

## Sustav za prepoznavanje registarskih pločica vozila zasnovan na web servisu

### *Web Service-Based System for Vehicle License Plate Recognition*

<sup>1</sup>Krunoslav Husak, <sup>2</sup>Zoran Vrhovski, <sup>3</sup>Ivan Grbaš  
<sup>2</sup>student Veleučilišta u Bjelovaru  
<sup>1,2,3</sup>Veleučilište u Bjelovaru, Trg Eugena Kvaternika 4, 43 000 Bjelovar  
e-mail: <sup>1</sup>khusak@vub.hr, <sup>2</sup>zvrhovski@vub.hr, <sup>3</sup>igrbas@vub.hr

**Sažetak:** Rad prikazuje izradu web servisa za identifikaciju i prepoznavanje sadržaja registarskih pločica vozila. Web servis prihvaća sliku dohvaćenu s kamere, a kao odgovor vraća sadržaj registarske pločice u JSON formatu. Web servis koristi softver otvorenoga koda: TensorFlow za pronalazak registarske pločice na slici, OpenCV za obradu slike te Tesseract za optičko prepoznavanje znakova. Budući da se procesorski zahtjevan posao analize slike izvršava na računalu na kojem je pokrenut web servis, prepoznavanje registarskih pločica provodi se Raspberry Pi računalom koje na temelju odgovora web servisa može upravljati drugim procesima.

**Ključne riječi:** web servis, TensorFlow, OpenCV, Tesseract, registarske pločice, Raspberry Pi

**Abstract:** This paper presents the development of a web service for the identification and recognition of vehicle license plate contents. The web service receives the image captured by the camera and, in response, returns the contents of the license plate in the JSON format. The web service uses an open source software: TensorFlow for identifying the license plate in the image, OpenCV for image processing and Tesseract for optical character recognition. As the processor-intensive image analysis is performed by the computer running the web service, license plate recognition is performed by a Raspberry Pi computer that can manage other processes based on the web service's response.

**Key words:** web service, TensorFlow, OpenCV, Tesseract, license plate, Raspberry Pi

### 1. Uvod

U modernom svijetu broj vozila se svakodnevno povećava što predstavlja sve veći izazov u upravljanju prijevozom, kontroli prometa i upravljanju parkirnim mjestima u velikim gradovima. Prepoznavanje znakova na registarskim pločicama vozila značajno može unaprijediti logistiku prometnih vozila. Danas se automatsko prepoznavanje registarskih pločica (APRP) koristi u puno praktičnih aplikacija kao što su automatska naplata cestarina, praćenje poštivanja prometnih regulativa, nadzor pristupa parkiralištima i nadzor cestovnoga prometa (Yoo i Jun, 2020.), (Chen i suradnici, 2021.), (Hasan, Islam i Alsaawy, 2019.).

Sustavi prepoznavanja registarskih pločica najčešće sadrže tri glavna procesa: detekcija registarske pločice, segmentacija registarske pločice i prepoznavanje znakova na registarskoj pločici (Peker, 2019.). Implementacija APRP sustava predstavlja izazov koji u kompromis postavlja dva zahtjeva: točnost prepoznavanja znakova na registarskim pločicama i potrebe prepoznavanja u realnom vremenu. Autori u radu (Islam i suradnici, 2020.) opisuju metode APPR zasnovane na strojnom učenju koje u ravnotežu postavljaju navedena dva zahtjeva. Najvažniji proces u APRP je detekcija

registarskih pločica koja se zasniva na algoritmima računalnoga vida. Posljednjih godina se u svrhu provođenja algoritama za obradu slike koriste platforme za strojno učenje kao što su TensorFlow. U svrhu detekcije registarskih pločice platformu TensorFlow koriste autori u radovima (Peker, 2019.) i (Taufiq i suradnici, 2018.). Za prepoznavanje znakova na registarskim pločicama najčešće se koristi metoda optičkoga prepoznavanja znakova (Islam i suradnici, 2020.). Autori u radu (Romić, Galić i Baumgartner, 2012.) prepoznavanje znakova temelje na područnoj koncentraciji piksela.

