Tehničko Veleučilište

U Zagrebu

Ivan Bagarić

**Detekcija Prometnih znakova uz pomoć umjetne inteligencije**

Seminarski rad

Zagreb, 2023.

# Sadržaj

[Sadržaj 0](#_Toc128701630)

[Popis Fotografija 1](#_Toc128701631)

[Svrha rada 2](#_Toc128701632)

[Uvod 3](#_Toc128701633)

[GTSRB 4](#_Toc128701634)

[Konvolucijske neuronske mreže 5](#_Toc128701635)

[1. Zašto Konvolucijske neuronske mreže ili CNN 5](#_Toc128701636)

[2. Što su Konovolucijske Neuronske mreže 5](#_Toc128701637)

[Priprema podataka i modela 6](#_Toc128701638)

[Conv2D 8](#_Toc128701639)

[Relu 9](#_Toc128701640)

[Rezultati 11](#_Toc128701641)

[Zaključak 13](#_Toc128701642)

[Reference 14](#_Toc128701643)

# Popis Fotografija

Slika 1 Prometni znakovi 3

Slika 2 Konvolucijske Neruonske mreže 5

Slika 3 Priprema podataka 6

Slika 4 Djeljenje dataseta na trening i test podatke 6

Slika 5 Model 7

Slika 6 Graficki prikaz ReLU funkcije 8

Slika 7 Compile i fit 9

Slika 8 Confussion matrix 10

Slika 9 Graf točnosti i gubitka 11

# Svrha rada

Svrha ovog rada je istražiti primjenu umjetne inteligencije u detekciji prometnih znakova na cestama. Detekcija prometnih znakova važan je element u razvoju autonomnih vozila i poboljšanju sigurnosti na cestama. U ovom radu ćemo proučiti različite tehnike korištene u konvolucijskim neuronskim mrežama za prepoznavanje prometnih znakova. Analizirat ćemo prednosti i nedostatke ovog pristupa te razmotriti mogućnosti za daljnja istraživanja u ovom području.

# Uvod

Detekcija prometnih znakova je tehnologija koja omogućuje računalima da prepoznaju i interpretiraju prometne znakove postavljene na cestama. Ova tehnologija ima veliki značaj za moderni prometni sustav jer omogućuje automatizirano prepoznavanje prometnih znakova i na temelju toga donošenje odluka o prometu i sigurnosti u prometu.

Primjena detekcije prometnih znakova je široka i obuhvaća područja kao što su autonomna vožnja, sustavi za praćenje vozila, parkirni sustavi, kao i sustavi za upravljanje prometom. U primjeni autonomne vožnje, detekcija prometnih znakova omogućuje vozilu da prepozna prometne znakove i na temelju toga prilagodi brzinu i ponašanje u skladu s propisima, čime se poboljšava sigurnost na cestama.

Sustavi praćenja vozila koriste detekciju prometnih znakova kako bi pratili promjene brzine i ograničenja brzine, što doprinosi sigurnosti vozača i drugih sudionika u prometu. Parkirni sustavi koriste detekciju prometnih znakova kako bi omogućili automatsko parkiranje vozila u skladu s propisima, dok sustavi za upravljanje prometom koriste detekciju prometnih znakova kako bi omogućili bolju organizaciju prometa na cestama.

Detekcija prometnih znakova ima veliku važnost za sigurnost na cestama, jer omogućuje računalima da automatski prepoznaju i interpretiraju prometne znakove, što doprinosi boljoj organizaciji prometa i smanjenju prometnih nesreća. U tom smislu detekcija prometnih znakova predstavlja ključnu tehnologiju za budućnost modernog prometa.

# GTSRB

German Traffic Sign Recognition Benchmark (GTSRB) je baza podataka koja se koristi za evaluaciju i uspoređivanje performansi različitih algoritama za detekciju i prepoznavanje prometnih znakova. Baza podataka sadrži više od 50.000 slika prometnih znakova različitih veličina, oblika i boja, a prikupljena je na njemačkim cestama.[1]

GTSRB se koristi kao standard za procjenu performansi algoritama za detekciju prometnih znakova, a korištenje ove baze podataka pomaže u uspoređivanju različitih metoda detekcije i prepoznavanju prometnih znakova. Testiranje algoritama na ovom benchmarku omogućuje usporedbu performansi algoritama na zajedničkom skupu podataka, čime se poboljšava transparentnost i usporedivost rezultata.

GTSRB je postao popularan izbor za evaluaciju performansi algoritama za detekciju i prepoznavanje prometnih znakova, jer sadrži širok raspon prometnih znakova i različitih uvjeta osvjetljenja i okoliša. Baza podataka dostupna je javnosti, a različiti timovi mogu testirati svoje algoritme i usporediti ih s drugima.

