sl.

Radni okvir cloud sistema za video nadzor koji se može primeniti u saobraćaju prikazan je na slici 5. Navedene su specifične komponente kao i njihova interakcija. Dati okvir omogućava skalabilno i automatizovano rešenje za pribavljanje, skladištenje i analizu video strima sa minimalnim latencijama i intervencijama od strane korisnika. Dati radni okvir efikasno obavlja navedene funkcije koristeći grafičke kartice (Graphic Computing Unit - GPU) u cloud postavci, što znatno smanjuje vreme obrade za razliku od klasičnih procesora. Softverska pozadina okvira omogućava automatizaciju procesa identifikacije i pretrage objekata ili značajnih događaja [14].



Slika 5. Radni okvir softverskog sistema za nadzor saobraćaja koristeći cloud tehnologija [4]

Automatska video analiza se obavlja uz minimalnu interakciju operatera definisanjem zahteva za analizu u klijentskoj komponenti za kontrolu. Zahtev za analizu se šalje u cloud centar podataka gde se na osnovu zadatih parametara izdvajaju traženi video snimak iz cloud skladišta. Video snimak se zatim analizira i rezultati se šalju u bazu podataka analiza. Zatim operator može pristupiti toj bazi i dobiti na uvid kompletan izveštaj analize [13].

Komponente radnog okvira su dizajnirane modularnim pristupom i podeljen je u klijent i server komponente. Serverska komponenta se izvršava kao servis na cloud nodama i obavlja glavni zadatak analize video strima. Klijentska komponenta podržava više-korisničko okruženje i pokreće se na lokalnim računarima. Protok podataka i kontrole je u ovom radnom okviru podeljen na tri faze i to:

1. preuzimanje video strima,
2. analiza video strima i
3. skladištenje rezultata i obaveštavanje operatera.

Raspored komponentata je sledeći:

- Komponenta za pribavljanje video strima se nalazi na izvoru odnosno posmatranom lokalitetu i povezana je sa komponentom skladištenja na serveru kroz LAN konekciju;



- Cloud skladištenje podataka i serveri za obradu se zajednički nalaze u cloud centru odnosno kod provajdera;
- Klijentska komponenta odnosno korisnički softver se nalazi kod kranjeg korisnika na računaru.

U tabeli 1 date su prednosti korišćenja cloud video nadzora u odnosu na tradicionalni sistem na osnovu kojih se jasno može zaključiti da je korišćenje cloud tehnologije u velikoj prednosti.

