Detekcija epilepsije na osnovu EEG signala

Seminarski rad iz predmeta Biomedicinski signali i sistemi

Amila Borančič, 17934/1705

Mahira Buturović, 17760/1708 Sarajevo, DATUM

# Sadržaj

Uvod *- kratko o sadržaju rada*

Poglavlje 1 - Epilepsija i EEG

Epilepsija kao neurološki poremećaj *- generalno o epilepsiji, njenim uzrocima i oblicima, aka nasrat se dobro*

EEG *- kako eeg funkcioniše i šta se sve na osnovu njega može otkriti. Kako se inače otkriva epilepsija na osnovu eeg signala*

Poglavlje 2 - Machine Learning tehnike

Machine Learning za otkrivanje epileptičkih napada na osnovu EEG *- o klasifikaciji najviše*

SVM *- matematika ha hu kako ovo radi*

Dataset - *opisati dataset koji smo koristili i kako smo ga prečistili*

Poglavlje 3 - Implementacija i dobiveni rezultati

Implementacijski detalji - *rađeno je u R-u, dataset smo morale čistiti jer to i to, parametri SVM-a*

Rezultati dobiveni klasifikatorom - *prokomentarisati koliko je dobro svm odradio klasifikaciju aka odraditi one metrike sa MU*

3D prikaz EEG signala - *prikazati eeg nasumično odabrane zdrave osobe i nasumično odabrane osobe koja ima epilepsiju*

Zaključak

Reference

Popis slika

# Uvod

Epilepsija je neurološki poremećaj od kojeg boluje oko 50 miliona ljudi diljem svijeta. Smatra se četvrtim najčešćim neurološkim poremećajem, i svake godine oko 5 miliona ljudi dobije tu dijagnozu [1]. Glavna karakteristika epilepsije su tzv. *epileptički napadi.* Napadi mogu varirati u svojoj jačini, od toga da su toliko slabi da ih je teško i svrstati u grupu epileptičnih napada, do toga da su toliko jaki da se tijelo pacijenta vidno i veoma jako trza i grči. Epileptični napadi su često okarakterisani trzajima, gubitkom svijesti i osjetila, kao i poteškoće pri kretanju i govoru [2].

U sklopu ovog seminarskog rada se vrši upoznavanje sa EEG-om (skr. *elektroencefalografom*) mozga pacijenata koji pate od epilepsije, kao i od onih koji ne pate, te se vrši njihova usporedba.

U prvom poglavlju se daje detaljniji uvid u epilepsiju kao bolest, kao i kratki osvrt na EEG signale.

Drugo poglavlje je posvećeno uvodu u tehniku mašinskog učenja (*eng. Machine learning*) koja će se koristiti za detekciju epileptičkih napada. Date su informacije o korištenom *datasetu*, kako je on pripremljen za obradu, te je objašnjen SVM (*eng. Support Vector Machine*) kao jedan od pouzdanijih klasifikatora u polju mašinskog učenja.

Treće poglavlje služi za prezentaciju i diskusiju dobivenih rezultata.

