

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FILOZOFSKOG FAKULTETA U BEOGRADU
ODELJENJU ZA PSIHOLOGIJU

Izveštaj komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije

Na sednici Nastavno-naučnog veća Filozofskog fakulteta u Beogradu održanoj 21. februara 2019. godine imenovana je komisija za ocenu doktorske disertacije kandidata Marka Živanovića pod nazivom *Efekti transkranijalne neuromodulacije fronto-parijalne funkcionalne mreže na više kognitivne funkcije*. Komisija je pregledala doktorsku disertaciju i o njoj podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

Osnovni podaci o kandidatu

Marko Živanović rođen je 13.12.1982. godine u Beogradu gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Osnovne studije psihologije završio je 2012. godine sa prosečnom ocenom 9.31 na Odeljenju za psihologiju, Filozofskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Master studije psihologije – istraživački modul, na istom fakultetu završio je 2013. godine sa prosečnom ocenom 10.00. Master tezu pod nazivom *Konstrukcija i validacija neverbalnog testa inteligencije sa višestrukim rešenjima* odbranio je pod mentorstvom prof. dr Gorana Opačića sa ocenom 10. Školske 2013/2014 upisao je doktorske studije psihologije tokom kojih je ostvario prosečnu ocenu 10.00.

Tokom studija, Marko Živanović je učestvovao u izvođenju nastave na Odeljenju za psihologiju, Filozofskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu kao i naučno-istraživačkim aktivnostima Instituta za psihologiju. Od 2014. godine angažovan je kao doktorand u izvođenju nastave na osnovnim studijama psihologije na predmetima *Psihologija individualnih razlika, Psihometrija 1, Psihometrija 2, i Principi psihološkog testiranja*. Od marta 2016. godine zaposlen je na Filozofskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, a od februara 2019. godine radi na Institutu za psihologiju u zvanju istraživač saradnik.

Marko Živanović je do sada učestvovao na većem broju naučno-istraživačkih projekata, među kojima su projekat Instituta za psihologiju koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete nauke i tehnološkog razvoja *Identifikacija, merenje i razvoj kognitivnih i emocionalnih kompetencija važnih društvu orijentisanom na evropske*

integracije, kao i dva međunarodna projekta – Cost Action IS0804 *Language impairment in multilingual society: Linguistic patterns and the road to assessment* i Cost Action IS1208 *Collaboration of aphasia trialists (CATs)*. Pored toga, u periodu od 2014. do 2018. obavlja poslove sekretara naučnog časopisa *Psihologija* (M23), a od 2016 godine član je organizacionog odbora naučne konferencije *Empirijska istraživanja u psihologiji*.

Dosadašnja naučna produkcija Marka Živanovića uključuje 13 radova u naučnim časopisima, od čega 11 u časopisima međunarodnog karaktera, kao i veći broj saopštenja na naučnim skupovima u zemlji i inostranstvu. Većina radova bavi se temama iz oblasti psihologije individualnih razlika i psihometrije, sa posebnim akcentom na razvoj, evaluaciju i validaciju mernih instrumenata za procenu psihičkih funkcija. Među radovima kandidata komisija izdvaja sledeće publikacije:

1. **Živanović, M.**, Bjekić, J., & Opačić, G. (2018). Multiple solutions test Part I: Development and psychometric evaluation. *Psihologija*, 51(3), 351-375. <https://doi.org/10.2298/PSI161031003Z> (M23)
2. **Živanović, M.**, Bjekić, J., & Opačić, G. (2018). Multiple solutions test Part II: Evidence on construct and predictive validity. *Psihologija*, 51(3), 377-396. <https://doi.org/10.2298/PSI170205004Z> (M23)
3. Bjekić, J., **Živanović, M.**, Purić, D., Oosterman, J. M., & Filipović, S. R. (2018). Pain and executive functions: a unique relationship between Stroop task and experimentally induced pain. *Psychological Research*, 82(3), 580-589. doi:10.1007/s00426-016-0838-2 (M21)
4. Bjekić, J., Čolić, M. V., **Živanović, M.**, Milanović, S. D., & Filipović, S. R. (2019). Transcranial direct current stimulation (tDCS) over parietal cortex improves associative memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 157(1), 114-120. doi: 10.1016/j.nlm.2018.12.007 (M21)