U ovom radu opisan je sustav za prepoznavanje registarskih pločica vozila zasnovan na web servisu. Osnovna svrha ovoga sustava jest integracija u budući sustav za nadzor autoriziranoga pristupa parkiralištima. Razvoj ovoga sustava usmjeren je na unapređenje postojećih sustava autoriziranoga pristupa parkiralištima koji se često zasnivaju na unosu lozinke, slanju SMS poruke ili pozivu. Sustav za prepoznavanje registarskih pločica vozila zasnovan na web servisu sadrži kameru, računalo Raspberry Pi 4 i web server. Kamera je povezana s računalom Raspberry Pi 4, a koristi se za dohvaćanje slike automobila na mjestu nadziranoga pristupa. Dohvaćena slika šalje se web servisu koji obrađuje sliku i vraća sadržaj registarske pločice u JSON formatu. Web servis za detekciju i lokalizaciju registarske pločice koristi platformu TensorFlow, za obradu slike i segmentaciju znakova registarske pločice biblioteku OpenCV, a za optičko prepoznavanje znakova softver Tesseract.

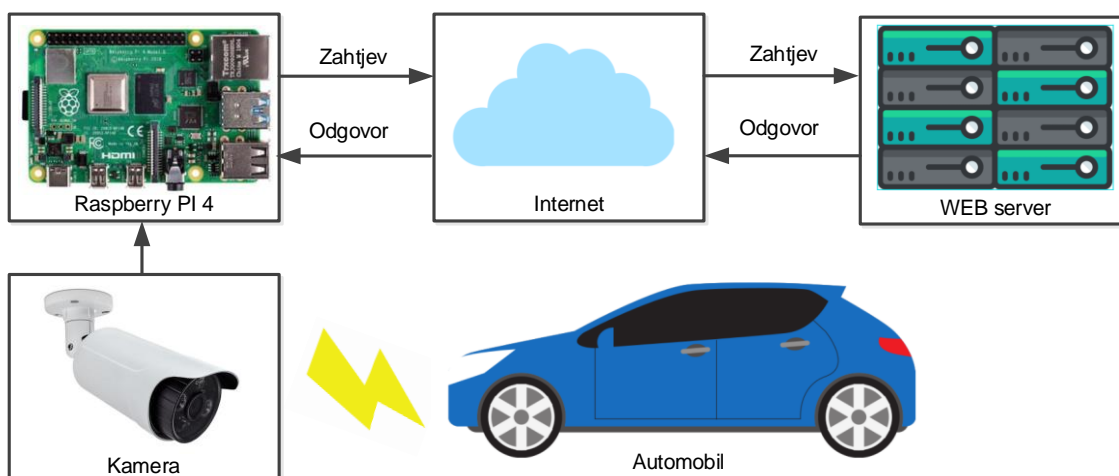
Rad je strukturiran na sljedeći način. U poglavlju 2 opisan je sustav za prepoznavanje registarskih pločica vozila zasnovan na web servisu. Opisana je arhitektura sustava te korišteno okruženje za rad sustava. Postupci detekcije registarskih pločica, segmentacije i prepoznavanja znakova na registarskim pločicama opisani su u poglavlju 3. Poglavlje 4 prikazuje eksperimentalne rezultate prepoznavanja znakova na registarskim pločicama. Kratki zaključak dan je u poglavlju 5.

## 2. Opis sustava

### 2.1. Opis arhitekture sustava

U svrhu testiranja web servisa za prepoznavanje registarskih pločica vozila razvijen je sustav prikazan blok-shemom na slici 1.

**Slika 1.** Blok-shema sustava za prepoznavanje registarskih pločica zasnovan na web servisu



Izvor: autor

Središnji dio sustava je web server koji klijentskim i aplikacijskim programskim sučeljima omogućava pristup web servisu. Web servis zadužen je za prihvatanje slike vozila, a kao odgovor vraća sadržaj registarske pločice u JSON formatu. Prikazan sustav u ovom radu sadrži Raspberry Pi 4

računalo na koje je spojena web kamera, no moguće je koristiti i bilo koji drugi izvor slike poput Raspberry Pi kamere ili IP kamere.

Proces obrade slike procesorski je vrlo zahtjevan, a u većini slučajeva obrada slike mora biti obavljena u realnom vremenu. Raspberry Pi 4 ne može odgovoriti na navedene zahtjeve s obzirom na procesorsku moć. Upravo je to razlog izgradnje sustava koji je zasnovan na web servisu jer se zahtjevan posao obrade slike prebacuje na poslužitelj koji će tu obradu obaviti u znatno kraćem vremenu.

