

Razvoj virtuelne merne instrumentacije u ERP softverskoj aplikaciji

Natalija Vukosavljević, Stefan Mirković

Apstrakt— Ovaj rad opisuje izdvajanje ERP komponenti iz EEG signala korišćenjem metode usrednjavanja. Prikazan je način snimanja i data je potrebna instrumentacija za snimanje EEG signala prilikom stimulacije. Softverska aplikacija za analiziranje rezultata realizovana je u LabVIEW programskom okruženju.

Ključne reči—EEG; ERP; artefakti; labview; kognitivne neuronauke.

I. UVOD

EEG predstavlja jednu do ključnih metoda za snimanje moždanih aktivnosti. Mana EEG-a je to, što on predstavlja mešavinu različitih izvora neuronskih aktivnosti, što čini izdvajanje kognitivnih procesa teškim za realizaciju. Međutim unutar EEG-a se nalaze neuronski odgovori koji su povezani sa specifičnim kognitivnim, motornim i čulnim događajima.

Ovi neuronski odgovori, reakcije nose naziv potencijali u vezi sa događajima (Event Related Potentials- ERP). Analiza ERP komponenti je jedna od najinformativnijih dinamičkih metoda za istraživanje i kontrolu faza obrade informacije u ljudskom mozgu. Amplituda i latenca ERP komponenti na specifičnim topografijama reflektuju rane senzorne procese percepcije kao i procese većeg nivoa koji uključuju pažnju, kortikalnu inhibiciju, nadogradnju memorije i druge kognitivne procese. Uprkos značajnom razvoju metoda za snimanje aktivnosti mozga, merenje ERP-a i dalje predstavlja važan alat za istraživanje neuralnih poremećaja, što je posledica toga što različiti poremećaji se korelišu sa određenim uzorcima u ERP-u. ERP signali su manje amplitude u odnosu na EEG i zato se najčešće izoluju korišćenjem metode usrednjavanja. Ranije ERP komponente kao što su P100, N100 i P200 (slovo označava polaritet signala, npr. P100, P-označava pozitivan polaritet, dok broj u ovom slučaju 100 označava latencu izraženu u ms u odnosu na početak stimulusa) se najčešće vezuju za selekzione mehanizme pažnje, dok se kasnije komponente kao P300 (latenca od 300 ms do 500 ms) vezuju za organizaciju i interpretaciju stimulusa tj. P300 komponenta u potpunosti zavisi od zadatka koje ispitanik izvršava, zbog čega je P300 najčešće posmatrana ERP komponenta za proučavanje kognitivnih procesa.

Natalija Vukosavljević– Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad (e-mail: emainata97@gmail.com).
Stefan Mirković – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad (e-mail: mirkovicst@gmail.com).

II. SNIMANJE P300

P300 se najčešće dobija pomoću Oddball paradigme, gde se dva stimulusa predstavljaju u nasumičnom rasporedu, jedan je frekventniji (standardni) dok je drugi ređi (devijantni). Stimulusi mogu biti zvučni, auditivni.

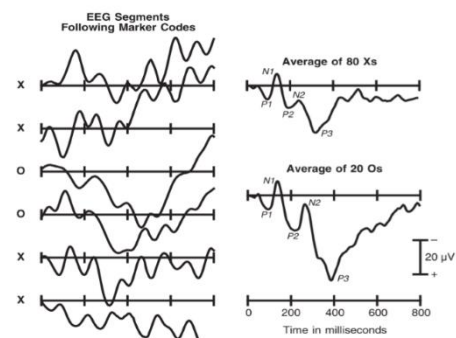
A. Primer oddball paradigme

Ispitanici posmatraju sekvence koje se sastoje od stimulusa, slova „X“, i „O“ i pritiskaju jedan taster za „X“, a drugi za „O“ (slova su npr. u odnosu 80:20). Izolovanje ERP-ova izazvanih stimulusima „X“ i „O“ se vrši na kraju svake sesije, jednostavnim usrednjavanjem (izraz 1 i izraz 2, gde $s(t)$ označava signal, dok $n(t,k)$ označava šum, k -označava broj pokušaja, t označava vreme koje je prošlo nakon k -tog pokušaja). Iz navedenih izraza 1 i 2 može se zaključiti da šum zavisi od specifičnog pokušaja i vremena, dok signal zavisi samo od vremena, takođe se da primetiti da se zajedno sa signalom šum usrednjava, tj. smanjuje se, ali ne u potpunosti (videti IV A).

Pomoću usrednjavanja postiže se uzimanje segmenata (epoha) iz EEG-a koji okružuju svaki „X“ i „O“ koji se potom postrojavaju u odnosu na marker kodove koji se nalaze na početku svakog stimulusa. Posle toga se odgovarajući segmenti sabere, kreirajući tako ERP-ove posebno za „X“ i „O“, za svako merno mesto (elektrodu).

U ovom eksperimentu, stimulus „O“ koji se ređe pojavljivao je izazvao veći P3 talas nego češći stimulus „X“.

Ovaj rezultat je identičan rezultatima hiljadu prethodnih Oddball eksperimenata. Pošto je ovaj eksperiment poprilično jednostavan i daje konzistentne rezultate, često se uzima za pokazni eksperiment.



Sl. 1. Usrednjavanje epoha EEG signala.

$$X(t, k) = s(t) + n(t, k) \quad (1)$$

$$X_{sr} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X(t, k) = s(t) + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N n(t, k) \quad (2)$$

III. REALIZACIJA

EEG signali su snimani pomoću elektroda. Primenjene su standardne elektrode sa srebro-hlorid presvlakom. U radu je opisan otpupak analogne i digitalne obrade signala, a detaljnije je prikazana softverska aplikacija za izdavanje ERP-ova, sa prezentacijom dobijenih signala.

A. Analogni modul

Signali sa elektroda se dovode na pojačavački blok čija je uloga potiskivanje smetnji, pojačanje EEG signala i filtriranje. Zaštitno kolo ima ulogu zaštite od elektrostatičkog pražnjenja.

Modul se sastoji od zaštitnog kola, prepojačavača, glavnog pojačavačkog stepena, izlaznog pojačavačkog stepena i DRL kola.

U predpojačavačkom stepenu pojačanje iznosi 12.2, a ukupno pojačanje iznosi 7812 puta. DRL kolo invertuje zajednički napon i dovodi ga na ručni zglobov ispitnika.

B. Digitalni modul

Modul za digitalizaciju baziran je na PIC mikrokontroleru i njegova uloga je digitalizacija pojačanog signala, prijem signala sa tastera reakcije ispitanika i zatim prenos digitalnih informacija ka poslednjem modulu - računaru za dalju obradu signala i njihovo skladištenje.

ERP aplikacija

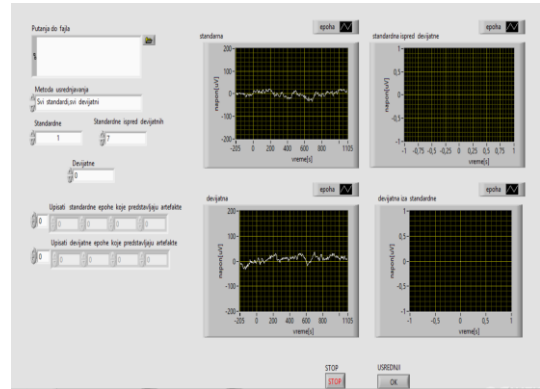
Pomoću ERP aplikacije su se podešavali parametri stimulacije. Prvo su se podešavali vremenski intervali kao što su trajanje intervala, trajanje epohe, prestimulusnog intervala, trajanje stimulusa... Posle toga je izvršeno podešavanje broja stimulusa i određivanje vrste stimulusa (auditivni ili vizuelni).

Posle podešavanja parametara stimulacije, EEG signali su snimani u csv fajlove, kako bi se mogla izvršiti daljna obrada signala i izdvajanje ERP-ova.

IV. APLIKACIJA ZA IZDVAJANJE ERP-ova

Pomoću aplikacije (sl.2) su čitani fajlovi u koje su snimljeni EEG signali. U svakom fajlu se nalaze podaci o stimulaciji, podaci o ispitaniku i dobijeni signali.

Broj standardnih i devijatnih epoha se razlikuju, u zavisnosti od izabranog odnosa standardnih i devijatnih stimulusa. Epoha u ovom slučaju predstavlja segment neobrađenog signala koji posle merenja ulazi u proces obrade, jedna epoha odgovara jednom stimulusu.

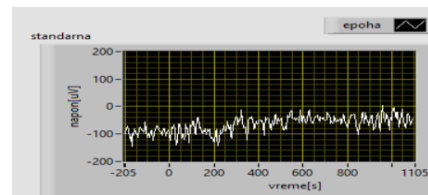


Sl. 2. Izgled aplikacije.

Učitani signali su prikazivani na različitim grafovima u zavisnosti od metode usrednjavanja (na slici iznad „metoda usrednjavanja“) i korisnikove selekcije određene epohe (na slici iznad slider-i „standardne“, „standardne ispred devijatnih“, „devijatne“). Metode usrednjavanja obuhvatale su dve metode - „svi standardni, svi devijatni“, „standardni ispred devijatnih“. Prva metoda podrazumeva da se uzmu sve epohe koje odgovaraju standardnim i devijatnim stimulusima, dok druga metoda obuhvata sve devijatne i standardne koji se nalaze neposredno ispred devijatnih.

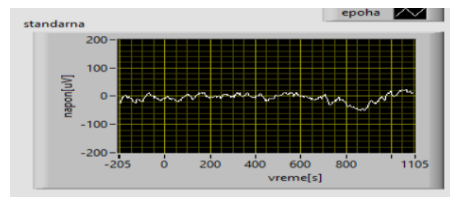
A. Artefakti

Kako bi signali koji predstavljaju artefakte odnosno signali koji su zahvaćeni šumom bili eliminisani korisniku je data mogućnost da ručno upiše te signale (sl 2.- polja za unos - „Upisati standardne epohe koje predstavljaju artefakte“, „Upisati devijatne epohe koje predstavljaju artefakte“). Uzroci artefakta mogu biti razni. Jedan od uzroka mogu biti nedovoljno pričvršćene elektrode, što dovodi do pojave artefakta u svim epohama (slika ispod).



