
**CHARACTERS AND NUMBERS RECOGNITION FROM LICENCE PLATES OF
REPUBLIC OF SERBIA USING NEURAL NETWORKS****Dušan Stevanović**

College of Applied Professional Studies – Vranje, Republic of Serbia

dusanstev92@gmail.com

Abstract: In this paper it has been described the Optical Character Recognition (in further text OCR) method, which is widely used in today's world. The work is based on a model of neural networks using the OCR method, recognizes the letters and numbers from the image that user gave. The neural network is trained with the dataset of letters and numbers using the built-in functionality in Matlab, known as Neural Network Toolbox. The image that user assigns is analyzed and its content is compared with the training set, and then the final results are displayed. Recognized letters and numbers are used for various purposes. In today's world, which is at a high level of technological development, there is a tendency to get different demands, needs or solutions of the problems - quickly and easily. An increasing number of works and texts are published in digital format, so access to essential information is very fast. On the other hand, it is simply impractical to copy all texts, files, documents in order to get their digital duplicate and edit them.

The process of transforming physical documents into digital was a real challenge, but also great relief for digital technology users. However, soon there was a need for changing the content of documents stored in the digitalization process in a format that does not allow such a type of operation (formats such as .jpg, .gif, .png do not allow the possibility of any change in content). Different approaches are proposed for identifying letters and numbers so that, if necessary, the entire text could be easily updated or edited. Significant successes were recorded in this intention. One of the most common methods used for this purpose is Optical Character Recognition (OCR) in combination with neural networks.

The ways of using the OCR method are different, and they can vary from simple transfer of material into digital form, their changes, through recognizing someone's handwriting, to recognizing texts from pictures and photos. In this paper we will describe the problem of recognizing the content from the registered license plates of Republic of Serbia. The practical usage of the OCR method is very often realized by training and using neural networks.

Neural networks represent a relatively new concept in analyzing and processing data. By the term "neural networks" in this paper we will refer to artificial neural networks.

Neural networks are widely used, both in technical and social sciences. The more precise the prediction of the values of the relevant variables is, the more successful training of neural network is. In addition to the use of neural networks for characters recognition, they are also very popular and practical in the field of classification and clustering. The performance of neural networks in performing these three functions defines them as an extremely powerful tool.

Keywords: Neural networks, Optical character recognition, Image processing and recognition

**PREPOZNAVANJE SLOVA I BROJEVA SA REGISTARSKIH TABLICA SRBIJE
KORIŠĆENJEM NEURONSKIH MREŽA****Dušan Stevanović**

Visoka škola primenjenih strukovnih studija – Vranje, Republika Srbija

dusanstev92@gmail.com

Rezime: U ovom radu opisana je i primenjena metoda Optičkog prepoznavanja slova, brojeva i znakova, koja se danas koristi široko u svetu. Rad je baziran na modelu neuronskih mreža koji koristeći pomenutu metodu, prepoznaje slova i brojeve sa slike koju je korisnik zadao. Neuronska mreža se trenira na osnovu uzoraka slova i brojeva koristeći ugrađene funkcionalnosti u Matlabu. Slika koju korisnik dodeli se analizira i njen sadržaj se upoređuje sa bazom uzoraka, takozvanim skupom za treniranje, a zatim se konačan rezultat prikazuje. Cilj ovog rada je obrada slike korišćenjem neuronskih mreža, radi kasnije upotrebe prepoznatih slova i brojeva u različite svrhe. U današnjem svetu koji je na visokom nivou tehnološke razvijenosti, postoji težnja da se do najrazličitijih zahteva, potreba ili rešenja problema stigne veoma brzo i lako. Sve veći broj radova, tekstova i dela objavljuje se u digitalnom formatu, pa je pristup bitnim informacijama veoma brz. Sa druge strane, prosto je nezamislivo u današnje vreme prekućavati sve tekstove, spise, dokumenta, kako bi oni dobili svoj digitalni duplikat.

