



Neuralne mreže (13S053NM)

Prvi projektni zadatak

1. [2] Rešavanje problema regresije primenom neuralne mreže

Kreirati neuralnu mrežu koja će služiti za predikciju funkcije $h(x) = A\sin(2\pi f_1 x) + B\sin(2\pi f_2 x)$. Ulaz u neuralnu mrežu je x , dok se izlaz dobija estimacijom $y(x) = h(x) + s(x)$, $s(x)$ predstavlja slučajan šum standardne devijacije $std = 0.2 \cdot \min(A, B)$. Opseg ulaza x izabrati tako da se vide bar tri periode funkcije $h(x)$.

- Na istom grafiku prikazati funkcije $h(x)$ i $y(x)$.
- Kreirati neuralnu mrežu koje će na adekvatan način izvršiti predikciju funkcije $h(x)$. Aktivacione funkcije izabrati po želji.
- Obučiti neuralnu mrežu i prikazati krivu performanse neuralne mreže u zavisnosti od epohe treniranja, kao i regresionu krivu dobijenu tokom obučavanja. **Isključiti** zaštitu od preobučavanja.
- Na istom grafiku prikazati funkciju $y(x)$ i predikciju neuralne mreže na celom skupu podataka x . Objasniti dobijene rezultate.

2. [4] Rešavanje problema klasifikacije primenom neuralne mreže

Kreirati neuralnu mrežu koja će služiti za klasifikaciju veštački generisanih podataka. Data je *.mat* datoteka koja sadrži podatke koje treba klasifikovati primenom *feedforward* neuralne mreže. Prve dve kolone sadrže obeležja, dok je u trećoj koloni označena pripadnost klasi.

- Vizualizovati podatke po klasama.
- Izvršiti podelu podataka na trening i test skup. Objasniti zašto je podela podataka bitna, kao i način podele.
- Kreirati tri neuralne mreže koje će imati različite arhitekture: prva koja na optimalan način klasifikuje podatke, druga koja dovodi do efekta preobučavanja (*overfitting*) i treća koja ne može da isprati dinamiku podataka (*underfitting*). Aktivacione funkcije izabrati po želji.
- Za svaku arhitekturu definisati **iste** parametre treniranja (broj epoha, vreme treniranja, maksimalna dozvoljna greška). Takođe, **isključiti** bilo kakav vid zaštite od preobučavanja (rano zaustavljanje primenom validacionog skupa, regularizacija...).
- Obučiti kreirane neuralne mreže i prikazati krivu performanse neuralne mreže u zavisnosti od epohe treniranja.
- Izvršiti testiranje neuralne mreže i prikazati konfuzione matrice i za **trening** skup i za **test** skup. Izračunati parametre preciznost (*precision*) i osetljivost (*recall*) za klasu 1.
- Prikazati granicu odlučivanja obučanih neuralnih mreža. Komentarisati dobijene granice odlučivanja.

3. [7] Traženje optimalnih hiperparametara primenom metode unakrsne validacije

Naći nabolje hiperparametre neuralne mreže koja služi za klasifikaciju realnih podataka. Data je datoteka sa podacima koje treba klasifikovati.

- Opisati problem koji se rešava. Na grafiku prikazati koliko svaka od klasa ima odbiraka. Obrazložiti da li su podaci balansirani.
- Odvojiti podatke za treniranje i testiranje neuralne mreže. Objasniti kako je izvršena podela podataka.
- Implementirati metodu unakrsne validacije za pronalaženje najboljih hiperparametara modela. U obzir uzeti: strukturu neuralne mreže, funkcije aktivacije, koeficijent regularizacije, koeficijent težinskih faktora. Navesti koje vrednosti hiperparametara su uzete u obzir i obrazložiti izbor. Objasniti izbor mere performanse prema kojoj se ova procedura izvršava.
- Navesti vrednosti optimalnih hiperparametara.
- Na osnovu prethodno odabranih hiperparametara obučiti neuralnu mrežu i prikazati krivu performanse neuralne mreže u zavisnosti od epohe treniranja.
- Izbršiti testiranje obučene neuralne mreže i prikazati matrice konfuzije i za trening i za test skup. Izračunati preciznost (*precision*) i osetljivost (*recall*) za klasu od interesa. Komentarisati vrednosti ovih parametara.

Varijante ulaznih skupova

Projektni zadaci se rade u paru. Izveštaj i kodove poslati na `novicic@etf.rs` pod naslovom „**SINM_pr1 Ime1 Prezime1, Ime2 Prezime2**“ najkasnije dva dana pred odbranu. Izveštaj treba da sadrži sve tražene grafike, kao i objašnjenja pojedinih zahteva i rezultata.

Studenti sa brojevima indeksa $B_1B_1B_1B_1/G_1G_1G_1G_1$ i $B_2B_2B_2B_2/G_2G_2G_2G_2$ rade ovaj projektni zadatak sa parametrima:

$$A = \text{mod}(B_1B_1B_1B_1 + G_1G_1G_1G_1, 7) + 1$$

$$B = \text{mod}(B_2B_2B_2B_2 + G_2G_2G_2G_2, 4) + 3$$

$$f_1 = 5 \cdot (\text{mod}(B_1 + B_1 + B_1 + B_1, 4) + 1)$$

$$f_2 = 3 \cdot (\text{mod}(B_2 + B_2 + B_2 + B_2, 4) + 1)$$

$$P = \text{mod}(B_1B_1B_1B_1 + B_2B_2B_2B_2, 3) + 1$$

$$Q = \text{mod}(B_1 + B_1 + B_1 + B_1 + B_2 + B_2 + B_2 + B_2, 8) + 1$$

gde $\text{mod}(a, b)$ označava a po modulu b . Na početnoj strani izveštaja navesti dobijene parametre.