Tabela 1. Prednosti korišćenja VSaaS servisa

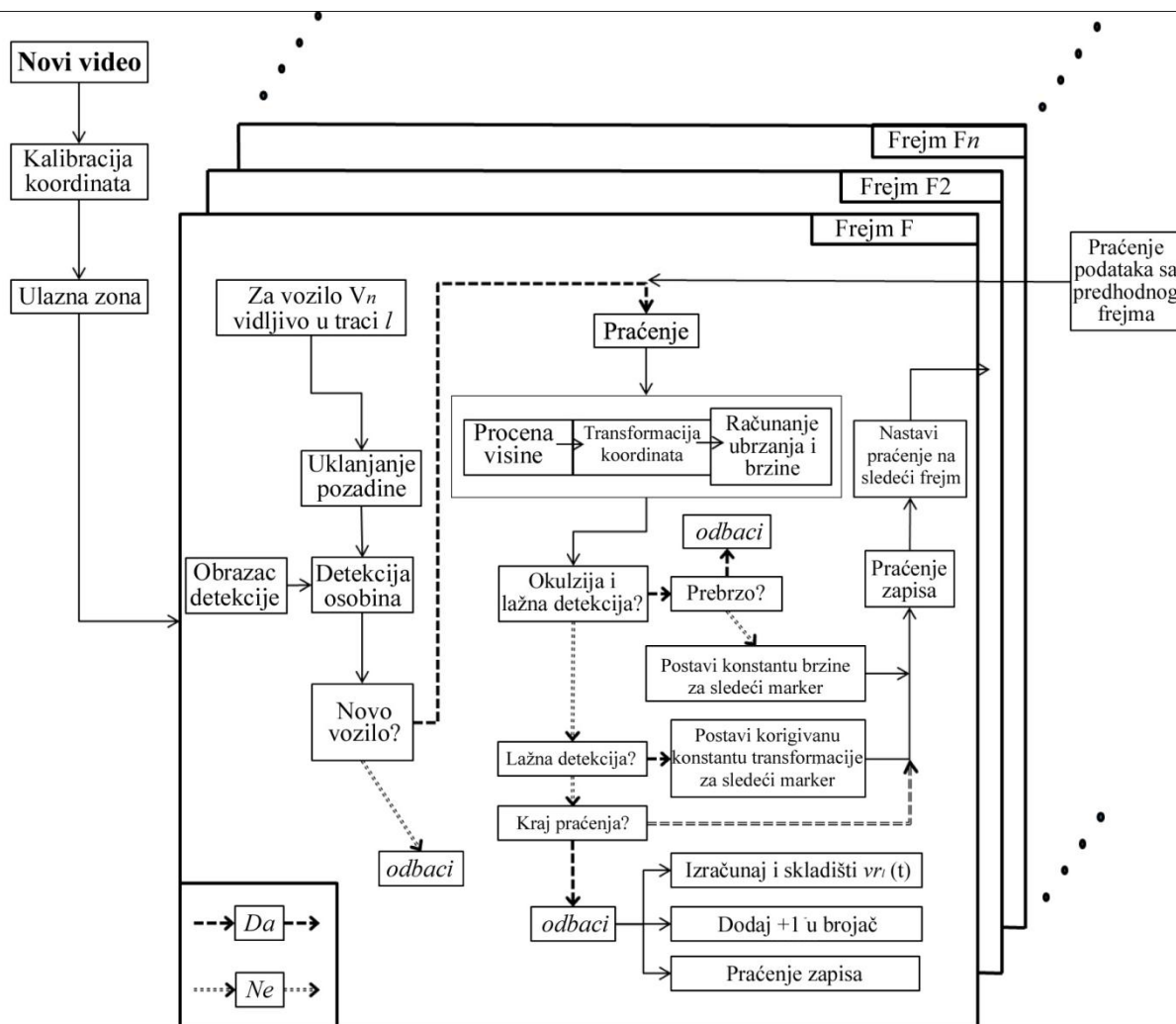
Cloud video nadzor	Tradicionalni sistem
Otvoreni sistem baziran na Internet protokolu	Zatvorena arhitektura u privatnom vlasništvu
Centralizovano upravljanje videom i pristup kroz jedno prijavljivanje	Zahteva prijavljivanje na individualne DVR uređaje
Udaljeno snimanje i skladištenje videa	Lokalni DVR uređaj ili drugi uređaji za snimanje
Višestruki simultani pristup bez degradacije kvaliteta videa	Video kvalitet se smanjuje porastom korisnika
Integracija postojećih CCTV i IP kamera	Uglavnom koristi specifične uređaje
Redundantnost podataka i brži pristup sa centralnog clouda	Odvojeni i nezavisni uređaji za skladištenje
Integrisani grafički korisnički interfejs (GUI) i korisnička kontrolna tabla	Individualni alati za svaku različitu sistemsku funkciju
Automatsko prepoznavanje uređaja i konfiguracija računarskih mreža	Zahteva konfiguraciju uređaja i softversku nadogradnju na terenu
Arhitektura prilagodljivog sistema	Samo funkcije definisane od strane proizvođača

Na slici 6 prikazan je radni okvir softvera zaduženog za analizu video strima. Proces analize počinje preuzimanjem kratkog isečka video strima sa postavljenih kamera i kalibracijom scene koja podrazumeva postavljanje graničnika za zone nailaženja, ulaska vozila na scenu, brojanja i određivanje atributa [6]. Ulazna zona se određuje ograničenjem širine i dužine posmatrane scene i predstavlja maksimalni region gde se obavlja detekcija [44]. Video se odvaja u sekvence slika kojima se zatim pojedinačno pridodaje filter za uklanjanje pozadine a potom Haar-Cascade algoritam detekcije elementata radi određivanja postojećih vozila na slici.

Za svako detektovano vozilo, algoritam za praćenje beleži njegovo kretanje po x-y ravni puta za sve predstojeće frejmove sve dok se vozilo nalazi u ulaznoj zoni. Uz praćenje kretanja simultano se određuju dimenzije vozila radi određivanja tipa, transformacija koordinata (transformacija sa 2D slike na 2D ravan puta) ubrzanje i brzinu. Istovremeno kretanje svakog vozila se iterativno šalje u algoritam za prepoznavanje lažne detekcije ili okluzije kako bi se izbeglo pogrešno brojanje i ulazak u bazu analize.