Proces automatizacije postupka transformacije fizičkih dokumenata u digitalni je predstavljao pravi izazov, ali i veliko olakšanje za korisnike digitalnih tehnologija. Međutim, ubrzo se pojavila potreba i za izmenom

sadržaja dokumenata koji su se u procesu digitalizacije skladištili u formatu koji ne omogućavaju takvu vrstu operacije (formati kao što su .jpg, .gif, .png ne daju mogućnost nikakve izmene sadržaja). Različiti pristupi su predloženi za prepoznavanje slova i brojeva kako bi se, u slučaju potrebe, čitav tekst mogao lako izmeniti. U toj nameri su zabeleženi značajni uspesi. Jedna od najčešćih metoda koja se koristi u ove svrhe jeste Optičko prepoznavanje slova, brojeva i znakova, poznatija kao OCR metoda.

Načini upotrebe OCR metode su različiti, a predmet primene može da varira od jednostavnog prebacivanja materijala u digitalni oblik, njihove izmene, preko prepoznavanja nečijeg rukopisa, pa do prepoznavanja tekstova sa slika i fotografija. U ovom radu biće opisan problem prepoznavanja sadržaja sa uslikanih registarskih tablica. Primena OCR metode se veoma često realizuje treniranjem i upotrebom neuronskih mreža. Neuronske mreže predstavljaju relativno nov koncept u analizi i obradi podataka. Pod izrazom “neuronske mreže” u ovom radu podrazumevaćemo veštačku inteligenciju koja je u stanju da koristeći skup implementiranih algoritama, imitira zaključivanje ljudskog bića.

Neuronske mreže nalaze široku primenu, kako u tehničkim naukama, tako i u društvenim. Što tačnije predviđanje vrednosti relevantnih varijabli je od izuzetnog značaja. Pored upotrebe neuronskih mreža za potrebe predviđanja, značajna je i upotreba u svrhu klasifikacije i klasterovanja. Uspešnost neuronskih mreža u obavljanju ove tri funkcije definiše ih kao izuzetno moćno sredstvo.

Ključne reči: Neuronske mreže, Optičko prepoznavanje slova, Obrada i prepoznavanje slike

1. UVOD

Veštačke neuronske mreže su se razvile kao idealizovani prikaz matematičkih modela baziranih na biološki nervni sistem. Kao jedan od oblika implementacije veštačke inteligencije, ona predstavlja sistem koji se sastoji od međusobno povezanih čvorova koji se nazivaju veštačkim neuronima. Telo veštačkog neurona se naziva jedinica. Svaki neuron ima svoju memoriju u kojoj skladišti i pamti podatke koji su u procesu obrade. Osnovni zadatak neuronskih mreža jeste simulacija rada ljudskog mozga prilikom obavljanja određenog zadatka.

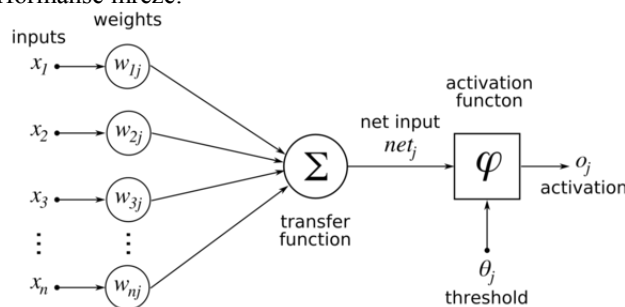
Arhitektura neuronske mreže je sastavljena od specifično povezanih neurona tako da čine jednu celinu, dok se sama struktura po pravilu razlikuje po broju slojeva. Prvi, ili početni sloj se naziva ulaznim, dok se poslednji sloj naziva izlaznim slojem. Svi slojevi koji se nalaze između ulaznog i izlaznog sloja, nazivaju se skrivenim slojevima.

Prvi, tj. ulazni sloj neuronske mreže prima podatke van sistema, tj. iz spoljašnje sredine, dok skriveni slojevi prosleđuju podatke koji su od važnosti, do izlaznog sloja. Na izlazu dobijamo konačan rezultat. Slojevi su međusobno potpuno povezani. Složenije neuronske mreže se ogledaju u tome što imaju više skrivenih slojeva. Komunikacija između slojeva unutar neuronske mreže se odvija tako što se izlaz iz svakog neurona prethodnog sloja povezuje sa ulazima svih neurona narednog sloja. Veza kojom su neuroni povezani može biti različite jačine i predstavlja težinski faktor (eng. *weight*).

