

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1291

**MODEL STROJNOG UČENJA ZA KLASIFIKACIJU
ALZHEIMEROVE BOLESTI UPORABOM SLIKA
MAGNETSKE REZONANCIJE MOZGA**

Petra Buršić

Zagreb, lipanj, 2024.

Zagreb, 4. ožujka 2024.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 1291

Pristupnica: **Petra Buršić (0036539882)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo
Modul: Računarstvo
Mentorica: doc. dr. sc. Jelena Božek

Zadatak: **Model strojnog učenja za klasifikaciju Alzheimerove bolesti uporabom slika magnetske rezonancije mozga**

Opis zadatka:

Strojno učenje pronalazi široku primjenu u detekciji i klasifikaciji različitih neuroloških i neurodegenerativnih bolesti na temelju informacija iz slika magnetske rezonancije (MR) mozga. U ovom radu dat će se pregled modela strojnog učenja primijenjenih za detekciju i klasifikaciju Alzheimerove bolesti temeljem informacija iz MR slika mozga. Posebnu pažnju usmjeriti na metode koje koriste strukturne i funkcijske MR slike. Proučiti strukturu podataka u javno dostupnoj bazi ADNI. Potrebno je implementirati model strojnog učenja za detekciju i klasifikaciju ispitanika s Alzheimerovom bolesti uporabom MR slika mozga dostupnih u bazi ADNI. Provesti treniranje, validaciju i testiranje algoritma te komentirati ostvarene rezultate.

Rok za predaju rada: 14. lipnja 2024.

Hvala na kavi...

Sadržaj

1. Uvod	3
2. Glavni dio	5
2.1. Magnetna rezonanca (MRI)	5
2.1.1. Strukturni MRI (sMRI)	5
2.1.2. Funkcionalni MRI (fMRI)	6
2.1.3. Difuzijski MRI (dMRI)	6
2.1.4. Primjena MRI-a u istraživanju AD-a	7
2.2. Podaci i metode	7
2.2.1. ADNI baza podataka	7
2.2.2. Prikupljanje i predobrada MRI slika	7
2.2.3. Značajke izdvojene iz MRI slika	7
2.3. Modeli strojnog učenja	7
2.3.1. Decision Tree (DT)	7
2.3.2. Support Vector Machine (SVM)	7
2.4. Trening i validacija modela	7
2.4.1. Podjela podataka	7
2.4.2. Evaluacijske metrike (točnost, osjetljivost, specifičnost)	7
3. Rezultati i rasprava	8
3.0.1. Rezultati	8
3.0.2. Rasprava	8
4. Zaključak	9
Literatura	10

Sažetak	12
Abstract	13
A: The Code	14

1. Uvod

Alzheimerova bolest (AD) predstavlja jedan od najvećih medicinskih i društvenih izazova suvremenog doba. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, AD je vodeći uzrok demencije, stanja koje trenutno pogađa preko 50 milijuna ljudi širom svijeta, a predviđa se da će se taj broj udvostručiti svakih 20 godina, dosežući 152 milijuna do 2050. godine [1]. U Hrvatskoj, gdje oko 16% populacije čine osobe starije od 65 godina, procjenjuje se da oko 80,000 ljudi pati od demencije, od čega većinu čine pacijenti s Alzheimerovom bolesti [2]. Ova bolest karakterizira progresivni gubitak kognitivnih funkcija, što značajno narušava svakodnevni život pojedinca i njegovih skrbnika. Rana dijagnoza AD-a može značajno pomoći u upravljanju simptomima i planiranju skrbi, ali trenutno ne postoji pouzdani lijek koji bolest može izliječiti ili znatno usporiti njezin napredak [1].

Demencija, kao rezultat AD-a, uzrokuje značajne promjene u mozgu. Jedna od glavnih karakteristika je nakupljanje beta-amiloidnih plakova izvan neurona i neurofibrilarnih čvorova unutar neurona.[3] Oni dovode do smrti moždanih stanica i gubitka sinaptičke veze između neurona. Kao posljedica toga, dolazi do atrofije mozga, posebno u područjima koja su ključna za pamćenje, kao što je hipokampus, te u korteksu koji je odgovoran za mišljenje, planiranje i pamćenje [4].

MRI, posebno strukturni MRI, je neinvazivna tehnika snimanja koja pruža detaljne slike anatomije mozga. Široko se koristi za otkrivanje strukturnih promjena u mozgu povezanih s AD-om, kao što su atrofija hipokampusa i promjene u kortikalnoj debljini [5].

Strojno učenje pruža moćne alate za analizu velikih skupova podataka i može značajno unaprijediti sposobnost dijagnoze složenih bolesti poput AD-a. Algoritmi strojnog učenja mogu analizirati obrasce u MRI slikama i prepoznati suptilne promjene koje možda nisu odmah vidljive stručnjacima, čime se povećava točnost i učinkovitost dijagnoze.

Uz pomoć strukturnih MRI slika iz baze podataka Alzheimer's Disease Neuroimaging

Initiative (ADNI), u ovom radu primijenit ćemo dvije metode strojnog učenja, Decision Tree (DT) i Support Vector Machine (SVM), kako bismo razvili, testirali i usporedili modele sposobne za klasifikaciju pojedinaca u tri kategorije: zdrave osobe (CN), osobe s blagim kognitivnim oštećenjem (MCI) i osobe s Alzheimerovom bolešću (AD).

2. Glavni dio

2.1. Magnetna rezonanca (MRI)

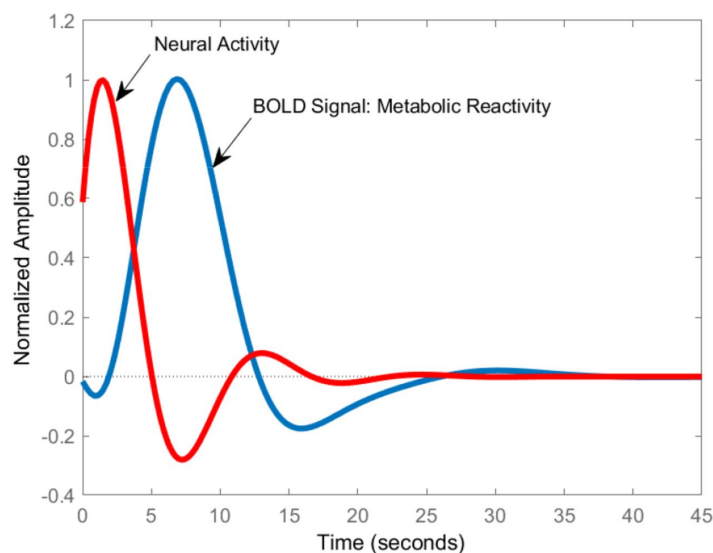
Magnetna rezonanca (MRI) je neinvazivna tehnika snimanja koja koristi magnetska polja i radiovalove za stvaranje detaljnih slika unutarnjih struktura tijela. Konvencionalna MRI se široko koristi za radiološku dijagnozu i stvara prostorne mape svojstava mobilnih vodikovih jezgri (protona) koje se uglavnom nalaze u molekulama vode. Kontrast unutar slika proizlazi iz varijacija u gustoći vode unutar tkiva i načinu na koji voda reagira s makromolekulama [6]. Postoje tri glavne vrste MRI-a: strukturni MRI (sMRI), funkcionalni MRI (fMRI) i difuzijski MRI (dMRI).

2.1.1. Strukturni MRI (sMRI)

Strukturni MRI (sMRI) je ključan za diferencijalnu dijagnozu Alzheimerove bolesti (AD) zbog svoje sposobnosti vizualizacije specifičnih obrazaca atrofije u mozgu. Najčešće patološke značajke povezane s demencijom su kortikalna atrofija, uključujući atrofiju medijalnog temporalnog režnja, i vaskularne promjene. U AD-u se često primjećuje kontinuirani gubitak neurona, posebno u medijalnom temporalnom režnju (MTL), gdje atrofija prvo zahvaća entorinalno područje, a zatim hipokampus, amigdalu i parahipokampus [7]. U ovom radu koristimo strukturne MRI slike iz ADNI baze podataka kako bismo razvili, testirali i usporedili modele strojnog učenja za klasifikaciju Alzheimerove bolesti. Korištenje strukturnih MRI podataka omogućuje precizno identificiranje regija mozga koje su zahvaćene AD-om, što je ključno za razumijevanje progresije bolesti i razvoj učinkovitih metoda za njezinu dijagnozu i praćenje [8].

2.1.2. Funkcionalni MRI (fMRI)

Funkcionalni MRI (fMRI) koristi se za detekciju malih promjena u signalima koji se koriste za proizvodnju magnetsko-rezonantnih slika koje su povezane s neuronskom aktivnošću u mozgu. fMRI detektira promjene ovisne o razini kisika u krvi (BOLD) koje se javljaju kada se promjene u neuronskoj aktivnosti dogode nakon promjene stanja mozga, poput stimulusa ili zadatka. Ova tehnika je sigurna, neinvazivna i ponovljiva kod odraslih i djece, te ima široke potencijalne primjene u osnovnoj i kliničkoj neuroznanosti (Gore, 2003) [6]. Na slici 2.1. prikazana je promjena BOLD (Blood-Oxygen-Level Dependent) signala u odnosu na neuronsku aktivnost, ilustrirajući kako fMRI detektira metaboličke promjene povezane s neuronskom aktivnošću.