Identifikacija okluzije je većeg prioriteta i počinje pre identifikacije lažne detekcije. Čim se vozilo prepozna kao nejasan objekat softver ga izuzima iz dalje analize i prelazi na sledeći objekat. Iz ovog razloga je jako bitno da se kamera nalazi na mestu gde nema veštačkih

barijera poput stubova i znakova. Identifikacija lažne detekcije uzima u obzir brzinu kretanja objekta u odnosu na postavljene parametre za taj region i automatski izuzima objekte koji se kreću brzinom koja izlazi iz granica podešavanja. Na ovaj način se sprečava detekcija ljudi i životinja. Konačno pošto vozilo uđe u zonu brojanja i biva uspešno detektovano brojač povećava vrednost i dodatni atributi poput brzine, tipa vozila i trake u kojoj se kreće se unose u bazu. Ponavljanjem opisane procedure za celokupno tranjanje nadzora se staraju agregati izveštaja koji potom mogu biti pretraživani i preuzimani od strane operatera.

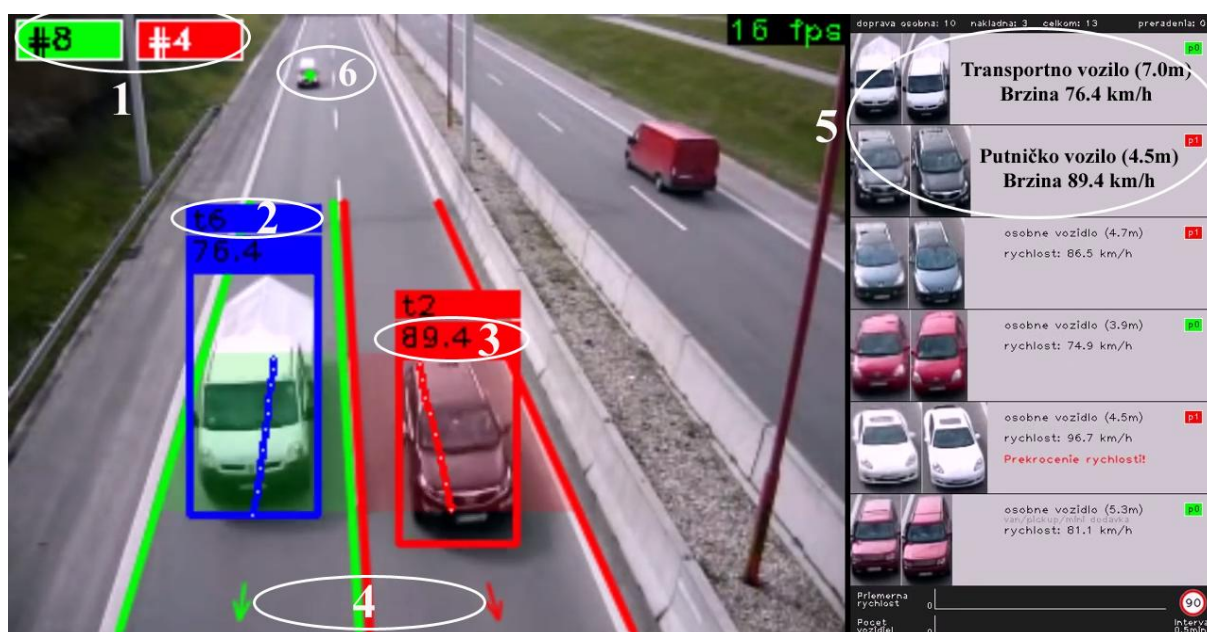


Slika 6. Radni okvir softverske video analize [6]

Na slici 7 je predstavljen primer softvera koji meri razne saobraćajne parametre kao što su broj vozila koji se kreću određenom trakom (1), klasa vozila poput motocikla, putničkih i teretnih vozila (2) i brzinu vozila (3) u trenutku ulaska u posmatrani region (4). Sa desne strane softver beleži statične slike vozila sa odgovarajućim parametrima (5). Softver takođe procenjuje broj vozila koja menjaju trake što se može iskoristiti za predviđanje gustine saobraćaja. Sistem je razvijen u Microsoft Visual C++ 2010 koristeći OpenCV biblioteku kao projekat master rada [41]. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) je softverska biblioteka namenjena analizi slika kao i mašinskom učenju. Ovu biblioteku je razvio Intel



