

RAČUNALNI SUSTAVI ZA GENERIRANJE MULTIMEDIJSKIH POBUDA U PSIHOTERAPIJI

COMPUTER SYSTEMS FOR MULTIMEDIA STIMULI GENERATION IN PSYCHOTHERAPY

Marko Horvat¹, Marko Dobrinić², Matej Novosel²

¹Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska

²Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska, Student

Sažetak

Učinkovit, točan i brz postupak generiranja multimedijских pobuda, implementiran kao računalni sustav, je izrazito koristan domenskim stručnjacima iz područja psihologije, psihijatrije i neuroznanosti u odabiru i prikazivanju sekvenci pobuda, te kao pomoć pri estimaciji kognitivnih i afektivnih parametara ispitanika. Prvenstveni cilj ovog rada je predstaviti računalni sustav za generiranje multimedijских pobuda i neurofeedback kojeg su razvili autori. Računalni sustav koristi se u sprezi s afektivnim bazama afektivne multimedije, a namijenjen je za istraživanje emocija i pažnje, te za neke oblike psihoterapije s bihevioralnom komponentom. Računalni sustav generatora multimedijских pobuda ispitan je u eksperimentu elicitanje emocija u virtualnoj stvarnosti sa 6 ispitanika. Pri tome je korišten eMotiv EPOC+ 14-kanalni mobilni EEG i HTC Vive uređaj za virtualnu stvarnost. Slikovne pobude preuzete su iz baze afektivne multimedije NAPS te su generirane dvije sekvence s ukupno 20 slika za elicitanje osnovnih emocija tuđe i sreće. Rezultati eksperimenta potvrđuju ispravnost dizajna i implementacije računalnog sustava generatora multimedijских pobuda.

Ključne riječi: baze podataka, multimedija, emocije, neurofeedback, afektivno računarstvo

Abstract

Effective, accurate and fast process of multimedia stimuli generation, implemented as a computer system, is very useful to domain specialists in the fields of psychology, psychiatry and

neuroscience in selecting and displaying excitation sequences, and as an aid in estimating the cognitive and affective parameters of the subject. The primary purpose of this paper is to present a computer system for multimedia stimuli generation and neurofeedback developed by the authors. The computer system is used with affective multimedia databases and is intended for research of emotions and attention, and for some types of psychotherapy with a behavioral component. The computer system was tested in an emotion elicitation experiment in virtual reality environment with 6 subjects. The eMotiv EPOC + 14-channel mobile EEG and HTC Vive virtual reality device were used. The pictorial stimuli were downloaded from the NAPS affective multimedia database and two sequences were generated with a total of 20 pictures to elicit the basic emotions of sadness and happiness. The results of the experiment confirm the correctness of the design and implementation of the computer system of the multimedia stimuli generator.

Keywords: databases, multimedia, emotion, neurofeedback, affective computing

1. Uvod

1. Introduction

Bilo koja multimedijска datoteka može generirati pozitivne, negativne ili neutralne emocije, različitog intenziteta i trajanja [1]. U tom spontanom i složenom neurološkom procesu multimedijсke datoteke s modeliranim semantičkim i afektivnim značenjem koriste se za ciljano pobuđivanje emocionalnih reakcija.

Izlaganje pobudama ima brojne primjene u kognitivnim znanostima i afektivnom računarstvu, ali prvenstveno u psihologiji, psihijatriji i neuroznanosti [2]. Psihoterapeutske postupci pronalaze korist u uporabi računalnih sustava jer omogućuju puno veću individualizaciju, okrenutost prema korisniku, a time i efikasnost postupka. Osim toga računalni sustavi za primjenu u psihoterapiji smanjuju utrošak vremena terapeuta, povećavaju fleksibilnost i reduciraju ukupne troškove [3].

U ovom radu autori su razvili računalni sustavi za generiranje multimedijских pobuda s primjenom u neurofeedback psihoterapiji. Sustav je optimiran za uporabu 14-kanalnim mobilnim elektroencefalografskim (EEG) uređajem te omogućuje vremenski istodoban prikaz zvučnih pobuda i bežično snimanje EEG signala. Prikupljeni podaci su vremenski sinkronizirani i u stvarnom vremenu pohranjuju se u relacijsku bazu sustava.