# Poglavlje 1

## Epilepsija

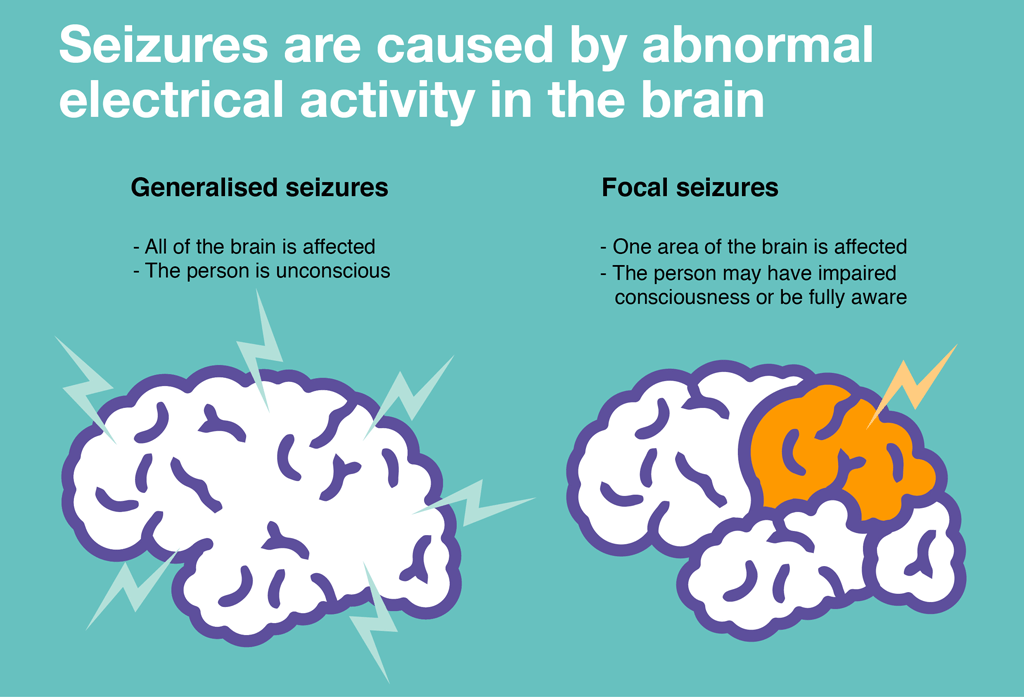
Epilepsija je poremećaj koji spada u veoma česta neurološka oboljenja. Prisutan je i kod domaćih životinja (najviše pasa i mačaka), ne samo kod ljudi [3]. Epilepsija nije zarazna bolest. Ona se može naslijediti i takav oblik epilepsije se naziva *prava* ili *idiopatska* epilepsija, i može se steći kao posljedica tumora ili povrede mozga, i takav oblik epilepsije se naziva *sekundarna* ili *simptomska* epilepsija [4].

Epilepsiju karakterišu epizode zvane epileptički napadi, koji se manifestuju kada je pacijent koji pati od epilepsije pod velikim stresom, od pretjerane konzumacije alkohola, pa čak i neki blaži vanjski uticaji kao recimo svjetlo koje titra. Napadi variraju od osobe do osobe u svojoj jačini i simptomima koje ispoljavaju, ali neki od najčešćih su:

* jako grčenje mišića
* gubljenje sposobnosti govora
* oslabljena čula
* mentalne poteškoće
* gubljenje sposobnosti kretanja [5].

Tokom epileptičkog napada, abnormalno visoka električna aktivnost je prisutna u mozgu. U ovisnosti od toga u kojoj regiji mozga se električna aktivnost dešava, razlikuju se sljedeći oblici napada:

* fokalni - jedna polovica mozga - jedna hemisfera, veliki, srednji ili mali mozak
* generalizirani - obje hemisfere mozga [6].



Slika 1. Fokalni i generalizirani napadi, preuzeto sa   
<https://www.youngepilepsy.org.uk/guide-for-schools/epileptic-seizures/seizure-types/>

Normalna električna aktivnost u mozgu nije sinhrona. Neuroni ne rade kao jedna jedinica, nego svaki za sebe. U epileptičkim napadima, određena količina neurona počne da ispoljava abnormalno jaku električnu aktivnost, i to sinhrono, odnosno istovremeno. Fizički, ova električna aktivnost se manifestuje kao trzanje, grčenje mišića ili kao gubitak svijesti, što su zapravo i ranije navedeni simptomi napada. Pored toga, pacijent može početi umišljati da osjeti čudne mirisove, da čuje zvukove koji nisu tu ili slično. Simptomi napada ovise od toga u kojoj regiji mozga su se neuroni aktivirali [7].

Srećom, epilepsija je bolest koja se može veoma efikasno tretirati lijekovima. Nije izlječiva, međutim moguće ju je držati pod kontrolom redovnim uzimanjem antiepileptika, što je dobra vijest za pacijente [8].