2008. godine i poseduje API za C, C++, Python, Java i MATLAB programske jezike. Biblioteka poseduje više od 2500 optimizovanih algoritama za prepoznavanje lica, objekata, klasifikaciju, praćenje, brojanje itd. Ovakav sistem video nadzora se naziva i više-agentski [1] iz razloga korišćenja više zasebnih komponenti u svrhu zajedničkog delovanja odn. obrade. Neke od razvijenih platformi i sistema za nadzor saobraćaja uključuju ZigBee [2], TRICam [5] i ADAS (Airborne Data Acquisition System) [7]. Za potrebe nadzora područja sa slabom dostupnosti Interneta razvijeni su i bežični sistemi koji se međusobno povezuju sve do mesta sa Internet pristupom [19-20]. Detekcija trajektorije vozila kao i dodatnih atributa su predmet više istraživanja i razvijenih rešenja [24,25,27,28,36,46]. Razvijene su i specifične primene poput predviđanja zagađenosti zaklonjenih lokaliteta u saobraćaju korišćenjem neuronskih mreža [40], optimizacija lokacija za postavljanje kamera [38], nadzor velikih scena u realnom vremenu [37], automatizacija uređaja za nadzor u svrhu optimizacije velikih gradskih sistema [39].



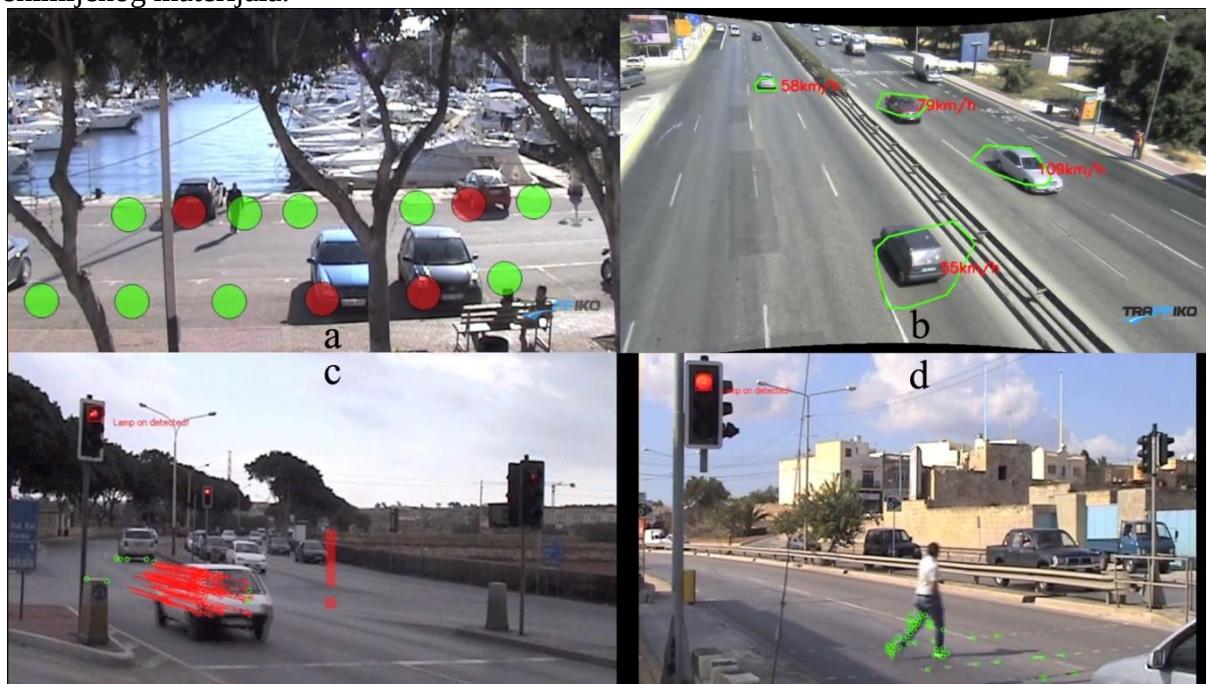
Slika 7. Softverska video analiza saobraćaja, brojanje i merenje brzine

