**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FILOZOFSKOG FAKULTETA,**

**UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, održanoj 4. jula 2024. godine izabrana je komisija za ocenu doktorske disertacije Uroša Konstantinovića pod nazivom “Egzekutivna funkcija inhibicije: od psihometrijske strukture do neuralnih osnova”. Komisija je ocenila doktorsku disertaciju i podnosi sledeći:

**IZVEŠTAJ O DOKTORSKOJ DISERTACIJI**

**Osnovne informacije o kandidatu**

Uroš Konstantinović je rođen 1992. godine u Beogradu, gde je 2007. završio osnovnu školu Veljko Dugošević, a zatim i Šestu beogradsku gimnaziju, 2011. godine. Školske 2011/2012. upisao je osnovne akademske studije psihologije na Filozofskom fakultetu, Univerziteta u Beogradu. Osnovne studije završava 2015. godine, sa prosekom 9.13. Iste godine upisuje i master akademske studije psihologije, na istom fakultetu, koje završava 2017. godine, sa prosekom 9.86, odbranivši tezu sa nazivom „*Povezanost egzekutivne funkcije inhibicije i divergentnog mišljenja“,* pod mentorstvom dr Danke Purić. Svoj master rad kandidat je prezentovao u finalnom izboru takmičenja za najbolji master rad iz psihologije, organizovanog od strane Fonda Katarina Marić.

Kandidat je školske 2017/2018. godine upisao doktorske akademske studije psihologije na Filozofskom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, ispunio je sve obaveze i položio ispite sa prosečnom ocenom 9.86. Na sednici Univerzitetskog Veća naučnih oblasti društveno-humanističkih nauka održanoj u januaru. 2021. godine odobren je predlog teme doktorske disertacije sa nazivom „*Egzekutivna funkcija inhibicije: od psihometrijske strukture do neuralnih osnova*“, pod mentorstvom dr Danke Purić i komentorstvom dr Saše Filipovića.

Kandidat je kao master student bio angažovan u istraživačkim aktivnostima Laboratorije za istraživanje individualnih razlika (LIRA) na Filozofskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, a od 2017. godine počinje da volontira u Grupi za Neuronauke, na Institutu za medicinska istraživanja, Univerziteta u Beogradu. Na istom mestu se, nakon upisivanja doktorskih studija, 2018. godine zapošljava, i biva izabran u zvanje istraživač-pripravnik, a 2021. godine se bira u zvanje istraživač saradnik. Kandidat je trenutno zaposlen na Institutu za medicinska istraživanja, Institutu od nacionalnog značaja, Univerziteta u Beogradu, u Grupi za neuronauke.

Od 2017. do 2019. godine, kandidat je bio angažovan na projektu *Neinvazivna modulacija kortikalne ekscitabilnosti i plasticiteta – razvoj metoda za neinvazivnu neuromodulaciju centralnog nervnog sistema u ispitivanja fizioloških mehanizama, dijagnostici i terapiji* (rukovodilac: dr Saša Filipović; evidencioni broj projekta: 175012, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije). U periodu od 2020. do 2022. kandidat je kao član projektnog tima bio angažovan na projektu MEMORYST - *From brain waves to memory boost: Memory enhancement by personalized frequency-modulated noninvasive brain stimulationn* finansiranog od strane Fonda za nauku Republike Srbije (rukovodilac: dr Jovana Bjekić, br projekta: 6058808). Od 2022. godine je angažovan na projektu TWINNIBS *- Twinning for excellence in non-invasive brain stimulation in Western Balkans”* (rukovodioci: dr Saša Filipović i dr Jovana Bjekić, br projekta: 101059369) finansiran u okviru HORIZON Europe. programa Evropske komisije. U okviru CEEPUS programa*,* Uroš je učestvovao u projektu *Neuroshare: Sharing tools and expertise in behavioral neuroscience* (rukovodilac dr Andrea Vranić, Univerzitet u Zagrebu, Hrvatska broj projekta: HR-1504-03-2223), i u aktivnostima u okviru COST akcije [*The neural architecture of consciousness*](http://10.0.13.62/brainsci12040472)(rukovodilac dr Kristian Sandberg Orhus univerzitet, Danska;, broj projekta: CA18106).

Kandidat je autor je 4 originalna naučna članaka objavljenih u međunarodnim časopisima (od toga dva u kategoriji **M21** i po jedan u kategorijama **M22** i **M23)** i jednog objavljenog u domaćem časopisu (kategorije **M52**). Kandidat ima 24 saopštenja na međunarodnim i domaćim konferencijama u oblasti psihologije i neuronauka, od kojih su 2 štampana u celini, 22 u izvodu.