Razvijeni generator multimedijских pobuda je besplatan za korištenje od strane akademske zajednice. Generator multimedijских pobuda ispitan je u eksperimentu izazivanja emocionalnih stanja u okruženju virtualne stvarnosti (VR). U ovo vrijeme izrada 3D aplikacija nikad nije bila pristupačnija. Uz mnoštvo odabira između razvojnih okruženja i modela licenciranja na tržištu jedno od okruženja koje se je konstantno iskazivalo vrhunskom kvalitetom je Unreal Engine [4]. Ovo okruženje omogućava integriran razvoj i ispitivanje VR te ima postojeće, standardizirane ali promjenjive parametre za rad s VR-om i specijaliziran je za izradu 3D aplikacija. Zbog svih navedenih kvaliteta izabrano je okruženje Unreal Engine.

U sljedećem poglavlju opisane su baze afektivne multimedije, njihova svrha i primjena. U trećem poglavlju predstavljeni su psihoterapijski postupci s posebnim osvrtom na primjenu računalnih sustava.



Slika 1: Primjeri emocionalno neneutralnih pobuda iz baze NAPS

Figure 1: Examples of emotionally non neutral stimuli from the NAPS database

U četvrtom poglavlju predstavljena je računalna aplikacija za generiranje multimedijских pobuda i neurofeedback. Aplikacija je optimirana za rad s eMotiv EPOC+ mobilnim 14-kanalnim EEG uređajem [5]. Nakon toga opisan je eksperiment elicitacije i estimacije emocija pomoću virtualne stvarnosti. Na kraju rada nalazi se zaključak u kojemu se sažimaju rezultati i budući razvoj korištenih tehnologija.

2. Baze afektivne multimedije

2. *Affective multimedia databases*

Baze afektivne multimedije nisu relacijske baze u standardnom smislu već datotečni multimedijски repozitoriji [6]. One sadržavaju slike, zvukove, tekst ili videoisječke s označenim semantičkim i afektivnim sadržajem koji su namijenjeni upravljanoj izazivanju emocionalnih stanja. Zbog ove namjene dokumenti u bazama afektivne multimedije nazivaju se i pobude, pa se stoga ove baze skraćeno nazivaju i bazama pobuda, odnosno bazama multimedijских pobuda. Njihova primjena je najčešća u psihologiji, psihofiziologiji i neurologiji za istraživanje emocija i pažnje [6] [7]. Dvije karakteristične osobine razlikuju baze afektivne multimedije od drugih repozitorija multimedijских podataka: 1) svrha ili namjena multimedijских dokumenata, i 2) modeli emocija koji opisuju multimedijские dokumente [3]. Za razliku od emocija, semantika je neekspresivno opisana ključnim riječima bez nadziranog rječnika. Najčešće za svaki dokument koristi se samo jedna ključna riječ za koju su eksperti koji su izradili bazu smatrali da je najznačajnija za opis značenja pobude. U najnovijim bazama poput NAPS [8][9] semantika je opisana s više riječi i diskretnom semantičkom kategorijom. Sve baze za modeliranje i opis emocija koriste diskretni i dimenzijski modeli emocija [6][10]. Afektivne oznake opisuju očekivano emocionalno stanje subjekata koji su izloženi dokumentima. Tipični primjeri emocionalno neneutralnih pobuda iz baze NAPS prikazani su na Slici 1.

Tehnička implementacija baze afektivne multimedije je vrlo jednostavna i sastoji od pretinca s multimedijским datotekama i prateće tekstualno formatirane datoteke koja opisuju semantiku i emocije pripadnih datoteka [6][7]. Datoteke su indeksirane pomoću njihovog

jedinstvenog naziva, npr. kod baze NAPS Landscapes_161_h.jpg, Animals_001_h.jpg, Faces_002_v.jpg, Objects_075_h.jpg, itd. Makar gotovo tehnički rudimentaran takav mehanizam omogućuje učinkovito dohvaćanje pobuda temeljem njihovog jedinstvenog identifikatora, te semantičkog ili afektivnog opisa [6][7].

