

# Prepoznavanje novčanica Republike Srbije

---

## Definicija problema

Numizmatika predstavlja oblast koja se bavi proučavanjem novca. Tokom više od dva veka mnoge države su izdavale svoje novčanice u velikom broju različitih serija, pri čemu je svaka država štampala novčanice na svom zvaničnom jeziku. Usled ogromnog broja postojećih i ranije korišćenih novčanica, kao i jezičke raznolikosti, ručno prepoznavanje i kategorizacija postaje sve zahtevniji i sporiji proces. Pored toga, prepoznavanje autentičnosti novčanica zahteva dodatna specifična znanja i iskustvo.

Cilj ovog projekta je kreiranje modela mašinskog učenja koji će, na osnovu slike novčanice (prednje ili zadnje strane), moći da detektuje gde se novčanica nalazi na slici i da identifikuje o kojoj je konkretnoj novčanici reč.

## Motivacija

Automatsko prepoznavanje novčanica predstavlja značajan doprinos razvoju alata koji bi pomogli numizmatičarima i kolekcionarima širom sveta, olakšavajući klasifikaciju i proučavanje novca. Takođe, ovakav sistem bi mogao da se koristi kao osnova za razvoj softvera za proveru autentičnosti, čime bi se smanjila mogućnost zloupotrebe i cirkulacije nevalidnih ili falsifikovanih novčanica. Na taj način projekat ima praktičnu primenu i u akademskim, i u komercijalnim, kao i u bezbednosnim kontekstima.

## Skup podataka

Za potrebe obuke modela biće kreiran sopstveni skup podataka koji će sadržati najmanje 180 različitih slika novčanica. Skup će obuhvatati fotografije prednje i zadnje strane novčanica različitih apoeni iz trenutne serije dinara. Slike će biti prikupljene ručno fotografisanjem pod različitim uglovima i pri različitim uslovima osvetljenja kako bi se obezbedila raznovrsnost podataka.

Skup podataka biće podeljen na:

- trening skup (70%)
- validacioni skup (15%)
- test skup (15%)

Na ovaj način omogućava se dovoljno primera za učenje modela, kontrola nad procesom treniranja i objektivna procena performansi na potpuno neviđenim podacima.

## Način pretprocesiranja podataka

Svi podaci unutar kreiranog skupa podataka će biti pripremljeni tako da obezbede što kvalitetnije učenje modela na sledeći način:

- **Normalizacija slika** (skaliranje na standardnu rezoluciju 512×512 piksela)
- **Augmentacija** (rotacije, promena osvetljenja, zamućenje) radi poboljšanja generalizacije
- **Ekstrakcija regiona od interesa** u cilju izdvajanja same novčanice iz pozadine

## Metodologija

U radu će se primeniti kombinacija metoda detekcije i klasifikacije. Prvi korak biće **ručno anotiranje bounding box-ova** oko novčanica u skupu podataka, čime se obezbeđuju koordinate regiona od interesa. Nakon toga, za automatsku detekciju novčanica na slici koristiće se **YOLO (You Only Look Once)** model, koji je optimizovan za brzu i preciznu detekciju objekata.

Na isečenim regionima (detektovanim novčanicama) primenjivaće se **konvolutivna neuronska mreža (CNN)**, obučena za klasifikaciju različitih apoeni i serija. Na ovaj način proces se deli na dva zadatka:

1. **Detekcija** – određivanje gde se novčanica nalazi na slici (YOLO)
2. **Klasifikacija** – određivanje konkretne novčanice (CNN)

Ovakav pristup omogućava veću tačnost i robusnost sistema, jer se detekcija i klasifikacija optimizuju odvojeno, ali rade zajedno u okviru celog procesa.

## Način evaluacije

Evaluacija sistema obavljaće se kroz dva nivoa. Prvo, detekcija novčanica YOLO modelom biće ocenjena standardnim metrikama kao što su **preciznost (Precision)**, **osetljivost (Recall)** i **srednja prosečna preciznost (mAP)**. Zatim, za klasifikaciju novčanica CNN modelom koristiće se **tačnost (Accuracy)**, kao i **F1-score** i matrica konfuzije radi detaljnijeg uvida u greške po klasama. Konačno, biće meren i **end-to-end uspeh sistema**, odnosno procenat slika kod kojih je model ispravno detektovao i klasifikovao novčanicu.

## Tehnologije

U implementaciji projekta će se koristiti Python i sledeće biblioteke:

- **Ultralytics** – obezbeđuje primenu YOLO modela za detekciju novčanice
- **PyTorch** – klasifikacija novčanica pomoću CNN
- **PIL** – biblioteka za osnovno pretprocesiranje slika
- **LabelImg** – alat za ručno označavanje novčanica na slici

## Relevantna literatura

- BankNote-Net: Open dataset for assistive universal currency recognition - <https://github.com/microsoft/banknote-net>
- Identification of Mixed Foreign Banknotes Using YOLOv8 Object Detection - <https://www.jicce.org/journal/view.html?uid=1307&vmd=Full>