**Informacije o disertaciji**

Doktorska disertacija Uroša Konstantinovića ima 135 strana. Spisak referenci sadrži 228 unosa. Tekst uključuje 23 tabele i 32 ilustracije i grafikona, kao i 6 priloga sa dodatnim upitnicima, grafikonima, statističkim podacima i analizama.

**Problem i ciljevi istraživanja**

Egzekutivne funkcije predstavljaju nadređene kognitivne mehanizme koji upravljaju kognitivnim procesima i regulišu njihovu dinamiku. Po savremenom shvatanju, postoje tri egzekutivne funkcije: ažuriranje radne memorije, premeštanje pažnje i inhibicija. Inhibicija se može definisati kao namerno i svesno suzbijanje automatizovanih i dominantnih odgovora i reakcija. Disertacija je fokusirana na različite funkcije inhibitorne kontrole iz psihometrijske perspektive i perspektive kognitivnih neuronauka.

Naime, inhibicija se ne konceptualizuje kao unitaran konstrukt, već kao porodica međusobno povezanih funkcija. Literatura nalaže više teorijskih klasifikacija i psihometrijskih modela funkcija inhibicije, što se može sumirati na: 1) inhibiciju odgovaranja kojom se zaustavlja davanje bilo kakvog odgovora i 2) kontrolu interferencije koja se koristi kada je potrebno dati tačan odgovor, uprkos interferenciji koja može poticati od distraktorskih karakteristika stimulusa (stimulus-stimulus konflikt) ili od netačnog, a dominantnog i automatizovanog odgovora (stimulus-odgovor konflikt). U prethodnim studijama je potvrđena distinkcija između inhibicije odgovaranja i kontrole distraktorske interferencije, ali status kontrole interferencije odgovora nije jasan jer indikatori koji mere ovu funkciju u nekim slučajevima konvergiraju sa inhibicijom odgovaranja, a u drugim sa kontrolom distraktorske interferencije, čineći generalnu kontrolu interferencije.

Na neuralnom planu, u prethodnim studijama je metodama neuroodslikavanja identifikovano nekoliko regiona mozga koji imaju ulogu u procesima inhibitorne kontrole. Za inhibiciju odgovaranja se kao najznačajnija regija izdvaja desni inferiorni frontalni girus (IFG), dok anteriorni cingulatni korteks (ACC) ima neizostavnu ulogu u procesiranju konflikta i kontroli interferencije. Problem sa studijama neuroodslikavanja je u tome što one daju rezultate na korelacionom nivou, ograničavajući mogućnosti kauzalnog zaključivanja. Korišćenjem metoda neinvazivne stimulacije mozga se može delovati na ekscitabilnost ciljanih moždanih struktura u kontrolisanim, eksperimentalnim uslovima, što omogućava donošenja kauzalnih zaključaka o ulozi određenih moždanih struktura u testiranim kognitivnim procesima. Ovaj rad je fokusiran na jednu od tehnika neinvazivne stimulacije mozga, transkranijalnu stimulaciju jednosmernom strujom (engl. *transcranial direct current stimulation,* tDCS) čijom su se upotrebom, u prethodnim istraživanjima, dobijali značajni efekti na postignuće u zadacima inhibitorne kontrole.

Na osnovu navedenog se može postaviti pitanje strukture funkcija inhibitorne kontrole, kako na psihometrijskom, tako i na neuralnom planu. Prvi cilj ovog rada je bio ispitivanje jedinstvenosti nasuprot razjedinjenosti inhibicije odgovaranja i kontrole interferencije, kao i relacija između ovih funkcija. Specifičnije, ispitane su relacije između kontrole distraktorske interferencije i kontrole interferencije odgovora kao i pitanje njihove međusobne unitarnostiu vidu opšte kontrole interferencije. Ova faza rada je imala i praktični cilj u vidu konstruisanja obuhvatne baterije široko upotrebljavanih zadataka inhibicije iz koje bi se selektovali reprezentativni zadaci za merenje različitih funkcija inhibitorne kontrole u sledećoj fazi istraživanja.

Drugi cilj rada se odnosi na ispitivanje strukture funkcija inhibitorne kontrole na neuralnom planu. U ovoj fazi istraživanja je ispitivana mogućnost egzogenog uticaja neuromodulacijom IFG na inhibiciju odgovaranja, kao i neuromodulacijom ACC na kontrolu interferencije. Odgovorom na ova pitanja se može zaključiti o jedinstvenosti nasuprot razdvojenosti inhibicije odgovaranja i kontrole interferencije na neuralnom planu, kao i o potencijalnom „preslikavanju“ strukture funkcija inhibicije sa psihometrijskog na neuralni plan.

