

**ISTRAŽIVANJE EMOCIONALNIH POJAVA ZASNOVANO NA MERENJU EKG SIGNALA****RESEARCH OF EMOTIONAL PHENOMENA BASED ON THE MEASUREMENT OF THE ECG SIGNAL**

Anica Milovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – BIOMEDICINSKO INŽENJERSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazano istraživanje emocija zasnovano na merenju EKG signala. U implementaciji je korišćen uređaj Alive Heart Monitor i njegovog softver za akviziciju Matlab aplikacije. Na kraju su prikazani obrada, metode, rezultati i diskusija istraživanja

**Ključne reči** : biomedicinska instrumentacija, emocionalna stanja, kardiografija, kognitivne neuronauke.

**Abstract** – The paper presents the implementation of the solution for emotion phenomena based of the ECG signal measurement. The implementation used the device Alive Heart Monitor, it is software for acquisition and Matlab applications. Finally, the processing, methods, results and discussion of the research are presented.

**Ključne reči** : biomedical instrumentation, emotional phenomena, cardiology, cognitive neurosciences.

**1. UVOD**

Ovaj rad je podeljen na više podtema. U prvoj podtemi su sa stanovišta medicinske nauke uz pojedine tehničke dodatke objašnjeni pojmovi vezani za razumevanje elektrokardiografije (EKG). Izvučene su najosnovnije karakteristike iz ove oblasti radi lakšeg razumevanja daljeg rada i samog istraživanja. U drugoj podtemi je napravljen osvrt na deo koji je najviše vezan za emociju. Sa stanovišta psihologije su opisani pojmovi: regulacija emocija, biofeedback, primena biofeedbacka u sportu, pojmovi POMS i PANAS, emocionalna reaktivnost. U trećoj podtemi je opisan eksperimentalni sistem, korišćeni hardver i softver za potrebe istraživanja.

Četvrta podtema je vezana za istraživanje emocionalnih pojava zasnovano na snimanju EKG signala pomoću Alive EKG uređaja. U ovom delu su opisani: predmet (problem) istraživanja, dat je pregled vladajućih stavova i shvatanja u literaturi, obrazloženje o potrebama istraživanja, cilj istraživanja sa naglaskom na rezultate koji su se očekivali, metodologija rada (metode istraživanja, opis uzorka i dr.), mesto eksperimentalnog istraživanja, rezultati istraživanja, diskusija rezultata istraživanja. Sve podteme predstavljaju jednu celinu koju povezuju različiti fiziološki parametri i emocionalna stanja kod ljudi.

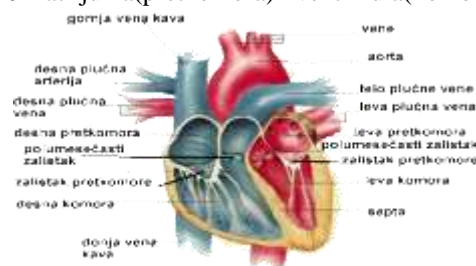
**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Platon Sovilj.

**2. Elektrokardiografija (EKG) i emocije**

Srce kao jedan od najvažnijih mišića u našem organizmu spada u grupu poprečnoprugastih mišića ali sa jednom bitnom razlikom-srce ne možemo svesno kontrolisati. Srce se nalazi u centralnom delu grudnog koša.

Srce je zapravo sastavljeno od dve odvojene pumpe: desno srce koje pumpa krv kroz pluća, i levo srce, koje pumpa krv kroz periferne organe. U stvari, svako od ova dva posebna srca je pulsirajuća pumpa sastavljena od dve šupljine – atrijuma (pretkomora) i ventrikula (komora).



Slika 1- Građa srca

**Emocije i regulacija emocija**

Postavlja se pitanje šta je emocija? Reč emocija predstavlja termin za koji psiholozi i filozofi pokušavaju da nađu tačno značenje, ali već dugi niz godina ne uspevaju u tome. U najbukvalnijem smislu definicija emocije bi bila „bilo koje uzrujanje ili uznemirenje uma, osećanja, strasti, bilo kakvo mentalno stanje besa ili nespokojstva“. Pod emocijom podrazumeva se osećanje i raznolikost mišljenja, psihološka i biološka stanja, kao i raspon raznovrsnih mogućnosti ponašanja. Postoji na stotine emocija, zajedno sa njihovim varijacijama, mutacijama i nijansama. Svakako, emocije su mnogo prefinjenije i lepše nego što postoje reči kojima bi se one ikada mogle opisati.