Osnovni podaci o disertaciji

Rukopis doktorske disertacije pod nazivom *Efekte transkranijalne neuromodulacije fronto-parijalne funkcionalne mreže na više kognitivne funkcije* sadrži ukupno 306 strana. Rad je pisan na srpskom jeziku, štampan je na papiru A4 formata, sa propisanim marginama. Pored osnovnog teksta je podešen na 1.5 red. Rad sadrži ukupno 59 tabela i 26 slika u osnovnom tekstu, kao i 36 tabela i 2 slike u prilogima. Tekst rada podeljen je na sledeće veće celine: Uvod (str. 1-25); Razvoj i evaluacija baterije za procenu viših kognitivnih funkcija: Psihometrijska faza (str. 26-113); Neuromodulacija viših kognitivnih funkcija:

Eksperimentalna faza (str. 114-174); Diskusija (str. 175-218); Zaključak (str. 219-220); Literatura (str. 221-248), koja sadrži 241 referencu i Prilozi (str. 249-306).

Predmet i cilj disertacije

Doktorska disertacija Marka Živanovića na sveobuhvatan način bavi se višim kognitivnim funkcijama, njihovim međusobnim relacijama i neuralnim osnovama, oslanjajući se na prominentne empirijsko-teorijske modele organizacije kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija. Kandidat se u radu oslanja na Katel-Horn-Kerolov model intelektualnih sposobnosti, zatim trofaktorski model egzekutivnih funkcija koji su predložili Mijaki i saradnici i integraciju empirijskih nalaza o neuralnim osnovama kognitivnih sposobnosti u okviru teorije o Fronto-parijetalnoj mreži integracije. Rad sadrži dve velike celine – (1) Razvoj i evaluacija baterije za procenu viših kognitivnih funkcija: Psihometrijska faza i (2) Neuromodulacija viših kognitivnih funkcija: Eksperimentalna faza. U prvoj, predmet je konstrukcija i empirijska provera baterije testova i zadataka za procenu viših kognitivnih funkcija. Cilj ove faze bio je da se konstruiše baterija koja bi po svim svojim karakteristikama odgovarala psihometrijskim standardima za ovakav tip mernih instrumenata, ali ujedno bila prilagođena za zadavanje u eksperimentalnom setingu. Tako je u ovoj fazi konstruisan inicijalni set zadataka za ukupno osam testova sposobnosti koji su zatim empirijski evaluirani, te je u daljem procesu konstruisano ukupno 32 testa (četiri forme za svaki od osam testova sposobnosti), kao i šest zadataka egzekutivnih funkcija, koji su validirani na nezavisnom uzorku.

Predmet eksperimentalne faze, je ispitivanje efekata neinvazivne neuromodulacije jednosmernom strujom različitih kortikalnih lokusa na različite kognitivne funkcije, operacionalizovane preko testova konstruisanih u prethodnoj fazi istraživanja. Tako je opšti cilj ove faze bio da se provere efekti anodne stimulacije na ključna čvorišta fronto-parijetalne mreže i procenu njihovog diferencijalnog i specifičnog doprinosa različitim kognitivnim sposobnostima. Pored opšteg, eksperimentalni deo studije imao je nekoliko specifičnih ciljeva – proveru lateralizacije funkcija, posebno u relaciji sa domenom njihovog ispoljavanja, odnosno materijalom koji se koristi u zadatku; zatim proveru uloge anteriornih i posteriornih moždanih regija u višoj kogniciji; razmatranje pitanja generalnosti odnosno specifičnosti efekata neuromodulacije na različite kognitivne funkcije; nadalje razmatranje pitanja povezanosti i učešća egzekutivnih funkcija u višim kognitivnim procesima; kao i proveru novog protokola primene neinvazivne neuromodulacije dva moždana lokusa simultano.