**Sadržaj disertacije**

Disertacija se sastoji iz 7 poglavlja.

Prvo poglavlje, ***Uvod*,** je podeljeno na dva odeljka. U odeljku *Egzekutivne funkcije* kandidat uvodi pojmove egzekutivnih funkcija i inhibitorne kontrole i diskutuje različite definicije koje se dovode u vezu sa inhibicijom i njenim funkcijama. Nakon toga, prikazani su i prodiskutovani rezultati prethodnih istraživanja u kojima je iz psihometrijskog pristupa ispitivana struktura različitih funkcija inhibicije. Pored toga, u ovom odeljku su predstavljeni i rezultati studija neuroodslikavanja u vezi sa različitim tipovima inhibicije. U odeljku *Neinvazivna neuromodulacija – transkranijalna stimulacija jednosmernom strujom (tDCS)* su uvedeni pojmovi neinvazivne neuromodulacije, opisani fiziološki mehanizmi delovanja stimulacije i predstavljene osnovne metodološke odlike eksperimenata u kojima se koristi tDCS, kao i osnovni bezbednosni kriterijumi za upotrebu ove tehnike. Takođe, kandidat je u ovom odeljku dao iscrpan pregled dobijenih rezultata i osnovnih metodoloških parametara prethodnih studija u kojima su ispitivani efekti tDCS na inhibiciju odgovaranja i kontrolu interferencije.

Drugo poglavlje, ***Struktura funkcija inhibitorne kontrole,***sadrži četiri odeljka od koja su dva ključna: *Metod*, u kojem je opisan uzorak psihometrijske studije, detaljno je prikazano 10 konstruisanih zadataka inhibitorne kontrole, i predstavljena je procedura ove studije. U odeljku *Rezultati* su prikazani rezultati psihometrijskog dela disertacije. Prikazani su deskriptivni statistički pokazatelji zadataka inhibicije, rezultati provere validnosti svakog od zadataka, korelacije između finalnih skorova mera inhibicije, i rezultati konfirmatorne faktorske analize u okviru koje su direktno testirani i poređeni modeli različitih konfiguracija strukture funkcija inhibicije. Ovo poglavlje sadrži i odeljke *Uvodni okvir,* u kojem se sažeto i konkretno sumira cilj psihometrijskog dela disertacije,i *Zaključna razmatranja* u kojem se diskutuju dobijeni rezultati i obrazlaže selekcija zadataka za drugu fazu istraživanja.

Treće poglavlje, ***Neuromodulacija egzekutivne funkcije inhibicije – tDCS eksperiment****,* sadrži tri odeljka. U odeljku *Uvodni okvir,* kandidat sažeto dovodi u vezu ovo poglavlje sa drugim ciljem disertacije. U odeljku *Metod*, Uroš je detaljno opisao metodološki aspekt eksperimenta: regrutovani uzorak, dizajn studije, dostupnu opremu i aparaturu za stimulaciju, kao i prikaz finalnih protokola i parametara stimulacije. U ovom odeljku je sumirana i suština postupaka simulacije i modelovanja električnog polja za odlučivanje o finalnim parametrima stimulacije, a detaljno je opisana i procedura samog tDCS eksperimenta i korišćeni bihejvioralni zadaci i upitnici. U odeljku *Rezultati* su prikazani dobijeni efekti tDCS na sve bihejvioralne mere u eksperimentu. Primarno su prikazani efekti na glavne skorove zadataka inhibicije, a dodatno, kandidat je analizirano efekte stimulacije na postignuće u vezi sa pojedinačnim kategorijama stimulusa u okviru zadataka, kao i na mere agregiranog vremena reakcije. U ovom odeljku su prikazani i efekti uvežbavanja u postignuću na zadacima inhibicije kroz različite sesije eksperimenta. Finalno, u ovom odeljku su predstavljeni i rezultati u vezi sa subjektivnim senzacijama koje su ispitanici imali u toku stimulacije kao i njihova uspešnost identifikacije sesije u kojoj im je primenjena lažna stimulacija, odnosno efikasnost „*blinding“* postupka u okviru eksperimenta.