Regulacija emocija može se posmatrati u vidu automatskih/implicitnih i voljnih/eksplicitnih procesa, pri čemu se smatra da su i jedni i drugi podjednako korisni.

Automatska regulacija emocija se odnosi na registrovanje senzornog inputa koji dovodi do aktivacije određenih kognitivnih šema, koje dalje upravljaju emocionalnim reagovanjem individue.

Kod voljne regulacije je osoba svesna uzroka nastanka određene emocije, može da saopšti o afektivnoj promeni i ima mogućnost da sagleda efekte regulacije emocija na sopstveno ponašanje. Smatra se da proces voljne regulacije emocija vremenom može biti u određenoj meri automatizovan.

Uobičajena regulacija emocija oscilira između oba pola: po potrebi se mogu voljno angažovati određene strategije putem kojih regulišemo osećanja, ali se te iste strategije mogu aktivirati i bez ulaganja napora.

### **Varijabilnost Srčanog Ritma (HRV) i Respiratorna Sinusna Aritmija (RSA)**

**RSA** je prirodni ciklus promena ritma srca koji nastaje zbog uticaja disanja na aktivnost simpatičkog i parasimpatičkog nervnog sistema i nerva vagusa koji reguliše rad srca.

**HRV** je promena ritma srca od otkucaja do otkucaja, i ona može da nam posluži kao indirektna mera zdravlja srca jer pokazuje da li postoji dobar balans između aktivnosti simpatičkog nervnog sistema (ubrzavanje, aktivacija) i parasimpatičkog dejstva nerva Vagusa (usporavanje, relaksacija).

Veza između disanja i HRV je tesna. Uspostavljanje harmonije između disanja i rada srca dovodi i do veće RSA, što pozitivno utiče na zdravlje osobe. Studije pokazuju da kod vrhunskih sportista postoji visoka RSA i da imaju snažno dejstvo parasimpatičkog nervnog sistema (sposobnost opuštanja) što ih štiti od prekomerne aktivacije simpatičkog sistema pod stresom.

Uspostavljanje harmonije između disanja i rada srca dovodi i do veće RSA, pravilnijeg obrasca RSA koji prati sinusoidnu liniju disanja.

## **3. Eksperimentalni sistem**

### **3.1. Hardverski deo**

Alive Heart Monitor je uređaj koji je korišćen pri istraživanju emocionalnih stanja ispitanika, kako bi se prikupili EKG signali, slika 1. Ovaj uređaj omogućava snimanje EKG-a pri čemu podatke može da skladišti na SD karticu uređaja ili preko Bluetooth komunikacije da se prebaci na mobilni telefon, PDA ili računar za snimanje i analizu podataka u realnom vremenu.



Slika 1- Alive EKG uređaj

### **3.2. Softverski deo**

#### *Projektovanje u Matlabu*

Ovo istraživanje je zasnovano na pronalazenju veze između emocionalnog stanja pacijenta i varijabilnosti srčane frekvencije. Važnu ulogu u pronalazenju ove veze ima dejstvo i uticaj simpatikusa i parasimpatikusa na autonomni nervi sistem. Istraživanje je podeljeno u nekoliko faza:

- Prikupljanje podataka neophodnih za izvođenje samog eksperimenta
- Priprema programskog sistema u MATLABU koji će omogućiti realizaciju samog eksperimenta-pravljenje MATLAB GUI aplikacije
- Uspostavljanje sinhronizacije između Softvera Alive EKG uređaja i Matlab programskog sistema, kako bi se

uskladilo vreme snimanja podataka, budući da ova dva sistema nisu fizički povezana.