## EEG (elektroencefalogram)

EEG (*elektroencefalogram*) je grafički prikaz električne aktivnosti mozga. Pacijentu se na glavu postave tzv. *scalp* elektrode, te se signal mjeri kao razlika potencijala između dvije postavljene elektrode. EEG ima ogroman historijski značaj zato što je pravilna analiza EEG signala u stanju da otkrije mnoge anomalije i oboljenja na mozgu, od kojih su samo neki:

* oštećenje mozga nakon traume glave
* nadzor anestezije
* testiranje lijekova na moždanu aktivnost
* lokalizacija i otkrivanje epileptičkih napada
* istraživanje mnogih mentalnih poremećaja [9].



Slika 2. Prikaz normalnog EEG signala i signala epileptičkog napada. Preuzeto sa: <https://www.researchgate.net/publication/324720694_EEG_monitoring_based_on_automatic_detection_of_seizures_and_repetitive_discharges/figures?lo=1>

Na slici 2 je prikazan primjer EEG signala. Na gornjem dijelu slike se nalazi EEG osobe sa normalnom moždanom aktivnošću, dok je donji dio EEG signal osobe tokom epileptičkog napada. Kao što je i za očekivati na osnovu dosada izloženog, EEG pacijenta tokom napada prikazuje drastičnu promjenu EEG signala. Na samom kraju snimanja, pacijentov EEG signal je podivljao, što ukazuje na to da je napad tada dosegao svoj vrhunac.

## Dijagnoza

Elektroencefalografija je jedinstven i najvrijedniji laboratorijski test u evaluaciji pacijenata sa epilepsijom. U toku EEG snimanja, od pacijenta se traži da diše duboko, pošto duboko disanje (hiperventilacija) može da otkrije određene abnormalnosti. Također od pacijenta se traži da gleda u trepereće svjetlo, jer su neke osobe osjetljive na treperavo svjetlo i to može biti razlog koji dovede do napada. Kod nekih pacijenata će se izvršiti EEG registracija u spontanom spavanju, a mali broj će dobiti portabl-magnetofon na kojem će biti izvršeno snimanje dvadesetčetverostnog EEG-a, za vrijeme normalnih svakodnevnih aktivnosti i spavanja. Najčešće se snima u interiktalnom periodu odnosno između dva napada. Najrjeđi je iktalni, a češći takozvani postiktalni EEG (tj. snimak u prvih nekoliko sati nakon epileptične krize). Napadi su paroksizmalni u smislu da prekidaju ponašanje kakvo je do tada bilo, kratkotrajni, pošto traju najviše jednu do dvije minute i stereotipni. Dakle, epilepsiju definišemo kao hronični poremećaj koji karakteriziraju ponavljani napadi. Epileptiformne EEG promjene mogu biti fokalne, unilateralne ili generalizirane (dešavaju se u samo jednoj regiji mozga, u jednoj polovini mozga ili u svim regijama). Bitno je istaknuti da EEG ne postavlja dijagnozu, već samo pokazuje specifične abnormalnosti koje, u sklopu sa kliničkom slikom te rezultatima ostalih ispitivanja, mogu doprinijeti razjašnjenju epilepsije. Međutim, EEG može biti normalan i kod nekih epileptičnih pacijenata. Normalan EEG ne znači da taj pacijent nema epileptične napade. Zbog toga je često potrebno EEG snimati više puta. Na primjer, “pozitivan snimak” (znači postoji epileptiformna aktivnost u EEG-u) nađe se u prvom snimku kod svega 56% pacijenata. Snimajući više puta pacijente koji su imali normalan EEG, može se otkriti “pozitivan snimak” kod još 26% pacijenata. Znači da otprilike 18% svih pacijenata imaju trajno “negativan snimak”, odnosno normalan EEG snimak.

Ispitivanja na ogromnom broju epileptičnih pacijenata pokazuju da ishod EEG snimka (normalan ili nenormalan) zavisi od slijedećih faktora:  
1) broja snimaka

2) doba pacijenta

3) tipa napada

4) učestalosti napada

5) efekata liječenja.