Na slici 8 su dati primeri softverske analize različitih slučajeva u saobraćaju i to a) raspoloživost parking mesta, gde softver automatski vodi evidenciju o zauzeću, vremenu zadržavanja i obračunu za naplatu. Korišćenjem mobilne aplikacije vozaču se omogućuje da unapred dobije uvid o raspoloživosti parking mesta, izvrši rezervaciju i plaćanje parkinga. b) istovremeno praćenje brzine više vozila, sa automatskim beleženjem prekršaja i alarmiranjem operatera c) nadzor poštovanja semaforne signalizacije, gde možemo videti kako automobil vrši prekršaj prelaskom na crveno svetlo. Ova primena se pokazala izuzetno korisnom kao dokazni materijal i rezultuje povećanom bezbednošću i bržim rešavanjem sporova d) nadzor pešaka na pešačkom prelazu je među najnovijim funkcijama video nadzora zbog kompleksnosti implementacije. Uspešno se pokazala u realnim situacijama gde sistem može produžiti trajanje semafora ukoliko se na prešačkom prelazu nalazi osoba ili da detektuje nepropisno kretanje pešaka ili vozila.

4. Zaključak

Korišćenje video nadzora je neophodno u saobraćajnim sistemima a posebno ukoliko je podržano modernism informacionim tehnologijama (IT). Omogućava zaštitu ljudi, putne infrastrukture i minimizuje rezik od incidenata. Ranije samo bogatije zemlje i gradovi su mogli da priušte IP bazirani video nadzor dok je sada ova tehnologija dostupa širem krugu zbog lakoće postavljanja, značajno smanjene cene implementacije i održavanja.

Trenutno oko 10 procenata svih sistema za video nadzor su povezani na svetsku mrežu kroz cloud tehnologije sa visokom stopom rasta. Jedna od ključnih prednosti korišćenja cloud baziranih sistema za video nadzor je njihova sposobnost da zaštiti integritet i dostupnost snimljenog materijala.



Slika 8. Softverski sistem firme Traffiko

Cloud servisi integrišu mnoge osobine koje sprečavaju gubitak podataka, bekap kritičnih podataka i brz oporavak iz neočekivanih otkaza. Sistem za mrežno upravljanje može pratiti sve umrežene uređaje, da automatski generiše upozorenja ili obaveštenja kao i da inteligentno upravlja semaforском signalizacijom i električnim rampama na prelazima. Bez obzira na trenutna postignuća u ovom polju je potreban dalji razvoj u cilju stvaranja bezbednijih puteva kako za putnike tako i za opštu javnost.

Literatura

- [1] Abreu, B., Botelho, L., Cavallaro, A., Douchamps, D., Ebrahimi, T., Figueiredo, P., & Violante, A. (2000). Video-based multi-agent traffic surveillance system. In: *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings* (pp. 457-462).
- [2] Al-Abdallah, A., Al-Emadi, A., Al-Ansari, M., Mohandes, N., & Malluhi, Q. (2010). Real-time traffic surveillance using ZigBee. In: *International Conference on Computer Design and Applications (ICCCA-2010)*. doi: [10.1109/ICCCA.2010.5540694](https://doi.org/10.1109/ICCCA.2010.5540694).