Uporaba baza afektivne multimedije je vrlo naporna i vremenski zahtjevna aktivnost [3]. Provedeno istraživanje o načinima uporabe baza afektivne multimedije pokazalo je da čak 86,67 % istraživača želi dohvaćati multimedijские pobude brže i efikasnije [11]. Za izradu jedne sekvence istraživačima je prosječno bilo potrebno 1-2 sata (26,67 %), 2-6 sata (13,33 %) ili čak više od 12 sati (20 %). Sekvence pobuda se u praksi izrađuju pretežno ručnim pregledavanjem baza pobuda, bez pomoći bilo kakvih računalnih alata. Jasna većina sudionika ankete (83,33 %) smatrala je da su računalni sustavi za generiranje pobuda korisni ili vrlo korisni u njihovom radu. Navedeni rezultati nedvosmisleno podupiru motivaciju za razvoj računalnih sustava za generiranje multimedijских pobuda [11] i unaprjeđenje modela baza afektivne multimedije. U potonjem smislu, napravljeni su već neki pomaci kao što je izrada formalnog modela integriranog znanja pobuda [12] primjenom računalnih ontologija, te razvoja mrežnog alata za kolaborativno označavanje semantike pobuda pomoću semantičke mreže WordNet [13]. Ovi pristupi imaju za cilj postići semantički ekspresivan opis pobuda i omogućiti efikasno dohvaćanje multimedije.

3. Računalni sustavi u psihoterapiji

3. *Computer systems in psychotherapy*

Terapija izlaganjem (engl. Exposure therapy, ET) je često korišten oblik kognitivno-bihevioralne psihoterapije (engl. Cognitive behavioral therapy, CBT) s ciljem mijenjanja osobnih stavova, očekivanja, vjerovanja i drugih elemenata kognicije, a u bihevioralnom dijelu može koristiti slikovne i zvučne pobude [3]. Koristi se za smanjenje straha i anksioznosti, a temelji na postupcima habituacije i kognitivne disonancije. ET spregnut s tehnikama virtualne stvarnosti (engl. Virtual reality, VR) naziva se VR terapija izlaganjem (engl. Virtual reality exposure therapy, VRET).

U posljednjih desetak godina računalni sustavi sa potporom za VR i psihofiziološka mjerenja uspješno se koriste u liječenju negativnih psiholoških posljedica borbe kao što je posttraumatski stresni poremećaj (PTSP) (npr. [14][15][16]). Računalni sustavi koriste se i u CBT postupcima nad vojnim osobljem [17]. Zbog svoje rastuće popularnosti CBT spregnut s računalnim sustavima smatra se zasebnom podvrstom CBT-a, te se računalno potpomognut CBT (engl. Computerized CBT, CCBT) [18]. Na taj način VRET možemo smatrati oblikom CCBT. Trenutno najčešće korišteni oblik CBT za prevenciju mentalnih bolesti i poteškoća izazvanih stresom je doziranje izlaganje stresu (engl. Stress inoculation training, SIT) [19]. Također, osim navedenih oblika prevencije, postoji i cijeli niz terapijskih postupaka liječenja mentalnih bolesti uzrokovanih stresom uključujući, danas vrlo popularne, biofeedback i neurofeedback [20]. Upravo u ova posljednja dva spomenuta postupka računalni sustavi imaju vrlo važnu ulogu. Dapače, njihova uspješnost ovisi o kvaliteti računalnih sustava za njihovu implementaciju i generiranje multimedijjskih pobuda.

4. Generator pobuda za neurofeedback

4. Stimuli generator for neurofeedback

Cilj ovog istraživanja bio je razvoj inovativne računalne aplikacije za generiranje multimedijjskih pobuda u psihoterapiji postupkom neurofeedbacka. Ispravnost rada aplikacije utvrđena je uz pomoć specijalista psihologa, stručnjaka za EEG, te certificiranih biofeedback i neurofeedback terapeutata, iz „Hrvatske udruge za biofeedback i primijenjenu psihofiziologiju“. Za EEG mjerenja i neurofeedback komponentu korišten je eMotiv EPOC+ 14-kanalni prijenosni EEG uređaj [5]. Ovaj uređaj jedan je od rijetkih komercijalno dostupnih rješenja koje zadovoljava većinu potrebnih standarda kliničkog elektroencefalograma (Slika 2) [21]. Razvijen je za upotrebu pri naprednim sučeljima računalno-mozak (engl. Brain-Computer Interface, BCI) i za neurološka istraživanja.