Web servis se pokreće na poslužitelju koji je dostupan preko interneta, no s obzirom na izrađeno Docker okruženje za pokretanje sustava, on se vrlo lako može pokretati na računalu i u lokalnoj mreži.

## 2.2. Okruženje za pokretanje sustava

Prilikom dizajniranja sustava za prepoznavanje registarskih pločica vodilo se računa o skalabilnosti samoga sustava. Kada web servis mora odgovoriti na velik broj zahtjeva, jedan poslužitelj nije dovoljan kako bi se osigurala obrada svih zahtjeva u realnom vremenu. Postavljanje dodatnih poslužitelja sa softverskom podrškom nije jednostavan posao te je zbog toga sustav osmišljen kao Docker slika (engl. *Docker image*) koja sadržava sve potrebne elemente za pokretanje web servisa, a to su:

- Anaconda u verziji 2021.05,
- Python u verziji 3.7,
- OpenCV u verziji 4.5.1.48,
- TensorFlow u verziji 2.4.1,
- Tesseract u verziji 4.0.0 i
- Flask u verziji 1.1.4.

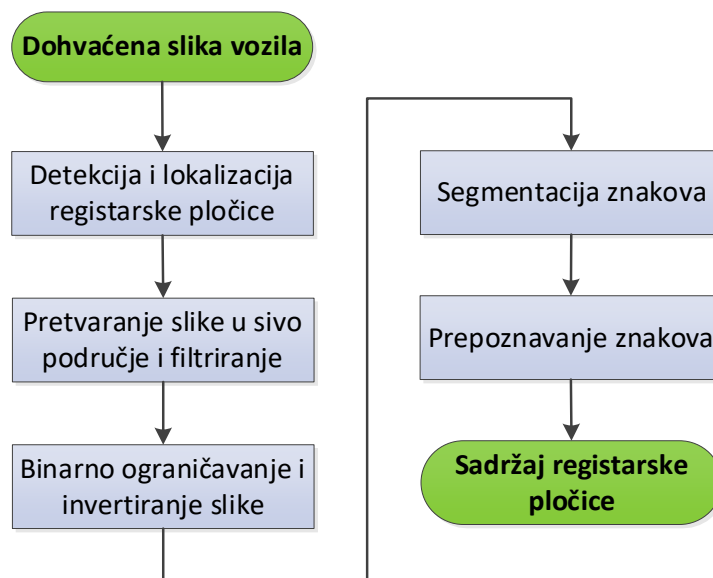
Anaconda je distribucija programskog jezika Python i upravitelj paketa koji sadrži zbirku paketa uglavnom namijenjenih u znanstvene svrhe. Distribucija Anaconda omogućava jednostavnu integraciju ostalih softverskih paketa koji se koriste u ovom sustavu. Programski kod korišten u ovom radu napisan je u programskom jeziku Python, a za obradu slike koristi se biblioteka OpenCV i platforma TensorFlow. Softver Tesseract koristi se za optičko prepoznavanje znakova. Za pokretanje web servisa koristi se Flask programski okvir.

Ovako izrađena Docker slika omogućava vrlo jednostavno postavljanje novih poslužitelja i pokretanje dodatnih web servisa što osigurava skalabilnost sustava za prepoznavanje registarskih pločica.

## 3. Postupak prepoznavanja registarskih pločica

Postupak prepoznavanja sadržaja registarskih pločica prikazan je slikom 2. Nakon što web servis dohvati sliku vozila, pokreće se proces detekcije i lokalizacije registarske pločice na vozilu pomoću platforme TensorFlow. Detektirana i lokalizirana slika zatim se pretvara u sivo područje te se provodi postupak filtriranja slike. Sljedeći korak u obradi slike registarske pločice jest binarno ograničavanje slike (pretvaranje u crno-bijelu sliku) te invertiranje slike. Crno-bijela slika registarske pločice vozila prolazi kroz proces segmentacije znakova. Navedeni koraci u obradi slike provode se pomoću biblioteke OpenCV. Nakon segmentacije slike, provodi se proces prepoznavanja znakova registarske pločice pomoću sustava Tesseract. Sadržaj registarske pločice web servis vraća klijentu, odnosno Raspberry Pi računalu u JSON formatu.