- [3] Antoniou, C., Balakrishna, R., & Koutsopoulos, H. N. (2011). A Synthesis of emerging data collection technologies and their impact on traffic management applications. *European Transport Research Review*, 3(3), 139-148. doi: [10.1007/s12544-011-0058-1](https://doi.org/10.1007/s12544-011-0058-1).
- [4] Anjum, A., Abdullah, T., Tariq, M., Baltaci, Y., Antonopoulos, N. (2016). Video Stream Analysis in Clouds: An Object Detection and Classification Framework for High Performance Video Analytics. In: *IEEE Transactions on Cloud Computing*, vol. PP, no. 99, pp. 1-14. doi: [10.1109/TCC.2016.2517653](https://doi.org/10.1109/TCC.2016.2517653).
- [5] Arth, C., Bischof, H., & Leistner, C. (2006). TRICam - An embedded platform for remote traffic surveillance. In: *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR-2006)*. doi: [10.1109/CVPRW.2006.208](https://doi.org/10.1109/CVPRW.2006.208).
- [6] Brahme, Y. B., & Kulkarni, P.S. (2011). An implementation of moving object detection, tracking and counting objects for traffic surveillance system. In: *Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Communication Systems (CICN-2011)*, (pp. 143-148). doi: [10.1109/CICN.2011.28](https://doi.org/10.1109/CICN.2011.28).
- [7] Carroll, E. A., & Rathbone, D. B. (2002). Using an unmanned Airborne Data Acquisition System (ADAS) for traffic surveillance, monitoring, and management. In: *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings* (pp. 145-157). doi: [10.1115/IMECE2002-32916](https://doi.org/10.1115/IMECE2002-32916).
- [8] Charoensripongsa, T., Pattara-Atikom, W., & Sinthupinyo, S. (2011). A histogram-based detection of corrupted images from traffic surveillance cameras. In *ECTI-CON 2011 - 8th Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) Association of Thailand - Conference 2011* (pp. 480-483). doi: [10.1109/ECTICON.2011.5947879](https://doi.org/10.1109/ECTICON.2011.5947879).
- [9] Chen, X., Hwang, J.-N., Meng, D., Lee, K.-H., De Queiroz, R. L., & Yeh, F.-M. . (2017). A Quality-of-Content-Based Joint Source and Channel Coding for Human Detections in a Mobile Surveillance Cloud. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 27(1), 19-31. doi: [10.1109/TCSVT.2016.2539758](https://doi.org/10.1109/TCSVT.2016.2539758).
- [10] Cheng, H.-Y., Gau, V., Huang, C.-W., & Hwang, J.-N. (2012). Advanced formation and delivery of traffic information in intelligent transportation systems. *Expert Systems with Applications*, 39(9), 8356-8368. doi: [10.1016/j.eswa.2012.01.184](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.184).
- [11] Dašić, P., Dašić, J., & Crvenković, B. (2017a). Improving patient safety in hospitals through usage of cloud supported video surveillance. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences (OAMJMS)*, 5(2), 101-106. doi: [10.3889/oamjms.2017.042](https://doi.org/10.3889/oamjms.2017.042).
- [12] Dašić, P., Dašić, J., & Crvenković, B. (2017b). Primena video nadzora kao cloud servisa (VSaaS) u rudarstvu. U: *Zborniku radova 2. Savetovanja sa međunarodnim učešćem "Održiva energetika 2017"*; Vrnjačka Banja; 22-23. mart 2017. Beograd: Udruženje klaster komora za zaštitu životne sredine i održivi razvoj, 2017, str. 238-249.
- [13] Dašić, P., Dašić, J., & Crvenković, B.; (2016a). Applications of access control as a service for software security. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, 7(3), 111-116.
- [14] Dašić, P., Dašić, J., & Crvenković, B. (2016b). Applications of the search as a service (SaaS). *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series I: Engineering Sciences*, 9(2), 91-98.
- [15] Dašić, P., Dašić, J., & Crvenković, B. (2016c). Service models for cloud computing: Search as a service (SaaS). *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, Vol. 8, No. 5, pp. 2366-2373.