Slika 2.1. Promjena BOLD (Blood-Oxygen-Level Dependent) signala u odnosu na neuronsku aktivnost.[9]

2.1.3. Difuzijski MRI (dMRI)

Difuzijski MRI (dMRI) koristi se za mjerenje difuzije molekula vode u tkivima, što može pružiti informacije o mikrostrukturi mozga. dMRI tehnika može otkriti mikroskopske promjene u tkivima u ranim fazama AD-a, poput gubitka mijelina, oštećenja aksona i gubitka neurona. Ove promjene mogu biti ključne za rano otkrivanje i praćenje progresije bolesti [7].

2.1.4. Primjena MRI-a u istraživanju AD-a

2.2. Podaci i metode

2.2.1. ADNI baza podataka

2.2.2. Prikupljanje i predobrada MRI slika

2.2.3. Značajke izdvojene iz MRI slika

2.3. Modeli strojnog učenja

2.3.1. Decision Tree (DT)

Teorijska osnova

Implementacija

2.3.2. Support Vector Machine (SVM)

Teorijska osnova

Implementacija

2.4. Trening i validacija modela

2.4.1. Podjela podataka

2.4.2. Evaluacijske metrike (točnost, osjetljivost, specifičnost)

3. Rezultati i rasprava

3.0.1. Rezultati

Performanse DT modela

Performanse SVM modela

Usporedba modela

Vizualizacija rezultata

3.0.2. Rasprava

Analiza rezultata

Prednosti i ograničenja korištenih modela

Usporedba s postojećim studijama

Potencijalne implikacije za kliničku praksu

4. Zaključak

Literatura

- [1] A. Kumar, J. Sidhu, A. Goyal, i J. W. Tsao, *Alzheimer Disease*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL), 2023. [Mrežno]. Adresa: <http://europepmc.org/books/NBK499922>
- [2] N. Mimica i P. Presečki, “Current treatment options for people with alzheimer’s disease in croatia”, *Chemico-Biological Interactions*, sv. 187, br. 1, str. 409–410, 2010., 10th International Meeting on Cholinesterases. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cbi.2010.03.029>
- [3] S. Rohini, M., “D. toward alzheimer’s disease classification through machine learning”, *Soft Comput*, sv. 25, str. 2589–2597, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05292-x>
- [4] C. A. Raji, O. L. Lopez, L. H. Kuller, O. T. Carmichael, i J. T. Becker, “Age, alzheimer disease, and brain structure”, *Neurology*, sv. 73, br. 22, str. 1899–1905, 2009. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3181c3f293>
- [5] C. Salvatore, A. Cerasa, P. Battista, M. C. Gilardi, A. Quattrone, i I. Castiglioni, “Magnetic resonance imaging biomarkers for the early diagnosis of alzheimer’s disease: a machine learning approach”, *Frontiers in Neuroscience*, sv. 9, 2015. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00307>
- [6] J. C. Gore, “Principles and practice of functional mri of the human brain”, *J Clin Invest.*, sv. 112(1), str. 4.9, 2003. <https://doi.org/10.1172/JCI19010>
- [7] C. Promteangtrong, M. Kolber, P. Ramchandra, M. Moghbel, S. Houshmand, M. Schöll, H. Bai, T. J. Werner, A. Alavi, i C. Buchpiguel, “Multimodality imaging approach in alzheimer disease. part i: Structural mri, functional mri, diffusion tensor

imaging and magnetization transfer imaging”, *Dementia and Neuropsychologia*, sv. 9, br. 4, str. 318–329, Oct 2015. <https://doi.org/10.1590/1980-57642015DN94000318>

- [8] V. Gonuguntla, E. Yang, Y. Guan, B.-B. Koo, i J.-H. Kim, “Brain signatures based on structural mri: Classification for mci, pmci, and ad”, *Human Brain Mapping*, sv. 43, br. 9, str. 2845–2860, 2022. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hbm.25820>
- [9] C. D. Schaper, “Analytic model of fmri bold signals for separable metrics of neural and metabolic activity”, 2019. <https://doi.org/10.1101/573006>

Sažetak

Model strojnog učenja za klasifikaciju Alzheimerove bolesti uporabom slika magnetske rezonancije mozga

Petra Buršić

Unesite sažetak na hrvatskom.

Ključne riječi: prva ključna riječ; druga ključna riječ; treća ključna riječ

Abstract

Machine Learning Model for Alzheimer's Disease Classification Using Brain MRI Images

Petra Buršić

Enter the abstract in English.

Hello, here is some text without a meaning. This text should show what a printed text will look like at this place. If you read this text, you will get no information. Really? Is there no information? Is there a difference between this text and some nonsense like “Huardest gefburn”? Kjift – not at all! A blind text like this gives you information about the selected font, how the letters are written and an impression of the look. This text should contain all letters of the alphabet and it should be written in of the original language. There is no need for special content, but the length of words should match the language.

Keywords: the first keyword; the second keyword; the third keyword

Privitak A: The Code