Četvrto poglavlje, ***Diskusija****,* sadrži četiri odeljka. U odeljku *Struktura funkcija inhibitorne kontrole* kandidat iz kritičkog aspekta diskutuje rezultate o trofaktorskoj strukturi inhibicije, dobijenoj u psihometrijskoj studiji. Kandidat u ovom odeljku diskutuje ustaljen način merenja inhibicije i kritički razmatra korišćenje diferencijalnih skorova vremena reakcije, čime se dotiče alternativnih pristupa u skorovanju ovih zadataka i konstrukciji novih, adaptivnih zadataka za merenje inhibitorne kontrole. U odeljku *Neuromodulacija funkcija inhibitorne kontrole*, kandidat diskutuje rezultate dobijene u tDCS eksperimentu i integriše ih sa rezultatima prethodnih studija, kao i sa nadređenom teorijom uticaja neuromodulacije na kognitivne funkcije. U ovom odeljku, kandidat dovodi u vezu rezultate eksperimenta sa nekim od metodoloških izazova u oblasti, kao što je mogućnost stimulacije manje dostupnih regiona mozga, na primer ACC. Finalno, kandidat daje sažet pregled novijih nalaza u vezi sa mogućnostima dalje optimizacije protokola stimulacije sa ciljem efikasnije modulacije funkcija inhibitorne kontrole. U odeljku *Kritički osvrt*, Uroš integrisano diskutuje dobijene rezultate iz obe faze disertacije, dok u odeljku *Ograničenja i sugestije za naredna istraživanja* sažeto navodi ograničenja obe studije i predlaže ideje za naredna istraživanja koja bi dalje produbila znanje o strukturi inhibitorne kontrole na psihometrijskom i neuralnom planu.

Peto poglavlje, ***Zaključak****,*sumira sve nalaze iz istraživanja i u njemu kandidat diskutuje naučni doprinos rada. Šesto poglavlje, ***Reference****,*sadrži spisak literature, a u sedmom poglavlju, ***Prilozi****,*su prikazani dodatni grafikoni, rezultati simulacija modela električnog polja, statisitičke analize i inkluzioni upitnik za učešće u tDCS eksperimentu.

**Naučni doprinos**

Doktorska disertacija Uroša Konstantinovića predstavlja svojevrstan doprinos naučnoj literaturi. Ovaj rad na obuhvatan i sistematičan način prilazi problemu razumevanja kognitivnih funkcija uspešno kombinujući psihometrijski i eksperimentalni pristup. Na taj način, ova teza bavi se ne samo neuralnim osnovama inhibicije, već i konstruktom kao takvim, problematizujući metodološke aspekte i način merenja kognitivne funkcije koja je u fokusu. Problem, ciljevi i rezultati ove disertacije doprinose oblasti istraživanja inhibitorne kontrole na nekoliko načina. Sa psihometrijskog aspekta, u prethodnim studijama kontrola interferencije odgovora nije koncipirana i testirana kao nezavisna funkcija inhibitorne kontrole, osim u jednoj studiji u kojoj nisu korišćeni zadaci koji je na adekvatan način reprezentuju. Stoga, dobijena trofaktorska struktura funkcija inhibitorne kontrole, uz značajnu dozu rezerve koja je elaborirana u radu, predstavlja nov rezultat u oblasti. Takođe, konstruisana baterija od deset zadataka inhibicije, od kojih tri imaju paralelne forme (jer su zadavani u eksperimentu sa ponovljenim dizajnom) predstaljaju praktični doprinos disertacije i olakšavaju potencijalna naredna istraživanja u ovoj oblasti. Dodatno, ranije tDCS studije u kojima su ispitivani efekti na inhibitornu kontrolu su u većini slučajeva bile fokusirane na ishodišnu meru u vidu jednog zadataka, ne razmatrajući multidimenzionalni karakter inhibicije i njene različite funkcije. Nijedna studija do sada nije ispitivala efekte tDCS u kontekstu prethodno psihometrijski testiranog modela. Stoga, ovaj vid kombinovanja psihometrijskog pristupa sa kognitivnim neuronaukama predstavlja dodatni iskorak u ovoj oblasti.

**Zaključak**

Na osnovu iznetog, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Filozofskog fakulteta da prihvati njenu pozitivnu ocenu i dozvoli kandidatu Urošu Konstantinoviću da javno brani svoju doktorsku disertaciju pod nazivom „Egzekutivna funkcija inhibicija: od psihometrijske strukture do neuralnih osnova“.

U Beogradu, 16. jula 2024.

Članovi komisije

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Dr Goran Opačić, Vanredni profesor,

Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Dr Marko Živanović, Viši naučni saradnik

Univerzitet u Beogradu, Institut za psihologiju

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Dr Jovana Bjekić, Viša naučna saradnica

Univerzitet u Beogradu, Institut za medicinska istraživanja