- [16] Dašić P., Dašić J., & Crvenković B. (2016d). Service models for cloud computing: Video Surveillance as a Service (VSaaS); *Bulletin of the Transilvania University of Brașov*, Series I: Engineering Sciences; 9(2), 83-90.
- [17] Dašić, P., Dašić, J., & Crvenković, B.; (2016e). Some examples of video surveillance as a service applications. In: *Proceedings of the 7th International Multidisciplinary Scientific Symposium "Sustainable Development Through Quality and Innovation in Engineering and Research" (SIMPRO-2016)*; Petroșani, Romania; 14-15 October 2016. Petroșani (Romania): University of Petroșani, pp. 367-370.
- [18] Favorskaya, M., Kazmiruk, E., & Popov, A. (2014). Distributed system for crossroads traffic surveillance with prediction of incidents. *Procedia Computer Science*, 35, 851-860. doi: [10.1016/j.procs.2014.08.252](https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.08.252).
- [19] Ge, Y., Liu, G., & Qiu, T.Z. (2012). Wireless sensor network based traffic surveillance. In *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering* (Vol. 2, pp. 1418-1427).
- [20] Habtie, A.B. (2012). Cellular-cloud integration framework in support of real-time monitoring and management of traffic on the road: The case of Ethiopia. In: *Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems, MEDES 2012* (pp. 189-196). doi: [10.1145/2457276.2457314](https://doi.org/10.1145/2457276.2457314).
- [21] Haghani, A., Hamed, M., Sadabadi, K. F., Young, S., & Tarnoff, P. (2010). Data collection of freeway travel time ground truth with Bluetooth sensors. *Transportation Research Record*, 2160, 60-68. doi: [10.3141/2160-07](https://doi.org/10.3141/2160-07).
- [22] Hashmi, M.F., Keskar, A.G., Reddy, R.S.K., & Kaushik, A.U. (2015). Ghost vehicle and shadow removal approach for traffic surveillance and monitoring at various intersections using computer vision. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 10(3), 375-388. doi: [10.14257/ijmue.2015.10.3.34](https://doi.org/10.14257/ijmue.2015.10.3.34).
- [23] Hossain M.A. (2014). Framework for a cloud-based multimedia surveillance system; *International Journal of Distributed Sensor Networks*; art. no. 135257.
- [24] Huang, L. (2010). Real-time multi-vehicle detection and sub-feature based tracking for traffic surveillance systems. In: *CAR 2010 - 2010 2nd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics* (Vol. 2, pp. 324-328). doi: [10.1109/CAR.2010.5456534](https://doi.org/10.1109/CAR.2010.5456534).
- [25] Huang, Y.-X., Jhao, G.-W., Chung, Y.-N., & Hsu, C.-H. (2014). Application of image processing technology in detection and tracking of vehicles on the road. *ICIC Express Letters*, 8(5), 1301-1305.
- [26] Jeon, D., Eun, Y., & Kim, H. (2015). Estimation fusion with radar and ADS-B for air traffic surveillance. *International Journal of Control, Automation and Systems*, 13(2), 336-345. DOI:10.1007/s12555-014-0060-1
- [27] Ji, X., Wei, Z., & Feng, Y. (2006). Effective vehicle detection technique for traffic surveillance systems. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 17(3), 647-658. doi: [10.1016/j.jvcir.2005.07.004](https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2005.07.004).
- [28] Jolevski, I., Markoski, A., & Pasic, R. (2011). Smart vehicle sensing and classification node with energy aware vehicle classification algorithm. In: *Proceedings of the International Conference on Information Technology Interfaces, ITI* (pp. 409-414).
- [29] Junghans, M., & Jentschel, H.-J. (2008). Adaptive learning of bayesian networks for the qualification of traffic data by contaminated dirichlet density functions. In: *Proceedings of*