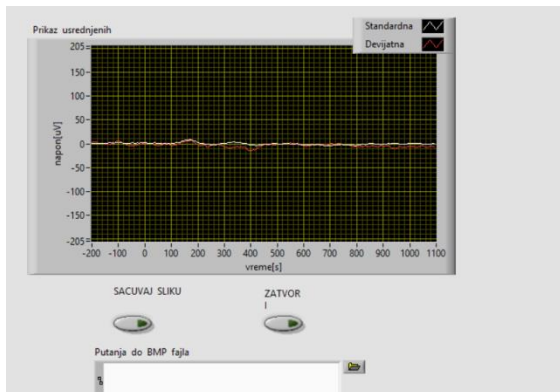
Sl.3 Druga standardna epoha gde je naročito vidljiv artefakt prouzrokovan nepravilno postavljenim elektrodama.

Veoma čest uzrok artefakta mogu biti treptaji koji imaju veću amplitudu u odnosu na EEG signal (slika ispod).



Sl. 4. Četvrta standardna epoha gde je izražen artefakt treptaja(npr. najizraženiji pik koji je usmeren na dole).

Nakon eliminisanja epoha koje predstavljaju artefakte vrši se izbor metode usrednjavanja posle čega se pritišće dugme za usrednjavanje (sl.2). Nakon pritiska dugmeta za usrednjavanje otvara se novi prozor gde su prikazani usrednjeni signali. Dobijena slika usrednjenih signala imala je mogućnost čuvanja (kako bi se mogli lakše uporediti dobijeni rezultati).



Sl. 5. Prikaz usrednjenih signala.

P300 komponenta se može vizuelno prepoznati kao ekstrem, minimum crvene krive (obratiti pažnju da se u ERP studijama negativni napon crta ka gore, zato je P odnosno pozitivni napon okrenut ka dole) i po tome što latenca P300 komponente iznosi od 300-500 ms. Potrebno je obratiti pažnju da ekstrem ponekad može biti artefakt (navedeni treptaj) zato je potrebno izvršiti validnu eliminaciju artefakta u prethodnom koraku.

V.ZAKLJUČAK

Kao što je već rečeno u uvodu, P300 i ostale ERP komponente postižu značajnu korelaciju sa određenim neurološkim poremećajima, što olakšava i ubrzava njihovu dijagnostiku. Npr, P300 komponenta se razlikuje kod pacijenata sa autizmom, ADHD-om, ASD-om i disleksijom (npr kod ASD-a prve komponente ERP-a imaju značajno veće amplitude i veće latence, u odnosu na uobičajne, dok kod P300 komponente dolazi samo do promene

latence). Takođe P300 komponenta je abnormalna, u ovom slučaju oslabljena kod sledećih oboljenja: šizofrenije, bipolarnog poremećaja i alkoholizma. ERP je u ovim slučajevima, pomoćna dijagnostička metoda u odnosu na metode za snimanje nervnog sistema, ali je veoma jednostavna, neinvazivna, dobre vremenske rezolucije i veoma pristupačne cene. Takođe P300 komponenta se koristi u BCI-ju (Brain computer interface), što je posledica toga što je P300 komponenta u zavisnosti sa primenjenim stimulusom.

A.Mogućnosti poboljšanje aplikacije obradu signala (izdvajanje ERP-ova)

Kako bi se olakšala primena aplikacije korisniku, mogla bi se uvesti automatska detekcija artefakata (npr. da se prepozna pik koji potiče od treptaja) ili eliminacija artefakata primenom filtriranja. Sledeći koraci koji bi se realizovali bili bi ručna ili automatska oznaka P300 komponente. Nakon čega bi se izračunavala latenca, amplitude standardne i latentne metode i dala bi se mogućnost čuvanja dobijenih podataka u excel fajlu kako bi se lakše procenila odstupanja od standardnih vrednosti.

LITERATURA

- [1] Sokhadze, Tato & Casanova, Manuel & Casanova, Emily & Lamina, Eva & Kelly, Desmond & Khachidze, Irma. (2017). Event-related Potentials (ERP) in Cognitive Neuroscience Research and Applications.
- [2] Lukas Vareka ,Pavel Mautner Self-organizing Maps for Event-Related Potential Data Analysis,2012
- [3] <https://www.brainlatam.com/blog/event-related-potentials-application-for-eeeg-brain-computer-interface-803>

ABSTRACT

This paper describes the extraction of ERP components from EEG signals using the averaging method. The recording mode is shown and the necessary instrumentation is given to record the EEG signal during stimulation. The software application for analyzing the results was implemented in the LabVIEW programming environment.

Development of virtual measure instrumentation in ERP software application

Natalija Vukosavljević, Stefan Mirković