P	Set podataka
1	dataset1
2	dataset2
3	dataset3

Varijanta	Skup podataka
$Q = 1$	<i>Bike</i>
$Q = 2$	<i>Star</i>
$Q = 3$	<i>Real estate</i>
$Q = 4$	<i>Occupancy</i>
$Q = 5$	<i>CO2</i>
$Q = 6$	<i>Genres</i>
$Q = 7$	<i>Metro</i>
$Q = 8$	<i>Nursery</i>



Neuralne mreže (1SE054NM) Drugi projektni zadatak

Grupa od dva studenta, sa rednim brojevima indeksa $B1/G1$ i $B2/G2$, radi zadatak po varijanti:

$$V = \text{mod}(B1 + G1 + B2 + G2, 5),$$

gde $\text{mod}(a, b)$ označava a po modulu b . Ukoliko student izabere da sam radi zadatak, varijantu V određuje sa usvojenim $B2 = 0, G2 = 0$.

Varijanta	Objekat upravljanja	Opseg referenci	Ograničenje upravljanja
$V = 0$	$G(s) = \frac{0.0004}{s^2 + 0.16s + 0.04} e^{-2s}$	$r \in [-0.4, +0.4]$	$u \in [-50, +50]$
$V = 1$	$G(s) = \frac{-0.05s + 0.0075}{(s + 0.05)^2} e^{-3.6s}$	$r \in [-2, +2]$	$u \in [-1.2, +1.2]$
$V = 2$	$G(s) = \frac{2}{1000s^3 + 500s^2 + 500s + 4}$	$r \in [-3, +3]$	$u \in [-15, +15]$
$V = 3$	$G(s) = \frac{0.0125}{(s + 0.05)^2} e^{-8s}$	$r \in [-2, +2]$	$u \in [-0.5, +0.5]$
$V = 4$	$G(s) = \frac{0.03 - 0.1s}{(s + 0.1)^2} e^{-3s}$	$r \in [-2, +2]$	$u \in [-1.2, +1.2]$

Napomena: član $e^{-\tau s}$ označava transportno kašnjenje u iznosu od τ sekundi. Koristiti blok Simulink/Continuous/Transport Delay, sa podešavanjem Time Delay = zadato τ .

Zadaci:

- Opredeliti se za jedan od pristupa projektovanju fuzzy upravljanja: intuitivni ili fazifikacija konvencionalnog upravljanja. U skladu sa opredeljenjem, projektovati po izboru jedan sistem fuzzy upravljanja za praćenje referentne vrednosti objekta upravljanja zadatog varijantom V . Postupak projektovanja, usvojenu strukturu i konkretno podešavanje parametara regulatora navesti u izveštaju.

Napomena: Ukoliko je opredeljenje bilo fazifikacija konvencionalnog upravljanja, obavezno fuzzy ekvivalente dodatno podešavati (čineći ih nelinearnim) i u izveštaju opisati šta je promenjeno i šta je tim promenama dobijeno.

- Napraviti Simulink model sistema upravljanja, projektovanog u tački a), zadatim objektom u zatvorenoj sprezi. Realizovati odziv na step referentne vrednosti sa minimalne vrednosti na maksimalnu vrednost, specificiranu za sistem po varijanti V .
- Prikazati vremenske oblike signala upravljanja, regulisane varijable (signala na izlazu objekta upravljanja) i signala na neposrednom ulazu u *fuzzy inference* sistema. Na osnovu

dobijenih rezultata sumirati osobine projektovanih sistema upravljanja i dati odgovarajuće komentare (sistem upravljanja ostvaruje ili ne ostvaruje grešku ustaljenog stanja i/ili preskok u odzivu na referencu/poremećaj, odziv upravljanog sistema je brži ili sporiji u odnosu na odziv objekta upravljanja u otvorenoj sprezi i slično).

Ostvareni i prikazani rezultati u rešavanju ovog zadatka treba da budu prihvatljivi, tj. ne mora da se teži vrhunskim performansama, ali se očekuje da oba studenta grupe imaju operaciono znanja iz osnova teorije i implementacije fuzzy logike u vezi realizacije ovog projektnog zadatka (šta su generalni zahtevi, kako je sprovedeno projektovanje, kako je sprovedena simulacija, koji elementi su podešavani i kako, da li su dobijeni rezultati adekvatni i slično).

Za odbranu je potrebno napraviti izveštaj koji sadrži sve potrebne grafike i obrazloženja. Izveštaj u PDF formatu i prateće kodove poslati na **novicic@etf.rs** pod naslovom „**SINMpr2 Ime1 Prezime1 Ime2 Prezime2**“ najkasnije dva dana pred odbranu. Naslovna strana dokumenta izveštaja treba da sadrži ime i prezime studenta/studenata, broj/brojeve indeksa i konkretni broj varijante V za koji je rađen zadatak. Svi kodovi i simulacije treba da budu kompletni i izvedeni tako da svi rezultati koji su navedeni u izveštaju, mogu da se ponove na licu mesta tokom odbrane zadatka.