Općenite tehničke karakteristike korištenog EEG uređaja navedene su u Tablici 1.

Tablica 1: Općenite tehničke karakteristike eMotiv EPOC+ 14-kanalnog prijenosnog EEG uređaja

Table 1: General technical characteristics of eMotiv EPOC+ 14 channel mobile EEG device

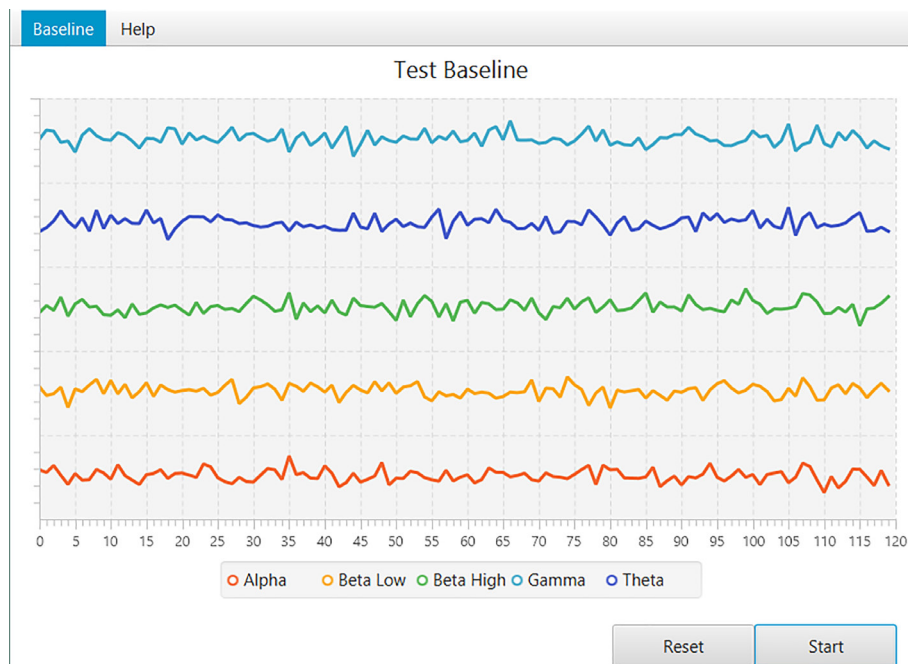
Sučelje: Jednostruki ADC (analog-to-digital konverter)
Brzina uzorkovanja: 128 SPS ili 256 SPS (engl. <i>syntactic positive shift</i>), 2048 Hz interno
Rezolucija: 14 bit 1 LSB = 0.51 μ V
Frekvencijski raspon: 0.2 – 43 Hz, digitalni filteri na 50Hz i 60Hz
Filteri: ugrađeni digitalni Sinc filter 5. reda
Dinamički raspon: 8400 μ V (pp) – input
Bežična komunikacija: Bluetooth Smart
Baterija: do 12 sati korištenja putem vlastitog bežičnog prijenosa

Prilikom izrade aplikacije naglasak razvoja bio je na raščlambi dolaznih elektroencefalografskih signala koje je kasnije moguće interpretirati kroz seriju psiholoških testova i odgovarajuću analitičku obradu. Aplikacija se zasniva na ideji mentalnog procesuiranja eksternog podražaja (pobude) od strane korisnika, u ovom slučaju glazbe, gdje korisnik može samostalno birati datoteku i mjeriti utjecaj podražaja kroz vrijeme. Sustav mjerenja je definiran kroz pet osnovnih elektroencefalografskih kanala koje Emotiv EPOC+ uređaj detektira na 14 ulaza u diskretnim vremenskim razmacima od 0,5 sekundi. Pošto se korisniku omogućuje samostalno biranje glazbe, u mogućnosti je unijeti i arhivirati svako snimanje, odnosno svaki test.



