

# Analiza i implementacija rešenja za video analitiku u realnom vremenu

Aleksandar Višnjički

**Sadržaj** - Oblast video analitike se ubrzano razvija u poslednje dve decenije ali uprkos svim naporima praktični sistemi nadzora koji se danas primenjuju još uvek nisu sposobni za autonomnu analizu složenih događaja u vidnom polju kamera. Ovo je ozbiljan nedostatak jer se video zapisi sa miliona kamera za nadzor širom sveta ne analiziraju u realnom vremenu i stoga ne mogu pomoći u sprečavanju nesreća, kriminala ili terorizma. Danas se ovi zapisi, u najboljem slučaju, snimaju kako bi se olakšala forenzika video zapisa nakon događaja.

S obzirom da značaj sistema video nadzora nastavlja da raste, posebno u bezbedonosnim primenama, video analitika će u budućnosti igrati ključnu ulogu u razvoju ovih sistema i njen dalji razvoj predstavlja izazov i priliku za tehnološke inovacije. Izazov se prvenstveno odnosi na razvoj modela i algoritama za analizu visoko frekventne scene.

Rad se sastoji iz dve celine. Prva celina je teorijska i u njoj je dat pregled pojma video analitike u realnom vremenu. Analizirane su tehnologije koje se koriste u video analitici i objašnjena je struktura tih sistema. Opisane su aplikacije koje se oslanjaju na ove tehnike kao i algoritmi koji se koriste u veštačkoj inteligenciji.

Druga celina rada jeste praktičan deo koji se bavi implementacijom realnog sistema za video analitiku koji obuhvata snimanje i obradu video signala uz pomoć veštačke inteligencije u realnom vremenu korišćenjem opreme Dahua proizvođača. Na ovom sistemu simuliran je rad video analitike u realnim uslovima rada i prikazano je kako se primenjuje veštačka inteligencija u takvim sistemima. Rezultati izvršenih merenja su grafički prikazani i detaljno analizirani u radu. Takođe, u radu su analizirane mogućnosti za dalju implementaciju ovog rešenja u praksi.

**Ključne reči:** Video analitika

## I. UVOD

Video analitika je postala značajan element u sistemima video nadzora, omogućavajući autonomno razumevanje događaja na sceni putem praćenja više video kamera. Međutim, iako se oblast video analitike ubrzano razvija, praktični sistemi još uvek nisu sposobni za autonomnu analizu složenih događaja. Ovaj nedostatak ima velike implikacije, jer postojeći video zapisi sa miliona kamera za

nadzor ne mogu biti analizirani u realnom vremenu, što umanjuje njihovu efikasnost u sprečavanju nesreća, kriminala i terorizma.

Kako značaj sistema video nadzora nastavlja da raste, posebno u bezbednosnim primenama, video analitika preuzima ključnu ulogu. Prepoznavanje video analitike kao ključnog elementa bezbednosti predstavlja izazov i priliku za tehnološke inovacije. Izazov se prvenstveno odnosi na razvoj modela i algoritama za analizu visoko frekventne scene. Proučavanje mreža kamera i razvoj modela fuzije podataka, kao i kombinacija algoritama i hardverskog dizajna, predstavljaju perspektivne pravce razvoja video analitike. U bliskoj budućnosti možemo očekivati izuzetnu korist od primene video analitike koja se svakodnevno unapređuje i razvija.

Praćenje u realnom vremenu, kao i forenzika nakon događaja, mogu imati velike koristi od razvoja autonomnih alata za video analitiku. Modeliranje vizuelnih događaja, praćenje mreža kamera i optimizacija hardvera za video analitiku predstavljaju ključne oblasti istraživanja. Uz nisku latenciju, efikasnu upotrebu resursa i visoke zahteve za obradu podataka, efektivna video analitika u realnom vremenu postaje izazov koji zahteva inovativne pristupe i rešenja. Ovaj razvoj je posebno važan jer video nadzor sve više dobija na značaju u svakodnevnom životu i ima široku primenu u različitim oblastima, uključujući kontrolu saobraćaja, nadzor maloprodaje i obezbeđenje.

## II. Video analitika i video nadzor prmena

Video analitika je tehnologija koja se koristi za automatsku analizu video snimaka radi otkrivanja, identifikacije i praćenja objekata, događaja ili ponašanja. Ova tehnologija omogućava efikasno upravljanje i analizu video sadržaja, što je od velike koristi u različitim industrijskim sektorima.

Video analitika se primenjuje u širokom spektru oblasti. Na primer, u zdravstvu se može koristiti za analizu snimaka ultrazvuka ili rendgenskih snimaka radi detekcije patologija ili abnormalnosti. U maloprodaji, video analitika se može primeniti za analizu ponašanja kupaca, praćenje protoka ljudi u prodavnicama i merenje efikasnosti reklamnih kampanja. U automobilskoj industriji, video analitika može se koristiti za praćenje saobraćaja, otkrivanje saobraćajnih prekršaja ili praćenje vozačevog ponašanja u cilju poboljšanja bezbednosti. Pametni gradovi mogu koristiti video analitiku za praćenje javnih prostora, upravljanje saobraćajem, održavanje sigurnosti i slično.

Video analitika se takođe široko primenjuje u oblasti video nadzora. Video nadzor je proces snimanja video sadržaja u cilju nadgledanja i zaštite prostora, imovine ili ljudi. Integracija video analitike u video nadzor omogućava automatsko otkrivanje i

upozorenje na određene događaje ili ponašanja, umesto da se oslanjamo samo na ručno pregledanje snimaka.

Postoje različite tehnike video analitike koje se mogu primenjivati u video nadzoru. To uključuje detekciju pokreta, prepoznavanje lica, brojanje objekata, prepoznavanje registarskih tablica, detekciju napuštanja objekta ili ulaska u zabranjeno područje, prepoznavanje emocija i mnoge druge funkcionalnosti. Ove tehnike se mogu implementirati kroz različite algoritme, kao što su *AI deep-learning* algoritmi za mašinsko učenje ili pravila koja se podešavaju manuelno.

Video analitika se može izvršavati na različitim vrstama uređaja u video nadzor sistemu. To uključuje IP kamere koje imaju ugrađenu video analitiku, lokalne servere, *cloud* platforme i *edge* uređaje. Izbor odgovarajućeg uređaja zavisi od faktora kao što su procesorska snaga, skladišni prostor, brzina mreže i zahtevi sistema.

Implementacija video nadzora sa video analitikom za poslovnu inteligenciju (BI) može pružiti mnoge prednosti organizacijama. Pomaže u praćenju i analizi poslovnih aktivnosti, detektovanju problema ili prilika, optimizaciji operativnih procesa i donošenju informisanih odluka. Na primer, u maloprodaji, video analitika može pružiti uvid u ponašanje kupaca, efikasnost postavljanja proizvoda na police i detekciju krađa. U industrijskim postrojenjima, video analitika može se koristiti za praćenje rada radnika, identifikaciju sigurnosnih rizika i optimizaciju proizvodnih procesa.

Važno je napomenuti da implementacija video nadzora sa video analitikom zahteva pažljivo planiranje i implementaciju odgovarajućih mera zaštite privatnosti i bezbednosti podataka. Uključuje se pridržavanje propisa i regulativa o zaštiti podataka, kao što je Opšta uredba o zaštiti podataka (GDPR), kao i primena odgovarajućih tehničkih mera za zaštitu podataka od neovlašćenog pristupa ili zloupotrebe.

#### A) Tehnike video analitike

Pretraga Izgleda (*Appearance Search*) AI video nadzor analitika:

Kanadski proizvođač *Avigilon* je razvio *Appearance Search* tehnologiju, koja omogućuje instant pretrage video nadzora na osnovu fizičkih karakteristika objekata od interesa, koristeći mašinsko učenje i poseban način sortiranja video arhive.

Pametna Pretraga (*Smart Search*) video analitika:

*Smart Search* tehnologija omogućava efikasno pretraživanje video snimaka na osnovu vremenskih intervala, objekata ili događaja od interesa. Koristi napredne algoritme za indeksiranje i brzo pronalaženje specifičnih delova snimaka.

Pretraga Lica (*Face Search*) AI *deep-learning* video analitika:

*Face Search* AI tehnologija koristi duboko učenje za prepoznavanje lica u video snimcima i efikasno pretraživanje. Omogućava identifikaciju prisustva određenih osoba u različitim vremenskim okvirima ili lokacijama.

Detekcija lica (*Face Detection*) video analitika:

*Face Detection* tehnologija automatski detektuje lica u video snimcima. Ova tehnologija se koristi za dalju obradu i analizu lica, kao što su prepoznavanje lica, analiza izraza lica i praćenje lica.

Prepoznavanje Lica (*Face Recognition*) video analitika:

*Face Recognition* tehnologija omogućava automatsko prepoznavanje lica u video snimcima. Koristi algoritme za identifikaciju i verifikaciju lica na osnovu unikatnih karakteristika svakog lica.

Prebrojavanje Ljudi (*People Counter*) video analitika za brojanje posetilaca:

*People Counter* tehnologija automatski broji posetioce na osnovu video snimaka. Ova tehnologija detektuje i prati ljude radi tačnog brojanja njihovog prolaska kroz određenu oblast ili prostor.

Toplotne mape (*Heat Maps*) video analitika:

*Heat Maps* tehnologija koristi se za vizualizaciju gustine ili intenziteta kretanja ljudi ili objekata na osnovu video snimaka. Ova tehnologija stvara vizuelnu mapu koja naglašava područja veće aktivnosti ili interesovanja.