Što se tiče broja snimaka, ukoliko je prvi snimak u granicama normalnog, onda je snimanje potrebno provoditi više puta u toku prve godine. Što su pacijenti stariji, to broj “pozitivnih nalaza” opada, tako da nakon 40-e godine pojavljuje se abnormalan EEG kod 1/3 pacijenata. Što se tiče napada, EEG abnormalnosti se najčešće otkrivaju kod kompleksne parcijalne epilepsije, te kod apsansa. Pacijenti koji imaju češće napada pokazuju više abnormalnosti od onih koji imaju rijetke napade. U rutinskom EEG snimku budnog stanja često se ne otkriju abnormalnosti. Ponekad se otkriju takozvane nespecifične abnormalnosti. U tim slučajevima se upotrebljavaju aktivacione procedure, kako bi se aktivirala epileptiformna pražnjenja. Najčešće forme ovih procedura su aktivacione procedure hiperventilacije, intermitentne fotostimulacije i snimanja u spavanju. EEG snimak u spontanom spavanju registruje bioelektričnu aktivnost u toku različitih faza spavanja (REM i N-REM). Snimak može biti kraći ili u toku cjelonoćnog spavanja. Hiperventilacija je voljno duboko disanje u trajanju od 3-5 minuta. Intermitentna fotostimulacija provodi se pomoću specijalnog stimulatora koji omogućava široki opseg frekvencija svjetlosnog bljeska. Snimanje EEG-a u toku spavanja je bitno, jer kod nekih vrsta napada, abnormalnosti se najbolje vide ukoliko pacijent spava. Abnormalan EEG ne znači da pacijent ima epilepsiju, isto tako jedan normalan EEG snimak ne znači da pacijent nema epilepsiju. Potrebno je snimiti nekoliko EEG traka ili jedan duži EEG snimak, da bi se moglo zaključit da li osoba ima epilepsiju ili ne. [10]

## Uzroci

Uzroci epileptičnih napada mogu biti genetski i organski faktori. Epilepsija izazvana genetskim faktorima naziva se primarna, genetska ili genuina epilepsija. Epilepsija izazvana organskim faktorima naziva se sekundarna, simptomatska ili organska epilepsija. Ranije se smatralo da je daleko najveći procenat epilepsija uvjetovan genetskim faktorima. Statistički podaci pokazuju da ako neko ima genetsku epilepsiju, onda u njegovoj porodici 3,2% najbližih srodnika također boluje epilepsiju. Međutim, napretkom u dijagnostici, ovaj procenat se sve više smanjuje i sve više se otkrivaju različiti organski faktori u etiologiji napada. Najčešći organski faktori u etiologiji epileptičnih napada su:

1) paranatalni faktori (faktori vezani za period trudnoće, porođaja; razvojne anomalije ploda, hromozomne abnormalnosti..)

2) infektivne bolesti (meningitis;TBC, parazitarni, bakterijski, virusni;encephalitis,moždani apcesi)

3) toksični faktori (alkohol, ugljen monoksid, medikamenti)

4) trauma i fizički agensi (akutne povrede mozga, krvarenja u moždanoj ovojnici)

5) cirkulatorni poremećaji (arterioskleroza, tromboza, krvarenja, hipertenzivna encefalopatija)

6) poremećaji metabolizma i nutricije (izmjene materija u tijelu)

7) heredo-familijarne i degenerativne bolesti (multipla skleroza, tuberozna skleroza, cerebelarne degeneracije)

8) tumori mozga. [10]

# Poglavlje 2

## Machine learning i EEG

EEG signale nije lahko interpretirati, potrebno je dosta truda i iskustva da bi se razumjele i uočile određene osobine iz ovih signala. Osim toga, EEG signal mora proći fazu procesiranja. Procesirani EEG signal se može vizualno interpretirati u cilju detekcije anomalija kao što je npr. napad epilepsije, promjene u mentalnom stanju npr. faze sna i slično. Prilikom procesiranja bilo kojeg EEG signala, tri su bitna koraka:

1) **Pre-procesiranje** predstavlja uklanjanje šumova, buke i drugih oštećenja unutar signala

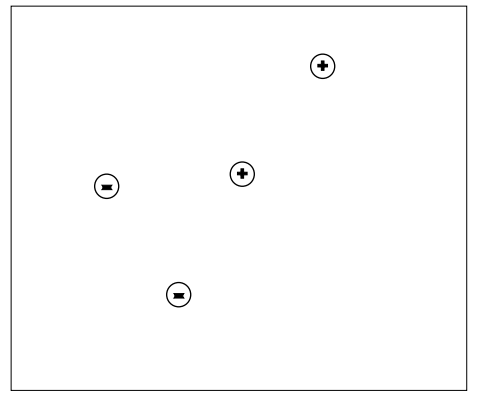
2) **Ekstrakcija osobina**je procesiranje signala u cilju kreiranja deskriptora

3) **Dekodiranje** podrazumijeva korištenje klasifikacijskih/regresijskih modela da bi se osobine EEG signala transformisale u signale visokog nivoa npr. smjer kretanja, afektivna stanja, kognitivna stanja i slično. [11]

Zadnja faza je jako bitna, predstavlja tzv. *učenje pod nadzorom* (eng. *supervised learning*) i koristi tzv. *training dataset* odnosno trenirajući skup podataka kako bi se model *naučio* da klasificira, predviđa ili da identificira neke EEG paterne koji su bazirani na koraku 2) . U svrhu učenja najčešće se koriste metode klasifikacije kao što su LDA, SVM, *random forest*, neuralne mreže i mnoge druge. Bez obzira na to koja metoda je odabrana, *učenje pod nadzorom* mora imat formiran trenirajući skup podataka. Ovaj skup se koristi za evaluaciju neke od prethodno nabrojanih metoda, obično koristeći unakrsnu validaciju (eng. *cross-validation*[[1]](#footnote-1))*.* [11]

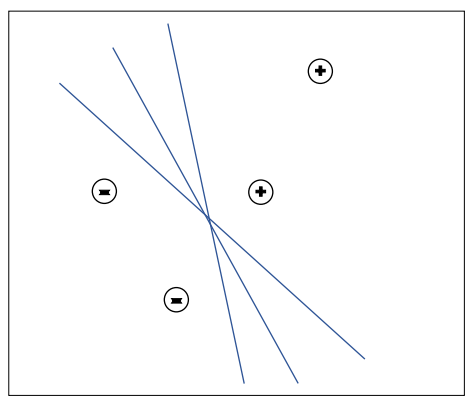
## SVM

Jedna od metoda koja se često koristi u cilju klasifikacije i pri tome daje odlične rezultate je SVM. SVM (eng. *Support Vector Machine*) je algoritam klasifikacije koji se definira preko optimalne hiper-ravni. U 2D prostoru ova hiper-ravan je linija koja razdvaja instance različitih klasa.Dakle, glavni cilj ove metode je *razdvajanje klasa*. Ovaj metod će se objasniti kroz par primjera. Neka je dat graf dvije klase kao na slici:



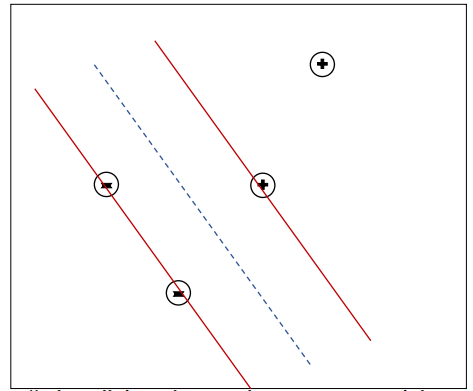
Slika 3. Problem binarne klasifikacije

Postavlja se pitanje kako razdvojiti klase + i -. Postoji beskonačno mnogo pravih koje razgraničavaju instance:



Slika 4. Razgraničavanje instanci

Potrebno je naći pravu koja najbolje razgraničava prostor. Ideja Vladimira Vapnika, koji je kreator SVM metode, jeste da se pronađe najšira *ulica* koja razdvaja + i – instance. Linija na sredini te ulice je linija razgraničenja.