Korištenje GTSRB-a ima veliku važnost za razvoj i napredak detekcije prometnih znakova, jer omogućuje da se različiti timovi i istraživači uspoređuju na istoj razini, što pomaže u razvoju naprednijih i preciznijih algoritama za detekciju prometnih znakova.

Ovaj dataset posjeduje širok opus klasa različitih znakova, no mi smo se odlučili samo za neke od njih, zbog lakšeg predočenja rezultata. Prometni znakovi kao što su prikazani na *Slici 1.* redom su: Zabrana preticanja za teretna vozila, Raskrižje sa sporednom cestom pod pravim kutom, Prednost prolaska, Raskrižje s cestom koja ima prednost prolaska, Znak stop, Zabrana prometa u oba smjera.

Graphical user interface

Description automatically generated with medium confidence

Slika Prometni znakovi

# Konvolucijske neuronske mreže

## Zašto Konvolucijske neuronske mreže ili CNN

Konvolucijske neurnoske mreže ili CNN su vrlo učinkoviti u obradi slika, što je bitno kod detekcije prometnih znakova. Oni su posebno dizajnirani za izdvajanje značajki iz slike, što omogućuje da se prepoznaju složeni obrasci, teksture i oblici koji se mogu pojaviti na prometnim znakovima.

Ovaj model je sklabilan te se koristiti za detekciju znakova na velikoj količini slika. Kada su pravilno trenirani, CNN-ovi mogu prepoznati znakove s visokom preciznošću i brzinom. Konvolucijske mreže su prilagodljive i mogu se koristiti za različite vrste prometnih znakova, bez obzira na oblik, veličinu i boju.

## Što su Konovolucijske Neuronske mreže

Konvolucijske neuronske mreže (eng. Convolutional Neural Networks, skraćeno CNN) su vrsta neuronskih mreža koja se koristi za obradu i analizu slika, zvuka i drugih vrsta podataka koji imaju prostornu ili temporalnu strukturu. Konvolucijske neuronske mreže značajno su poboljšale performanse u područjima poput računalnog vida, prepoznavanja govora i obrade prirodnog jezika.[2]

Osnovna jedinica konvolucijske neuronske mreže je konvolucijski sloj (eng. Convolutional layer), koji se sastoji od filtara (eng. filter) koji se primjenjuje na ulazni podatak kako bi se izvukle značajke. Filtar je matrica koja se kreće preko ulaznog podatka, a njegovim primjenjivanjem dobivaju se nove vrijednosti koje predstavljaju značajke ulaznog podatka. Konvolucijski sloj se obično slijedi sa slojem aktivacije (eng. Activation layer), koji primjenjuje aktivacijsku funkciju kako bi se aktivacija neurona konvolucijskog sloja ograničila na određeni raspon vrijednosti.

Konvolucijske neuronske mreže obično se sastoje od više konvolucijskih slojeva i slojeva subuzorkovanja (eng. pooling layer) (*Slika 2.),* koji smanjuju dimenzionalnost izlaza konvolucijskih slojeva. Nakon više konvolucijskih i subuzorkovnih slojeva, slijede potpuno povezani slojevi (eng. fully connected layer), koji se koriste za klasifikaciju ili regresiju na temelju izvučenih značajki.

Konvolucijske neuronske mreže postale su popularne u području detekcije prometnih znakova, jer su u stanju učiti izravno iz slike, a ne samo iz ručno izvučenih značajki. Korištenjem konvolucijskih neuronskih mreža za detekciju prometnih znakova, mogu se automatski prepoznati i klasificirati prometni znakovi na temelju njihove vizualne slike. Također, korištenje konvolucijskih neuronskih mreža omogućuje veću preciznost u prepoznavanju prometnih znakova u različitim uvjetima osvjetljenja, pozicije i perspektive.

Uz razvoj konvolucijskih neuronskih mreža i baza podataka kao što je GTSRB, detekcija prometnih znakova postaje sve preciznija i učinkovitija, što doprinosi sigurnosti na cestama i razvoju autonomnih vozila.

Diagram

Description automatically generated

Slika Konvolucijske Neruonske mreže [2]

# Priprema podataka i modela

Radi bržeg rada samog modela bili smo primorani sve fotografije umanjiti na 30 pixela širine i 30 px visine, što su otprilike standardne dimenzije u ovakvim slučajevima. Treniranje većih dimenzija bi nam uzelo mnogo više vremena, također i na njima se nalazi dosta nepotrebnih informacije, točnije naši modeli sasvim solidno rade i sa manje pixela tako da si možemo priuštiti smanjenje dimenzija. Vidimo na *Slika 3.* Sami postupak primpreme fotografija za daljnju obradu. Fotografije smo spremili u pythonovu listu ‘data\_list’, dok istim redosljedom su poredane i njihove klase u listi labels\_list.

Text

Description automatically generated

Slika Priprema podataka

Trening podatke smo podjelili na 0.9 za treniranje i 0.1 za validaciju skupa samog modela što nam je u konačnici donijelo 8100 fotografija za treniranje i 900 podataka za validaciju. Na koncu smo informacije o klasi fotografije pretvorili u One\_hot tip podatka što nam vraća podatke u formatu liste s onolikim brojem stavki koliko ima klasa u datasetu. Samo jedna stavka može biti broj 1odnoso True i to ona pod kojim je rednim brojem data fotografija dok su sve ostale 0 ili False (npr. Znak STOP je peti znak po redu u dataset što znaci do njegov One\_hot oblik treba izgledati ovako [0,0,0,0,1,0]).

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Slika Djeljenje dataseta na trening i test podatke

Kao što smo već rekli i naveli zašto smo se odlučili za Konvolucijske neuronske mreže, na *Slici 5.* se nalazi model koji smo koristili u ovom projektu. Osim nekoliko Conv2D slojeva koje ćemo objasniti u idućem poglavlju, koristili smo i MaxPool2D [3]slojeve, radi se o postupku koji smanjuje broj parametara u mreži. Postupak radi tako da podijeli ulaznu matricu značajki u manje podmatrice (u našem slučaju 2x2 ), a zatim se svaka podmatrica reducira na jedan maksimalni element. Dropout je tehnika regularizacije koja se često koristi kako bi se spriječilo pretreniranje (overfitting) modela. Dropout slučajno isključuje neke neurone u mreži tijekom treninga, što prisiljava mrežu da uči značajke koje su korisne za različite kombinacije ulaznih podataka. I na kraju vidimo Dense sloj odsno potpuno povezani sloj s prethodnim neuronima. Primjećujemo da on ima aktivacijsku funkciju „Softmax“, nju koristimo na izlazu ako je u pitanju model koji uzima više od dvije klase.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Slika Model

## Conv2D

Conv2D je sloj konvolucijske neuronske mreže (CNN) koji izvodi konvoluciju matrice značajki (features map) s setom filtera kako bi se stvorile nove značajke u podatcima. Konvolucija je matematički postupak koji izvodi matrično množenje između filtera i dijela matrice značajki, te se taj postupak ponavlja za svaki element u matrici značajki. Konvolucijski sloj Conv2D koristi 2D filtere, odnosno matrice dimenzija (n x m), koje se pomiču po ulaznoj slici kako bi se izračunale nove značajke. Filteri su obično male dimenzije (u našem slučaju 5x5), što omogućuje da se modeli specijaliziraju za detekciju različitih značajki, poput bridova, linija, tekstura i sl.

Sloj Conv2D ima nekoliko važnih parametara koje je potrebno konfigurirati za optimalno izvršavanje konvolucije. Ovdje su neki od najvažnijih parametara Conv2D sloja:

* Broj filtera: To je broj filtera koji se koristi u konvoluciji. Svaki filter uči različite značajke iz slike.
* Veličina filtera: To je dimenzija filtera. Često se koristi veličina 3x3 ili 5x5, ali se može prilagoditi ovisno o složenosti zadatka.
* Korak (stride): To je korak pomicanja filtera po slici. To određuje koliko se filtera pomiče nakon svake operacije konvolucije.
* Aktivacijska funkcija: To je funkcija koja se primjenjuje na svaki rezultat konvolucije. Često se koristi ReLU aktivacijska funkcija.

Sloj Conv2D je bitan dio konvolucijske neuronske mreže jer omogućuje izdvajanje značajki iz slike putem konvolucije s različitim filterima. Time se stvaraju nove značajke koje se mogu koristiti u daljnjem postupku učenja mreže.