**Slika 2.** Dijagram toka prepoznavanja registarskih pločica vozila pomoću web servisa



Izvor: autor

### 3.1. Detekcija i lokalizacija registarske pločice

Prvi korak u postupku obrade slike vozila jest detekcija i lokalizacija registarske pločice na slici vozila. Za potrebe detekcije i lokalizacije registarskih pločica koristi se YOLOv4 algoritam prilagođen za platformu *TensorFlow*.

YOLOv4 algoritam (Bochkovski, Wang i Liao, 2020.) omogućava efikasno prepoznavanje objekata raznih vrsta na promatranoj slici. Za potrebe sustava opisanoga u radu, YOLOv4 algoritam je potrebno naučiti prepoznati registarske pločice što je moguće na jedan od dva načina: preuzeti javno dostupne modele koji su već naučeni za prepoznavanje registarskih pločica ili izgraditi vlastiti model na postojećem skupu podataka.

Postojeći skup podataka za ovu namjenu podrazumijeva veliku količinu slika s označenim dijelovima na kojima se nalazi registarska pločica vozila. U ovom radu korišten je *Google* servis *Open Images Dataset* koji sadrži kategoriju sa slikama automobila te označenim dijelovima koji su registarske pločice. Koristeći navedeni servis, preuzet je veliki broj javno dostupnih slika i izgrađen je model koji prepoznaje registarske pločice na slici.

Izgrađeni YOLOv4 modeli pretvoreni su u *TensorFlow* modele koji platformi *TensorFlow* omogućuju detekciju registarskih pločica na slici. *TensorFlow* detektira i lokalizira sve registarske pločice na slici (ako ih ima više), no u predloženom sustavu postavljeno je ograničenje detekcije i lokalizacije na jednu registarsku pločicu na slici.

### 3.2. Prepoznavanje sadržaja registarske pločice

Rezultat detekcije i lokalizacije iz prethodnoga koraka je slika na kojoj se nalazi registarska pločica. Kako bi se prepoznao sadržaj dijela slike na kojoj se nalazi registarska pločica, dio slike će proći nekoliko transformacija koristeći *OpenCV* biblioteku za računalni vid.

Prva transformacija slike je pretvaranje slike u sivo područje (Vrhovski i Herčeki, 2011.). Siva slika se zatim filtrira kako bi se eliminiralo šum na slici. Na filtriranu sliku primjenjuje se postupak binarnoga ograničavanja slike koristeći Otsu metodu (Peng i suradnici, 2020.) uz invertiranje slike.

Segmentacija znakova najvažniji je dio u postupku prepoznavanja znakova registarskih pločica. Rezultat segmentacije jest slika koja sadrži znakove registarske pločice bez dodatnih elemenata koji

nisu registarska oznaka. Bibliotekom OpenCV pronalazi se kontura na slici. Svaku pronađenu konturu potrebno je provjeriti radi li se o znaku koji je dio sadržaja registarske pločice. Provjerom omjera širine i visine pronađene konture i omjera visine konture i visine registarske pločice može se s visokom vjerojatnošću segmentirati svaki znak registarske pločice. Pronađeni znakovi na registarskoj pločici redom se slažu u novu sliku koja će biti ulazna slika za softver Tesseract koji služi za optičko prepoznavanje znakova (Sporici, Cušnjir i Boiangiu, 2020.).

Navedene korake obrade slike pomoću biblioteke OpenCV potrebno je provesti kako bi Tesseract dao točan sadržaj registarske pločice. Rezultat prepoznavanja sadržaja registarske pločice softver Tesseract vraća u JSON formatu. U konačnici, web servis će sadržaj registarske pločice vratiti klijentskoj strani, odnosno Raspberry PI 4 računalu.

#### 4. Eksperimentalni rezultati

Testiranje sustava za prepoznavanje registarskih pločica vozila zasnovanoga na web servisu izvedeno je pomoću web kamere Logitech C920 koja je povezana s Raspberry Pi 4 računalom. Web servis je pokrenut lokalno na stolnom računalu s procesorom Intel i3-10100 te 16 GB RAM memorije. Kroz eksperimente su prikazana dva primjera prepoznavanja registarskih pločica za različita vozila. Raspberry PI računalu na web servis prosljeđuje sliku vozila koja je prikazana na slici 3. Ulazna slika prvo prolazi kroz proces detekcije registarske pločice pomoću platforme TensorFlow.