Slika 2: eMotiv EPOC+ prijenosni EEG uređaj korišten za razvoj računalne aplikacije i mjerenja

Figure 2: eMotiv EPOC+ mobile EEG device used for development of the computer application and experiment



Slika 3: Sučelje za kalibraciju EEG mjerenja

Figure 3: User interface for calibration of EEG measurements

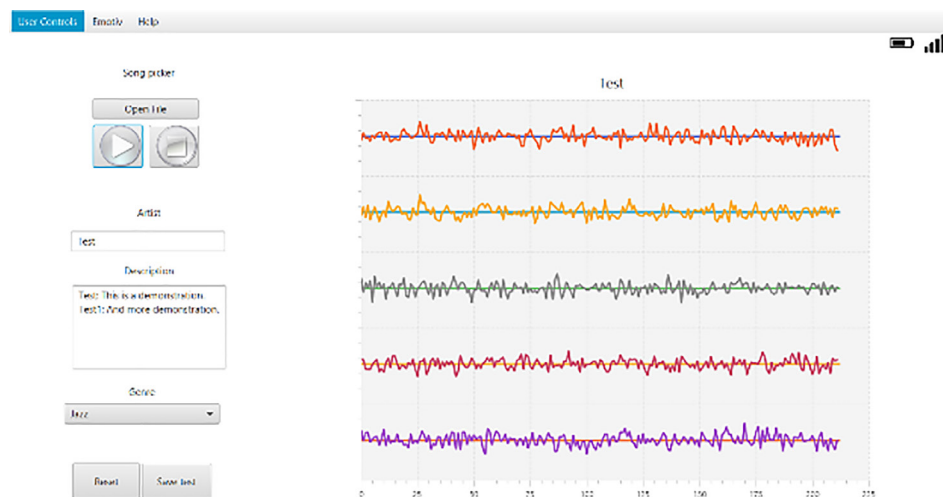
Prije početka snimanja, korisnik radi kalibraciju, odnosno osnovno mjerenje na temelju kojega će se dobiti podaci mjereni usporedno s rezultatima podražaja prilikom slušanja glazbe. Nakon tog procesa, moguće je pristupiti prozoru s analizom, gdje se prikazuje usporedba dvaju valova (u ovom slučaju osnovnog mjerenja i testnog mjerenja) i na temelju toga izvlače zaključci.

Prilikom svakog pokretanja aplikacije korisnik se mora autentificirati kako bi mogao pristupiti aplikaciji. Nakon što korisnik pristupi aplikaciji, pokreće se kalibracija gdje se od korisnika traži dvije minute prikupljanje osnovnog (engl. baseline) EEG signala (Slika 3), koji će se u daljnjem korištenju aplikacije analizirati zajedno s mjerenjima testa.

Nakon snimanja korisnik može izabrati spremanje rezultata ili ponovnu kalibraciju, kao i potpuno preskakanje kalibracije, u čijem slučaju se koristi zadnje snimljeno mjerenje.

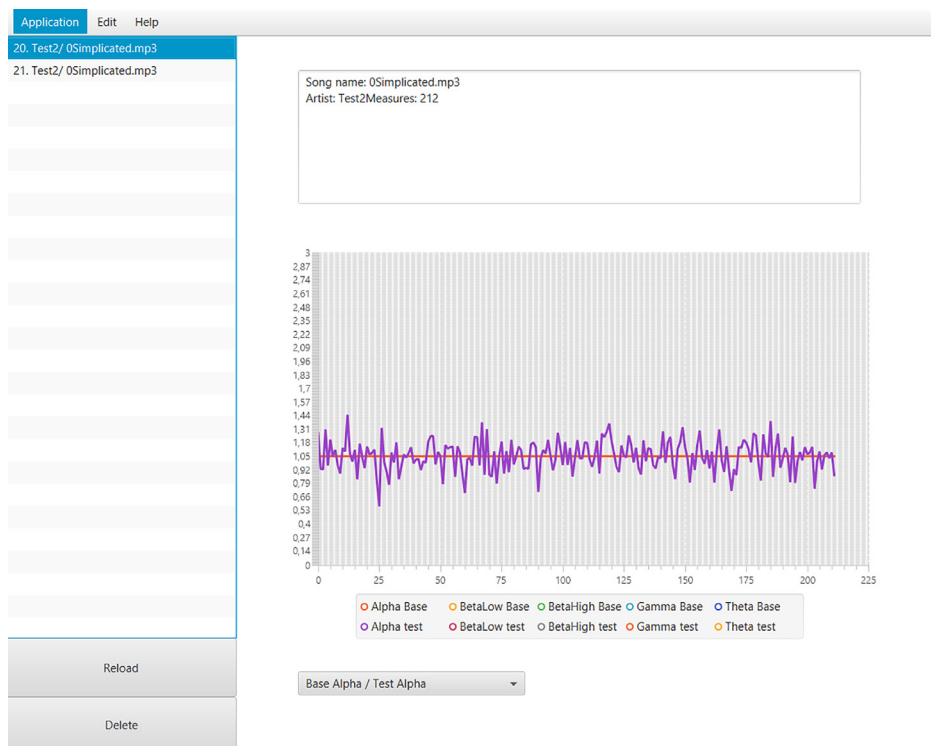
Prikaz glavnog sučelja aplikacije (Slika 4) podijeljen je u dva segmenta: tehnički dio s MediaPlayer elementom i opisima glazbe te grafički dio iscrtavanja mjerenja u linijskom grafu.