Razlog zbog čega se neuronske mreže povezuju sa radom ljudskog mozga, je taj što ona stiče određeno znanje kroz sam proces obučavanja. Neuronske mreže se ne programiraju, već treniraju, tako da su potrebni veliki skup podataka i dosta vremena za njihovo obučavanje, pre nego počnu da se koriste. Obučavanje neuronskih mreža može biti nadgledano i nenadgledano (eng. *Supervised and unsupervised learning*). Kod nenadgledanog obučavanja, nema skupa podataka koji bi poslužili u fazi treniranja, te je ovakva vrsta obučavanja vrlo kompleksna i teška za implementaciju.

S obzirom da neuroni poseduju sposobnost generalizacije, sistem je u stanju da za jednom istrenirane neurone, rešava iste ili slične probleme. Obuka se vrši tako što se konstantno vrši ažuriranje težinskih koeficijenata, ne bi li se sledeći put dobio izlaz koji je bliži željenoj vrednosti. Nakon završetka obučavanja, težinski koeficijenti ostaju isti, te se mreža može primeniti za analizu i rešavanje predviđenog zadatka.

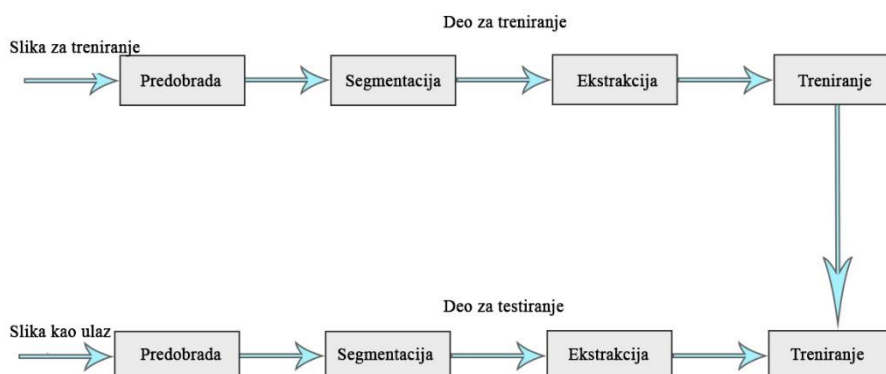
Kako je potpuno normalno da program u početku pravi određene greške, podešavanjem težinskih koeficijenata, svaki sledeći put se smanjuje razlika između željenih i dobijenih vrednosti. Postupak obučavanja koristi takozvani algoritam obučavanja. Na taj način se algoritamski menjaju vrednosti težinskih koeficijenata, ne bi li se dobile željene performanse mreže.



Slika 1. Neuron u opštem slučaju

2. IMPLEMENTACIJA ALGORITMA - PRIPREMA SLIKE ZA OBRADU, SEGMENTACIJU I PREPOZNAVANJE KARAKTERA

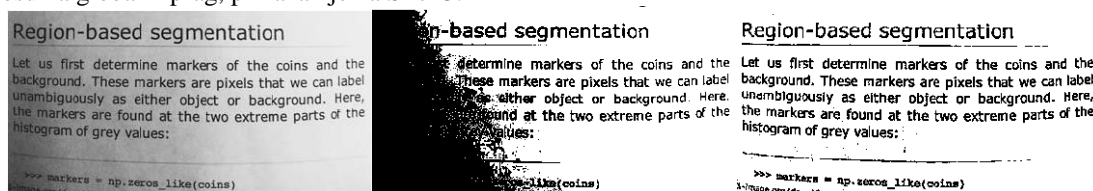
Na Slici 2 prikazan je model koji će se koristiti. Ovakve modele karakteriše visok nivo prepoznavanja i uspešnosti.