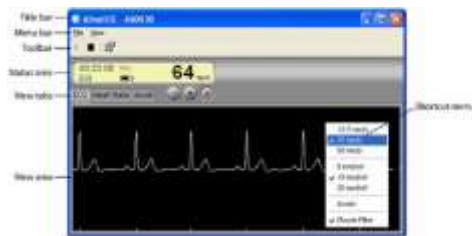
- Postupak izvođenja samog eksperimenta, snimanje podataka na ispitanicima
- Čuvanje podataka u Matlabu i čuvanje EKG signala u Softveru Alive EKG-a
- Svrstavanje, obrada i prikaz sačuvanih podataka, određivanje parametara od interesa, pregled, analiza i diskusija dobijenih rezultata, slika 2.



Slika 2. – Prikaz korisničkog interfejsa

### **Softver za Alive EKG uređaj**

Aplikacija ovog softvera poseduje 3 kartice. To su EKG kartica, Heart Rate kartica, i Accel kartica. EKG kartica prikazuje EKG signal u realnom vremenu kada je konektovan sa uređajem. Možemo da menjamo horizontalnu i vertikalnu skalu kao i da invertujemo EKG signal ili da uključimo filtriranje da bismo eliminisali artefakte koji nastaju usled mišićne kontrakcije ili šuma. Jasno izraženi PQRST talasi, karakteristični za EKG signale. Heart Rate kartica predstavlja prikaz otkucaja srca u kontinuitetu. Može se videti varijabilnost srčane frekvencije. Accel kartica predstavlja akcelerometrijske signale koji mere promenu ubrzanja u pravcu x, y i z osa. Beleži se svako pomeranje ili drmanje uređaja i prikazuje se kao promena po nekoj od osa, slika 3.



Slika 3. Izgled softvera za Alive EKG uređaj

## **4. Istraživanje**

### **4.1 Definisane i opis predmeta istraživanja**

Merenje varijabilnosti srčanog ritma predstavlja veoma značajan parametar za ispitivanje funkcija autonomnog nervnog sistema, različitih pojava kao što su dijabetes, hipertenzija i ostale kardiovaskularne bolesti, svakodnevni stres, regulacije emocija, anksioznost... Još odranije je poznata njegova važnost, ali tek u poslednje vreme sa napretkom tehnologije ovom fenomenu se pridaje sve veći značaj.

Upravo zbog svoje neinvazivnosti i jednostavnosti snimanja (EKG), analiza varijabiliteta srčane aktivnosti kao pokazatelj funkcionisanja autonomnog nervnog sistema, je metoda koja se zadnjih nekoliko godina široko primenjuje u različitim istraživačkim područjima.

U različitim studijskim istraživanjima su korišćene različite metode uspostavljanja korelacije između varijabilnosti srčane frekvencije i emocionalnog stanja ispitanika kako bi se došlo do određenih saznanja. Problem ovog istraživanja predstavlja utvrđivanje relacija između pojedinih parametara EKG signala i odgovarajućih parametara koja opisuju emocionalna stanja ispitanika. Dejstvo autonomnog nervnog sistema je određeno dejstvom simpatikusa i parasimpatikusa. Iz tog razloga je napravljen poseban osvrt na izučavanje parametara srčane frekvencije koja daju informacije o dejstvu simpatikusa i parasimpatikusa.

#### 4.2. Pregled vladajućih stavova i shvatanja u literaturi

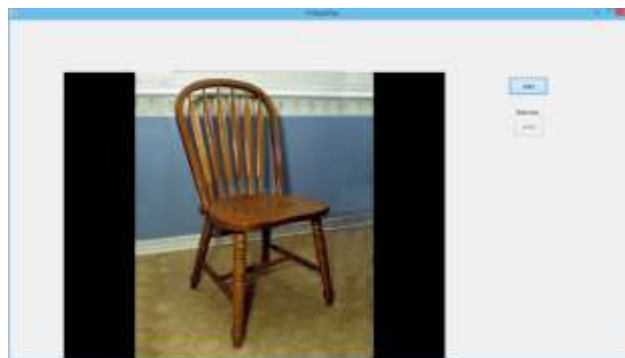
Studije predlažu da je vagusni nerv odgovoran za varijabilnost srčane frekvencije unutar respiratornog frekvencijskog opsega. Obim osetljivosti osobe na telesne signale ("Intracitivna svest") igra značajnu ulogu u mnogim teorijama vezanim za emocije baš kao što je predložio James (1884), Schachter i Singer (1962) ili Damasio (1994, 1998). Villiam Džejms je bio jedan od prvih koji je postulirao da "Telesne promene neposredno prate percepciju uzbuđljivog, i da se naša osećanja istovremeno menjaju kako se dešavaju emocije" (1884). Ukratko, osećamo emocije jer one percipiraju naše telesne reakcije (vidi Bennett i Hacker, 2005).

Primer za nedavnu psihološku teoriju, koja uključuje povratne informacije od perifernog nervnog sistema, je hipoteza od Damasia i saradnika (Damasio, 1994, 1998, Damasio i sar., 2000) gde autori govore o obaveznoj telesnoj povezanosti osećaja tvrdeći da je "telo glavna baza za emocije direktno ili preko svojih reprezentacija u somatosenzornim strukturama mozga" (Damasio, 1998, str. 287). Nekoliko studija utvrdilo je pozitivnu vezu između interceptivne svesnosti i iskustva emocija, gde su emocije uglavnom procenjene upitnicima (Crichtley et al., 2004; Ferguson i Katkin, 1996; Schandri, 1981).

#### 4.3 Metodologija rada

U istraživanju su učestvovala 34 studenta sa četvrte godine osnovnih akademskih studija biomedicinskog inženjerstva, Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Pola ispitanika je bilo muškog pola, a pola ženskog. Starost ispitanika kretala se u rasponu od 22 do 24 godine. Istraživanje je sprovedeno tokom letnjeg semestra 2018. godine i sastojalo se iz nekoliko faza. Testiranje je vršeno pojedinačno na svakom ispitaniku u posredno opremljenoj laboratoriji na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Eksperiment je zamišljen tako da se istovremeno vrši snimanje EKG signala pomoću ovog uređaja i pušta GUI aplikacija u Matlabu. Nakon završenog eksperimenta istovremeno čuvamo podatke sa uređaja i čuvamo sve podatke vezane za softver koji prikazuje fotografije. Takođe mora se voditi računa o sinhronizaciji uređaja i Matlab GUI aplikacije, jer njih dvoje nisu fizički povezani. Alatka za stimulaciju emocija u ovom istraživanju je IAPS (International Affective Picture System), koja se trenutno koristi u različitim istraživačkim oblastima uključujući i procenu ljudskih emocija na osnovu dodele eksperimentalnih zadataka (Britton et al., 2006). Odabrane IAPS fotografije su pokazivane ispitanicima po 5 sekundi svaka fotografija, slika 4, i nakon pokazivanja same fotografije sledi period

odmora od 10 s namenjen za unos dva broja sa tastature. Unos brojeva se kreće u rasponu od 1-5, ti brojevi su se koristili za procenu SAM-a. Prvi broj je predstavljao skor valence, a drugi broj je predstavljao skor uzbuđenja. SAM je sistem koji se koristi za procenu emocionalnih reakcija na fotografije sa crteža koje obezbeđuje IAPS.



Slika 4. Prikaz fotografija

#### 4.4 Obrada podataka

Merenje ukupnog varijabiliteta obuhvata varijansu IBI intervala (inter-beat-interval) kao i SDNN koja predstavlja standardnu devijaciju između dva otkucaja srca (IBI). Takođe izračunat je i parametar srednje vrednosti IBI. IBI predstavlja razliku između dva otkucaja srca odnosno razliku između RR intervala.

Pored određivanja ova dva parametra određen je i parametar pnn50. On bliže određuje promene u srčanoj aktivnosti koja je povezana sa respiratornim funkcijama (udisaj-izdisaj). MSD predstavlja srednju vrednost razlike dva uzastopna IBI intervala. RMSSD je kvadratni koren srednje vrednosti kvadrata uzastopnih razlika IBI. Ova 3 parametra predstavljaju uticaj parasimpatičkog nervnog sistema na varijabilnost srčanog ritma. Poankareovi plotovi ili Lorencovi plotovi predstavljaju geometrijsku i nelinearnu analizu za procenu dinamičke varijabilnosti srčanog ritma.