Elementi su razmješteni redosljedom kojem korisnik intuitivno unosi podatke, bira žanr glazbe kao i datoteku s glazbom te pokreće EEG mjerenje. Nakon toga na desnoj strani sučelja započinje iscrtavanje grafa izmjerenih podataka koji se zapisuju u relacijsku bazu u stvarnom vremenu.



Slika 4: Prikaz glavnog sučelja i EEG mjerenja u stvarnom vremenu

Figure 4: Main user interface with EEG measurements in real-time



Slika 5: Sučelje za analizu EEG mjerenja

Figure 5: User interface for EEG measurements analysis

U bilo kojem trenutku korisnik može zaustaviti mjerenje te početi ispočetka. Nakon odrađenih testova, klikom na izbornik „User Controls“, korisnik može pristupiti analizi svakog testa i pregledavanju prikupljenih rezultata. Unutar sučelja za analiziranje testova, prikazanog na Slici 5, dostupna je lista svih testova pohranjenih u bazi podataka. Klikom na neki objekt liste, desna strana sučelja se dinamički mijenja i puni sadržajem tog testa. Nakon završetka razvoja aplikacije pristupilo se njezinom ispitivanju.

U tu svrhu organiziran je eksperiment elicitanje emocija sreće i straha pomoću slikovnih pobuda iz baze NAPS [8]. Korišteni su podaci o diskretnim emocijama NAPS BE [9] te je izdvojeno 10 slika s najvećim iskazanom emocijom straha (fear) i 10 slika s najvećom iskazanom diskretnom emocijom sreće (happiness). Iz slika formirane su dvije sekvence tako da se svaka pojedinačna slika prikazuje 10 sekundi s 30 sekundi pauze između dvije slike. Tijekom pauze prikazuje se neutralna pobuda (prazan ekran).



Slika 6: Provedba eksperimenta elicitanje i estimacije emocija u virtualnoj stvarnosti s eMotiv EPOC+ EEG uređajem

Figure 6: Emotion elicitation and estimation experiment in virtual reality using eMotiv EPOC+ EEG

Slike su ugrađene u virtualan svijet realiziran pomoću Unreal Engine razvojnog okruženja. U eksperimentu je sudjelovalo 6 ispitanika. Oni su promatrali sekvence korištenjem VR HTC Vive uređaja. Uz VR kacigu ispitanici su istodobno nosili mobilni EEG uređaj. Prikaz slika vremenski je sinkroniziran s generatorom pobuda koji je snimao EEG signale tako da je bilo moguće precizno odrediti početak i kraj svake pobude, odnosno izdvojiti one signale koji su bili posljedica izlaganja pobudama. Na Slici 6 prikazana je provedba eksperimenta elicitacije i estimacije emocija u virtualnoj stvarnosti korištenjem eMotiv EPOC+ EEG uređaja s računalnom aplikacijom opisanom u ovom radu. Razvijena aplikacija je uspješno izvršila mjerenja u sprezi sa VR HTC Vive uređajem.