Osnovne hipoteze

Hipoteze istraživanja preciziraju očekivanja u vezi sa ciljevima, oslanjaju se na postojeću empirijsku građu i teorijska očekivanja koja proističu iz korišćenih modela:

H1: Očekuje se da će stimulacija leve hemisfere dovesti do poboljšanja učinka u svim verbalnim zadacima bez obzira na lokus stimulacije (frontalni, parijetalni ili bi-lokusni) u odnosu na lažnu stimulaciju, dok će ista stimulacija desne hemisfere dovesti do boljeg učinka u neverbalnim zadacima.

H2: Očekuje se da će modulacija frontalnih zona dovesti do snažnijih efekata na sve kognitivne zadatke u poređenju sa modulacijom parijetalnih zona. Kako je uloga anteriornih lokusa u višim kognitivnim funkcijama bolje dokumentovana u literaturi, nameće se pretpostavka da uprkos tome što ove funkcije počivaju na integritetu celokupne fronto-parijetalne mreže, frontalne oblasti imaju veći značaj.

H3: Unutar domena inteligencije efekat neuromodulacije na pojedinačne faktore sposobnosti očekuje se da bude približno podjednak.

H4: Očekuje se da će neuromodulacija dovesti do približno podjednakih efekata na egzekutivne funkcije ažuriranja, inhibicije i premeštanja. Ovakvo očekivanje bazirano je na dosadašnjim nalazima studija neuromodulacije, ali i studijama koje su koristile različite tehnike neuroodslikavanja, a koje ukazuju na preklapajuće neuralne osnove različitih egzekutivnih funkcija.

H5: Očekuje se da će neuromodulacija dovesti do većih efekata na mere egzekutivnih funkcija nego na mere širokih faktora inteligencije. Kako egzekutivne funkcije predstavljaju mehanizme kognicije bazičnijeg nivoa, i kako su u većoj meri lokalizovane u relativno ograničenim regijama može se očekivati da će fokalna stimulacija na njih ostvariti snažniji efekat nego na široke faktore intelektualnih sposobnosti.

H6: Pretpostavljeno je da će simultana, bi-lokusna stimulacija dovesti do izraženijih efekata nego izolovana stimulacija frontalnog ili parijetalnog lokusa. Uprkos tome što se, u fiziološkom smislu, uticaj na jedno čvorište prenosi na druge delove neuralne mreže, može se očekivati da će simultana stimulacija (istog polariteta) dva glavna čvorišta fronto-parijetalne mreže pospešiti komunikaciju unutar neuralne mreže, i na taj način dovesti do facilitacije u izvođenju zadataka koji angažuju veći broj kortikalnih centara.

H7: Modulacija frontalnih zona rezultovaće snažnijim efektima na zajedničku varijansu širokih faktora sposobnosti (G) nego na varijansu specifičnu za pojedinačne faktore sposobnosti. Ovakva diferencijacija u situaciji stimulacije parijetalnih zona neće biti ustanovljena. Hipoteza je bazirana na idejama i nalazima o ključnoj ulozi prefrontalnih oblasti u podržavanju sržnih karakteristika intelektualnog funkcionisanja.

H8: Konačno pretpostavljeno je da će modulacija frontalnih zona rezultovati snažnijim efektima na zajedničku varijansu zadataka sve tri egzekutivne funkcije, kao i specifičnu varijansu ažuriranja, nego na specifičnu varijansu inhibicije i premeštanja.

Opis sadržaja disertacije

U uvodnom delu rada kandidat daje kratak pregled ključnih modela i istraživanja inteligencije, radne memorije i egzekutivnih funkcija sa akcentom na savremene i obuhvatne modele kao što su Katel-Horn-Kerolov model i model Mijakija i sardanika, a zatim predstavlja i analizira dosadašnje empirijske nalaze o odnosu radne memorije, intelektualnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija ažuriranja, premeštanja i inhibicije. Zatim, autor prelazi na pregled dosadašnjih nalaza o neuralnim osnovama svih ovih funkcija, sa posebnim osvrtom na pitanje lateralizacije i uloge ključnih čvorišta u okviru fronto-parijetalne kortikalne mreže u kogniciji višeg reda. Nakon toga, predstavlja tehniku neinvazivne neuromodulacije jednosmernom strujom. Na kraju, dat je kratak ali obuhvatan pregled dosadašnjih istraživanja primene tehnika neinvazivne neuromodulacije i njenih efekata na kognitivne funkcije od interesa, sa posebnim akcentom na studije koje su koristile tehniku modulacije jednosmernom strujom. Na osnovu integracije rezultata, kandidat iznosi zaključke o nalazima dosadašnjih istraživanja i analizira istraživačke izazove te formuliše problem istraživanja, ciljeve i hipoteze.

