

# Mass surveillance

Aleksa Veljković 18591

Mladen Agić 18553

19.8.2025.

## Opis problema

Mass surveillance (nadzor nad masama) predstavlja nadzor čitave populacije, ili značajnog dela iste. Najčešće se primenjuje u kontekstu zaštite nacionalne bezbednosti, kontrole stanovništva, borbe protiv terorizma, sprečavanje kriminala i građanskih nemira, i sličnog. Ciljevi nisu uvek bezbednosni, mass surveillance može imati i ekonomske i operativne prednosti, poput smanjenja ljudskih resursa, omogućavanja rada u realnom vremenu ili automatizacije složenih procesa.

Ovakav nadzor se sprovodi pomoću različitih metodama i tehnologija, a neke od najčešće korišćenih su:

- Video nadzor javnih prostora (CCTV mreže, pametne kamere, sistemi za prepoznavanje lica i registarskih tablica)
- Nadzor telekomunikacije (meta podaci o pozivima i lokaciji)
- Nadzor internet aktivnosti (analiza pretraga, društvenih mreža, javnih i privatnih podataka korisnika)
- Biometrijski sistemi (prepoznavanje otisaka prstiju, prepoznavanje glasa, prepoznavanje crta lica)

Zbog obima problema, kako se nadzor odvija nad velikim brojem pojedinaca i u realnom vremenu, očigledno je da se radi o veoma velikim količinama podataka, koje treba obraditi. Tu na scenu stupa veštačka inteligencija, primenom različitih algoritama moguće je obraditi ogromnu količinu podataka na potrebne načine u kratkom vremenskom roku, što ljudskim naporom ne bi bilo moguće. Prema izveštajima IDC-a, procenjena globalna količina podataka već prelazi 180 zettabyte-a, odnosno preko 180 milijardi terabyte-a, što je praktično nemoguće obraditi isključivo ljudskim naporom.

Primenom veštačke inteligencije omogućavamo:

- Automatsku obradu slika i videa – algoritmi detekcije objekata omogućavaju prepoznavanje lica, registarskih tablica ili sumnjivih predmeta
- Prepoznavanje obrazaca i detekciju anomalija – mašinsko učenje i neuronske mreže otkrivaju neuobičajeno ponašanje u masi

- Biometrijsku identifikaciju – sistemi zasnovani na tzv. dubokom učenju omogućavaju brzo i precizno prepoznavanje pojedinca
- Obradu prirodnog jezika (Natural Language Processing) – analiza komunikacija, poruka, objava na društvenim mrežama
- Prediktivnu analitiku – predviđanje potencijalnih rizika na osnovu istorijskih podataka i obrazaca ponašanja

## Pregled aktuelnih projekata

Algoritmi veštačke inteligencije se uveliko primenjuju prilikom rada sa podacima dobijenim odvijanjem mass surveillance-a, i to u različitim oblastima. Neke od njih su:

- **Data management**
  - **Data collection**

U današnje vreme, podaci sa interneta se prikupljaju u različitim oblicima. Objava na društvenoj mreži se može sastojati iz teksta, slike, videa, ili bilo koje kombinacije istih. Ali važne podatke možemo imati i u meta podacima (metadata). Zbog toga što podaci nisu organizovani u predefinisanim data modelima nije moguća upotreba tradicionalnih alata za prikupljanje podataka. U ovom slučaju primenom Natural Language Processing (NLP, odnosno Prevođenje Prirodnog Jezika) mogu se prikupiti podaci koji nisu struktuirani u prethodno određene obrasce bez ljudske intervencije.

- **Data mapping**

Nakon prikupljanja podataka, potrebno je pronaći kalupe (pattern) i veze entiteta (entity relationships) u koje se uklapaju. Algoritmi Mašinskog Učenja (Machine Learning) mogu lako mapirati i otkriti veze između entiteta što značajno umanjuje vreme obrade.

- **Data quality**

Čak i sama kontrola kvaliteta podataka se može značajno ubrzati upotrebom alata na osnovu veštačke inteligencije.

- **Analiza govora**

Natural Language Processing algoritmi se mogu prilagoditi tako da prepoznaju određene ključne reči na osnovu kojih su neki podaci značajni. Takođe lako se mogu prevesti podaci iz govora u pisani tekst čime se brže i efikasnije skladište i obrađuju. Prepoznavanje određene boje glasa i uparivanje sa osobom kojoj pripada isto postaje ne samo moguće već i veoma brzo.

- **Praćenje određenog objekta u javnim prostorima**

Korišćenje tehnologija prepoznavanja lica (facial recognition) omogućava lako identifikovanje i praćenje sumnjivih ili traženih osoba. Softveri za prepoznavanje određenih paterna kao što su tablice automobila se koriste za održavanje saobraćaja na putevima. Kontrolom kretanja osobe, kao i njenom mrežnom aktivnošću moguće je kreirati profil osobe na osnovu analize koga se može ustanoviti da li ta osoba predstavlja pretnju po nacionalnu bezbednost, doduše ovakve metode ugrožavaju privatnost ljudi i mogu biti nelegalne.

Neki od konkretnih poznatih projekata na temu nadzora mase su:

- **INDECT**

Projekat razvijen na Evropskim univerzitetima i finansiran od strane Evropske Unije, zasnivao se na obradi video i audio prenosa javnih prostora i urbanih sredina. Za cilj je imao detekciju potencijalnih bezbednosnih pretnji i abnormalnih ponašanja. Softver se zasnivao na obradi signala u pravom vremenu, tako da nije dolazilo do skladištenja nikakvih ličnih informacija.

- **Red Wolf, Blue Wolf i Wolf Pack**

Softer u posredništvu Izreala koji se 2024. godine koristio za identifikaciju i prikupljanje biometrijskih podataka o Palestincima u oblasti Gaze. CCTV kamera se koristila za snimak lica, nakon čega bi algoritam identifikovao osobu i prikazao skladištene podatke o toj osobi.

- **SKYNET**

Predstavlja program Nacionalne Bezbednosne Agencije Sjedinjenih Američkih Država sa ciljem prepoznavanja mogućih terorista. Analizom mašinskim učenjem na podatke o komunikaciji alat je identifikovao uređaje koji bi se kretali između GSM (Global System for Mobile Communications) mobilnih mreža i prepoznavao bi obrasce ponašanja kao što su česta zamena SIM kartica u uređajima ESN (Electronic Serial Number), MEID (Mobile Equipment Identifier) ili IMEI (International Mobile Equipment Identity) brojem.

- **Sentient (intelligence analysis system)**

Sistem razvijen i upravljan od strane Nacionalne Kancelarije za Izviđanje (National Reconnaissance Office) Sjedinjenih Američkih Država. Baziran na satelitskoj analizi podataka, ovaj „Veštački mozak“ je sposoban da autonomno procesuirati orbitalne i zemaljske senzore, detektuje, prati i predviđa aktivnosti, i na osnovu toga preusmerava satelita u realnom vremenu bez ljudske intervencije. To postiže zahvaljujući integraciji mašinskog učenja sa tip and cue funkcionalnošću u realnom vremenu.

- **Face Detection Laser System by Micheal Revees**

Ovaj projekat je nastao sa povodom zadovoljavanja razonode, a sa ciljem kreiranja sistema koji na osnovu Face Recognition tehnologija, korišćenjem OpenCV biblioteka ima za cilj da autonomnom kontrolom lasera uperi isti prepoznatoj osobi u oko i time je onemogućiti. Projekat je open source i potupno razvijen od strane jedne osobe.

## Formulacija problema

U današnje vreme, veštačka inteligencija u okviru mass surveillance nadzora ima široku primenu i sve češće se koristi u svakodnevnom životu, od preporuka filmova i serija na streaming servisima, i personalizovanih reklama, pa sve do sistema za automatsko prevođenje jezika, virtuelnih asistenata i autonomnih vozila. Isto tako ima i široku primenu u oblasti očuvanja bezbednosti svakodnevnog života i unapređenja istog, pomoću sistema za prepoznavanje lica, detekciju sumnjivih aktivnosti, praćenje ponašanja mase, kao i identifikaciju registarskih tablica vozila. Upravo takav jedan slučaj primene, prepoznavanje i identifikacija registarskih tablica, ili ALPR – Automatic License Plate Recognition, predstavlja tipičan primer problema koji se jasno može rešiti kombinovanjem različitih tehnika mašinskog učenja i algoritama za obradu slika.

ALPR se može primeniti na različite načine, od bezbednosnih mera kao što je kontrola bezbednosti saobraćaja, kontrola saobraćajnih prekršaja i praćenje sumnjivih lica, pa do komercijalnih upotreba kao što je video kontrola plaćenog parkinga ili automatsko plaćanje putarine.

Problem projektovanja i implementiranja ALPR-a je znatno kompleksan, ali se može pojednostaviti podelom na sekcije koje predstavljaju faze kompletnog procesa od prepoznavanja registarske tablice vozila u realnom vremenu, do spremnih podataka. Faze su sledeće:

1. Detekcija registarske tablice na slici ili videu
2. Prilagođavanje slike i spremanje za obradu
3. Prepoznavanje registarskih oznaka, odnosno određenih karaktera na tablicama
4. Validacija, skladištenje i dalja obrada podataka

Svaka od ovih faza se obavlja korišćenjem različitih tehnologija kompjuterskog vida i veštačke inteligencije.

## Opis rešenja

Prepoznavanje registarskih tablica (ALRP – Automatic License Plate Recognition) možemo razdvojiti u više manjih problema, odnosno faza, kako bi ih lakše realizovali. Ovi problemi ujedno predstavljaju i faze procesa prepoznavanja registarskih tablica, i to su: detekcija tablica, normalizacija slike, prepoznavanje teksta na tablicama, validacija formata i praćenje tablica.

Na osnovu toga, projektujemo sistem koji će se sastojati od kombinacije detektora oblika, metoda obrade slike, prepoznavanje teksta, i heurističke validacije formata registarskih tablica. To nam obezbeđuje praktičan ALPR sistem koji se može koristiti u realnim uslovima.

Projektovan sistem je previđen za region Srbije, kao i da radi sa ulaznim podacima u formatu slike i videa. Sistem je modularan tako da se lako može izvršiti izmena posebnih delova obrade, kao i proširenje sistema na veće regione.

Predviđena je rad u programskom jeziku Python, uz korišćenje mnoštva open source biblioteka za različite potrebe, koje su dalje navedene, objašnjene i referencirane.

### Arhitektura sistema

#### 1. Ulazni podaci

Sistem je zamišljen tako da prihvata slike, video snimke i video snimke u realnom vremenu. Radi što veće efikasnosti, frejmove videa je potrebno procesirati određenom učestalošću.

#### 2. Detekcija tablica

Za detekciju tablica koristimo YOLOv8 (You Only Look Once version 8) algoritam. Ovaj open source model za prepoznavanje objekata u realnom vremenu iza koga stoji Ultralytics, balansira između preciznosti pogotka i brzine, takođe nudi mogućnost korišćenja prethodno treniranih modela. U našem slučaju potrebno je trenirati model za konkretno prepoznavanje registarskih tablica što je najoptimalnije uraditi na velikim bazama podataka kao što su postojeće javno dostupne:

- CCPD (Chinese City Parking Dataset) – ogromna baza sa primerima registarskih tablica koja prelazi milione primeraka
- UFPR-ALPR (Brazil) – video snimci sa realnim uslovima
- AOLP (Taiwan) – manji skup različitih veoma realističnih scenarija

YOLO model vraća koordinate pravougaonika u kome se nalaze tablice, što omogućava dalju obradu.

Drugi modeli za detekciju koji su bili u opticaju korišćenja su Faster R-CNN i SSD, ali se YOLOv8 jednostavno pokazao optimalnijim.

### 3. Normalizacija slike

Dobijenu sliku tablica iz modela za detekciju je potrebno transformisati i prilagoditi. To činimo upotrebom homografije, odnosno konkretnom upotrebom metoda *cv2.getPerspectiveTransform* i *cv2.warpPerspective* iz biblioteke oblasti kompjuterskog vida OpenCV. Osim toga potrebno je odraditi i dodatnu obradu slike i primenu filtera za redukciju šuma, povećanje kontrasta, povećanje oštine i druge. Ovo se obavlja radi lakše detekcije i obrade teksta na registarskim tablicama.

### 4. Prepoznavanje teksta (OCR – Optical Character Recognition)

Za optičko prepoznavanje karaktera, odnosno teksta, koristimo EasyOCR biblioteku. Zasnovana na CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network) arhitekturi i sa podrškom za latinicu i ćirilicu srpskog jezika, ova biblioteka ispunjava sve zahteve potrebne za naš sistem.

Alternativna biblioteka je PaddleOCR koja se takođe bazira na istoj arhitekturi i ima podršku za veliki broj jezika.

Drugi rešenje bi mogla biti upotreba sopstvenih CRNN treniranih modela sa CTC loss funkcijom, što predstavlja standard za OCR, ili pak EAST i CRAFT modeli za detekciju i segmentaciju teksta.



## 5. Validacija formata

Dobijene rezultate iz OCR faze je potrebno dodatno proveriti heurističkom validacijom. Konkretno, kako je sistem predviđen za region države Srbije potrebno je primarni fokus usmeriti na format registarskih tablica države Srbije. Doduše kako nije neuobičajeno da se nađu i strane registarske oznake, potrebno je obuhvatiti i proveru za iste.

Format registarskih oznaka u Srbiji je sledeći:

- 1) Dvoslovna oznaka grada
- 2) Tri ili četiri cifre
- 3) Dva slova

Validaciju ovog formata činimo pomoću regularnih izraza. Konkretni primer takvog jednog regex-a je:

$$^{[A-ZČĆŽŠĐ]\{2\}}\backslash s? \backslash d\{3,4\} - [A-ZČĆŽŠĐ]\{2\} \$$$

Osim regularnog izraza, potrebno je uraditi još proveru odnosno validaciju. Provera prva dva karaktera da li se uklapa u skup mogućih oznaka po gradovima (BG, NS, NI, ...), korekcija grešaka mapiranjem sličnih znakova (O – 0, B – 8, ...), fuzzy matching – korišćenje Levenshtein distance (distanca između dve sekvence karaktera u stringovima) za ispravku OCR grešaka, samo su neke od metoda koje značajno poboljšavaju kvalitet i efikasnost sistema.

## 6. Praćenje i deduplikacija

Prilikom obrade video toka, potrebno je osigurati da se isti objekat, odnosno ista registarska tablica ne detektuje više puta u kratkom vremenskom intervalu, odnosno uzastopnim frejmovima videa.

Za ovu potrebu primenićemo DeepSORT algoritam za praćenje objekata, koji osigurava jedinstveno prepoznavanje registarskih tablica po prolasku vozila.

Alternativa je SORT algoritam, koji predstavlja jednostavniju verziju DeepSORT algoritma, bez dodatnih re-identifikacija.

## 7. API i integracija

Sistem je zamišljen kao FastAPI servis sa podrškom za REST i WebSocket komunikaciju. Rezultati detekcije registarskih tablica beleže tekst registarskih tablica, odnosno registarsku oznaku, pouzdanost prepoznavanja, geolokaciju mesta prepoznavanja registarskih tablica, vreme prepoznavanja i region porekla registarskih tablica. Ovi podaci se pakuju u JSON format i tako vraćaju. Sistem je osmišljen tako da se lako može integrisati sa podsistemom za pretragu i proveru registarskih tablica na osnovu postojećih prekršaja, dosijea lica na čije ime je registrovano vozilo i drugih sličnih podataka.

## Tehnička specifikacija

### Hardver:

- Minimalni:
  - Procesor: Minimum Intel i5 generacije 10 ili AMD Ryzen 5 3600
  - Grafička kartica: NVIDIA GPU sa minimum 4GB VRAM
  - RAM: 8GB
- Preporučeni:
  - Procesor: Minimum Intel i3 generacije 12 ili AMD Ryzen 3 5300G
  - Grafička kartica: NVIDIA GPU sa minimum 8-12GB VRAM
  - RAM: 16GB

### Operativni sistem:

- Minimalni:

Windows 10, Ubuntu 18.04, NVIDIA Jetson platforme
- Preporučeni:

Windows 11, Ubuntu 22.04, NVIDIA Jetson platforme

### Softverske zavisnosti:

- Ultralytics (YOLOv8)
- Opencv-python
- Easyocr
- Fastapi

### Performanse Sistema:

YOLOv8 model dostiže obradu 30 do 60 FPS (frejma po sekundi) na rezoluciji 640p.

OCR obrada traje 5 do 15ms po registarskoj tablici.

Sistem može funkcionisati na minimalnim hardverskim zahtevima ali uz duže vreme procesiranja.

Preporučeni hardverski zahtevi osiguravaju zadovoljavajuće performanse sistema.

### Ograničenja sistema:

Refleksije farova automobila, kao i nepogodni vremenski uslovi (kiša, magla, ...) mogu uticati na tačnost sistema.

Neobični formati tablica (privremene tablice, diplomatske tablice, vojne tablice, ...) mogu uticati na tačnost sistema.

Pravna regulacija korišćenja sistema zavisi od države i njenog zakona.

Konkretno u Srbiji potrebne su posebne dozvole za prikupljanje i skladištenje ovakvih informacija.

## **Alternativne opcije sličnih sistema**

**OpenALPR** – open source projekat, rađen u programskim jezicima Python i C++. Koristi OpenCV za obradu slike, i Tesseract/OCR za obradu teksta.

**Rekor** – komercijalna grana OpenALPR sistema.

**Plate Recognizer API** – komercijalni servis koji pruža uslugu prepoznavanja registarskih tablica preko cloud API-ja.

**Specijalizovani open source projekti na githubu** – uglavnom koriste YOLO ili SSD detektore objekata, i integraciju EasyOCR za obradu teksta.

## Korišćena literatura i reference:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_surveillance](https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_surveillance)

<https://www.forbes.com/councils/forbestechcouncil/2020/09/25/the-state-of-mass-surveillance/>

<https://privacyinternational.org/learn/mass-surveillance>

<https://people.eecs.ku.edu/~saiedian/Pub/Journal/2021-Saiedian-SP.pdf>

<https://cybernews.com/editorial/how-ai-will-change-the-future-of-mass-surveillance/>

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11856072/>

<https://blog.wm.edu.pl/>

<https://recfaces.com/articles/facial-recognition-algorithms>

### INDECT projekat:

<https://en.wikipedia.org/wiki/INDECT>

<https://web.archive.org/web/20110303204551/http://www.indect-project.eu/public-deliverables>

### Red wolf, Blue wolf i Wolf pack projekti:

<https://www.theguardian.com/technology/2024/apr/19/idf-facial-recognition-surveillance-palestinians>

### SKYNET projekat:

[https://en.wikipedia.org/wiki/SKYNET\\_%28surveillance\\_program%29](https://en.wikipedia.org/wiki/SKYNET_%28surveillance_program%29)

### Sentient projekat:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Sentient\\_%28intelligence\\_analysis\\_system%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Sentient_%28intelligence_analysis_system%29)

<https://www.theverge.com/2019/7/31/20746926/sentient-national-reconnaissance-office-spy-satellites-artificial-intelligence-ai>

<https://www.afcea.org/signal-media/nro-looks-down-look>

<https://www.gartnorgroup.com/gartnorgroup/research-note-sentient-intelligence-analysis-system>

Face detection laser system projekat:

<https://github.com/michaelreeves08/face-detection-laser-system/tree/master/src>

<https://www.youtube.com/watch?v=Q8zC3-ZQFJI>

YOLOv8 model za detekciju objekata:

<https://docs.ultralytics.com>

<https://arxiv.org/abs/2408.15857>

<https://colab.research.google.com/github/Yogender-Singh/Notebooks/blob/main/yolo-series/tutorial.ipynb>

<https://yolov8.org/how-to-use-yolov8/>

<https://github.com/ultralytics/ultralytics/blob/main/docs/en/models/yolov8.md>

<https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/#overview>

<https://yolov8.org/how-yolov8-open-source-is-a-game-changer-for-developers/>

Javno dostupni skupovi podataka registarskih tablica za treniranje modela:

<https://github.com/detectRecog/CCPD>

<https://github.com/raysonlaroca/ufpr-alpr-dataset>

<https://github.com/AvLab-CV/AOLP>

Dokumentacija biblioteke za obradu slike:

<https://docs.opencv.org/4.x/index.html>

[https://docs.opencv.org/3.4/da/d6e/tutorial\\_py\\_geometric\\_transformations.html](https://docs.opencv.org/3.4/da/d6e/tutorial_py_geometric_transformations.html)

[https://opencv24-python-tutorials.readthedocs.io/en/latest/py\\_tutorials/py\\_imgproc/py\\_geometric\\_transformations/py\\_geometric\\_transformations.html](https://opencv24-python-tutorials.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_imgproc/py_geometric_transformations/py_geometric_transformations.html)

Biblioteke za detekciju teksta:

<https://github.com/JaidedAI/EasyOCR>

<https://github.com/PaddlePaddle/PaddleOCR>

<https://github.com/GitYCC/crnn-pytorch>

<https://medium.com/@pavitharan2020/building-a-handwriting-recognition-system-with-crnn-a-beginners-guide-58a51a46dd15>

Modeli za detekciju teksta:

<https://github.com/argman/EAST>

<https://github.com/clovaai/CRAFT-pytorch>

<https://arxiv.org/abs/1704.03155>

<https://pypi.org/project/craft-text-detector/>

<https://medium.com/technovators/scene-text-detection-in-python-with-east-and-craft-cbe03dda35d5>

DeepSORT algoritam za praćenje objekata u realnom vremenu:

[https://github.com/nwojke/deep\\_sort](https://github.com/nwojke/deep_sort)

<https://learnopencv.com/understanding-multiple-object-tracking-using-deepsort/>

Dokumentacija za FastAPI:

<https://fastapi.tiangolo.com/>

<https://github.com/fastapi/fastapi>

Dodatna literatura korišćena prilikom projektovanja sistema:

<https://developer.nvidia.com/blog/creating-a-real-time-license-plate-detection-and-recognition-app/>

<https://github.com/flowstack-ai/car-license-plate-recognition>

<https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/face-recognition-using-artificial-intelligence/>

Dodatna literatura i reference korišćene prilikom istraživanja:

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_government\\_mass\\_surveillance\\_projects](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_government_mass_surveillance_projects)

<https://en.wikipedia.org/wiki/ECHELON#Workings>

<https://github.com/michaelreeves08/elmo-core/tree/master/src>

<https://dornsife.usc.edu/news/stories/laying-groundwork-to-contain-people-of-color-and-immigrants/>

<https://globalvoices.org/2023/02/07/the-future-of-mass-surveillance-in-serbia/>

<https://vreme.com/en/vesti/birn-uvoz-srbije-opreme-za-masovni-nadzor-mobilnih-komunikacija/>

<https://europeanwesternbalkans.com/2022/01/28/surveillance-technology-on-the-rise-in-serbia-a-threat-to-human-rights/>

<https://informeurope.com/2023/02/22/surveillance-concerns-rise-in-serbia/>

<https://aboutintel.eu/mass-surveillance-serbia/>

<https://www.forbes.com/councils/forbestechcouncil/2020/12/04/how-ai-is-making-an-impact-on-the-surveillance-world/>

<https://www.brookings.edu/articles/how-ai-can-enable-public-surveillance/>

<https://www.npr.org/2023/06/13/1181868277/how-ai-is-revolutionizing-how-governments-conduct-surveillance>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X22002780>

Alternativni projekti sličnog karaktera:

<https://www.openalpr.com/>

<https://github.com/openalpr/openalpr>

<https://en.wikipedia.org/wiki/OpenALPR>

<https://www.rekor.ai/>

<https://guides.platerecognizer.com/docs/snapshot/api-reference/>

<https://github.com/search?q=ALPR&type=repositories>