Prelazak Linije (*Cross-Line*) video analitika:

*Cross-Line* tehnologija detektuje prolazak ljudi ili objekata preko određenih linija ili zona na osnovu video snimaka. Koristi se za praćenje i identifikaciju prolaska preko određenih tačaka, kao što su ulazna vrata ili sigurnosni prelazi.

Video nadzor analitika Prepoznavanje tablica (LPR – *License Plate Recognition*):

LPR tehnologija se koristi za prepoznavanje registarskih tablica vozila na osnovu video snimaka. Ova tehnologija se primenjuje u transportu i sigurnosnim svrhama, omogućavajući identifikaciju vozila i praćenje kretanja.

Napredne tehnike, poput dubokog učenja, obezbeđuju visoku preciznost i performanse ovih video analitičkih tehnika.

B) IP kamere i video analitika

IP kamere su digitalne kamere povezane na mrežu koje snimaju i prenose video sadržaj u digitalnom formatu. Video analitika koristi algoritme za obradu video snimaka i ekstrakciju informacija. Kombinacija IP kamera i video analitike omogućava visokokvalitetni video nadzor, detekciju pokreta, prepoznavanje lica i druge analitičke funkcije.

D) Video nadzor analitika u integraciji sa drugim sistemima

Integracija video nadzora analitike sa drugim sistemima omogućava razmenu podataka i sinergijsko korišćenje informacija radi unapređenja efikasnosti i sigurnosti. Na primer, integracija sa POS sistemima omogućava analizu prodaje, kretanja kupaca i detekciju prevara. Ove integracije se ostvaruju kroz API-je i softverske interfejse.

E) Video nadzor analitika i POS(*Point of Sale*) integracija

Integracija video nadzora analitike sa POS sistemima pruža sveobuhvatnu analizu poslovanja. Povezivanje informacija sa video snimaka sa podacima o prodaji, transakcijama i inventaru omogućava detaljnu analizu i donošenje informisanih odluka.

F) Video nadzor analitika i GPU

Video nadzor analitika koristi GPU (*Graphics Processing Unit*) za obradu i analizu video sadržaja. GPU je posebno dizajniran hardver koji se koristi za obradu grafike, ali se sve više koristi i za obradu velikog broja video snimaka u realnom vremenu. Korišćenje GPU-a omogućava bržu obradu i performanse, smanjujući opterećenje CPU-a i omogućavajući istovremenu obradu velikog broja video tokova. GPU-ovi su sposobni za paralelno izvršavanje velikog broja niti, što je ključno za efikasnu obradu i analizu video sadržaja.

G) Video analitika i Veliki podaci (*Big Data*)

Video analitika koristi velike količine podataka generisanih iz video snimaka za dublju analizu i otkrivanje skrivenih obrazaca. Veliki broj kamera i senzora stvara ogromne skupove podataka koji se efikasno rukovaju i analiziraju. Paralelno procesiranje podataka i mašinsko učenje se koriste za brzu analizu i prepoznavanje objekata, detekciju anomalija i klasifikaciju događaja. Integracija *Big Data* pristupa u video analitiku omogućava unapređenje efikasnosti i sigurnosti u različitim domenima.

H) Video analitika i zaštita privatnosti

Video analitika i zaštita privatnosti zahtevaju balansiranje između korišćenja video analitike za poboljšanje sigurnosti i poslovnih procesa, uz poštovanje privatnosti pojedinaca. Algoritmi za prepoznavanje lica predstavljaju izazov u pogledu zaštite privatnosti, ali se propisima o zaštiti privatnosti osigurava da se lični podaci koriste legalno. Anonimizacija podataka, enkripcija i kontrola pristupa se primenjuju radi sigurnog korišćenja video analitike.

I) Video analitika i GDPR

Video analitika i GDPR (Opšta uredba o zaštiti podataka) su povezani u kontekstu zaštite privatnosti i obrade ličnih podataka u video nadzoru. Organizacije moraju preduzeti mere zaštite privatnosti, uključujući pravnu osnovu za obradu podataka, transparentnost u vezi sa prikupljanjem i korišćenjem podataka, implementaciju zaštite podataka i poštovanje prava ispitanika. Anonimizacija podataka se takođe koristi kako bi se smanjio rizik od identifikacije pojedinaca.

J) Video analitika i prednosti korišćenja u video nadzoru:

Video nadzor sistemi bez podrške za video analitiku su nedovoljno efikasni i ne pružaju brzu pretragu. Razvoj tehnologije i povećanje rezolucije kamera doveli su do velikog povećanja video nadzor arhive koju je potrebno pregledati u kontrolne ili istražne svrhe. Ukoliko sistem ne podržava video analitičku pretragu, postaje neupotrebljiv. Osim pretrage, video nadzor analitika pruža poslovne informacije i postala je standard za velike i male poslovne sisteme. Kod bezbednosne primene, video analitika omogućava proaktivnost sistema zahvaljujući AI algoritmima i ranom alarmiranju, bilo da je reč o privatnoj ili javnoj bezbednosti.

K) Prednosti korišćenja video analitike u pretragama video nadzora:

Video analitika donosi mnogobrojne prednosti u pretragama video nadzora. Automatska analiza video snimaka omogućava identifikaciju događaja od interesa, praćenje kretanja ljudi i objekata, prepoznavanje lica i registarskih tablica, te generisanje analitičkih podataka. Ova tehnologija olakšava upravljanje sigurnosnim sistemima, smanjuje potrebu za ručnom analizom i omogućava brže pronalaženje relevantnih informacija. Video analitika ima široku primenu u sektorima kao što su javna bezbednost, transport, maloprodaja, bankarstvo i industrija. Kombinacija video analitike i video nadzora pruža sveobuhvatno rešenje za efikasno upravljanje sigurnosnim sistemima, poboljšanje poslovnih procesa i ubrzanje pretrage video snimaka.

### III. Aplikacije za video analitiku

#### A) Vizija Nula za saobraćaj (*Vision Zero*)

Vizija Nula za saobraćaj je inicijativa koja ima za cilj eliminisanje smrtnih slučajeva u saobraćaju. U okviru ove inicijative, veliki gradovi su instalirali veliki broj saobraćajnih kamera, a analiza video zapisa sa tih kamera se koristi u svrhe bezbednosti i planiranja saobraćaja. Primena video analitike u saobraćajnoj sigurnosti omogućava otkrivanje i analizu saobraćajnih nesreća između vozila, biciklista i pešaka. Ove informacije se koriste za implementaciju preventivnih mera, kao što su postavljanje pešačkih prelaza na odgovarajućim mestima ili prilagođavanje semafora u skladu sa brojem vozila, pešaka i biciklista.

#### B) Samovozeći i pametni automobili

Samovozeći automobili su vozila koja mogu obavljati radnje slične vožnji iskusnih vozača bez intervencije ljudi. Oni koriste video strimove sa više kamera za donošenje odluka o vožnji. Ove kamere snimaju okolinu vozila, a zatim se vrši brza analiza podataka kako bi se identifikovale prepreke i znakovi na putu. Pametni automobili takođe koriste kamere za donošenje bezbednosnih odluka, poput upravljanja kočnicama i svetlima. Veštačka inteligencija je ključna za razvoj autonomnih automobila, jer omogućava prepoznavanje, donošenje odluka i modeliranje podataka na osnovu algoritama dubokog učenja.

#### C) Lični digitalni asistent

Lični digitalni asistenti su tehnologija koja pruža personalizovana i interaktivna iskustva putem mobilnih uređaja ili samostalnih hardvera kao što su Amazon Alexa, Cortana ili Jibo. Oni se koriste za izvršavanje instrukcija i interakciju sa korisnicima putem prepoznavanja lica, gestova i drugih aktivnosti. Ova tehnologija zahteva brzu analitiku koja se izvršava lokalno na uređaju ili uz pomoć udaljenog *cloud*-a.

Jedna od primena digitalnih ličnih asistenata je u oblasti *Computer Vision* (CV), gde se koriste kamere za snimanje ljudskog govora tela. CV omogućava ekstrakciju informacija iz vizuelnih ulaza kao što su slike, video snimci ili kamera uživo. Takođe može konvertovati govor u tekst koristeći detekciju lica u realnom vremenu i prepoznavanje govora na osnovu pokreta lica i usta korisnika.

#### D) Nadzor i bezbednost

Video analitika igra ključnu ulogu u nadzoru i bezbednosti, posebno u velikim prostorima kao što su aerodromi, tržni centri, banke ili javna mesta. Kamere se koriste za praćenje ljudi, identifikaciju sumnjivih aktivnosti, detekciju napuštenih ili

izgubljenih predmeta, prepoznavanje lica i registarskih tablica vozila. Ove informacije se zatim analiziraju i obrađuju kako bi se identifikovali potencijalni rizici ili nepravilnosti. Video analitika može takođe biti integrisana sa drugim sistemima, poput alarmnih sistema ili kontrola pristupa, kako bi se obezbedila brza reakcija na incidente ili sumnjive aktivnosti.

#### E) Proširena stvarnost (AR - *Augmented Reality*)

Proširena stvarnost je tehnologija koja kombinuje digitalne informacije sa stvarnim svetom, stvarajući tako proširenu percepciju stvarnosti. Kamere se koriste za snimanje okoline, a zatim se analiziraju i dodaju digitalni elementi kako bi se stvorio efekat proširene stvarnosti. Primeri primene video analitike u AR uključuju prepoznavanje objekata u stvarnom vremenu, praćenje pokreta korisnika, prepoznavanje gestova i interakciju sa virtuelnim objektima.

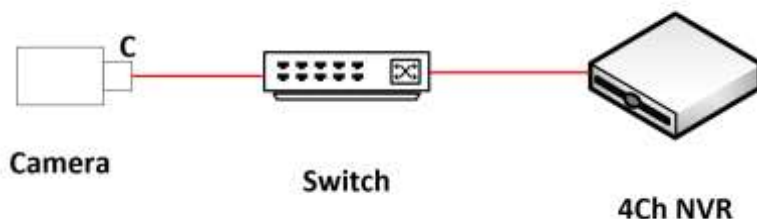
#### F) Pametna policija

Pametna policija koristi video analitiku za poboljšanje bezbednosti i efikasnosti policijskih operacija. Kamere postavljene na javnim mestima i patrolna vozila snimaju okolinu i prenose video zapise u realnom vremenu. Video analitika se koristi za prepoznavanje kriminalnih aktivnosti, identifikaciju osumnjičenih, praćenje vozila u pokretu, prepoznavanje registarskih tablica i druge sigurnosne svrhe. Ovi sistemi mogu automatski generisati upozorenja u slučaju sumnjivih aktivnosti ili prekršaja, omogućavajući policiji da brzo reaguje i preduzme odgovarajuće mere.

## IV. Simulacija primene video analitike kao alata u realnom sistemu

Arhitektura sistema se sastoji od tri osnovne komponente: kamere, snimača i switch-a. Kamera obavlja analitičke procese direktno na sebi, dok switch omogućava napajanje i komunikaciju između kamere i snimača. Snimač skladišti snimke i centralizuje sve informacije. Ova saradnja omogućava visokokvalitetan video nadzor i pruža korisne informacije za dalju analizu.





Slika 1 – Arhitektura sistema

Kamera se postavlja na objektu, a zaštićena je od spoljašnjih vremenskih uslova prema standardu IP67. Ovaj standard pruža potpunu zaštitu od prašine i visok nivo zaštite od vode. Ostatak opreme se nalazi unutar objekta, obezbeđujući zaštitu od spoljašnjih uslova.

U ovom radu korišćen je sistem za video nadzor koji se sastoji iz nekoliko ključnih komponenti:

Kamera IPC-HFW5241E-ZE-27135: Kamera ima senzor od 2 MP, IP adresu za pristup preko interneta, podržava rezoluciju 1920x1080 sa 30fps, ima motorizovani zum objektiv i podržava kompresiju podataka u formatima kao što su H.265+ /H.265 /H.264+. Takođe, ima napredne funkcije veštačke inteligencije kao što su prepoznavanje vozila i ljudi, detekcija brzog kretanja, detekcija zadržavanja, detekcija parkiranja i okupljanja ljudi, kao i brojanje ljudi. Kamere podržava različite protokole za komunikaciju i ima IP67 i IK10 sertifikate. Dimenzije kamere su 273.2mm x 95mm x 95mm, a napajanje se može vršiti putem PoE tehnologije ili 12VDC adaptera.

Snimač XVR5104HS-I2: Četvorokanalni DVR(Digital Video Recorder) koji podržava kompresiju video snimaka u formatima H.265+ i H.265. Snimač podržava različite video formate i ima funkcionalnosti kao što su *Perimeter Protection*, *Smart Motion Detect (SMD) Plus* i *Human Face Recognition*. Takođe, podržava povezivanje do 6 kanala IP kamera sa rezolucijom do 6MP i ima podršku za IoT i POS funkcionalnosti, kao i ANR tehnologiju.

UTP instalacija: UTP kabl se koristi za povezivanje kamera sa snimačem i omogućava prenos video signala i napajanja preko istog kabla.

POE modul - Switch DH-LR2110-8ET-120: POE modul služi za napajanje kamera preko Ethernet kabla i omogućava jednostavno povezivanje i upravljanje kamerama u sistemu.

Takođe, u sistem je implementirana SD kartica za skladištenje video materijala. Korišćena SD kartica je SanDisk 64GB UHS-I microSDXC, koja je dizajnirana za snimanje Full HD video zapisa i fotografija.

Memorija koja se koristi u snimaču je HDD Western Digital Purple model WD40PURZ kapaciteta 4TB. Ovaj hard disk je specijalno dizajniran za rad u sistemima za video nadzor i pruža pouzdano i visokokvalitetno snimanje i reprodukciju video zapisa.

Navedeni sistem za video nadzor omogućava visokokvalitetan video nadzor sa naprednim funkcijama veštačke inteligencije, pouzdano skladištenje snimaka i fleksibilnost u upravljanju i pristupu snimcima.

Navedeni sistem video analitike predstavlja praktično rešenje sa funkcionalnom arhitekturom i postavljanjem komponenti koje omogućavaju pouzdan i efikasan video nadzor.

Kada je u pitanju instalacija sistema, korišćen je STP kabl kategorije 6 marke DRAKA, model UC400 S23 4P FRNC. Ovaj kabl ima 4 parice punog preseka sa aluminijumskom zaštitom i metalnom folijom umesto krstastog elementa, što pruža bolje karakteristike i manje preslušavanje. Takođe, kabl je kategorije FRNC, što ga čini nezapaljivim i bez emitovanja dima. Testiran je do 400MHz i poseduje relevantne sertifikate.

U sistemu je korišćen POE modul - Switch DH-LR2110-8ET-120, koji omogućava napajanje kamera i prenos podataka kroz isti kabl. Ovaj switch je 8-Port Layer2 ePoE switch, koji podržava PoE i PoC tehnologiju napajanja. On je sposoban za PoE prenos preko 800 metara brzinom od 10Mbps ili 300 metara brzinom od 100Mbps. ePoE tehnologija pruža fleksibilnost u dizajnu sistema za video nadzor, poboljšava pouzdanost i smanjuje troškove izgradnje i ožičenja.

U praktičnom delu istraživanja primenjena je video analitika u realnom vremenu koristeći IP kameru, switch i DVR(Digital Video Recorder) snimač. Fokus je bio na funkcionalnosti prebrojavanja ljudi (*people counting*). IP kamera je opremljena naprednim algoritmima veštačke inteligencije koji se izvršavaju direktno na kameri, omogućavajući brzu i efikasnu analizu video sadržaja.

Snimci sa IP kamere su preusmereni na DVR snimač za snimanje i skladištenje. DVR omogućava daljinski pristup i upravljanje snimcima, ali video analitika se izvršava na samoj kameri.

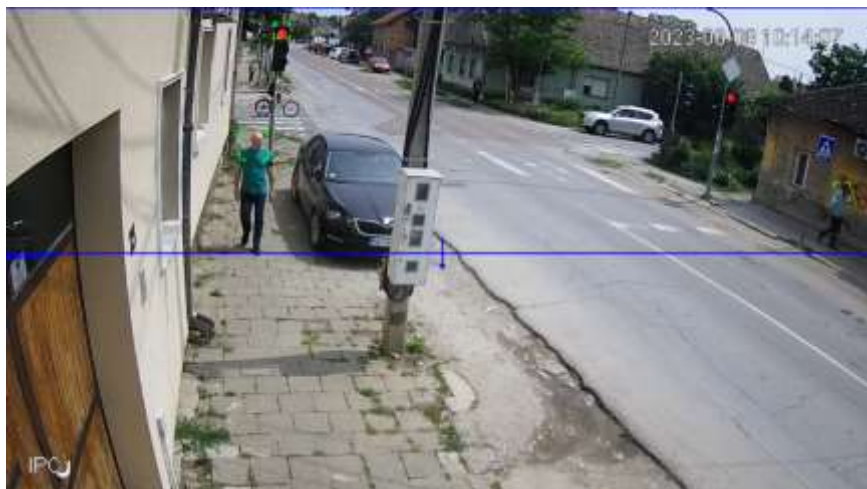
Veštačka inteligencija na kameri se koristi za prepoznavanje i praćenje ljudi na video snimcima. Algoritmi za prebrojavanje ljudi analiziraju video sadržaj u stvarnom vremenu i generišu tačne informacije o broju ljudi u određenoj oblasti. Rezultati se mogu preneti na DVR radi skladištenja i daljnje analize.

Implementacija video analitike na kameri omogućava brzu i efikasnu obradu video sadržaja, smanjuje opterećenje mreže i omogućava trenutnu reakciju na događaje. Takođe, obezbeđuje veću pouzdanost i sigurnost jer se analitika izvršava lokalno na kameri, eliminišući potrebu za prenosom velike količine podataka preko mreže.

U okviru istraživanja korišćena je funkcionalnost prebrojavanja ljudi (*people counting*) na IP kameri. Ova funkcija omogućava precizno praćenje i brojanje ljudi koji prolaze kroz određeno područje obuhvaćeno kamerom. Algoritmi veštačke inteligencije koriste različite karakteristike za identifikaciju i brojanje ljudi u realnom vremenu.

*People counting* pruža korisne informacije za poslovno planiranje, optimizaciju resursa i poboljšanje korisničkog iskustva u raznim industrijama. Na primer, trgovine mogu pratiti broj posetilaca i analizirati podatke o prometu radi donošenja informisanih odluka o upravljanju zalihama i osobljem.

Ova opcija video analitike na IP kameri omogućava efikasno i pouzdano prebrojavanje ljudi u realnom vremenu, pružajući vredne informacije za različite sektore i industrije.



Slika 2 - Primer detekcije prolaska

Na slici 2 prikazan je ilustrativni primer kretanja osobe kroz zonu interesa. Kamera je uspešno prepoznala osobu koja je prešla graničnu liniju, a video analitika je evidentirala njen prolazak kroz zonu. Ovaj proces se postiže primenom naprednih algoritama i tehnika prepoznavanja objekata.

Ovaj primer demonstrira efikasnost sistema video analitike u detekciji i evidentiranju prolaza ljudi kroz određenu zonu. Kamera sa odgovarajućim sensorima i softverom za video analitiku automatski identifikuje kada osoba pređe graničnu liniju i beleži taj događaj. Ova tehnologija omogućava automatizaciju procesa evidentiranja, eliminišući potrebu za ručnim praćenjem i snimanjem.



Slika 3 - Smerovi prolazaka

Slika 3 pokazuje proces praćenja kretanja pešaka kroz određenu zonu interesa. Kamera snima prostor u kojem se pešaci kreću, a kroz video analitiku prepoznaje pojedince i njihove pokrete.

Roza strelica označava smer pešaka koji ulaze u zonu interesa, pružajući informacije o broju posetilaca ili kontroli pristupa prostoru. Kamera evidentira prolazak pešaka preko granične linije.

Plava strelica označava smer pešaka koji izlaze iz zone interesa, omogućavajući brojanje posetilaca koji napuštaju prostor ili praćenje protoka ljudi na izlazima. Kamera takođe evidentira prolazak pešaka preko granične linije u suprotnom smeru.



Slika 4 - Prikaz software-a za generisanje izveštaja i prikaz statistike u jednom mesecu

*People counting* tehnologija ima široku primenu u saobraćaju, semaforima, policiji i bezbednosti. Može se koristiti za optimizaciju postavljanja semafora i prilagođavanje vremena trajanja signala, praćenje broja prisutnih ljudi na javnim događajima, identifikaciju područja s visokim stepenom kriminaliteta, poboljšanje opšte bezbednosti u javnim prostorima i identifikaciju potencijalnih sigurnosnih pretnji. Implementacija ove tehnologije može unaprediti efikasnost, sigurnost i upravljanje u tim oblastima. Važno je poštovati privatnost građana i zakonske propise o zaštiti podataka pri implementaciji.

Statistike koje su dobijene pokazuju broj ljudi koji prolaze kroz određeni deo ulice tokom 24 sata, sa podacima za ponedeljak i nedelju. Tokom radne nedelje, "udarni" termini su jutarnji i popodnevni časovi kada ljudi putuju na posao i sa posla. Vikendom, gustina je raspoređena tokom celog dana jer ljudi nisu masovno odlazili na posao. Kuća na kojoj je postavljena kamera se nalazi na ruti ka autobuskoj stanici za Beograd.

Primetno je da je broj ljudi u jednom smeru obično veći od broja ljudi u suprotnom smeru. To je zbog teže prohodnog dela ulice koji ljudi zaobilaze, prelaze put i nastavljaju sa druge strane. Vremenske prilike takođe utiču na količinu ljudi na ulicama, sa manjim brojem osoba tokom kišovitih dana.

## V. Zaključak

U ovom radu analizirana je i implementirana video analitika u realnom vremenu sa fokusom na primenu u video nadzoru. Praktični deo istraživanja se koncentrisao na funkcionalnost brojanja ljudi (*People Counting*) kao deo video analitike. Kroz upotrebu naprednih algoritama veštačke inteligencije direktno na IP kameri, omogućeno je precizno prepoznavanje i praćenje ljudi u stvarnom vremenu. Arhitektura sistema je

razvijena i komponente su instalirane i testirane, sa IP kamerom koja snima video sadržaj, prenosom snimaka na DVR za skladištenje i daljom analizom podataka o broju ljudi. Zaključuje se da video analitika pruža moćan alat za unapređenje efikasnosti i sigurnosti sistema u različitim oblastima kao što su saobraćaj, bezbednost i poslovna analitika.

## REFERENCE

- [1] <https://www.cbsnews.com/news/the-u-s-uses-surveillance-cameras-just-as-much-as-china/>
- [2] <https://www.securityinfowatch.com/video-surveillance/news/12160483/data-generated-by-new-surveillance-cameras-to-increase-exponentially-in-the-coming-years>
- [3] Real-time Video Analytics – the killer app for edge computing <https://ieeexplore.ieee.org/document/8057318>
- [4] Cheng, Z., Fu, H., Wu, Q., Zhang, Y., Zhang, J., & Zhang, H. (2017). Cloud-Based Video Analytics for Intelligent Surveillance Systems: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*, 5, 9592-9613. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2704978
- [5] Kim, S., Kim, K., Cho, N. I., & Choi, S. (2018). A review of video analytics for surveillance systems. *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 13(2), 769-779. doi: 10.1007/s42835-017-0024-x
- [6] Svoboda, P., Mrazek, V., Herout, A., & Havel, J. (2013). Video surveillance system for high-risk environments. *Journal of Real-Time Image Processing*, 8(3), 225-238. doi: 10.1007/s11554-011-0224-0
- [7] Khan, S. U., Anwar, S., Lee, Y. K., & Sohn, S. (2019). Business intelligence from video analytics: A review. *IEEE Access*, 7, 177944-177960. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2958058
- [8] Malmgren, H., & Andersson, M. (2015). Rule-Based Event Detection in Video Surveillance Systems. 2015 22nd International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 1312-1317. doi: 10.1109/ICPR.2014.228
- [9] Piciarelli, C., Foresti, G. L., & Micheloni, C. (2018). Vision-based intelligent surveillance: Systems and applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 38(4), 515-527. doi: 10.1109/TSMCC.2008.923823
- [10] Choi, J., & Choi, S. (2014). Intelligent video surveillance system based on embedded server. *Journal of Real-Time Image Processing*, 9(4), 637-648. doi: 10.1007/s11554-013-0383-3
- [11] Zhang, C., Tang, Y., & Huang, T. S. (2012). Video analytics meets the cloud: Challenges and opportunities. *IEEE Signal Processing Magazine*, 29(5), 38-47. doi: 10.1109/MSP.2012.2203655

- [12] Li, H., Ota, K., & Dong, M. (2019). Video Analytics at the Edge: A Review. *IEEE Access*, 7, 99458-99470. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2923585
- [13] Li, Y., Li, H., Liu, W., & Zhang, D. (2019). A novel smart search method for visual surveillance video. In *2019 14th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)* (pp. 1214-1219).
- [14] Wu, J., Zhang, H., Dong, M., Zhang, H., & Li, X. (2018). Face search in the wild using deep features and attribute learning. *IEEE Transactions on Multimedia*, 20(3), 590-601.
- [15] Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001 (Vol. 1, pp. I-511)*.
- [16] Parkhi, O. M., Vedaldi, A., & Zisserman, A. (2015). Deep face recognition. In *Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC)* (pp. 1-12).
- [17] Chen, C. L., Chen, C. L., Chou, W. S., & Hu, W. (2012). People counting and tracking system for smart surveillance. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 42(6), 1169-1181.
- [18] Wang, G., Cui, J., Chen, Z., Su, Z., & Wang, Z. (2016). A visual crowd density heatmap generation framework using deep learning. *IEEE Transactions on Image Processing*, 25(9), 4369-4384.
- [19] Li, Q., Zhang, W., Liu, W., & Yao, X. (2017). A deep learning approach to detect crossing lines for behavior analysis. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 28(4), 973-986.
- [20] Sohn, G., & Koo, J. (2015). Analysis of the value chain and business models of CCTV. *Technological Forecasting and Social Change*, 92, 190-201.
- [21] Zhao, G., Pietikäinen, M., & Li, S. Z. (Eds.). (2019). *Video analytics: Faces, actions, and environments*. Academic Press.
- [22] J. Liu, X. Zhang, and D. Zhang, "Big Data Analytics for Intelligent Video Surveillance," in *Journal of Computer Science and Technology*, vol. 34, no. 3, pp. 557-572, 2019.
- [23] Cavoukian, A., & El Emam, K. (2011). Dispelling the myths surrounding de-identification: Anonymization remains a strong tool for protecting privacy. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 17(2), 188-192. doi: 10.1136/jamia.2010.008227
- [24] <https://cctv.rs/ip-video-nadzor/ip-video-nadzor-kamere/dahua-ipc-hfw5241e-ze-27135/>
- [25] <https://www.dahuasecurity.com/products/All-Products/Discontinued-Products/HDCVI-Recorders/XVR5104HS-I2>
- [26] <http://www.netiks.rs/stp-kabl-kategorije-6-draka-uc400-frnc>
- [27] [https://www.boma.rs/img/pdf\\_for\\_articles/LR2110-8ET-120.pdf](https://www.boma.rs/img/pdf_for_articles/LR2110-8ET-120.pdf)
- [28] <https://videonadzor.net/video-analitika>

## **Analysis and Real-Time Implementation of Video Analytics Solutions**

Aleksandar Visnjicki

The field of video analytics has been rapidly advancing over the past two decades. However, despite all efforts, practical surveillance systems in use today are still not capable of autonomously analyzing complex events within the camera's field of view. This is a significant drawback because video recordings from millions of surveillance cameras worldwide are not being analyzed in real-time and, therefore, cannot aid in accident prevention, crime detection, or counterterrorism efforts. Currently, these recordings, at best, are archived to facilitate forensic analysis after an event.

As the importance of video surveillance systems continues to grow, especially in security applications, video analytics will play a crucial role in the future development of these systems, presenting both challenges and opportunities for technological innovation. The primary challenge lies in developing models and algorithms for analyzing high-frequency scenes.

This work consists of two parts. The first part is theoretical, providing an overview of the concept of real-time video analytics. Technologies used in video analytics are analyzed, and the structure of these systems is explained. Applications relying on these techniques, as well as algorithms used in artificial intelligence, are described.

The second part of the work is practical, focusing on the implementation of a real video analytics system that includes recording and processing video signals in real-time using Dahua equipment and artificial intelligence. This system simulates the operation of video analytics in real working conditions and demonstrates how artificial intelligence is applied in such systems. The results of measurements performed are graphically presented and extensively analyzed in the paper. Furthermore, the paper explores possibilities for further practical implementation of this solution.