

## NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU

Na svojoj sednici Komisija za studije II stepena odredila je nas za članove Komisije za pregled i ocenu master rada kandidata Nemanje Jovanovića, dipl. inž., pod naslovom "Prepoznavanje rukom pisanih cifara pomoću neuralnih mreža". Komisija je pregledala priloženi rad i dostavlja Nastavno-naučnom veću sledeći

### IZVEŠTAJ

#### 1. Biografski podaci

Nemanja Jovanović je rođen 1989. godine u Užicu, gde je završio osnovnu školu i Užičku gimnaziju. Na studije na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisao se 2008. godine. Osnovne studije na smeru za Računarsku tehniku i informatiku završio je 2012. godine, sa prosečnom ocenom 9,11 i ocenom 10 na diplomskom radu sa temom "Primena tehnika veštačke inteligencije na procenu upisa studenata", pod rukovodstvom prof. dr Boška Nikolića.

Master studije na Elektrotehničkom fakultetu, na smeru Softversko inženjerstvo, upisao je 2012. godine. Ispite sa tih studija položio je sa prosečnom ocenom 9,60. Od decembra 2012. je zaposlen u kompaniji *Gecko Solutions* na poziciji *Software Engineer (Developer)*.

#### 2. Organizacija rada

Master rad je podeljen na šest celina kroz koje se čitalac upoznaje sa procesom projektovanja sistema za prepoznavanje rukom pisanih cifara korišćenjem neuralnih mreža i različitih algoritama i tehnika za njihovo obučavanje.

U prvom poglavlju je definisan problem optičkog prepoznavanja karaktera, važnost i primena prepoznavanja pisanih cifara u praksi i tehnički problemi koji se javljaju tokom razvoja sistema. Takođe je prikazana struktura samog rada.

Drugo poglavlje se bavi pregledom, arhitekturom i primenom veštačkih neuralnih mreža. Definisane su struktura, podela i osnovne karakteristike neuralnih mreža, kao i algoritmi i tehnike koje se koriste za njihovo obučavanje. Jednoslojni perceptroni i Adelajn mreže su opisane kao jednostavni modeli za razumevanje višeslojnih neuralnih mreža sa prostiranjem unapred. U nastavku, poglavlje se fokusira na algoritam učenja sa propagacijom unazad koje se koristi za obučavanje pomenutih višeslojnih mreža i faktore učenja kao što su inicijalne težine veza, konstante učenja, funkcija troškova, moment, pravila ažuriranja težina, trening podaci i broj skrivenih čvorova.

Treće poglavlje predstavlja pregled postojećih rešenja za prepoznavanje pisanih cifara primenom neuralnih mreža. Prikazani su rezultati prethodnih istraživanja na tu temu, ali i neke od javno dostupnih biblioteka i komercijalnih rešenja. Izloženo je i po čemu se ovaj projekat razlikuje od dosadašnjih rešenja i na koje aspekte sistema se fokusira.

Četvrto poglavlje prikazuje, korak po korak, projektovanje sistema za prepoznavanje rukom pisanih cifara. Poglavlje je koncipirano tako da se u pojedinačnim segmentima prikazuje jedan od parametara mreže koji može da se konfigurise i rezultati testova za različite vrednosti tog parametra. Za početak, definisane su karakteristike javno dostupne MNIST baze podataka sa slikama cifara čiji je podskup od 8000 uzoraka korišćen u projektu. Naredni segment se bavi različitim tehnikama predprocesiranja slika, poput Ocuove metode, odsecanja, dilatacije, popunjavanja i dr., i odabirom ulaznih parametara mreže na osnovu dobijenih obrađenih uzoraka. Nakon toga, opisani su različiti algoritmi obučavanja i prikazane njihove performanse za prethodno odabrane ulazne parametre. Potom su prikazane razlike u performansama između neuralnih mreža sa različitim brojem skrivenih nivoa i čvorova. U nastavku su prikazani rezultati testiranja za različite aktivacione funkcije, metode raspodele podataka i funkcije troškova. Konačni rezultati projektovanja prikazani su na kraju ovog poglavlja. Dobijeni sistem je troslojna neuralna mreža sa Bajesovom regularizacijom kao algoritmom učenja čiji se rezultati kreću od 99.5 do 99.9% uspešnosti prepoznavanja za korišćeni set podataka.

U petom poglavlju je napisan zaključak u kome je izvršeno osvrtanje na sve izloženo u radu. Čitaocu su izložene prednosti i mane dobijenog sistema i predložene su modifikacije koje omogućavaju dalju upotrebu i analizu. U poslednjem, šestom poglavlju popisane su reference kojima je čitalac upućen na literaturu koja je korišćena i interesantna za dalji rad na temu master rada.

### 3. Ocena rada i zaključak

Na osnovu svega izloženog, imajući u vidu sadržaj i kvalitet priloženog rada, rezultate i zaključke do kojih je kandidat u svom samostalnom radu došao, Komisija predlaže Naučno-nastavnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da rad kandidata Nemanje Jovanovića pod naslovom "**Prepoznavanje rukom pisanih cifara pomoću neuralnih mreža**" prihvati kao master rad i kandidatu omogući usmenu odbranu.

Beograd, 24.08.2015. godine

Članovi Komisije:

  
Prof. dr. Željko Đurović

  
Doc. dr. Goran Kvašček