Slika 5. Najbolja linija razgraničenja pomoću SVM

Cilj je da se maksimizira margina koja razdvaja + i – instance, odnosno riješi problem optimizacije:

max

gdje je vektor okomit na marginu, a je njegov intenzitet. Problem optimizacije se rješava preko *Lagrangeovih* multiplikatora. Rješavanje problema optimizacije je ustvari treniranje klasifikatora.

## EEG dataset

Dataset koji će biti korišten u slijedećem poglavlju, u cilju klasifikacije pomoću SVM, može se naći na slijedećem linku: <https://www.kaggle.com/harunshimanto/epileptic-seizure-recognition>. Dataset sadrži informacije o detekciji napada epilepsije kod određene grupe pacijenata. Sastoji se od 4097 EEG mjerenja u toku 23 sekunde, pri čemu su mjerenja izvršena za 500 pacijenata. Tih 4097 mjerenja su raspoređena na način da 23 reda dataseta pripada jednom pacijentu, a svaki red sadrži 178 kolona i one čine jednu sekundu očitanja EEG-a. Znači, ukupno je 11500 redova i 180 kolona, gdje je prva kolona ID pacijenta i zadnja kolona predstavlja status pacijenta tj. da li ima napad epilepsije ili ne. Status pacijenta može imati vrijednosti 1, 2, 3, 4 ili 5. Pacijenti koji imaju status 2, 3, 4 ili 5 su oni koji nemaju napad epilepsije, dok oni koji su statusa 1 imaju.

# Poglavlje 3

## Implementacija

## Rezultati

# Zaključak

# Reference

[1] Epilepsija kao neurološki poremećaj, World Health Organization:

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy#:~:text=The%20estimated%20proportion%20of%20the,diagnosed%20with%20epilepsy%20each%20year.> [Posljednji pristup: 09.06.2020.]

[2] Epileptički napadi, Wikipedia:

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Epilepsija> [Posljednji pristup: 09.06.2020.]

[3, 4] T. Božić, D. Gvozdić, M. Kovačević-Filipović, I. B. Jovanović, J. Stevanović, S. Nikolić, D. Kirovski, M. Jerkić, A. Radovanović. A. Epštajn, N. Andrić, M. Robić, Z. Faixova, Š. Faix, Z. Ivanović, D. Trailoviš, Ž. Maličević, "Patološka fiziologija domaćih životinja", Univerzitet u Beogradu, Beograd 2012.

[5] Simptomi napada:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Epilepsy> [Posljednji pristup: 09.06.2020.]

[6] Podjele napada:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Epileptic_seizure> [Posljednji pristup: 09.06.2020.]

[7] Kako epileptički napad izgleda

<https://www.youtube.com/watch?v=uwB8AZ2vK1g> [Posljednji pristup: 09.06.2020.]

[8] Da li je epilepsija izlječiva:

<https://www.healthline.com/health/epilepsy#:~:text=There's%20no%20cure%20for%20epilepsy,with%20medications%20and%20other%20strategies.> [Posljednji pristup: 09.06.2020.]

[9] D. Bošković, O. Lepara, "Biomedicinski signali i sistemi", Univerzitet Sarajevo, Sarejvo, 2018.

[10] Dželaludin Kantardžić i saradnici, "Epilepsija-znanjem protiv straha", Sarajevo, 1989.

[11] Why do we need machine learning for EEG data: <https://www.bitbrain.com/blog/ai-eeg-data-processing>

[12] Why and how to Cross Validate a Model: <https://towardsdatascience.com/why-and-how-to-cross-validate-a-model-d6424b45261f>

# Popis slika

Slika 1

Slika 2

1. Procedura re-sempliranja podataka u cilju evaluacije modela, odvaja dio podataka od trening dataseta kako bi se taj dio koji nije korišten za treniranje, koristio u cilju testa tj. validacije. [12] [↑](#footnote-ref-1)