Za svaki plot je određeno SD1, SD2, Površina elipse, CVI, CSI, odnos SD1/SD2

SD1 predstavlja rastojanje duž kraće ose između IBI intervala odnosno predstavlja širinu. Računa se po sledećoj formuli  $SD_1 = \text{var}(x_1)$

SD2 predstavlja rastojanje duž veće ose između IBI intervala odnosno predstavlja dužinu. Računa se po sledećoj formuli  $SD_2 = \text{var}(x_2)$

CVI parametar predstavlja meru koja više reflektuje parasimpatikus, dok parametar CSI predstavlja indikator simpatikusa.

#### 5. Rezultati istraživanja i diskusija

Na osnovu dobijenih parametara možemo da primetimo da poput istraživačkog rada od autora Allena, CSI (index simpatikusa) ima negativne korelacije sa ostalim merama. To smo i očekivali zbog dejstva simpatikusa.

Ako posmatramo korelacije između subjektivnih procena emocija i fizioloških parametara, po uzoru na Choi, dobili smo značajne korelacije između valence i IBI intervala. To možemo da zaključimo na osnovu vrednosti p-nivoa koje su veće od uobičajenih vrednosti. U slučaju kada su nam dobijene vrednosti neke statistike manje od 0.05 ili 0.01 kazemo da je naša analiza statistički značajna.



Prema Chouiu značajne korelacije su na nivou  $<.10$  iako to ne odgovara naučnim standardima. Možemo da tvrdimo da je nešto statistički značajno ukoliko je  $p <.05$  ili  $p <.01$ . Inerpretacija podataka od autora Choi i naših podataka bi bila da postoji tendencija o pozitivnoj vezi između subjektivnog doživljaja koje osoba ima kada posmatra negativne, nesrećne fotografije i IBI intervala. To smo zaključili ovim istraživanjem. Veću značajnost bismo dobili da smo imali veći broj uzoraka, pa vrednosti koje su približno značajne ( $p <.10$ ) možemo da interpretiramo kao potencijalno značajne na većem broju uzoraka.

Tabela 1. Prikaz parametara za svakog ispitanika, pri čemu su odgovarajući parametri dobijeni iz Poankareovog plot

SD1	SD2	S	Odnos sd1 i sd2	CVI	CSI
97.79833	165.0957	56652.06	0.591828	9.688512	1.689679
86.0556	140.5127	37968.59	0.61244	9.400292	1.632813
101.5405	117.7797	37552.56	0.862122	9.389274	1.159928
116.9537	146.139	53689	0.799968	9.746741	1.25605
36.39415	132.8867	15185.97	0.273874	8.483905	1.651319
97.18567	150.6219	45964.23	0.645229	9.591396	1.549836
59.62415	160.5918	30065.96	0.371278	9.166926	2.693401
61.55382	129.7667	25081.18	0.474342	8.98565	2.108183
41.17305	88.18584	11401.13	0.466896	8.197245	2.141803
94.98908	150.6104	44921.92	0.630694	9.568458	1.585555
38.63609	126.8354	15387.33	0.304616	8.497077	1.282821
70.87845	123.6563	27520.73	0.573189	9.078472	1.744624
47.36131	136.9315	29363.7	0.345876	8.777286	2.891209
87.51441	202.8311	55737.03	0.431464	9.784177	2.317688
44.44603	103.9788	14511.33	0.427453	8.438463	2.33944
132.2125	144.362	59951.37	0.915838	9.856733	1.091896
156.9879	382.103	188354.6	0.410852	11.00186	2.433965
148.4282	246.8213	115034.7	0.601359	10.50877	1.6629
94.98908	150.6104	44921.92	0.630694	9.568458	1.585555
49.95853	126.0663	19776	0.396288	8.748002	2.523419
38.63609	126.8354	15387.33	0.304616	8.497077	1.282821
97.6846	136.3249	41814.87	0.716557	9.496785	1.395562
70.87845	123.6563	27520.73	0.573189	9.078472	1.744624
29.1497	71.35474	6531.104	0.408518	7.640308	2.447872
47.36131	136.9315	29363.7	0.345876	8.777286	2.891209

## 6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Percepcija visceralnih signala igra ključnu ulogu u mnogim teorijama emocija. Ova studija je dizajnirana da istraži odnos između intraceptivne svesti, emocionalnog iskustva i reakcija srčane frekvencije u paradigmi emocionalne stimulacije.