**Slika 3.** Dohvaćena slika vozila s web kamere koja se prosljeđuje web servisu



*Izvor: autor*

Nakon što TensorFlow detektira i lokalizira registarsku pločicu, stvara se nova slika koja je prikazana na slici 4. Lokalizirana slika registarske pločice pretvara se u sivo područje, a zatim se filtrira (slika 5).

Sljedeći korak u obradi slike je binarno ograničavanje te invertiranje. Invertiranje će poboljšati pronalazak kontura. Rezultat binarnoga ograničavanja i invertiranja prikazan je na slici 6.

**Slika 4.** Detektirana i lokalizirana registarska pločica na slici vozila



*Izvor: autor*

**Slika 5.** Slika registarske pločice nakon pretvaranja u sivo područje i filtriranja slike



Izvor: autor

**Slika 6.** Slika registarske pločice nakon binarnoga ograničavanja i invertiranja slike



Izvor: autor

Transformirana slika registarske pločice prikazana slikom 6 pogodna je za pronalazak kontura pomoću biblioteke OpenCV. Sve pronađene konture na slici ne pripadaju znakovima registarske pločice. Državni grb, reklamna slova na ukrasnoj letvici i slično nisu znakovi registarske pločice te se oni neće segmentirati u novu sliku koja sadrži samo znakove registarske pločice. Odnosi dimenzija svake pronađene konture uspoređuju se s veličinom registarske pločice i ako ti odnosi odgovaraju odnosima pojedinoga znaka registarske pločice, kontura se redom segmentira i dodaje u novu sliku koja se prosljeđuje softveru Tesseract na prepoznavanje znakova. Slika dobivena segmentacijom prikazana je na slici 7.

**Slika 7.** Rezultat segmentacije znakova koji se prosljeđuje softver Tesseract

DA7712KH

Izvor: autor

Slika niza segmentiranih znakova prilagođena je softveru za prepoznavanje znakova Tesseract. Nakon što Tesseract vrati sadržaj registarske pločice, isti će se web servisom vratiti klijentskoj strani u JSON formatu. Osim sadržaja registarske pločice, web servis vraća i trajanje detekcije i lokalizacije registarske pločice u sekundama (TensorFlow – tf) te trajanje prepoznavanja znakova u sekundama (Tesseract – ocr). Primjer prepoznavanja sadržaja registarske pločice vozila sa slike 3 u JSON formatu jest: {"tf": 0.326, "ocr": 0.224, "result": "DA7712KH"}. Cijeli postupak prepoznavanja sadržaja registarske pločice trajao je 550 ms.

Drugi primjer ulazne slike za prepoznavanje registarskih pločice prikazan je na slici 8. Registarska pločica na ovoj slici ima područje sjene.

**Slika 8.** Primjer ulazne slike za prepoznavanje registarskih pločice s drugačijim osvjetljenjem



*Izvor: autor*

Rezultat segmentacije niza znakova registarske pločice vozila sa slike 8 prikazan je na slici 9. Web servis će za vozilo sa slike 8 vratiti sljedeći odgovor u JSON formatu: {"tf": 0.298, "ocr": 0.243, "result": "ZG5257AG"}. Cijeli postupak prepoznavanja sadržaja registarske pločice trajao je 541 ms.

**Slika 9.** Rezultat segmentacije dodatnoga primjera ulazne slike

**ZG5257AG**

*Izvor: autor*

U oba prikazana primjera postupak prepoznavanja sadržaja registarske pločice bio je ispravan. Prosječno vrijeme utrošeno na prepoznavanje sadržaja registarskih pločica iznosi najviše 600 ms. Iako web servis u velikom broju slučajeva ispravno detektira sadržaj registarske pločice, ponekad zbog osvjetljenja ili kuta pod kojim kamera snima vozilo dolazi do pogrešnoga prepoznavanja sličnih znakova. Na primjer, za vozilo na slici 8 je pri drugačijim uvjetima osvjetljenja slovo G bilo prepoznato kao brojka 6. Dodatnom konfiguracijom softvera Tesseract i prilagodbom fonta slova na registarskoj pločici ovi problemi mogu se izbjeći.

## 5. Zaključak

U ovom radu opisan je sustav za prepoznavanje registarskih pločica vozila zasnovan na web servisu. Postupci detekcije i lokalizacije registarskih pločica, segmentacija znakova i prepoznavanje znakova registarske pločice provode se pomoću web servisa koji se nalazi na poslužitelju. Korištenje Docker okruženja omogućuje jednostavno instaliranje i pokretanje web servisa na više poslužitelja što omogućuje skalabilnost sustava. Budući da je sustav izrađen kao web servis, može se koristiti u aplikacijama i sustavima koji imaju potrebu za prepoznavanjem registarskih pločica. U svrhu detekcije i lokalizacije registarskih pločica korištena je platforma TensorFlow. Obrada slika provedena je pomoću biblioteke računalnoga vida OpenCv. Prepoznavanje znakova na registarskoj pločici provodi se softverom Tesseract. Eksperimentalnim rezultatima validiran je sustav za prepoznavanje registarskih pločica na primjeru dvije slike vozila. U oba slučaja postupak prepoznavanja sadržaja registarske pločice bio je ispravan.

Budući rad na ovom sustavu uključivao bi poboljšanja pri korištenju softvera Tesseract kako bi se povećala robusnost sustava s obzirom na kvalitetu osvjetljenja i kuta snimanja vozila.

## Literatura

1. Yoo, H.; Jun, K. (2020). "Deep Homography for License Plate Detection," *Information*, 11(4), 221.
2. Chen, S. L.; Liu, Q.; Ma, J. W.; Yang, C. (2021). "Scale-Invariant Multidirectional License Plate Detection with the Network Combining Indirect and Direct Branches," *Sensors*, 21(4), 1074.
3. Hasan, M. O.; Islam, M. M.; Alsaawy, Y. (2019). "Smart Parking Model based on Internet of Things (IoT) and TensorFlow," *2019 7th International Conference on Smart Computing & Communications (ICSCC)*, 1-5.
4. Peker, M. (2019). "Comparison of Tensorflow Object Detection Networks for Licence Plate Localization," *2019 1st Global Power, Energy and Communication Conference (GPECOM)*, 101-105.
5. Islam, K. T.; Raj, R. G.; Shamsul Islam, S. M.; Wijewickrema, S.; Hossain, M. S.; Razmovski, T.; O'Leary, S. (2020). "A Vision-Based Machine Learning Method for Barrier Access Control Using Vehicle License Plate Authentication," *Sensors*, 20(12), 3578.
6. Taufiq, I.; Purnomosidi, B.; Agung Nugroho, M.; Dahlan, A. (2018). "Real-time Vehicle License Plate Detection by Using Convolutional Neural Network Algorithm with Tensorflow," *2018 2nd Borneo International Conference on Applied Mathematics and Engineering (BICAME)*, 275-279.
7. Romić, K.; Galić, I.; Baumgartner, A. (2012). „Prepoznavanje znakova temeljeno na područnoj koncentraciji piksela u svrhu identifikacije registarskih oznaka“, *Tehnički vjesnik*, 19(2), 321-325.
8. Vrhovski, Z.; Herčeki, R. (2011). „Lokalizacija ravne linije u slikovnoj sekvenci“, *Tehnički glasnik*, vol 5(2), 5-10.
9. Peng, C. C.; Tsai, C. J.; Chang, T. Y.; Yeh, J. Y. ; Dai, H.; Tsai, M. H. (2020). "A Fast and Noise Tolerable Binarization Method for Automatic License Plate Recognition in the Open Environment in Taiwan," *Symmetry*, 12(8), 1374.
10. Bochkovskiy, A.; Wang, C. Y.; Liao, H. J. (2020). „YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection“, *arXiv preprint*, 2020. Dostupno na: <https://arxiv.org/abs/2004.10934>
11. Sporici, D.; Cuşnir, E.; Boiangiu, C. A. (2020). "Improving the Accuracy of Tesseract 4.0 OCR Engine Using Convolution-Based Preprocessing," *Symmetry*, 12(5), 715.