Slika 2. Model prepoznavanja karaktera

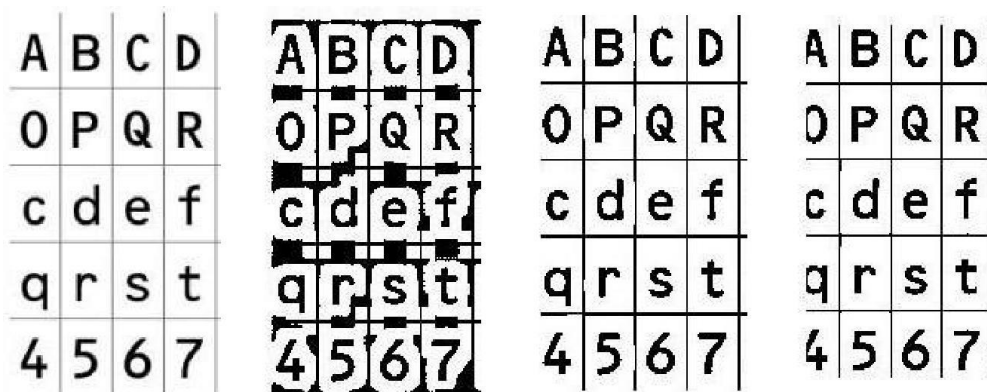
Programi za prepoznavanje teksta su značajni iz razloga što postoji veliki broj tekstova (informacija, znanja) koji su zapisani na papiru (knjige, poslovni dokumenti, fakture, priznanice, računi, itd.). Prebacivanje ovih informacija u digitalni oblik zahteva veliki ljudski rad. Prebacivanjem informacija koje su zapisane na papiru u digitalni oblik, ostvarujemo brojne prednosti kao što su lako pretraživanje podataka, lako umnožavanje, lako prenošenje, jednostavnu modifikaciju, uštedu prostora (na malom prostoru se mogu smestiti velike količine informacija), računске operacije nad podacima (ukoliko su u pitanju brojčane vrednosti). Osim što se OCR metoda koristi kako bi se dokumenti mogli jednostavnije pretraživati ili umnožavati, OCR takođe pomaže slepim osobama.

Procedura je takva da je neophodno prvo skenirati dokument. Tako skenirani dokument se zatim, ukoliko je slika u boji, konvertuje u crno-belu sliku, tj. u akromatsku sliku (eng. *grayscale*). Ukoliko je skenirana slika već crno-bela, onda se ovaj korak preskače i prelazi se na sledeći korak. Nakon toga, koristeći niz ugrađenih MATLAB-ovih funkcija, vrši se uređivanje slike kako bi proces binarizacije bio što uspešniji. Ove ugrađene funkcionalnosti kao što su na primer *imerode* i *dilate*, imaju za cilj da prelaz između belih i crnih piksela, tj. prelaz između karaktera i praznih površina bude jasniji. Na taj način se povećava nivo verovatnoće u detektovanju i prepoznavanju karaktera. Slika se zatim binarizira, tj. vrši se konvertovanje u sliku koja za svaki svoj piksel ima vrednost 0 ili 1. S obzirom da je slika pre konvertovanja u binarnu, crno-bela, svaki njen piksel ima vrednost od 0 do 255. Cilj je što kvalitetnije prebaciti sliku u binarnu. Zato je potrebno izvršiti binarizaciju slike pomoću adaptivnog praga (eng. *adaptive thresholding*). Druga mogućnost je korišćenje globalnog praga (eng. *global thresholding*). Međutim, očigledan razlog zbog čega je bolje koristiti adaptivni u odnosu na globalni prag, prikazan je na Slici 3.



Slika 3. Usporedni prikaz originalne slike, slike nastale globalnim pragom i slike nastale adaptivnim pragom

Kao što se može videti na Slici 3, korišćenjem adaptivnog praga, izbegava se rizik od gubitka važnih delova slike, tj. dokumenta. Korišćenje adaptivnog praga ima za cilj da se kao konačan rezultat dobije binarna slika. Glavna ideja algoritma za adaptivno određivanje praga je poređenje svakog piksela sa srednjom vrednošću okoline. Kvadratni prozor $s \times s$ postavlja se oko svakog piksela i korišćenjem integralne slike u linearnom vremenu izračunava se prosečna vrednost piksela na tom području. Ako je vrednost trenutnog piksela t manja od prosečne vrednosti, onda se postavlja crna tačka, a u suprotnom bela. Ova metoda će upoređujući piksele sa svojim susedima očuvati velike kontraste, a ignorisati male promene u gradijentu.



Slika 4. Uticaj dimenzija kvadratnog prozora na binarizaciju slike

Na Slici 4 je prikazano kako izbor dimenzija kvadratnog prozora utiče na same rezultate binarizacije. U primeru sa slike, korišćene su dimenzije 8, 10 i 15. Prva slika sa primera je glavna, siva slika pre procesa binarizacije.