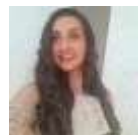
Ovim istraživanjem je ispitivana tačnost HRV kao alata za procenu ljudskih emocija. Rezultati ovih istraživanja su pokazali da HRV mogu da odražavaju ljudske emocije samo kad je emocionalna stimulacija relativno jaka. Istraživanja procenjuju da za ljudske emocije treba koristiti jaku emotivnu stimulaciju. RRI je korišćen kao indeks HRV. Autonomni nervni sistem koji kontroliše srčani ritam i RRI mogu da se promene kada valence između simpatičkog nerva i parasimpatičkog nerva budu promenjene usled stimulacije emocija. Istraživački rad ukazuje na to da fotografije sa visokim vrednostima uzbuđenja imaju tendenciju ka dobijanju značajnih rezultata statističke analize. Da je ispitivanje vršeno na većem broju ispitanika, ispitivane korelacije bi bile značajnije.

Dodatna objašnjenja vezana za dalju problematiku iz ove oblasti, kao i pronalaženje parametara vezanih za respiratornu sinusnu aritmiju (RSA) mogu se pronaći u [1], gde je istraživana uticaj RSA na promenu srčane varijabilnosti prouzrokovan emocionalnim stimulusima. Studije predlažu da je vagusni nerv odgovoran za varijabilnost srčane frekvencije unutar respiratornog frekvencijskog opsega.

## 7. LITERATURA

- [1] John J. Alen, Andrea S. Chambers, David N. Towers "The many metric of cardiac chronotropy: A pragmatic primer and brief comparison of metric" University of Arizona, United States 2006.
- [2] Mazhar B. Tayel, Eslam I. AlSaba "Poincare Plot for Heart Rate Variability" International Journal of Biomedical and Biological Engineering Vol:9, No:9, 2015
- [3] Christoph Guger "Heart Rate Variability" Biomedical engineering program, 2004
- [4] "Heart rate response after emotional picture presentation is modulated by interoceptive awareness" - Olga Pollatos \*, Beate M. Herbert, Ellen Matthias, Rainer Schandry - Department of Psychology, University of Munich, Germany
- [5] Heart rate variability response to alcohol, placebo, and emotional picture challenges: Effects of 0.1-Hz stimulation - Evgeny G. V., a Marsha E. B., a, b Bronya V., a Paul L., Tomoko U., Eun and SUCHISMITA RAY - Center of Alcohol Studies, Rutgers, The State - University of New Jersey, Piscataway, New Jersey, USA
- [6] Tan, G., Thornby, J., Hammond, C.D., Strehl, U., Canady, B., Arnemann, K., Kaiser, A.D. (2009): Meta-Analysis of EEG Biofeedback in Treating Epilepsy, Clinical EEG and Neuroscience, 40(3), 173-179
- [7] Backs, R.W., da Silva, S.P., Han, K., 2005. A comparison of younger and older adults' self-assessment manikin ratings of affective pictures. Exp. Aging Res. 31 (4), 421-440.
- [8] Caicedo, D.G., van Beuzekom, M., 2006. "How do you feel?" An assessment of existing tools for the measurement of emotions and their application in consumer products research. Delft University of Technology Department of Industrial Design
- [9] Desmet, P., 2003. Measuring emotion: development and application of an instrument to measure emotional responses to products, pp. 111-123.
- [10] Lang, P.J., Bradley, M.M., Cuthbert, B.N., 1999. International Affective Picture System (IAPS). Instruction Manual and Affective Ratings, Technical Report A-4.

## Kratka biografija



**Anica Milovanović** rođena je u Novom Sadu 1995. godine. Diplomirala je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na studijskom programu Biomedicinsko inženjerstvo 2017 godine. Master rad iz oblasti biomedicinskog inženjerstva, odbranila je 2018. godine.