5. Zaključak

5. Conclusion

Primjena EEG uređaja danas je ograničena čimbenicima cijene i potrebnog znanja za ispravno korištenje. S time u vidu EEG uređaje možemo grubo podijeliti na profesionalne za znanstvena istraživanje ili medicinsku primjenu, te na amaterske koji imaju vrlo ograničena svojstva potpuno nedovoljna u profesionalnoj domeni. U ovoj podjeli eMotiv EPOC+ donosi novitet koji otvara priliku široj populaciji za ulazak na područje medicine i psihofiziologije te nudi nova rješenja i mogućnosti pri dijagnozi, pa čak i liječenju mentalnih poremećaja. eMotiv EPOC+ nudi jednostavnost korištenja amaterskih EEG uređaja, s naprednim svojstvima potpore razvoja prilagođenih računalnih aplikacija, te istodobno vrlo napredna svojstva za koja je pokazano da statistički daju jednako relevantne podatke kao klinički EEG instrumenti [21].

S druge strane, Unreal Engine odlično je okruženje za stvaranje bilo kakvih 3D aplikacija, a pogotovo onih za virtualnu stvarnost. Testiranje VR i EEG okruženja pokazalo se izazovno ali vidi se potencijal za napredak. Pri biranju okruženja za izradu 3D i VR aplikacija Unreal je zasigurno prvi odabir ukoliko imate postojeća znanja i vrijeme za savladavanje novih.

Cilj generiranja multimedijских pobuda je pružiti pomoć stručnjacima kako bi bili efikasniji i produktivniji u svom radu. Provedena vrednovanja pokazala su da je takav cilj ostvariv.

Zahvala

Acknowledgments

Autori se zahvaljuju zaposlenicima „Hrvatska udruga za biofeedback i primijenjenu psihofiziologiju“ (HUBPP) na njihovima stručnim savjetima i pomoći kod razvoja računalne aplikacije generiranje multimedijских pobuda i neurofeedback.

6. REFERENCE

6. REFERENCES

- [1] Coan, J. A., & Allen, J. J. (Eds.). (2007). Handbook of emotion elicitation and assessment. Oxford university press.
- [2] Frantzidis, C. A., Bratsas, C., Papadelis, C. L., Konstantinidis, E., Pappas, C., & Bamidis, P. D. (2010). Toward emotion aware computing: an integrated approach using multichannel neurophysiological recordings and affective visual stimuli. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 14(3), 589-597.
- [3] Horvat, M. (2013). Generation of multimedia stimuli based on ontological affective and semantic annotation (Doctoral dissertation, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu).
- [4] Sanders, A. (2016). An Introduction to Unreal Engine 4. CRC Press.
- [5] <https://www.emotiv.com/epoc/>, dovačeno 01. studeni 2017.
- [6] Horvat, M. (2017). A Brief Overview of Affective Multimedia Databases. In Central European Conference on Information and Intelligent Systems (CECIIS 2017), 3-11.
- [7] Horvat, M., Vuković, M., & Car, Ž. (2016). Evaluation of keyword search in affective multimedia databases. In Transactions on Computational Collective Intelligence XXI (pp. 50-68). Springer Berlin Heidelberg.