Deo koji se odnosi na razvoj i evaluaciju baterije za procenu viših kognitivnih funkcija, sastoji se iz detaljnog opisa razvoja kognitivnih testova, zatim metoda u kom su dati osnovni podaci o uzorku i proceduri prve empirijske provere konstruisanih zadataka, praćeni rezultatima i njihovom kratkom diskusijom. Nakon toga opisan je proces i principi konstrukcije zadataka egzekutivnih funkcija i dat zaključak o razvoju baterije za procenu viših kognitivnih funkcija. Sledeća celina odnosi se na psihometrijsku evaluaciju ovih instrumenata na nezavisnom uzorku ispitanika. U okviru ove celine dat je kratak uvod odnosno predstavljeni su specifični ciljevi, te prikazan metod (opis uzorka, instrumenata i mera, procedure i plana

obrade podataka), kao i rezultati sa diskusijom nalaza i njihovih implikacija za dalji tok studije.

Ključni deo rada predstavlja eksperimentalno ispitivanje mogućnosti neuromodulacije viših kognitivnih funkcija. Nakon kratkog uvoda, dat je detaljan prikaz metoda. Metodološki deo obuhvata: opis uzorka ispitanika, eksperimentalni dizajn, opis primenjene tehnike neinvazivne neuromodulacije jednosmernom strujom (uključujući pozicioniranje elektroda, korišćenu aparaturu, parametre stimulacije, i propratne mere subjektivnog doživljaja tretmana), opis korišćenih kognitivnih zadataka i proceduru. Sekcija rezultati počinje prikazom relevantnih podataka o uzorku, ujednačavanju potencijalno konfundirajućih varijabli, a nastavlja se prikazom deskriptivnih statistika i kontrole za relevantne varijable. Nakon toga sledi analiza efekata neuromodulacije spram lokusa stimulacije na sve ishodišne mere, kao i detaljna analiza efekata stimulacije leve odnosno desne hemisfere, kao i anteriornih odnosno posteriornih lokusa. Konačno, proverena je generalnost odnosno specifičnost ovih efekata te su prikazani rezultati analiza koji govore o učešću egzekutivnih funkcija u kogniciji višeg reda.

Diskusija svojom strukturom i sadržajem prati postavljene hipoteze i prikazane nalaze. Tako se autor prvo osvrće na proces konstrukcije korišćenih mera kognitivnih sposobnosti i egzekutivnih funkcija, zatim prelazi na ulogu fronto-parijetalne mreže u višim kognitivnim funkcijama diskutujući nalaze koji govore u prilog ili opovrgavaju svaku od postavljenih hipoteza. Nakon toga kandidat vrši integraciju rezultata psihometrijske i eksperimentalne faze, kao i ranijih nalaza te ih diskutuje u svetlu različitih teorijsko-empirijskih konceptualizacija viših kognitivnih funkcija i iznosi zaključke koji predstavljaju značajan iskorak u odnosu na postojeće razumevanje međusobnog odnosa ovih funkcija i njihovih neuralnih osnova.

Na kraju rada govori se o značaju studije u metodološkom i teorijskom smislu, zatim implikacijama za buduća istraživanja, ali i ograničenjima sprovedenog istraživanja, nakon čega slede zaključak studije, spisak korišćene literature i prilozi.

Ostvareni rezultati i naučni doprinos disertacije

Doktorska disertacija Marka Živanovića na obuhvatan način se bavi individualnim razlikama u višim kognitivnim funkcijama, njihovim neuralnim osnovama što je tema od praktičnog i teorijskog značaja u savremenoj psihologiji. Značaj predloženog istraživanja je

višetruk, a ogleda se primarno u boljem razumevanju neuralih osnova viših kognitivnih funkcija.