3. PRIKAZ REZULTATA – PREPOZNAVANJE KARAKTERA SA SLIKE

Prepoznavanje je ostvareno upoređivanjem slova ili broja iz već pripremljenog skupa za treniranje, sa najbližim parom njegove ASCII vrednosti. Trening skup je sastavljen od 50 bmp formata (eng. *bmp*), gde su neki članovi tog skupa, predstavljeni u više kombinacija. Primer na Slici 5 prikazuje prisutne varijacije na broju 9 i slovu P:

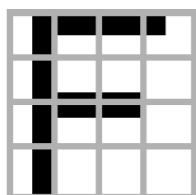


Slika 5. Varijacije podataka iz trening skupa

Razlog postojanja varijacija je vrlo jednostavan. Teži se ka tome da se sistem učini što preciznijim, a to će se postići isključivo stalnim proširivanjem skupa za testiranje. Što je veći skup, preciznost sistema srazmerno raste. Najjednostavniji postupak prepoznavanja znakova ustanovljen je na upoređivanju piksel – po – piksel između postavljenih šablona znakova i znakova dobijenih iz digitalne fotografije procesom segmentacije. Svako slovo podeljeno je na pravougaona područja koja se međusobno preklapaju i na kojima se računa raspodela gustine crnih piksela. Rezultat za svako područje dat je kao vrednost izdrazu Vrednost crnih piksela

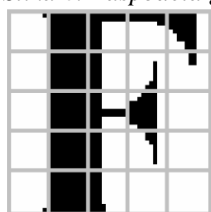
$$A \cdot B$$

gde su A i B dimenzije tog područja. Naravno, u zavisnosti od dimenzije slova, različite su i dimenzije kao i broj pravougaonih područja. Primer matrica raspodela gustine crnih piksela za različite dimenzije i veličinu slova 'F', dati su na Slikama 6 i 7.



0.5000	0.5625	0.5000	0.2222
0.5000	0.3438	0.2500	0.0278
0.5000	0.4531	0.3750	0.0417
0.5000	0.1250	0	0

Slika 6. Raspodela gustine crnih piksela za slovo F, dimenzija 30*30



0.0909	0.9339	0.5372	0.2975	0.4848
0	0.9091	0.3636	0.1074	0.0682
0	0.9091	0.4959	0.5537	0
0	0.9091	0.3636	0.1405	0
0.0833	0.9318	0.4318	0.0152	0

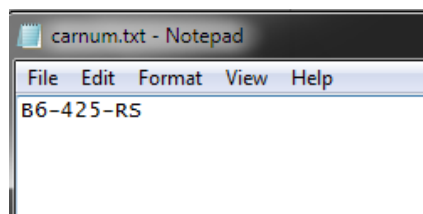
Slika 7. Raspodela gustine crnih piksela za slovo F, dimenzija 52*52

U nastavku teksta su prikazani rezultati korišćenog koda u Matlabu korišćenjem Neuronskih mreža.



Slika 8. Kompletan prikaz obrade slike korišćenjem opisanih procesa u Matlabu

Na Slici 8 izdvojeno je devet podokna koje predstavljaju proces korak po korak u obradi slike, ne bi li se na kraju došlo do rezultata, tj. očitanih karaktera. Tako se u prvoj podokni prikazuju rezultati učitane slike u boji. Na drugoj podokni prikazan je rezultat konvertovanja u crno-belo. Treća podokna je nastala kao rezultat "doterivanja" koristeći funkciju *dilate* u Matlabu. Na taj način su dobijeni finiji prelazi između piksela. Isti proces prikazan je i na četvrtoj podokni, koristeći Matlabovu funkciju *imerode*. Na petoj podokni prikazani su rezultati supstrakcije kako bi se delovanjem složenih matematičkih funkcija izvršilo izolovanje svih granica između boja na slici. Na šestoj podokni je povećan kontraast, a na sedmoj je izvršeno popunjavanje "praznina" na slici. Na osmoj podokni su se uklonili nebitni detalji, koje sistem nije prepoznao kao karaktere, a na poslednjoj, devetoj podokni, nakon binarizacije, uokvireni su uočeni objekti koji će se nakon odrađene segmentacije i ekstrakcije uporediti sa skupom za testiranje.



Slika 9. Prikazana pročitana vrednost sa slike

Kao što možemo videti, pomenuta metoda iako veoma precizna, nije uvek stoprocentno tačna. Zbog manjka podataka u skupu za testiranje, kao i zbog sličnosti u stilu latiničnog slova 'G' i broja '6', istrenirana neuronska mreža je "pomešala" ove dve vrednosti, te umesto pomenutog slova, stavila broj 6. Potrebno je napomenuti, da se i najprofesionalnije neuronske mreže konstantno dopunjuju novim skupovima podataka za trening, ali i pored toga, njihova tačnost skoro nikada nije perfektna nad velikim obimom podataka. Iz tog razloga uvek je potrebno tako novodobijeni dokument doradivati i menjati. Kako god, ovaj način, sa dodatnim izmenama, je neuporedivo brži, nego li prekucavanje celog dokumenta, reč po reč.

4. ZAKLJUČAK

Nakon obavljenog eksperimenta, možemo da zaključimo da je veštačka neuronska mreža uspešna na vrlo visokom nivou, te se kao takva često koristi u svrhe optičkog prepoznavanja karaktera. Ovaj sistem je sposoban da u procesu prepoznavanja karaktera sa slike, stvori odlične rezultate sa preciznošću većom od 90 procenata. Svakako, najbitnija stvar je predobrada slike i izdvajanje karaktera sa nje. Slobodno možemo reći da to ujedno predstavlja i najveći problem u ovom zadatku. Ukoliko se izabere slika koja ne zadovoljava bar minimalne kriterijume, rezultati koji proizilaze iz obrade neuronske mreže, će najverovatnije biti loši. U ovom stadionu implementacije, po uzoru na postojeći skup za treniranje, mreža je u stanju da prepozna slova iz engleskog alfabeta, kao i sve kombinacije arapskih brojeva. Treniranje i testiranje neuronske mreže se realizovalo u Matlab okruženju, sa 50 članova skupa za testiranje, dimenzija 24*24, gde je svih 50 korišćeno za treniranje, zatim slika registarske tablice koja je korišćena za testiranje i simulaciju, a koja je sastavljena od četiri latiničnih slova i tri brojeva. Na osnovu rezultata, može se zaključiti da se neuronske mreže mogu veoma

uspešno primeniti za prepoznavanje slova i brojeva, jer korišćenjem odgovarajućeg skupa za treniranje, daju veoma pouzdane i tačne podatke.

LITERATURA

- [1] R. Plamondon and S.N. Srihari, 2000., “Online and offline handwriting recognition: A comprehensive survey”, Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, vol.22(1), pp 63-84.
- [2] M.Schuster and K.K.Paliwal, November 1997., “Bidirectional recurrent neural networks”, IEEE Transactions on Signal Processing, vol 45, pp 2673-2681
- [3] Ilić, V. (1999). Neuronske mreže. <http://solair.eunet.rs/~ilicv/neuro.html>
- [4] Sang Sung Park, Won Gyo Jung, Young Geun Shin, Dong Sik Jang, Department of Industrial system and Information Engineering, Korea University, South Korea, “Optical character system Using BP Algorithm”
- [5] U.Bhattacharya and B.B. Chaudhuri, “Handwritten numeral databases of Indian scripts and multistage recognition of mixed numerals”, IEEE Transaction on Pattern analysis and machine intelligence, vol.31, no. 3, (2009), pp. 444-457
- [6] Holley Rose, “How good can I get? Analysing and improving OCR Accuracy in Large Scale Historic Newspaper Digitalisation Programs”, (2009), D-Lib Magazine, <http://www.dlib.org/dlib/march09/holley/03holley.html>
- [7] MathWorks, documentation center, <http://www.mathworks.com/help/images/ref/imadjust.html>
- [8] Ekstrakcija i prepoznavanje slova na digitalnim slikama, Univerzitet u Zagrebu, Miranda Kreković, Josip Kukučka, Jurica Šprem, Ivana Zadro
- [9] Pronalaženje značajki slike, <http://www.fer.unizg.hr/download/repository/vjezba5.pdf>, Fakultet elektronike i računarstva