## Relu

ReLU (Rectified Linear Unit) je aktivacijska funkcija koja se često koristi u konvolucijskim neuronskim mrežama. Ova funkcija je vrlo jednostavna i brza za izračunavanje, te ima nekoliko prednosti u odnosu na druge aktivacijske funkcije poput sigmoida ili tanh. ReLU funkcija ima oblik f(x) = max(0, x), što znači da će ulazni podatak biti propušten kroz funkciju, a izlaz će biti nula za sve negativne vrijednosti ulaza, dok će pozitivne vrijednosti ulaza ostati nepromijenjene. Ova svojstva ReLU funkcije omogućuju efikasno uklanjanje šuma i nepotrebnih informacija iz slike.[4]

Koristi se u konvolucijskim neuronskim mrežama iz nekoliko razloga, uključujući:

Ubrzavanje procesa učenja: ReLU funkcija ima jednostavan i brz proračun, što olakšava postupak učenja mreže i smanjuje vrijeme potrebno za treniranje.

Rješavanje problema nestajućeg gradijenta: Problem nestajućeg gradijenta može se pojaviti kada se koriste druge aktivacijske funkcije, poput sigmoida ili tanh. ReLU funkcija pomaže u rješavanju ovog problema jer ima konstantan gradijent od 1 za sve pozitivne vrijednosti ulaza.

Poboljšanje sposobnosti generalizacije: ReLU funkcija pomaže u sprečavanju prenaučenosti (overfitting) modela jer se lakše prilagođava novim primjerima u podacima.

Poboljšanje performansi modela: ReLU funkcija se pokazala vrlo učinkovitom u poboljšanju performansi konvolucijskih neuronskih mreža na različitim zadacima prepoznavanja objekata.

Chart, line chart

Description automatically generated

Slika Graficki prikaz ReLU funkcije[4]

Text

Description automatically generated

Slika Compile i fit

Koristili smo standardni Adam optimizer s defaultnom vrijednosti od 0.001 što se pokazalo najboljom vijednosti kada su u pitanju fotografije. Veličina kernel okvira je 5x5. Categorical crossentropy se obično koristi u kombinaciji s aktivacijskom funkcijom Softmax u posljednjem sloju mreže kako bi se generirale vjerojatnosti različitih klasa. Funkcija gubitka računa razliku između stvarnih oznaka i predviđenih vjerojatnosti te vraća skalarnu vrijednost koju se modelu pokušava minimizirati tijekom treninga.

# Rezultati

Koristeći modele i dataset koji smo gore opisali, dobili smo rezultate koje smo predočili na *Slika 8*. i *Slika 9*. Radeći predikciju nad testnom skupinom podataka dobili smo točnost od **0.9851.** Konfuzijska matrica nam predočava da model ima par odstupanja kod nekih klasa, no i dalje je očita šarena dijagonala koja nam govori da su rezultati uglavnom točni. Boja kvadratića nam po uzoru na spektar boja koji se nalazi s ljeve strane govori koliko primera se ustvari poklapa za odgovarajuće polje. Najveće odstupanje s 24 pogrešne predikcije je križanje prometnog znaka “prednost prolaska” i “zabrana prometa u oba smjera”, jedini razuman razlog može biti taj da na ovim znakovima nemamo nikakavih grafičkih simbola. Na Slici 9. Vidimo točnost I opadanje modela kroz epohe za vrijeme treniranja. Kako nebi došlo do overfittinga, eksperimentiranjem smo došli do broja od 20 epoha, koje su nam dale najbolje rezultate.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Slika Confussion matrix

Graphical user interface

Description automatically generated

Slika Graf točnosti i gubitka

# Zaključak

Prema rezultatima i vizualizaciji možemo zaključiti da se konvolucijske mreže sasvim solidno snalaze u polju detekcije prometnih znakova i definitivno možemo očekivati da će prije ili kasnije ova tehnologija biti naša svakodnevnica i ono s čim ćemo se susretati u stvarnom životu. Naravno da će ove metode i tehnologija prepoznavanja i klasifikacije nastojati napredovati, a veća upotreba će nam onda donijeti i veću količinu podataka te lakši razvoj.

# Reference

[1] ‘GTSRB - German Traffic Sign Recognition Benchmark | Kaggle’. https://www.kaggle.com/datasets/meowmeowmeowmeowmeow/gtsrb-german-traffic-sign (accessed Mar. 02, 2023).

[2] ‘A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way | by Sumit Saha | Towards Data Science’. https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53 (accessed Mar. 02, 2023).

[3] ‘Traffic Sign Recognition using Convolutional Neural Network | by Tomasz Kacmajor | HackerNoon.com | Medium’. https://medium.com/hackernoon/traffic-sign-recognition-using-convolutional-neural-network-8a1f90e8fb24 (accessed Mar. 02, 2023).

[4] ‘Traffic Sign Recognition with TensorFlow | by Waleed Abdulla | Medium’. https://medium.com/@waleedka/traffic-sign-recognition-with-tensorflow-629dffc391a6 (accessed Mar. 02, 2023).