- the 2008 1st International Conference on Information Technology (IT-2008). doi: [10.1109/INFTECH.2008.4621661](https://doi.org/10.1109/INFTECH.2008.4621661).
- [30] Kaneko, Y., Ohe, I., Kawashima, H., & Hirano, T. (1995). Judgement of the traffic condition by using the cluster analysis. In: *Vehicle Navigation and Information Systems Conference (VNIS)* (pp. 218-224).
- [31] Kang, S., Ji, W., Rho, S., Anu Padigala, V., & Chen, Y. (2016). Cooperative mobile video transmission for traffic surveillance in smart cities. *Computers and Electrical Engineering*, 54, 16-25. doi: [10.1016/j.compeleceng.2016.06.013](https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.06.013).
- [32] Kurita, K., & Miyakawa, S. (2013). Electrostatic induction sensor for traffic surveillance. In *Proceedings of the SICE Annual Conference* (pp. 1683-1684).
- [33] Li, Q., Zhang, T., & Yu, Y. (2011). Using cloud computing to process intensive floating car data for urban traffic surveillance. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(8), 1303-1322. doi: [10.1080/13658816.2011.577746](https://doi.org/10.1080/13658816.2011.577746).
- [34] Li, X., & Ouyang, Y. (2011). Reliable sensor deployment for network traffic surveillance. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(1), 218-231. doi: [10.1016/j.trb.2010.04.005](https://doi.org/10.1016/j.trb.2010.04.005).
- [35] Li, X., Wu, J., Lin, X., Li, Y., & Li, M. (2008). ITIS: Intelligent traffic information service in Shanghai Grid. In: *Proceedings of the 3rd ChinaGrid Annual Conference (ChinaGrid-2008)* (pp. 10-14). doi: [10.1109/ChinaGrid.2008.26](https://doi.org/10.1109/ChinaGrid.2008.26).
- [36] Lin, D.-T., & Hsu, C.-H. (2014). Crossroad traffic surveillance using superpixel tracking and vehicle trajectory analysis. In: *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition* (pp. 2251-2256). doi: [10.1109/ICPR.2014.391](https://doi.org/10.1109/ICPR.2014.391).
- [37] Liu, H., Tang, C., Wu, S., & Wang, H. . (2011). Real-time video surveillance for large scenes. In: *International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP-2011)*. Nanjing. doi: [10.1109/WCSP.2011.6096963](https://doi.org/10.1109/WCSP.2011.6096963).
- [38] Lu, X.-S., Huang, H.-J., & Long, J. (2013). Camera location optimisation for traffic surveillance in urban road networks with multiple user classes. *International Journal of Systems Science*, 44(12), 2211-2222. doi: [10.1080/00207721.2012.685776](https://doi.org/10.1080/00207721.2012.685776).
- [39] Mircea, M., & Nicolae, F. (2014). Increasing of the urban traffic surveillance by automatic information device. *Central European Journal of Engineering*, 4(2), 133-141. doi: [10.2478/s13531-013-0152-3](https://doi.org/10.2478/s13531-013-0152-3).
- [40] Moseholm, L., Silva, J., & Larson, T. (1996). Forecasting carbon monoxide concentrations near a sheltered intersection using video traffic surveillance and neural networks. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1(1), 15-28. doi: [10.1016/S1361-9209\(96\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(96)00002-8).
- [41] Sakly S. (2015). *An Automated Vehicles Detection and Counting system for Traffic Surveillance*. Master Thesis at Université Paris-Saclay, pp. 66. doi: [10.13140/RG.2.1.4371.4008](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4371.4008).
- [42] Techawatcharapaikul, C., Kaewtrakulpong, P., & Siddhichai, S. (2008). Outdoor vehicle and shadow segmentation by temporal edge density information of adjacent frames. In: *5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON-2008)*, (Vol. 1, pp. 433-436). doi: [10.1109/ECTICON.2008.4600463](https://doi.org/10.1109/ECTICON.2008.4600463).
- [43] Vaze, V., Antoniou, C., Wen, Y., & Ben-Akiva, M. (2009). Calibration of dynamic traffic assignment models with point-to-point traffic surveillance. *Transportation Research Record*, (2090), 1-9. doi: [10.3141/2090-01](https://doi.org/10.3141/2090-01).



- [44] Wewengkang, V. B., Gunawan, A. A. S., Kusnandar, E., & Gunawanc, F. E. (2012). Visual traffic surveillance using feature point approach. *Procedia Engineering*, 50, 354-360. doi: [10.1016/j.proeng.2012.10.040](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.10.040).
- [45] Whitman, D. (2009). The need and capability of a surveillance data distribution system. In: *Proceedings of the 2009 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS-2009)*. doi: [10.1109/ICNSURV.2009.5172867](https://doi.org/10.1109/ICNSURV.2009.5172867).
- [46] Yu, D., Wang, R., Wang, J., & Li, W. (2016). Discovering and visualizing underlying traffic regions from vehicle trajectories with multi-features. *Journal of Imaging Science and Technology*, 60(2). doi: [10.2352/J.ImagingSci.Technol.2016.60.2.020403](https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2016.60.2.020403).
- [47] Yu, X., Sulijoadikusumo, G., Li, H., & Prevedouros, P. (2011). Reliability of automatic traffic monitoring with non-intrusive sensors. In: *Towards Sustainable Transportation Systems - Proceedings of the 11th International Conference of Chinese Transportation Professionals (ICCTP-2011)*, (pp. 4157-4169). doi: [10.1061/41186\(421\)414](https://doi.org/10.1061/41186(421)414).
- [48] Zhang, M., Song, J., & Zhang, Y. (2009). Architecture and application for a sensor network-based traffic information service system. In: *Intelligent Transportation Society of America - 12th World Congress on Intelligent Transport Systems 2005* (Vol. 3, pp. 1850-1860).
- [49] Zhao, Z., Cui, X., & Zhang, H. (2012). Cloud storage technology in video surveillance. *Advanced Materials Research*, 532-533, 1334-1338. doi: [10.4028/www.scientific.net/AMR.532-533.1334](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.532-533.1334).
- [50] Zhou, Y., Chowdhury, M., Wang, K., Bhide, V., & Fries, R. (2012). Online Traffic Surveillance: Impact of Wireless Communication on Video Quality. *Journal of Transportation Engineering*, 138(5), 512-519. doi: [10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000342](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000342).