- [8] Marchewka, A., Żurawski, Ł., Jednoróg, K., & Grabowska, A. (2014). The Nencki Affective Picture System (NAPS): Introduction to a novel, standardized, wide-range, high-quality, realistic picture database. *Behavior research methods*, 46(2), 596-610.
- [9] Riegel, M., Żurawski, Ł., Wierzba, M., Moslehi, A., Klocek, Ł., Horvat, M., ... & Marchewka, A. (2016). Characterization of the Nencki Affective Picture System by discrete emotional categories (NAPS BE). *Behavior research methods*, 48(2), 600-612.
- [10] Peter, C., & Herbon, A. (2006). Emotion representation and physiology assignments in digital systems. *Interacting with computers*, 18(2), 139-170.
- [11] Horvat, M., Popović, S., & Ćosić, K. (2013). Multimedia stimuli databases usage patterns: a survey report. In *Information & Communication Technology Electronics & Microelectronics (MIPRO), 2013 36th International Convention on* (pp. 993-997). IEEE.
- [12] Horvat, M., Bogunović, N., & Ćosić, K. (2014). STIMONT: a core ontology for multimedia stimuli description. *Multimedia tools and applications*, 73(3), 1103-1127.
- [13] Horvat, M., Grbin, A., & Gledec, G. (2012). WNtags: A Web-Based Tool For Image Labeling And Retrieval With Lexical Ontologies. In *Advances in Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems* (pp. 585-594). IOS Press.
- [14] Ćosić, K., Popović, S., Horvat, M., Kukolja, D., Dropuljić, B., Kostović, I., ... & Spajić, B. B. (2011). Virtual reality adaptive stimulation in stress resistance training. *Proceedings RTO-MP-HFM-205 on "Mental Health and Well-Being across the Military Spectrum*.
- [15] Popović, S., Horvat, M., & Ćosić, K. (2008). Generator of Audio and Visual Stimuli for Psychotherapy and Psychological Training. In *Treći hrvatski simpozij o poremećajima uzrokovanim stresom s međunarodnim sudjelovanjem*.
- [16] Ćosić, K., Popović, S., Horvat, M., Kukolja, D., Dropuljić, B., Kovač, B., & Fabek, I. (2012). Multimodal paradigm for mental readiness training and PTSD prevention. In *NATO Advanced Study Institute on Invisible Wounds: New Tools to Enhance PTSD Diagnosis and Treatment*.
- [17] Wiederhold, B. K., & Wiederhold, M. D. (2008). Virtual reality for posttraumatic stress disorder and stress inoculation training. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation*, 1(1), 23-35.
- [18] Adelman, C. B., Panza, K. E., Bartley, C. A., Bontempo, A., & Bloch, M. H. (2014). A meta-analysis of computerized cognitive-behavioral therapy for the treatment of DSM-5 anxiety disorders.
- [19] Popović, S., Horvat, M., Kukolja, D., Dropuljić, B., & Ćosić, K. (2009). Stress inoculation training supported by physiology-driven adaptive virtual reality stimulation.
- [20] Pejak, I., Otočan, D., & Horvat, M. (2017). Application of Android Wear smartwatches with photoplethysmographic sensors in biofeedback therapy. *Polytechnic and Design*, 5(2), 133-141.
- [21] Barham, M. P., Clark, G. M., Hayden, M. J., Enticott, P. G., Conduit, R., & Lum, J. A. (2017). Acquiring research-grade ERPs on a shoestring budget: A comparison of a modified Emotiv and commercial SynAmps EEG system. *Psychophysiology*.

AUTORI · AUTHORS**Dr. sc. Marko Horvat**

Predavač i znanstveni suradnik na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu za znanstveno područje tehničkih znanosti, polje Računarstvo. Voditelj je izvanrednog preddiplomskog

Stručnog studija računarstva istog veleučilišta. Diplomirao je, magistrirao i doktorirao iz istog područja i polja na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, 1999., 2007. odnosno 2013. godine. Objavio je više od 60 znanstvenih i stručnih radova. Područja od osobitog profesionalnog interesa uključuju strojno učenje, dohvaćanje informacija, afektivno računarstvo, interakcija čovjeka i računala, automatizirano rasuđivanje, formalno predstavljanje znanja i semantički web. Bavi se popularizacijom znanosti. Član je udruge IEEE.

Korespodencija

marko.horvat@tvz.hr

**Marko Dobrinić**

Završio je preddiplomski stručni studij informatike Tehničkog veleučilišta u Zagrebu. Trenutno je student specijalističkog diplomskog stručnog studija informatike, smjer računarstvo

na istom veleučilištu. Stručnjak je za razvoj računalnih aplikacija u programskim jezicima Java i C#.NET, te za sustave Microsoft HoloLens i IBM Watson.

Korespodencija

marko.dobrinic@tvz.hr

**Matej Novosel**

Završio je preddiplomski stručni studij informatike i diplomski specijalistički studij informatike smjer računarstvo Tehničkog veleučilišta u Zagrebu. Trenutno je zaposlen u tvrtki Intercorona

d.o.o. („Little Green Men Games“) kao voditelj razvoja računalnih igara. Stručnjak je za razvoj programske potpore i virtualnu stvarnost.

Korespodencija

matej.novosel@tvz.hr