**UVOD**

Sistemi za asistenciju pri vožnji motornih vozila (engl. *ADAS – Advanced Driver-Assistance Systems*) predstavljaju raznovrsne sisteme ugrađene u vozilo, dizajnirane da povećaju bezbednost saobraćaja time što će povećati vozačevu svest o stanju na putu. Primeri ovakvih sistema su: parking senzori, automatsko parkiranje, automatsko upravljanje vozilom, asistencija pri prestrojavanju, sistem za automatsko kočenje/izbegavanje sudara, sistem za navigaciju itd. U važnije delove *ADAS* sistema spada automatsko prepoznavanje saobraćajnih znakova [1], što predstavlja fokus ovog rada.

Prilikom vožnje može doći do opasnih situacija ukoliko vozač, na primer, ne primeti saobraćajni znak, ne poznaje znak, ili (slučajno ili namerno) ne poštuje znak. Korist sistema za prepoznavanje saobraćajnih znakova ogleda se u vizuelnom i tonskom obaveštavanju vozača kako bi se ovakve situacije svele na minimum. Luksuzni automobili se prilikom rešavanja ovog problema oslanjaju na prednje kamere u vozilu, dok su moguća i druga rešenja kao što je korišćenje kamere mobilnog telefona prikačenog na prednje staklo vozila. Osnovni zadatak sistema za prepoznavanje saobraćajnih znakova je da analizira frejmove dobijene od kamere u cilju:

* **detekcije** saobraćajnog znaka, odnosno, procene da li se na frejmu nalaze saobraćajni znakovi i gde se oni tačno nalaze;
* **klasifikacije** (prepoznavanja) detektovanog saobraćajnog znaka, odnosno, njegovo razvrstavanje u jednu od unapred definisanih kategorija.

U ovom radu predložene su implementacije faze detekcije i faze prepoznavanja saobraćajnih znakova upotrebom složenih arhitektura konvolucionih neuronskih mreža (engl. *CNN – Convolutional Neural Networks*) [2]. Razlog za odabir te metode je što u *computer vision* polju iz godine u godinu obnavlja svoj *state-of-the-art* status, što pokazuju rezultati takmičenja kao što je *ImageNet* [3].

Za fazu detekciju korišćen je *Faster R-CNN* metod [4] sa konvolucionom mrežom *AlexNet* arhitekture [5]. Model je treniran i evaluiran nad belgijskim skupom podataka saobraćajnih znakova (engl. *BTSD – Belgium Traffic Sign Dataset*) [6], koji je već podeljen na trening i test skup od strane njegovih autora. Evaluiran model postiže 0.6756 *mAP* (engl. *mean Average Precision*) nad test skupom. Poređenja radi, najbolji zvanični rezultat na *Pascal VOC* [7] skupu podataka iznosi 0.811 *mAP* uz korišćenje *Faster R-CNN* modela, ali sa naprednijom *ResNet* [8] arhitekturom konvolucione mreže. U rešenju predloženom u ovom radu, zbog hardverskih ograničenja, nije korišćena *ResNet* arhitektura za model za detekciju.

Za fazu prepoznavanja korišćena je konvoluciona mreža *state-of-the-art* *ResNet* arhitekture. Model je treniran i evaluiran nad nemačkim skupom podataka saobraćajnih znakova za prepoznavanje (engl. *GTSRB – German Traffic Sign Recognition Benchmark*) [9], koji takođe dolazi podeljen na trening i test skup. Preciznost modela nad test skupom je 96.192%. Iako zbog hardverskih ograničenja hiperparametri modela nisu određeni intenzivnom pretragom, ovaj rezultat je dosta dobar u poređenju sa najboljim rezultatom na *GTSRB* takmičenju (99.71%).

Modeli su trenirani i evaluirani upotrebom *Microsoft Cognitive Toolkit* (*CNTK*) [10] alata za treniranje dubokih neuronskih mreža.

U narednom poglavlju dat je pregled nekih od najvažnijih prethodnih rešenja problema detekcije i prepoznavanja saobraćajnih znakova, kao i njihovo poređenje sa rešenjima predloženim u ovom radu. Treće poglavlje uvodi teorijske pojmove potrebne za razumevanje detalja i implementacije predloženog rešenja. Detalji rešenja i skupovi podataka opisani su u četvrtom poglavlju. Potom sledi poglavlje o načinu verifikacije rešenja i diskusija o rezultatima, i na kraju poglavlje zaključka koje predstavlja sumarizaciju celog rada.