Naime, ovaj rad, prevazilazeći većinu konceptualnih i metodoloških teškoća kojima se delom mogu atribuirati nekonzistentni nalazi dosadašnjih studija neuromodulacije viših kognitivnih funkcija, u velikoj meri doprinosi empirijskoj građi kroz holističko i sistematsko ispitivanje uticaja neinvazivne neuromodulacije na čitav spektar viših kognitivnih funkcija, a koje su definisane i merene u skladu sa aktuelnim i psihometrijski utemeljenim modelima.

Naučni značaj ove studije ogleda se u doprinosu u vidu boljeg razumevanja lateralizacije širokog spektra kognitivnih funkcija i zavisnosti efekata neuromodulacije leve odnosno desne hemisfere od domena merenja ovih funkcija. Ispitujući i ukazujući na značaj kako anteriornih, tako i posteriornih zona mozga u višoj kogniciji, ova studija obogaćuje dosadašnje empirijske nalaze o efektima neuromodulacije, ali i lokalizacije širokog spektra viših kognitivnih funkcija u prefrontalnim i parijetalnim zonama mozga. Dodatno, ispitivanjem višestrukih kognitivnih funkcija ovo istraživanje omogućilo je sticanje uvida u specifičnost ostvarenih efekata neuromodulacije, ali i bolje razumevanje učešća egzekutivnih funkcija u širokim kognitivnim sposobnostima obogaćujući na taj način postojeću literaturu za nalaze o učešću različitih egzekutivnih funkcija u kompleksnim kognitivnim sposobnostima. Konačno, istraživanje je evaluiralo protokol simultane stimulacije dva ključna lokusa fronto-parijetalne neuralne mreže u kognitivnom domenu, a za koji su ranija istraživanja neuromodulacije u nekognitivnim domenima ukazala na obećavajuće potencijale. Od posebnog praktičnog značaja je što je ovaj rad iznedrio veliki set testova i zadataka kojima se mere različite kognitivne funkcije, a koji na ekonomičan način omogućavaju procenu kognitivnih sposobnosti u ponovljenim merenjima. Na kraju važno je istaći da je doktorska disertacija kandidata Marka Živanovića jedna od najobuhvatnijih eksperimentalnih studija u ovoj (relativno mladoj) oblasti koja pruža kvalitativno drugačiji pogled na postojeće nalaze i teorijske modele viših kognitivnih funkcija.

Zaključak

Doktorska disertacija kandidata Marka Živanovića pod nazivom *Efekti transkranijalne neuromodulacije fronto-parijetalne funkcionalne mreže na više kognitivne funkcije* predstavlja originalno i samostalno naučno delo kojim su u celosti ispunjeni ciljevi i zadaci navedeni u odobrenoj prijavi doktorske disertacije. Kandidat je u svojoj tezi demonstrirao punu

istraživačku zrelost, dubinsko poznavanje problema i savremenih pristupa analizi viših kognitivnih sposobnosti i njihovih neuralnih osnova, odlično vladanje metodologijom i statističkim analizama, kao i sposobnost da dobijene nalaze integriše u širi kontekst istraživanja.

Imajući sve izneto u vidu, Komisija zaključuje da je disertacija (a) u celosti u skladu sa odobrenom prijavom, (b) predstavlja originalno i samostalno naučno delo i (c) da su se stekli uslovi za njenu odbranu, te predlaže Nastavno-naučnom veću Filozofskog fakulteta da prihvati naše pozitivno stručno mišljenje i kandidatu Marku Živanoviću odobri javnu odbranu doktorske disertacije *Efekti transkranijalne neuromodulacije fronto-parijetalne funkcionalne mreže na više kognitivne funkcije*.

Komisija:

prof. dr Goran Opačić (mentor), vanredni profesor, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Saša Filipović (komentor), naučni savetnik, Institut za medicinska istraživanja, Univerzitet u Beogradu

prof. dr Goran Knežević, redovni profesor, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Lazar Tenjović, docent, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Danka Purić, docent, Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu